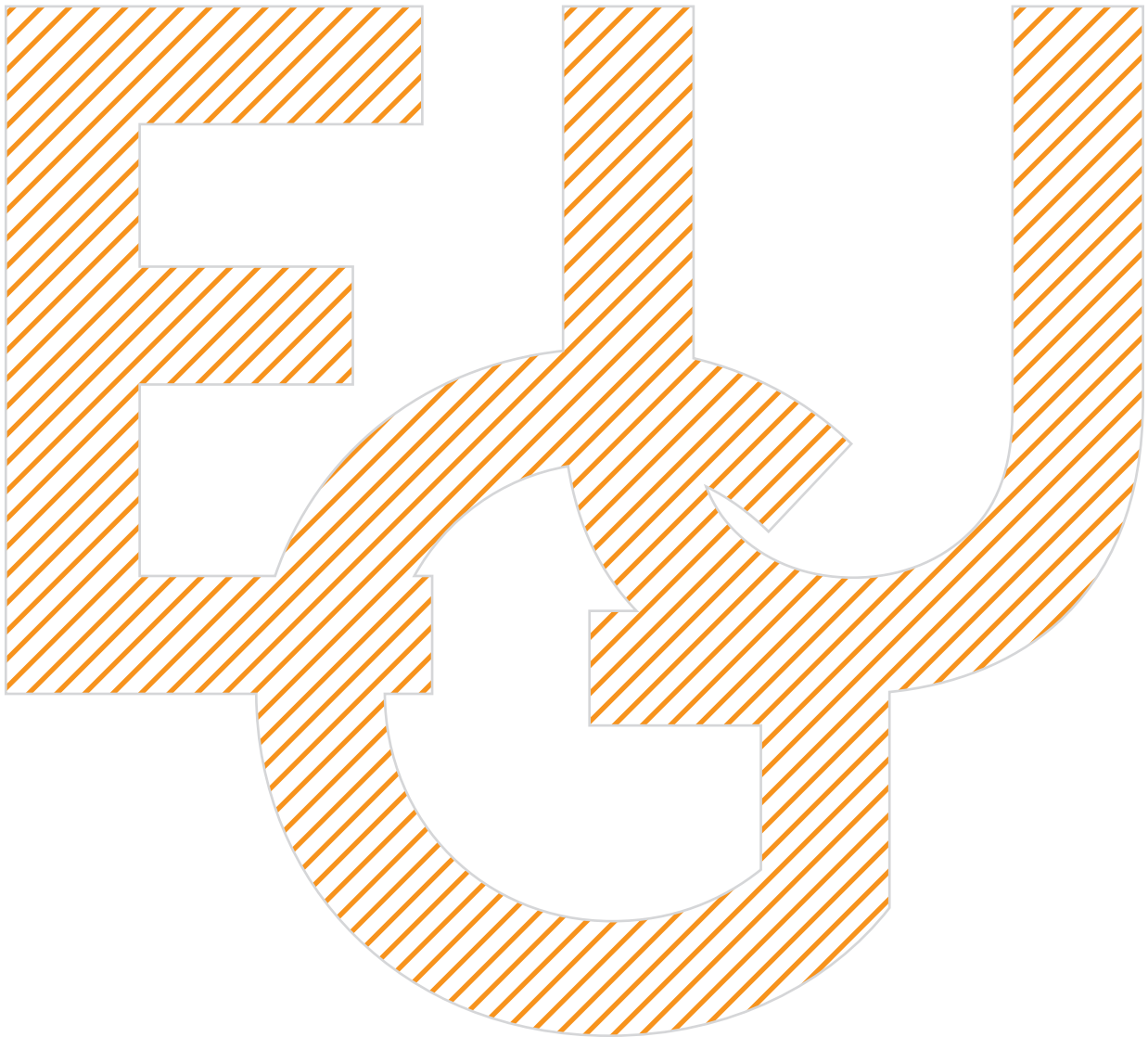




FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

# Akademisches Jahrbuch



# 2015/2016

EGU

FB Energie · Gebäude · Umwelt  
Energy · Building Services ·  
Environmental Engineering

## 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 2016

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Dekan

## Verzeichnis der Abschlussarbeiten

1	Untersuchung der Effektivität verschiedener Filtermaterialien zur Regenwasserbehandlung mit Hilfe einer Partikelzählung <b>Muhamad Safuan Ab Latiff B.Eng.</b>	12
2	Beheizung eines Freibades zur Attraktivitätssteigerung in Neuenkirchen, Kreis Steinfurt <b>Heiner Ahrens M.Eng.</b>	14
3	Anpassungsmaßnahmen eines Gas- und Dampfkraftwerks an den deutschen Strommarkt <b>Sven Amann B.Eng.</b>	16
4	Energetische Bewertung von Verwaltungs- und Sozialgebäuden anhand von gebäudespezifischen Kennzahlen <b>Marius Appenzeller B.Eng.</b>	18
5	Kolkschutz für Monopfahlgründungen von Offshore Windkraftanlagen <b>Paulina Asbeck B.Eng.</b>	20
6	Konzept zur Fortschreibung durchgeführter Energieanalysen <b>Lisa Aßmann B.Eng.</b>	22
7	Numerische Simulation von Luftschleieranlagen mittels CFD <b>Stefan Assmann B.Eng.</b>	24
8	Entwicklung eines Dienstleistungskonzeptes für Energieaudits am Beispiel eines Krankenhauses <b>Alexander Beer B.Eng.</b>	25
9	Optimisation and possible extension of the drinking water treatment plant in Mtwara, Tanzania <b>Arne Bergendahl B.Eng.</b>	27
10	Konzept zur Wärme- und Kälteversorgung des Standortes Bad Berleburg Aue der Busch Jaeger Elektro GmbH <b>Lucas Bergmann B.Eng.</b>	28
11	Energieversorgung einer Schule mittels Kraft-Wärme-Kopplungsanlage und Nahwärmenetz <b>Robert Böckle B.Eng.</b>	30
12	Auslegung und Dimensionierung eines BHKW zur Wärme- und Stromerzeugung in der Produktion für die Fa. Biederlack in Greven <b>Marius Brinkmann M.Eng.</b>	32
13	Windenergieanlagen – Entwicklung einer Systematik zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes <b>Stefan Brinkmann M.Eng.</b>	34
14	Softwaregestützte Untersuchung von verschiedenen Verteilungssystemen für Trinkwasser in Gebäuden unter wirtschaftlichen und hygienischen Aspekten <b>Stefan Brodale M.Eng.</b>	36
15	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Grauwassernutzungsanlage am Beispiel eines Mehrfamilienhauses <b>Moritz Büning B.Eng.</b>	38
16	Entwässerungsplanung inklusive Überflutungsprüfung einer Industriefläche in Hamm <b>Hannes Emanuel Bunn B.Eng.</b>	40

17	Vergleich der Lüftungssysteme A und B der VDI 3804 mittels thermisch energetischer Anlagensimulation <b>Tobias Bußmann M.Eng.</b>	<b>42</b>
18	Konzepterstellung zur Verbesserung der Luftqualität im Umfeld einer Gebinde-Reinigungsanlage für Mehr-Weg-Lackbehälter <b>Christian Caßebaum B.Eng.</b>	<b>44</b>
19	Entwurf und Inbetriebnahme von LC-Filtern bei Oberschwingungsströmen <b>Thilo Creutz B.Eng.</b>	<b>46</b>
20	Phosphormarkt Deutschland – Möglichkeiten zur Ressourcensicherung <b>Bork Dewenter B.Eng.</b>	<b>47</b>
21	Entwicklung eines Berechnungskonzeptes zur Einbindung von dezentralen Trinkwassererwärmungsstationen in das Heizungsrohrnetz <b>Robin Diekmann M.Eng.</b>	<b>49</b>
22	Verwertungsmöglichkeiten von Reststoffen aus der Kartoffelstärkeproduktion <b>Kristian Dzienus B.Eng.</b>	<b>51</b>
23	Untersuchungen zur Bestimmung von Feststoffen in Oberflächenabflüssen <b>Patrick Eggs M.Eng.</b>	<b>53</b>
24	Untersuchung und wirtschaftliche Bewertung einer Druckerhöhung der Gaskavernen S 55 und S 56 am Speicherstandort Epe <b>Henry Eickmeier B.Eng.</b>	<b>55</b>
25	Potenzialanalyse auf den Einsatz erneuerbarer Energien bei der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH <b>Abderrazak El Badraoui M. Eng.</b>	<b>57</b>
26	Speichertechnologien in Niederspannungsnetze <b>Othmane Abou El Fath B.Eng.</b>	<b>59</b>
27	Ansätze für eine Online-Prognose von Ammoniakemissionen bei der Ausbringung von organischem Wirtschaftsdünger <b>Yves Elsen B.Eng.</b>	<b>61</b>
28	Empirische Untersuchung der Ausbreitungsbedingungen von Geräuschen hoher Windenergieanlagen zur Optimierung des Ausbreitungsmodells der DIN ISO 9613-2 <b>Justus Engelen M.Eng.</b>	<b>63</b>
29	Optimierung des Windkraftanlagen-Blindleistungsmodells zum Zwecke der Windparksteuerungvalidierung <b>Tim Eshold B.Eng.</b>	<b>65</b>
30	Chancen und Möglichkeiten des Energieaudits für Unternehmen <b>Juliane Faber B.Eng.</b>	<b>67</b>
31	Konzeptionierung und Auslegung einer Muster fähigen Torluftschleieranlage <b>Sebastian Fernströning B.Eng.</b>	<b>68</b>
32	Planung einer Kleinwindkraftanlage für die Weitblickwiese in Billerbeck <b>Andre Fleige B.Eng.</b>	<b>69</b>
33	Energetischer und wirtschaftlicher Vergleich der Fernwärme der Stadtwerke Münster GmbH zu anderen Wärmeerzeugern in Bezug auf die EnEV 2016 und das EEWärmeG für Neu- und Bestandsbauten von Wohn- und Nichtwohngebäuden <b>Kai Flesch M.Eng.</b>	<b>71</b>

34	Zur Optimierung der Instandhaltung von Ortsnetzstationen der Stadtwerke Ahaus <b>Noel Fransbach B.Eng.</b>	<b>72</b>
35	Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit eines neuartigen Supermarktkonzepts mit natürlichem Kältemittel und indirektem Kühlsystem <b>Thomas Frisch M.Eng.</b>	<b>74</b>
36	Erarbeitung eines Luftentfeuchtungssystems für ein Produktionsgebäude in der Lebensmittelindustrie <b>Jan Fucke B.Eng.</b>	<b>75</b>
37	Change Management im Industrieunternehmen – Erfolgsfaktoren in der Umsetzung <b>Niklas Gärtner B.Eng</b>	<b>77</b>
38	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Heizungs- und Kälteversorgungskonzeptes für einen Gewerbebetrieb mit Mikrogasturbine und Eisspeicher <b>Stefan Gehder B.Eng.</b>	<b>78</b>
39	Entwicklung von B&K-Projekten zur akustischen Optimierung eines Hallraums <b>Markus Gehring M.Eng.</b>	<b>80</b>
40	Wirtschaftliche Optimierung eines Erdgasröhrenspeichers <b>Matthias Geiping M.Eng.</b>	<b>82</b>
41	Entwicklung eines Abwärmekonzeptes für eine Papierfabrik <b>Andreas Gerber M.Eng.</b>	<b>84</b>
42	Rehabilitierung einer Gastransportleitung am Beispiel des Hochdruckrings in Münster <b>Jannick Gnoth B.Eng.</b>	<b>86</b>
43	Auswirkungen des Umbaus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage auf der Zentraldeponie Münster <b>Thomas Goedereis B.Eng.</b>	<b>88</b>
44	Einsatz von Wasserkraftwerken zur Regelleistungsbereitstellung <b>Nora Goeke B.Eng.</b>	<b>90</b>
45	Aktueller Stand und Entwicklungspotenziale der sanitären Situation in ländlichen Regionen Albaniens <b>Lina Görg B.Eng.</b>	<b>91</b>
46	Industrielle Abwärmennutzung - Analyse und Bewertung von Technologien zur industriellen Abwärmennutzung für die Entwicklung einer Softwaregestützten Planungshilfe <b>Michael Gövert M.Eng.</b>	<b>93</b>
47	Asset-Management-System und Erneuerungsstrategie für die Versorgungsnetze im Stadtgebiet Hamm <b>Michael Greger M. Eng.</b>	<b>95</b>
48	Entwicklung eines Excel-Tools zur Energetischen Bewertung von Klimaanlageanlagen nach DIN SPEC 15240 <b>Thomas Haag B.Eng.</b>	<b>97</b>
49	Ermittlung der Anlagenaufwandszahl in Bezug auf Wohnungsstationen unter der Berücksichtigung verschiedener Primärenergiearten <b>Nicholas Hahn B.Eng.</b>	<b>99</b>

50	Einspeise- und Lastmanagement in Verteilernetzen <b>Ralf Haveresch M.Eng.</b>	101
51	Konzeptentwicklung zum Umbau einer Emulsionsspaltanlage zur Verbesserung der Arsenfällung <b>Mats Lukas Hein B.Eng.</b>	103
52	Möglichkeiten zur Einbindung demographischer Daten in kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte am Beispiel der Stadt Greven <b>Johannes Hericks B.Eng.</b>	105
53	Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Abwasserpumpwerken durch Einsatz regenerativer Energien <b>Johannes Holtfrerich B.Eng.</b>	107
54	Bewertung eines Pipeline Integrity Management Systems (PIMS) und Kriterien zur Vergleichbarkeit von Erdgas-Hochdruckleitungen <b>Fabian Howe M.Eng.</b>	109
55	Energieverbrauch in Krankenhäusern Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung der energetischen Situation <b>Andre Hülskötter B.Eng.</b>	110
56	Messtechnische Untersuchung zum hydraulischen Abgleich von Rundrohrluftdurchlässen <b>Sven Thore Hundrieser B.Eng.</b>	112
57	Betriebsoptimierung als Instrument zur Wertschöpfung für Planer und Bauherren <b>Fabian Jiresch B.Eng.</b>	113
58	Der hydraulische Abgleich in Bestandsanlagen <b>Michael Jüdiges M.Eng.</b>	115
59	Energieaudit gemäß EDL-G am Beispiel eines Labor- und Beratungsunternehmens <b>Christian Käufler B.Eng.</b>	117
60	Untersuchung einer Trinkwasserinstallation in einem Klinikgebäude hinsichtlich den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere unter trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten <b>Torsten Kauscher B.Eng.</b>	119
61	Effizienz und Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Verfahren zur Reinigung von Trinkwasserversorgungsleitungen am Beispiel des Netzes der Energie- und Wasserversorgung Rheine GmbH <b>Ludger Kempken M.Eng.</b>	120
62	Erstellung eines Computerprogramms zur dialoggestützten Erzeugung von FDS-Skripten für die Simulation und Berechnung von Raumströmungen <b>Anton Kessler M.Eng.</b>	122
63	Untersuchungen und Hintergründe zur Hühnerkottrocknung in Asien und Osteuropa <b>Jan Kießhauer B.Eng.</b>	124
64	Neue Applikationen für Viega Rohrleitungssysteme aus Kunststoff neben der Technischen Gebäudeausrüstung <b>Niklas Klein B.Eng.</b>	126
65	Ermittlung der Anlagenaufwandszahl für die Wohnungsstation Danfoss EvoFlat FSS 3 <b>Thomas Kloth B.Eng.</b>	128

66	BIM-Building Information Modeling Implementierung einer neuen Arbeitsmethode in ein Planungsbüro <b>Rebekka Koch M.Eng.</b>	130
67	Potentialbetrachtung eines Hygienekonzeptes für die Kaltwasserinstallation in Form einer innovativen Kaltwasserzirkulation <b>Tobias Kock M.Eng.</b>	132
68	Experimentelle Untersuchungen zur Verdunstungskühlung auf direkt benetzten Lamellenwärmeübertragern <b>Daniel Kopytziok B.Eng.</b>	134
69	Analyse zur Steigerung der Energieeffizienz einer bestehenden Wärmeversorgungsanlage in einem metallverarbeitenden Industriebetrieb <b>Felix Kunert B.Eng.</b>	135
70	Energetische Untersuchung des Einsatzes von Wärmepumpen zur Deckung der Zirkulationsverluste in Trinkwasserinstallationen <b>Tobias Kunert B.Eng.</b>	137
71	Betriebsübergreifende Servicekonzepte für Offshore-Windenergieanlagen <b>Benedikt Küpers B.Eng.</b>	139
72	Technische und wirtschaftliche Analyse von Versorgungsunterbrechungen im Mittelspannungsnetz von Köln <b>Jörg Leinkenjost B.Eng.</b>	141
73	Auslegung eines Nahwärmenetzes in Kombination mit einer Biomasse-Heizzentrale <b>Stefan Löckmann B.Eng.</b>	143
74	Wasserrecycling in der Fruchtsaftindustrie - Kombination von Membranbioreaktoren und weitergehender Abwasserbehandlung <b>David Londoño Moreno M.Eng.</b>	145
75	Entwicklung eines Berechnungskonzeptes für die Kaltwasserzirkulation in Gebäuden zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene <b>Felix Markert M.Eng.</b>	146
76	Energieeinsparpotential durch Einsatz eines Freikühlers am Beispiel der Kälteversorgung der Winkelmann Gruppe in Ahlen/Westf. <b>Nils Mehlitz B.Eng.</b>	147
77	Rückhalt der Feinfraktion partikulärer Stoffe in Niederschlagsabflüssen durch chemisch-physikalisch wirksame Filteranlagen <b>André Mesch B.Eng.</b>	149
78	110/10-kV-Transformatoren - Ersatz und Instandhaltung <b>Julian Mussenbrock B.Eng.</b>	151
79	CFD-Simulation von Fan-Coil-Systemen mittels FDS <b>Dennis Nagy M.Eng.</b>	152
80	Energieeinsparpotenziale in der kunststoffverarbeitenden Industrie <b>André Opalka M.Eng.</b>	153
81	Optimierung des Betriebs eines Nahwärmenetzes mit Hilfe meteorologischer Daten am Beispiel der Gemeinde Saerbeck <b>Jan Ortmann M.Eng.</b>	155
82	Lösungsvorschläge zur Steigerung der Behaglichkeit an den Arbeitsplätzen der Montagelinie 2 der Volkswagen Osnabrück GmbH <b>Sebastian Palstring B.Eng.</b>	157

83	Untersuchung der Auswirkungen der Ökodesign – Anforderungen auf Produkte mit integrierten Nassläufer – Umwälzpumpen <b>Julia Pfaffenrot B.Eng.</b>	<b>159</b>
84	Anforderungen an eine Planungssoftware in Verbindung mit BIM (Building Information Modeling) am Beispiel des Gewerkes Sanitär <b>Prominski, Thomas M.Eng.</b>	<b>161</b>
85	Vibrational Decoupling of a Slip Ring Transmitter to Minimize the Excitation in the Resonant Frequency Range <b>André Raming B.Eng.</b>	<b>163</b>
86	Untersuchung von biologisch abbaubaren Abfallsammelbeuteln in der Trockenvergärung im Batch-Betrieb <b>Florian Rech B.Eng.</b>	<b>165</b>
87	Entwicklung eines Berechnungstools zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs von typischen Klassenräumen <b>Simon Revermann M.Eng.</b>	<b>166</b>
88	Energetische Untersuchung der Betriebsweise von Heizungsrohrnetzen mit Wohnungsstationen <b>Elisabeth Röttger M.Eng.</b>	<b>168</b>
89	Entwicklung einer Multifunktionsarmatur mit Bypassschaltung für eine Frischwasserstation <b>Alexander Sarg B.Eng.</b>	<b>170</b>
90	Ermittlung eines Dosierungskonzeptes für die Kläranlage Dülmen zur effiziente Abtrennung von Pulveraktivkohle <b>Teresa Sasse B.Eng.</b>	<b>172</b>
91	Bedarfsgerechte Auslegung von Lüftungsanlagen in Industriehallen zur Temperatur- und Schadstoffregulierung mittels Schichtlüftung <b>Dennis Schafmeister M. Eng.</b>	<b>174</b>
92	Abwasserwärmenutzung: Vergleich, Bewertung und Analyse aktueller Systeme nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten <b>Alexander Schierenberg M.Eng.</b>	<b>176</b>
93	Untersuchung zur Auswirkung der Lackierung von Kunststoffbauteilen mit Hilfe ionisierter Luft <b>Patrick Schlömer B.Eng.</b>	<b>177</b>
94	Optimierung des Schichtverhaltens des Leitwerkschichtspeichers bei variablen Be- und Entlademassenströmen <b>Christian Schmidt M.Eng.</b>	<b>178</b>
95	Überprüfung des Potentials von Power-to-Gas-Anlagen im Ferngasleitungsnetz der Nowega GmbH <b>Daniel Scholz B.Eng.</b>	<b>180</b>
96	Untersuchung des Temperaturverhaltens an den Entnahmestellen einer Trinkwasser-Installation <b>Andrej Schreiner B.Eng.</b>	<b>182</b>
97	Vergleich eines zentralen und dezentralen Ladekonzeptes für die Elektromobilität am Beispiel der Stadt Münster <b>Tim Schröder B.Eng.</b>	<b>184</b>
98	Einführung eines Energiemanagements – dargestellt an der Norm DIN EN ISO 50001:2011 bei der HSP Hochspannungsgeräte GmbH <b>Thomas Siebert, B.Eng.</b>	<b>186</b>



99	Abbau von Prozesswasser aus der Hydrothermalen Carbonisierung von Klärschlamm <b>Sebastian Siemen B.Eng</b>	<b>187</b>
100	Marktchancen durch Portfoliomanagement für Industrieunternehmen im sich wandelnden Strommarkt <b>Gianna Lara Smurra M.Eng.</b>	<b>189</b>
101	Praktische Umsetzung eines Projektes basierend auf der BIM-Methodik <b>Sebastian Spengler M.Eng.</b>	<b>191</b>
102	Entwicklung eines Berechnungsalgorithmus zur Dimensionierung von vermaschten Trinkwassernetzen in Gebäuden unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der Entnahme <b>Thomas Spöler M.Eng.</b>	<b>193</b>
103	Oberschwingungen im Drehstromnetz und Auslegung von einphasigen, passiven Oberschwingungsfilttern <b>Tim Stenzel B.Eng.</b>	<b>195</b>
104	Wirtschaftlicher Vergleich einer Luft/Wasser Wärmepumpe mit einer Sole/Wasser Wärmepumpe am Beispiel eines Einfamilienhauses <b>Sven Stratmann M.Eng.</b>	<b>196</b>
105	Kommunikation und Ethik im kommunalen Klimaschutz Handlungshemmnisse und –erfolge <b>Marcel Stüer M.Eng.</b>	<b>198</b>
106	Trennung einer Trink-/Löschwasserversorgung in einem Hochhaus im laufenden Betrieb <b>Hendrik Sunderhaus B.Eng.</b>	<b>199</b>
107	Untersuchung der vorhandenen Kühlleistung des Gaskühlers der Verdichterstufe I Verdichter I – Epe H-Gas <b>Sebastian Tenbrink B.Eng.</b>	<b>201</b>
108	Theoretische Grundlagen und Vergleich von Netzberechnungsprogrammen – Schwerpunkt Lastflussberechnung <b>Lukas Thyes M.Eng.</b>	<b>203</b>
109	Die Rolle der Fusionstechnik in der Stromversorgung Deutschlands ab 2050 <b>Niklas Tichelkamp B.Eng.</b>	<b>204</b>
110	Experimentelle Untersuchung der thermodynamischen Eigenschaften eines neu entwickelten Lüftungsgerätes insbesondere im Hinblick auf Kondensation <b>Andreas Triphaus B.Eng.</b>	<b>205</b>
111	Entwicklung eines Konzeptes zur Verbesserung der Kundenorientierung im Bereich des Energie-Contracting <b>Laura Urban B.Eng.</b>	<b>207</b>
112	Energetische Betrachtung einer Wärmepumpe zur Abdeckung von Zirkulationsverlusten in Trinkwassernetzen <b>Alexander Ussow B.Eng.</b>	<b>209</b>
113	Berechnung des CO <sub>2</sub> -Verminderungspotenzials durch Bioabfallvergärung <b>Johanna Weppel M.Eng.</b>	<b>211</b>
114	Netzanschlussanalyse von Laufwasserkraftwerken bezüglich zusätzlicher Erlöse aus vermiedenen Netznutzungsentgelten durch Anschluss an eine andere Spannungsebene <b>Benjamin Wiefel B.Eng.</b>	<b>213</b>

115	Konzeption zur nachhaltigen Wärmeversorgung des geplanten Technologiezentrums der STEINEL GmbH <b>Michael Witthake M.Eng.</b>	<b>215</b>
116	Wärmedämmung in solarthermischen Flachkollektoren- Analyse von alternativen Konzepten mittels Messung <b>Yue Shigi B.Eng.</b>	<b>216</b>
117	Auslegung einer Wärmepumpenanlage für ein Wohnbau nach VDI 4640 <b>Rongjia Zhang B.Eng.</b>	<b>218</b>
118	Photovoltaik, Speichersysteme und Wärmepumpen für Einfamilienhäuser – eine System- und Wirtschaftlichkeitsanalyse <b>Sunwen Zhang B.Eng.</b>	<b>219</b>
119	Numerische Untersuchung der Raumluftrömung in einem Bürogebäude <b>Meng Zhu M.Eng.</b>	<b>220</b>

Lektorat und Satz: Anne Bödding

© 2016 Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

## Namensverzeichnis

### A

Ab Latiff, Muhamad Safuan.....	12
Ahrens, Heiner .....	14
Amann, Sven.....	16
Appenzeller, Marius.....	18
Asbeck, Paulina.....	20
Aßmann, Lisa .....	22
Assmann, Stefan .....	24

### B

Beer, Alexander.....	25
Bergendahl, Arne .....	27
Bergmann, Lucas .....	28
Böckle, Robert.....	30
Brinkman, Stefan.....	34
Brinkmann, Marius .....	32
Brodale, Stefan.....	36
Büning, Moritz .....	38
Bunn, Hannes Emanuel .....	40
Bußmann, Tobias .....	42

### C

Caßebaum, Christian .....	44
Creutz, Thilo .....	46

### D

Dewenter, Bork.....	47
Diekmann, Robin.....	49
Dzienus, Kristian .....	51

### E

Eggs, Patrick .....	53
Eickmeier, Henry.....	55
EL Badraoui, Abderrazak .....	57
El Fath, Othmane Abou.....	59
Elsen, Yves .....	61
Engelen, Justus.....	63
Eshold, Tim .....	65

### F

Faber, Juliane.....	67
Fernströning, Sebastian .....	68
Fleige, Andre .....	69
Flesch, Kai.....	71
Fransbach, Noel .....	72
Frisch, Thomas.....	74
Fucke, Jan.....	75

### G

Gärtner, Niklas.....	77
Gehder, Stefan .....	78
Gehring, Markus.....	80
Geiping, Matthias.....	82
Gerber, Andreas .....	84
Gnoth, Jannick.....	86
Goedereis, Thomas .....	88
Goeke, Nora .....	90
Görg, Lina.....	91
Gövert, Michael .....	93
Greger, Michael.....	95

### H

Haag, Thomas .....	97
Hahn, Nicholas .....	99
Haveresch, Ralf.....	101
Hein, Mats Lukas.....	103
Hericks, Johannes.....	105
Holtfrerich, Johannes .....	107
Howe, Fabian .....	109
Hülskötter, Andre.....	110
Hunderieser, Sven Thore .....	112

### J

Jiresch, Fabian .....	113
Jüdiges, Michael.....	115

### K

Käufer, Christian.....	117
Kauscher, Torsten .....	119
Kempken, Ludger .....	120
Kessler, Anton .....	122
Kießhauer, Jan .....	124
Klein, Niklas.....	126
Kloth, Thomas .....	128
Koch, Rebekka .....	130
Kock, Tobias.....	132
Kopytziok, Daniel.....	134
Kunert, Felix .....	135
Kunert, Tobias .....	137
Küpers, Benedikt .....	139

### L

Leinkenjost, Jörg .....	141
Löckmann, Stefan.....	143
<b>Londoño Moreno, David .....</b>	<b>145</b>

## M

Markert, Felix .....	146
Mehlitz, Nils .....	147
Mesch, <b>André</b> .....	149
Mussenrock, Julian .....	151

## N

Nagy, Dennis .....	152
--------------------	-----

## O

<b>Opalka, André</b> .....	153
Ortmann, Jan .....	155

## P

Palstring, Sebastian .....	157
Pfaffenrot, Julia .....	159
Prominski, Thomas .....	161

## R

Raming, <b>André</b> .....	163
Rech, Florian .....	165
Revermann, Simon .....	166
Röttger, Elisabeth .....	168

## S

Sarg Alexander .....	170
Sasse, Teresa .....	172
Schafmeister, Dennis .....	174
<b>Schierenberg, Alexander</b> .....	176
Schlömer, Patrick .....	177
Schmidt, Christian .....	178

Scholz, Daniel .....	180
Schreiner, Andrej .....	182
Schröder, Tim .....	184
Shigi, Yue .....	216
Siebert, Thomas .....	186
Siemen, Sebastian .....	187
Smurra, Gianna Lara .....	189
Spengler, Sebastian .....	191
Spöler, Thomas .....	193
Stenzel, Tim .....	195
Stratmann, Sven .....	196
Stüer, Marcel .....	198
Sunderhaus, Hendrik .....	199

## T

Tenbrink, Sebastian .....	201
Thyes, Lukas .....	203
Tichelkamp, Niklas .....	204
Triphaus, Andreas .....	205

## U

Urban, Laura .....	207
Ussow, Alexander .....	209

## W

Weppel, Johanna .....	211
Wiefel, Benjamin .....	213
Witthake, Michael .....	215

## Z

Zhang, Rongjia .....	218
Zhang, Sunwen .....	219
Zhu, Meng .....	220

## Untersuchung der Effektivität verschiedener Filtermaterialien zur Regenwasserbehandlung mit Hilfe einer Partikelzählung

**Muhamad Safuan Ab Latiff B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

02. Juni 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Die Verschmutzung von Oberflächenabflüssen wird oft unterschätzt. Häufig erfolgt ohne Behandlung eine Einleitung in das Gewässer. Eine der ersten Richtlinien zur Behandlung ist das DWA Merkblatt ATV-DVWK-M 153. Hier wird die Verschmutzung je nach Herkunftsfläche quantifiziert.

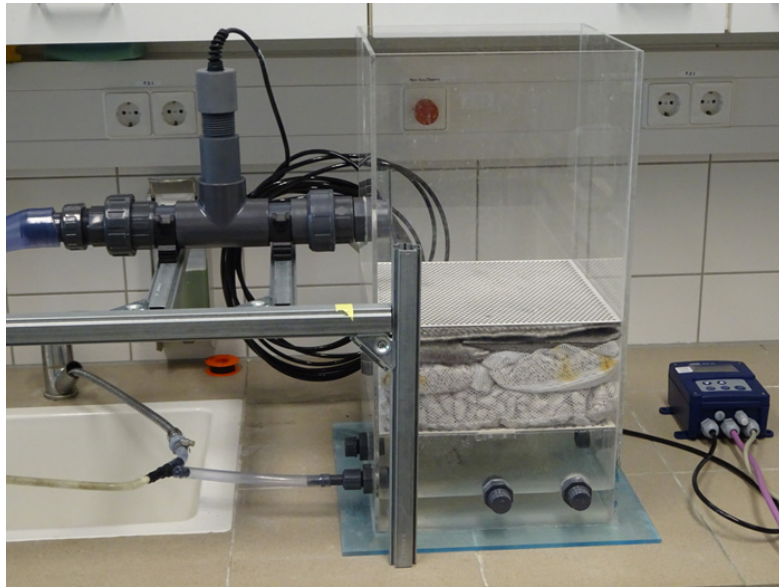
Es gibt verschiedene Schadstoffe bereits in Regenwasser. Feinpartikel, parametrisiert durch abfiltrierbare Stoffe AFS, wirken zunächst selbst als wesentlicher Schadstoff im Gewässer, weil sie Kiemen und Filtrierapparate von Fischen und Zooplanktern beeinträchtigt und Sedimentsohlen und Substrate bodenbewohnender Organismen verschlammt.

Brunner et al. (2002) geben eine Tabelle mit einer Verteilung der partikulären Stoffen im Regenabfluss an. Demnach ist ein beträchtlicher Teil der Schwermetalle an die sehr feinen Fraktionen gebunden. Man kann nun für eine ideale Filteranlage einen Grenzkorndurchmesser festlegen; je feiner dieser ist, umso höher der Wirkungsgrad. Leider sind es die extrem feinen Fraktionen, die die Belastung ausmachen. Allerdings sind feine Filter zwar wirksam, aber auch wartungsintensiv.

Partikuläre Fraktion	AFS	Pb	Cd	Cu	Zn
< 6 µm	38 %	15 %	15 %	15 %	15 %
6 – 60 µm	49 %	75 %	75 %	75 %	75 %
60 – 150 µm	7 %	10 %	10 %	10 %	10 %
150 – 350 µm	4 %				
> 350 µm	2 %				
Summen	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Zu Beginn der Untersuchung wurden umfangreiche Überlegungen theoretischer wie konstruktiver Art darüber angestellt, wie ein erfolgversprechendes Konzept für die technische Filtration von Regenwasser aussehen könnte.

Im Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung werden drei Filtermaterialien (Filtermatte, Glasschaum und Blähton) und eine halbtechnische Filteranlage bereitgestellt.



Halbtechnische Versuchsanlage im Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung

Fünf separate Untersuchungen werden durchgeführt:

- ohne Filtermaterial,
- je eine für jedes Filtermaterial,
- komplette Anordnung mit allen drei Filtermaterialien.

Wichtig für die Bewertung der Wirksamkeit eines Filtermaterials sind die Analyse der Partikelzahl und deren Größenverteilung. Es wurde das Verhalten des Feststoffrückhaltes in Bezug auf AFS von der Filtermatte, dem Glasschaum, dem Blähton und alle drei Filtermaterialien mit dem Nulldurchlauf ohne Filtermaterial verglichen. Dazu wurden 700 g Millisil W4 in 30 l Wasser durchgemischt und zum Filterbehälter geleitet. Die Proben wurden nach drei Zeitintervallen genommen und danach mit dem Partikelzähler geprüft.

Die Ergebnisse aller Messungen haben gezeigt, dass die Anzahl der Teilchen kleiner als 6  $\mu\text{m}$  am höchsten war gefolgt von den Teilchen mit einer Größe von 6 – 63  $\mu\text{m}$ . Die Anzahl von Partikel größer als 63  $\mu\text{m}$  sind nahezu 0 %.

Nur die Werte von 6 – 63  $\mu\text{m}$  sind diskussionsrelevant, weil die Partikelzahl in Ablaufwasser zwischen dem Versuch ohne Filtermaterial mit andere Versuche einen großen Unterschied ausmachen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass Blähton das beste Filtermaterial ist. Der Rückhalt betrug mit 43 %, gefolgt von der Filtermatte (29 %) und dem Glasschaum (28 %).

Zusammengefasst sind diese drei Filtermaterialien nicht geeignet für eine Partikelentfernung kleiner als 6  $\mu\text{m}$ , da diese Korngrößen nicht zurück gehalten wurden.

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

**Heiner Ahrens M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

20. März 2015

Studium:  
Studienrichtung:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
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 Schwimmmöglichkeiten 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 Wärmenergie 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 Be-

heizung 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 Becken-temperatur 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.



## Anpassungsmaßnahmen eines Gas- und Dampfkraftwerks an den deutschen Strommarkt

**Sven Amann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Florian Beerwerth
Datum des Kolloquiums:	16. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	ETABO Energietechnik & Anlagenservice GmbH, Bochum



Mit dem verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland haben sich die Stromhandelspreise an den deutschen Strommärkten stark verändert. Die sinkenden Stromhandelspreise an der Leipziger Strombörse EEX verdeutlichen die veränderte Marktsituation. Große GuD-Kraftwerke, wie das von EON betriebene Kraftwerk Irsching, sind trotz modernster Technik heute nicht mehr wirtschaftlich zu betreiben. Aufgrund dessen entschloss sich der Betreiber eines GuD-Kraftwerks Anpassungsmaßnahmen an die veränderte Marktsituation durchführen zu lassen.

Das GuD-Kraftwerk, an dem die Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen, verfügt über eine elektrische Nettoleistung von rund 560MW. Diese Leistung wird von zwei Gasturbinen und einer Dampfturbine erzeugt. Beide Gasturbinen sind an je einen Abhitzeessel angeschlossen, welcher die Abgase der Gasturbine zur Dampferzeugung für den Dampfturbinenprozess nutzt. Ein Teil des erzeugten Dampfes wird jedoch als Prozessdampf für anliegende Industriekunden ausgekoppelt. Der Prozessdampf wird den Industriekunden dabei auf drei Druckstufen (31, 16 und 6 bar<sub>abs</sub>) bereitgestellt. Auf der 31bar-Druckstufe ist vertraglich eine Versorgung mit 90t/h zugesichert. Für höhere Prozessdampfmenen steht eine dritte kleinere Gasturbine zur Verfügung, diese ist an einen Abhitzeessel angeschlossen, der über eine Zusatzfeuerung zur Dampferzeugung verfügt.

Durch die niedrigen Stromhandelspreise wird das GuD-Kraftwerk überwiegend nur mit einer Gasturbine betrieben. Im 1-Gasturbinenbetrieb können jedoch nur 45t/h Prozessdampf auf der 31bar-Druckstufe bereitgestellt werden. Die fehlenden 45t/h müssen derzeit über die dritte Gasturbine und die Zusatzfeuerung des angeschlossenen Abhitzeessels erbracht werden. Um die Wirtschaftlichkeit des GuD-Kraftwerks zu erhöhen sollen die Anzapfungen der Prozessdampfleitungen so verlegt werden, dass auch im 1-Gasturbinenbetrieb eine Versorgung von 90t/h Prozessdampf auf der 31bar-Druckstufe gewährleistet werden kann.

In dieser Bachelorarbeit werden die für die Umbaumaßnahmen des GuD-Kraftwerks benötigten Rohrleitungen, Formstücke und Rohrleitungseinbauten bezüglich ihrer Durchmesser und Wandstärken dimensioniert und deren Festigkeit gegenüber den vorherrschenden Drücken und Temperaturen nach geltenden DIN-Normen nachgewiesen. Die ermittelten Daten dienen der Firma ETABO Energietechnik & Anlagenservice GmbH zur Gestaltung der

Rohrleitungsführung im GuD-Kraftwerk. Zu den Rohrleitungseinbauten zählen hierbei die Dampfkühler, die die Temperaturen des Prozessdampfs regeln. Die Gestaltung dieser wird mit der VGB Richtlinie 540 durchgeführt.

Die abschließende Gestaltung der Dampfkühler zeigt Abbildung 1.

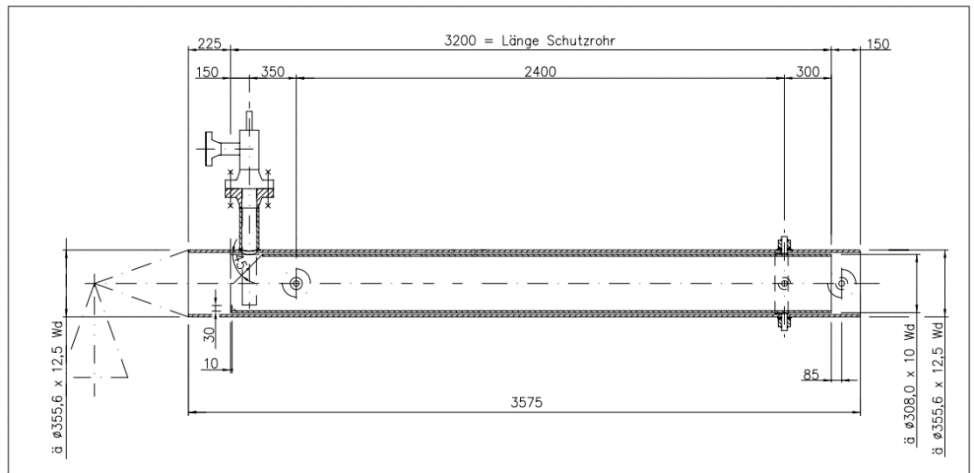


Abbildung 1: Abmessungen der Dampfkühler

Da die geplanten Umbaumaßnahmen aufgrund der veränderten wirtschaftlichen Situation am Strommarkt erfolgen, wird diese in der Bachelorarbeit im Vorfeld der technischen Berechnungen diskutiert. Hierzu werden die Stromgestehungskosten eines modernen GuD-Kraftwerkes ermittelt und mit den Stromhandelspreisen der Strombörse verglichen. Für GuD-Kraftwerke ohne Dampfauskopplung ergeben sich dabei deutlich höhere Stromgestehungskosten als die derzeit durchschnittlichen Stromhandelspreise.

## Energetische Bewertung von Verwaltungs- und Sozialgebäuden anhand von gebäudespezifischen Kennzahlen

Marius Appenzeller B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Markus Kauling M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

15. Februar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluftechnik, Kältetechnik

In Kooperation mit:

ThyssenKrupp Steel Europe AG, Duisburg



Im Rahmen dieser Bachelorthesis sollte eine Methode entwickelt werden, die Heiz- und Kühlwasserverbräuche von Nebengebäude auf dem Werksgelände der Thyssen Krupp Steel Europe AG (TKSE) in Duisburg verbrauchergerecht simuliert.

Das Ziel dieser Arbeit lag darin, eine Verbesserung im Sinne der DIN 50001 zu erzielen, die zwar eine geschlüsselte Abrechnung von Nebengewerken akzeptiert, jedoch eine transparente, nachvollziehbare Ermittlung der Verteilung verlangt.

Nachdem sich in der vorhergehenden Projektarbeit die klassische Wärmebedarfsrechnung für die über 80 Verwaltungs- und Sozialgebäude als zu aufwendig erwiesen hat, sollte in dieser Bachelorarbeit eine Systematik entwickelt werden, wie gebäudespezifischen, außentemperaturabhängigen Kennzahlen eruiert werden können.

Abbildung 1 zeigt die Herleitung der Kennzahl:

Nach DIN 1231	$\dot{Q}_{\text{Wärmebedarf}} = \dot{Q}_{\text{Transmission}} + \dot{Q}_{\text{Lüftung}}$	(W)
	$\dot{Q}_{\text{Wärmebedarf}} = \sum f_i \cdot \sum U_i \cdot \sum A_i \cdot \Delta T + \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$	(W)
	$\dot{Q}_{\text{Wärmebedarf}} = (\sum f_i \cdot \sum U_i \cdot \sum A_i + \dot{m} \cdot c_p) \cdot \Delta T$	(W)
Gebäudespezifische Kennzahlen bleiben unverändert	$K_T = \sum U_i \cdot \sum A_i$	(W/K)
Zusammenfassung von Naturkonstanten – unter der Berücksichtigung von Temperaturabhängigkeit	$K(T_a, K_T, \dot{V}) = \left( k + \dot{V} \cdot \frac{M \cdot P}{R \cdot T_a} c_p \right)$	(W/K)

Abb. 1 - Entwicklung der Kennzahl

Zusätzlich musste eine Grundlast  $Q(0)$  eingeführt werden, die nicht im Wärmebedarf berücksichtigt wird und nicht zur Einhaltung der Soll-Innentemperatur dient. Diese wird durch gebäudetechnische Begebenheiten verbraucht, wie beispielsweise die Serverraumkühlung in Bürogebäuden oder Spindheizungen in den Sozialgebäuden.

Durch Messungen der Verbräuche konnten nun die jeweiligen Kennzahlen für 4 Referenzgebäude berechnet werden.

Abbildung 2 zeigt eine Messung von einem Bürogebäude. Die dicke Linie ist jeweils der Fit, der anhand der oben genannten Formel und den Messwerten entwickelt werden konnte.

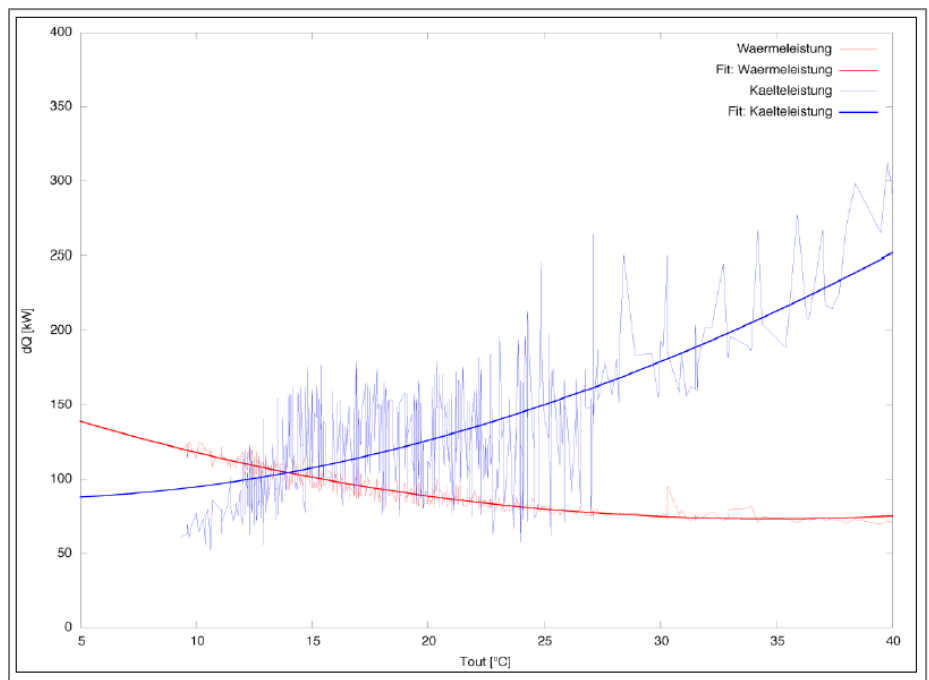


Abb. 2 - Messung und Fit am Beispiel Ing.-Haus

Ein erster Vergleich mit den gemessenen Verbräuchen zeigte eine maximale Abweichung von 5 %. Hierzu muss jedoch erwähnt werden, dass die Kennzahlen aus genau diesem Außentemperaturbereich erstellt wurden und erst eine Referenzmessung in den Wintermonaten eine objektive Beurteilung zulässt.

Zurzeit werden diese Messungen durchgeführt und das Projekt weiter vorangetrieben. Die weiteren Planungen sehen vor, dass in Zukunft mehr Daten durch die Gebäudetechnik gesammelt werden und ein regelmäßiger Abgleich mit dem Kennzahlensystem erfolgt. Durch dieses Vorgehen wird die 50001 in bester Weise erfüllt und auf der technischen Seite das Wissen über die Verbrauchscharakteristiken der Gebäude verstärkt.

**Paulina Asbeck B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.- Ing. Markus Lapke
Datum des Kolloquiums:	09. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Vattenfall Europe Windkraft GmbH, Hamburg



Offshore Wind ist ein stetig wachsender Bereich der erneuerbaren Energien, Investitionen und installierte Leistungen nehmen seit Jahren zu. Kolkschutz ist eine der großen Herausforderungen der Offshore Windindustrie und kann einen maßgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage haben.

Kolk ist eine Erosionserscheinung im Umfeld von Strukturen in maritimer Umgebung, wie beispielsweise Monopfähle von Offshore Windkraftanlagen (OWA). Durch veränderte Strömungsbedingungen und dadurch erhöhten Sedimentabtrag entsteht eine Auskolkung um den Pfahl die, abhängig von lokalen Bedingungen, in Tiefe und Ausdehnung variiert. Diese Auskolkung führt zu veränderten Belastungen auf den Pfahl. Ermüdungserscheinungen und Abschaltungen aufgrund zeitweiser Tragfähigkeitsprobleme sind die Folge. Um einen lückenlosen Betrieb von Offshore Windkraftanlagen zu gewährleisten muss die Stabilität der Anlagen sichergestellt werden.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, verschiedene Möglichkeiten des Kolkschutzes gegenüberzustellen und anhand von festgelegten Kriterien zu vergleichen. Die Arbeit soll dem Leser einen Überblick über den Markt geben und sowohl gängige Systeme wie auch innovative Alternativen vorstellen.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten Kolkschutz einzusetzen: Zum einen kann das Fundament durch Verstärkung an die erhöhten Lasten angepasst werden. Das bedeutet eine größere Menge an benötigtem Material (Stahl) und, dadurch bedingt, eine erschwerte Installation. Wirtschaftlich kann diese Lösung vor allem dann sein, wenn der auftretende Kolk gering ist. Dies trifft auf Standorte mit geringen Strömungen zu. Der Einfluss von Wellen ist generell niedriger.

Die zweite Möglichkeit ist die Installation eines externen Kolkschutzes. Dabei wird der umliegende Seeboden beschwert und so dessen Abtrag verhindert. Externen Kolkschutz gibt es in unterschiedlichen Varianten. Am gängigsten ist der Einsatz von Schüttsteinen. Dabei werden meist zwei oder mehr Schichten Steine um den Pfahl geschüttet. Der untersten Schicht kommt eine Filterwirkung zu, sie verhindert die Bewegung des Seebodens an die Oberfläche. Die darüber liegenden Schichten bestehen aus größeren Steinen und be-

schweren den Untergrund um Auswaschungen zu verhindern. Neben Schüttsteinen werden geotextile Sandcontainer als Kolkenschutz verwendet. Sie sind vor allem im Küstenbau erprobt und haben den großen Vorteil, dass sie Filter- und Schutzschicht kombinieren. Um ausreichenden Schutz zu gewährleisten müssen zwar weiterhin zwei Schichten aufgetragen werden, dennoch kann eine erhebliche Materialeinsparung erzielt werden. Des Weiteren strömen Anbieter mit neuen Kolkenschutzkonzepten auf den Markt. Von Kunststoffmatten und –schirmen über künstliches Seegras bis hin zu recycelten Autoreifen werden Systeme getestet um das enorme Kosteneinsparungspotenzial im Bereich Kolkenschutz nutzen zu können. Der Untergrund wird mit den genannten Materialien bedeckt um Erosionen zu vermeiden. Im Vergleich zu herkömmlichen Konzepten wird deutlich weniger Material benötigt. Allerdings fehlen sowohl Nachweise für die Umweltverträglichkeit dieser Systeme als auch Langzeiterfahrungen. Die potenzielle Kosteneinsparung durch geringen Materialbedarf steht demnach einem erhöhten technischen Risiko und unkalulierbaren Kosten während der Betriebszeit gegenüber.

Durch den Vergleich der verschiedenen Schutzkonzepte werden deren Stärken und Schwächen im Verlauf der Arbeit deutlich. Der Verzicht auf externen Kolkenschutz ist nur bei geringen Kolkstiefen wirtschaftlich und erfordert aus technischer Sicht eine präzise Vorhersage der erwarteten Kolktiefe um die nötige Sicherheit zu gewährleisten. Da dies ohne lokale Daten kaum möglich ist, werden ausführliche Untersuchungen des Meeresbodens und der Strömungsbedingungen in der gesamten Nordsee vorgenommen.

Viele der innovativen Konzepte befinden sich noch im Entwicklungsstadium, ihre Wirksamkeit und vor allem die Langlebigkeit müssen erst noch erprobt werden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Kolkschutzkonzept stets auf die lokalen Bedingungen der Windkraftanlage angepasst werden muss und allgemein gültige Empfehlungen nicht ausgesprochen werden können. Die Arbeit liefert zur besseren Übersicht eine Ergebnismatrix in der alle Konzepte gegenübergestellt werden. Der Betreiber der Anlage muss stets zwischen verschiedenen Aspekten abwägen.

**Lisa Aßmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Dieter Thöle
Datum des Kolloquiums:	15. Juni 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Ruhrverband, Essen



Der Kläranlagenbetrieb ist mit einem hohen Energieeinsatz verbunden, der zu den Größten einer Kommune zählt. Etwa 4,2 TWh pro Jahr verbrauchen die ca. 10.000 Kläranlagen in Deutschland, was dem Strombedarf von rund 900.000 Vier-Personen-Haushalten entspricht.

Durch den hohen Stromverbrauch ist der Betrieb der Anlagen mit einem hohen Kostenaufwand verbunden, der durch den Effizienzgrad der Verfahrenstechnik und der Betriebsweise beeinflussbar ist. Um eine mögliche Effizienzsteigerung der Anlagentechnik systematisch zu erfassen, wurde ein Instrument entwickelt, welches das Vorgehen standardisiert und vergleichbar macht. Dabei handelt es sich um die sogenannte Energieanalyse.

Energieanalysen zeigen Optimierungspotenziale für eine Absenkung des Energieverbrauchs auf. Dazu wird der Betriebszustand in großer Detailtiefe erfasst und anhand von Kennzahlen bewertet, um eine Optimierung einzelner Aggregate zu ermöglichen.

Der Ruhrverband hat seit dem Jahr 1998 bis heute 41 seiner insgesamt 68 Kläranlagen einer Energieanalyse unterzogen, zwei Drittel dieser Analysen sind vor mehr als fünf Jahren erstellt worden. Ziel dieser Arbeit liegt unter anderem darin, die vorhandene Datengrundlage hinsichtlich Veränderungen und möglichen neuen Erkenntnissen zu untersuchen. Da es neben der bisher angewendeten Systematik eine neue Arbeitshilfe zur Erstellung von Energieanalysen gibt, das DWA Arbeitsblatt 216 (im Gelbdruck), wird diese in der Arbeit untersucht und mit der bisher angewendeten Arbeitshilfe verglichen.

Im Rahmen der Arbeit wurden am Beispiel der Kläranlage Essen-Kupferdreh und der Klärschlammbehandlungsanlage Langenbrahm Unterschiede der existierenden Arbeitshilfen, die Auswirkungen der bisher ermittelten Energiesparmaßnahmen sowie neu erarbeitete Optimierungspotenziale herausgearbeitet.

Zu Beginn der Untersuchung wurde der energetische Ist-Zustand beider Anlagen unter Einbezug zahlreicher Datenquellen ermittelt. Durch die Auswertung dieser Daten wurde für beide Anlagen eine Verbrauchermatrix erstellt, in der für jedes auf der Anlage installierte Aggregat ein Strombedarf ermittelt wurde,

sodass schließlich ein Gesamtstrombedarf berechnet wurde. Nachdem die Ergebnisse der Untersuchung hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft wurden, erfolgte die Bewertung der energetischen Situation nach verschiedenen Bewertungssystemen.

Ergebnis der Untersuchungen ist, dass beide Anlagen bei der wiederholten Untersuchung ein Einsparpotenzial aufweisen. Es ergibt sich die Erkenntnis, dass die Fortschreibung der durchgeführten Energieanalysen als lohnenswert erscheint, sodass ein Handlungskonzept entwickelt wurde, um den Aufwand der Untersuchung zu verringern.

Im Wesentlichen besteht dieses Konzept aus der Reduzierung des Zeitaufwandes bezüglich der Ist-Zustandsermittlung. Nach dem Handlungskonzept sollte zunächst eine automatisierte Datenverarbeitung programmiert werden, in der die Zuordnung der Datenquellen zu der Verbrauchermatrix durchgeführt wird und die Berechnung der Stromverbräuche erfolgt. Neben der automatisierten Verarbeitung kann durch eine erweiterte Aufnahme der Daten durch das Prozessleitsystem die Datenerfassung optimiert werden, sodass eine zuverlässige Datengrundlage vorhanden ist. Durch die Reduzierung der zu betrachtenden Aggregate auf die großen Verbraucher wird eine weitere Zeiterparnis erzielt. Letztlich kann durch die zuverlässige Überprüfung des Stromverbrauchs, welche durch die Installation von Stromzählern erreicht werden kann, der Zeitaufwand verringert werden.

Durch die Anwendung des Handlungskonzeptes kann bei der Erstellung der Energieanalyse sowohl eine Zeiterparnis als auch eine Kostenersparnis erreicht werden. Es ergibt sich die Empfehlung die durchgeführten Energieanalysen in einem Rhythmus von 5 Jahren fortzuschreiben.



Stefan Assmann B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus

Datum des Kolloquiums: 05. August 2015

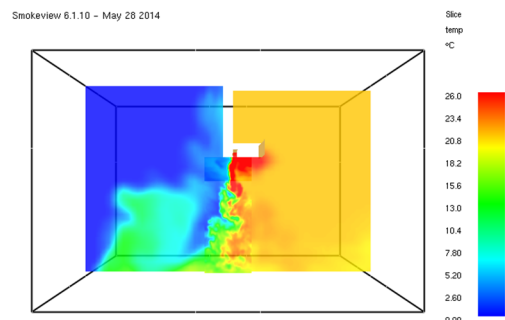
Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Gebäudetechnik  
 Laborbereich: Raumluftechnik



Luftschleieranlagen sind Lüftungsgeräte die sich direkt über Türen oder Toren befinden, die hohen Publikumsverkehr verzeichnen oder aus anderen Gründen häufig geöffnet werden, sodass in diesen Bereichen ein hoher Wärmeenergieverlust entsteht. Dieser Energieverlust kann durch eine Luftschleieranlage um 20- 80 % gesenkt werden, solange die Anlage ausreichend dimensioniert ist. Durch die vielen verschiedenen Arten und Varianten die es bei den Luftschleieranlagen gibt, kann für jede Tür- oder Toröffnung das passende Gerät gefunden werden. Auch die Funktionen wie heizen oder kühlen können heutzutage auf verschiedenste Art und Weise erfüllt werden.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist eine numerische Simulation von Luftschleieranlagen, wobei ein Vergleich zu den empirischen Auslegungen nach z. B. der holländischen ISSO Publicatie 110 durchzuführen ist.

Die numerischen Simulationen wurden mit Hilfe des Programms Fire Dynamics Simulator (FDS) durchgeführt. Mit Hilfe dieses Programms ist es möglich die Luftströmung die von der Luftschleieranlage erzeugt wird zu berechnen. Insgesamt wurden sechs Versuche durchgeführt bei denen sich einerseits die Außentemperatur und andererseits die von außen nach innen wirkende Windgeschwindigkeit ändert. Um die Simulation zu realisieren, mussten im Vorfeld FDS-Skripte erstellt werden, in welchen alle für das Programm notwendigen Randbedingungen und Parameter die zur Berechnung der Strömung notwendig sind zusammen gefasst sind. Sobald das Skript erstellt ist, kann ein leistungsstarker Rechner mit der Berechnung beginnen. Nach Ablauf dieser Berechnungen, wurden die Ergebnisse mittels Smokeview bildlich dargestellt. Abb. 1 zeigt eine Momentaufnahme vom Temperaturverlauf einer solchen Simulation.



Im Laufe dieser Bachelorarbeit hat sich herausgestellt, dass die Auslegung nach z. B. ISSO Publicatie 110 mit geringen Abweichungen mit der numerischen Simulation übereinstimmt. Es konnte aufgezeigt werden, dass mit empirischen Überslagsberechnungen eine Auslegung von Torluftschleieranlagen hinreichend genau durchgeführt werden kann.

Abb. 1 Temperaturverlauf

## Entwicklung eines Dienstleistungskonzeptes für Energieaudits am Beispiel eines Krankenhauses

**Alexander Beer B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke  
Dipl.-Ing. Stefan Bauer M. Sc.

Datum des Kolloquiums:

18. November 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

encadi GmbH, Münster



Zur Erreichung der sogenannten 20-20-20 Ziele (im speziellen der Energieeffizienzziele) der Europäischen Union beschloss diese im Jahr 2012 im Rahmen einer Richtlinie die verpflichtende Energieauditierung nach DIN EN 16247-1 für große Unternehmen ab 250 Mitarbeiter (sog. Nicht-KMU) bis zum 05.12.2015. Die Bundesregierung kam der Verpflichtung dieser Richtlinie zum 22. April diesen Jahres mit der Novellierung des Energiedienstleistungs-Gesetzes (EDL-G) nach. Für die Erfüllung dieser Pflicht blieben den nach Zahlen des BMWi ca. 91.000 verpflichteten Unternehmen in Deutschland noch 228 Tage.

Dem gegenüber listet das mit der Kontrolle der Auditpflicht beauftragte BAFA 2.808 Personen (Stand November 2015), welche die Anforderungen an Energieauditoren nach der Vorgabe des Gesetzes erfüllen.

Die Energieauditierung ist nach Durchführung in einem Zyklus von vier Jahren zu wiederholen.

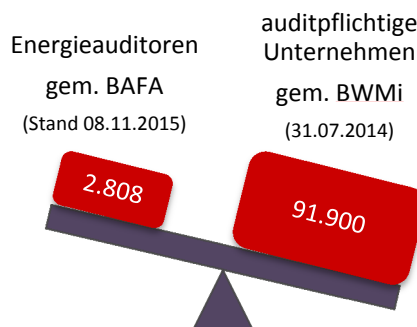


Abbildung 3: Verhältnis Energieauditoren zu auditpflichtigen Unternehmen

Die Folgen des Ungleichgewichts zwischen auditpflichtigen Unternehmen und befähigten Energieauditoren zeigten sich bei beiden Parteien in Unsicherheiten, den Verpflichtungen fristgerecht und rechtssicher nachzukommen.

Die encadi GmbH als Energiedienstleister, insbesondere im Gesundheitswesen, hat ein wesentliches Interesse daran, seinen Kunden ein rechtssicheres und fristgerechtes Audit mit vertretbarem Aufwand anzubieten.

Ziel dieser Arbeit war es daher, ein Dienstleistungskonzept zu entwickeln, mit dessen Hilfe diese gesetzten Ziele umzusetzen sind. Die Ergebnisse sind zum einen eine Kundenkategorisierung und zum anderen eine Standardisierung sowie Strukturierung des Energieauditprozesses auf Basis der DIN EN 16247-1 sowie den Merkblättern der BAFA durch die Entwicklung von Excel-Werkzeugen für die jeweiligen Phasen des Energieaudits.

Die Kundenkategorisierung ermöglicht es, den zeitlichen Aufwand zur Durchführung eines Energieaudits an die Ziele und Erwartungen der Kunden an das Energieaudit anzupassen und dadurch die Effizienz des Energieauditprozesses zu steigern.

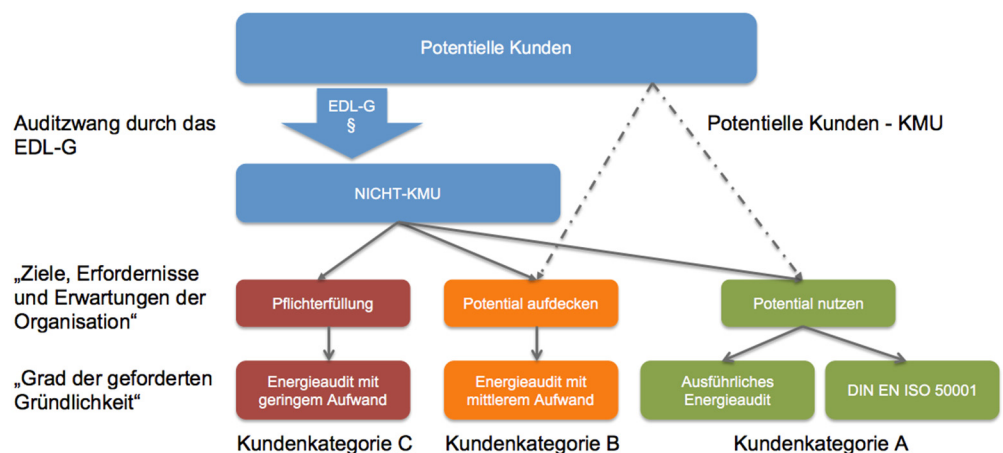


Abbildung 4: Schema zur Kundenkategorisierung für Energieauditierungen

Die Kundenkategorien gehen in die Aufwandsabschätzungen und dadurch in die Kostenkalkulation ein, definieren jedoch auch den Detailgrad des Energieaudits und steigern somit dessen Effizienz.

Die erreichte Standardisierung garantiert, jede Phase eines Energieaudits mit Hilfe verschiedener Excel-Werkzeuge mit einem vertretbaren zeitlichen Aufwand abzuarbeiten. Checklisten stellen gleichzeitig sicher, dass den gesetzlichen Ansprüchen genügt wird. Ebenso ermöglicht das entwickelte Konzept Arbeitskollegen ohne Fachbezug zum Energieaudit ein schnelles und produktives Einarbeiten in diese Thematik. Dementsprechend wurde auch die encadi in die Lage versetzt, die Anzahl durchgeführter fristgerechter Energieaudits zu erhöhen und gleichzeitig die Kosten für die Durchführung eines Energieaudits zu optimieren.

Das entwickelte Konzept ist als Prozessablauf in das Qualitätsmanagement-Handbuch der encadi übernommen worden und wird aktiv von einer Vielzahl an Arbeitskollegen erfolgreich genutzt. Auch nach dem gesetzlichen Stichtag ist aufgrund des beschriebenen Ungleichgewichts von einer weiteren Nachfrage nach Energieaudits auszugehen, sodass das beschriebene Konzept auch zukünftig Anwendung finden wird. Eine Weiterentwicklung des Konzepts zur Integration der Einführung eines Energiemanagementsystem ist angedacht.

## Optimisation and possible extension of the drinking water treatment plant in Mtwara, Tanzania

**Arne Bergendahl B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	26. März 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH, Braunschweig



Das weltweit tätige Ingenieurbüro CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH ist spezialisiert auf Entwicklungszusammenarbeit in den Bereichen Wasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, landwirtschaftliche Bewässerung, Umweltschutz, Energie, Projektmanagement, Hoch- und Industriebau, Regionalentwicklung, Transport und Straßen sowie Geotechnik.

Aus diesem Grund wurde es damit beauftragt die Wasserversorgung in Mtwara, Tansania, zu verbessern. Diese Bachelorarbeit beschäftigte sich in diesem Zuge einerseits mit der Optimierung der bestehenden Trinkwasseraufbereitungsanlage in Mtwara sowie der Frage, welche Erweiterungen nötig, möglich und sinnvoll sind.

Das geförderte Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung in Mtwara ist sehr eisen- und manganhaltig, was zu Verstopfungen im gesamten Verteilungsnetzwerk führt. Aus diesem Grund ist eine effiziente Eisen- und Manganentfernung nötig, um eine zufriedenstellende Trinkwasserqualität zu erreichen.

## Konzept zur Wärme- und Kälteversorgung des Standortes Bad Berleburg Aue der Busch Jaeger Elektro GmbH

**Lucas Bergmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Doering
Datum des Kolloquiums:	17. April 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Kältetechnik
In Kooperation mit:	Busch Jaeger Elektro GmbH, Bad Berleburg Aue



Die Busch Jaeger Elektro GmbH produziert bereits seit 90 Jahren an dem Standort Bad Berleburg Aue die Kunststoffteile für die Steckdosen- und Schalterproduktion. Die Kunststoffverarbeitung ist energie- und ressourcenintensiv. So hat der Standort im Wittgensteiner Land einen Strombedarf von 10 Millionen kWh/Jahr, einen Wasserbedarf von 4280 m<sup>3</sup>/Jahr und einen Heizölbedarf von 160.000 Litern/Jahr. In dieser Masterarbeit ist ein Konzept zur Wärme- und Kälteversorgung des Standortes Bad Berleburg Aue unter dem Gesichtspunkt der Energie- und Ressourceneffizienz erstellt worden. Zunächst ist den Fragen nachgegangen worden, welchen Einfluss die Kunststoffverarbeitung auf den Wärmehaushalt der Gebäude im Winter und auf den Wärmehaushalt im Sommer hat? Ebenfalls wurde sich die Frage gestellt, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um die Produktionsanlagen betreiben zu können

Im Rahmen der Bearbeitung des Themas hat sich herausgestellt, dass die internen Wärmelasten der Produktionsgebäude hoch sind und die durch die Heizungsanlage zur Verfügung stehende Wärmemenge gering ausfällt. Zusätzlich führen die hohen internen Lasten zu einer hohen thermischen Belastung der Produktionsgebäude an Sommertagen. Hinzu kommt, dass zur Erstarrung der thermoplastischen Kunststoffteile diese innerhalb des Spritzgießwerkzeuges abgekühlt werden müssen. Ebenfalls benötigen die am Standort größtenteils eingesetzten hydraulisch betriebenen Spritzgießmaschinen eine Maschinenkühlung.

Aus diesen Rahmenbedingungen wurde folgendes Konzept zur Energieeffizienz- und Ressourcensteigerung erarbeitet.

Als Hauptmaßnahme ist ein Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 290 kW und einer elektrischen Leistung von 250 kW sowie eine Absorptionskältemaschine mit einer Kälteleistung von 161 kW zur Kühlung der Spritzgießwerkzeuge ausgelegt worden. Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung ermöglicht Laufzeiten des Blockheizkraftwerks in Höhe von 7000 Std. woraus eine Eigenstromproduktion in Höhe von 1,75 Mio. kWh/Jahr ermöglicht wird. Ebenfalls ist die Realisierbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit mittels der Kapitalwertmethode dieser Maßnahme geprüft worden, wobei sich als Ergebnis eine dynamische Amortisation von 5,8 Jahren einstellen wird.

Als weitere Maßnahmen ist der hydraulische Abgleich der bestehenden Wärmerückgewinnungsanlage der Maschinenkühlung empfohlen worden, da eine Unterversorgung von Teilbereichen aufgrund hoher Druckverluste besteht.

Um den Wasserbedarf des Standortes zu reduzieren, ist ein geschlossenes Rückkühlwerk mit Verdunstungskühlung innerhalb des Maschinenkühlkreislaufts einzubinden, woraus eine Wassereinsparung in Höhe von 1885 m<sup>3</sup>/Jahr ermöglicht wird.

Als letzte Maßnahmen ist im Rahmen dieser Ausarbeitung empfohlen worden, bestehende raumluftechnische Anlagen durch dem Stand der Technik entsprechende raumluftechnische Anlage auszutauschen. So ist eine Verdunstungskühlung mit nachgeschalteter Kompressionskühlung innerhalb eines Gebäudes empfohlen worden. Ebenfalls wurde die Installation von raumluftechnischen Anlagen mit Wärmerückgewinnung empfohlen.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind teilweise wirtschaftlich und es konnte eine Empfehlung zur Umsetzung als Investitionsprojekt ausgesprochen werden. Maßnahmen, wie z. B. der Austausch der raumluftechnischen Anlagen, sind im Rahmen von Ersatzinvestitionen zu realisieren.

## Energieversorgung einer Schule mittels Kraft-Wärme-Kopplungsanlage und Nahwärmenetz

**Robert Böckle B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

14. Januar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Kreis Steinfurt, Gebäudewirtschaft, Burgsteinfurt



Der Kreis Steinfurt hat 2010 von der Stadt Rheine ein Berufsschulzentrum übernommen. Da die Stromkosten hoch sind, möchte man mit Hilfe dieser Abschlussarbeit herausfinden, ob es wirtschaftlich ist, mit einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage eigenen Strom zu produzieren.

Die Dächer der Gebäude sind größtenteils an einen Photovoltaikanlagenbetreiber verpachtet, sodass diese Möglichkeit der Eigenstromerzeugung nicht besteht.

Die bei der Stromproduktion in einem Blockheizkraftwerk abfallende Wärme soll zu Heizzwecken in den Schulgebäuden verwendet werden. Um die verteilten Gebäude über ein gemeinsames Blockheizkraftwerk mit Strom und Wärme zu versorgen, muss vorher ein eigenes Stromnetz und ein Nahwärmenetz inklusive Wärmeübergabestationen installiert werden. Platz für die neue Heizzentrale ist im Keller eines der Hauptgebäude vorhanden und für unter- oder oberirdische Speichertanks auf dem Schulhof.

Das wärmegeführte Blockheizkraftwerk wird nach der gemeinsamen thermischen Grundlast ausgelegt. Anhand der noch zu entwickelnden geordneten Jahresdauerlinie der Heizleistung ist abzulesen, dass diese unterhalb von 300 kW liegt. Damit lassen sich 3.400 Volllaststunden, einschließlich 20 m<sup>3</sup> Pufferspeicher und Modulation des Blockheizkraftwerks etwa 4.200 Vollbenutzungsstunden pro Jahr erreichen. Die Spitzenlast wird dezentral über die modernen Erdgas-Heizkessel im Bestand abgedeckt. Um die geordnete Jahresdauerlinie zu erstellen, benötigt man den Jahresgesamtlastgang der Heizleistung aus stündlichen Werten.

Die einzelnen Lastgänge der Heizleistung für Raumwärme lassen sich vereinfacht über die Formel  $Q \sim (T_i - T_a)$  erstellen. Die Innentemperaturen entsprechen den Soll-Raumtemperaturen, die in den Heizungsregelungen eingestellt sind. Die stündlichen Außentemperaturen bekommt man als langjährig-gemittelte Werte für die jeweilige Region vom Deutschen Wetterdienst. Die Jahreswärmeverbräuche dazu kann man aus den Erdgasrechnungen und Jahresnutzungsgraden der Kessel errechnen.

Sie werden noch temperaturbereinigt, also über die Monatsgradtagszahlen

vom Deutschen Wetterdienst über 10 Jahre gemittelt.

Die Heizleistung zur Trinkwassererwärmung ist von der für Raumwärme getrennt zu berechnen. Aufaddiert ergeben sie den Gesamtlastgang der Heizwärme der Schule und dieser nach Heizleistung geordnet die geordnete Jahresdauerlinie. Mit dem Gesamtlastgang und dem Stromlastgang, der in diesem Fall vom örtlichen Energieversorgungsunternehmen zu beziehen ist, lassen sich die eigenerzeugte Wärme und der eigenerzeugte Strom getrennt nach Einspeisung und Selbstnutzung errechnen.

Die drei näher betrachteten Varianten haben Eigenstromanteile, also Anteile des selbst genutzten vom erzeugten Strom, von bis zu 70 %. Das ist sehr positiv zu bewerten, da nur der durch diesen Anteil verdrängte Fremdbezugsstrom den wirtschaftlichen Vorteil ausmacht. Das ist aber auch der Grund, warum die in die Betrachtung zu ziehenden Versorgungsvarianten, die nach dem Erneuerbare Energien Gesetz gefördert werden, nicht wirtschaftlich sind, da nach diesem nur eingespeister Strom gefördert wird und als zweiter Nachteil auch noch teures Bio-Methan eingesetzt werden müsste. Bei Varianten die nach dem Kraft Wärme Kopplungs-Gesetz gefördert werden und 100 kW elektrisch nicht überschreiten wird auch der nicht eingespeiste Strom gefördert. Eingespeister Strom wird aber nur etwa kostendeckend vergütet. Die 100 kW-Grenze macht allerdings eine Aufteilung der gewünschten Leistungsgröße auf zwei Module erforderlich, wobei das zweite Modul erst ein Jahr später in Betrieb gehen darf. In die engere Auswahl gekommen sind ein Erdgas-Blockheizkraftwerk mit einem Modul mit 50 kW und einem mit 100 kW elektrischer Leistung, ein Mikrogasturbinen-Blockheizkraftwerk mit zwei 65 kW Modulen und ein Heizöl-Blockheizkraftwerk mit zwei 100 kW Modulen.

Nach Auslegung der Nahwärme- und Stromleitungen und weiterer Betriebsmittel, Einholung von Kostenvoranschlägen und Ermittlung von Investitionszuschüssen aus Fördermitteln folgt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Wie bei Vorplanungen üblich sind die Rechnungen vereinfachte Überschlagsrechnungen. Die erste und die dritte Variante schneiden in der Amortisationsrechnung mit etwa 7 Jahren am Wirtschaftlichen ab. Das Erdgas-Blockheizkraftwerk ist dem mit Heizöl betriebenen jedoch wegen der über 10 Jahre betrachtet günstigeren Energiepreisprognose vorzuziehen. Das Mikrogasturbinen-Blockheizkraftwerk schneidet wegen der schlechteren Wirkungsgrade mit etwa 17 Jahren Amortisationsdauer am unwirtschaftlichsten ab. Die Systemempfehlung liegt bei dem wärmegeführten, zweimoduligen Erdgas-Blockheizkraftwerk auf Verbrennungsmotorbasis mit einem 20 m<sup>3</sup> großen unterirdischen Warmwasserpufferspeicher.



## Auslegung und Dimensionierung eines BHKW zur Wärme- und Stromerzeugung in der Produktion für die Fa. Biederlack in Greven

**Marius Brinkmann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	29. Mai 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Hermann Biederlack GmbH & Co. KG, Greven



Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung ist der Einsatz effizienterer Energiebereitstellung auf der Erzeugerseite. Hierzu gehört auch die Technik der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Mit einer Kraft-Wärme-Kopplung ist es möglich elektrische und thermische Energie parallel bereitzustellen. Im Gegensatz zu der konventionellen Stromerzeugung im Kraftwerk wird bei der KWK neben der elektrischen zusätzlich noch die thermische Energie genutzt. Dies trägt zur Primärenergie-, CO<sub>2</sub>- und Kosteneinsparung bei und soll einen ökonomischen und ökologischen Nutzen erzielen.

Das BHKW ist eine Form der KWK. Unter Einsatz eines Verbrennungsmotors wird ein Generator betrieben und elektrische Energie bereitgestellt. Die Abwärme der Kühlflüssigkeit, als auch der Abgase wird eigengenutzt und entlastet die konventionelle thermische Energiebereitstellung.

Ein traditionsreicher Textilbetrieb aus dem Münsterland ist die Fa. Biederlack aus Greven. Seit über 125 Jahren werden Wohndecken bei der Fa. Biederlack in Greven produziert. Die Fa. Biederlack ist sehr energieintensiv und möchte Energiekosten einsparen. In dieser Masterarbeit wurde untersucht, inwieweit ein BHKW bei der Fa. Biederlack eine Einsatzmöglichkeit findet und eine Energiekosteneinsparung ermöglicht.

Für die wirtschaftliche Betrachtung und Dimensionierung des BHKWs wurde die vorhandene Anlagentechnik untersucht und unter Betrachtung der noch benötigten Anlagentechnik und der bereits durchgeführten als auch geplanten Energieeinsparpotentiale eine geeignete BHKW-Größe ermittelt. Die wirtschaftliche Betrachtung erfolgte unter Verwendung von dynamischen Investitionsrechenverfahren. Die vom BHKW bereitgestellte Energie wird im Produktionsbetrieb, als auch für die Heizungsunterstützung genutzt.



Abb. 1: Neu errichtetes BHKW und Sattdampfkessel der Fa. Biederlack in Greven.

Ergebnis der Masterarbeit ist, dass ein BHKW bei der Fa. Biederlack einen ökonomischen, als auch ökologischen Nutzen erzielt. Im August 2015 wurde das neue BHKW bei der Fa. Biederlack in Betrieb genommen und koppelt in Kombination mit einem 60 m<sup>3</sup> Pufferspeicher und einem neu errichteten Satt-dampfkessel sowohl Warmwasserwärme, als auch Sattdampf aus.

## 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  
Studienrichtung: Technisches Management  
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.

Es versteht sich von selbst, dass die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen „um jeden Preis“ kein sinnvolles Unterfangen darstellt. 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.

## Softwaregestützte Untersuchung von verschiedenen Verteilungssystemen für Trinkwasser in Gebäuden unter wirtschaftlichen und hygienischen Aspekten

**Stefan Brodale M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

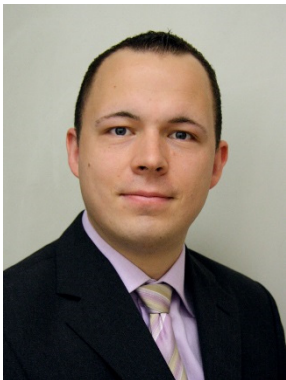
Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

10. März 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Die Grundlage der softwaregestützten Untersuchung verschiedener Verteilungssysteme für Trinkwasser in Gebäuden bildet ein exemplarisch entworfenes Pflegeheim. Für dieses Gebäude wurden für PWC und PWH verschiedene Installationsvarianten geplant und unter hygienischen und wirtschaftlichen Aspekten bewertet. Der Fokus der Planung lag auf einer dauerhaften Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebs (Nutzungshäufigkeit und Entnahmemengen) unabhängig von der Gebäudeauslastung und unabhängig vom physischen Zustand der Bewohner/ -innen (z. B. bettlägerige Personen). Konstruktive Voraussetzung hierfür ist die Wahl eines Verteilungssystems, bei dem bei Wasserentnahme im System möglichst viele Teilstrecken durchströmt werden. Es eignen sich besonders die durchgeschleifte und die Ring-Installation (Abb. 1 & 2). Die „konventionelle“ T-Stück-Installation birgt ein hohes Stagnationsrisiko, da jede Entnahmestelle regelmäßig genutzt werden muss, um den Wasserinhalt der zugehörigen Einzelzuleitung auszutauschen. Daher war dieses Verteilungssystem für eine weitere Betrachtung nicht relevant.

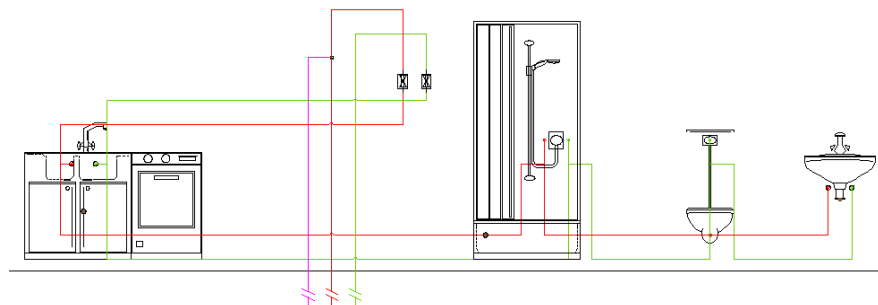


Abb. 1: Beispiel einer durchgeschleiften Stockwerksinstallation

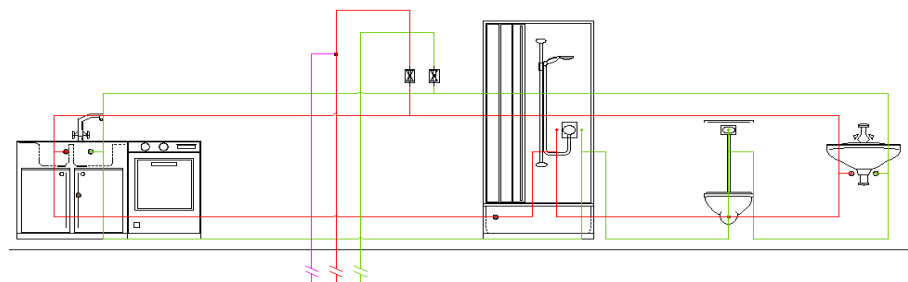


Abb. 2: Beispiel einer Stockwerksinstallation mit Ringleitung

Die Planung und Dimensionierung der Installationsvarianten für das Pflegeheim erfolgten mit der Haustechnik-Planungssoftware Dendrit STUDIO, gemäß dem differenzierten Berechnungsverfahren nach DIN 1988-300 für PWC und PWH. Bei der Zirkulationsberechnung unterscheidet man das 2012 eingeführte Beimischverfahren nach DIN 1988-300 und das bekannte Berechnungsverfahren nach DVGW W 553. Da Dendrit STUDIO das Zirkulationssystem nach DVGW W 553 bemisst, wurden in dieser Arbeit beide Verfahren zur Zirkulationsberechnung miteinander verglichen und die Unterschiede aus hygienischer und wirtschaftlicher Sicht bewertet.

Durch die Planung und Errichtung werden die Voraussetzungen für die Einhaltung des bestimmungsgemäßen Betriebs geschaffen. Die Untersuchung der Verteilungssysteme in dieser Arbeit hat ergeben, dass sich sowohl die durchgeschleiften Trinkwasser-Installationen als auch die Ring-Installationen unter Einsatz von Strömungsteilern hierfür empfehlen. Durch eine intelligente Leitungsführung, den Einsatz von Hygienetechnik und eine Zirkulationsanbindung an Warmwasserleitungen, unabhängig von der 3-Liter-Regel, können beide Verteilungssysteme auf gleichem hygienischen Standard betrieben werden. Der Einsatz von Spüleinrichtungen und Messsensorik in den Installationsvarianten PWC ermöglicht dauerhaft einen ausreichenden Wasseraustausch im System. Bei den Installationsvarianten PWH wird eine Durchströmung durch das Zirkulationssystem gewährleistet.

Alle Warmwasserleitungen sind, unabhängig von der 3-Liter-Regel, an das Zirkulationssystem angebunden und werden mit den für den Ausgleich der Wärmeverluste notwendigen Volumenströmen durchflossen. Die Funktionstüchtigkeit des Hygiene- und Zirkulationssystems wurde über die Simulation mit Dendrit STUDIO nachgewiesen. Die nach den a.a.R.d.T. geforderten Temperaturen von  $< 25\text{ °C}$  im PWC und  $> 55\text{ °C}$  im PWH werden somit durch Verbrauchs- und Zirkulationsprozesse eingehalten. Zusätzliche manuelle Spülmaßnahmen und ein dadurch erhöhter Personalbedarf entfallen. Die Wahl des Verteilungssystems ist somit eher von wirtschaftlichen als von hygienischen Aspekten abhängig. Hierunter fallen die Betriebskosten für automatisierte Spülmaßnahmen und Pumpenbetrieb sowie die Materialkosten bei Errichtung der Trinkwasser-Installation.

Für das Pflegeheim stellt das Verteilungssystem „Ring-Installation mit dynamischen Strömungsteilern“, bezogen auf die Materialkosten, die kostengünstigere Variante dar. Die Unterschiede in den Betriebskosten sind aufgrund des geringen Betrages eine vernachlässigbare Größe.

Nach Inbetriebnahme der Trinkwasser-Installation hat der Betreiber/ Nutzer den bestimmungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten. Kostengünstigere Trinkwasser-Installationen mit „konventioneller“ T-Stück-Installation und ohne Hygienesystem nehmen den Betreiber stärker in die Pflicht. Wenn der bestimmungsgemäße Betrieb durch die eigentliche Nutzung des Gebäudes nicht gewährleistet werden kann, so wird dem Betreiber/ Nutzer ein Spülplan aufgebürdet. Da die Betreiberpflichten häufig gar nicht oder nur unzureichend bekannt sind und die Trinkwasser-Installation mit möglichst wenig Aufwand betrieben werden soll, sind optimierte Systemlösungen zur dauerhaften Sicherstellung der Trinkwasserqualität den „konventionellen“ Systemlösungen vorzuziehen.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Grauwassernutzungsanlage am Beispiel eines Mehrfamilienhauses

**Moritz Büning B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz- Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc

Datum des Kolloquiums:

16. Dezember 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Die Grauwassernutzungsanlage kann aufgrund des Umweltschutzes sowie aus wirtschaftlicher Sicht eine gute Investition darstellen.

In vielen Gebieten der Erde besteht ein Wassermangel, den die Menschheit in noch weiteren Teilen verhindern muss. Die Grauwassernutzung ist bezüglich dieses Gedankens eine adäquate Technologie um Trinkwasser einzusparen, der Gefahr des weiteren Mangels entgegenzuwirken sowie die Umwelt zu entlasten.

Durch den Einbau einer Grauwassernutzungsanlage in jedem Haushalt könnten ca. 40 % des Haushaltswasserbedarfs gedeckt werden. Diese Zahl zeigt, dass schon durch kleine Grauwassernutzungsanlagen Wassermassen eingespart werden, die dazu beitragen, Klärwerke und Gewässer nachhaltig zu entlasten. Vorteile dieser Entlastung sind zusätzlich die Einsparung von Energie, die zur Wasseraufbereitung in den Klärwerken benötigt wird und der verringerte Einsatz von chemischen Mitteln. Auf die Energieeinsparung hat die Grauwassernutzung doppelte Auswirkungen, da auch bei der Bereitstellung von frischem Trinkwasser viel Energie notwendig ist. Der Ausstoß von CO<sub>2</sub> wird durch niedrigeren Stromverbrauch verringert und die damit verbundene Erderwärmung verlangsamt.

Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage ist der zweite Punkt, aus dem Vorteile gezogen werden können. Grauwassernutzungsanlagen sollen neben den ökologischen Vorteilen Kosten einschränken, was jedoch maßgeblich von der Größe der Anlage abhängt.

Bei kleinen Anlagen, wie sie in Ein- oder Mehrfamilienhäusern eingebaut werden, sind die Trink- und Abwassereinsparungen nicht hoch genug, um in absehbarer Zeit die Investitions- und Betriebskosten zu decken. Am Beispiel eines Mehrfamilienhauses wurde eine Amortisationsrechnung durchgeführt, die aufzeigt, dass sich eine Anlage in einem Haus mit 24 Personen nicht zufriedenstellend refinanzieren kann. Aufgrund der zurzeit geringen Abnahme an Grauwassernutzungsanlagen sind die Investitionskosten zu hoch, um kleine Anlagen rentabel zu betreiben.

Großanlagen, die beispielsweise in Hotels mit durchschnittlich 300 Besuchern am Tag eingebaut werden können, arbeiten mit wesentlich größeren Wassermengen. Durch dieses hohe Einsparpotenzial und bei jährlicher Wasserpreissteigerung können die Investitions- und Betriebskosten schon nach wenigen Jahren gedeckt werden. In einer Amortisationsrechnung für ein solches Hotel

welches durchschnittlich 300 Personen am Tag unterbringt, stellte sich heraus, dass hier von hocheffizienten Anlagen gesprochen werden kann die sehr rentabel betrieben werden.

Große Anlagen, mit einer Aufbereitungsleistung von  $\geq 10.000$  Litern / Tag sind nach diesen Berechnungen sehr empfehlenswert. Kleine Anlagen sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht effizient, allerdings kann hierbei der Umweltgedanke eine übergeordnete Rolle spielen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Amortisationskurven des untersuchten Mehrfamilienhauses (Abb.1) und des berechneten Hotels (Abb.2).

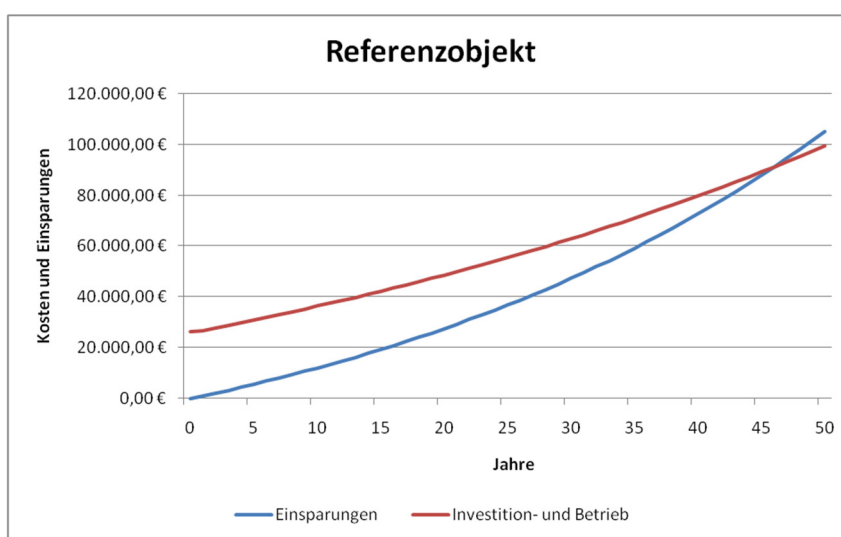


Abb. 1: Darstellung der Amortisation über 50 Jahre / Refinanzierung nach 47 Jahren

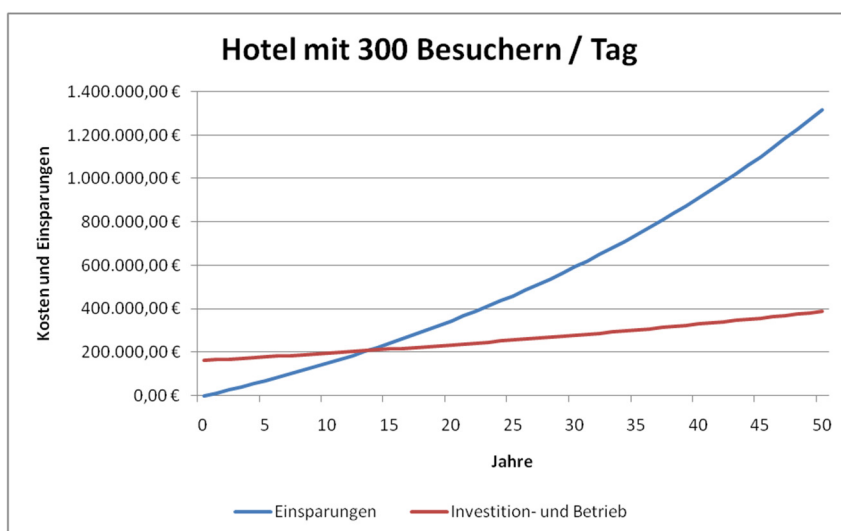


Abb. 2: Darstellung der Amortisation über 50 Jahre / Refinanzierung nach 14 Jahren



## Entwässerungsplanung inklusive Überflutungsprüfung einer Industrie- fläche in Hamm

**Hannes Emanuel Bunn B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Dipl.-Ing. Johannes Börgers

Datum des Kolloquiums:

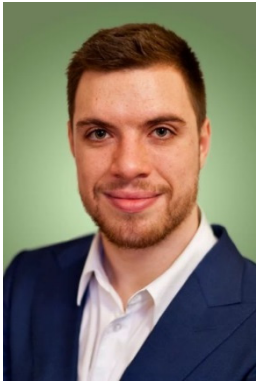
15. Februar 2016

Studium:  
Studienrichtung:

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

In Kooperation mit:

Büro für Tiefbauplanung - Dipl.-Ing. Johannes Börgers, Hamm



Grundlage für die Stadthygiene ist die sichere Ableitung von Schmutzwasser in funktionsfähigen Kanalnetzen. Zur Sicherung gegen Überflutungen nach intensiven Regenfällen werden Oberflächen gestaltet und Regenwasserkanäle angeordnet. Die separate Ableitung in sogenannten Trennsystemen ist für Neubaugebiete üblich.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Entwässerungsplanung für eine Neubaulfläche in einem Industriegebiet der Stadt Hamm geplant. Es handelte sich um ein ca. 2,5 ha großes Areal auf dem ein Agrarhandelsunternehmen für Saatgut, Düngemittel und Pflanzenschutz die Errichtung seiner Produktions- und Lagerhallen geplant hat. Folgende Planungsaufgaben waren Bestandteil der Arbeit:

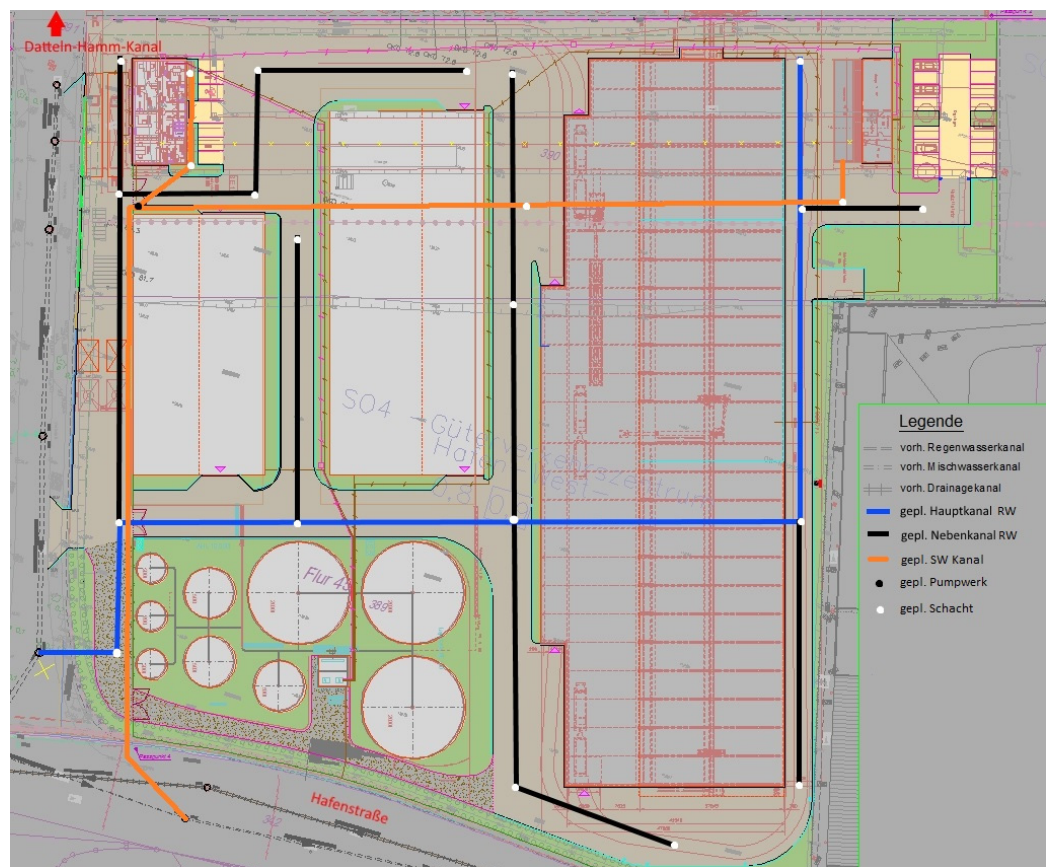
- ▶ Dimensionierung der Schmutz- und Regenwasserkanalisation
- ▶ Entwässerungs der Hallendächer
- ▶ Auslegung einer Entwässerungspumpe und eines Leichtflüssigkeitsabscheiders
- ▶ Überflutungsbetrachtung für das Gebiet

Neben der grundlegenden Planung wurde auf die Ausschreibung des Bauvorhabens eingegangen und eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Die Rahmenbedingungen wurden beschrieben. Wesentliche Richtlinien und Normen zur Planung eines Entwässerungsnetz für Schmutz- und Regenwasser wurden vorgestellt. Anschließend wurde ein Plan angefertigt, in welchen die Netze und die verwendeten Werkstoffe eingetragen wurden. Neben der Entwässerungsplanung beinhaltet der Plan die Straßenplanung des Bauvorhabens und die damit verbundene Planung der Straßenabläufe.

Für die Vergabe des Bauvorhabens wurde eine Ausschreibung vorbereitet. Diese enthält neben den angefertigten Planunterlagen ein Leistungsverzeichnis der Baumaßnahme.

Die anschließende Überflutungsprüfung befasst sich mit der Frage, was passiert, wenn die Kanalisation das Wasser aufgrund von starken Regenfällen nicht mehr aufnehmen kann bzw. ob es infolge eines Starkregens zu einer schadhafte Überflutung des Grundstückes kommt.

Abschließend wurde eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. In dieser wurde untersucht, ob eine Auslegung des Entwässerungssystems für größere Regenspenden sinnvoll wäre. Für die Planung wurde eine Regenspende für eine Häufigkeit von  $n = 0,5 \text{ a}^{-1}$  zugrunde gelegt. Es stellte sich heraus, dass zur nennenswerten Reduktion des Überflutungsrisiko eine erhebliche Steigerung des Kanalvolumens erforderlich wäre. Hier wirkten sich letztlich wirtschaftliche Grenzen und die Aufnahmekapazität des bestehenden Kanalnetzes limitierend aus.



Flächen und geplantes Entwässerungssystem

## Vergleich der Lüftungssysteme A und B der VDI 3804 mittels thermisch energetischer Anlagensimulation

**Tobias Bußmann M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring

Datum des Kolloquiums:

25. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Deutschland befindet sich in der gemäßigten Klimazone und der Kühlbedarf von Wohngebäuden ist aufgrund der Jahresmitteltemperaturen um zehn Grad Celsius überschaubar. Für ein angenehmes Raumklima in Wohngebäuden reicht es somit oft aus an heißen Sommertagen die Fenster von außen zu verschatten.

Ganz anders sieht es bei Nichtwohngebäuden, wie zum Beispiel bei Bürogebäuden aus. Diese Gebäude haben häufig ein sehr hohen Glasanteil, keine oder nur eine unzureichende Verschattung. Des Weiteren ist der Klimatisierungsbedarf aufgrund der höheren inneren Lasten wesentlich größer. Der Energieaufwand hierfür ist derzeit circa 100-mal so hoch wie im Wohngebäudebestand. Um diesen Energieaufwand entgegenzuwirken, können einerseits bauliche Maßnahmen und ein angepasstes Nutzerverhalten Verbesserungen bewirken, andererseits kann dies auch durch eine auf das Gebäude ausgelegte Klimatisierung geschehen. Bei einer Klimatisierung von Gebäuden sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten gegeben.

Die in vielen Fällen bestimmende Aufgabe des Energietransports kann mit Nur-Luft- oder Luft-Wasser-Anlagen gelöst werden. Bei der „Nur-Luft-Variante“ wird die dem Raum zuzuführende Kühl- oder Heiz-Energie allein durch einen entsprechend großen Kühl- oder Wärmeluftstrom bewältigt. In gleicher Weise kann bei Luft-Wasser-Anlagen durch einen kleinen Luftstrom, der den hygienischen Mindestluftwechsel sicherstellt, und ein Kaltwasser- oder Warmwasserrohrnetz mit örtlichen Wärmetauschern die Energie transportiert werden. Energetische gesehen sind beide Variante ungleich.

Im Zuge dieser Masterarbeit wurden mittels eines thermischen energetischen Anlagensimulationsprogramms die Lüftungssysteme A und B der VDI 3804 miteinander verglichen. Dabei steht das Lüftungssystem A für eine Nur-Luft-Anlage mit zentraler maschineller Lüftung mit hohem Volumenstrom, der entsprechend der erforderlichen Kühlarbeit geregelt wird. Das Lüftungssystem B steht für eine Luft-Wasser-Anlage, die jedoch nur den hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsel fährt und die Gebäudekühllast über eine Kühldecke abführt. Beide Lüftungssysteme haben zur Heizlastabdeckung des Gebäudes statische Heizflächen. Die thermisch energetische Gebäude- und Anlagensimulation erfolgte mit der Simulationssoftware DesignBuilder und auf Grundlage des Testreferenzjahres 2002 für den Bereich Berlin.

Ziel der Masterarbeit war es herauszufinden welches Lüftungssystem der VDI 3804 zur Klimatisierung des Bürogebäudes am energetisch günstigsten ist. Das Lüftungssystem A, das für eine Nur-Luft-Anlage steht und sich in der gemäßigten Klimazone die kühlen Jahresmitteltemperaturen zur Nutze macht, oder das Lüftungssystem B, das für eine Luft-Wasser-Anlage steht und mit Wasser als Energieträger wesentlich weniger Energie für den Energietransport benötigt.

Zu diesem Zweck, wurden mittels einer thermisch energetischen Gebäude- und Anlagensimulation an einem baugleichen vierstöckigen Bürogebäude, mit gleichen Anforderungen an die Raumtemperaturen sowie der relativen Raumluftfeuchte, die Lüftungssysteme A und B energetisch untersucht. Bei der Simulation konnten wesentliche Erkenntnisse in Bezug auf den Energieverbrauch der Lüftungskonzepte gewonnen werden. Es konnte festgestellt werden, dass für das simulierte Bürogebäude das Lüftungskonzept B der VDI 3804 energetisch günstiger ist als das Lüftungskonzept A. Der Grund dafür ist, dass für die Klimatisierung des Bürogebäudes bzw. für die Einhaltung der maximalen Raumtemperaturen reichten die kühlen Außentemperaturen nicht aus, um den Vorteil des Wassers als Energieträger für den Energietransport auszugleichen oder sogar zu übertreffen.

Durch die thermisch energetische Gebäude- und Anlagensimulation konnte herausgefunden werden, dass das Lüftungssystem B im Gegensatz zum Lüftungssystem A im Testreferenzjahr 2002, 4821 kWh pro Jahr weniger Energie benötigt um das Bürogebäude zu klimatisieren, was einer Energieeinsparung von 40 % entspricht.

Anschließend wurden Optimierungsversuche bei beiden Lüftungssystemen durchgeführt. Beim Lüftungssystem A, wurde die aus der Kältemaschine austretende Kaltwassertemperatur von 6,67 auf 10 °C angehoben, dabei ergab sich nur eine geringfügige Verbesserung in Bezug auf den Energieverbrauch. Denn der Vorteil der geringeren Leistungsaufnahme der Kältemaschine wurde durch die erhöhte Ventilatorleistung deutlich verringert. Bei dem Optimierungsversuch des Lüftungssystem B, bei dem der Mindestluftwechsel verdoppelt wurde, konnte festgestellt werden, dass dieser sich negativ auf den Energieverbrauch auswirkt.

## Konzepterstellung zur Verbesserung der Luftqualität im Umfeld einer Gebinde-Reinigungsanlage für Mehr-Weg-Lackbehälter

**Christian Caßebaum B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. Dipl.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Marc Lappe

Datum des Kolloquiums:

28. Oktober 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

TIGEV Ingenieure, Münster



Zur Einhaltung von gesetzlichen Genehmigungsaufgaben, die auf Basis der 31. BImSchV zum Betrieb einer genehmigungsbedürftigen Reinigungsanlage für Mehr-Weg-Lackbehälter (Gebinde) erstellt wurden, wurde in der Konzepterstellung das erste Mal die Zusammenhänge von Volumenströmen, Druckverhältnissen und Schadstoffkonzentrationen in der Maschinenhalle ermittelt.

Ziel der Konzepterstellung war die Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung des Schadstoffmassenstroms über die konventionelle Lüftungsanlage, die den Schadstoff thermisch ungereinigt an die Umwelt imitiert. Und gleichzeitig die Grundbelastung an Schadstoffen in der Hallenluft zu minimieren.

Die betrachtete Reinigungsanlage, eines Industriebetriebs zur Herstellung von Autolacke, besteht aus fünf Anlagenkammern und wurde 1982 errichtet. Die Anlage wird Werktags von fünf Mitarbeitern in zwei Schichten betrieben. Am Tag werden ca. 100 Gebinde mit einem Fassungsvermögen von bis zu 1.000 Liter gereinigt.

Die höchstbeladene Luft (z. B. direkt aus der Reinigungsanlage) wird über eine thermische Nachverbrennung aus der Halle geleitet, diese ist aufgrund ihrer Kapazität voll ausgelastet. Die Arbeitsplatzgrenzwerte nach den technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) werden in allen Hallenbereichen regelmäßig durch den Betreiber ermittelt und eingehalten.

Zur Feststellung der größten Emissionsquellen im Umfeld wurden Schadstoffkonzentrationen u. a. in Abhängigkeit des Prozessablaufes ermittelt. Im Zusammenhang eines Prozessablaufes konnte die Schadstoffkonzentration über einer Zeit von 5 Minuten (ungefähr ein Waschdurchgang) ermittelt und grafisch dargestellt werden. Die Auswertung zeigt deutlich einen Anstieg der Konzentration beim Prozessablauf „Spülen des Gebindes“ in der ersten Anlagenkammer.

Bei diesem Prozessablauf wird das Gebinde in der ersten Anlagenkammer mittels Lösemittel gespült um Lackreste zu entfernen. Das Lösemittel-Lack-Gemisch wird über ein offenes Ablaufsystem aus der Anlagenkammer 1 heraus in einen Restmengentank geleitet.

Beim abfließen des Lösemittel-Lack-Gemisches durch die lose abgedeckte Ablaufrinne verdampft das Lösemittel und verflüchtigt sich in der Maschinenhalle.

Ein im Vorfeld nicht bekanntes Problem stellt der Betrieb eines Umluftventilators dar. Dieser soll die beladene Luft aus der ersten Anlagenkammer in eine Trocknungskammer leiten. Der Funktion des Umluftventilators wirkt der nachträglich installierte Hochdrucktrockenventilator entgegen. Beide Ventilatoren werden gleichzeitig zur Trocknung angesteuert. Diese Erkenntnis wurde durch die Volumenstrommessung in der Umluftstrecke und durch die Einnebelung der Reinigungsanlage erlangt. Die Lösemitteldämpfe in der Anlagenkammer 1 werden nach einem Waschdurchgang und bis zum nächsten Öffnen des Außen-Tores nicht abgeführt und können so aus der Anlage entweichen.

Des Weiteren wurden die Genehmigungsaufgaben hinsichtlich der Luftwechselrate in der Maschinenhalle, den vorherrschenden Unterdruck gegen über der umliegenden Räumen, bzw. der Reinigungsanlage gegenüber der Maschinenhalle, sowie die genehmigten Volumenströme ermittelt und betrachtet. Sie werden soweit eingehalten bzw. liegen im Toleranzbereich.

Allein der Anteil des Schadstoffmassenstroms aus der Maschinenhalle ist mit ca. 1/3 des Grenzwertes, der gesamten Industriehalle, kritisch zu sehen. Maßnahmen zur Unterbindung von direkter Freisetzung von Lösemitteldämpfen in der Maschinenhalle sind zu priorisieren. Der Rückbau der Umluftstrecke und die direkte Anbindung der ersten Anlagenkammer an die thermisch gereinigten Abluft ist zu empfehlen.

Der genehmigte Volumenstrom über alle fünf Anlagenkammern ist über fest-eingestellte Volumenstromregler aufzuteilen. Darüber hinaus wird dringend empfohlen, dass nach einer Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen, die Beladung der Hallen(ab)luft, die Druckverhältnisse und die Volumenströme unter identischen Bedingungen erneut zu ermitteln. Diese dann mit den auf-gezeichneten Werten zu vergleichen und neu zu bewerten.

## Entwurf und Inbetriebnahme von LC-Filtern bei Oberschwingungsströmen

**Thilo Creutz B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Dimitri Stoll B.Eng.

Datum des Kolloquiums:

11. Januar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



In der Elektrotechnik werden Oberschwingungsströme von einer Vielzahl elektrischer Verbraucher erzeugt. Durch diese fallen an der Netzimpedanz Oberschwingungsspannungen ab, welche die Netzspannung verzerren. Das führt zu einer Mehrbelastung der elektrischen Netze und zu Schäden an elektrischen Verbrauchern. Da die Anzahl der Oberschwingungserzeuger stetig steigt, gewinnt die Filterung der Oberschwingungsströme an Bedeutung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Grundlagen der Oberschwingungsthematik erläutert und die Auslegung passiver Filterelemente anleitend dargestellt. Parallel wurde dabei ein Filter für den bestehenden Praktikumsversuch „Oberschwingungen“ im Fach Elektrizitätsversorgung entwickelt.

Mittels Fourier-Analyse lässt sich jeder periodische, nicht sinusförmige Vorgang durch eine theoretisch unendliche Summe sinusförmiger Vorgänge darstellen. So kann ein verzerrter Strom- oder Spannungsverlauf in viele Teilschwingungen höherer Ordnung zerlegt werden. Durch diese Zerlegung lassen sich Aussagen über den Oberschwingungsgehalt (THD) verzerrter Verläufe treffen.

Vorgaben der Norm bezüglich des Oberschwingungsgehaltes gelten nur für bestimmte elektrische Verbraucher und lassen einen großen Spielraum für die Hersteller. Durch das verstärkte Vorkommen etwaiger Verbraucher steigen jedoch die Risiken für Schäden an Betriebsmitteln und Verbrauchern. In dem Praktikumsversuch werden 20 parallel geschaltete Energiesparlampen als Oberschwingungserzeuger eingesetzt. Der bereits vorhandene Filter enthält eine Filterstufe für die dritte Oberschwingung. Er wurde erweitert um die Filterstufen für die fünfte, siebte und neunte Oberschwingung.

Der Einsatz der entwickelten Filterstufen führte zu einer Reduktion des Oberschwingungsgehaltes (THDr) von 75 % auf 14 %. Diese Verringerung wurde sowohl durch die Minderung der Oberschwingungsströme, als auch durch eine starke Erhöhung des Grundschwingungsstromes erreicht. Dieser wies einen großen negativen Phasenverschiebungswinkel auf. Folglich nimmt der Versuchsaufbau eine große kapazitive Grundschwingungsblindleistung auf, der zu einer Verschlechterung des Leistungsfaktors von 0,6 auf 0,27 führte.

**Bork Dewenter B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

14. August 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Weltweit herrscht heute ein übermäßig hoher Verbrauch an Rohstoffen. Viele Rohstoffe, vor allem mineralische, sind nicht regenerierbar, sondern endlich. Zu diesen Rohstoffen gehört unter anderem Phosphor.

Phosphor ist ein essenzielles Element für alle Organismen. Durch den vermehrten Verbrauch von Phosphor der Menschen und somit dem Eingriff in die natürlichen Stoffkreisläufe des Phosphors, entsteht ein Versorgungsrisiko. Weltweit wird Phosphor maßgeblich zu Düngezwecken in der Landwirtschaft genutzt, um die Ernährung der Weltbevölkerung zu sichern. Phosphatvorkommen befinden sich in nur wenigen Ländern und die Gewinnung der Phosphate ist energieintensiv und führt zu einer Reihe von Umweltbelastungen.

Deutschland besitzt keine dieser Vorkommen und ist somit vom Import abhängig. Daher und um einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Phosphor zu erreichen, wird eine Kreislaufführung des Stoffes angestrebt.

Der Einsatz des importierten Phosphors findet auch in Deutschland vor allem zur Düngung statt. Andere wichtige Anwendungen sind beispielsweise Nahrungsmittel- und Futtermittelzusätze. Die größten Mengen an Phosphor fließen in der Landwirtschaft. Besonders ins Gewicht fällt die Pflanzenproduktion für Futtermittel und die Futtermittelproduktion. Diese Mengen werden in der Tierhaltung eingesetzt und fließen zu einem Großteil in Form von tierischen Ausscheidungen wieder zu Düngezwecken in die Pflanzenproduktion oder für die Biogasproduktion in Biogasanlagen. Weitere wichtige Dünger sind Gärreste aus eben dieser Biogaserzeugung, Komposte, tierische Nebenprodukte und Klärschlämme. Durch übermäßige Düngung und Weidehaltung gelangt Phosphor in den Boden, wird dort zum Teil gespeichert oder in die Gewässer getragen. Pflanzen und tierische Lebensmittel gelangen über die Nahrungsmittelindustrie an die Verbraucher in die Haushalte.

Aus den Haushalten und der sonstigen Industrie fließen große Mengen an Phosphor über Abwasserströme an die Abwasserwirtschaft. Von hier aus wird Phosphor, vor allem in Form von Klärschlamm, über die Abfallwirtschaft entsorgt. Die Abfallwirtschaft erhält ebenfalls ins Gewicht fallende Mengen über Siedlungsabfälle aus den Haushalten. Die Abfallbehandlung stellt eine Phosphorsenke dar, da die meisten Abfälle nach der entsprechenden Behandlung gelagert und nicht weiter genutzt werden.



In Deutschland werden politische Maßnahmen ergriffen, um die Phosphorwirtschaft zu stärken. Die Klärschlammausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen soll beendet und Phosphor aus entsprechenden Stoffströmen zurückgewonnen werden. Als gesetzliche Grundlage soll neben dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der Düngemittelverordnung die Neufassung der Klärschlammverordnung dienen.

Für kommunale Abwasserreinigungsanlagen soll eine Phosphorrückgewinnung vorgeschrieben werden. Die Rückgewinnung kann aufgrund hoher Potenziale aus Schlammwasser, Klärschlamm oder Klärschlammaschen nach einer Monoverbrennung stattfinden. Die Verfahren sind zurzeit noch nicht ausgereift und es bedarf daher noch weiterer technischer Entwicklungen. Die Produkte, die gewonnen werden, müssen entsprechende Eigenschaften für eine Düngung vorweisen, hierzu gehören unter anderem die Pflanzenverfügbarkeit, Schadstoff- sowie Phosphorgehalte.

Neben der Rückgewinnung von Phosphor bestehen andere, zur Ressourcensicherung beitragende Maßnahmen. Phosphor sollte, in Bereichen in denen es möglich ist, durch alternative Stoffe substituiert werden. Dies ist in der Landwirtschaft nicht möglich.

Jedoch ist eine Verringerung der Einsatzmengen von Mineraldüngern durch eine Optimierung der Düngemengen erreichbar. Verluste sollten, soweit wie möglich vermieden werden. Beispielsweise über Verhinderung von Erosionen oder Lebensmittelverschwendungen. Die Nutzung der Wirtschaftsdünger kann durch eine bessere örtliche Verteilung optimiert werden, hier sind wie bei den Phosphorrückgewinnungsverfahren weitere technische Entwicklungen für eine Nährstoffseparierung anzustreben.

## Entwicklung eines Berechnungskonzeptes zur Einbindung von dezentralen Trinkwassererwärmungsstationen in das Heizungsrohrnetz

**Robin Diekmann M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann

Datum des Kolloquiums: 16. Dezember 2015

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



Das System der dezentralen Trinkwassererwärmung nach dem Durchflussprinzip gewinnt immer mehr an Bedeutung. Besonders ist dieses bei Wohngebäuden zu beobachten. Ein Einsatz von dezentralen Trinkwassererwärmungssystemen ist jedoch nicht nur in Wohngebäuden denkbar. Auch in anderen Gebäudetypen mit weitverzweigten Rohrnetzen ist das Potenzial durch eine Verkleinerung des Warmwasser-Rohrnetzes groß.

In der Praxis werden häufig nur überschlägige Berechnungen für das Heizungsrohrnetz, mit dem Einsatz von dezentralen Trinkwassererwärmungssystemen durchgeführt. Die Berechnungen vernachlässigen oft viele Randbedingungen. Häufig wird zum Beispiel der verwendete Wärmeübertrager nur überschlägig berechnet. Durch viele Pauschalisierungen und Sicherheitszuschläge resultieren größere Gesamtsysteme.

Da sich eine Überdimensionierung überwiegend auf das Heizungssystem auswirkt, sind hierbei keine größeren hygienischen Risiken zu erwarten. Zudem wird hierbei in vielen Fällen die Betriebssicherheit begünstigt, da auch in vereinzelten Ausnahmefällen genug Reserven des Systems vorhanden sind. Jedoch ergeben sich aus den Pauschalisierungen auch entscheidende Benachteiligungen. Durch ein überdimensioniertes Rohrnetz und überdimensionierte Pufferspeicher entstehen höhere Wärmeverluste.

Eine überdimensionierte Heizmittel-Pumpe wird nur in den seltensten Fällen im optimalen Betriebspunkt betrieben. Zudem kann es zu ineffizienter Nutzung der verwendeten Wärmequelle führen.

Ziel der Arbeit war es, ein Berechnungskonzept zu erstellen, um dezentrale Trinkwassererwärmungssysteme optimal in Heizungsrohrnetze zu integrieren. Im Verlauf der Arbeit wurde eine Berechnungsgrundlage erstellt, welche auf unterschiedliche Randbedingungen angepasst werden kann. Auf Basis der Berechnungsgrundlage wurden exemplarisch verschiedene Zustände an einem Beispielobjekt berechnet. Anschließend wurden Komponenten beschrieben, welche benötigt werden, um das System bestmöglich an gegebene Randbedingungen anzupassen.

Besonders wurde der im Erwärmungssystem eingesetzte Plattenwärmeübertrager betrachtet, der die Schnittstelle zwischen Trinkwasser und Heizmittel

darstellt. Durch gezielte Anpassung des Plattenwärmeübertragers wurde angestrebt das Heizungsrohrnetz und verwendete Komponenten zu optimieren. Neben den Komponenten wurden Betriebsweisen des Systems betrachtet, welche einen idealen Betrieb des Systems ermöglichen sollen. Final wurden Richtwerte festgelegt, mit denen die Berechnung so angepasst werden kann, dass ein optimales Verhältnis aus Größe des Erwärmungssystems und Größe des Rohrnetzes entsteht.

## Verwertungsmöglichkeiten von Reststoffen aus der Kartoffelstärkeproduktion

**Kristian Dzienus B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dipl.-Geologin Hildegard Post MBA
Datum des Kolloquiums:	15. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Wessling GmbH, Altenberge



Das Thema der vorliegenden Arbeit ist die Reduzierung und Verwertung von Reststoffen, die im Waschprozess der Kartoffelstärkeherstellung anfallen. Um den stetig wachsenden Stärkemarkt ausreichend mit Stärke beliefern zu können, ist u. a. die Verarbeitung großer Mengen Kartoffeln erforderlich.

Verwendung findet Stärke im Lebensmittelsektor, der Papier- und Süßwarenindustrie, in chemischen Fermentern, in der Wellpappenherstellung und in weiteren technischen Industrien. Die Stärkeherstellung erfolgt in Deutschland zu 30 % aus Kartoffeln. Um Stärke aus den Kartoffeln gewinnen zu können, ist zuvor eine Reinigung erforderlich. Diese erfolgt in der Regel unmittelbar vor der eigentlichen Stärkeproduktion. In vergleichbaren Industrien erfolgt bereits beim Zulieferer die Reinigung der Kartoffeln. Außerdem kann der Schmutzbesatz von Kartoffelschädlingen befallen sein. Kartoffelschädlinge führen auf betroffenen Kartoffelanbauflächen zu erheblichen Ertragsverlusten, da sie sich von den Wurzeln der Kartoffeln ernähren.

Der rechtliche Bewertungsrahmen gibt in dem Kreislaufwirtschaftsgesetz vor, dass eine Reststoffvermeidung, gegenüber der Reststoffverwertung, vorzuziehen ist. Zudem bietet die Verordnung zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses und der Kartoffelzystennematoden den Schadstoffen Einhalt. Sie untersagt die Aufbringung von unbehandelten Erden aus der Kartoffelverarbeitung auf Flächen, die für den Kartoffelanbau bewirtschaftet werden. Nach hygienisierenden Maßnahmen dürfen die Reststoffe jedoch auch auf diesen Flächen ausgebracht werden. Die Zuordnung der Abfallschlüssel für die Reststoffe erfolgt durch die Bioabfallverordnung und wird mit der zuständigen Behörde abgestimmt. Zudem setzt sie die Mengen an Reststoffen fest, die auf Böden ausgebracht werden dürfen.

In dem beschriebenen Waschprozess fallen vier unterschiedliche Reststoffe an: Rüttelerde, Zyklonsand, Kartoffelkleinteile und Dekanterschlämme. Durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, wie unterschiedliche Bodenverhältnisse und wechselnde Wetterbedingungen, variiert der Erdanteil und somit der Aufwand zur Reinigung der Kartoffeln.

Die Ergebnisse einer Laboranalyse dieser Reststoffe belegen, dass die Reststoffe unterschiedlich große Anteile an organischen und mineralischen Bestandteilen haben. Zudem lagen keine Überschreitungen der Grenzwerte der Bioabfallverordnung, die bei einer Ausbringung der Reststoffe gelten, vor. Lediglich wurden in einem Reststoff erhöhte Werte der Metalle Kupfer und Zink festgestellt. Bei einer großflächigen Ausbringung der Reststoffe würden die Grenzwerte im Boden vermutlich eingehalten werden.

Anschließend wurden Verfahren zur Reststoffverwertung und -reduzierung vorgestellt. Das bisher praktizierte Verfahren der Ausbringung der Reststoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, die nicht für den Anbau von Kartoffeln bestimmt sind, ist durch einen großen Flächenbedarf gekennzeichnet. Zudem ist bei einer Ausbringung von unbehandeltem Material ein fauliger Geruch festzustellen. Eine Reduzierung dieser Mengen ist durch strengere Annahmekriterien möglich, die saubere Kartoffeln vorschreiben. Eine Trockensubstanz- und Geruchsreduzierung ist durch aerobe und anaerobe Aufbereitungsverfahren möglich. Außerdem werden durch eine solche Behandlung Schädlinge abgetötet, was eine Ausbringung auf Kartoffelfeldern ermöglicht. Die beschriebenen Verwertungsverfahren lassen sich allerdings aufgrund der großen Unterschiede nicht bei allen Reststoffen verwenden. Zudem sind die meisten Verwertungsanlagen individuell auf Anforderungen vor Ort angepasst und lassen sich schwer auf andere Anlagen übertragen.

Somit ist das konventionelle Verfahren, bei dem die Ausbringung der Reststoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erfolgt, die nicht für den Kartoffelanbau verwendet werden, das zurzeit einzige praktikable Verfahren, da es die geringsten Kosten verursacht und rechtlich zulässig ist. Vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes wäre es sinnvoll, sämtliche Energiequellen zu nutzen und an einem optimierten Aufbereitungsverfahren zur Nutzung der Organik zu arbeiten.

## Untersuchungen zur Bestimmung von Feststoffen in Oberflächenabflüssen

**Patrick Eggs M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Dominik Leutnant M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	24. Juni 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Wasserbau und Wasserwirtschaft
In Kooperation mit:	IWARU Institut für Wasser Ressourcen Umwelt



Um einen guten ökologischen Zustand der Fließgewässer zu erreichen, wie es die europäische Wasserrahmenrichtlinie fordert, muss es auch Änderungen im Umgang mit Regenwasserabflüssen geben, die in die Gewässer eingeleitet werden. Diese Abflüsse, die von versiegelten Flächen wie Dächern, Parkplätze oder Straßen stammen, sind oft mit Oberflächenverunreinigungen belastet, die so in die Gewässer eingetragen werden.

Dabei sind vor allem kleine Partikel problematisch, da diese sich auf verschiedene Arten negativ auswirken. Durch den Eintrag von kleinen Partikeln kann es zur Kolmation des Interstitials kommen, das für viele Organismen den Lebensraum darstellt und stark an der Selbstreinigung des Gewässers beteiligt ist. Dabei kann es in diesem Bereich auch zu anaeroben Verhältnissen kommen, da eine Durchströmung mit Wasser und der damit verbundenen Sauerstoffversorgung nicht mehr möglich ist. Es sind hauptsächlich auch die kleinsten Partikel, die am stärksten mit Schadstoffen wie z. B. Schwermetallen belastet sind, was eine weitere Schädigung der Gewässer und eine Verschlechterung der Selbstreinigungskraft bedeuten kann.

Seit den 1990er Jahren werden bei Regenwassereinleitungen die ökologischen Aspekte stärker berücksichtigt. Es ist zu erwarten, dass im Trennsystem zukünftig mehr dezentrale Anlagen zur Regenwasserbehandlung eingesetzt werden. Mit der Einführung der DWA-A 102 soll in Zukunft eine einheitliche Regelung zur Beurteilung von Regenwasserbehandlungsanlagen zur Verfügung stehen. Als Zielgröße wird dabei die Feinfraktion der abfiltrierbaren Stoffe ( $< 63 \mu\text{m}$ ) verwendet.

Um die Eignung von Trübungs- und Photometersonden zur mengenmäßigen Erfassung von Feststoffen in Oberflächenabflüssen zu untersuchen, wurden mehrere Versuche durchgeführt. Dazu wurde ein Versuchsaufbau konstruiert, bei dem die Trübungssonde in ein Rohr eingebaut wurde. Die Photometersonde wurde mit Hilfe einer Durchflussarmatur angeschlossen. Bei den Messungen wurden die Proben im Kreis gepumpt. Der Zusammenhang zwischen Trübungswerten und Feststoffkonzentrationen konnte dabei gut als lineare Funktion dargestellt werden. Die stärksten relativen Abweichungen lagen bei den Ergebnissen der Trübungs- und Photometersonde bei den Proben, welche die geringsten Feststoffkonzentrationen aufwiesen.

Um Trübungsmessungen bei Regenwasserproben im Labor durchführen zu können, wurden mehrere Behälter getestet, in denen die Messungen durchgeführt werden können. Die besten Ergebnisse mit den geringsten Schwankungen in den Messwerten lieferte dabei ein schwarzer Behälter mit einem Innendurchmesser von 10 cm, bei dem die Sonde seitlich versetzt eingesetzt wurde.



#### Messstrecke zur Trübungsmessung in einer Regenwasserleitung

Da alle Versuche mit Quarzmehl und gesammelten Oberflächenverunreinigungen von der Straße bzw. einem Flachdach durchgeführt wurden, wurde deutlich, dass es bei Messungen mit unterschiedlichen Feststoffen zu Abweichungen in den Ergebnissen kommt. Da Trübungs- und Durchflussmessdaten aus einer Regenwasserleitung von einem Flachdach vorlagen, wurden diese zur Berechnung der jährlichen Feststofffracht genutzt, indem die Feststoffkonzentration aus den Trübungswerten berechnet wurde, die zusammen mit dem Durchfluss die Feststofffracht ergab.

Das Ergebnis kann aufgrund von Berechnungsgrundlagen aus der Literatur (Dierschke, 2014) als plausibel angesehen werden. Dennoch wurden bei Versuchen mit einer Messstrecke im Labor weitere Versuche zur Frachtberechnung durchgeführt. Dabei wurde Wasser durch eine Rohrleitung geleitet, in die die Trübungssonde eingebaut war. In unregelmäßigen Abständen wurde eine bekannte Menge Quarzmehl in die Rohrleitung dosiert. Die Ergebnisse der Berechnung, die auf Daten aus anderen Laborversuchen basierten, wichen von der Menge des verwendeten Quarzmehls stark ab. Deshalb musste die Berechnung angepasst werden, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse scheinen Feststofffrachtberechnungen anhand von Trübungswerten eine gute Möglichkeit zu sein, um beispielsweise Regenwasserbehandlungsanlagen dauerhaft zu überwachen oder um Schmutzfrachtmodelle auf die Verhältnisse im jeweiligen Anwendungsgebiet anzupassen. Um möglichst genaue Daten zu erlangen, kann auf eine lokale Kalibrierung nicht verzichtet werden, da es durch unterschiedliche Feststoffe auch zu unterschiedlichen Messwerten kommt. Feststofffrachtberechnungen sollten anhand von Versuchen, bei denen beispielsweise eine bekannte Menge an Feststoffen aus dem jeweiligen Einzugsgebiet durch die Messstrecke geleitet wird, überprüft werden. Der Aufwand hängt dabei von der Art der Messstrecke ab. Der Anteil der Partikel  $< 63 \mu\text{m}$  kann nicht durch Trübungsmessungen nachgewiesen werden. Deshalb wird es in Zukunft wichtig sein, zuverlässige Daten dazu durch die Analyse von Proben zu sammeln.

## Untersuchung und wirtschaftliche Bewertung einer Druckerhöhung der Gaskavernen S 55 und S 56 am Speicherstandort Epe

**Henry Eickmeier B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Christian Effing M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

10. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

RWE Gasspeicher GmbH, Dortmund



Die RWE Gasspeicher GmbH mit Hauptsitz in Dortmund ist ein Betreiber von Gasspeicheranlagen. An mehreren Standorten in Deutschland werden hierzu vor allem Kavernenspeicher genutzt. Im westfälischen Gronau-Epe befinden sich zwei Speicher, die auf unterschiedliche Gasqualitäten ausgerichtet sind. Die beiden Kavernen S 55 und S 56 wurden in einer Tiefe von etwa 1230 Metern gesolt und sind Bestandteil des H-Gasspeichers. Derzeit werden sie mit Drücken von ca. 230 bar am Rohrschuh betrieben.

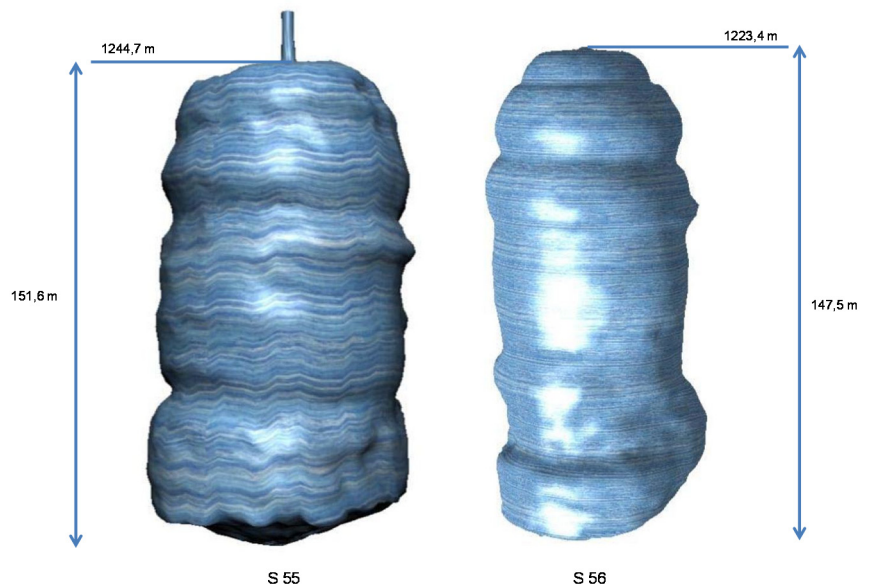


Abb.: Salzkavernen S 55 und S 56 in Gronau-Epe

Da das bei der Solung der Kavernen erstellte gebirgsmechanische Gutachten ihnen einen höheren maximal zulässigen Betriebsdruck attestiert, sollte nun überprüft werden, inwiefern es möglich ist, diesen mit den gegebenen obertägigen Anlagen und Rohrleitungen zu realisieren und welche Anpassungen im Betrieb notwendig wären. Hierdurch ließe sich ein größeres Arbeitsgasvolumen in den Kavernen einspeichern.

Auf Grundlage eines bereits erstellten ersten Gutachtens über einen Teil der technischen Anlagen, zählte es zu den Aufgaben dieser Bachelorarbeit, ein



Konzept über die optimale Speichernutzung zu erarbeiten, da eine Poolfahrweise mit den beiden Kavernen bei höherem Maximaldruck als bisher nicht mehr möglich ist.

Des Weiteren war darzustellen, welche Anlagenkomponenten für den höheren Druck nicht oder nur bedingt geeignet wären und ausgetauscht werden sollten. Hieraus ergab sich in Abstimmung mit planenden Firmen eine Aufstellung der anfallenden Investitionen.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Projektes wurden zunächst die neu gewonnenen Kapazitäten sowohl händisch als auch zur Absicherung der Ergebnisse mit einem Computerprogramm berechnet. Die zusätzlichen Gasvolumina ließen sich über Verrechnungssätze in mögliche Erlöse umrechnen. Durch die höheren Druckstufen standen diesen zusätzlichen Einnahmen jedoch höhere Kosten für den Energiebedarf der Verdichter gegenüber.

Abschließend wurden alle Ergebnisse zur Erstellung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse auf Grundlage der Kapitalwertmethode genutzt.

## Potenzialanalyse auf den Einsatz erneuerbarer Energien bei der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH

**Abderrazak El Badraoui M. Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 18. Januar 2016

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Technisches Management  
Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

In Kooperation mit: RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH, Ibbenbüren



Deutschland ist mit der großen Herausforderung konfrontiert, eine „doppelte Energiewende“ erfolgreich umsetzen zu müssen. Spätestens seit der ersten Klimakonferenz im Jahr 1995 ist sich die Welt darüber im Klaren, dass die CO<sub>2</sub> verursachenden fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas einen für die Menschheit gefährlichen Klimawandel hervorrufen, den es dringendst einzudämmen gilt. Hinzu kam in 2011 in Folge eines verheerenden Atomunfalls in Fukushima (Japan) eine nationale Entscheidung in Deutschland, sofort aus der Kernenergie auszusteigen.

Die diesbezüglichen heutigen Vorgaben der Politik stellen in erster Linie die Energieversorger, aber auch große Teile anderer Industriezweige vor neue Herausforderungen. Gilt es doch, zeitgleich aus fossilen und atomaren Energieträgern auszusteigen. Ein Umstieg auf erneuerbare Energien scheint in einer solchen Situation „alternativlos“ zu sein.

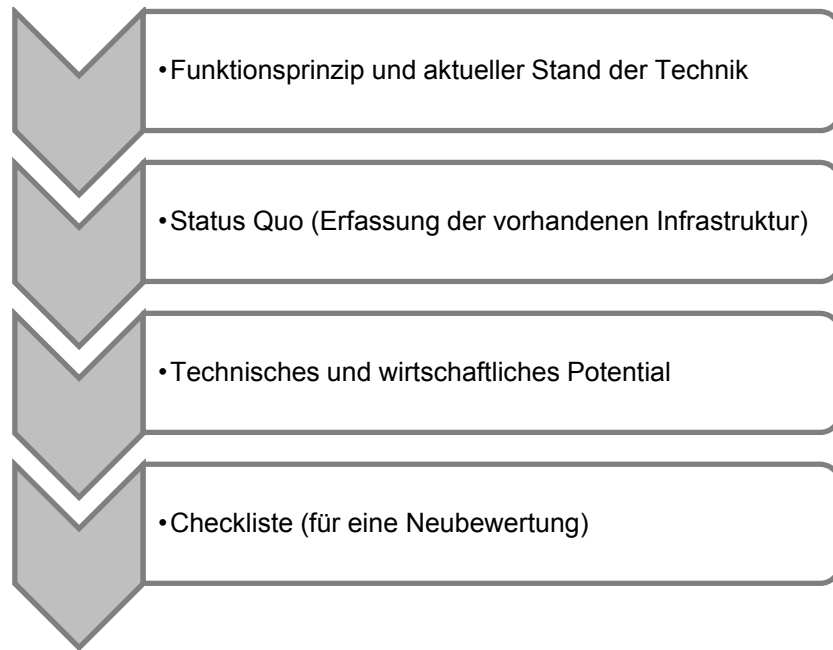
Der Megatrend der Dekarbonisierung und damit der endgültige Ausstieg aus fossilen Energien wird nicht zuletzt durch das jüngst im Rahmen des Weltklimagipfels in Paris verabschiedete Klimaabkommen forciert. „Saubere“ Energie ist heute ein dringendes Thema von globaler Reichweite.

Auch die RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH, als Teil des RAG-Konzerns und eines der letzten beiden noch aktiven deutschen Steinkohlebergwerke, ist sich dieser Entwicklung bewusst und hat in diesem Zusammenhang eine Untersuchung veranlasst, um das Potenzial verschiedener erneuerbarer Energien für die Energieerzeugung im Unternehmen zu untersuchen.

Ziel der Arbeit ist es, mit einer Potenzialanalyse Einsatzmöglichkeiten von erneuerbaren Energien bei der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH zu eruieren. Es sollen Sonnen-, Wind- sowie Pumpspeicherenergie untersucht werden.

Die zentrale Leitfrage dieser Arbeit lautet somit: Welches Potenzial besteht bei der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH unter Berücksichtigung der aktuellen Gegebenheiten und der bestehenden Infrastruktur im Hinblick auf den Einsatz von Fotovoltaik, Windkraftanlagen und Pumpspeichern?

Die Analyse verläuft für alle drei Energieformen systematisch und nach demselben Schema, welches die folgende Abbildung verdeutlicht:



Der wichtige Punkt der Entwicklung einer Checkliste trägt der Tatsache Rechnung, dass mit den Ergebnissen der Potenzialanalyse ein Resultat vorliegt, das stark von den heutigen Rahmenbedingungen bestimmt ist. Es zeigt, dass ein kurzfristiges Engagement im Bereich der untersuchten erneuerbaren Energien im Umfeld der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH derzeit nicht sinnvoll ist.

Aufgrund des insgesamt sehr dynamischen Umfelds wird die durchgeführte Potenzialanalyse deshalb vermutlich innerhalb sehr kurzer Zeit überprüft und validiert werden müssen. Dies liegt daran, dass der Energiesektor durch sich rasch ändernde politische und gesetzliche Rahmenbedingungen sowie ein hohes Innovationstempo geprägt ist. So ist zum Beispiel in Zukunft damit zu rechnen, dass Vergütungen, aber auch die allgemeinen Förderungen von erneuerbaren Energien zurückgehen werden.

Alle diese Faktoren hatten einen erheblichen Einfluss auf den Ausgang der Untersuchung. Die entwickelte Checkliste ist also eine hilfreiche Grundlage für eine rasche neue Analyse, die zudem die Ergebnisse der Potenzialanalyse aufgreift und in die Neubewertung integriert.

Othmane Abou El Fath B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 10. Juli 2015

Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energietechnik  
 Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Eine umweltverschönende Produktion des elektrischen Stroms war seit langem das Hauptthema aller Industrieländer. Die Stromerzeugung erfolgt bis heute hauptsächlich durch Verbrennung fossiler Energieträgern. Dies bringt viele langfristige negative Auswirkungen mit sich. Deshalb war ein Ausstieg aus der Erzeugung von Strom auf Atomkraftenergie die beste alternative um die Umwelt zu verschonen und sich von knappen fossilen Energieträgern unabhängig zu machen. Man kann heutzutage Strom aus erneuerbaren Energien gewinnen, dies ist überall und unbegrenzt in der Natur vorhanden und hat kaum Einfluss auf die Umwelt. Jetzt ist die größte Herausforderung diese unerschöpflichen Ressourcen möglichst effizient zu verwenden, um unseren Bedarf an Strom zu decken.

Die Produktion des Stromes aus erneuerbaren Ressourcen ist leider mit Fluktuation und Schwankungen verbunden, da sie stark vom Wetter und Tageszeit abhängig sind. Es ist nötig ein intelligentes Netz zu entwickeln, das die Erzeugung, Speicher und Verbrauch des elektrischen Stromes steuern kann. Energiespeicher ermöglichen die dafür nötige zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch. Somit sind die Speichersysteme in der Lage die Nutzbarkeit und Systemverträglichkeit regenerativer Energien deutlich zu verbessern und langfristig eine vollständige Umstellung auf 100 % Erneuerbare Energien zu sichern.

In dieser Arbeit liegt der Fokus der Erweiterung bzw. Ausbau eines Energienetzes durch einen Energiespeicher und Regelungen. Es soll zuerst untersucht werden, welche dieser Speicherarten am besten dafür geeignet sind. In Rahmen dieser Aufgabe werden verschiedene Anbieter für verschiedene Speicherarten unter Einhaltung der technischen und wirtschaftlichen Prämissen angefragt.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit liegt an der Anbindung von diesen Speichern an dem bestehenden Netz. Dies soll erfolgen unter Berücksichtigung der Ansteuerungsmöglichkeit von dem Hauptakteure im Netz. Dies sind Energieerzeuger, Energiespeicher und Energieverbraucher. Dabei sollen die wichtigsten technischen Parameter überwacht und beeinflusst werden (Frequenz, Spannung und Strom).

Im Rahmen der Untersuchungen im Labor für Energietechnik an der Fachhochschule Münster wird der Energiespeicher mit einer maximalen Leistung von 1 kWh von einer vorhandenen Energiequelle versorgt.

Ein Energiespeicher mit einer Kapazität unter 5 kWh ist für diese Untersuchungen sehr gut geeignet. Hierfür scheint der Energiespeicher der Serie ET Energie S-Tiny sehr geeignet zu sein.

Vorteile dieses Energiespeichers sind die unkomplizierte Inbetriebnahme, die angepasste Kapazität sowie das intelligente Energiemanagement. Darüber hinaus verfügt dieses Produkt über eine vom Hersteller empfohlenem Steuerungssystem und kann sogar vom eigenen iPad aus ferngesteuert werden.

## Ansätze für eine Online-Prognose von Ammoniakemissionen bei der Ausbringung von organischem Wirtschaftsdünger

**Yves Elsen B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	15. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG, Rieste



In Deutschland wurde im Jahr 2011 eine Gesamtfläche von 357.138 Quadratkilometern festgestellt. Diese wird in verschiedene Flächennutzungsbereiche aufgeteilt. Dazu zählen die landwirtschaftlichen Flächen, Waldflächen, Siedlungs- und Verkehrsflächen und Gewässer. Mit 52,3 % beansprucht die Landwirtschaft damit das größte Gebiet.

In der Landwirtschaft gelangt ein hoher Anteil (ca. ein Drittel) von klimaschädlichen Ammoniakemissionen in die Umwelt. Dies resultiert aus der Ausbringung von organischem Flüssigmist. Der Grenzwert, der an Ammoniakemissionen in die Umwelt gelangen darf, beträgt für Deutschland aktuell 550.000 Tonnen pro Jahr. Alleine im Jahr 2013 wurde dieser Grenzwert um mehr als 100.000 Tonnen überschritten.

In der Politik sind die Ammoniakemissionen ein substanzielles Thema, das stetig neue und strengere Restriktionen in Form von Richtlinien und Verordnungen erfordert. Deutschland ist beauftragt, bis 2025 den Ammoniakausstoß um 46 % zu vermindern. Der technische Fortschritt erreicht mittlerweile effektive Ammoniakemissionsminderungen. Jedoch mangelt es an ausreichender Benutzung der Applikationstechniken Schleppschauch- und Schleppschuhverteiler und der Injektionstechnik, mit denen gute bis sehr gute Minderungen erzielt würden. Die Ausbringetechnik der Breitverteiler ist bislang eine der am häufigsten angewendeten Technik. Doch durch diese breitflächige Benetzung der Oberfläche mit flüssigem Wirtschaftsdünger kann eine erhöhte Menge an gasförmigem Ammoniak in die angrenzende Luftschicht entweichen.

Die Weiterentwicklung der Düngeverordnung sieht vor, dass in Zukunft die Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf bewachsenen Flächen in streifenförmiger Ausbringung erfolgen soll, wodurch weniger Ammoniakemissionen entstehen können als bei einer breitflächigen Verteilung. Ausbringetechniken, wie der Schleppschauch- und Schleppschuhverteiler finden hier Verwendung. Breitverteiler, die nach oben abstrahlen, werden ab Ende des Jahres 2015 nicht mehr erlaubt sein. Jedoch dürfen Breitverteiler, die nach unten abstrahlen, auch in Zukunft verwendet werden. Somit entstehen auch weiterhin relevante Ammoniakemissionen nach der Ausbringung von Flüssigmist.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher weitere Minderungsmaßnahmen erarbeitet, die die Applikationstechniken und die Verordnungen unberührt lassen. Ein bereits bestehendes Rechenmodell wurde näher betrachtet, mit dem sich relative Ammoniakverluste berechnen lassen.

Dadurch sollen dem Landwirt vor der Ausbringung des Flüssigmistes stündliche Ammoniakemissionsprognosen zur Verfügung gestellt werden, um einen optimalen Ausbringungszeitpunkt wählen zu können. Des Weiteren wurde eine mögliche Einbindung dieser Berechnung von Prognosewerten in eine Applikation für Tablets der Firma Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG vorgestellt (siehe Abb. 1).

Die Firma Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG beschäftigt sich seit 1967 mit der Entwicklung und Produktion von Gülletechnik und ist mittlerweile führender deutscher Hersteller für diesen Bereich.



Abb. 1: Darstellung der Applikation „garant SmartControl for iPad“ mit der möglichen Integration einer Prognose des relativen Ammoniakverlustes in (%)

## Empirische Untersuchung der Ausbreitungsbedingungen von Geräuschen hoher Windenergieanlagen zur Optimierung des Ausbreitungsmodells der DIN ISO 9613-2

**Justus Engelen M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter

Datum des Kolloquiums: 12. Januar 2016

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

In Kooperation mit: Uppenkamp und Partner GmbH, Ahaus



Mit Nabenhöhen von bis zu 150 m prägen Windenergieanlagen vielerorts das Landschaftsbild. Über den Bestand hinaus ist im Rahmen der Energiewende eine große Anzahl weiterer Anlagen notwendig, die zwangsläufig näher an die Wohnbebauung heranrücken. Als genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des BImSchG sind die zu erwartenden Geräuschimmissionen vor Errichtung und Inbetriebnahme gemäß TA Lärm zu beurteilen. Seitens der Genehmigungsbehörde zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche gefordert, liefern Geräuschimmissionsprognosen z. B. auch für Ertragsprognosen relevante Daten, was ihre Tragweite klar erkennen lässt. Die Berechnung der Schallausbreitung fußt hierbei auf der DIN ISO 9613-2, deren Geltungsbereich jedoch auf bodennahe Quellen beschränkt ist. Die Untersuchung basiert auf der zentralen Frage nach der Eignung dieser Norm für die Berechnung der Ausbreitung von Geräuschen hoher Windenergieanlagen. Als Maßstab wurde der in Nordrhein-Westfalen angewendeten „Sicherheitszuschlag“ für das Prognosemodell der DIN ISO 9613-2 von 1,9 dB herangezogen. Zur Beantwortung wurden akustische Messungen im Umfeld zweier Windenergieanlagen durchgeführt. Die Messungen umfassten zum einen die emissionsseitige Ermittlung der Schalleistungspegel der Windenergieanlagen. Parallel dazu wurden zum anderen die anlagenverursachten Schalldruckpegel immissionsseitig ermittelt. Das Anlagengeräusch wurde dabei durch die energetische Subtraktion des bei außer Betrieb gesetzten Anlagen erhobenen Fremdgeräusches vom Gesamtgeräusch ermittelt. Um eine belastbare Überprüfung der DIN ISO 9613-2 sicherzustellen, spielte die Einhaltung des normativ beschriebenen Geltungsbereiches – mit Ausnahme des Parameters „Quellhöhe“ – während der Messungen eine entscheidende Rolle. Als wesentlicher Punkt wurde der meteorologische Einfluss auf die Schallausbreitung und damit die Schallimmissionssituation herausgearbeitet. Insbesondere die Gradienten von Temperatur und Windgeschwindigkeit in der bodennahen Grenzschicht und die dadurch höhenabhängige, effektive Schallgeschwindigkeit sind zu nennen. Vor diesem Hintergrund prognostiziert das Modell der DIN ISO 9613-2 die Immission für schallausbreitungsgünstige Situationen, die z. B. bei leichter Bodeninversion auftreten. Das Vorliegen entsprechender Bedingungen wurde auf Basis der Auswertung von Daten ermöglicht, die mittels eines SODAR-RASS-Systems erhoben wurden (Abbildung 1).





Abbildung 1: SODAR-RASS-System

Im Anschluss an die Messungen wurde die Messsituation nach den Vorgaben der DIN ISO 9613-2 abgebildet und das anlagenverursachte Geräusch rechnerisch ermittelt. Neben den geometrischen Beziehungen wurden auch die Bodenbeschaffenheit und die messtechnisch erhobenen Schallleistungspegel der Windenergieanlagen als Eingangsgrößen herangezogen. Der anschließende Vergleich der Messergebnisse mit den Berechnungsergebnissen zeigt signifikante Differenzen auf, die den „Sicherheitszuschlag“ teils deutlich übersteigen (Abbildung 2).

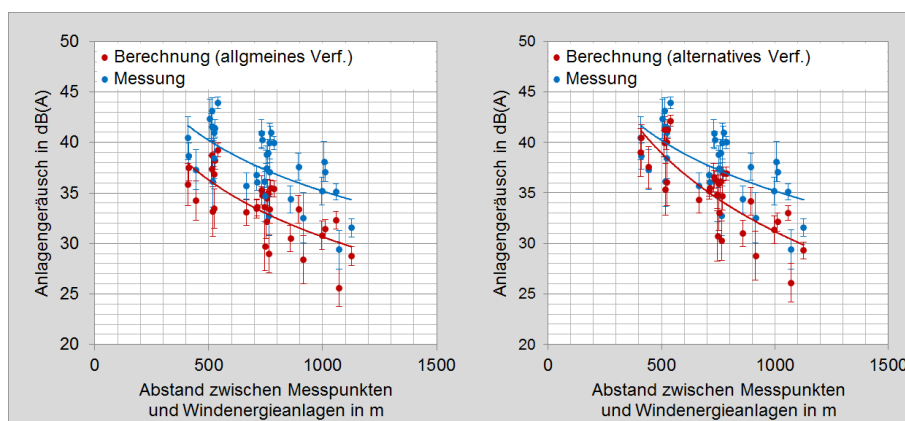


Abbildung 2: Ergebnisse der Messungen und Berechnungen

Die Berechnungen lassen darauf schließen, dass vor allem die Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes der zentral verantwortliche Bestandteil der Differenz ist. Diese These konnte aufgrund der vergleichbaren Entwicklung des Dämpfungsterms und der ermittelten Pegeldifferenz bestätigt werden. Weiterhin konnte dargestellt werden, dass der Betrieb höherer Anlagen nicht nur die Differenz, sondern auch die immissionsseitige Wahrnehmbarkeit verstärkt.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgte unter Beibehaltung des ingenieurtechnischen Charakters daher eine Optimierung der Norm. Anschließend wurden zur Prüfung der Plausibilität mit dem optimierten Modell Berechnungen durchgeführt. Diese zeigen, dass nun die Ausbreitung der Geräusche von Windenergieanlagen mit Nabenhöhen von bis zu 150 m im immissionschutzrelevanten Entfernungsbereich prognostiziert werden kann. Der Sicherheitszuschlag kann dabei auf 0,4 dB reduziert werden.

Tim Eshold B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann  
Dipl. Ing. Enno Ubben

Datum des Kolloquiums:

09. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

GE Wind Energy, Salzburgen



Im Zuge der Energiewende werden viele großer Kraftwerke vom Netz gehen. Zusätzlich wird schon heute über die Zukunft von Braunkohlekraftwerken spekuliert. Stattdessen sollen erneuerbare Energien die Energieversorgung in Deutschland sicherstellen. Besonders die Windenergie spielt dabei eine große Rolle. Windparks sind die großen Kraftwerke von morgen und sollen nach Potenzialanalysen bis zu 60 % des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland decken können.

Die Spannungsqualität, im Netz, wird mithilfe eines Blindleistungsmanagements gesichert. Dabei wird durch ein Einspeisen von Blindleistung die Spannungsanhebung, mit der Entnahme eine Senkung erreicht. Auch Windparks sollen dieses Blindleistungsmanagement von Kraftwerken übernehmen. Derzeit diskutieren die Netzbetreiber mit den Anlagenbetreibern über ein genormtes Vergütungssystem, womit die, durch Blindleistungsregelung verminderte, Wirkleistungseinspeisung entschädigt werden kann.

In dieser Arbeit wird der Berechnungsalgorithmus des Blindleistungsmodells von Windparks in einer Simulation optimiert. Dazu wurde in Simulink ein Netzmodell (vom Windpark bis zum Transportnetz) des alten und neuen Blindleistungsmodells aufgebaut.

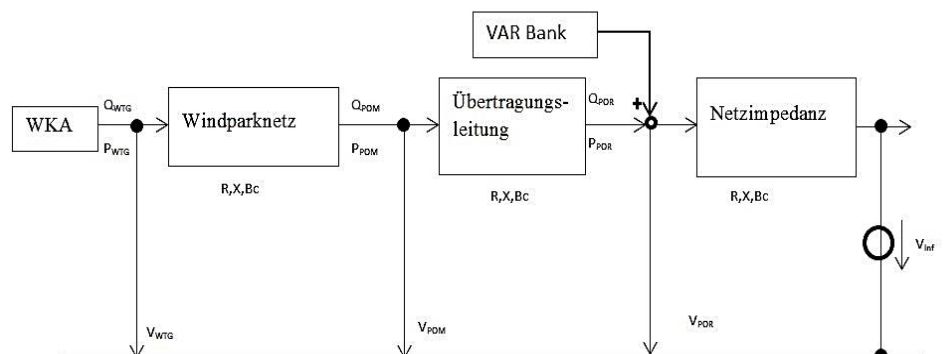


Abbildung 1: Netzmodell

Die Arbeit zeigt die Grenzen des alten Berechnungsmodells auf. So ist dies

nicht in der Lage korrekt auf Netzereignisse, beispielsweise Blindleistungs- und Spannungssprünge im Netz, mittels Blindleistungsbreitstellung zu reagieren. Dies führt zu vielen Fehlern und unrealistischen, über Grenzwerte hinaus, verlaufenden Signalen.

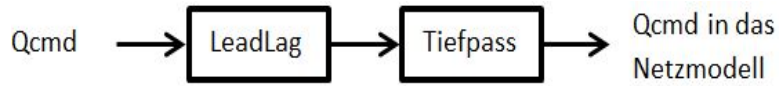


Abbildung 2: altes Blindleistungsmodell

Das neue Blindleistungsmodell berücksichtigt die Netzspannung an der Turbine, welches über das Netzmodell bereitgestellt wird. Im Blindleistungsmodell wird der Spannungsregler mit vorgeschaltetem Blindleistungsregler simplifiziert nachgebildet. Da alle Netzereignisse gleichzeitig auch die Turbinenspannung beeinflussen, können dadurch viele Testszenarien plausibel simuliert werden.

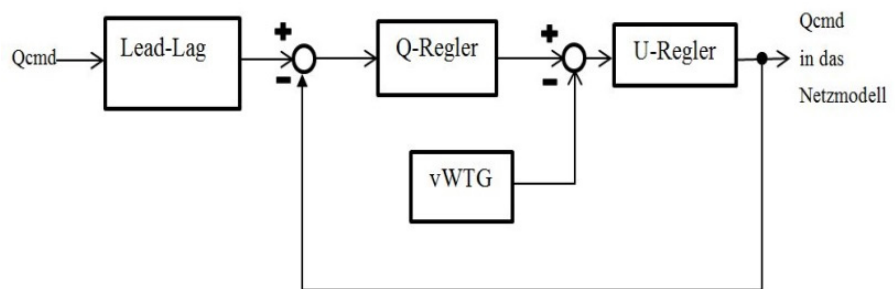


Abbildung 3: neues Blindleistungsmodell

Allgemein ermöglicht diese Simulation den Ingenieuren Software Modelle realitätsnäher zu testen und Projektplanungen zu validieren.

**Juliane Faber B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Matthias Kahle
Datum des Kolloquiums:	14. Januar 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	GWE Wärme- und Energietechnik GmbH



Im April vergangenen Jahres gab es eine Gesetzesänderung, die es Unternehmen vorschreibt bis zum 05.12.2015 ein so genanntes „Energieaudit“ durchführen zu lassen. Dieses Energieaudit ist eine umfangreiche Energieanalyse des gesamten Betriebes mit dem Ziel Potenziale aufzudecken um Energie einzusparen und Ressourcen besser zu nutzen.

Inhalt der Bachelorarbeit ist ein solches Energieaudit, dargestellt am Beispiel einer Großbäckerei. Dabei ist aber nicht das komplette Energieaudit nach DIN EN 16247-1 dargestellt, da dies den Rahmen einer Bachelorarbeit sprengen würde, sondern beschränkt sich auf die wesentlichen Punkte. Das Energieaudit sieht in der Praxis viele Punkte vor, die nur rein organisatorisch sind, z. B. das Ernennen eines Energiebeauftragten oder das Erstellen eines umfangreichen Abschlussberichtes. Diese Punkte sind nicht in der Bachelorarbeit beschrieben. Der Hauptteil der Bachelorarbeit ist der ingenieurtechnisch begleitete Part des Energieaudits der Großbäckerei.

Eingeleitet wird zunächst in die Thematik mit der Erörterung der Ziele der Bundesregierung für die CO<sub>2</sub> - Minderung. Die daraus entstandenen Gesetzesänderungen, nach der die Energieaudits im Jahr 2015 in ganz Deutschland durchgeführt wurden, wird kurz vorgestellt.

Der Hauptteil der Bachelorarbeit widmet sich dem Praxisbeispiel der Großbäckerei.

Zu Beginn der ingenieurtechnischen Arbeit werden zunächst alle Energieträger (Strom, Gas, Heizöl und Betriebsstoffe) und Energieverbraucher systematisch erfasst, um daraus auf die Hauptenergieverbraucher schließen zu können. Für diese Hauptverbraucher wurden dann Lösungsvorschläge erarbeitet, mit denen sich Energie einsparen lässt. Diese Lösungsvorschläge sind dann ausführlich in der Bachelorarbeit vorgestellt. Sowohl die technische Ausführung dieser Maßnahmen als auch eine wirtschaftliche Betrachtung wird einbezogen.

## Konzeptionierung und Auslegung einer Muster fähigen Torluftschleieranlage

**Sebastian Fernströning B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus (FH)

Datum des Kolloquiums: 27. Oktober 2015

Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, Lingen (Ems)



In Zeiten stetig steigender Energiekosten und dem sozial-politischen Druck der Gesellschaft sind Unternehmen und Gebäudebetreiber mit einer permanenten Optimierung Ihrer Gebäude und Liegenschaften konfrontiert. Stark frequentierte Gebäudeeingänge können zu hohen Wärmeverlusten führen, die es zu minimieren gilt, genau hier kommen Torluftschleieranlagen zum Einsatz, die seit vielen Jahren zum Ausrüstungsstandard gehören.

Die Bachelorarbeit führt durch den ersten, iterativen Schritt einer Produktentwicklung und zielt auf den ausblickenden Bau eines Prototypen. Restriktive Gesetzesanforderungen werden unter Betrachtung der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG geprüft und in der weiteren Auslegung berücksichtigt.

Mit Hilfe einer Analyse der am Markt befindlichen Anlagen werden aktuelle Standards definiert, deren Essenz als mögliche Entscheidungsgrundlage zur Definition einer Konstruktionsvorgabe dienen kann. In Zusammenarbeit mit der Entwicklungsabteilung der Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG konnte auf Basis der Analyse eine optionale Bauweise entwickelt werden. Die endgültige Konstruktionsvorgabe des Prototypen konnte durch einen Vergleich der Alternativen mithilfe einer Nutzwertanalyse erfolgen. Ebenfalls erfolgte im Rahmen der Bachelorarbeit eine Erstauslegung der Komponenten einer Torluftschleieranlage, die durch Messungen und Simulationen nach derzeitiger Möglichkeit verifiziert werden konnten. Zur Veranschaulichung der Arbeit wurde ein erstes, Optionales Designkonzept der Torluftschleieranlage erstellt. Abschließend wird ausblickend die Relevanz einer Regelung mit dem Ziel einer weiteren Effizienzsteigerung thematisiert.

Zielübergreifend wurden während der Entwicklung anwendungsspezifische Anforderungen berücksichtigt um einem optimalen Einsatz verfügbarer Ressourcen hinsichtlich der Produktion zu gewährleisten.

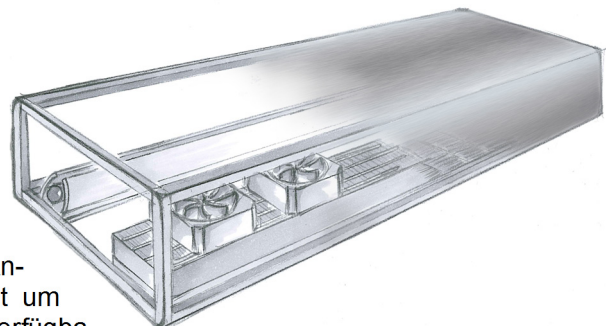


Abbildung Designkonzept

**Andre Fleige B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	07. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e. V., Billerbeck



Vor einigen Jahren fand aufgrund des wachsenden Widerstands gegen die konventionelle Energieerzeugung eine Wiederentdeckung der Nutzung von Windkraft statt, dabei geht es jedoch nicht mehr um die Verrichtung mechanischer Arbeit wie es über Jahrhunderte der Fall war, sondern um die wirtschaftliche und regenerative Erzeugung von Elektrizität.

Windkraftanlagen werden aufgrund ihrer Investitionskosten in Millionenhöhe hauptsächlich von Unternehmen, Städten oder beispielsweise Genossenschaften finanziert. Eigenheimbesitzer hingegen sorgten für einen regelrechten Boom bei der Solarstromerzeugung durch Photovoltaikanlagen, doch mittlerweile entdecken immer mehr Privatleute und Unternehmen auch die Kleinwindkraft für sich. Bei der Planung einer Kleinwindkraftanlage auf der Weitblickwiese in Billerbeck wurden alle für die Errichtung einer Anlage erforderlichen Planungspunkte untersucht und bewertet. Bevor jedoch auf das konkrete Projekt eingegangen worden ist, wurden die physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Windes und die verschiedenen Funktionsweisen von Windenergieanlagen beschrieben.

Hohe Priorität bei der Durchführung eines Kleinwindkraft – Projektes kommt der Genehmigungsplanung zu. Von Beginn an sollte die zuständige Behörde in das Vorhaben eingebunden werden, um möglichen Komplikationen vorzubeugen. Die Rechtsgrundlagen für die Genehmigung einer Kleinwindkraftanlage in Nordrhein – Westfalen wurden ausführlich beschrieben und auf die gegebenen Bedingungen der Weitblickwiese hin untersucht. Die darauffolgende Projektbeschreibung erläutert das Vorhaben und die verfolgten Ziele des Vereins Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e. V. die hinter dem Projekt stehen.

Der zu erzielende Energieertrag durch Nutzung von Windkraft ist maßgeblich abhängig von den am Aufstellort herrschenden Windverhältnissen (s. Abb. 1). Die Windbedingungen auf der Weitblickwiese wurden mithilfe einer Windkarte des Deutschen Wetterdienstes sowie Häufigkeitswindrosen für umliegende Orte und unter Verwendung mathematischer Funktionen, zur Anpassung der gegebenen Bedingungen auf der Weitblickwiese, möglichst genau abgeschätzt. Anhand dieser Berechnungen folgte, nach der Erläuterung verschiedener Betriebsmöglichkeiten und einem Vergleich der ausgewählten Anlagen, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Netzparallelbetrieb auf der Weitblickwiese. Anschließend wurde mit dem direkten Betrieb eines Verbrauchers im Inselnetz eine Alternative zum Batterie- und Netzparallelbetrieb vorgestellt.

## Rayleigh - Verteilung bei verschiedenen mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten

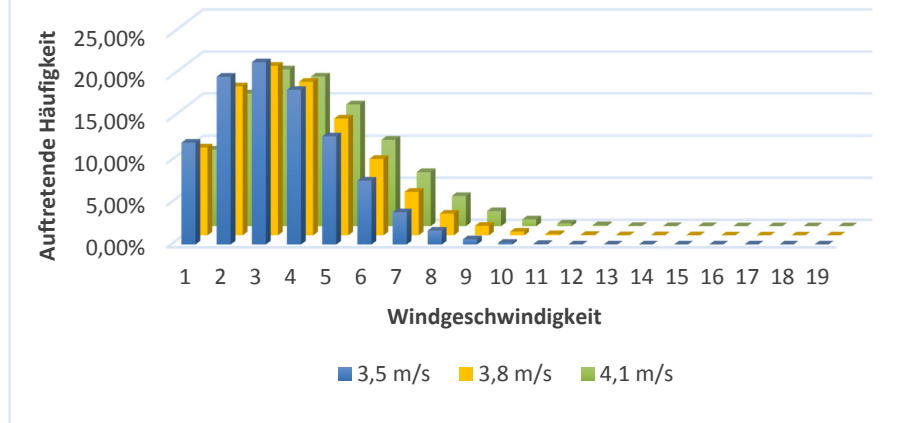


Abb. 1: Berechnete Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit mittels Rayleigh-Funktion

Abschließend wurde eine Empfehlung über die grundsätzliche Machbarkeit und Zweckmäßigkeit des Projektes, sowie über konkrete Anlagen und Betriebsformen ausgesprochen. Anhand dieser Empfehlungen und der gemachten Untersuchungen kann der Verein „Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e.V.“ über eine Umsetzung des Projektes entscheiden.

## Energetischer und wirtschaftlicher Vergleich der Fernwärme der Stadtwerke Münster GmbH zu anderen Wärmeerzeugern in Bezug auf die EnEV 2016 und das EEWärmeG für Neu- und Bestandsbauten von Wohn- und Nichtwohngebäuden

**Kai Flesch M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker

Datum des Kolloquiums: 17. November 2015

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

In Kooperation mit: Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Mit der Verschärfung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Januar 2016 kommen insbesondere für Neubauten höhere Anforderungen in Bezug auf den Wärmeschutz hinzu. Der Grenzwert des Primärenergiebedarfs zum Referenzgebäude sinkt um 25 %. Darüber hinaus werden höhere Dämmwerte der Gebäudehülle gefordert. Für das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE-WärmeG) sind in NRW vorerst keine Modifizierungen publiziert.

Auf der rechtlichen Grundlage wurde die Fernwärme exemplarisch an einem Ein- und Mehrfamilienhaus sowie Bürogebäude mit anderen Wärmeerzeugern im Neubau wie auch im Gebäudebestand simuliert und untersucht.

Neben den gesetzlichen Anforderungen, die mit der Fernwärme aufgrund des Primärenergiefaktors von 0,0 sehr gut zu erreichen sind, wurde im Vergleich der verschiedenen Wärmeerzeuger außerdem der Endenergiebedarf sowie der umweltrelevante Aspekt anhand der CO<sub>2</sub>-Emission eruiert.

Mit einem Vollkostenvergleich, in dem die kapital-, betriebs- sowie verbrauchsgebundenen Kosten ermittelt und aufgeführt werden, wurde überdies eine ökonomische Betrachtung aufgestellt. Diese fällt im Neubaubereich für die Fernwärme durchaus positiv aus. Im Bestand kann sich hierbei die Brennwertechnik aufgrund der geringen Investitionskosten durchsetzen.

Anhand einer Sensitivitätsanalyse wurde des Weiteren die Veränderung variabler Faktoren untersucht. Hierzu zählen die Hausanschlusslänge der leitungsgebundenen Energieträger, steigende Investitionskosten, steigende Energiekosten sowie ein sich verändernder Zinssatz.

Die Anschlusslänge der Fernwärme zum Gebäude hat einen hohen Einfluss auf die jährlichen Kosten. Die Energiepreis-, Investitionskostensteigerung und die Zinssatzänderung wirken sich auf die Vollkosten objektspezifisch sehr unterschiedlich aus.



## Zur Optimierung der Instandhaltung von Ortsnetzstationen der Stadtwerke Ahaus

**Noel Fransbach B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Johannes Stentrup
Datum des Kolloquiums:	18. Dezember 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Ahaus GmbH, Ahaus



Die Aufgabe dieser Bachelorarbeit war es eine Instandhaltungsstrategie für die Ortsnetzstationen der Stadtwerke Ahaus zu entwickeln, mit der eine hohe Anlagenverfügbarkeit bei möglichst geringen Kosten erreicht wird. Bislang verfolgen die Stadtwerke Ahaus eine ereignisorientierte Instandhaltungsstrategie bezüglich ihrer Ortsnetzstationen, d. h. Instandhaltungsmaßnahmen werden nur dann ergriffen, wenn Funktionsstörungen bei einer Ortsnetzstation aufgetreten sind oder eine Ortsnetzstation ausgefallen ist.

Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Frage, ob mit dieser Strategie die optimale Anlagenverfügbarkeit bei möglichst geringen Kosten erreicht wird. Es wurde schnell deutlich, dass dies nicht der Fall ist. Daher bestand die Aufgabe dieser Arbeit darin, eine besser geeignete Strategie für die SWA auszuwählen und zu entwickeln.

Bei der für die SWA entwickelten Strategie handelt es sich um einen Spezialfall einer sogenannten zustandsorientierten Strategie. Die übliche Form der zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie wurde durch die Einführung zweier weiterer Parameter entscheidend verfeinert. Erstens wurde durch die Einführung eines Parameters Wichtigkeit die Relevanz des Betriebsmittels für das Funktionieren der gesamten Anlage erfasst. Grob gesprochen hängt diesem Parameter zufolge die Wichtigkeit eines Betriebsmittels von dem Ausmaß ab, in dem die gesamte Anlage durch einen Ausfall des Betriebsmittels beeinträchtigt würde.

Je nachdem, wie hoch die interne Relevanz des Betriebsmittels ist, erhält es eine hohe oder niedrige Gewichtung. Die Gesamtbewertung eines Betriebsmittels ergibt sich dann, indem man die Zustandsbewertung mit dem jeweiligen Werten des Parameters Wichtigkeit multipliziert. Zweitens wurde durch die Einführung eines weiteren Parameters Bedeutung die Relevanz einer ONS für die Weiterverteilung des Stroms erfasst. Grob gesprochen hängt diesem Parameter zufolge die Bedeutung einer ONS von dem Ausmaß ab, in dem die Stromversorgung eines Verbrauchers bzw. eines Versorgungsgebietes durch einen Ausfall der Station beeinträchtigt würde.

Zu beachten ist, dass die Attribute aufgrund deren die Bedeutung einer ONS festgelegt wird, ebenfalls gewichtet worden sind: Je nachdem, wie hoch die

externe Relevanz des Attributs ist, erhält es eine hohe oder niedrige Gewichtung. Die Gesamtbewertung eines bedeutungsbestimmenden Attributs ergibt sich dann, indem man die Bedeutungsbewertung mit dem jeweiligen Wert des Parameters Wichtigkeit multipliziert.

Die Erfassung der Bedeutung einer ONS ist also unabhängig von der Gesamtbewertung des Zustands einer ONS. Während sich die Gesamtbewertung der Station aufgrund veränderter Ist-Zustände häufig von Inspektion zu Inspektion unterscheiden dürfte, ist die Bedeutung einer Station in der Regel invariant. Sie ändert sich erst dann, wenn neue Verbraucher angeschlossen werden.

## Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit eines neuartigen Supermarktkonzepts mit natürlichem Kältemittel und indirektem Kühlsystem

**Thomas Frisch M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Roland Handschuh

Datum des Kolloquiums:

17. Dezember 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Firma Cool Expert GmbH in Allendorf (Eder).



Etwa 14 % der in Deutschland eingesetzten Elektroenergie entfällt auf die Kältetechnik. Einen großen Anteil davon bilden die rund 40.000 Lebensmittelmärkte.

Bei einem Lebensmitteldiscounter ist vor allem der Kältebedarf für Kühlmöbel der größte Energieverbraucher.

In dieser Masterarbeit wird ein innovatives Anlagenkonzept vorgestellt, das die neue F-Gase-Verordnung komplett erfüllt. Das Konzept beinhaltet eine energieeffiziente Kälteerzeugung mit Einsatz von natürlichem Kältemittel. Es schließt neben der Kälteerzeugung auch die Wärmebereitstellung für Heizzwecke und Brauchwasser mit ein.

Bei der Firma Cool Expert GmbH in Allendorf (Eder) ist ein Demo-Supermarkt nach dem vom Autor dieser Arbeit und seinen Betreuern entwickelten „Blue Cool Concepts“ entstanden. Mit einer zentralen Wärmepumpe kann der komplette Heiz- und Kühlbedarf des Supermarkts abgedeckt werden. Der Demo-Supermarkt wurde mit gängigen Plus- und Tiefkühlmöbeln ausgestattet, um einen realistischen Betrieb zu simulieren. Mit innovativen Regelstrategien und durch neuartige, selbst umgebaute Wärmeaustauscher gelingt es, jederzeit die optimale Kühlmöbelinnentemperatur zu gewährleisten.

Sowohl bei der Plus- als auch bei der Tiefkühlung hat sich ein indirektes Abtauverfahren mit elektrischen Erhitzern bewährt. Unerwünschte Nebeneffekte wie vereiste Luftkühler, hohe Energiekosten, der eine zu hohe Erwärmung des Verdampfers während des Abtauvorgangs, werden mit diesem System behoben.

Das komplette Anlagensystem ist einzigartig und wurde noch nie in dieser Form installiert. Dieses Konzept bietet eine sehr gute Alternative zu Kaskaden bzw. Booster-Supermarktkälteanlagen, die CO<sub>2</sub>-transkritisch betrieben werden.

Um Leistungszahlen und Jahresarbeitszahlen der Anlagentechnik zu ermitteln, wurden Wärme- und Elektroenergiezähler an allen erforderlichen Messpunkten installiert. Für eine definierte Zeitspanne ist es demnach möglich, auch die Wirtschaftlichkeit dieses Systems nachzuweisen.

**Jan Fucke B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	07. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Gebr. Becker GmbH & Co. KG, Höxter



Das Unternehmen „alphacaps GmbH“ ist in der Lebensmittelproduktion tätig. Es werden verschiedene Tabletten, Kapseln und Pulversorten entwickelt und produziert. Es sollte ein neues Produktionsgebäude geplant und errichtet werden, damit die Kapazitäten erweitert werden können.

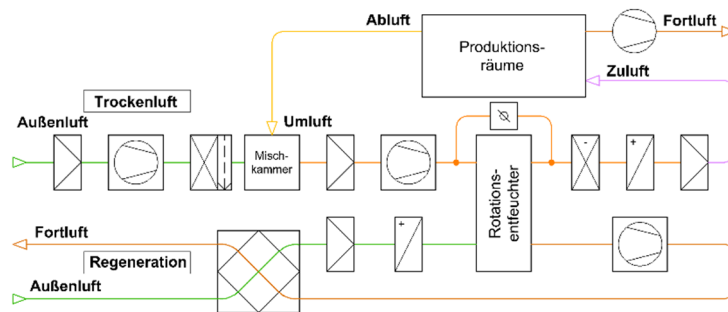
Der Produktionsprozess stellt hohe Anforderungen an die Raumluftqualität, insbesondere im Bezug auf die relative Feuchtigkeit der Luft. Die höchsten Anforderungen an die Raumluftqualität werden durch die Pressung des Pulvers zu Tabletten und Kapseln definiert. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit verhindert eine weitere Verarbeitung, weil das Pulver den Wasserdampf aufnimmt und verklumpt. Für die Tablettierung wurde eine Temperatur von 20 °C mit einer relativen Feuchtigkeit von unter 20 % gefordert.

Im Rahmen der Abschlussarbeit sollte ein Luftentfeuchtungssystem erarbeitet werden, welches die Aufbereitung der Luft zuverlässig und dauerhaft ermöglicht. Es musste zusätzlich neben der Realisierbarkeit auch die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Systeme betrachtet werden, damit ein effizienter und kostengünstiger Anlagenbetrieb ermöglicht wird. Die Auslegungsparameter für den Sommer-Betrieb wurden höher als in nicht Produktionsgebäuden gewählt. Das ist notwendig, damit der Produktionsprozess auch bei sehr hoher Außenlufttemperatur und Luftfeuchtigkeit nicht zum Erliegen kommt. Die Überschreitung der festgelegten Grenzwerte hätte einen Ausfall der Produktion zur Folge und muss unbedingt unterbunden werden.

Zunächst wurden die Funktionsweise und der Anlagenaufbau der verschiedenen Systeme erarbeitet, damit die Grundlage für die Auslegung der Systeme geschaffen wurde. Die Volumenstromauslegung und die geforderten Raumluftqualitäten schafften die Basis für einen aussagekräftigen Vergleich. Es gibt drei verschiedene Methoden, damit der Wasserdampf der Luft entzogen werden kann.

Die Oberflächenkühlung besteht aus einem Luftkühler, der von einem kalten Kältemedium durchflossen wird. Die Unterschreitung der Taupunkt-Temperatur erzielt die Kondensation des Wasserdampfes und entfeuchtet somit die

Luft. Die Adsorption mit Rotationsentfeuchter bindet die Moleküle des Wasserdampfes an einem Feststoff der im Rotationsrad verwendet wird. Im letzten System der Absorption verdünnt der Wasserdampf aus der Luft eine hygroskopische Flüssigkeit. Nach der Aufnahme des Wasserdampfes ist bei der Ad- und Absorption eine Wärmezufuhr für die Regeneration des Entfeuchtungsstoffes notwendig.



Anlagenschema für die zentrale Entfeuchtung mit einem Rotationsentfeuchter (Adsorption)

Die Abbildung stellt das geplante Anlagenschema für die Aufbereitung der Luft dar. Das Schema bildet das Grundsystem des Rotationsentfeuchters ab und kann durch weitere Komponenten erweitert werden, um die Funktionsweise zu verändern.

Die Auslegung des Rotationsentfeuchters hängt stark von dem Aufbau und dem Betrieb der Anlage ab. Das erschwerte die Auslegung der Systeme und schaffte eine starke Abhängigkeit zwischen den Herstellerfirmen. Die Entfeuchtungsleistung der Geräte ist unter anderem von der Drehzahl des Rotors, dem Volumenstrom, den Materialien für die Beschichtung, der Form der Waben des Sorptionsrades und von den Austreibungstemperaturen abhängig.

Das Ergebnis der Ausarbeitung stellte den Rotationsentfeuchter mit dem Prozess der Adsorption als System für die Bereitstellung der geringen Luftfeuchtigkeit heraus. Das Grundsystem lässt sich mit einigen Technologien modifizieren, damit die Entfeuchtung einen besseren Prozessverlauf aufweist oder die eingesetzte Energie zurückgewonnen wird.

Es kann zum Beispiel eine Wärmerückgewinnung in der Regenerationsluft eingeplant oder der Prozess sinnvoll mit einer Wärmepumpe verbunden werden. Hierbei gibt es auch Systeme, die einen unterschiedlichen Aufbau des Sorptionsrades beinhalten. Bei dem Vergleich wurden nicht nur die zentralen Systeme mit einer Entfeuchtungsanlage betrachtet sondern auch die dezentralen Systeme, in dem alle Technologien miteinander verknüpft werden können. Die geforderte Luftfeuchtigkeit in den Produktionsräumen wird mit dem dezentralen System erst vor den jeweiligen Räumen erreicht.

**Niklas Gärtner B.Eng**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	M. Eng. Tanja Hessels
Datum des Kolloquiums:	09. Juni 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	DEOS Gebäudeautomation GmbH, Rheine



Die Bachelorarbeit „Change Management im Industrieunternehmen – Erfolgsfaktoren in der Umsetzung“ wurde in einer Kooperation mit der DEOS-AG erstellt. In der DEOS Gebäudeautomation mit Sitz in Rheine, welche im Geschäftsfeld der Gebäudeautomation tätig ist, wurden Veränderungsprozesse begleitet und anhand Beobachtungen Hinweise und Maßnahmen für zukünftige Veränderungsprozesse herausgestellt. Begleitend zu der Informationssammlung im Unternehmen DEOS wurden Gespräche mit Unternehmensberatern, Professoren und Mitarbeitern geführt, um eine umfassende Analyse durchzuführen und die gewonnen Erkenntnisse in Form von Rahmenkonzepten aus einschlägiger Literatur in die Bachelorarbeit einfließen zu lassen.

Ständig wechselnde Rahmenbedingungen zwingen Unternehmen dazu sich fortlaufend anzupassen. Die Dynamik und der Wettbewerb in den Märkten der Gebäudeautomation haben in den letzten Jahren zugenommen. Demnach wird es zunehmend wichtiger sich an ändernde Randbedingungen anzupassen und mit flexiblen Veränderungen Wettbewerbsvorteile gegenüber Mitbewerbern zu schaffen. Veränderungsprozesse stellen somit regelmäßige Herausforderungen für Unternehmen in dynamischen Märkten dar.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Hinweise für eine Optimierung der Umsetzung von Veränderungsprozessen herauszuarbeiten. Es wurde eine ganzheitliche Perspektive über fördernde und hemmende Faktoren gegeben, damit Veränderungsprozess in Zukunft besser umgesetzt werden können. Außerdem wurde ein allgemeingültiger Leitfaden für zukünftige Veränderungsprozesse entwickelt, der durch Checklisten, Handlungsalternativen und Maßnahmen vor allem Führungskräfte in Veränderungsprozessen entlasten soll.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Heizungs- und Kälteversorgungskonzeptes für einen Gewerbebetrieb mit Mikrogasturbine und Eisspeicher

**Stefan Gehder B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Sören Möller M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 12. November 2015

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

In Kooperation mit: Merker AG, Sendenhorst



In den meisten gewerblich genutzten Gebäuden gibt es sowohl Heiz- als auch Kühlbedarf, der rund um die Uhr gedeckt sein muss. Es ist somit erforderlich, eine Abdeckung des Heiz- und des Kühlbedarfs im normalen Betrieb und bei Spitzenlasten zu gewährleisten.

Die Idee ist, diesen Bedarf möglichst effizient zu decken. Die Kälteseite wird durch einen Eisspeicher und die Wärmeseite durch eine Kombination aus Mikrogasturbine und Wärmepumpe bedient. Im Jahr 2008 / 2009 entstand durch ein Projekt der Merker AG ein neues Heizungs- und Kälteversorgungskonzept. Bis dato ist jedoch noch keine Umsetzung dieses innovativen Verfahrens erfolgt. Da es bisher noch nicht zu einer Realisierung dieses Konzeptes kam, liegen noch keine konkreten Zahlen bezüglich der Wirtschaftlichkeit vor. Intention dieser Abschlussarbeit ist es, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des neuen Anlagenkonzeptes gegenüber einer herkömmlichen Heizungs- und Kälteanlage durchzuführen.

Beide Anlagenvarianten werden in Anlehnung an das Projekt des Messe Hotels Essen aus dem Jahr 2008 / 2009 bemessen und anschließend verglichen. Das innovative Anlagenkonzept mit einer Mikrogasturbine und weiteren Anlagenteilen stellt ein völlig neues Konzept durch die Kombination herkömmlicher Komponenten dar. Explizit ist der Eisspeicher zu nennen. Dieser dient zum einen den Wärmepumpen als zweite Energiequelle und zum anderen als großer Pufferspeicher für die Kälteversorgung. Durch den Betrieb der Wärmepumpen wird dem Eisspeicher Energie entzogen, sodass die Temperatur sinkt. Der Phasenübergang des Wassers im Eisspeicher zwischen flüssig zu fest, setzt weitere Energie frei. Genau in diesem Moment kommt der physikalische Effekt der Kristallisationsenergie zum Tragen.

Bei diesem Phasenübergang werden 93 Wh/kg freigesetzt, also ein Vielfaches der Energie, die bei einer normalen Abkühlung des Wassers entsteht (1,163 Wh/kg). Die Kristallisationsenergie von 93 Wh/kg, entspricht exakt der Energie, die benötigt wird, um Wasser von 80 °C auf 0 °C abzukühlen. Die Energie, die dem Speicher durch die Wärmepumpen entzogen wird, muss im Gegenzug wieder eingesetzt werden, um das Wasser zu erwärmen.

Genau dieser physikalische Effekt der Kristallisationsenergie macht die Nutzung eines Eisspeichers so interessant. Es kann auf diese Weise mit einem geringen Volumen des Speichers eine große Menge Energie gespeichert werden. Die gespeicherte Kälteenergie, die ein Abfallprodukt der Wärmepumpen ist, kann im Sommer zur Kühlung und zur Deckung des Kühlbedarfs genutzt werden. Des Weiteren ist die Nutzung einer Mikrogasturbine hervorzuheben. Durch die Einbindung eines Eisspeichers und einer Mikrogasturbine in Kombination mit einer Wärmepumpe, lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich senken. Durch die Nutzung eines Kraft-Wärme-Kopplungssystems, werden solche Anlagen durch gesetzliche Grundlagen vom Staat gefördert.

Die Subventionen wirken sich kostenmäßig in der Kalkulation positiv gegenüber einer herkömmlichen Heizungs- und Kälteanlage aus. Die Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und der damit verbundenen Berechnungen der Amortisationszeit zwischen den beiden Anlagen, konnte auf Grund von einschlägigen Erfahrungswerten näherungsweise bestimmt werden. Besonders wichtig sind diese bei der Berechnung der Heiz- und Kühllast, sowie des Jahresenergiebedarfs. Nach der Berechnung der Grundlagen wurde eine mögliche Konfiguration von Anlagenkomponenten zusammengestellt. Somit konnten die Investitions- und Energiekosten gegenübergestellt werden.

Für eine erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit dienen die Amortisationsrechnung und das entwickelte Excel- Programm als solide Grundlage. Je genauer die Grundlagen bestimmt werden können, desto präziser fällt die Amortisationsrechnung aus. Für die Zukunft dieses Konzeptes wäre es hilfreich, in energieintensiven Branchen, wie hier bei einem Hotel, Pilotbetriebe zu gewinnen, um Einsatzmöglichkeiten zu erproben und im Weiteren für dieses Verfahren zu werben. Wenngleich bereits viele Aktivitäten zur CO<sub>2</sub>-Einsparung beitragen, so ist erwähnenswert, dass Deutschland in der europäischen Rangfolge der Nutzung regenerativer Energien einen der hinteren Plätze belegt. So gesehen ist zu hoffen, dass gerade zu einer Zeit, in der die Gesellschaft CO<sub>2</sub> neutrale Energie und die Unabhängigkeit von Preisen am Energiemarkt immer mehr thematisiert, die technische Lücke, vor allem im Bereich der nachhaltigen Speicherung, geschlossen werden kann.



## Entwicklung von B&K-Projekten zur akustischen Optimierung eines Hallraums

**Markus Gehring M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring

Datum des Kolloquiums:

11. Februar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Geräusche und Lärm sind im Alltag allgegenwärtig. Geräusche können gewollt erzeugt werden, wie zum Beispiel Musik. Andererseits können Geräusche auch ungewollt erzeugt werden oder sind ein Nebenprodukt einer gewollten Aktion. Motorenlärm einer Produktionsmaschine oder Straßenlärm können hier beispielsweise genannt werden.

Außerhalb von Gebäuden findet man häufig eine gewisse Lärmbelastigung vor, sei es durch Straßen- oder Baulärm. Lärm wird immer subjektiv empfunden und kann nicht „pauschalisiert“ werden. So empfinden einige Menschen Rockmusik als angenehm, andere hingegen als störend und belästigend. Eine dauerhafte Lärmbelastung kann sich gesundheitsschädlich auswirken.

Innerhalb von Gebäuden wird ein hohes Maß an Lärminderung betrieben. Hier werden unter anderem immer leisere Ventilatoren entwickelt, Strömungsrauschen in Lüftungsanlagen und an Luftauslässen werden auf ein möglichst geringes Maß gemindert.

Um die Raumakustik in den einzelnen Räumen zu verbessern und dementsprechend ein Gefühl von Behaglichkeit zu erzeugen, werden den Räumen angepasste Decken und Böden verbaut. Dies geschieht je nach Anwendungsfall des Raumes. Empfindet man in einer Kirche oder einem Konzertsaal einen hohen Nachhall der Töne und Geräusche als angenehm, so empfindet man diesen in Wohn- oder Büroräumen als störend.

Je nach Gebrauch wird also ein Raum mit schallreflektierenden oder schallabsorbierenden Wänden ausgestattet.

In dieser Arbeit wurde ein von der FH Münster betriebener Hallraum durch vorhandene Messtechnik optimiert. Im Raum erfolgte in Rahmen dieser Arbeit die Anpassung der Anordnung und Geometrie seiner Diffusoren. Anschließend wurden Nachhallzeitmessungen nach der DIN EN ISO 354 durchgeführt, um die Nachhallzeiten in den einzelnen Frequenzen zu bestimmen. Dieses Messverfahren wird dazu benutzt, die Schallabsorption einzelner Materialien zu bestimmen. Zur Durchführung dieser Messungen wurde vorhandenes Messequipment, welches bisher nicht eingesetzt wurde, so konfiguriert, dass die entsprechenden Messungen möglich waren.

Weiterhin wurden Messungen nach DIN EN ISO 3741 im Hallraum durchgeführt um das Schallspektrum technischer Geräte, wie etwa das eines Ventilators, bestimmen zu können.

Es wurden neue Projekte für PULSE LabShop als Vorlagen für Akustikmessungen angelegt. Das Erstellen der Projekte und das Durchführen der zugehörigen Messungen wurden ausführlich beschrieben, so dass das Messequipment benutzt werden kann.

Mit Hilfe der neu erstellten Vorlagen wurde der Hallraum optimiert. Dazu wurden Messungen der Nachhallzeit und Schallpegel-Messungen durchgeführt. Auf der Grundlage der Messergebnisse wurde der Hallraum umgebaut. Dabei wurden sämtliche Diffusoren abgenommen, warmumformt und wieder aufgehängt. Weiterhin wurden die Lautsprecher des Hallraums nutzerfreundlich angeordnet und das Messequipment ertüchtigt. Ferner wurde durch einen Umbau des Verstärkers das Verstärkerbrummen nahezu vollständig unterbunden und damit der Ruhepegel im Hallraum erheblich gesenkt.

Anschließend wurden verschiedenste Messungen zur Nachhallzeit durchgeführt. Durch die Software können nun auch die Abfallkurven und die zugehörigen Berechnungsbalken der einzelnen Schallpegel betrachtet und bei Bedarf angepasst werden.

Es ist gelungen, die Messtechnik in Betrieb zu nehmen und erfolgreiche Messungen durchzuführen.

**Matthias Geiping M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Datum des Kolloquiums:	17. September 2015
Studium:	Masterstudiengang Netzingenieur der Versorgungstechnik
Studienrichtung:	Energie- und Wasserversorgung
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Bocholter Energie- und Wasserversorgung GmbH, Bocholt



Lokale, kleinvolumige Erdgasspeicher prägen seit Jahrzehnten die deutsche „Gaslandschaft“. Vielfach sind diese als Scheiben-, Rollenmembran-, Kugel- oder Röhrenspeicher ausgeführt. Diese Speicher haben im Verhältnis zu Kavernen oder Porenspeichern ein sehr geringes Arbeitsgasvolumen (im Normzustand 55.000 bis 140.000 m<sup>3</sup> zu 17 bis 4.200 Mio.m<sup>3</sup>) und sehr geringe Auspeichervolumenströme (im Normzustand 15.000 m<sup>3</sup>/h zu 1.300.000 m<sup>3</sup>/h).

Vor der Liberalisierung des Gasmarktes, genauer gesagt bis zum Beschluss der Bundesnetzagentur BK7-08-022 vom 01. Oktober 2008, der auch kurz GABi Gas (Grundmodell für Ausgleichsleistung und Bilanzierungsregeln im Gassektor) genannt wird, dienten diese Speicher den lokalen Versorgern (Stadtwerke etc.) zur Optimierung ihres Erdgasbezuges vom Vorlieferanten. Der Einsatz galt dem Ausgleich von Stundenspitzen. Dieser Einsatz wird auch als „Peak-Shaving“ bezeichnet.

Mit der Liberalisierung des Gasmarktes veränderten sich die Rahmenbedingungen für Gasversorgungsunternehmen. Große Auswirkungen auf den Betrieb von kleinen Speichern hatte GABi Gas. Mit diesem Beschluss wurde ein neues System der Regel- und Ausgleichsenergie implementiert, das auch heute noch Gültigkeit hat. Dieses System basiert auf einer Tagesbilanzierung. Vereinfachend gesagt, ist seit diesem Zeitpunkt nicht mehr die tatsächliche stündliche Abnahme des Gases relevant, sondern die gemittelte Tagesverbrauchsmenge. Somit spielen die sogenannten „Stundenspitzen“ keine wirtschaftliche Rolle mehr. Viele dieser kleinen Speicher verloren durch diesen Beschluss ihre geplante wirtschaftliche Grundlage. Seit 2008 wurden viele dieser Speicher stillgelegt oder insbesondere Kugelgasspeicher ganz zurückgebaut. Mit Blick auf die Versorgungssicherheit des Gassystems war dieser Rückgang sicherlich nicht erstrebenswert, denn durch diese kleinen Speicher können vor allem auf lokaler Ebene Kapazitätsengpässe vermindert werden.

Durch den Wegfall von Netzrestriktion können sich aber andere Möglichkeiten des Einsatzes eröffnen. So ist es beispielsweise möglich, viele kleine Speicher virtuell miteinander zu verbinden, um so Regelenergie bereitzustellen oder Bilanzkreise auszugleichen.

Die Bocholter Energie- und Wasserversorgung betreibt seit 2007 einen Erdgasröhrenspeicher. Dieser Speicher besitzt mit einer Länge von 3.077 m und einem Durchmesser (DN) von 1.200 mm bei einem maximalen Speicherdruck von 90 MPa ein Arbeitsgasvolumen von 341.161 m<sup>3</sup> im Normzustand. Geplant war dieser Speicher für das o. g. „Peak-Shaving“. Schon kurz nach der Fertigstellung musste über eine neue Einsatzmöglichkeit nachgedacht werden. Seit diesem Zeitpunkt wird der Speicher als Instrument zur Reduzierung der internen Bestellung beim Vorlieferanten eingesetzt. Vereinfachend gesagt, reduziert der Speicher die zu bestellende Kapazität beim Vorlieferanten und somit die Kosten für die vorgelagerten Netzentgelte. Durch diesen Betrieb werden die Netzentgelte der Netzkunden in Bocholt gesenkt.

Im Rahmen der Masterarbeit wurde untersucht, ob es für den Speicher noch andere Einsatzmöglichkeiten am Gasmarkt gibt und ermittelt, welche Erlöse sich mit einem andern Einsatz erzielen lassen könnten. Hierzu wurden die Erlöse und Speicherfüllstände Ex-Post simuliert. Weiterhin wurde untersucht, ob der Speicher technisch optimiert werden könnte.

Abschließend wurde für den Erdgasröhrenspeicher der Bocholter Energie- und Wasserversorgung GmbH eine Handlungsempfehlung über den weiteren Betrieb gegeben.

**Andreas Gerber M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Jaroslav Litau, M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	30. Oktober 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Energethik Ingenieurgesellschaft mbH, Osnabrück



Die Papierindustrie gehört zu der energieintensiven Industrie und besitzt gleichzeitig ein hohes Potenzial an Abwärme. Ein Vertreter dieser Industriebranche ist der Papierhersteller Kämmerer GmbH in Osnabrück. Auch bei diesem Unternehmen fällt Abwärme an, die zu einem großen Teil in die Umgebung abgeleitet wird. Die Abwärme entsteht in Form von Abwasser, Abluft und überschüssigem Dampf. Das Unternehmen sucht nach Lösungen diese Abwärme sinnvoll zu nutzen.

Die Aufgabe der Arbeit war demnach ein Konzept zur Abwärmenutzung der Papierfabrik Kämmerer zu entwickeln. Die Bearbeitung wurde dabei durch das Planungsbüro Energethik unterstützt.

Die Abwärmenutzung kann in interne (innerbetriebliche) und externe (außerbetriebliche) Abwärmenutzung unterteilt werden. Interne Abwärmenutzungsmaßnahmen wurden durch die Fa. Kämmerer bereits durchgeführt. Nun waren die externen Nutzungsmöglichkeiten zu untersuchen. Sie stellten zugleich den Kern dieser Arbeit dar. Die wichtigsten Fragen, die es während der Bearbeitung der Arbeit zu beantworten galt, sind im Folgenden aufgeführt: Ist eine wirtschaftliche Lösung der Aufgabe möglich? Welche Nutzungsmöglichkeiten gibt es? Welche dieser Möglichkeiten ist die Optimale?

Zuerst wurden die Abwärmequellen erfasst (s. Abb. 1) und auf ihre Verfügbarkeit und Energiemenge untersucht. Danach folgte die Suche nach einem geeigneten Wärmeabnehmer. Hierbei wurde die Paracelsus Klinik als vielversprechender Wärmeverbraucher ermittelt. Der Wärmeverbrauch der Klinik wurde erfasst und in Bezug auf die Wärmeenergiemenge, sowie den Jahresverlauf des Wärmebedarfs analysiert. Es folgte die Dimensionierung und Festlegung der benötigten Komponenten. Ein besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Auslegung des Wärmespeichers und der Wärmeleitung gelegt. Anschließend wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung aus Sicht des Wärmeverbrauchers und des Investors durchgeführt. Es wurden sechs unterschiedliche Variationen gegenübergestellt und miteinander verglichen, sowie eine Untersuchung einiger beeinflussender Faktoren durchgeführt.

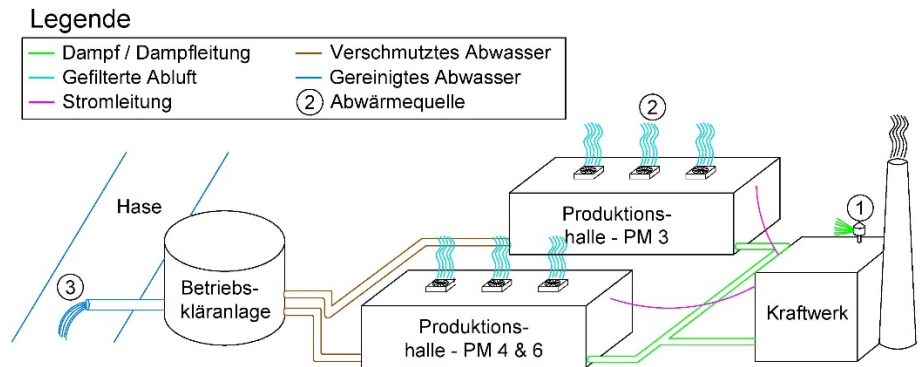


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Abwärmequellen

Das Ergebnis dieser Untersuchungen hat gezeigt, dass die kombinierte Nutzung der Abwärmequellen Dampf und Abluft den höchsten wirtschaftlichen Nutzen erzielt. Den zweithöchsten Nutzen erreichte die Variante unter Berücksichtigung der Abwärmequelle Abluft. Die Untersuchung der beeinflussenden Faktoren hat eine Verbesserung der Kapitalwerte der einzelnen Varianten ergeben.

Rein wirtschaftlich gesehen, ist die kombinierte Nutzung der Abwärmequellen Dampf und Abluft zu wählen. Im Laufe des Projektes hat sich jedoch herausgestellt, dass die Menge des überschüssigen Dampfes reduziert werden soll. Die Abwärme aus dem Dampf gilt also nicht mehr als sichere Abwärmequelle. Demnach ist die zweitbeste Variante, also die alleinige Nutzung der Abwärme aus der Abluft zu wählen.

Es wurde eine geeignete Lösung gefunden die Abwärme der Papierfabrik Kämmerer wirtschaftlich an Dritte zu leiten. Die Lösungsvariante stellt eine Empfehlung aufgrund der hier gemachten Untersuchungen dar.

Als ein möglicher Investor des Projektes kommt die Stadtwerke Osnabrück in Frage. Sie interessiert sich für den Betrieb des geplanten Wärmenetzes. Während der Erstellung dieser Arbeit wurden Gespräche zwischen dem Planungsbüro Energethik und den am Projekt beteiligten Akteuren durchgeführt, um das weitere Vorgehen zu klären. Im Falle einer Einigung der Projektbeteiligten wird das Planungsbüro das Projekt weiterführen und die empfohlene Variante weiterverfolgen.

Die nächste Maßnahme zur Realisierung des Projektes ist die Suche nach weiteren Wärmeabnehmern, um eine höhere Risikostreuung der Investition zu erreichen und die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens weiter zu verbessern. Des Weiteren soll der Einsatz einer Absorptionskälteanlage zur Klimatisierung des Krankenhauses näher untersucht werden.

## Rehabilitierung einer Gastransportleitung am Beispiel des Hochdruckrings in Münster

**Jannick Gnoth B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Robin Kischka M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

10. März 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Das Gasversorgungsnetz in Münster wird durch die Stadtwerke Münster GmbH im Auftrag der Münsternetz GmbH errichtet, instandgehalten und betrieben. Das Netz umfasst Leitungen in einer Gesamtlänge von 870 km, von denen 110 km als Hochdruckleitungen betrieben werden. In ihnen wird das Gas mit einem Druck bis 16 bar transportiert. Ein sogenannter Hochdruckring versorgt dabei den Stadtkern von Münster. Die etwa acht Kilometer lange Leitung wird an drei Punkten mit Erdgas bespeist und trägt durch ihre Vorteile eines Ringnetzes zur Versorgungssicherheit bei. Da im Hochdruckbereich vorwiegend Stahlleitungen im Erdboden verlegt sind, bedürfen sie einen besonderen Schutz vor Korrosion.

Eine Routineuntersuchung zur Messung von Korrosionsströmen wies im Bereich des Kolde-Rings auffällige Potenziale auf. Ein anschließendes Freilegen der gefährdeten Stellen ergab, dass sich mehrere Undichtigkeiten entlang der Leitung entwickelt haben und die Wandstärke der Leitung eine punktuelle Instandhaltung nicht zulässt. Eine Neuverlegung in diesem Bereich würde erhebliche Auswirkungen auf den Verkehr nach sich ziehen. Ziel dieser Arbeit war eine Methode zu entwickeln, diesen Abschnitt wirtschaftlich und technisch wieder instand zu setzen und die Versorgungssicherheit für mindestens weitere 50 Jahre zu gewährleisten, um nach dem Regelwerk des Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches dem Zustand einer neuen Leitung zu entsprechen.

Moderne grabenlose Techniken, wie das Berstlining, Close-Fit-Verfahren und der Einzug eines Gewebeschlauchs erfüllen diese Anforderung und wurden mit der Verlegung in offener Bauweise verglichen. Die Gemeinsamkeit der alternativen Möglichkeiten beruft sich auf den Minimalaufwand an Tiefbauarbeiten, wobei einzelne Start- und Zielbaugruben zum Einzug des neuen Rohres oder Gewebeschlauchs ausreichen. Die Betrachtung des Mindestdurchmessers bei Spitzenlasten ergab, dass Close-Fit-Verfahren zum Einziehen von PE-Rohren keine gesicherte Anwendung finden können, da sie den Querschnitt deutlich reduzieren. Beim Berstlining erfolgt die Sanierung durch Aufschneiden der Altleitung und anschließendem Einzug eines neuen Stahlrohrs in gleicher Dimensionierung. Voraussetzung für eine sichere Anwendung des Verfahrens ist die Einhaltung einer Mindestüberdeckung.

Diese konnte nicht für den gesamten Abschnitt gewährleistet werden. Die Gefahr, dass die Asphaltierung über der Leitung den Belastungen durch Verdichtungen des Erdreiches nicht standhält und Risse entstehen ist zu hoch.



Abbildung 5 Dokumentation des Gewebeschauchrelinings vor und nach dem Einzug

Beim Gewebeschauchrelining wird ein kunststoffbeschichteter Schlauch unter Druck in die Altleitung eingezogen. Dabei wird der zuvor mit Epoxidharz-Kleber gefüllte Schlauch umgestülpt so in das Altrohr geführt, dass die Kleberseite nun außen liegt. Nach Aushärtung des Klebers ist der Gewebeschauch fest mit der Rohrrinnenwand verklebt. Der Vorteil beim Einzug des Gewebeschauchs liegt in der geringen Wandstärke und Flexibilität. Dadurch lässt sich der Schlauch auf einer Trommel aufwickeln und vor Ort unter geringem Platzbedarf in die Leitung einbringen.

Der 1,8 mm dicke Schlauch verringert den Querschnitt der Altleitung nur minimal. Testuntersuchungen ergaben, dass der Schlauch auch bei üblichen Korrosionslücken von 50 mm über den angestrebten Zeitraum von 50 Jahren einen Druck von 80 bar standhält. In der Abbildung 1 ist der Zustand der alten Leitung mit einer Kamera dokumentiert. Das linke Bild beweist, dass sich die Leitung in einem guten Zustand befindet und durch nachfolgende Reinigungsmaßnahmen keine großen Löcher in der Rohrrinnenwand zu vermuten sind. Im rechten Bild zeugen Konturen und Strukturen von einem perfekt mit der Rohrrinnenwand verklebten Gewebeschauch.

Zum Abschluss zeigen Kosten- und Mengenermittlungen der ausgewählten Rehabilitierungsmaßnahmen, dass durch den Einzug eines Gewebeschauchs im Vergleich zur konventionellen Verlegung, die Kosten um 18 % gesenkt werden können. Das Ergebnis dieser Arbeit verdeutlicht, dass der Einsatz eines Gewebeschauchs die technischen Anforderungen der Regelwerke erfüllt und die Leitung sicher und wirtschaftlich für weitere 50 Jahre rehabilitiert werden kann.



## Auswirkungen des Umbaus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage auf der Zentraldeponie Münster

**Thomas Goedereis B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	07. März 2016
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Abfallwirtschaftsbetriebe Münster, Münster



Ausgangspunkt für die folgende Untersuchung war der Neubau eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) auf der Zentraldeponie Münster (ZDM). Ein leistungsstärkeres Blockheizkraftwerk auf der Zentraldeponie soll zukünftig zusätzlich zu den bisherigen Stromabnehmern Zentraldeponie, Sickerwasserbehandlungsanlage und Hauptkläranlage die mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage (MBRA) mit Eigenstrom versorgen. Im Moment erzeugt die MBRA die benötigte Strom- und Wärmemenge für den Betrieb der Vergärungsanlage durch ein eigenes Blockheizkraftwerk. Hauptaugenmerk liegt hierbei jedoch auf der Wärmeerzeugung für die Vergärung. Dieses BHKW soll jedoch abgeschaltet werden und das erzeugte Biogas zum neuen Blockheizkraftwerk auf der Zentraldeponie gleitet werden.

Zuerst musste geprüft werden ob das neue Blockheizkraftwerk auf der ZDM genügend Eigenstrom produziert um die MBRA zusätzlich mit Strom zu versorgen. Dafür wurde die Stromproduktion des Blockheizkraftwerkes auf der Zentraldeponie und anschließend der Strombedarf der bereits installierten Abnehmer berechnet. Nachdem die bereits angeschlossenen Abnehmer mit Strom versorgt waren, ergab sich ein Überschuss von 17.300 kWh/d der in das öffentliche Netz eingespeist wurde. Anschließend wurde der Strombedarf der MBRA berechnet, dieser liegt bei 10.000 kWh/d. Nach Abzug des Strombedarfs der MBRA bleibt ein Überschuss von 7.300 kWh/d, der in das öffentliche Netz eingespeist werden kann und nach dem erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) vergütet wird.

Zukünftig sollen in der Anlage jedoch nicht mehr die Restabfälle sondern Bioabfälle vergoren werden. An der Prozessführung der Vergärung ändert sich durch diese Umstellung nichts. Die Vergärung der Bioabfälle erfolgt bei ca. 50 °C. Um die Abfälle auf diese Temperatur zu erwärmen, wird in einer Mischeinheit Dampf in die Abfälle eingeblasen bis die benötigten 50 °C erreicht sind. Die Dampferzeugung erfolgt über die Abgaswärme des Blockheizkraftwerkes, indem die Abgase einen Dampfkessel durch kleine, glatte Rohre durchströmen, die Wärme an das umliegende Wasser im Kessel abgeben und es verdampfen. Ohne die heißen Abgase des Blockheizkraftwerkes kann der Abhitzekegel nicht betrieben werden.

Für die zukünftige Erzeugung der Prozesswärme wurden vier Varianten ausgewählt und in einer Gewinnvergleichsrechnung verglichen. Neben der Gewinnvergleichsrechnung fließen noch ökologische Aspekte und der Umfang der Umbaumaßnahmen mit in die Entscheidungsfindung ein. Die erste Variante ist ein Schneckenwärmetauscher der mit heißem Wasser, welches durch die Motorkühlung des Blockheizkraftwerkes auf der Zentraldeponie entsteht, betrieben wird. Die zweite Variante ist entgegen der bisherigen Planung weiterhin das Blockheizkraftwerk zu betreiben. Die dritte Variante ist ein Dampferzeuger der mit Biogas betrieben wird und die vierte Variante ist ein elektrischer Dampferzeuger. Die Erlöse werden durch die Stromerzeugung im neuen Blockheizkraftwerk und anschließende Einspeisung in das öffentliche Netz realisiert. Die Kosten setzen sich hauptsächlich aus Investitions- und Betriebskosten zusammen.

Die Variante Schneckenwärmetauscher konnte nicht weiter verfolgt werden, da eine andere Betriebsweise als das Erwärmen der Abfälle durch Dampf schwer umsetzbar ist. Das Blockheizkraftwerk weiter zu betreiben benötigt zu viel Biogas zur Prozesswärmeerzeugung, sodass nur wenig zum neuen BHKW auf der Zentraldeponie geleitet, verwertet und nach dem EEG vergütet werden kann. Der Dampfautomat mit Biogas verbraucht wesentlich weniger Biogas zur Dampferzeugung im Gegensatz zum Blockheizkraftwerk. Der Großteil des Gases kann im neuen Blockheizkraftwerk verwertet und in das öffentliche Netz eingespeist werden. Die letzte Variante die Dampferzeugung auf elektrische Weise benötigt kein Biogas, dafür aber große Strommengen zur Dampferzeugung.

Den höchsten Gewinn erzielt der biogasbetriebene Dampfautomat, dazu kommen noch weitere Vorteile gegenüber den anderen Varianten. Zur Dampferzeugung wird so wenig Biogas wie nötig verwertet, sodass der Einfluss auf das Blockheizkraftwerk der Zentraldeponie gering bleibt. Der Wirkungsgrad für die Verbrennung des Biogases zur Dampferzeugung liegt bei über 90 Prozent und der Dampfautomat kann problemlos in das bestehende System integriert werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Prozesswärmeerzeugung mittels biogasbetriebenen Dampferzeugers die beste Variante darstellt.

**Nora Goeke B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	14. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Fröndenberg GmbH, Fröndenberg



Für die Stabilität des Stromnetzes ist es von höchster Wichtigkeit das Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Erzeugung herzustellen. Mit dem stetig wachsenden Anteil an regenerativen Energien kommt es aber zu vermehrten Schwankungen des Stromnetzes. Die Erzeugung regenerativer Energien richtet sich nach den von der Natur vorgegebenen Wettergegebenheiten. Scheint die Sonne, speisen die Photovoltaikanlagen Strom in das Netz ein, ebenso wie dies Windkraftanlagen bei windigem Wetter tun.

Erzeugungsprognosen, die von den Stromproduzenten möglichst genau angegeben werden müssen, sind aus diesem Grund für regenerative Energien schwierig zu erstellen. Kommt es dennoch zu Abweichungen, so greift die Regenergie ein und verhindert ein Zusammenbrechen des Stromnetzes. Die Regenergie wird an einem offenen Markt ausgeschrieben, an dem jeder unter bestimmten Bedingungen teilnehmen kann.

Durch die Öffnung des Regenergiemarktes bietet sich für Energieerzeuger die Möglichkeit die Leistung ihrer Anlagen als Regenergie anzubieten. Kleine und flexible Erzeugereinheiten können durch die Bildung eines Pools ebenfalls erfolgreich am Markt teilnehmen. So bietet sich für ein Unternehmen, wie die Stadtwerke Fröndenberg GmbH, die mit ihren drei Laufwasserkraftwerken auch in der Stromerzeugung tätig sind, die Aussicht auf zusätzliche Gewinne.

Im Rahmen der Arbeit wird der Einsatz der Wasserkraftwerke in Fröndenberg zur Regelleistungsbereitstellung geprüft. Es wird untersucht, ob und in welchem Rahmen die Wasserkraftwerke in der Lage sind, Sekundärregelenergie bereit zu stellen und zu erbringen. Ausgehend vom technischen Zustand der Anlagen werden die Potenziale zur Teilnahme am Regenergiemarkt geprüft. Durch die verschiedenen technischen Ausrüstungen der drei Kraftwerke ergeben sich während der Untersuchung differenzierte Ergebnisse.

Für die positiven Ergebnisse werden die zusätzlichen Gewinne durch die Regenergievermarktung offen gelegt. Bei den Anlagen die zunächst durch Investitionen aufgerüstet werden müssen, um in den Markt einsteigen zu können, werden zunächst die nötigen Investitionskosten ermittelt. Mit Hilfe von zwei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird die Vorteilhaftigkeit der Investitionen abgeschätzt. Dabei wird für die Refinanzierung der erforderlichen Investitionen ein Zeitrahmen von maximal drei Jahren vom Unternehmen vorgegeben. Diese Vorgabe ist in den unvorhersehbaren Preisschwankungen des Marktes begründet. Als Ergebnis werden detaillierte Handlungsempfehlungen für jedes der Wasserkraftwerke aufgezeigt.

**Lina Görg B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	03. Juli 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Kocks Consult GmbH, Albanien und Koblenz



Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hatten im Jahre 2012 2,5 Milliarden Menschen auf der Welt keinen Zugang zu einfachsten Toiletten oder Latrinen. Der Weltwasserbericht der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) gibt an, dass weltweit rund 80 % und in Entwicklungsländern bis zu 90 % des anfallenden Abwassers ungeklärt in Gewässer fließt.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte zunächst der generelle Entwicklungsstand hinsichtlich sanitärer Situationen in Schwellenländern geschildert und vor allem die aktuell praktizierten technischen Lösungsansätze dargestellt werden. Des Weiteren sollte die aktuelle sanitäre Situation Albaniens am Beispiel von 14 Dörfern abgebildet werden und auf die Unterschiede hinsichtlich der verschiedenen aktuellen Herangehensweisen zur Abwasserbeseitigung eingegangen werden. Darüber hinaus werden die im Rahmen des Projektes der Kocks Consult GmbH erarbeiteten und an die verschiedenen Begebenheiten und Umstände in den Dörfern angepassten Lösungsvorschläge vorgestellt und erläutert.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Erläuterung verschiedener Abwasserbehandlungsmethoden, beziehungsweise der Einordnung dieser, hinsichtlich Funktionalität und zu erwartenden Langzeitnutzen in extrem ländlichen und armen Gebirgsregionen. Abschließend wird erläutert welche Technik ausgewählt wurde und welche Optimierungsvorschläge es von der technischen und auch von der soziologischen Seite gibt. Das Ziel dieser Arbeit ist somit herauszustellen, ob die Möglichkeiten der nachhaltigen Beseitigung des Abwassers in den 14 betrachteten Dörfern Albaniens technisch realisierbar und sinnvoll sind und vor allem, ob sie auch einen Langzeitnutzen für die Bevölkerung erwarten lassen.

Mit einem Human Development Index von 0,716 ist Albanien hinsichtlich seines Entwicklungsniveaus zwischen Algerien und Jamaika einzuordnen. 55 % der Bevölkerung Albaniens sind in der Landwirtschaft tätig und erwirtschaften rund 20 % des BIP. Es leben 70 % der ländlichen Bevölkerung Albaniens in einer reinen Subsistenzwirtschaft. Alle Dörfer des Projektes liegen im bergigen Norden Albaniens in einer mäßigen Klimazone. Die hauptsächliche Einkommensquelle in den Dörfern ist meist die Landwirtschaft.

Mit dem Ziel, die Dörfer zu identifizieren, in denen Notfallmaßnahmen zum Schutz der Gemeinschaft vor Fäkalkeimen nötig sind, wurden die Dörfer besucht und die Einwohner befragt. Dabei stellte sich heraus, dass aktuell die Abwasserentlastung meist mittels rudimentärer Latrinengruben oder eine direkte Entlastung in Gewässer, hinters Haus, auf die Straße oder unkontrolliert in die Umgebung praktiziert wird. In dichter besiedelten Bereichen kann es durch Missachtung von Mindestabständen zwischen zwei Latrinengruben zu einer Gefährdung und Verunreinigung des Grundwassers durch pathogene Keime kommen. Direkt zugängliches Abwasser ist eine stark eine Gesundheitsgefährdung.

Anschließend wurde evaluiert, welche Abwasserbehandlungsmethode am passendsten für die beschriebenen Situationen ist. Der Bau von weiteren Latrinengruben wurde wegen der potenziellen Gefährdung des Grundwassers ausgeschlossen. Die Kosten für den Bau konventioneller Kanalisationssysteme sind bei Weitem nicht tragbar. Um ein ökologisches sanitäres Konzept (Ecosan) erfolgreich umzusetzen, sind weiterführende Kampagnen nötig, wofür wiederum ein größeres Budget und interdisziplinäre Unterstützung benötigt würde. Pflanzenkläranlagen können nicht ohne Vorklärung betrieben werden und scheiden daher als alleiniges System aus. Folglich wurde als optimales System die Implementierung von Klärgruben erarbeitet.

Für die Auswahl einer geeigneten Behandlungstechnik war weiterführend das stark limitierte Budget maßgebend. Eine Klärgrube hat keinen Effekt auf die Reduzierung von pathogenen Keimen oder Nährstoffen im Abwasser. Es wird die dezentrale Kombination von Klärgruben und Pflanzenkläranlagen vorgeschlagen, welche zu einer weitaus besseren Reinigungsleistung und vor allem zur Reduzierung der pathogenen Keime führen würde.

Es wird deutlich, dass die Gesamtkosten für den Bau der Klärgruben bereits über dem kalkulierten Budget für die sanitären Maßnahmen liegen. Für die Implementierung der Kombination von Klärgruben und Pflanzenkläranlagen wurde rund das Vierfache des zur Verfügung stehenden Budgets errechnet. Der Autor kommt zu der Schlussfolgerung, dass der Bau einer Technik, die die Gemeinschaft ganzheitlich vor Fäkalkeimen schützt und den Erhalt der Umwelt langfristig sichert, im Rahmen des Projektes nicht möglich war.

## Industrielle Abwärmenutzung - Analyse und Bewertung von Technologien zur industriellen Abwärmenutzung für die Entwicklung einer Softwaregestützten Planungshilfe

**Michael Gövert M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann198

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner

Datum des Kolloquiums: 07. August 2015

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Angewandte Strom- und Wärmeerzeugung

In Kooperation mit: Spie Energy Solutions GmbH, Düsseldorf



Das Ziel der Bundesrepublik Deutschland, Primärenergie einzusparen, erfordert Energieeffizienzmaßnahmen. Dadurch sind Industrieunternehmen, Hersteller, Anlagenbauer, aber auch Planer gefordert, immer neue technische Lösungen zur Energieeinsparung zu entwickeln. In diesem Zusammenhang ist die Abwärmenutzung eine sinnvolle Lösung, um Primärenergie und somit Kosten einzusparen.

Wenn Energieträger in Nutzenergie z. B. in Prozesswärme, Pumpenwarmwasser oder Kühlwasser umgewandelt werden oder mechanische Arbeit verrichtet wird, treten Wärmeverluste in unterschiedlichem Ausmaß auf. Diese werden entweder mediengebunden durch Konvektion oder diffus durch Strahlung über eine Oberfläche an die Umgebung abgegeben. Mediengebundene Träger sind z. B. Abgas, Abluft, Dämpfe, Prozess- oder Kühlwasser. Allerdings ist die anfallende Abwärme häufig noch nutzbar. Wichtige Kriterien zur Bestimmung der nutzbaren Energiemenge sind die spezifische Wärmekapazität, die Temperatur, die Menge, die Verschmutzung und die Verfügbarkeit des Abwärmemediums.

Um das theoretische Potenzial zu ermitteln, wurden Wirtschaftszweige anhand ihrer benötigten Temperaturen und ihres Energieverbrauchs sowie die ausgewählten Abwärmequellen Abgas, Wasser und Luft detailliert hinsichtlich ihrer Temperatur und ihrer spezifischen Wärmekapazität analysiert.

Im zweiten Schritt wurde die Frage beantwortet, welche Technologien zur Wärmenutzung, Kälte-, Dampf- und Stromerzeugung für ausgewählte Abwärmequellen aktuell am Markt zur Verfügung stehen und wie diese in der Praxis eingesetzt werden.

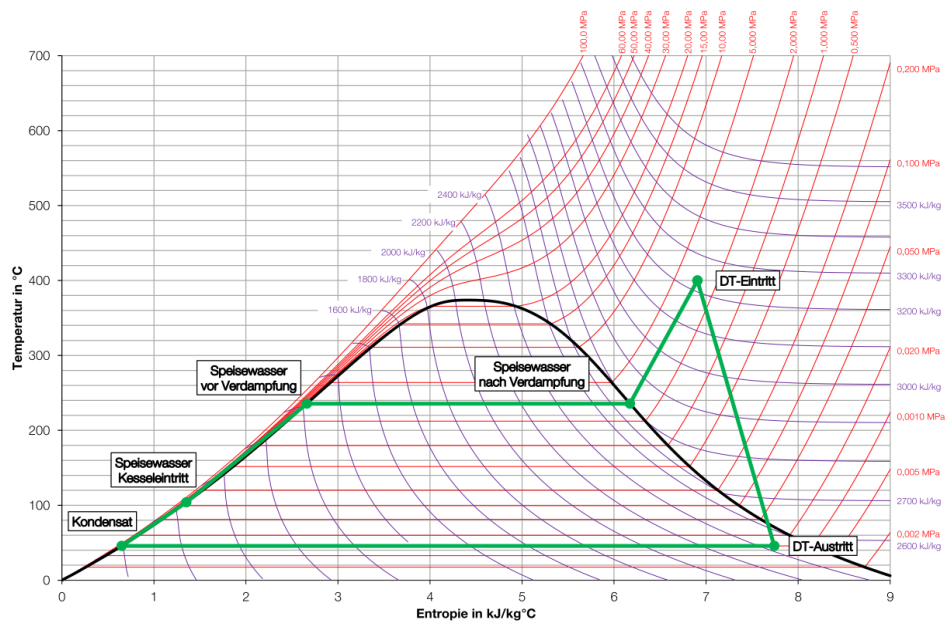
Da das wirtschaftliche Potenzial von vielen Faktoren abhängt und keine allgemein gültige Aussage getroffen werden kann, wurde eine softwaregestützte Planungshilfe auf Basis von Microsoft Excel entwickelt. Das Tool beschränkt sich auf die oft anzutreffenden Abwärmequellen Abgas, Luft und Wasser sowie auf die im Folgenden genannten Technologien:

- Wärmetauscher (für die Abwärmequellen Abgas, Wasser und Luft)
- Wärmepumpe (für die Abwärmequellen Wasser und Luft)
- Sorptionskältemaschine (für die Abwärmequellen Abgas und Wasser)

- Abhitzeessel (für die Abwärmequelle Abgas)
- Dampfturbine (für die Abwärmequelle Abgas)
- ORC-Anlage (für die Abwärmequelle Abgas, Wasser und Luft)

Die Ergebnisse der Arbeit haben gezeigt, dass sich unterschiedliche Abwärmequellen nutzen lassen und eine Vielzahl an Abwärmenutzungstechnologien am Markt verfügbar sind. Grundsätzlich sind die untersuchten Abwärmemedien Abgas, Luft und Wasser alle zur Abwärmenutzung geeignet. Es lässt sich keine Technologie nennen, die den anderen überlegen ist. Je nach Anwendungsgebiet hat jede Technologie ihre Vor- und Nachteile, sodass meist ein Kompromiss zwischen technischen und wirtschaftlichen Faktoren eingegangen werden muss.

Das entwickelte Tool stellt der Spie Energy Solutions ein Werkzeug zur Verfügung, um Abwärmenutzungsprojekte energetisch, wirtschaftlich und ökologisch zu bewerten. Darüber hinaus dient das Excel-Tool als Grundlage für weitere Planungsschritte, da die Ergebnisse und Funktionen weiterverwendet und bei Änderungen angepasst werden können. Die folgende Abbildung zeigt einen Dampfkraftprozess, welcher durch die Software gestützten Planungshilfe erzeugt wird.



Eine Wirtschaftlichkeit ist oft dann gegeben, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- hohe spezifische Wärmekapazität, hohe Temperatur, große Menge und hohe Verfügbarkeit der Abwärmequelle
- geeignete Senken (z. B. Temperatur, Bedarfsprofil) und hohe Energiepreise
- geringer baulicher Aufwand und entsprechend niedrige Kosten
- lange Nutzungsdauer und niedriger Finanzierungszinssatz

**Michael Greger M. Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 13. Oktober 2015

Studium: Masterstudiengang Netzingenieur der Versorgungstechnik  
Studienrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH



Die Hauptaufgabe der Netzbetreiber besteht darin, die Versorgungsinfrastruktur nach Erreichen der technischen Lebensdauer zu erneuern, bei Bedarf zu erweitern und ständig zu optimieren, um die vom Gesetzgeber geforderte Versorgungsqualität und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Die Optimierung, Entwicklung und Erhaltung der Infrastruktur, die Festlegung von Entscheidungsprozessen im Unternehmen, die Definition von Planungskriterien bei gleichzeitiger Ertragsoptimierung und die Einhaltung der Versorgungsqualität ist die Aufgabe des Anlagenmanagements. Im Bereich der Versorgungsunternehmen hat sich der Begriff des „Asset-Managements“ etabliert. Die Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, als Tochterunternehmen der Stadtwerke Hamm GmbH, ist Betreiber der Gas-, Wasser-, Strom- und Fernwärmenetze im Konzessionsgebiet Hamm. Zur Optimierung und Systematisierung von Reinvestitionsentscheidungen wurde im Frühjahr 2014 die Einführung eines neuen Softwareproduktes zur Etablierung eines strategischen Asset-Management-Systems beschlossen.

Die technische Lebensdauer von Versorgungsleitungen liegt in der Regel weit über fünfzig Jahren, sodass ein Großteil der Investitionsmaßnahmen in Versorgungsnetze langfristige Wirkungen hat. Durch die veränderten gesetzlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen wie z. B. die Einführung des regulierten Netzzugangs und der Anreizregulierung zur Effizienzsteigerung der Netzbetreiber durch das sogenannte Benchmarking werden Investitions- und Instandhaltungsmaßnahmen von Versorgungsnetzbetreibern heute unter strengen wirtschaftlichen Gesichtspunkten getroffen.

Die Hauptaufgabe des Asset-Managements ist es, Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien zu entwickeln, mit denen ein nachhaltiger und kostengünstiger Netzbetrieb gewährleistet wird, bei dem die gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität eingehalten werden.

Um die Wechselwirkungen zwischen Instandhaltungs-, Reinvestitions- und Entstörungsmaßnahmen zu identifizieren und langfristig optimieren zu können, ist die Einführung eines Asset-Management-Systems für ein Energieversorgungsunternehmen unerlässlich. Durch moderne Asset-Management-Systeme können individuelle Netzstrategien entwickelt werden und die Folgen verschiedener Investitions- und Instandhaltungsszenarien simuliert werden.



Die Ausführungen der Arbeit beschränkten sich auf die kapitalintensivsten Positionen des Anlagevermögens, die Versorgungsleitungen. Betrachtet wurden die Sparten Gas, Wasser und Strom.

Gemäß DVGW Merkblatt G 403 setzt sich die Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategieentwicklung aus drei Ebenen zusammen. Die drei Ebenen unterscheiden sich in ihrem Betrachtungshorizont und dem Detaillierungsgrad. Die Strategiestritte bauen aufeinander auf, wobei die langfristige Instandhaltungsstrategie, mit dem längsten Betrachtungshorizont, die Grundlage der späteren Instandhaltungsplanung bildet. Die zweite Ebene umfasst den Bereich der Instandhaltungsplanung. Im Rahmen der Instandhaltungsplanung gilt es ein Bewertungssystem zu definieren, mit dem die Ersatzpriorität der Betriebsmittel und die Art der Instandhaltung definiert werden. Die dritte Ebene beschreibt die Entwicklung von spartenübergreifenden Einzelmaßnahmen und die Erstellung der Ausführungsplanung. Das beschriebene Prinzip der Strategieentwicklung lässt sich auf Versorgungsnetze anderer Sparten anwenden.

Im Rahmen der Arbeit wurden die Rahmenparameter für die Entwicklung einer langfristigen Investitionsstrategie ermittelt und der Datenbestand aufbereitet. Nach Erarbeitung der Eingangsparameter wurden die erforderlichen Finanzvolumen für die Investitionen der nächsten Geschäftsjahre berechnet. Hierzu wurden im Zuge der Asset-Simulation verschiedene Investitionsszenarien verglichen und optimierte Investitionsvolumen definiert. Betrachtet wurden der Ressourcenbedarf, die prognostizierte Störungsentwicklung und die Entwicklung des regulatorischen Buchwertes.

Im Zuge der mittelfristigen Planung gilt es, die Reinvestitionsvolumen der langfristigen Planung in ein konkretes Austauschprogramm zu überführen. Die Erstellung eines Bewertungssystems, das die realen Gegebenheiten des Netzes widerspiegelt und zu einer gesamtkostenoptimierten Ersatzpriorität der in Betrieb befindlichen Betriebsmittel führt, ist Aufgabe der mittelfristigen Instandhaltungsplanung.

Das Bewertungssystem basiert auf einer Bewertungsmatrix, die die Betriebsmittel in Abhängigkeit ihrer Wichtigkeit für das Gesamtnetz und hinsichtlich ihres Betriebsmittelzustandes bewertet. Für die Gas-, Wasser-, Nieder- und Mittelspannungsleitungssysteme wurde jeweils eine geeignete Bewertungsmatrix entworfen.

**Thomas Haag B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Karl-Ludwig Bus
Datum des Kolloquiums:	18. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Raumluf- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Sachverständigenbüro Bus, Rheine



In der EnEV ist die Forderung nach einer energetischen Inspektion von Klimaanlagen mit einer Kälteleistung von mehr als 12 kW verankert. Diese energetische Inspektion basiert zum einen auf den vor Ort gewonnenen Erkenntnissen und zum anderen auf einem Rechenverfahren, in welches Unmengen an Tabellenwerte einfließen. Die genauen Rechengänge sind in der DIN SPEC 15240 definiert und bilden die Grundlage für die Energetische Inspektion. Weitere Tabellenwerte zu den Energiekennwerten, zur Luftaufbereitung und Kältetechnik werden aus der Normenreihe DIN V 18599 entnommen. In Summe werden die Rechenwerte aus über 140 Tabellen ausgewertet und der Berechnung zugeführt.

Um diese komplizierten Rechengänge für den Anwender nutzbar zu machen, wurde im Rahmen der Bachelorarbeit ein Excel-Tool entwickelt, welches die Rechengänge selbstständig ausführt und durch die Aufnahme der Daten führt. Außerdem stellt das Excel-Tool nach Eingabe aller erforderlichen Daten eine Auswertung zur Verfügung, in der die wichtigen Parameter der technischen Anlagen zu ersehen sind. Diese Auswertungsbögen dienen als Anlage für den Bericht zur energetischen Inspektion.

Die Ermittlung vor Ort erfolgt anhand von Eingabemasken, die durch Auswahlfelder die Aufnahme der erforderlichen Werte unterstützen. Dieses Verfahren ermöglicht es unmögliche, oder unsinnige Kombinationen, die sich nach Norm nicht berechnen lassen, auszufiltern. Weiterhin wird über die Auswahlfelder die Nomenklatur der Norm beibehalten. Die Aufnahme der Werte erfolgt in 4 Teilbereichen.

Lüftung

Kälte

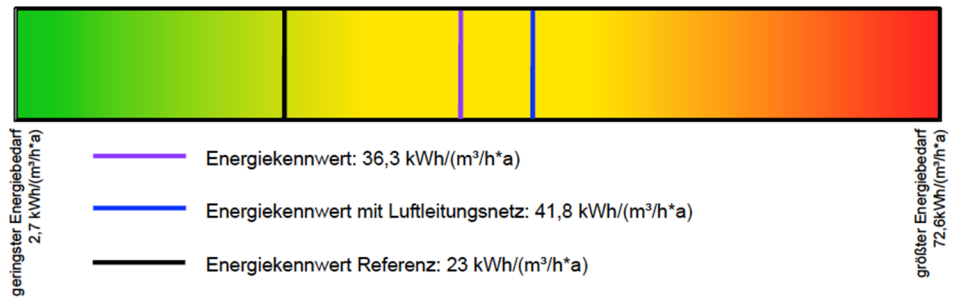
Kälteverteilung (optional)

Gebäude

Die auszufüllenden Felder sind hierbei jeweils farblich abgesetzt. Während der Eingabe in Excel werden zudem Hinweise auf fehlerhafte Eingaben angezeigt,

um diese Werte direkt vor Ort zu überprüfen. Dies sichert die Qualität der Ergebnisse und macht weitere Ortstermine weitestgehend überflüssig.

Für die Auswertung werden die vor Ort aufgenommenen Parameter zusammengefasst und um die Berechneten Werte ergänzt. Das Ergebnis des Energiekennwertes wird anschaulich an einem farblichen Balken, wie er auch von anderen Energieausweisen etwa von Kühlschränken oder Wohnhäusern bekannt ist, dargestellt.



Die Referenzanlage kann hierbei je nach Baualter der Anlage aus den verschiedenen Generationen der EnEV gewählt werden. Auch die obere und untere Grenze des Diagramms wird dynamisch anhand der Anforderung mit der bestmöglichen, sowie mit der energieaufwendigsten Technik berechnet.

Durch diese standardisierte Maske für den Bericht ist es für den Betrachter leicht, zu erkennen, ob die verwendete Anlagentechnik in einem guten, oder in einem eher weniger optimalen Bereich liegt.

Ähnlich wie bei den bei Autos angegebenen Benzinverbräuchen spiegeln die Werte nicht die Realität wieder, sondern sollen eine Vergleichbarkeit von Anlagen schaffen. Dies ist mit der DIN SPEC 15240 auch mit wenigen in der Arbeit aufgezeigten Schwachpunkten gelungen.

## Ermittlung der Anlagenaufwandszahl in Bezug auf Wohnungsstationen unter der Berücksichtigung verschiedener Primärenergiearten

**Nicholas Hahn B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Schulte
Datum des Kolloquiums:	26. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Danfoss GmbH, Offenbach



Die Anlagenaufwandszahl stellt ein geeignetes Mittel zum energetischen Vergleich gebäudetechnischer Anlagen dar. Doch wird die Anlagenkomponente „Wohnungsstation“ bislang nicht bei der Ermittlung dieser Kennzahl. In dieser Arbeit wird die Anlagenaufwandszahl exemplarisch an einem Beispiel für den Einsatz von Wohnungsstationen berechnet, um diese bei einem energetischen Vergleich zu herkömmlichen Systemen heranziehen zu können.

Die energetische Bewertung der Anlagentechnik im Gebäude bei der Installation von Wohnungsstationen ist ein noch nicht ausgiebig behandeltes Thema. Diese Arbeit gibt einen Überblick über zwei anerkannte und in der Branche etablierte Verfahren zur energetischen Bewertung gebäudetechnischer Anlagen. Dabei handelt es sich zum einen um das Verfahren zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl nach der DIN V 4701-10 und zum anderen das Verfahren zur energetischen Bilanzierung der Anlagentechnik im Gebäude aus der DIN V 18599.

Um die Wohnungsstationen in die Energiebilanz der gesamten Anlagentechnik des Gebäudes miteinbeziehen zu können, wurden anschließend drei Wohnungsstationen verschiedener Hersteller vorgestellt und in ihrer Funktionsweise erklärt. Wohnungsstationen bieten Vorteile durch ihre kurzen Wege des Trinkwarmwassers, dem Wegfall von Zirkulations- und Verteilungsleitungen des warmen Trinkwassers im Gebäude und durch eine flexible Nutzung von Primärenergiearten. Aber auch Nachteile, sowie ganzjährige Wärmeverluste durch die ständige Bereithaltung des Heizungswassers im Versorgungsnetz oder Verschmutzungsgefahr der feinteiligen Technik im Inneren der Wohnungsstation sind vorhanden.

Die EnEV trägt einen bedeutenden Teil zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl bei, da viele Kennwerte durch diese Verordnung vorgegeben bzw. begrenzt sind. Ebenfalls werden durch die Energieeinsparverordnung die Randbedingungen festgelegt, wie Wohnungsstationen bei der Berechnung der Anlagenaufwandszahl in die gesamte gebäudetechnische Anlage zu integrieren sind.

Bevor die Berechnungen zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl mit Bezug

zu den Wohnungsstationen begonnen werden konnten, wurde das Beispielgebäude vorgestellt und Annahmen getroffen, die zu den Berechnungen der Anlagenaufwandszahl mit der Software „Energieberater 18599“ von Hottgenroth nötig gewesen sind. Das hat den Grund, dass wohnungszentrale Trinkwassererwärmungssysteme, die mit Heizungswasser funktionieren in den Normen DIN V 4701-10 und DIN V 18599 keine Berücksichtigung finden. Mit diesen Annahmen wurde mit Hilfe der Software „Energieberater 18599“ von Hottgenroth ein Beispielgebäude konstruiert, vorgestellt und anschließend die Anlagenaufwandszahlen für verschiedenen Primärenergiearten ermittelt.

Durch die Berechnungen, die in dieser Arbeit gemacht wurden, hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Wohnungsstationen die energetische Effizienz der Anlagentechnik steigern kann. Aufgrund der geringen Fallgrößen erhebt diese Aussage jedoch keinen Anspruch auf Validität.

Bei der in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen der Anlagenaufwandszahl bei dem Einbau von Wohnungsstationen wurden diese Anlagenkomponenten nur hinsichtlich ihres Energiebedarfs untersucht. Dieser Aspekt bildet nur einen von wenigen zur gesamtheitlichen Bewertung dieser Anlagentechnik ab.

**Ralf Haveresch M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Steveens M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	24. November 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Die elektrische Energieversorgung mit ihren Bestandteilen Stromerzeugung, Stromübertragung und Stromverteilung unterlag in den letzten Jahren großen Veränderungen. Von besonderer Relevanz waren in diesem Zusammenhang der Start des Stromhandels im Jahr 2000, der Beschluss des Deutschen Bundestages im Jahr 2011 aus der Kernenergie bis Ende 2022 auszusteigen und das Inkrafttreten der Novellierung vom Erneuerbare Energien Gesetz 2014 mit dem der Anteil erneuerbarer Energien im Jahr 2025 auf 40 – 45 % gesteigert werden soll.

Eine weitere große Veränderung in der elektrischen Energieversorgung ist 1996 durch die erste EU – Richtlinie zur Elektrizitätsmarktliberalisierung auf den Weg gebracht worden. Durch die Öffnung der Strommärkte wurde die Position des Kunden verbessert und der Markt hat sich zu einem Wettbewerb entwickelt. Mit der Entflechtung zwischen Netz und Vertrieb und dem damit verbundenem Aufbau eines Strommarktes werden die Koppelstellen zwischen den Märkten besser ausgenutzt, was wirtschaftlich zu einem Strompreisgleichgewicht zwischen den Märkten führt. Jedoch werden dadurch auch größere Energiemengen im Netz verschoben und somit die Netze, besonders auf der Übertragungsnetzebene, stärker ausgelastet.

In früheren Jahren gab es einen definierten Lastfluss, der angefangen von den Großkraftwerken als Stromerzeuger, mit Hilfe des Übertragungsnetzes den Strom über die Verteilernetze zum Endkunden lieferte. Dieser definierte Lastfluss existiert schon heute nicht mehr und durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien erfolgt ein Abtransport und Verteilung des erzeugten Stroms schon auf Verteilernetzebene. Daher kommt dem Verteilernetz eine entscheidende Rolle in der Energiewende zu und erfordert für die Netzführung eine verbesserte Sicht zur Überwachung des aktuellen Netzzustands.

Dennoch sind die Aufgaben im Übertragungsnetz nicht weniger wichtig. Durch eine Verschiebung der sonst verbrauchsnahe Stromerzeugung in den Ballungszentren zu der verbrauchsfernen Erzeugung vor allem von Offshore Windenergie im Norden muss die erzeugte Energie über weite Strecken zu den Ballungszentren transportiert werden. Dabei ist besonders ein strategischer Netzausbau entscheidend um auch die Belastungen für die Umwelt und Bürger möglichst gering zu halten.

Trotz der beschriebenen Herausforderungen muss eine sichere Versorgung mit elektrischer Energie gewährleistet werden. Stromnetze zählen nach Einschätzung des Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag mit der Studie "Was bei einem Blackout geschieht" zu den wichtigen Infrastrukturen des Landes und ein Ausfall könnte eine Gefahr für die öffentliche Ordnung bedeuten. Aus diesem Grund werden Betreiber von Stromnetzen durch das Energiewirtschaftsgesetz dazu verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr von Gefährdungen und Störungen der Sicherheit oder Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems zu ergreifen.

Eine immer größer werdende Herausforderung ist die Einhaltung der Systemstabilität. Bei der es im Grunde darum geht, die erzeugte elektrische Energie mit der Abnahme elektrischer Energie im Gleichgewicht zu halten. Damit das Spannungsband auf jeder Netzebene eingehalten wird. Im VDE – FNN wurde das Thema "Kaskade" bearbeitet und Empfehlungen für Netzbetreiber veröffentlicht. Diese stellen nun die Grundlage für Netzbetreiber dar um im eigenen Netz Maßnahmen zur Anpassung sämtlicher Stromeinspeisungen, Stromtransite und Stromabnahmen an die Erfordernisse eines sicheren und zuverlässigen Betriebs zu definieren. Es wird dabei in Einspeise- und Lastreduzierung unterschieden. Mit der Einspeiserreduzierung wird die erzeugte elektrische Leistung, durch gezielte Steuerbefehle vom Netzbetreiber an ausgewählte dezentrale Erzeugungsanlagen, reduziert.

Hierfür werden die dezentralen Erzeugungsanlagen nach unterschiedlichen Stromerzeugungsanlagen in einem Ranking klassifiziert und entsprechend dieses Rankings ausgewählt. Mit der Lastreduzierung wird die Abnahme elektrischer Energie gezielt, durch Abschaltung von Netzteilen, reduziert. Durch diese Arten der Reduzierung trägt jeder Netzbetreiber in einer Krisensituation seinen Teil zur Systemstabilität bei.

## Konzeptentwicklung zum Umbau einer Emulsionsspaltanlage zur Verbesserung der Arsenfällung

**Mats Lukas Hein B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr. rer. nat. Jörg Wellenbüscher
Datum des Kolloquiums:	15. Dezember 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Zimmermann-Gruppe, Gütersloh



Die Bilstein-Gruppe mit ihrem Stammwerk in Hagen-Hohenlimburg ist Europas führendes Kaltwalzunternehmen, die jährliche Produktion beträgt 600.000 Tonnen. Beim Walzen des Stahls werden im Werk Bearbeitungsemulsionen selbst gemischt und zur Kühlung des Stahls eingesetzt, die in der Regel aus Weiß-Öl und Wasser bestehen. Im Jahr fallen so ca. 2.500 m<sup>3</sup> zu behandelnde Emulsion an, die unter Umständen erheblich mit Giftstoffen belastet sind. Zur Spaltung der Emulsion und zur Reinigung der wässrigen Phase wurde eine Emulsionsspaltanlage auf dem Firmengelände errichtet, welche durch die Zimmermann-Gruppe betrieben wird. Bei der Spaltung der Emulsion und der anschließenden Reinigung kommt es zur Entstehung einer Öl-Phase, einer wässrigen Phase und einer geringen Menge an Feststoff.

Sowohl die Öl-Phase als auch die Feststoffe werden durch Tankwagen der Zimmermann-Gruppe abtransportiert und dezentral entsorgt. Die wässrige Phase wird zentral am Firmengelände gereinigt und dann in das öffentliche Kanalnetz der Stadt Hagen eingeleitet. Seit 2013 kommt es jedoch in unregelmäßigen Abständen zur Überschreitung des durch die untere Wasserbehörde der Stadt Hagen vorgegebenen Arsengrenzwertes von 0,1 mg As/l. Durch mehrere Überprüfungen seitens des Ruhr-Verbandes und der Zimmermann-Gruppe hat sich herausgestellt, dass die Überschreitungen sowohl in der Häufigkeit ihres Auftretens als auch in der Höhe der Überschreitung sehr unterschiedlich sind. Das bestehende Verfahren war bislang nicht darauf ausgelegt, Arsen aus dem anfallenden Abwasser zu entfernen.

Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Verfahren zur Abscheidung von Arsen mittels Eisenarsenat-Fällung überprüft und an die Gegebenheiten in der bestehenden Anlagen angepasst. Aus diesem Grund sind Untersuchungen durchgeführt worden, die aufzeigen sollten, ob die Arsengehalte des Abwassers nach der Behandlung der wässrigen Phase mit Eisen(III)-Chlorid unter dem geforderten Grenzwert von 0,1 mg/l liegen. Arsenkonzentrationen von bis zu 1,5 mg/l konnten in allen Proben so weit entfernt werden, dass der Grenzwert für die Einleitung von arsenhaltigem Abwasser in das öffentliche Kanalnetz deutlich unterschritten wurde.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass bereits geringfügige Anpassungen



im Aufbau der Anlage und beim angewendeten Verfahren in der Emulsionspaltanlage zu sehr guten Ergebnissen der Eisenarsenat-Fällung führen können und der Grenzwert für Arsen in Zukunft vermutlich nicht mehr überschritten wird.

**Johannes Hericks B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	22. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Stadt Greven, Greven



Der Klimawandel ist heute ein allgegenwärtiger Bestandteil des Lebens auf der Erde. Um die negativen Folgen des Klimawandels zu reduzieren und sich ihnen anzupassen, sind auf internationaler und nationaler Ebene Vereinbarungen und Gesetze getroffen worden. Diese enthalten Ziele zum Klimaschutz und zur Minimierung des anthropogen verursachten Treibhauseffektes.

Die Bundesregierung hat im Jahr 2007 ein Klimaschutzprogramm verabschiedet, welches dazu führen soll, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Basierend auf den Vorgaben der Regierung haben sich Kommunen und Städte des Landes dazu entschlossen, ihre eigenen Klimaschutzprogramme zu erstellen und durchzuführen.

Ziel dieser Arbeit war es, die Verbindung zwischen demografischem Wandel und Klimaschutzkonzepten zu erörtern und die Möglichkeiten aufzuzeigen, wie demografische Daten in ein kommunales Klimaschutzkonzept eingebunden werden können. Am Beispiel der Stadt Greven und dem Klimaschutzkonzept der Stadt sollte dies aufgezeigt werden.

Um sich dem Thema zu nähern, wurden zunächst die Grundlagen erörtert. Dabei waren die Begriffe Klimaschutzkonzept und demografischer Wandel von großer Bedeutung. Klimaschutzkonzepte sind Pläne zur organisierten Umsetzung verschiedener Projekte, welche auf Basis der CO<sub>2</sub>-Bilanz und der Energieverbräuche einer Stadt oder einer Kommune erstellt werden. Die dabei speziell an die Kommunen angepassten Maßnahmen und Projekte sollen zum Erfolg des Konzepts führen.

Ein wichtiger Bestandteil dessen sind die Einwohner, die maßgeblich zum Erfolg der Umsetzung beitragen. Durch ihre aktive Involvierung in die Projekte wird nicht nur Wissen über das Thema Klimaschutz vermittelt, sondern auch ihre Akzeptanz für neue Technologien erhöht. Darüber hinaus unterliegt ein Klimaschutzkonzept einem kontinuierlichen Verbesserungsprozeß, in dem Fehler korrigiert und weitere Ziele und Maßnahmen hervorgebracht werden.

Der demografische Wandel schreitet in Deutschland Jahr für Jahr voran. Unter Demografie versteht man die Bewegung und den Wandel der Bevölkerung. Dabei spielen Alter und Migration ebenso eine Rolle wie die Einwohnerzahl. In Deutschland nimmt die junge Bevölkerung seit Jahren ab. Die steigende Zahl der Über-65-Jährigen könnte in Zukunft für Probleme in vielerlei Hinsicht sorgen. Diesem Trend muss sich auch ein Klimaschutzkonzept anpassen. Um die Auswirkungen des demografischen Wandels auf dieses wurde die Stadt Greven als Beispiel gewählt.

Nach der Erläuterung der Grundlagen wurden die Daten der Bevölkerung, der Bau- und Energiestruktur sowie der Fläche der Stadt Greven analysiert. Um weitere Daten zu erhalten, wurde in Privathaushalten zweier zufällig ausgewählter unterschiedlicher Straßenzüge im Stadtgebiet Grevens eine Umfrage mittels Fragebogen durchgeführt. Die ausgewerteten Daten wurden in die Untersuchung mit einbezogen. Bei dieser zeigte sich, dass auch die Stadt Greven vom demografischen Wandel nicht unbeeinflusst ist.

Die Zunahme der Anzahl älterer Einwohner spiegelt sich auch hier wider. Entgegen dem allgemeinen Trend der Rückläufigkeit der Einwohnerzahl in Deutschland gab es in der Stadt Greven in den letzten Jahren eine Zunahme der Einwohnerzahl. Diese beruht vor allem auf der Tatsache, dass die Zuwanderungszahlen Jahr für Jahr gestiegen sind.

Nach der Betrachtung der Demografie wurde die Energie- und Baustruktur der Stadt analysiert. Auffällig war ein Anstieg der Energieverbräuche über die letzten Jahre hinweg. Auch der Wohnungsbestand der Stadt Greven (50 % der Häuser/Wohnungen sind über 30 Jahre alt und kaum saniert) lässt auf hohe Gesamtenergieverbräuche der Stadt schließen. Die Umfrage brachte ähnliche Ergebnisse. Auffällig dabei waren die unterschiedlichen Meinungen zum Thema Sanierung und erneuerbare Energien. Pauschal lässt sich der Schluss ziehen, je älter der Eigentümer ist, desto geringer ist die Bereitschaft zu Sanierungen und zum Einsatz neuer Technologien. Ein weiteres Ergebnis der Befragung war, je älter ein Mensch wird, desto höher wird sein Energieverbrauch, vor allem der Wärmeverbrauch steigt drastisch an.

Mit den gesamten Erkenntnissen konnte dann der Einfluss der Demografie auf kommunale Klimaschutzkonzepte beschrieben werden. Die Entwicklung der Einwohnerzahl, die Altersstruktur sowie zukünftige Prognosen für die demografische Entwicklung sollten bei der Erstellung kommunaler Klimaschutzkonzepte mit beachtet werden, da sie in vielerlei Hinsicht Einfluss darauf nehmen.

Betrachtet man z. B. die Altersstruktur, so sind viele Sektoren wie der Verkehr, die Energieverbräuche und der Wohnungsmarkt davon abhängig. In diesen Sektoren können dann durch das Wissen über die Entwicklung dieser Daten Projekte und Maßnahmen im Klimaschutzkonzept geschaffen werden, welche dieser Entwicklung unterliegen. Die Berücksichtigung der demografischen Entwicklung hat eine entscheidende Bedeutung für die Qualität eines Klimaschutzkonzeptes.

## Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Abwasserpumpwerken durch Einsatz regenerativer Energien

**Johannes Holtfrerich B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	15. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Gemeinde Lienen, Lienen Cosinus GmbH & Co. KG, Schüttorf



Kann der Einsatz regenerativer Energien eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Abwasserpumpstation „Zum Herzfeld“ in der Gemeinde Lienen bewirken und dabei gleichzeitig die Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen senken? Eine Antwort auf diese Frage zu bekommen ist das erklärte Ziel dieser Bachelorarbeit gewesen.

Steigende Energiekosten und –verbräuche gehören in unserer heutigen Gesellschaft zum Alltag. Abwassertechnische Anlagen gehören neben der Straßenbeleuchtung zu den größten Stromverbrauchern in Städten und Gemeinden. Dies war auch in Lienen der Fall. Der Transport sowie die Klärung von Abwasser geschehen durch den Einsatz stromintensiver Technik, was wiederum hohe Energiekosten zur Folge hat. Um diese Kosten so gering wie möglich zu halten, wurden drei verschiedene regenerative Energien auf ihre Eignung zur ergänzenden Stromversorgung der Abwasserpumpstation „Zum Herzfeld“ untersucht. Es handelte sich dabei um den theoretischen Einsatz einer Fotovoltaik (PV)-Anlage, einer Kleinwindenergieanlage (KWEA) oder eines Mikro-Blockheizkraftwerkes (BHKW).

Um zu verstehen, wie die hohen Verbräuche und somit auch die entsprechenden Kosten entstehen, war es eingangs notwendig, zu erklären, was ein Abwasserpumpwerk bzw. eine Abwasserpumpstation überhaupt ist. Nachfolgend wurde erklärt, was erneuerbare Energien sind. Es wurde zum einen aufgezeigt, wann und warum sie von Vorteil für die Umwelt sind und zum anderen, wann sie kostentechnisch für einen Betreiber empfehlenswert sind. Im Anschluss daran wurden die Gemeinde Lienen, der Istzustand der Abwasserpumpstation „Zum Herzfeld“ sowie die Topografie und Vegetation in der unmittelbaren Umgebung vorgestellt.

Eine erste Vor-Ort-Besichtigung zeigte sehr schnell, dass an den Einsatz einer KWEA oder an das Betreiben eines Mikro-BHKW nicht zu denken war. Als letzte Möglichkeit blieb dann noch der Einsatz einer PV-Anlage. Nach ersten Gesprächen und Überlegungen während der Vor-Ort-Besichtigungen schien es zuerst so, als ob die PV-Anlage eine funktionierende Alternative zur

Stromgewinnung oder zumindest zur unterstützenden Stromversorgung darstellen würde. Nach ersten Berechnungen durch den PV-Anlagenbauer schien eine 3,360 kWp Anlage für diese Aufgabe geeignet zu sein.

Nach genaueren Untersuchungen und Berechnungen musste dann jedoch festgestellt werden, dass die geplante 3,360 kWp PV-Anlage aus mehreren Gründen ebenfalls kein funktionierendes Modell war. Die eingesetzten technischen Aggregate im Inneren der Abwasserpumpstation machten ein unterstützendes und wirtschaftliches Betreiben einer PV-Anlage unmöglich. Die Kompressoren, welche für den Transport des Abwassers zuständig sind, benötigen mehrmals am Tag und in der Nacht für kurze Zeit eine Energiemenge, die durch eine PV-Anlage in der geplanten Größe nicht bereitgestellt werden kann. Weiterhin haben zwei Wirtschaftlichkeitsberechnungen gezeigt, dass der Einsatz der geplanten 3,360 kWp PV-Anlage keine lohnenswerte Steigerung der Wirtschaftlichkeit zur Folge hätte.

Hinzu kam noch die Tatsache, dass die ohnehin schon geringen eingesparten Beträge nur bei einer Laufzeit von 20,4 Jahren entstehen würden. Wenn eine Gemeinde 20,4 Jahre lang jeden Monat 4 € oder 8 € einspart, dann kann bei einer Investition dieser Größenmenge nicht von einer wirtschaftlich sinnvollen Alternative zum normalen Strombezug aus dem öffentlichen Netz gesprochen werden, selbst wenn dadurch über die gesamte Laufzeit hinweg 26,6 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden würden. Die Risiken eines Ausfalls, einer Stromunterversorgung oder Fehlfunktionen der Abwasserpumpstation, bedingt durch Veränderungen am bestehenden System, sind zu groß.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Bearbeitung dieses Themas eine überaus spannende und herausfordernde Aufgabe dargestellt hat. Die Auseinandersetzung mit diesem Thema ermöglichte es, einen realistischen Eindruck aus dem Berufsalltag eines Ingenieurs zu gewinnen. Ein sich anfangs gut anhörendes Projekt als wirtschaftlich nicht sinnvoll zu enttarnen, gehört ebenso zum Alltag eines Ingenieurs, wie den Versuch zu starten, die Schwächen des Vorhabens aufzudecken und an Lösungen zur Verbesserung zu arbeiten.

## Bewertung eines Pipeline Integrity Management Systems (PIMS) und Kriterien zur Vergleichbarkeit von Erdgas-Hochdruckleitungen

Fabian Howe M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner  
Thomas Überall M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

20. August 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Energieversorgung und Energiewirtschaft

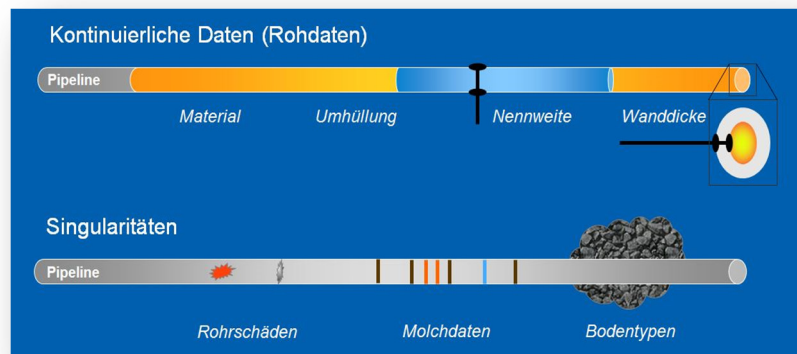
In Kooperation mit:

Nowega GmbH, Münster



Die Nowega GmbH ist ein Fernleitungsnetzbetreiber aus Münster und betreibt rund 700 km Erdgas-Hochdruckleitungsnetz im Raum Niedersachsen. Für die Instandhaltung des Netzes werden sowohl zyklische als auch Ad-hoc Maßnahmen durchgeführt, die bei speziellen Messverfahren ermittelt werden.

Die Masterarbeit beschäftigt sich mit der Einführung einer Software, die die Integrität einer Leitung und somit ihre technische Verfügbarkeit garantieren soll. Hierzu fließen diverse Leitungsdaten, Messergebnisse und auch die natürliche Alterung der Leitung in ein Berechnungstool ein. Ziel der Arbeit war es eine erste Testbewertung an 2 Pilotleitungen durchzuführen um hieraus mögliche Optimierungspotenziale für die Bewertung zu erhalten. Des Weiteren sollten die Messergebnisse einer Inspektionmolchung mit in die Leitungsbewertung einfließen. Im Kurzen zusammengefasst können die Eingangsdaten aus kontinuierliche Daten oder aus Singularitäten bestehen.



Das Fazit der Arbeit war, dass die Aussagekraft einer Bewertung noch unzureichend ist um gezielte Sanierungsmaßnahmen an den Leitungen abzuleiten. Dies liegt unter anderem daran, dass bisher noch zu wenige Eingangsdaten für eine aussagekräftige Bewertung vorliegen. Diese Daten sollen in Folge der Ergebnisse der Thesis explizit erhoben werden. Grundsätzlich wird so das Pipeline Integrity Management System als zusätzliches Instrument zur Zustandsbewertung und Instandhaltungsplanung eingeführt, da es ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit für das Leitungssystem bieten kann.

## Energieverbrauch in Krankenhäusern Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung der energetischen Situation

**Andre Hülskötter B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

29. Oktober 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

encadi GmbH



Hohe Energiepreise und die Energieversorgungssicherheit stehen heute bereits im Fokus von Unternehmen jeglicher Branche, auch wenn das von Campbell und Laherrère prognostizierte Fördermaximum von konventionellem Erdöl, das sogenannte Peak Oil, bis jetzt noch nicht eingetroffen ist.

Die Themen Energieeinsparung und Energieeffizienz werden für alle Wirtschaftssubjekte immer wichtiger um den Anstieg der Energiekosten auf ein wirtschaftlich erträgliches Maß zu reduzieren. Um die Ziele der sogenannten Energiewende zu erreichen, hat die Bundesregierung beschlossen, die Treibhausgasemissionen um 40 % bis 2020 und um 80 % bis 2050 zu reduzieren. Zum anderen soll der Primärenergieverbrauch bis 2020 um 20 % und bis 2050 um 50 % sinken. Um diese ambitionierten Ziele zu erreichen, müssen vor allem Unternehmen und Einrichtungen des öffentlichen Dienstes mit hohen Energieverbräuchen einen wesentlichen Beitrag dazu leisten. In der Bachelorarbeit wurde hierzu speziell der Energieverbrauch von Krankenhäusern untersucht.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Konzept zur Bewertung der energetischen Situation von Krankenhäusern zu entwickeln und dieses an einem realen Krankenhaus anzuwenden. Für die Umsetzung wurde ein Excel-Tool entwickelt, das den Energieverbrauch eines Krankenhauses über spezifische Verbrauchskennwerte überschlägig ermittelt.

Hierfür ist der Nutzenergieverbrauch für Heizwärme, Kälte, Trinkwarmwasser und Strom unterschieden worden. Das Krankenhaus ist unter Anwendung der DIN 13080:2003-07 in Funktionsbereiche und Funktionsstellen eingeteilt worden, um eine differenzierte Betrachtung zu gewährleisten. Für die einzelnen Funktionsstellen (z. B. OP) sind die Nettogrundflächen mit den spezifischen Verbrauchskennwerten multipliziert worden, um einen Nutzenergieverbrauch pro Funktionsstelle zu erhalten. Um den energetischen Zustand bewerten zu können, sind die Funktionsstellen in eine von vier Kategorien eingeordnet worden. Hierdurch kann bei ausreichender Datenlage ein Benchmarking des Energieverbrauchs mit anderen Krankenhäusern vorgenommen werden.

Um die Qualität des Excel-Tools bewerten zu können, sind die ermittelten Nutzenergieverbräuche in die Endenergieverbräuche (Strom, Wärme) umgerechnet worden. Diese sind anschließend mit den ermittelten Abrechnungswerten des Krankenhauses verglichen worden.

Unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs und der energetischen Qualität ist abschließend der Handlungsbedarf abgeleitet worden. Außerdem sind auf Grundlage der Erkenntnisse zur Versorgungsstruktur erste Energieeffizienzmaßnahmen abgeleitet worden.

Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass durch das Excel-Tool eine Bewertung der energetischen Situation darstellbar ist und die Funktionsstellen, bei denen der Handlungsbedarf am höchsten ist, identifiziert werden können. Auch ein Benchmark zwischen verschiedenen Krankenhäusern untereinander ist durch das Excel-Tool darstellbar.



## Messtechnische Untersuchung zum hydraulischen Abgleich von Rundrohrluftdurchlässen

**Sven Thore Hundrieser B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing./M.Eng. Matthias Winkelhaus (FH)

Datum des Kolloquiums:

23. Oktober 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, Lingen (Ems)



Ziel dieser Arbeit war es, relevante Parameter zu ermitteln, durch die ein Rundrohrstrang mit mehreren Rundrohrluftdurchlässen hydraulisch abgeglichen werden kann. Aus diesen Parametern sollten Berechnungsgleichungen entwickelt werden, die als Grundlage für ein Auslegungstool dienen sollen.

Hierzu wurde zuerst ein theoretischer Ansatz entwickelt. Dieser theoretische Ansatz beruht auf der Grundlage, dass der spezifische Austrittsluftvolumenstrom eines Rundrohrluftdurchlasses nur von dem statischen Druck direkt vor diesem Rundrohrluftdurchlass abhängig ist.

Um den theoretischen Ansatz zu verifizieren, wurden acht verschiedene Prüfstrecken, in Form von Rundrohrsystemen, mit einer unterschiedlichen Anzahl an Rundrohrluftdurchlässen betrieben. Vier dieser Prüfstrecken wurden mit Rundrohrluftdurchlässen der Nennweite DN 250 betrieben. Überprüft wurden Rundrohrsysteme der Nennweite DN 250 mit drei, vier und acht Rundrohrluftdurchlässen. Die vier weiteren Prüfstrecken wurden in der Nennweite DN 450 betrieben, um den Einfluss des Durchmessers auf die Berechnungen zu überprüfen. In der Nennweite DN 450 wurden Rundrohrsysteme mit drei, vier und sechs Rundrohrluftdurchlässen überprüft.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der theoretische Ansatz verifiziert wurde. Bei jeder der acht Messungen stimmten die Tendenzen der spezifischen Austrittsluftvolumenströme der Berechnung und der Messung überein. Die dabei auftretenden Abweichungen zwischen den berechneten Ergebnissen und den Messergebnissen sind vernachlässigbar klein, da es durch äußere Einflüsse (wie z. B.: Messfehler und Schwankungen des Gebläses) zu Verfälschungen der Messwerte kommt. Die Berechnung kann daher als Auslegungsgrundlage für zukünftige Stränge dienen. Auffällig ist auch, dass eine günstige Position der Blende, am Anfang des letzten Drittels der Rundrohrstränge ist.

**Fabian Jiresch B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. (FH) Lars Eversmann

Datum des Kolloquiums:

16. Dezember 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

EVERSMANN – beratende Ingenieure, Münster-Hiltrup

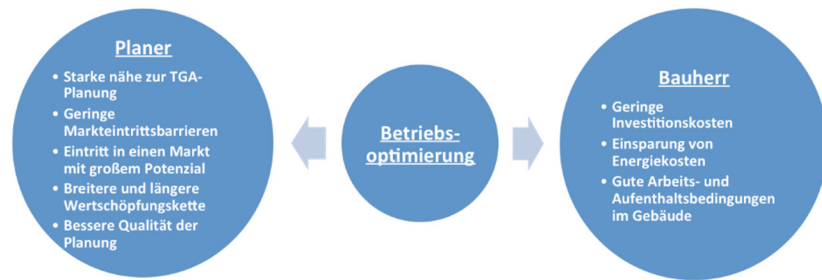


Circa 40 % des Primärenergiebedarfs in Deutschland werden für den Betrieb von Gebäuden aufgewendet. Wegen der immer knapper werdenden Ressourcen hierfür sind die Preise für Energie in den letzten Jahren sehr stark angestiegen. Dies führt dazu, dass ca. 80 % der Gesamtkosten eines Gebäudes für den Betrieb aufgewendet werden müssen. Lediglich 15 % werden für die Planung und Errichtung benötigt, die restlichen 5 % entfallen auf den Abbruch.

Jeder Besitzer oder Betreiber eines Gebäudes versucht daher, die laufenden Kosten für den Betrieb der Anlagentechnik möglichst gering zu halten und gleichzeitig den gewohnten Komfort im Gebäude sicherzustellen bzw. zu verbessern. Vor dem Hintergrund der aktuell knappen Kapazitäten in der Baubranche werden hierfür Mittel und Wege gesucht, mit möglichst geringen zeitlichen und finanziellen Mitteln den Energieverbrauch von Gebäuden zu senken.

Genau hier setzt die Betriebsoptimierung gebäudetechnischer Anlagen an. Ziel ist es, durch ein umfangreiches Monitoring des Gebäudes die Zustands- und Prozessgrößen der Gebäudetechnik zu erfassen, visualisieren und auszuwerten. Auf der Grundlage dieser Auswertung sollen Schwachstellen im System ermittelt und in der Folge optimiert werden. Durch die optimale Abstimmung der Anlagentechnik ist es in Neu- und Bestandsbauten möglich, den Energieverbrauch zu senken und gleichzeitig gute Raumkonditionen sicherzustellen. Die Betriebsoptimierung bietet somit eine gute Alternative zu aufwendigen Sanierungen bei Bestandsbauten und ermöglicht es, die immer komplexer werdende Anlagentechnik in Neubauten zu einem effizienten Gesamtkonstrukt werden zu lassen.

Bauherren und Betreiber haben, unabhängig davon ob es sich um einen Neu- oder Bestandsbau handelt, die Möglichkeit, ihre Energiekosten durch eine Betriebsoptimierung um 5-15 % zu senken. Hierfür sind im Verhältnis zu baulichen Veränderungen, wie dem Dämmen einer Fassade, deutlich geringere Investitionskosten notwendig. Gleichzeitig kann die Behaglichkeit, die einen großen Einfluss auf das Wohlbefinden und die die Produktivität von Menschen hat, hierdurch positiv beeinflusst werden.



Durch das Anbieten der Betriebsoptimierung als Leistung profitieren Planungsbüros von einem neuen, wachsenden Markt mit einer deutlichen fachlichen Nähe zur Planung der technischen Gebäudeausrüstung. Dies ermöglicht eine einfache Integration dieser Leistung in das eigentliche Arbeitsfeld. Hierdurch eröffnet sich den Planern ein neuer, großer Markt mit hohem Wachstumspotenzial.

Ebenso wird die Wertschöpfungskette des Planungsbüros durch die Betriebsoptimierung und die damit verbundenen Mehraufgaben breiter, aber auch länger weil das Gebäude nicht mehr nur geplant, gebaut und dann vergessen wird. Zudem lässt sich die Qualität der eigenen Planung durch die erfassten Energieverbräuche, und den Vergleich dieser, qualitativ bewerten - insbesondere bezogen auf den Vergleich von Gebäuden gleicher Nutzungsart. Dies führt dazu, dass die eigene Planung kontinuierlich verbessert werden kann und der allgemeine Standard der geplanten Gebäude gesteigert wird.

**Michael Jüdiges M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Arne Feldmeier M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	19. Mai 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik



Neben der Substitution der konventionellen durch die regenerative Energieerzeugung gibt es mit der Reduktion des Endenergieverbrauchs eine zweite elementare Säule, die einen entscheidenden Beitrag zur Lösung der aktuellen Energieproblematik und damit zur Energiewende leistet. Große Einsparpotenziale bietet hier insbesondere die Heizungstechnik, da fast ein Drittel der gesamten Endenergie in Deutschland für die Erzeugung von Raumwärme verwandt wird [Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)].

Die Hersteller von Komponenten für die Heizungstechnik haben jedoch in den letzten Jahren die Effizienz ihrer Produkte bereits bis an den Rand des Effizienzoptimums getrieben. Brennwert-Heizgeräte und Hocheffizienz-Umwälzpumpen sind nur zwei Paradebeispiele hierfür. Doch wie können zukünftig noch weitere Energieeinsparpotenziale eröffnet werden, wenn die Produkteffizienz nur noch marginale Optimierungsmöglichkeiten bietet? Die Antwort auf diese Frage scheint zunächst recht trivial zu sein. Wenn die Produkteffizienz ausgereizt ist, muss der Betrieb einer Anlage optimiert werden. Theoretische Ansätze hierfür gibt es zur Genüge. Eine sehr bekannte und populäre Lösung besteht dabei in der Durchführung des hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage. Doch liegen bisher deren Theorie und Praxis noch weit auseinander. Während die Vorgehensweise zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs, zu mindestens in der Theorie, eindeutig ist, gibt es in der Praxis eine Vielzahl an Gründen, warum er insbesondere in Bestandsgebäuden gar nicht oder nur sehr schlecht durchgeführt wird. Der hohe Kostendruck im Baugewerbe, mangelnde Kenntnisse über die technische Infrastruktur eines Bestandsgebäudes oder fehlende Berechnungswerkzeuge, die sich an den Anforderungen aus der Praxis angepasst haben, sind die Hauptgründe dafür, dass der hydraulische Abgleich insbesondere in Bestandsanlagen nicht durchgeführt wird.

Im Rahmen dieser Masterarbeit konnte ein technisches Verfahren zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs in Bestandsanlagen entwickelt werden, das auch die planerischen Vorbereitungsschritte (z. B. die Heizlastberechnung und Bestimmung der Systemtemperatur), die für die ordentliche Durchführung eines hydraulischen Abgleichs unerlässlich sind, umfasst. Im Vergleich zu anderen bereits existierenden Praxisempfehlungen für den hydraulischen Abgleich in bestehenden Gebäuden, wurde bei diesem Verfahren ein besonders großes Augenmerk darauf gelegt, dass die vom ausführenden Personenkreis zu wählenden Annahmen (Fehlerquellen) reduziert werden und dass

durch die gezielte Abfrage von Daten (Energieverbrauch, zu beheizende Flächen, Gebäudegröße, etc.) sowie die Berücksichtigung der Anlageninfrastruktur in Verbindung mit dem Einsatz von durchflussgeregelten Heizkörperventilen, die Ergebnisse des Verfahrens eine größere Exaktheit und Einfachheit aufweisen.

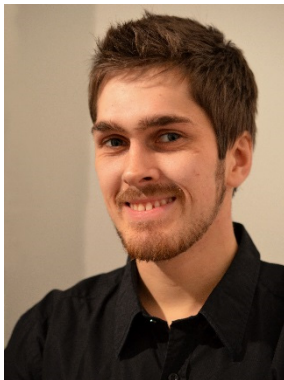
Das im Rahmen der Masterarbeit entwickelte Verfahren beinhaltet dabei die folgenden Berechnungsschritte.

1. Bestimmung der Gebäudeheizlast aus Energieverbrauchsdaten
2. Umlegung der Gebäudeheizlast auf die beheizten Räume unter Berücksichtigung spezifischer Raumdaten
3. Iterative Berechnung der Heizungsanlagen-Systemtemperatur durch Verwendung der vorhandenen Heizflächen-Normheizleistungen
4. Berechnung der fließwegspezifischen Volumenströme auf Basis von Heizflächenkennlinien
5. Verwendung und Parametrierung von durchflussgeregelten Heizungsarmaturen (z.B. Heizkörperventile)
6. Ermittlung der optimalen Förderhöhe und Parametrierung der Heizungs-Umwälzpumpe

Besonders die Miteinbeziehung der gebäudespezifischen Daten, wie unter anderem der tatsächliche Energieverbrauch, der Gebäudeaufbau und die Heizungsinfrastruktur bieten ein besonderes Alleinstellungsmerkmal gegenüber den aktuellen Ansätzen, die in der Praxis genutzt werden.

**Christian Käufer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	MBA & Eng. Karsten von der Ohe
Datum des Kolloquiums:	12. Februar 2016
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	WESSLING GmbH, Altenberge



Mit der Novellierung des Energiedienstleistungsgesetzes (EDL-G) im April 2015 wird die Durchführung eines Energieaudits für große Unternehmen zur Pflicht. Dies muss erstmalig zum 5. Dezember 2015 geschehen sein und anschließend mindestens alle vier Jahre wiederholt werden. Damit wird eine Forderung aus der Energieeffizienz-Richtlinie der EU vom 4. Dezember 2012 in deutsches Recht umgesetzt. Die EU-Energieeffizienzrichtlinie (kurz: EED vom englischen Energy Efficiency Directive) ist ein Legislativinstrument um die Klima- und Energieziele der Europäischen Union umzusetzen.

Ein zentrales Ziel ist die Verringerung des Primärenergieverbrauchs um 20 % bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Referenzwert von 2007. Um dies zu erreichen, enthält die EED eine Vielzahl von Regelungen zur Steigerung der Energieeffizienz. Unter anderem müssen die Mitgliedstaaten der EU Systeme einführen, welche große Unternehmen zur Durchführung von Energieaudits verpflichten und die Einführung von Energiemanagementsystemen fördern. Entscheidend für die Pflicht zur Durchführung eines Energieaudits ist der Nicht-KMU-Status des Unternehmens nach der Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003. Die Abkürzung KMU steht dabei für „Kleinstunternehmen sowie kleine und mittlere Unternehmen“.

In Deutschland legt das EDL-G die Bedingungen für die Durchführung eines Energieaudits fest. Demnach muss das Energieaudit den Anforderungen der Norm DIN EN 16247-1 entsprechen. Als Alternative zulässig ist ein Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem nach EMAS-Verordnung.

Bei einem Energieaudit soll der gesamte Energieeinsatz eines Unternehmens auf der Versorgungs- und der Verbrauchsseite ermittelt werden. Dadurch soll die Verteilung der Energieströme im Unternehmen aufgezeigt sowie Verbesserungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ermittelt werden. Diese Maßnahmen sollen vor einem wirtschaftlichen Hintergrund erarbeitet werden, deren Umsetzung ist aber nicht verpflichtend für das Unternehmen.

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Durchführung des Energieaudits nach den Vorgaben des EDL-G bei der WESSLING GmbH in Deutschland.

Dazu wurden von allen 17 deutschen WESSLING-Standorten Daten zum Energiebezug ermittelt, welcher sich hauptsächlich auf die Energieformen bzw. Energieträger Strom, Erdgas und Diesel konzentriert. Der daraus ermittelte gesamte Energiebezug stellt die Basis dar, auf welcher der Energieverbrauch im Unternehmen weiter unterteilt wurde. Die Aufteilung auf die einzelnen Standorte und die repräsentative Untersuchung von fünf Standorten bei Begehungen schaffte ein detaillierteres Bild der Energieströme im Unternehmen. Für die Stromverbraucher wurden Verbrauchergruppen und Verbrauchsbereiche gebildet. Der Wärmeverbrauch wurde auf Standorte aufgeteilt und der Dieserverbrauch anhand von unterschiedlichen Fahrzeuggruppen eingeordnet.

Auf der Grundlage dieser Daten wurden rechnerisch Einsparpotenziale ermittelt, die mit verschiedenen technischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Minderung des Energieeinsatzes und zur Steigerung der Energieeffizienz einhergehen.

Neben technischen Maßnahmen wurde vor allem die Bedeutung eines systematischen Energie-Monitorings hervorgehoben, welches die Mitarbeiter in den Prozess des effizienten Energieeinsatzes miteinbezieht. Durch bewussten Umgang beim Energieeinsatz kann hier ein sichtbarer Effekt erzielt werden, welcher wiederum dazu führt, die Mitarbeiter zum „Energie-Sparen“ zu motivieren und innovative Ideen zu entwickeln.

Anknüpfend an das Energieaudit dieser Bachelorarbeit können nun konkrete Modelle entwickelt werden, um die Energieeffizienz der WESSLING GmbH weiter zu steigern.

## Untersuchung einer Trinkwasserinstallation in einem Klinikgebäude hinsichtlich den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere unter trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten

**Torsten Kauscher B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing Tobias Klost
Datum des Kolloquiums:	14. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Viega GmbH & Co. KG, Attendorn Cirrus B.V., Neustadt (Wied)



Das betrachtete Objekt ist eine Kurklinik, bei dem der Altbestand renoviert und zusätzlich eine Aufstockung um zwei Stockwerke realisiert wurde. Bereits während dieser Aufstockung wurden erhebliche Mängel festgestellt, die sich vor allem in der Unterschreitung der Warmwassertemperaturen äußern. Zur Klärung dieser Mängel wurde die Firma Cirrus B.V. beauftragt, die, in Kooperation mit der Firma Viega GmbH & Co.KG, die Idee hatte diese Mängel der Trinkwasserinstallation im Rahmen einer Bachelorarbeit zu behandeln.



Abb. 6: Die Strandklinik Sankt-Peter-Ording

Da es keinerlei Revisionsunterlagen gab, mussten Zeichnungen erstellt werden, damit anschließend eine Berechnung des Rohrnetzes erfolgen kann. Nachdem das vorgefundene Rohrnetz dokumentiert wurde, konnte die Berechnung mit einer Berechnungssoftware erfolgen. Dabei mussten Änderungen getätigt werden, die zu Unterschieden zwischen Bestand und Berechnung führten. Nachdem diese Berechnung erfolgreich abgeschlossen war, mussten Einstellwerte für die Strangregulierventile zum hydraulischen Abgleich folgen. Dazu wurde erst die Zirkulationspumpe ausgelegt. Nach der erfolgreichen Suche der Einstellwerte konnte ein Vergleich zwischen Bestand und Berechnung hergestellt werden. Als letztes folgte eine Bewertung des berechneten Strangschemas nach den anerkannten Regeln der Technik. Um insbesondere auf Trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten eingehen zu können, wurden die Spülmengen und die sich einstellenden Temperaturen genauer betrachtet.



## Effizienz und Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Verfahren zur Reinigung von Trinkwasserversorgungsleitungen am Beispiel des Netzes der Energie- und Wasserversorgung Rheine GmbH

**Ludger Kempken M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

08. Juli 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Energie und Wasserversorgung Rheine GmbH, Rheine



In der Masterarbeit wurden unterschiedliche am Markt verfügbare Reinigungsverfahren unter wirtschaftlichen und technischen Kriterien am Beispiel des Wasserversorgungsnetzes der Energie- und Wasserversorgung Rheine GmbH verglichen. Dafür wurden zu Beginn die Gegebenheiten und Strukturen der Trinkwasserversorgung der Energie- und Wasserversorgung Rheine GmbH (EWR) betrachtet. Die einzelnen Bereiche Wassergewinnung, Überwachung der Trinkwasserqualität und das Trinkwasserversorgungsgebiet mit den eingesetzten Rohrwerkstoffen und Rohrdimensionen wurden vorgestellt. Die Ursachen für Spül- und Reinigungsmaßnahmen wurden durch die nähere Analyse der Verunreinigungstypen im Rohrnetz und den verschiedenen eingesetzten Werkstoffarten konkretisiert. Anschließend erfolgte eine Erklärung der physikalischen Wirkmechanismen, der Einsatzbereiche sowie der Vor- und Nachteile der von Wasserversorgern häufig eingesetzten Spülverfahren.

Die Notwendigkeit für eine Reinigungsmaßnahme, wie sie in periodischen Abständen im DVGW-Arbeitsblatt W 291 empfohlen wird, wurden mit den Untersuchungen der intern durchführbaren, konventionellen und systematischen Wasserspülung zur externen Wassersaugspülung verglichen. Hierfür wurde für die bei der EWR überwiegend im Einsatz befindlichen Kunststoffrohrleitungen bis DN 150 eine Kosten-Nutzen-Analyse durch Darstellung der Wirtschaftlichkeit der möglichen Spülverfahren erstellt. In diesem Zusammenhang wurden in mehreren Versuchsreihen die auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten gemessen. Die ermittelte Höchstgeschwindigkeit einer Wasserspülung lag bei allen drei Messpunkten in einem DN 100 PVC-Rohr bei 1,77 m/s. Im Unterschied dazu erreichte die Saugspülung in derselben Rohrleitung eine maximale Fließgeschwindigkeit von 4,15 m/s. Die zur Mobilisierung von lockeren Ablagerungen nötige Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s wurde so von beiden Spülverfahren erreicht. Eine Entfernung von haftenden Belägen, für die eine Strömungsgeschwindigkeit  $\geq 2$  m/s erforderlich wäre, ist jedoch mit einer Wasserspülung nicht möglich. Zur Veranschaulichung der Notwendigkeit von Spülmaßnahmen und zur Feststellung der Effizienz der im März 2015 mit dem Wassersaugverfahren durchgeführten Spülung wurden in den Ortnetzen von Rheine in Hauenhorst, Mesum und Elte in drei Straßen Rohrstücke aus den bestehenden Versorgungsleitungen ausgebaut. Durch die Gegenüberstellung der Rohrstücke (Abbildung 1) konnte verdeutlicht werden,

dass die Effizienz der Saugspülung zwar insgesamt höher ist, aber bei Leitungen bis DN 150 trotz der höheren Strömungsgeschwindigkeit kein verbesserter Austrag gegenüber der Wasserspülung erreicht wird.



ABBILDUNG 1: AUSGEBAUTE ROHRSTÜCKE VOR UND NACH DER WASSERSAUGSPÜLUNG.

Aus den gewonnenen Datensätzen der Wassersaugspülung wurden charakteristische Netzbereiche, Rohrwerkstoffe und Rohrdimensionen mit erhöhtem Spülbedarf ermittelt. Die Trübungspeaks lagen im nord-östlichen Ortsnetz von Mesum und wiesen Werte von 143 FNU max. auf. Mit Hilfe einer näheren Betrachtung der Netztopologie wurde die sekundäre „Hauptleitung“ zwischen Hauenhorst und Mesum für die erhöhten Werte verantwortlich gemacht. Die typischen Rohrleitungen waren DN 100 PVC Endstränge, in denen vermehrt Ablagerungen detektiert wurden. Schlussfolgernd aus den dargestellten Zusammenhängen wurden zwei Matrizen entwickelt, die es ermöglichen, das geeignete Spülverfahren in Abhängigkeit von dem Ziel der Reinigungsnotwendigkeit (Tabelle 1) und der höchstmöglich zu erreichenden Spülgeschwindigkeit auszuwählen.

TABELLE 1: MATRIX ZUR AUSWAHL DES OPTIMALEN REINIGUNGSVERFAHRENS IN ABHÄNGIGKEIT DER ZIELSTELLUNG

Reduzierung/ Vermeidung	Verfahren				
	konventionelle und systematische Wasserspülung	Wassersaug- spülung	Impuls- spülung	Eismolchen	Molchen mit Kratzern
Trübung	x	x	x	X	(x)
Mikrobiologie			(x)	(x)	(x)
Reibungsverluste			(x)		x

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse lässt sich schlussfolgern, dass der angewandte Spülrhythmus von sieben Jahren für die überwiegend vorhandenen Kunststoffleitungen ohne Inkrustationen vermutlich sogar auf acht oder neun Jahre erhöht werden könnte. Eine systematische Wasserspülung von Kunststoffleitungen bis zu einer Nennweite von DN 150 ist technisch gesehen dafür ausreichend. Wirtschaftlich gesehen ist dieses Verfahren trotz des hohen Wasserverbrauchs und der personalintensiven Arbeitsschritte konkurrenzfähig. Die Wassersaugspülung bietet hier eine gute Kosten-Nutzen-Alternative im Vergleich zu den von den anderen Anbietern angebotenen Intensivrohrreinigungen. Diese sind demgegenüber eher für metallische Leitungen größer DN 150 mit vorhandenen Inkrustationen geeignet.

## Erstellung eines Computerprogramms zur dialoggestützten Erzeugung von FDS-Skripten für die Simulation und Berechnung von Raumströmungen

**Anton Kessler M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Dipl. Ing. (FH) Matthias Winkelhaus

Datum des Kolloquiums: 24. April 2015

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



Die Simulation und Berechnung von Raumströmungen wird ein immer wichtigeres Instrument in der Konzeptentwicklung eines Projektes. Mit FDS (Fire Dynamic Simulator) und Smokeview werden dafür mächtige Werkzeuge zur Verfügung gestellt. FDS ist ein CFD-basiertes Feuer- und Strömungssimulationsprogramm. Mithilfe des Programms sind unter anderem Berechnungen von Wärmestrahlungen, Temperaturübergänge auf Bauteile und Luftströmungen möglich. Die Strömungsberechnungen basieren dabei auf Grundlage der Navier-Stokes-Gleichungen. Die Navier-Stokes Gleichungen sind hierbei nicht direkt berechenbar, weshalb mittels eines finiten Volumenmodells das relevante Strömungsgebiet in einzelne Volumenelemente diskretisiert wird. Da nur bei sehr kleinen Volumenelementen, die in natürlichen Strömungen auftretende Turbulenz ausreichend genau ermittelt werden kann, werden in CFD Programmen üblicherweise größere Volumenelemente in Verbindung mit Turbulenzmodellen eingesetzt. FDS besitzt dabei keine grafische Benutzeroberfläche, wie es von anderen Programmen bekannt ist, sondern kann nur Textdateien einlesen, die entsprechende, in FDS definierte Parameter enthält. Anhand dieser vorgegebenen Parameter werden die Berechnungen durchgeführt und die gewünschten Ergebnisse in verschiedene Dateien ausgegeben, die danach mithilfe von Smokeview visuell ausgewertet werden können.

Die Aufgabe in dieser Masterarbeit war es ein VB-Programm zu erstellen, das über verschiedene Auswahlmöglichkeiten (wie z. B. Wandabmessungen, Wärmeabgaben, Schnitte etc.) automatisch eine FDS-Skriptdatei eines Raumes erzeugt, mit der eine Strömungssimulation mit FDS durchgeführt werden kann.

Dafür wurden zuerst alle Funktionen, die implementiert werden sollen, auf verschiedene Reiter aufgeteilt. Im ersten Reiter befinden sich alle allgemeinen Einstellungen wie Wandabmessungen, Meshauswahl, Wärmeabgaben der Wände und Temperaturen im und außerhalb des Raumes. Der zweite Reiter enthält Einstellungen zu Wandmaterialien. Hier können Dichte, Wärmeleitfähigkeit und die spez. Wärmekapazität der Wände definiert werden. Im dritten Reiter können verschiedene Patches, wie Heizkörper, Zuluft, Abluft, Wandöffnungen etc. auf bzw. vor eine Wand gesetzt werden. Zur besseren Übersicht bzw. zur Vereinfachung für den Benutzer wurden Grafiken im Programm eingepflegt, die sich entsprechend der Auswahl automatisch anpassen. Jeder

Patch kann zum beliebigen Zeitpunkt gelöscht bzw. neu erstellt werden. In einem weiteren Reiter können Particles-Volumen im Raum definiert werden. Dadurch ist es dem Benutzer möglich dreidimensionale Strömungen, anhand von kleinen Partikeln im Raum, darzustellen. Durch die Auswahl des Reiters Slices ist es zudem möglich selbstdefinierte Schnitte im Raum zu erzeugen, um die Ergebnisse der Strömungssimulation (Temperatur, Strömung, Druck) in Smokeview grafisch darzustellen und auszuwerten.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des vorliegenden Programms ist es anderen Studenten zu ermöglichen in eigenen Programmen FDS-Skriptdateien zu erzeugen, um z. B. Personen, Drallauslässe, Konvektoren etc. darzustellen und die entsprechenden FDS-Skripte in dieses Programm zu integrieren. Nicht zu vernachlässigen ist auch die Möglichkeit der Vorschaufunktion. Hier können die Benutzer bereits während der Parametrierung im Programm die ersten Ergebnisse anzeigen lassen, um z. B. die genauen Koordinaten für weitere Konfigurationen zu erhalten. Um alle vorgenommenen Einstellungen auch noch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen oder anpassen zu können, wurde ein großer Wert auf eine Speicher-Lade-Funktion gelegt. Zum Schluss wurde dem Benutzer noch die Möglichkeit geboten mit einem Knopfdruck eine überschlägige Wärmebilanz und Flächenberechnung durchzuführen, um die vorgenommenen Einstellungen nochmal zu kontrollieren.

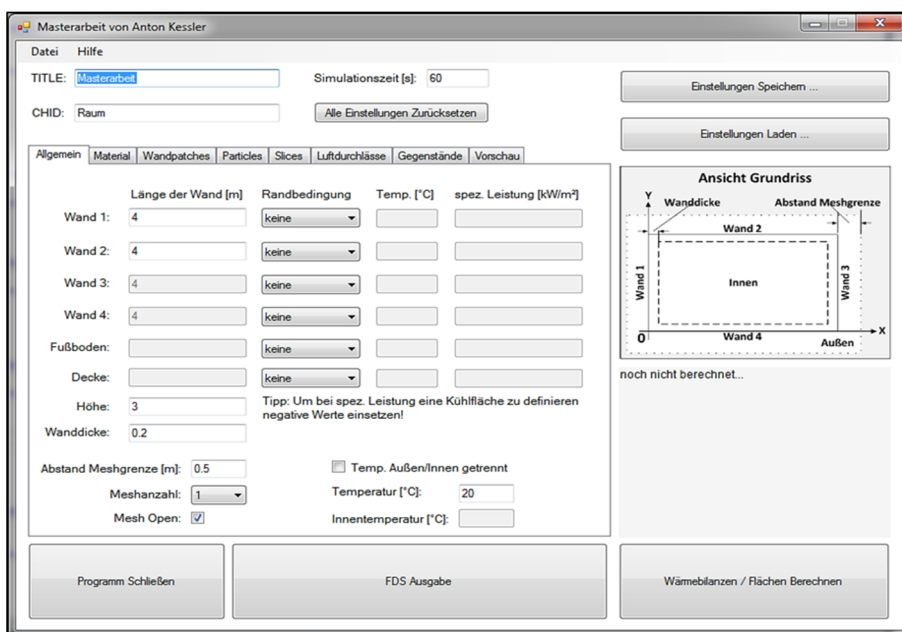


Abb.: VB-Programm der Masterarbeit

Im letzten Abschnitt dieser Arbeit wurden noch drei Beispiele erstellt, die mit diesem Programm konfiguriert wurden. Diese Beispiele dienen der Plausibilitätssimulation. Es wurden dafür drei verschiedene Szenarien erstellt (gekippertes Fenster, Fußbodenheizung und Heizkörper), die mit FDS berechnet und mit Smokeview ausgewertet wurden. Alle drei Beispiele führten zu dem vorher erwarteten Strömungsergebnis und konnten somit als plausibel angesehen werden.

## Untersuchungen und Hintergründe zur Hühnerkottrocknung in Asien und Osteuropa

**Jan Kießhauer B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

26.05.2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

FIT (Farm Innovation Team) GmbH, Steinfurt



Die Untersuchung der Hühnerkotproblematik wurde durch die FIT (Farm Innovation Team) GmbH ermöglicht. Das Unternehmen ist im Bereich der industriellen Nutztierhaltung tätig und vertreibt größtenteils Geflügelställe in Asien und Osteuropa.

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass besonders der Umgang mit den enormen Mengen an anfallendem Hühnerkot für die Betreiber einer Hühnerfarm in diesen Regionen ein immer größer werdendes Problem darstellt. Hühnerkot stellt allerdings eine Biomassefraktion dar, die einerseits als Düngemittel rein ökologische, andererseits auch im Rahmen der Biogasproduktion energetische Aspekte beinhalten kann.

Seine hervorragenden Nährstoffgehalte machen den Kot als feuchtes Gut generell seit Jahren zu einem der wichtigsten organischen Dünger der Agrarwirtschaft. Bei größeren Mengen, die bei den Kunden der FIT-GmbH typischerweise etwa 25.000 Tonnen pro Jahr betragen, birgt diese Verwendungsart jedoch oftmals mehr Nachteile als Vorteile. Der zu errichtende logistische und personelle Aufwand zum Ausbringen der Substanz auf die landwirtschaftlichen Flächen, schlägt sich mit etwa 15 € pro Tonne Hühnerkot bereits jetzt als Wachstumsbremse für die Unternehmen nieder.

Zusätzlich zu den wirtschaftlichen Aspekten kommt auch eine hygienische Problematik zu Lasten der Umwelt. Bei teilweise tropischen Zuständen in Süd-Ost-Asien kommt es infolge übermäßiger Kotmengen zu Gestank und Insektenplagen, weshalb der Kot definitiv einer Verwertung oder Aufwertung bedarf.

Neben der Vergärung zu Biogas stellt die Hühnerkottrocknung und anschließende Pelletierung dabei die vielversprechendste Lösung der Probleme dar. Mit der Trocknung geht eine deutliche Qualitätssteigerung, die Steigerung des Heiz- und Nährwertes einher, weshalb sie in Hinsicht auf ihre Realisierbarkeit besonders in Bezug auf mögliche Standorte in Asien und Osteuropa untersucht wurde.

Die klimatischen und energie-politischen Bedingungen vor Ort erschweren die Hühnerkottrocknung zugleich, denn im Gegensatz zum europäischen Muster, bei dem die zur Trocknung nötige Wärme als Abwärme anfällt, müsste die Wärmeerzeugung zunächst auf fossiler Basis erfolgen.

Die feuchten Zustände in einigen Region könnten beim Trocknen mit der Umgebungsluft allerdings zu einem unvorhersehbaren Trocknungsverlauf führen.

Unter der Vielzahl an Technologien bietet der Bandrockner hierbei die sinnvollste Trocknervariante zur Anpassung an die vorherrschenden Strukturen. Die standortbedingten Gegebenheiten führten deshalb zu der Idee einer integrierten Kompaktlösung, die die weiteren Komponenten, die Pelletierung, die Hygienisierung, die Absackung und Verpackung und die weitere Logistik mitbeinhaltet und die enormen Kotmengen an einem zentralen Ort trocknet und anschließend pelletiert.

Aufgrund der geplanten fossilen Wärmeerzeugung sollte die Trocknung jedoch so effizient wie möglich realisiert werden. Welche Temperatur dabei die optimale Trocknungstemperatur darstellt und welche Trocknungszeit letztendlich daraus resultiert ist selbst den Herstellern der Anlagen nicht bekannt; das Ausmaß der klimatischen Bedingungen ebenfalls nicht.

Der FIT-GmbH als möglicher Vertreiber einer Trocknungsanlage lag es daran, auch ohne das entsprechende, verfahrenstechnische Knowhow erste Anhaltspunkte zum Trocknungsverlauf von Hühnerkot zu sammeln.

Neben der ersten Untersuchung im Trockenschrank und der Messung einiger Trocknungsanlagen lieferten vor allem die Entwicklung und der Betrieb eines eigenen Versuchsstandes an dieser Stelle die aussagekräftigsten Erkenntnisse. Nach dem Abbild des Bandrockners entstand ein Prüfstand, der die Untersuchung des Trocknungsverlaufes für verschiedene Temperaturen unter annähernd realer Strömungsbedingungen ermöglicht. Die Entwicklung des Messsystems und ihrer Visualisierungssoftware basierte hierbei auf der Grundidee der Bilanzierung der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit für die wichtigen Zustandspunkte der Trocknungsluft. Die messtechnische Erfassung erwies sich dabei jedoch als schwierig, weshalb keine sicheren, repräsentativen Temperatur- und Feuchtigkeitswerte für weitere Aufgabenstellungen abgeleitet werden konnten. Die Trocknungszeiten, die sich für die jeweiligen Temperaturen ergeben haben, sind jedoch umso aussagekräftiger und ermöglichen eine sichere Planung zukünftiger Projekte. Für die Versuchstrocknung bei etwa 80 °C ergab sich beispielsweise eine Verweilzeit von unter 4 Stunden.

Durch die getätigten Messungen konnte ebenfalls festgestellt werden, dass sich die reine Wärmemenge, die zur Trocknung herangezogen wird, tatsächlich auf die von Herstellern immer wieder erwähnte Größenordnung von 1-1,5 kWh pro zu verdunstendem Liter Wasser beläuft.

Trotz der Tatsache, dass sich die Ergebnisse einzig auf den Prüfstand beziehen, konnten einige Beobachtungen gemacht werden, die für die weitere Forschung und Entwicklung, aber auch bereits jetzt in der Praxis, von Relevanz sind. Die Notwendigkeit der Umschüttung und Auflockerung des Gutes während der Trocknung hat sich an dieser Stelle deutlich gezeigt.

Abschließend lässt sich sagen, dass durch die Bearbeitung der Trocknungsproblematik von Hühnerkot, die sich sowohl als interessant, als auch als herausfordernd erwies, einige wichtige Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Das experimentelle Vorgehen und die Analyse der Trocknungsverläufe lieferten wesentliche Beobachtungen.

## Neue Applikationen für Viega Rohrleitungssysteme aus Kunststoff neben der Technischen Gebäudeausrüstung

**Niklas Klein B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Oscar Hernandez-Aragon

Datum des Kolloquiums: 15. Oktober 2015

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

In Kooperation mit: Viega GmbH & Co. KG, Attendorn



In der Technischen Gebäudeausrüstung ist die Firma Viega durch ihre innovative Presstechnik eines der führenden Unternehmen. In der TGA ist die Fa. Viega durch ihre innovative Presstechnik eines der führenden Unternehmen der Branche. Die Kunststoff-Rohrsysteme sind in erster Linie für den Transport von Trinkwasser konzipiert. Daneben gibt es Anforderungen aus dem Markt, diese Systeme auch für andere Medien zu verwenden. Ob dieses möglich ist, muss im Einzelfall geprüft und ggf. freigegeben werden.

Diese Bachelorarbeit zeigt, für welche speziellen Anwendungen außerhalb der technischen Gebäudeausrüstung die Viega Rohrleitungssysteme Sanfix Fosta, Raxofix und Raxinox einsetzbar sind. Hierfür wurde zunächst eine Medienverträglichkeitsliste erstellt. Mit einer solchen Liste können Kunden, die Rohrsysteme für ein spezielles Medium suchen, leicht herausfinden welches der Viega Rohrsysteme am besten geeignet ist.

Diese soll bald sogar online einsehbar sein. So muss nicht jeder Kunde das Service Center der Firma Viega kontaktieren um eine Auskunft zu erhalten. Das entlastet die Mitarbeiter und bietet dem Kunden einen höheren Komfort. Ein weiterer Vorteil einer solchen Liste ist, dass in Zukunft ein neues innovatives Rohrsystem speziell für solche Sonderanwendungen entwickelt werden kann.

Um die Medienverträglichkeitsliste zu erstellen, wurden zunächst auf Grundlage des Beiblattes<sup>1</sup> der DIN 8075 bestimmte Medien ausgewählt. Mit bestehenden Verträglichkeitslisten von PE (Polyethylen), Rotguss, EPDM (Ethylen-Propylen-Kautschuk), PPSU (Polyphenylsulfon) und Edelstahl wurde dann eine solche für die Viega Systeme geeignete Liste der chemischen Beständigkeit erstellt.

Für die Arbeit wurden sechs spezielle Anwendungen exemplarisch ausgewählt, um hier die Beständigkeit bzw. die Unbeständigkeit der einzelnen Komponenten zu untersuchen. Damit konnte dann in der Arbeit genau gezeigt werden, welches Element aus dem jeweiligen System unbeständig ist. In der Medienverträglichkeitsliste selbst ist lediglich erkennbar ob eine Beständigkeit vorliegt oder nicht, denn dies ist für den Kunden vollkommen ausreichend.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, lässt sich feststellen, dass das Sanfix Fosta-System 15,9 % der untersuchten Medien abdecken kann, das Raxofix-System 32,7 % und das neueste Produkt der Firma Viega das Raxinox-System sogar 50,5 %. Ob die anderen 49,5 % der untersuchten Stoffe die Relevanz besitzen extra ein neues Rohr-System zu entwickeln wird die Zukunft zeigen.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der exemplarisch ausgewählten Medien zu sehen. Eine genaue Ausführung der Ergebnisse, sowie die Medienverträglichkeitsliste selbst, sind dann in der Bachelorarbeit zu finden.

	Sanfix Fosta			Raxofix			Raxinox	
	EPDM	PE	Rotguss	PPSU	PE	Rotguss	PPSU	Edelstahl
Salzwasser	+	+	-	+	+	-	+	-
Destilliertes Wasser	+	+	-	+	+	-	+	+
Kondensat	+	+	-	+	+	-	+	+
Rapsöl	-	+	+	+	+	+	+	+
Sauerstoff	+	+	+	+	+	+	+	+
Milch	+	+	+	+	+	+	+	+

Tab.1: Ausgewählte Medien der Medienverträglichkeitsliste



## Ermittlung der Anlagenaufwandszahl für die Wohnungsstation Danfoss EvoFlat FSS 3

**Thomas Kloth B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Versorgungstechniker Stefan Schulte
Datum des Kolloquiums:	29. März.2016
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Danfoss GmbH, Hamburg



Dank des Klimawandels und der steigenden Energienachfrage wurde durch die Bundesregierung ein Energie- und Klimaprogramm ins Leben gerufen. Ergebnis dieses Programmes ist die Energieeinsparverordnung. Die Regierung verfolgt dabei die Strategie, die Energieeffizienz zu steigern, dabei besitzt der Gebäudebereich ein erhebliches Einsparpotential. Die energetischen Anforderungen an Wohn- und Nichtwohngebäude werden durch die Energieeinsparverordnung immer mehr verschärft. Dies hat zur Folge, dass Hersteller gezwungen sind, ihre Anlagentechnik an die geforderte Energieeffizienz anzupassen.

Um verschiedene Anlagensysteme energetisch miteinander zu vergleichen, ermittelt man die Anlagenaufwandszahl. Diese Aufwandszahl ist ein Maß für die energetische Qualität der installierten Anlagentechnik. Man kann die Anlagenaufwandszahl auf zwei Arten ermitteln. Zum einen kann das Verfahren nach DIN V 4701-10 angewendet werden, die zweite Möglichkeit ist die energetische Bilanzierung der Anlagentechnik nach der DIN V 18599. Für Wohnungsstationen sind jedoch noch keine Werte ermittelt worden, um sie bei einer energetischen Bewertung eines Gebäudes genauer mit einzubeziehen. Der in dieser Ausarbeitung beschriebene Versuch verfolgt das Ziel, diese Werte zu ermitteln und somit eine Grundlage zu schaffen, damit Wohnungsstationen von Planungsbüros bei der energetischen Bilanzierung der Anlagentechnik mit einbezogen werden können.

Die durchgeführten Versuche dienen zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl für die Wohnungsstation Danfoss EvoFlat FSS 3 (siehe Abbildung 1), bei verschiedenen Trinkwarmwasseranforderungen. Bei der Durchführung wurden verschiedene Zapfprofile aus der VDI 6002 Blatt 1 an der Wohnungsstation benutzt. Dabei sind die Mengen an Heizungswasser, die der Durchflusswassererwärmer zur Erwärmung des Trinkwarmwassers benötigte, und die Temperaturen der Primär- und Sekundärseite gemessen und erfasst worden. Mit diesen Werten ist zum einen die Wärmemenge, die zur Erwärmung des Trinkwassers benötigt wurde, und zum anderen die Wärmemenge, die von dem Wärmeübertrager erbracht wurde, berechnet worden. Aus diesen Ergebnissen kann man den Nutzungsgrad der Anlage herleiten. Wird jetzt noch der Kehrwert dieses Nutzungsgrades berechnet, so erhält man die Anlagenaufwandszahl der Wohnungsstation.

Ein typischer Wert der Anlagenaufwandszahl einer konventionellen Brennwertanlage mit zentraler Trinkwarmwassererwärmung liegt bei ca.  $e_p = 1,5$  oder höher. Im Verlauf dieser Ausarbeitung kann man erkennen, dass die Anlagenaufwandszahlen für die Wohnungsstation Danfoss EvoFlat FSS 3 darunter liegen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die eigentliche Wärmezeugungsanlage, die zur Erwärmung des Heizungswassers benötigt wird, nicht berücksichtigt wurde.

Dank der Möglichkeit, verschiedene Energiequellen zur Erwärmung des Heizungswassers nutzen zu können und der Tatsache, dass durch den Wegfall der Zirkulationsleitungen die Verteilung des Trinkwarmwassers ausschließlich in den Wohnungen erfolgt und dadurch die Verteilungsverluste bei der Verwendung einer Wohnungsstation vermieden werden, fällt die Anlagenaufwandszahl im Regelfall geringer aus als bei der Installation einer konventionellen Trinkwassererwärmung.

Als Fazit kann man sagen, dass eine Wohnungsstation eine gute Alternative zu konventionellen Anlagen in Mehrfamilienhäusern darstellt. Durch ihren Einsatz kann die energetische Effizienz eines Gebäudes gesteigert werden, wobei sowohl Heizwärme als auch Trinkwarmwasser jeweils bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden kann. Jedoch muss beachtet werden, dass die Wohnungsstation nur eine Komponente der gesamten Anlagentechnik darstellt. Je nach Primärenergieträger, wobei insbesondere regenerative Systeme gut eingesetzt werden können, kann das Einsparpotential mit einer Wohnungsstation voll ausgenutzt werden.

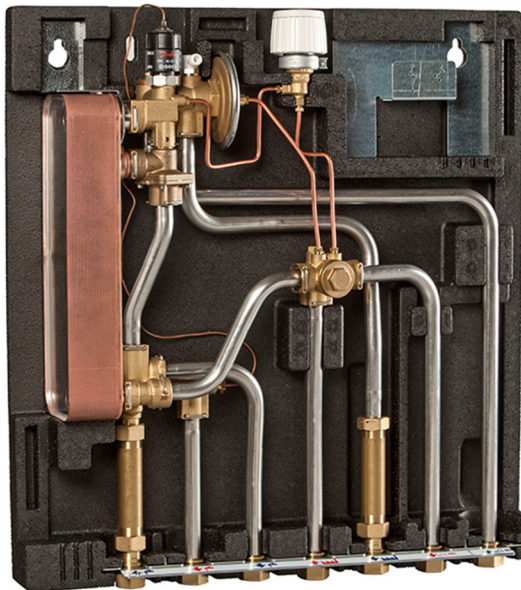


Abbildung 7: Wohnungsstation Danfoss EvoFlat FSS 3

### Rebekka Koch M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Jochen Beuchel
Datum des Kolloquiums:	16. Dezember 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Technisches Management
Laborbereich:	Labor für Raumluftechnik
In Kooperation mit:	pbr Rohling AG, Osnabrück



Der Anspruch an das Baugewerbe vergrößert sich beinahe täglich. Die umzusetzenden Projekte sollen von dem ersten Gedanken auf Papier, über den Entwurf und die Ausführung, bis hin zum Betrieb klar strukturiert und nachvollziehbar sein. Alle Termine und Vorgänge müssen in einem Terminplan klar definiert sein, alle Kosten feststehen und die Qualität muss den Ansprüchen der Bauherren gerecht werden. In planenden Ingenieurbüros wird die Qualität durch den steigenden Zeitdruck und den Fachkräftemangel oftmals vernachlässigt. Häufig ist die Ausführungsplanung nicht vor der Ausschreibung fertig. Hinzu kommt, dass die Vertragsstrukturen zum Teil sehr verwirrend sind und viele Beteiligte mit unterschiedlichen Arbeitsweisen und Programmen an einem Projekt arbeiten.

Der Bauherr, die Architekten, die Gebäudetechnik-Ingenieure, Statiker, ausführende Firmen und der spätere Nutzer, arbeiten teilweise mit unterschiedlichen Rechnungs-, Zeichnungs- und Auslegungsprogrammen sodass eine reibungsfreie Zusammenarbeit oftmals gestört wird. Das kostet Zeit, Zeitverlust kostet Geld und somit zahlt der Kunde am Ende mehr als das geplante Budget und ist unzufrieden. Eine andere Planungsmethode, die nun seit mehreren Jahren in den Nachbarländern Deutschlands und in weiteren Ländern der Welt genutzt wird, verspricht eine hochwertigere, transparentere, effizientere Planung, Ausführung und Nutzung eines Gebäudes. Diese Planungsmethode nennt sich Building Information Modeling, kurz BIM. Es geht hier um ein Gebäude-Informationen-Modell, indem jedes Bauteil seine eigene Zuordnung bzw. eigenen Datenpunkte in einem zentralen intelligenten 3D-Modell hat.

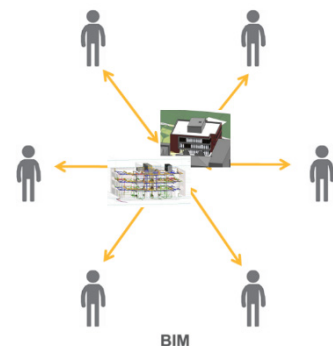


Abb. 1: Informationsaustausch mit der BIM-Methode

Ein digitales und intelligentes Modell, aus dem alle notwendigen Informationen für die Massenermittlung, Ausschreibung, Termin- und Kostenplanung, sowie dem späteren Betrieb gelesen werden können. Der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes soll digital abgebildet werden, sodass auch die Nutzer im späteren Betrieb jederzeit Informationen zu dem Gebäude abrufen und anpassen können. Mit der Planungsmethode BIM sollen Abläufe in der Planung und Ausführung von Gebäuden bis hin zum Betrieb optimiert, sowie die Effizienz und Wirtschaftlichkeit gesteigert werden.

Bis zu einer erfolgreichen Implementierung einer neuen Arbeitsmethode, in diesem Fall der Methode Building Information Modeling, ist es ein langer, aufwändiger, arbeits- und kostenintensiver Weg. Es muss zunächst ein einmalig hoher Aufwand betrieben werden, in dem allen Beteiligten die neue Methode einmal durchlebt haben. Sobald die Mitarbeiter motiviert an die Herausforderung herangehen, können Schulungen zum Verständnis und zur Anwendung durch die Software durchgeführt werden. Hier entsteht bei PBR ein erhöhter Mehraufwand an Zeit und Kosten für jeden beteiligten Mitarbeiter. Durch neue Workflows weichen die Vorgänge von herkömmlichen Arbeitswegen ab. Es kommen neue Arbeitsfelder auf Unternehmen zu, wie z. B. der BIM-Manager, welcher das gesamte BIM-Projekt und dessen Strukturen überblicken muss.

Sollte die öffentliche Hand tatsächlich, wie momentan im Gespräch ist, ab 2017 alle Bauvorhaben mit dem BIM-Prozess fordern, können nicht BIM-fähige Unternehmen im Bewerbungsverfahren ausgeschlossen werden. Wenn die Zeit gegeben ist und PBR die Entscheidung trifft sich zunächst intern auf kommende Anfragen von BIM-Projekten vorzubereiten, sollte diese genutzt werden um zukünftige Projektanfragen mit BIM durchführen zu können. Ob sich die Arbeitsmethode BIM für jedes Bauvorhaben lohnt, ist eine andere elementare Frage. Kann BIM für Großprojekte eine Erleichterung sein, könnten kleinere Bauvorhaben mit der BIM-Umsetzung unnötig mehr Zeit kosten. Genauso wie bei der Sanierung von Bestandsgebäuden, wo die bisherigen Unterlagen auf 2D-Zeichnungen basieren, ist der Mehraufwand diese Unterlagen in ein 3D-Modell aufzuarbeiten eher fraglich.

Hier muss der Aufwand und dessen Nutzen intern abgeschätzt werden. Man muss sich bewusst sein, dass wenn BIM in einem Unternehmen vollständig implementiert ist, ein hoher Erfolgsfaktor zu erwarten ist. Erfolg in den im Bauwesen wichtigen Punkten wie Qualität, Kosten, Terminen und Risikomanagement. Durch die Zeit und Erfahrungswerte werden neue Berufsfelder sowie Softwarelösungen und Richtlinien stetig verbessert, was bis hin zu einer optimalen digitalen Planungs- und Ausführungsweise führen kann. Die Einführung neuer Arbeitsprozesse birgt viele Risiken. Genauso kann sich durch die gewonnenen Möglichkeiten, bei erfolgreicher Implementierung, eine Optimierung der Arbeitsleistung bei gleichbleibender oder verbesserter Qualität einstellen.

## Potentialbetrachtung eines Hygienekonzeptes für die Kaltwasserinstallation in Form einer innovativen Kaltwasserzirkulation

**Tobias Kock M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

26. Oktober 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Labor für Sanitärtechnik



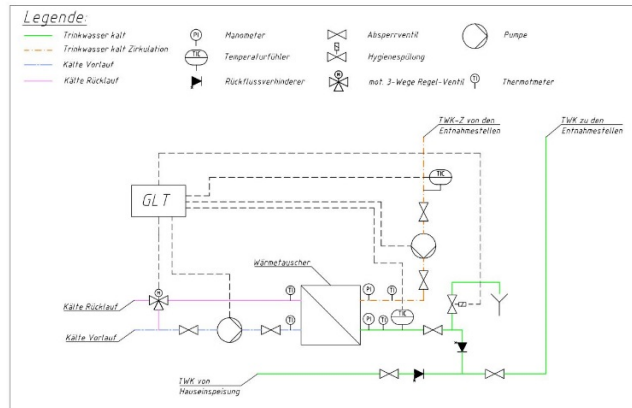
In der heutigen Zeit ist die Sicherstellung von hygienisch einwandfreiem Trinkwasser in öffentlichen Gebäuden, wie beispielsweise Krankenhäusern, Sportstätten oder Seniorenpflegeheimen immer wichtiger. Die Problematik von stagnierendem Wasser und der damit unmittelbar zusammenhängenden Verkeimung ist bekannt und wird mit großem öffentlichem Interesse verfolgt.

Somit ist es unabdingbar, in der Planungsphase von Gebäuden weitreichende Maßnahmen zu treffen, um dem hohen Qualitätsanspruch und den DIN-Normen sowie Richtlinien gerecht zu werden. Die zu treffenden Maßnahmen sind Grundlage für die Planung und Betreibung einer Trinkwasserinstallation.

Die Herausforderung bei der Planung ist es, die Installationen so klein wie möglich und so bedarfsgerecht wie nötig vorzusehen. Nur so ist es möglich, die Vermeidung von Verunreinigungen und das Vorkommen von Mikroorganismen im Trinkwasser zu verhindern. In der TGA-Branche sind Lösungen bekannt, wie beispielsweise der Einsatz von automatischen Hygienespülungen oder die Aufstellung eines Spülplans für alle Entnahmestellen. Bei Verwendung dieser Lösungen ist allerdings immer die Ansammlung von großen Mengen Abwasser vorprogrammiert. Es müssen neue Wege und Lösungen konzipiert werden, die ökonomisch sinnvoll sind und auch dem Stand der Technik sowie den Aspekten der Regelwerke entsprechen. Aus diesem Grund wird im Zuge der Masterarbeit eine weiterführende Untersuchung einer Kaltwasserzirkulation zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene durchgeführt.

Als Gebäudebeispiel wurde ein fiktiv entworfenes Seniorenpflegeheim gewählt, welches in der Praxis sehr oft vorkommt. In denen ist eine hygienebewusste und einwandfreie Trinkwasserinstallation unabkömmlich. Um ein hygienisch einwandfreies Trinkwassernetz zu betreiben, wurde ein Konzept entwickelt, das über die Integration einer Kaltwasserzirkulation verfügt. Durch das parallel geführte zweite Rohrleitungsnetz und die Integration einer Zirkulationspumpe ist es möglich, eine Stagnation im Rohrnetz vorzubeugen.

Der im Netz berücksichtigte Wärmetauscher hat die Funktion, das sich erwärmende Trinkwasser wieder herunter zu kühlen und in Temperaturbereiche von unter 23 °C zu halten, damit unter anderem ein Legionellenwachstum auszuschließen ist. Die Temperatur und auch der Durchfluss im Leitungsnetz werden mittels geeigneten Komponenten überwacht. Durch die Verknüpfung der gesamten Komponenten mit der GLT sind ein Funktionsbetrieb sowie eine Parametrierung und eine Überwachung der gesamten Anlage möglich



**Abb. 1:** Funktionsschema der Trinkwasserinstallation mit Zirkulationsleitung

Damit abschließend ein Vergleich mit einem anderen Trinkwasserkonzept stehen kann, ist ein konventioneller Aufbau einer Trinkwasserinstallation in dem fiktiv entworfenen Gebäude erstellt. Um in diesem Konzept die Trinkwasserhygiene aufrecht zu erhalten, wird endständig an jedem Etagenstrang eine automatische, mechanische Hygienespülung eingesetzt. Diese wird nach Erreichen der Sollwerte ausgelöst. Mit der Aufstellung der zwei Trinkwassersysteme kann ein Vergleich erstellt werden, der die Vor- und Nachteile sowie die Investitions- und Betriebskosten aufzeigt.

Durch die Integration der Zirkulationsleitung kann die Stagnation reduziert werden. Außerdem wird durch den Einsatz des Wärmetauschers das gesamte Trinkwassernetz auf einem hygienisch unbedenklichem Temperaturniveau gehalten. Durch die Verknüpfung der gesamten Anlage mit der GLT ist ein intelligentes Trinkwassersystem aufgestellt, das auf etliche Betriebszustände eingestellt werden kann. Weiter können diverse Investitionskosten durch den Entfall der endständigen Hygienespülung eingespart werden, die sich allerdings im Mehraufwand für das zweite Rohrnetz sowie für die Komponenten als nicht erwähnenswert herausstellen könnten. Diese Aufstellung muss für jedes Gebäude separat betrachtet werden. Außerdem werden diverse Betriebskosten gespart, da bei den Hygienespülungen das Trinkwasser unverbraucht in die Kanalisation geleitet wird. Für das abgeleitete Wasser müssen allerdings Trink- und Abwassergebühren bezahlt werden, die auf das Jahr gerechnet eine beträchtliche Summe ergeben. Die Vorteile überwiegen für das System der Kaltwasserzirkulation. Dies spiegelt auch die Aufstellung der Investitions- und Betriebskosten wieder, in der eine positive Differenz der Investitionskosten von 6.047,50€ liegen und eine Einsparung an Betriebskosten von circa 245 € pro Jahr. Nachteilig auf das System der Kaltwasserzirkulation wirkt sich die Bereitstellung von Kälte aus, denn nicht jedes Gebäude verfügt über eine Kältemaschine zur Raumkonditionierung.

Das System lässt sich ohne große Bedingungen in ein Gebäude integrieren. Das Zirkulationssystem sollte nicht in allen Gebäuden Einzug erhalten, denn es muss die technische Realisierbarkeit hinterfragt werden. Es kann letztlich festgehalten werden, und dies spiegelt auch die erstellte Arbeit wieder, dass das System der Kaltwasserzirkulation definitiv ein Konzept ist, welches wirtschaftlich und technisch eine Alternative zu den konventionellen Trinkwasserinstallationen darstellt und in den heutigen Gebäuden Berücksichtigung finden kann.

## Experimentelle Untersuchungen zur Verdunstungskühlung auf direkt benetzten Lamellenwärmeübertragern

**Daniel Kopytziok B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Thomas Westerdorf

Datum des Kolloquiums:

18. Januar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

DencoHappel GmbH, Herne



Durch die gestiegenen Anforderungen an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zwingt die Gesetzgebung Planer und Betreiber von Gebäuden den Energiebedarf für den Betrieb eines Gebäudes zu senken. Insbesondere die Klimatisierung spielt hierbei eine zentrale Rolle. Durch den für nahezu alle Raumluftechnischen Anlagen vorgeschriebenen Einsatz eines Wärmerückgewinnungssystems lässt sich der Energieverbrauch reduzieren.

Gerade im Sommer steigt der Verbrauch durch Kühlung und Entfeuchtung der Außenluft. Der Einsatz einer adiabaten Abluftbefeuchtung kann zu einer erheblichen Energieeinsparung für die Kühlleistung führen. Durch direktes Besprühen der Wärmeübertragerflächen lassen sich bedingt durch Nachverdunstung erhöhte Kühlleistungen vermuten.

Das Ziel dieser Untersuchung ist die Konzipierung eines Prüfstandes, mit dem die Kühlleistung eines direkt besprühten Lamellenwärmeübertragers gemessen werden kann. Hierzu wird die Messtechnik auf jene physikalischen Größen abgestimmt, die den Prozess nachhaltig beeinflussen. Die Effektivität der Befeuchtung und der Einfluss auf das Gesamtsystem sollen ermittelt und ein Modell entwickelt werden, um eine Berechnung und einen Vergleich zur herkömmlichen adiabaten Abluftbefeuchtung zu ermöglichen.

Die Ergebnisse der Untersuchung legen dar, dass das direkte Befeuchten des Wärmeübertragers in der Form wie sie untersucht wurde keine signifikante Effizienzsteigerung im Vergleich zur herkömmlichen adiabaten Abluftbefeuchtung bietet.

Das theoretisch berechnete Gesamtsystem ist hinsichtlich der abfallenden Kühlleistung genauso leistungsfähig, jedoch wurde festgestellt, dass das eingedüste Wasser nicht über die zweite Rohrreihe hinaus in den Wärmeübertrager eindringt, was Raum für weitere Optimierungen bietet. Auf Seiten der Betriebskosten lassen sich minimale Einsparungen erzielen, welche aber nicht ausreichen, um die Investition und den Betrieb einer Wasseraufbereitung zu amortisieren.

## Analyse zur Steigerung der Energieeffizienz einer bestehenden Wärmeversorgungsanlage in einem metallverarbeitenden Industriebetrieb

**Felix Kunert B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Brüggenkötter
Datum des Kolloquiums:	19. November 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	GEA Westfalia Separator Group GmbH, Oelde



Aufgrund der Größe des Unternehmens und den entsprechenden Bearbeitungsverfahren hatte die GEA Westfalia Separator Group GmbH im letzten Jahr Energiekosten von mehreren Millionen Euro. Um diese kontinuierlich zu reduzieren, wurde am Standort Oelde ein Energiemanagement nach DIN EN ISO 50001 eingeführt. Angelehnt an dieser Zertifizierung wurde die energetische Optimierung einer Werkhalle betrachtet.

Ziel dieser Ausarbeitung war es, die Energiekosten der GEA Westfalia Separator Group GmbH zu reduzieren. Hierfür sind anfänglich Messungen durchgeführt worden, die den derzeitigen energetischen Verlust des Gebäudes verdeutlichen. Anhand dieses Messaufbaus wurden fünf Verbesserungsvorschläge zur Energieeinsparung getroffen. Nach einer Gegenüberstellung der einzelnen Maßnahmen und dem Abwägen der jeweiligen Vor- und Nachteile, hat sich herausgestellt, dass nur eine Kombination der einzelnen Möglichkeiten zum gewünschten Ergebnis mit den gewünschten Einsparungen führt.

Die Umbaumaßnahme beinhaltet ein neues Rohrnetz, neue Heizgeräte und der damit verbundene hydraulische Abgleich, sowie der Einsatz einer elektronischen Regelung. Nach der Erstellung eines Konzeptes wurde die Umsetzung geplant und anhand bestehender Angebote von Fachfirmen wirtschaftlich erläutert und bewertet. Die Werte zur Berechnung der jährlichen Heizleistung wurden bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung angenommen, wodurch sich eine Amortisation des Umbaus von 4,46 Jahren ergab. Zudem hat sich herausgestellt, dass sich dadurch ein energetisches Einsparpotenzial von 1,21 % in Bezug auf den gesamten Energieverbrauch ergibt. Anhand der Brennstoffeinsparung kann die CO<sub>2</sub> Emission um 0,76 % reduziert werden.

Als wesentliches Ergebnis hat sich herausgestellt, dass der hydraulische Umbau des Gebäudes nach dem entworfenen Konzept erhebliche Einsparungen ermöglicht. Im Weiteren entsteht ein angenehmeres Raumklima durch kontrollierte Temperaturregulierung und die weitere elektronische

Datenerfassung ermöglicht die Ferndiagnose von Betriebszuständen der einzelnen Heizgeräte. Zudem wird durch diese Maßnahme ca. 81 % der Verpflichtung zur Energieeinsparung nach DIN EN 50001 nachgekommen und



auch das Versprechen die CO<sub>2</sub> Emission jedes Jahr um 1,5 % zu senken ist dadurch zur Hälfte erreicht.

Die in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse stellen das bisher ungenutzte Einsparpotenzial durch die hydraulische Abstimmung der Heizungsanlagen mit zusätzlicher Unterstützung einer bedarfsoptimierten Regelungstechnik dar, wodurch es zukünftig weiter ausgebaut und den weiteren Räumlichkeiten entsprechend angepasst werden muss.

Tobias Kunert B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Dipl.-Ing. Thomas Zimpel M. Sc.

Datum des Kolloquiums:

22. Dezember 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

varmeco GmbH & Co. KG, Kaufbeuren



In dieser Bachelorarbeit wird, in Kooperation mit der Firma varmeco GmbH & Co. KG, ein neuartiger Einsatz einer Wärmepumpe zur Deckung der Zirkulationsverluste in Trinkwasserinstallationen untersucht und bestimmt, ob dieser energetisch sinnvoll ist. Bei der hier zu untersuchenden Wärmepumpe handelt es sich um ein theoretisches Modell einer so nicht auf dem Markt erhältlichen Wärmepumpe.

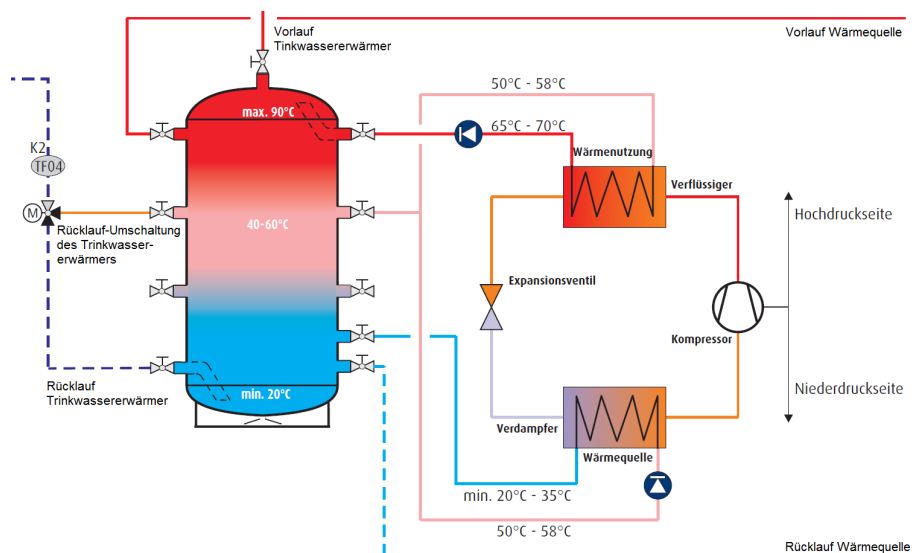


Abbildung 8: Aufbau und hydraulische Einbindung der Wärmepumpe

Hintergrund dieser Arbeit ist der Betrieb eines hygienisch einwandfreien Trinkwassernetzes. Gemäß dem DVGW Arbeitsblatt W551 muss in einem hygienisch einwandfreien Trinkwassernetz sicher gestellt sein, dass keine Stagnation und kein Temperaturabfall auf unter 55 °C eintreten. Um dies zu gewährleisten werden in Trinkwassernetzen eine zusätzliche Zirkulationsleitung und -pumpe installiert. Allerdings entstehen durch das Zirkulieren des 60 °C warmen Trinkwassers in einer kälteren Umgebung Verluste. Diese müssen durch eine Wärmequelle aufgefangen werden. Im Gegensatz zu den Spitzenlasten bei der Trinkwassererwärmung oder im Heizbetrieb handelt es sich bei den Zirkulationsverlusten um sehr geringe Leistungen. Jedoch werden die Wärmequellen im Regelfall auf die

Spitzenlasten ausgelegt und sind somit für die Abdeckung der Zirkulationsverluste überdimensioniert und stark verlust- und verschleißbelastet. Bei Trinkwassererwärmern werden im Zirkulationsbetrieb hohe Rücklauftemperaturen im Bereich von 49-57 °C erzeugt. Diese sind nicht mehr ausreichend für die Trinkwassererwärmung. Die Idee des Einsatzes der Wärmepumpe ist es, das nicht mehr ausreichend temperierte Pufferspeichervolumen als Anergiequelle zu nutzen und gleichzeitig den Pufferspeicher wieder zu erwärmen.

Messungen des Zirkulationsbetriebs in drei Referenzobjekten, ein Klinikum, ein Mehrfamilienhaus und ein Wellnesshotel, dienen als Basis für die energetische Untersuchung. Der Endenergie- und der Primärenergiebedarf werden hier als Vergleichswerte für den autarken und kombinierten Betrieb herangezogen. Im Endenergiebedarfsvergleich des autarken Wärmepumpenbetriebs, mit dem autarken Gas-Brennwertkesselbetriebs, zeigte der Wärmepumpenbetrieb einen geringeren Endenergiebedarf und auch einen geringeren Primärenergiebedarf als der Gas-Brennwertkesselbetrieb.

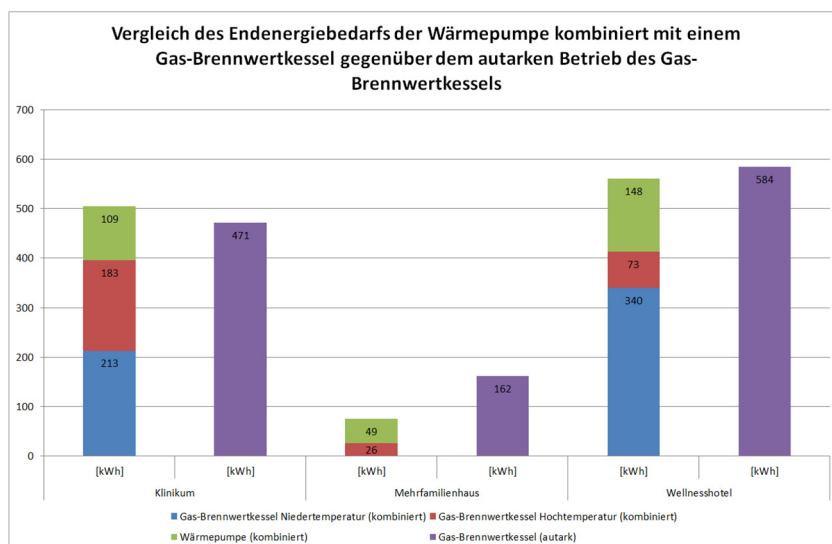


Abbildung 9: Vergleich des Endenergiebedarfs der Wärmepumpe kombiniert mit einem Gas-Brennwertkessel gegenüber dem Gas-Brennwertkessels

Jedoch kann die Wärmepumpe, auf Grund einer nicht ausreichenden Anergiequelle, nicht dauerhaft arbeiten. Dies motiviert die Untersuchung der Kombination aus Wärmepumpe und Gas-Brennwertkessel. Bei der Betrachtung des Endenergiebedarfs ist die Kombination Wärmepumpe mit Gas-Brennwertkessel in zwei von drei Referenzobjekten, dem Klinikum und Wellnesshotel, sparsamer. Die Untersuchung des Primärenergiebedarfs hat ergeben, dass die Kombination nur im Mehrfamilienhaus positiv gegenüber dem Gas-Brennwertkessel ausfällt.

Abschließend ist zuzusagen, dass eine Wärmepumpe zur Deckung der Zirkulationsverluste in Trinkwasserinstallationen, je nach Objekt und der spezifischen Nutzung, sowie der Anlagenkomponenten sinnvoll ist. Aus diesem Grund und zur Ermittlung genauere Werte ist es empfehlenswert einen Prototyp zu entwickeln.

**Benedikt Küpers B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

18. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:

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



Die Technik eines Offshore-Windenergieparks stellt ein komplexes System dar. Es unterscheidet sich durch den Bau im Küstenvorfeld der Meere von Onshore-Windparks. Durch den Verbund mehrerer Anlagen in einen Park entsteht eine kraftwerksähnliche Struktur, wie sie den Energieversorgern aus dem Betrieb von Kern-, Kohle- oder Gaskraftwerken bekannt ist. Doch die Anforderungen eines OWP sind viel komplexer und mit den einer Öl- oder Gasplattform zu vergleichen.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die grundlegende Technik offshore installierter Windenergieanlagen dargestellt, Instandhaltungsstrategien erläutert und Service-konzepte vorgestellt. Anschließend wurden am Beispiel der meteorologischen Daten am Standort der „Forschungsplattform in Nord- und Ostsee 1“ (FINO1) in der deutschen Nordsee die Wetterzugänglichkeiten unterschiedlicher Servicekonzepte überprüft und miteinander verglichen.



Abbildung 1: Service Operation Vessel (esvagt.com 2015)

Ein Servicekonzept wird mittel Service Operation Vessel (SOV) ausgeführt siehe Abbildung 1 alternativ werden Helikopter oder Personen Schiffe (CTV) eingesetzt um die Anlagen zu erreichen. SOVs liegen in unmittelbarer Nähe von Offshore-Windenergieparks vor Anker und können so die Servicetechniker und das nötige Material in kürzester Zeit auf die WEA bringen.

### Wetterbedingte Erreichbarkeit Service Operation Vessel

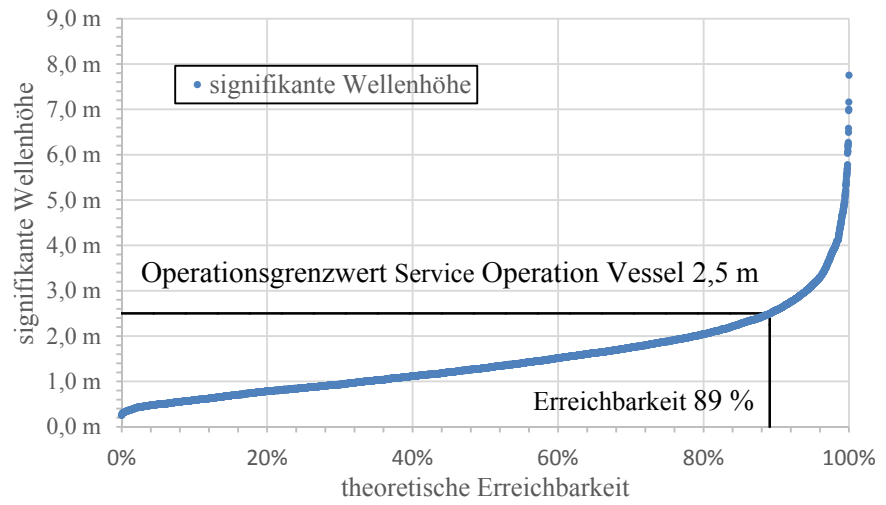


Abbildung 2: Wetterbedingte Erreichbarkeit mittels SOV am Standort FINO1 (Datenquelle BSH 2014)

Die Messwerte haben gezeigt, dass die theoretische Erreichbarkeit mittels Service Operation Vessel mit 89 % am höchsten ist und die sogenannten „Downtime“ aufgrund von Anlagenausfällen und nicht Erreichen am geringsten. Eine Steigerung der wetterbedingten Erreichbarkeit ist nur bis zum Windgeschwindigkeitsgrenzwert, an dem die Anlagen betreten werden dürfen, sinnvoll. Der Windgeschwindigkeitsgrenzwert liegt bei ca. 17 m/s.

## Technische und wirtschaftliche Analyse von Versorgungsunterbrechungen im Mittelspannungsnetz von Köln

**Jörg Leinkenjost B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Judith Schramm
Datum des Kolloquiums:	20. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Rheinische Netzgesellschaft mbH, Köln



Die Rheinische Netzgesellschaft mbH bewirtschaftet insgesamt Netze mit einer Länge von ca. 17.500 km im Strombereich. Sie ist ein 100 prozentiges Tochterunternehmen der RheinEnergie AG mit Sitz in Köln und wurde im Zuge des Unbundling 2006 gegründet.

Durch die Energierechtsnovelle 1998 mit der Öffnung der Märkte für leitungsgebundene Energieträger (Strom, Gas) änderten sich auch erstmalig die Marktbedingungen für Netzbetreiber. Bis dahin besaßen die Versorgungsunternehmen in ihren Versorgungsgebieten ein kartellrechtlich freigestelltes Monopol. Durch weiterführende gesetzliche Regelungen wurde der Wettbewerb weiter intensiviert. Damals wurden die Erlöse durch am Markt beteiligte Gruppen verhandelt, wohingegen sie heute durch gesetzliche Vorgaben bestimmt werden.

Im europäischen Vergleich hat Deutschland die zuverlässigsten Stromnetze, wie der Monitoring-Bericht zur Versorgungssicherheit vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie von 2009 zeigt. Vor allem durch den vermehrten Betrieb dezentraler Energieerzeuger (erneuerbare Energien, Blockheizkraftwerke), sowie durch die Liberalisierung der Energiemärkte kann die Versorgungssicherheit beeinträchtigt werden. Um dies zu verhindern wurden durch die Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG), als auch durch die Anreizregulierungsverordnung (ARegV) regulatorische Maßnahmen getroffen, so dass eine zuverlässige und sichere Versorgung auch weiterhin gewährleistet werden soll.

Eine Aufgabe des Fachbereichs Asset Strategie ist es frühzeitig Maßnahmen zur Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie zu entwickeln, um Versorgungsunterbrechungen in einem gewissen Rahmen zu halten. Diese Störungen im Betriebsablauf wirken sich aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen auf die Erlöse der RNG aus. Gleichzeitig kann sich ein Anstieg der Versorgungsunterbrechungen negativ auf die Kundenzufriedenheit auswirken. Damit ein Netz kosteneffizient betrieben werden kann, müssen Schwachstellen im Netzgebiet frühzeitig erkannt und die jährlich begrenzten Investitionen zielgerecht eingesetzt werden.

Innerhalb dieser Bachelorarbeit wurde die derzeitige Situation der Störungen im Mittelspannungsnetz von Köln dargestellt. Auffälligkeiten hinsichtlich der Betriebsmittel und bestimmten Fehlerarten konnten erfasst werden. So wurde beispielsweise festgestellt, dass Doppelerdschlüsse in diesem Netz einen erheblichen Teil der Versorgungsqualität beeinflussen. In technischen Maßnahmen wurden Möglichkeiten entwickelt, um die Versorgungsqualität zielgerichtet zu beeinflussen. Mit einer Erneuerungsstrategie die auf einer Betriebsmittelpriorisierungsliste beruht, kann zielgerichtet die Ausfallhäufigkeit vermindert werden. Die Betriebsmittelpriorisierungsliste konnte aus der Ist-Analyse des Netzes erstellt werden. Weiterhin kann durch automatisierte Netzstationen die Dauer einer Versorgungsunterbrechung vermindert werden.

Schwierig ist das Zusammenspiel aus regulatorischen Rahmenbedingungen und den Investitionen in technische Maßnahmen, die die Versorgungsqualität beeinflussen. Diese Rahmenbedingungen haben sich in den letzten Jahren verändert, wohingegen die Kalkulationszeiträume für Anlagen 50 Jahre betragen. Deswegen ist es schwierig, heute Investitionen zu tätigen, damit sich das Netz auch bei ändernden Rahmenbedingungen zukünftig wirtschaftlich betreiben lässt.

## Auslegung eines Nahwärmenetzes in Kombination mit einer Biomasse-Heizzentrale

**Stefan Löckmann B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann  
Dipl.-Ing. (FH) Tobias Ahlers

Datum des Kolloquiums:

24. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

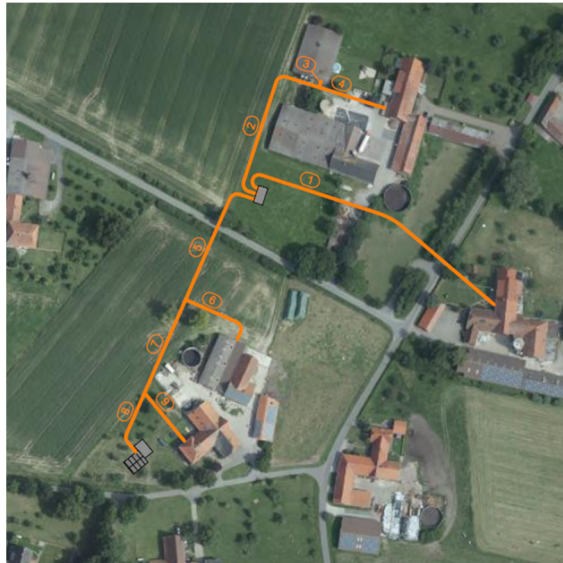
Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

caro energiesysteme gmbh, Warendorf



Das Thema dieser Bachelorarbeit ist die Auslegung eines Nahwärmenetzes in Kombination mit einer mit Hackschnitzeln befeuerten Biomasseheizung. Dieses Projekt besitzt einen realen Hintergrund. Im Landkreis Warendorf, Ortsteil Hoetmar, Bauernschaft Natarp, haben sich drei Landwirte entschlossen, die Energieversorgung ihrer Betriebe zu verändern und gegebenenfalls auch Biomasse als Brennstoff einzusetzen.



Aktuell erfolgt die Wärmebereitstellung in diesen Betrieben überwiegend noch auf Basis von Heizöl. Da die Wärmeerzeugungsanlagen bereits zwischen 16 und >30 Jahren alt sind, besteht innerhalb der kommenden Jahre ein Erneuerungsbedarf. Auf Grundlage der Arbeiten des „Arbeitskreises Energie“, welcher im Rahmen des Projekts „Unser Dorf hat Zukunft – Hoetmar 2030“ gegründet wurde, haben sich die genannten Landwirte entschlossen, eine alternative Versorgungsvariante in Form einer zentralen Biomasseheizzentrale zur Energieversorgung ihrer Höfe zu prüfen.

Die vorliegende Arbeit untersucht eine solche Variante hinsichtlich Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit gegenüber der bestehenden Versorgung mit Öl.



Es erfolgte die Datenaufnahme der einzelnen Wärmeabnehmer, die Auslegung und Berechnung des Nahwärmenetzes, die Berechnung der Feuerungsleistung gemäß DIN EN 12831 Bbl 2: 2015-05, die Dimensionierung der Biomasseheizung auf Basis der aktuellen und zukünftigen Verbrauchsdaten, die Auswahl einer geeigneten Anlagentechnologie, die Angebotseinholung und die Erstellung einer wirtschaftlichen Betrachtung „Hackschnitzel vs. Öl“.

Es wurde eine Gesamtfeuerungsleistung von ca. 254 kW berechnet mit einem Jahresendenergiebedarf von 751.679 kWh. Anschließend wurde von den unterschiedlichen Gewerken (Tiefbau, Architektur, Installateur, Brennstofflieferant, usw.) Angebote eingeholt um eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Verglichen wurde dabei der Neubau einer zentralen mit Hackschnitzeln befeuerten Heizzentrale, inklusive Nahwärmenetz, gegenüber dem Austausch der bestehenden Ölheizungen. In den Vergleich flossen die zu erwartenden Betriebskosten und relevanten KfW-Fördermittel mit ein. Das Ergebnis zeigt einen jährlichen Vorteil von im Schnitt etwa 15.000 € in den nächsten 20 Jahren.

## Wasserrecycling in der Fruchtsaftindustrie - Kombination von Membranbioreaktoren und weitergehender Abwassernachbehandlung

**David Londoño Moreno M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Jens Haberkamp
Datum des Kolloquiums:	14. Dezember 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	EnviroChemie GmbH, Roßdorf



Der Nordosten Brasiliens kämpft, wie viele andere aride und semiaride Regionen der Welt, mit Wasserknappheit. Die vorhandenen Wasserressourcen sind nicht für alle Nutzungen ausreichend, daher sind schon einige Probleme zwischen den unterschiedlichen Wassernutzern aufgetreten. Um Lösungen für diese Problematik zu finden, ist eine integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen der Region notwendig. Dazu gehört, neben anderen Maßnahmen, das Wasserrecycling als Möglichkeit, den Frischwasserbedarf zu minimieren.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde ein Behandlungskonzept für das Abwasser eines brasilianischen Fruchtsaffherstellers untersucht, das in der Lage ist, Wasser in der für die Wasserwiederverwendung benötigten Qualität zu liefern. Als Hauptbehandlungsstufe wurde die biologische Reinigung in einem Membranbioreaktor gewählt, mit dem ein Abbau von ca. 99 % der organischen Stoffe (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf - CSB) und eine Elimination von 95 % des Stickstoffs und mehr als 60 % des Phosphors erzielt werden konnte. Vier unterschiedliche weitergehende Abwasserbehandlungstechnologien wurden zusätzlich auf ihre Eignung für die Nachbehandlung des Wassers untersucht. Sowohl die Nanofiltration als auch die Umkehrosmose und die Aktivkohleadsorption waren in der Lage, den Gehalt an organischen Stoffen des Wassers weiter zu reduzieren bis CSB-Konzentrationen kleiner 5 mg/l gemessen werden konnten. Bei der Ozonierung dagegen konnten nur geringere Eliminationsraten von ca. 50 % erreicht werden. Die Nanofiltrations- und Umkehrosmosemembranen waren außerdem in der Lage, die Leitfähigkeit des Wassers um 72 % bzw. 98 % zu reduzieren.

Die Analyse des behandelten Wassers zeigte, dass eine Behandlung allein mit dem Membranbioreaktor nicht in der Lage ist, alle mikrobiologischen, physikalischen und chemischen Grenzwerte einzuhalten, die für ein sicheres Wasserrecycling gefordert werden. Die Nachbehandlung mit Nanofiltrations- und Umkehrosmosemembranen macht eine Wiederverwendung des Wassers sowohl für industrielle Zwecke als auch in der Landwirtschaft oder im Rahmen von Grundwasseranreicherungsprojekten möglich. Eine Nachbehandlung mit Ozon oder Aktivkohle ist dagegen aufgrund hoher Phosphorkonzentrationen nicht für industrielle Anwendungen geeignet. Ihre Verwendung ist jedoch für die anderen beiden Zwecke möglich.

## Entwicklung eines Berechnungskonzeptes für die Kaltwasserzirkulation in Gebäuden zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene

**Felix Markert M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann

Datum des Kolloquiums:

16. Dezember 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Die hygienisch-mikrobiologische Trinkwasserqualität wird wesentlich von den Parametern Temperatur, Wasseraustausch und Durchströmung beeinflusst. Die einschlägigen Regelwerke fordern bezogen auf Kaltwasser, dass Temperaturbereiche, die mikrobielles Wachstum befördern zu vermeiden sind. Ein für die Hygiene ausreichender Wasseraustausch wird weiterhin gefordert.

Zur Einhaltung dieser Forderungen hinsichtlich Temperatur und Wasseraustausch haben sich in der Praxis manuelle und automatisierte Spülmaßnahmen etabliert. Eine Durchströmung von Kaltwasser-Installationen ist von vielen Einflussfaktoren abhängig und erfolgt selbst bei automatisierten Spülmaßnahmen relativ unkontrolliert. Zudem kann eine Erwärmung des Kaltwassers in Stagnationsphasen nicht verhindert werden. Ein möglicher Ansatz, die auf eine Kaltwasser-Installation übergehende Wärme abzuführen, einem stetigen Temperaturanstieg entgegenzuwirken und die Durchströmung der Installation zu gewährleisten, ist eine kontinuierliche Kaltwasserzirkulation mit zusätzlicher Kühlung.

Bei Systemen für Warmwasser haben sich Zirkulationssysteme in der Praxis bewährt und besitzen den Status einer allgemein anerkannten Regel der Technik. Ein Zirkulationssystem für Kaltwasser wird in Gebäuden vereinzelt angewendet, allerdings existiert für ein solches Zirkulationssystem kein Berechnungskonzept, welches in einem Regelwerk beschrieben ist.

Im Laufe der Masterarbeit wurde ein Berechnungskonzept für die Kaltwasserzirkulation in Gebäuden entwickelt. Dieses wurde mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes durchgeführt. Die Berechnung basiert auf dem Berechnungskonzept für Warmwasser nach DIN 1988-300 und DVGW W 553. Das Berechnungskonzept wurde anhand eines fiktiven Beispielgebäudes erläutert und analysiert. Dabei wurden zwei verschiedene Installationssysteme betrachtet.

Unter dem Aspekt der Trinkwasserhygiene wurde aus technischer Sicht auf Grundlage der Berechnungsergebnisse die praktische Umsetzbarkeit des Berechnungskonzeptes hinterfragt. Zu diesem Zweck wurde eine thermische Strömungssimulation durchgeführt.

### Nils Mehlitz B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	17. August 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Intech Contracting GmbH, Osnabrück



Die Industrie hat einen großen Anteil am weltweiten Energieverbrauch. So wird ihr etwa ein Drittel des Gesamtverbrauchs zugerechnet. Dies entspricht ungefähr so viel, wie für den weltweiten Verkehr an Energie benötigt wird. Nicht nur die Industrieprozesse selber benötigen viel Energie, vor allem die versorgungstechnischen Anlagen sorgen für einen hohen Energieverbrauch. Versorgungstechnische Anlagen umfassen Bereiche wie die Strom-, Wärme-, Kälte oder Druckluftversorgung. Die hierzu eingesetzten Anlagen sind oft veraltet oder werden nicht regelmäßig gewartet. Hier besteht großes Potenzial zur Energieeinsparung. Würde man die besten zur Verfügung stehenden Technologien zur Versorgung einsetzen, ließe sich der Energieverbrauch so um 20-30 % senken.

Als ein Ansatz zur Energieeinsparung in der Industrie habe ich in meiner Bachelorarbeit anhand der Kälteversorgung der Winkelmann Group, einem mittelständischen Unternehmen im Bereich der Automobilzuliefererindustrie, sowie Heizungstechnik, das Energieeinsparpotential einer neu zu installierenden Anlage nach dem Prinzip der freien Kühlung betrachtet

Eine Produktionshalle der Winkelmann Group in Ahlen könnte auf ein höheres Kaltwassertemperaturniveau angehoben werden. Dieses Temperaturniveau eignet sich ideal für über das Jahr gesehen lange Laufzeiten der geplanten Anlage.

Ausgelegt wurde die Freikühlanlage zusammen mit der Jaeggi Hybridtechnologie AG. Anhand der Auslegungsdaten wurde der zu erwartende Energieverbrauch der Neuanlage auf Grundlage des Jahres 2014 mit Hilfe von zur Verfügung stehenden Messdaten der Außentemperaturen und Kälteverbräuche durch Interpolation berechnet. Auch betrachtet werden musste hierbei die Einbindung der Anlage in das bestehende Kaltwassernetz und die dadurch entstehenden Kosten.

Der Energieverbrauch und die Installationskosten wurden mit der momentanen Kälteversorgung der Winkelmann Group verglichen, um die zu erwartende Einsparung und Wirtschaftlichkeit der freien Kühlung bewerten zu können.

Die Berechnungen der Einsparung und der Wirtschaftlichkeit ergaben, dass der Einbau einer Freikühlanlage mehrere Vorteile für die Kälteversorgung der Produktionshalle der Winkelmann Group liefern könnte. Sie ist eine umweltschonende Alternative zur herkömmlichen Kälteanlage, da sie einerseits kein Ozon schädigendes, FCKW-haltiges Kältemittel zur Kälteerzeugung benötigt und andererseits im Vergleich zur Bestandsanlage, ein hohes Energieeinsparpotenzial besitzt.

Auch wenn Freikühlanlagen aufgrund der Außentemperaturabhängigen Leistung, je nach Kaltwassertemperatur, oft nicht das ganze Jahr über betrieben werden können, kann es sich lohnen sie für die möglichen Betriebsstunden zu installieren und zu betreiben. Wichtig ist eine sorgfältige Betrachtung der benötigten Temperaturen und Leistungen, um durch eine gute Auslegung und Berechnung eine möglichst lange Betriebsdauer der Anlage zu erreichen.

Der in der Arbeit betrachtete Auslegungsfall bietet sich wie die Berechnungen gezeigt haben an um kostengünstig und effizient Kälte für eine Gesamtdauer von über einem halben Jahr zur Verfügung zu stellen. Hierbei ergeben sich Einsparungen im Gegensatz zur Bestandskälteanlageanlage in Höhe von 84.000€. Diese Einsparungen machen auch bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der beiden Anlagen den Unterschied aus. Außerdem ist zu erwarten, dass die Einsparungen bei konstant bleibenden Verbräuchen und Außentemperaturen aufgrund steigender Energiekosten noch weiter steigen werden.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand der Kapitalwertmethode über 10 Jahre, mit einem Kapitalzinssatz von 3 %, hat gezeigt, dass die Investition in die neue Anlage positiv zu bewerten ist und ein Nichtnutzen des Einsparpotenzials, durch die Weiternutzung der Bestandsanlage für die möglichen Betriebszeiten der freien Kühlung, als wirtschaftlich nicht sinnvoll anzusehen ist. Die berechnete Amortisationszeit von unter 2 Jahren und die danach zu erwartenden Einsparungen sprechen ebenso für eine Investition in die neue Anlage.

## Rückhalt der Feinfraktion partikulärer Stoffe in Niederschlagsabflüssen durch chemisch-physikalisch wirksame Filteranlagen

**André Mesch B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

23. November 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Der Runderlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ des MKULNV hat viel Bewegung in das Thema der dezentralen Regenwasserbehandlung gebracht. Die Wuppertaler Stadtwerke haben eine von der Pecher Technik GmbH entwickelte chemisch-physikalisch wirksame Regenwasserfilteranlage gebaut, bei der erstmals Reinigungsmechanismen dezentraler Regenwasserbehandlungen im Maßstab einer zentralen Regenwasserbehandlung zur Anwendung kommen (Bild 1).

Das Ziel der Untersuchung war es, den Rückhalt der Feinfraktion partikulärer Stoffe an dieser Filteranlage, sowie die maximale Kapazität des Filtermaterials zu ermitteln.

Eine Literaturrecherche ergab typische AFS-Konzentrationen von 141 mg/l und typische AFSfein-Konzentrationen von 80 mg/l. Die AFS-Konzentrationen schwanken stark, während die AFSfein-Konzentrationen verhältnismäßig konstant sind und durch die Grobfraktion von AFS aufgestockt werden. Typische Anlagen zur zentralen Regenwasserbehandlung, welche auf dem Sedimentationsprinzip beruhen, erreichen einen durchschnittlichen Rückhalt von 40 % in Bezug auf AFS und einen durchschnittlichen Rückhalt von 30 % in Bezug auf AFSfein.

Laborversuche (Bild 2), die im Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung der FH-Münster an einem halbtechnischen Modell der Großfilteranlage „In der Fleute“ durchgeführt wurden, ergaben einen durchschnittlichen Rückhalt durch Filtration von 22,23 %, wobei dieser Wert am Anfang der Lebensdauer des Filtermaterials noch 30 % übertrifft und im Laufe der Zeit auf unter 10 % abfällt. Ab diesem Zeitpunkt wurde das Filtermaterial als beladen angesehen. Die Kapazität des Filtermaterials ergab sich zu 18,79 kg/m<sup>2</sup>. Zusätzlich zu einer Sedimentationsleistung von 30 % ergibt sich ein Rückhalt von 52,23 %.

Dies reicht aus, um die Vorgaben des „Trenn-Erlasses“ für dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen zu erfüllen. Ein zusätzlicher Rückhalt von 22,23 % AFSfein gegenüber dem Durchschnittswert der Sedimentationsleistung von Regenklärbecken stellt einen signifikanten Vorteil für den Gewässerschutz dar, da gerade die Feinfraktion der abfiltrierbaren Stoffe hoch mit Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen oder weiteren organischen Schadstoffen beladen sein kann. Außerdem erreicht der Filter durch die chemisch-physikalischen Prozesse eine Reduzierung der

nicht partikulären Stoffe, wie z. B. gelöste Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Mineralölkohlenwasserstoffe und führt somit zu einer weitergehenden Verringerung der Gewässerbelastung.



Bild 1: Einbau des Filtermaterials in den technischen Regenwasserfilter

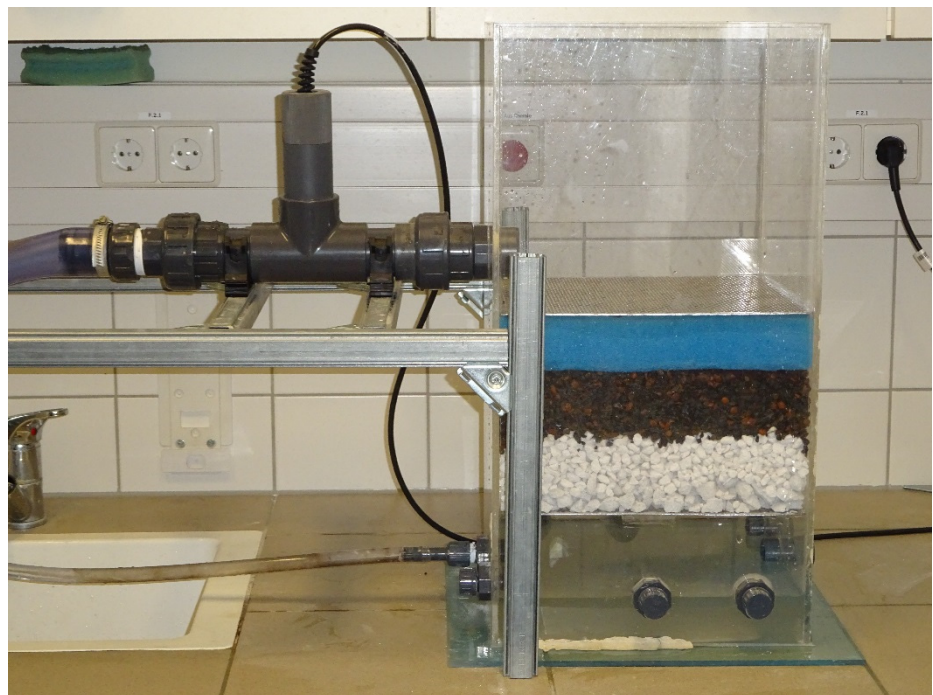


Bild 2: Laboranlage zur Untersuchung des Rückhaltes von AFS63

**Julian Mussenbrock B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Michael Benneker B.Eng.
Datum des Kolloquiums:	20. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Es wurden im Rahmen dieser Arbeit Optimierungspotenziale bei der Auslegung von 110/10-kV-Transformatoren, sowie von Umspannwerken der Stadtwerke Münster untersucht und aufgezeigt. Des Weiteren wurde eine Zustandsbewertung der Transformatoren vorgenommen, anhand dessen die restlichen Betriebsjahre der Transformatoren abgeschätzt werden konnten. Schlussendlich folgt aus der Zustandsbewertung und der Auslegungsoptimierung ein Sanierungskonzept der Umspannwerke für die nächsten 40 Jahre.

Primär wurde bei der Auslegung der Transformatoren neben Übertragungsverhältnis, Bemessungsleistung, Redundanz und Bauform, ein hohes Optimierungspotenzial bei der Auslegung der relativen Kurzschlussspannung festgestellt. Es wurde erkannt, dass die 110/10-kV-Transformatoren der Stadtwerke Münster eine extrem hohe relative Kurzschlussspannung besitzen. Es wurde aufgezeigt wie eine Minderung der relativen Kurzschlussspannung realisiert werden kann und welche Vor- und Nachteile das mit sich bringt. Das Abwägen der Vor- und Nachteile unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten ergibt einen Wert von 12 % für die relative Kurzschlussspannung der 110/10-kV-Transformatoren in Münster.

Der innerbetriebliche Instandhaltungsaufwand für die nächsten 40 Jahre konnte durch eine Zustandsbewertung aller 17 Transformatoren in Münster abgeschätzt werden. Das Ergebnis der Zustandsbewertung ist eine jeweilige Abschätzung der restlichen Betriebsdauer der Transformatoren. Die Transformatoren wurden durch Isolierölprüfung, Gas-in-Öl-Analyse, Furanbestimmung, Historie, äußerer Zustand und Baujahr in fünf Prioritätsstufen eingeteilt. Es wurde das Risiko für einen Investitionsstau in den nächsten 20 Jahren ermittelt, da von den insgesamt 17 Transformatoren 14 Stück in den nächsten 20 Jahren ersetzt werden müssen.

Für die nächsten 10 Jahre werden unter Berücksichtigung der Transformatorneuauslegung, sowie der Zustandsbewertung folglich explizite Baumaßnahmen vorgeschlagen und beschrieben. Hierdurch sollen vor allem unplanmäßige Ausfälle von Transformatoren verhindert werden und die neue relative Kurzschlussspannung der Transformatoren möglichst schnell umgesetzt werden. Aufbauend auf diese Arbeit sollen neue 110/10-kV-Transformatoren speziell auf die Gegebenheiten der jeweiligen Umspannwerke in Münster geplant und ausgelegt werden können und zusätzlich das Risiko, sowie die Folgen unplanmäßiger Transformatorausfälle minimiert werden.



**Dennis Nagy M.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 25. September 2015

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



Die Masterarbeit „CFD-Simulation von Fan-Coil-Systemen mittels FDS“ beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Erstellung und Validierung einer VBA Routine, die Code Bausteine für den „Fire Dynamics Simulator – FDS“ erzeugt.

Die Routine wurde mittels Visual Basic for Applications innerhalb von Microsoft Excel 2010 erstellt und hält eine Datenbank mit geometrischen und physikalischen Parametern von 14 verschiedenen realen dezentralen Lüftungssystemen und Bodenkonvektoren mit freier und erzwungener Konvektion vor.

Durch die Auswahl des gewünschten Gerätetyps und dessen Eigenschaften auf der Nutzeroberfläche, wird der entsprechende FDS Code Baustein in Microsoft Excel erzeugt. Dabei lässt sich der gewählte Gerätetyp innerhalb des definierten Raumes nach Belieben verschieben und drehen. Außerdem trifft der Nutzer weitere Einstellungen zu Geometrie und Physik, um den Betriebszustand des Gerätes genauer zu definieren. Die Routine erkennt die Nutzerwünsche anhand der Einstellungen und bereitet den sich daraus ergebenden Code entsprechend auf. Der so entstandene Code enthält erstens die Kopfinformation des zu simulierenden Projektes, wie beispielsweise Namen, Simulationszeit und Auflösung, und zweitens die geometrischen und physikalischen Informationen für die eigentliche Simulation. Diese werden je nach Auswahl des Nutzers innerhalb der Routine generiert.

Dieser FDS Code Baustein liegt dem Nutzer nun auf der Oberfläche vor und lässt sich auch als solcher in eine Datei speichern, die anschließend vom Simulationsprogramm FDS interpretiert werden kann. FDS ist nun in der Lage die raumluftechnischen Auswirkungen des Gerätes innerhalb des definierten Raumes zu berechnen.

Die durch diese Berechnung gewonnenen Ergebnisse lassen sich mittels „Smokeview“, als Programmteil des Fire Dynamics Simulator, visualisieren und auswerten. Die Validierung der Simulationsergebnisse mit gemessenen realen Laborwerten ergab, dass sich die Ergebnisse unwesentlich unterscheiden. Mit solchen Simulationen lassen sich stichhaltige Aussagen zu Neubau- und Modernisierungsprojekten im raumluftechnischen Umfeld treffen. Durch die Simulation verschiedener Szenarien wird Gebäudeplanern die Geräteauswahl entschieden vereinfacht, wobei die Belastbarkeit der über diesen Weg getroffenen Auswahl nicht beeinträchtigt wird.

**André Opalka M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	07. August 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	B+V Energie Consulting GbR, Münster



Der rationelle und nachhaltige Umgang mit Energie und Ressourcen gewinnt in der Industrie, zu der auch die kunststoffverarbeitende Industrie gehört, zunehmend an Bedeutung. Gründe hierfür sind u. a. das steigende Bewusstsein der Endlichkeit fossiler Energieträger, politische Energieeffizienz- und Klimaschutzziele und nicht zuletzt die derzeit scheinbar unaufhörlich steigenden Strompreise, die überwiegend auf die in den vergangenen Jahren stark angestiegenen staatlichen Belastungen, wie Steuern, Abgaben und Umlagen, zurückzuführen sind. Da die kunststoffverarbeitende Industrie zusammen mit der gummiverarbeitenden Industrie zu den zehn Industriebranchen mit dem höchsten Endenergieverbrauch in Deutschland gehört, kann sie durch eine Steigerung der Energieeffizienz einen großen Beitrag zum Klimaschutz und zur Energiewende in Deutschland leisten.

Darüber hinaus liegt der Energiekostenanteil an den gesamten Herstellungskosten in dieser Branche im Durchschnitt zwischen 5 und 10 % und kann im Einzelfall sogar über 50 % liegen, so dass kunststoffverarbeitende Betriebe zusätzlich ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken können, indem sie kontinuierlich darum bemüht sind, ihre Produktionsprozesse energetisch zu optimieren, um so ihre Energiekosten zu senken.

Das Ziel dieser Arbeit war es, durch Bereitstellung von fachlichen Informationen und konkreten Praxisbeispielen auf das Energieeinsparpotenzial in der kunststoffverarbeitenden Industrie aufmerksam zu machen und gezielte Energieeffizienzmaßnahmen sowie technische Innovationen vorzustellen, mit denen die Energieeffizienz in dieser energieintensiven Branche gesteigert werden kann.

Hierfür wurden die wesentlichen Produktionsprozesse mit ihren energieintensiven Anlagen, zu denen u. a. Spritzgießmaschinen, Extruder und Granulat-trockner gehören, zunächst detailliert dargestellt, bevor anschließend prozess- und verfahrenstechnische Optimierungsmaßnahmen aus der Praxis sowie Innovationen aus dem Anlagenbau präsentiert wurden.

Anschließend wurden die zuvor erarbeiteten theoretischen Fachkenntnisse in der Praxis angewandt, indem im Rahmen einer betrieblichen Energieanalyse zunächst Einsparpotenziale eines konkreten kunststoffverarbeitenden Unternehmens aufgedeckt und bewertet wurden. Daraufhin wurden ausgewählte

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umgesetzt und mittels zuvor gebildeter Energiekennzahlen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft. So konnte z.B. der spezifische Stromverbrauch einer vollhydraulischen Spritzgießmaschine durch eine Ersatzinvestition in eine effizientere Spritzgießmaschine mit einer sogenannten hybriden Antriebstechnik um ca. 56 % und die Zykluszeit um etwa 20 % gesenkt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in der kunststoffverarbeitenden Industrie erhebliche Energieeinsparpotenziale vorhanden sind, die je nach Ausgangslage bzw. betrieblicher Situation im Schnitt etwa 10 bis 30 % betragen. Diese können u. a. durch eine gezielte Materialauswahl, eine geeignete Lagerung der Kunststoffgranulate, eine Optimierung der Prozessführung oder mithilfe von auf den Prozess abgestimmter Antriebs- und Verfahrenskomponenten erschlossen werden.

In Deutschland existieren über 2.870 kunststoffverarbeitende Betriebe, so dass das „Multiplikationspotenzial“ für die in dieser Arbeit vorgestellten Energieeffizienzmaßnahmen und die daraus resultierenden energetischen sowie wirtschaftlichen Einsparpotenziale erheblich sind.

**Jan Ortmann M.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 10. April 2015

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



Die Wärmeversorgung ist in Hinblick auf den Ausbau der erneuerbaren Energien im Vergleich mit der Stromerzeugung in der Öffentlichkeit bislang eher zweitrangig behandelt worden. Dabei entfielen im Jahr 2013 56 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf die Wärme.

Die Gemeinde Saerbeck hat es sich deshalb zum Ziel gesetzt, ein mit erneuerbaren Energien gespeistes Nahwärmenetz aufzubauen und somit eine umweltfreundliche Art der Wärmeerzeugung zu nutzen. Im Rahmen des Landeswettbewerbs „KWK-Modellkommune“ in Nordrhein-Westfalen, wurde bereits ein Feinkonzept ausgearbeitet, mit welchem der Wettbewerb letztendlich auch neben fünf anderen Städten und Gemeinden gewonnen werden konnte. Das Feinkonzept soll nun in den nächsten Jahren in drei Ausbaustufen umgesetzt werden.

In dieser Arbeit ist das Feinkonzept in Hinblick auf eine Optimierung der Konfiguration von Wärmeerzeugern und Wärmespeichern mit Hilfe von Wetterdaten weiterentwickelt worden. Klimadaten werden schon lange verwendet, um Wärmebedarfe von Wohnungen, Gebäuden und ganzen Versorgungsnetzen einschätzen zu können. In Zeiten intelligenter Regelungen kann es jedoch auch sinnvoll sein, kurzfristig auf Wetterveränderungen zu reagieren, zum Beispiel beim Speichermanagement und der Wärmeerzeugung an sich. Auch der Strommarkt ist Bestandteil der Untersuchungen gewesen. Durch den schnellen Zubau an volatilen Erzeugungseinheiten wie Windkraft- und Photovoltaikanlagen kommt es zu starken Preisschwankungen am Strommarkt bis hin zu negativen Preisen. Inwieweit ein Nahwärmenetz von diesem Zustand profitieren kann, ist ebenfalls untersucht worden.

Zunächst wurden Prognosewerte der Wetterdienste Deutscher Wetterdienst (DWD) und Meteomedia gesammelt und auf ihre Qualität hin untersucht. Es hat sich gezeigt, dass es vereinzelt bei beiden Wetterdiensten zu Abweichungen von bis zu 5 K bei der Vorhersage von Höchst- und Tiefsttemperaturen kommen kann. Dies könnte für die in dieser Arbeit thematisierte Verwendung zur Optimierung eines Nahwärmenetzes problematisch sein, da bei einer zu warmen Vorhersage nicht ausreichend Wärme im Voraus zur Verfügung gestellt wird. Da sowohl das Netz als auch die zu heizenden Gebäude sehr träge reagieren und deswegen vereinzelt, kurze Lastspitzen weniger relevant sind, sind gemittelte Vorhersagen aus den Tageshöchst- und Tagestiefsttemperaturen erstellt worden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Abweichung in über 50 % der Fälle nicht größer als  $\pm 1$  K ausfällt. Für die Betrachtung des

Nahwärmenetzes Saerbeck wurden letztendlich die Werte des DWD herangezogen, da diese die besseren Eigenschaften für die vorgesehene Aufgabe aufweisen und zudem kostenfrei und unkompliziert zur Verfügung stehen.

Um eine gute Übertragbarkeit in die Praxis zu erhalten, wurde exemplarisch ein synthetisches Lastprofil auf Basis des Jahreswärmebedarfs und Temperaturen des Jahres 2013 sowie mit Hilfe der oben genannten Vorhersagenanalyse synthetische Wettervorhersagen für den Betrachtungszeitraum erstellt.

Die eigentliche Betrachtung des Nahwärmenetzes, speziell des Verhaltens von Wärmeerzeugern und –speichern, übernimmt ein im Rahmen dieser Arbeit programmiertes Simulationstool auf Basis von Visual Basic for Applications (VBA) innerhalb von Microsoft Excel. Mit diesem können mit verschiedenen Kombinationen von Wärmeerzeugern und zwei unterschiedlichen Speichertypen sowie weiteren Parametern, wie z. B. einem maximalen Strompreis für Power-to-Heat-Anlagen und unterschiedlichen Wetterprognosequalitäten, mit einer Genauigkeit von einer Stunde der Betrieb der Wärmeerzeuger und der Füllstand der Speicher simuliert werden. Ausgegeben werden die Ergebnisse auf einem einseitigen Ergebnisblatt oder sehr detailliert mit exakten Betriebszeiten über jede einzelne Stunde des Simulationszeitraums (siehe Abbildung 1). Dieses Tool ist zwar für das Nahwärmenetz in Saerbeck entwickelt worden, lässt sich jedoch grundsätzlich für jedes Nahwärmeprojekt einsetzen.

	Last	BHKW 986 kW	BHKW 443 kW	BHKW 443 kW	Power-to-Heat 500 kW	Wärmepumpe 500 kW	Spitzenlast 300 kW	Spitzenlast 550 kW	Spitzenlast 1200 kW	Wasserspeicher 3500 kWh
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kWh]
02.01.2013 00:00	1.020 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.500 kWh
02.01.2013 01:00	1.083 kW	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.500 kWh
02.01.2013 02:00	1.130 kW	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.500 kWh
02.01.2013 03:00	1.297 kW	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.500 kWh
02.01.2013 04:00	1.716 kW	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.500 kWh
02.01.2013 05:00	2.532 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.328 kWh
02.01.2013 06:00	3.244 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	3.294 kWh
02.01.2013 07:00	3.024 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	3.480 kWh
02.01.2013 08:00	2.757 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	3.383 kWh
02.01.2013 09:00	2.542 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.200 kWh
02.01.2013 10:00	2.359 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.201 kWh
02.01.2013 11:00	2.250 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.311 kWh
02.01.2013 12:00	2.218 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.453 kWh
02.01.2013 13:00	2.208 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	3.405 kWh
02.01.2013 14:00	2.270 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.494 kWh
02.01.2013 15:00	2.370 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.484 kWh
02.01.2013 16:00	2.506 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH	3.338 kWh
02.01.2013 17:00	2.668 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	3.329 kWh
02.01.2013 18:00	2.736 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	3.253 kWh
02.01.2013 19:00	2.757 kW	WAHR	WAHR	WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH	3.156 kWh

Abbildung 1: Auszug aus den stundenscharfen Simulationsergebnissen eines Szenarios mit Power-to-Heat-Anlage

Für das Nahwärmeprojekt in Saerbeck wurden schließlich insgesamt neun verschiedene Konfigurationen entwickelt und simuliert. Beginnend bei einer einfachen Basiskonfiguration, die dem Feinkonzept des Projektes entspricht, wurden Schritt für Schritt Optimierungen getätigt. Das Ergebnis dieser vergleichenden Simulationen ist, dass durch eine Berücksichtigung von Wetterprognosen und einer entsprechenden Fahrweise der Speicher mit geringem Aufwand bereits 6,7 % Speicherverluste eingespart werden können. Werden darüber hinaus noch Optimierungen an der Größe der Wärmepumpe zur Nutzung des Erdsondenwärmespeichers durchgeführt und eine Power-to-Heat-Anlage zur Ausnutzung niedriger Strompreise hinzugefügt, lassen sich diese Verluste um rund 18 % reduzieren, was bei einem Wärmepreis von 9 ct/kWh eine Kostenersparnis von rund 4.500 € pro Jahr bedeutet.

**Sebastian Palstring B.Eng. .**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Tobias Schoo
Datum des Kolloquiums:	24. Februar 2016
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Volkswagen Osnabrück GmbH, Osnabrück



Ziel der Bachelorarbeit war es, die Problematiken der Behaglichkeit in der Montagelinie 2 der Volkswagen Osnabrück GmbH zu verbessern. Hierfür wurden Behaglichkeitsmessungen durchgeführt und darauf aufbauend Maßnahmen definiert, welche die Situation verbessern sollen. Behaglichkeit beschreibt das menschliche Wohlbefinden in Abhängigkeit der Wärme.

Die thermische Behaglichkeit wird dahingehend auch als ein bestimmtes Niveau verstanden, welches für die Heizungs- und Klimatechnik in einer Norm klar definiert ist.

Die Zufriedenheit der Mitarbeiter in einem Produktionsbetrieb steht in engen Zusammenhang mit der thermischen Behaglichkeit. Sollte ein Mitarbeiter unzufrieden wirken, kann in manchen Fällen das Klima für seine Unbehaglichkeit verantwortlich sein. Die Unzufriedenheit des oder der Mitarbeiter schlägt sich oft auf die Konzentration nieder, im schlimmsten Falle führt sie sogar zur Krankheit. Konzentrationsschwächen oder Krankheiten von Mitarbeitern haben Fehler oder sogar Produktionsausfälle als Folge, welche die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens negativ beeinflussen. Somit sollte es für jeden Betrieb das Ziel sein, seinen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen eine sehr gute thermische Arbeitsumgebung bereit zu stellen, denn der Mitarbeiter ist eines der wichtigsten „Güter“, über die eine Firma verfügt. Dem entsprechend ist das Thema der „Behaglichkeit“ als ein Gesamtkonstrukt anzusehen, welches aus mehreren Blickwinkeln zu betrachten wurde. Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde die Thematik mit Aufnahme des Ist- Zustandes aufgegriffen und analysiert.

Als Hauptproblem in der Linie 2 wurde ein Unterdruck festgestellt, welcher dazu führte, dass Luft aus der ungeheizten Lagerhalle angesaugt wurde. Der Unterdruck wurde hierbei vorrangig durch technische Einrichtungen verursacht. Durch eine ausgeglichene Volumenstrombilanz kann der festgestellte Unterdruck in der Halle eliminiert werden und die Zugserscheinungen durch angesaugte Kaltluft lassen nach.

Desweiteren ist während der Untersuchungen aufgefallen, dass die einzelnen Luftbehandlungsanlagen oft mit unterschiedlichen Zulufttemperaturen arbeiten. Einige Anlagen arbeiten im Heizfall mit Zulufttemperaturen unter 21 °C wodurch Unbehaglichkeit und Zugserscheinungen erzeugt werden können. Durch eine regelungstechnische Begrenzung der Zulufttemperatur im Heizfall kann diesem Ereignis entgegengewirkt werden.

Ein weiteres Problem in der Produktionslinie waren die Torluftschleieranlagen, die an der Nordstraße eine Lagerhalle von der Produktionshalle abschotten sollten. Bei der Untersuchung der Anlagen stellte sich heraus, dass diese Anlagen nur für den Fall der beheizten Lagerhalle ausreichend dimensioniert sind. Da aber ein Unterdruck in der Produktionshalle durch die lufttechnischen Anlagen verursacht wurde, erfolgte trotz des Torluftschleiers ein Kaltluftereintrag. Torluftschleieranlagen gewährleisten keine richtige Raumtrennung. Hier wurde, wie schon erwähnt, die Volumenstrombilanz ausgeglichen. Um einen zusätzlichen Fremdluftereintrag durch die sich einstellenden Dichteunterschiede in der Raumluft zu verhindern, sollte die Lagerhalle möglichst auf 20 bis 21 °C geheizt werden. Somit wird der Temperaturunterschied zwischen den kommunizierenden Hallen gering gehalten und der sich einstellende Luftaustausch zwischen den Hallen wird vermieden.

Mit Hilfe der Behaglichkeitsmessung wurden mehrere „Problem Arbeitsplätze“ beurteilt. Im Bandbereich A sollte die Behaglichkeitsmessung im Sommer wiederholt werden, um die nachträglich eingebauten Luftauslässe hinsichtlich ihrer Ausblasts Temperaturen zu überprüfen. Sollte diese Überprüfung erhöhte Zulufttemperaturen im Sommerbetrieb aufzeigen, sollte die Außenluftansaugung, im Hinblick auf ihre Positionierung, überprüft werden.

An den Arbeitsplätzen des Bands D wurde bei den Behaglichkeitsmessungen festgestellt, dass Zu- und Abluft ungünstig positioniert sind und eine Kurzschlussströmung erzeugen können. Mit Hilfe von Manschetten an den Luftauslässen, könnte die Strömung auf die Fahrstraße geleitet werden und die Frischluft wird effektiver eingebracht.

Mit Hilfe der in dieser Arbeit aufgezeigten Maßnahmen lässt sich mit niedrigen Investitionen voraussichtlich eine deutliche Verbesserung der Arbeitsplatzsituation im Winterbetrieb erreichen. Weiterführende Untersuchungen könnten ähnliche Effekte für den Sommerbetrieb aufzeigen.

## Untersuchung der Auswirkungen der Ökodesign – Anforderungen auf Produkte mit integrierten Nassläufer – Umwälzpumpen

**Julia Pfaffenrot B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	26. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Haus- und Energietechnik



Seit Beginn der Industrialisierung ist die Konzentration von Gasen, die den natürlichen Treibhauseffekt verstärken, erhöht. Dieses führt zur globalen Erderwärmung. Die Ursachen dafür sind unter anderem die Emissionen, die bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern entstehen. Dabei hat die Kohlenstoffdioxidemission (CO<sub>2</sub>-Emission) den größten Anteil an der Gesamtemission. Durch energieeinsparende Maßnahmen wird der CO<sub>2</sub> – Ausstoß gesenkt. Daher wird versucht den CO<sub>2</sub> – Ausstoß durch politische Maßnahmen zu reduzieren.

Eine solche Maßnahme ist das Herausgeben der Ökodesign - Richtlinie, die einen Rahmen für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von energieverbrauchsrelevanten Produkten schafft.

Wesentlicher Inhalt der Richtlinie ist die Forderung Produkte energieeffizienter zu gestalten. Die Richtlinie beinhaltet mehrere Verordnungen, die mehrere energieverbrauchsrelevante Produkte abdecken. Eine der Verordnungen bezieht sich auf in einem Produkt integrierte Nassläufer – Umwälzpumpen. In Wohngebäuden verursachen diese einen wesentlichen Anteil des Gesamtenergiebedarfs. Sie werden in der Klimatechnik, in der Heizungstechnik, in Druckerhöhungsanlagen und in der Trink-, Warmwasseraufbereitung eingesetzt. Der vielseitige Einsatzbereich verdeutlicht das große Energieeinsparpotenzial, welches durch einen Geräteaustausch mit einer Hocheffizienzpumpe realisierbar ist.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Auswirkungen der Ökodesign – Anforderungen auf Produkte mit integrierten Nassläufer – Umwälzpumpen zu untersuchen und einen Vergleich zwischen hocheffizienten Pumpen und Pumpen herkömmlicher Art zu machen.

Als Produkt mit integrierter Nassläufer – Umwälzpumpe wurde ein bestehendes System zur dezentralen Trinkwarmwasserbereitung untersucht. Zuerst wurden die Hintergründe für die Entstehung und der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG und der dazu gehörigen Verordnung (EG) Nr. 641/2009 genannt. Das Ziel der Ökodesign-Richtlinie ist die Senkung des CO<sub>2</sub> – Ausstoßes in die Atmosphäre. Die in der Richtlinie beschriebenen Anforderungen



an die umweltgerechte Gestaltung der Nassläufer – Umwälzpumpen wurden herausgearbeitet und die Berechnung des in der Richtlinie geforderten Energieeffizienzindex dargestellt. Im Allgemeinen wurde auf die Pumpentechnik eingegangen und die wesentlichen Unterschiede der Pumpen dargestellt. Die Dauerwärmeleistung und die elektrische Leistungsaufnahme wurden als das zu untersuchende Merkmal festgelegt. Die aufgenommene elektrische Leistung der Pumpen wurde gemessen und ausgewertet.

Es wurde deutlich, dass das ErP – konform ausgerüstete dezentrale Trinkwarmwasserbereitungssystem deutliche Verbesserung hinsichtlich der Dauerwärmeleistung bei einem erheblich geringeren Energieverbrauch aufweist. Die erreichbare Energieeinsparung ist jedoch von Betriebsparametern und von der Baugröße abhängig.

Abschließend ist festzustellen, dass die Ökodesign – Richtlinie, neben einer Reduktion des Energieverbrauchs, positive Auswirkungen auf Produkte hat, da auch auf umweltfreundliche Materialien bei der Herstellung von Pumpen und auf umweltgerechte Entsorgung nach Ablauf der Lebenszeit geachtet wird.

## Anforderungen an eine Planungssoftware in Verbindung mit BIM (Building Information Modeling) am Beispiel des Gewerkes Sanitär

Prominski, Thomas M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann
Datum des Kolloquiums:	16. Dezember 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Dendrit Haustechnik- Software GmbH



Diese Masterthesis befasst sich mit der Arbeits- und Managementmethode BIM (Building Information Modeling), den Anforderungen an die jeweiligen Projektbeteiligten eines Bauwerkes und an Software-Programme zum konsequenten Arbeiten in einem zentralen Bauwerksmodell.

Die Planung und Ausführung eines Bauvorhabens befindet sich in einem starken Wandel. Alle Beteiligten der Baubranche, Architekten, Fachplaner, Bauunternehmer, Hersteller, ausführende Unternehmen und Betreiber möchten frühzeitig einen vollständigen Überblick über das Bauvorhaben in materieller und finanzieller Hinsicht gewinnen. Hierzu ist die Einführung von Building Information Modeling (BIM) geplant.

Das Vakuum, welches die gewohnten Regelwerke des VDI oder DIN für die Umsetzung von BIM hinterlassen, wird versucht durch Literaturquellen, wie z. B. dem Anwenderhandbuch BIM oder dem BIM Leitfaden Deutschland, zu kompensieren. Keiner dieser Literaturen befasst sich allerdings mit der Anwendung und Durchführbarkeit bei einzelnen Gewerken.

Um BIM zur notwendigen Akzeptanz und zum Erfolg zu führen, ist es notwendig, eine einheitliche und austauschbare grundlegende Methodik einzuführen. Diese muss softwaretechnisch unterstützt, begleitet und auf das jeweilige Gewerk abgestimmt werden.

Die Betrachtung der Aufgaben der jeweiligen Projektbeteiligten an einem Bauwerk in Hinsicht des Aufwandes und dem daraus resultierenden Nutzen zeigte, dass dem TGA Fachplaner das ungünstigste Verhältnis Nutzen zu Aufwand zukommt.

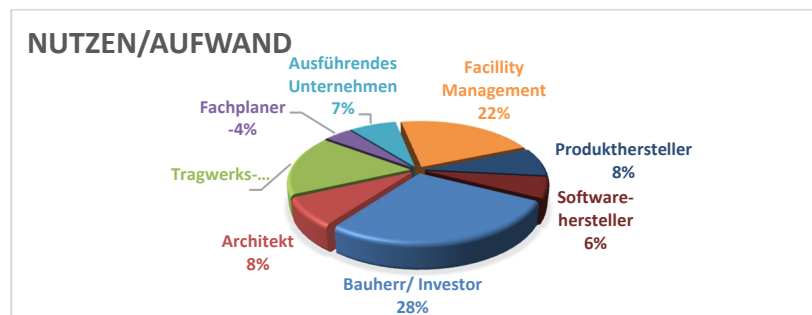


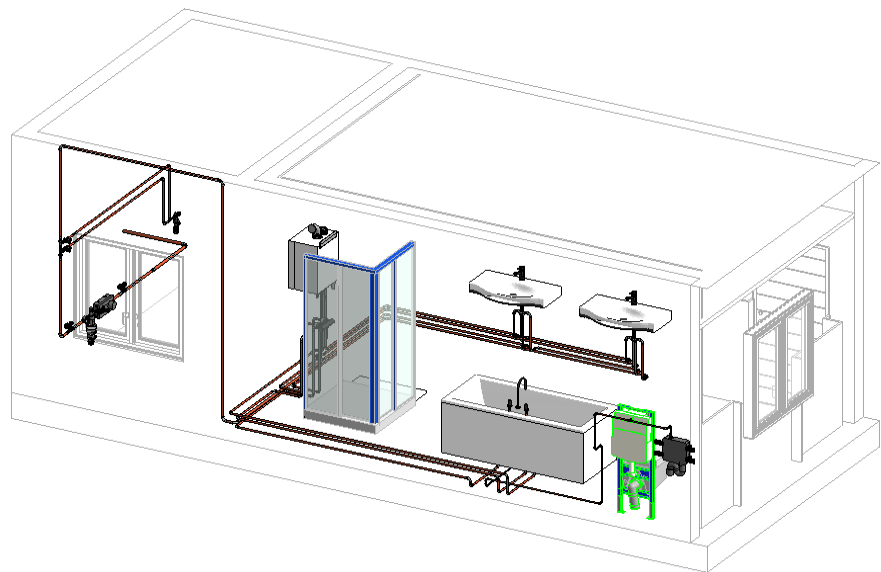
Diagramm zum Nutzen/Aufwand-Vergleich der Projektbeteiligten

Gerade die unterstützenden Software-Programme können einen großen Anteil zum Erfolg und zur Akzeptanz von BIM beitragen. Hier stellt aber die einheitlich definierten Schnittstellen zum Austausch der Daten eine große Hürde dar. Das Arbeiten in einem zentralen Bauwerksmodell und die Abbildung des gesamten Bauwerkes und aller Bauteile mit den notwendigen Attributen sind momentan zu umständlich. Aus diesem Grund und der Tatsache des hohen Aufwandes bei geringem Nutzen, findet gerade bei TGA Fachplaner und dem ausführenden Unternehmen BIM kaum Akzeptanz.

In dieser Arbeit wurden die sogenannten IFC-Schnittstelle und die Einbindung unterschiedlicher Software-Programme als Applikation bei der Anwendung unter BIM beschrieben.

Als Hauptbestandteil dieser Masterthesis wurde die Möglichkeit der Umsetzung von BIM unter Zuhilfenahme von zwei Software-Programmen betrachtet und Optimierungsmöglichkeiten erarbeitet sowie in Pflichtenheften beschrieben. Hierzu wurde das Software-Programm Revit, der Firma Autodesk und als gewerkspezifische Software Dendrit, der Fa. Gebr. Kemper eingesetzt.

Als Beispiel ist hier eine ausgestaltete Nasszelle innerhalb eines zentralen Bauwerksmodelles zu sehen.



3D Darstellung, realistisch (Rohrleitungsführung durchgeschliffen)

An der Managementmethode BIM und am Arbeiten in einem serverbasierten Bauwerksmodell geht kein Weg im Bereich von Großprojekten mehr vorbei. Es fehlt aber noch an notwendigen Werkzeugen welche die konsequente Umsetzung von BIM ermöglichen.

## Vibrational Decoupling of a Slip Ring Transmitter to Minimize the Excitation in the Resonant Frequency Range

**André Raming B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	02. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	GE Wind Energy GmbH, Salzbergen



Renewable energies play an increasingly important role within the worldwide energy supply. In this context, Germany assumes a leading role, especially in the production of wind energy. Therefore, it is a fundamental prerequisite to minimize faults in wind turbines to maximize their availability.

Wind turbines of GE Wind Energy GmbH have got a slip ring transmitter, which allows an electric power and data transmission between the rotating hub and the stationary nacelle. As a slip ring transmitter is a sensitive component, vibrations have to be avoided. For this reason, this bachelor thesis deals with the vibrational decoupling of a slip ring transmitter in the resonant frequency range to avoid current and long-term faults.

In this case the most convincing idea was to design a supporting bracket for the slip ring transmitter which should absorb the detrimental vibrations of the gearbox. On the one hand, this supporting bracket is tightly connected with the gearbox and on the other hand, it is fixed through screw connections with the slip ring transmitter.

In the course of this bachelor thesis the installation of such a supporting bracket at a faulty wind turbine in Romania is tested and analyzed. This is why acceleration measurements with and without the supporting bracket at different load ranges are compared. Furthermore, the occurring vibrations are detected with a piezoelectric sensor and afterwards transformed into an acceleration value.

These measurements have shown that the acceleration without a supporting bracket is approx. eight times higher than the value with a supporting bracket (cf. Figure 1).

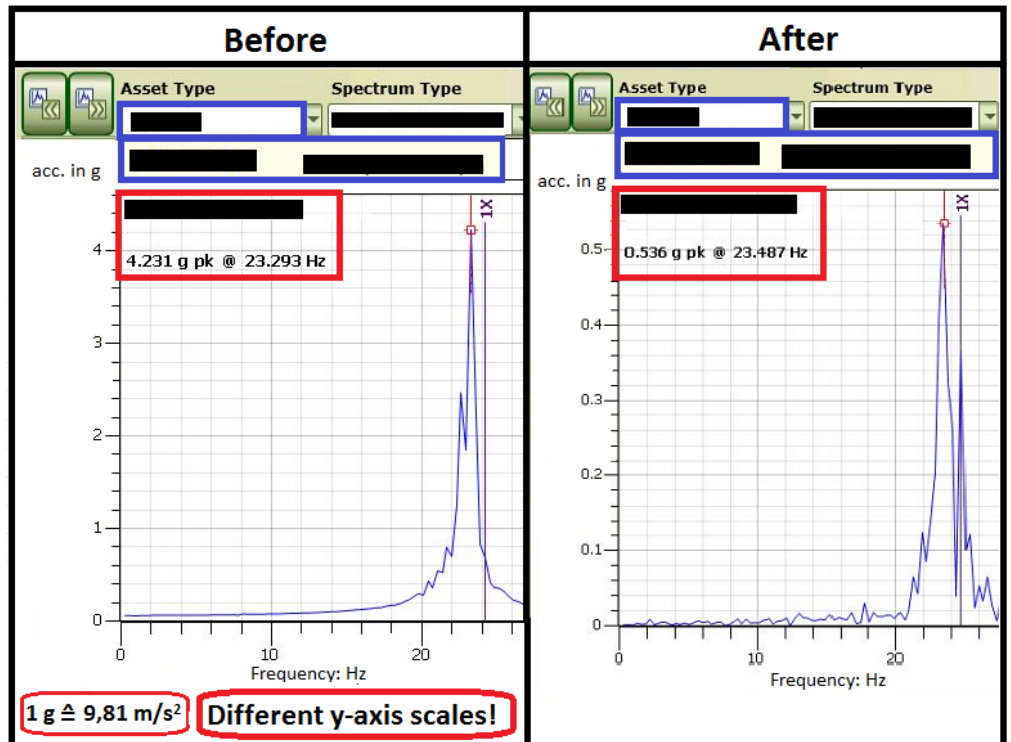


Figure 1: Accelerations before and after installing the supporting bracket

To come to a conclusion, the supporting bracket meets all requirements for a lasting and effective use and in future it can be employed for every wind turbine with a vibration-prone slip ring transmitter.

## Untersuchung von biologisch abbaubaren Abfallsammelbeuteln in der Trockenvergärung im Batch-Betrieb

**Florian Rech B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Zweitprüfer:	Prof. Dr. -Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	14. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Entsorgungsgesellschaft Steinfurt, Saerbeck



„Dein Bioabfall wird sauer – trenn richtig.“ Mit diesem Slogan versucht die Entsorgungsgesellschaft Steinfurt (EGST) die Bürgerinnen und Bürger des Kreises Steinfurt dazu zu bewegen, ihren Biomüll richtig zu trennen. Die sich häufenden Fehlbefüllungen der Bioabfalltonne führen am Kompostwerk in Saerbeck zu Problemen. Nicht kompostierbares Material muss mit hohem Aufwand aussortiert werden. Die dabei anfallenden Störstoffe müssen anschließend in die thermische Abfallverwertung gegeben werden.

Als weiterer Schritt bei der Aufklärung der Einwohner über den richtigen Umgang mit ihrem Biomüll wurde angedacht, biologisch abbaubare Abfallsammelbeutel an die Haushalte zu verteilen, um die Verwendung von z. B. Tüten und Verpackungsmaterial aus herkömmlichen Kunststoffen zu verringern. Durch den gezielten Einsatz dieser Beutel verspricht man sich nicht nur eine Verringerung der Fehlwürfe, sondern auch eine bessere Erfassung von Küchenabfällen, die ein großes Energiepotenzial in sich bergen.

Doch bevor eine Verteilung der biologisch abbaubaren Abfallsammelbeutel an die Bürgerinnen und Bürger gestartet werden kann, muss sichergestellt werden, dass sich die Beutel in der Anlage abbauen und nicht als weitere Störstoffe am Ende des Prozesses anreichern.

In dieser Arbeit sollte ermittelt werden, ob und wie gut sich herkömmliche Bioabfallbeutel aus sogenannten Biopolymeren in der Trockenvergärung im Batch-Betrieb zersetzen. Dazu wurden mehrere Versuche, sowohl im Labor als auch in zwei verschiedenen Kompostierungsanlagen, durchgeführt. Hierbei kam es zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Je nach Zusammensetzung der Biopolymere, der Gäransätze und der allgemeinen Bedingungen in den Kompostierwerken wurden die Beutel gar nicht bis vollständig aufgelöst. Dies liegt an den unterschiedlichen Bedingungen, unter denen die gärtechnisch relevanten Mikroorganismen ihr Stoffwechseleptimum haben. Grundsätzlich können Biopolymere dazu beitragen, nicht zersetzbares Plastikmüll im Bioabfall zu vermeiden und somit die Effizienz der Kompostwerke maßgeblich steigern.

## Entwicklung eines Berechnungstools zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs von typischen Klassenräumen

**Simon Revermann M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. (FH) / M.Eng. Matthias Winkelhaus

Datum des Kolloquiums:

16. Juli 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Ziel dieser Masterarbeit war es, ein Excelprogramm zu erstellen, welches in der Lage ist den Heizwärmebedarf von typischen Klassenräumen zu ermitteln.

Es wurde der Zusammenhang zwischen den relevanten Normen und Richtlinien erläutert, die zur Bestimmung der Raumluftqualität und den damit verbundenen Mindestluftwechsel in Schulkassen herangezogen werden können. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, dass unter den festgelegten Randbedingung für einen Klassenraum in dieser Masterarbeit ein Zuluftvolumenstrom von 800 m<sup>3</sup>/h notwendig ist um den nach der VDI 6040 Teil 1 festgelegten Grenzwert von 1.000 ppm Kohlenstoffdioxid in der Raumluft nicht zu überschreiten.

Im weiteren Verlauf wurden weiterhin unterschiedliche manuelle Lüftungstechniken untersucht und ausgewertet. Unter Beachtung der festgesetzten Randbedingungen wie Schülerzahl und Geometrie der Klasse, ist der CO<sub>2</sub>-Verlauf für Kipp-, Quer-, und Stoßlüften über einen festgesetzten Zeitraum von zwei Schulstunden simuliert worden. Als Ergebnis der Simulation konnte festgehalten werden, dass nur durch eine Kombination aus Kipp- während der Unterrichtsstunde mit Stoß- bzw. Querlüftung in den Pausen die Anforderungen aus der VDI 6040 Blatt 1 eingehalten werden können.

Zudem wird ersichtlich, dass durch den Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen in mechanischen Lüftungsanlagen, der Lüftungswärmeverlust erheblich reduziert werden kann. Je höher der Wärmerückgewinnungsgrad, desto mehr Wärmeenergie kann von der Abluft auf die Zuluft übertragen werden. Des Weiteren wurden die Unterschiede, bezogen auf Technik und Einsatzmöglichkeiten, zwischen zentralen und dezentralen Schüllüftungsgeräten erläutert. Der Einsatz einer zentralen Schüllüftungsanlage ist beispielhaft an der Grundschule Bad Bentheim dargestellt worden.

Anhand der Simulation des CO<sub>2</sub>-Verlaufs konnte der Mindestluftwechsel für ein mechanisches Lüftungsgerät unter den festgesetzten Randbedingungen der Masterarbeit ermittelt werden. Dieser beträgt 800 m<sup>3</sup>/h.

Für das Exceltool selbst sind zuerst die unterschiedlichen Ein- und Ausgabefelder dargestellt und beschrieben worden. Das Programm ist in der Lage, für fünf unterschiedliche Kombinationen aus Gebäude und Anlagentechnik den Heizwärmebedarf für einen Klassenraum zu ermitteln. Die Kombinationen stellen sich wie folgt dar:

- Bestand Gebäudehülle, unregelmäßige Heizungsanlage, Fensterlüftung
- Bestand Gebäudehülle, geregelte Heizungsanlage, Fensterlüftung
- Sanierung Gebäudehülle, geregelte Heizungsanlage, Fensterlüftung
- Bestand Gebäudehülle, geregelte Heizungsanlage, RLT-Anlage
- Sanierung Gebäudehülle, geregelte Heizungsanlage, RLT-Anlage

Abschließend sind unterschiedliche wirtschaftliche Betrachtungen untersucht worden. Hierbei wurden die Amortisationszeiten für eine Fassadensanierung, sowie die eines de-zentralen Schullüftungsgeräts, berechnet und verglichen. Die Betrachtungen führen zu dem Ergebnis, dass unter den bekannten Randbedingungen für einen Klassenraum weder die Sanierung der Fassade noch der Einbau einer RLT-Anlage aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, da sich die Amortisationszeiten außerhalb eines ökonomisch sinnvollen Rahmens bewegen. Bei einer direkten Gegenüberstellung der Sanierungsmaßnahmen konnte jedoch festgestellt werden, dass im Sanierungsfall trotz der geringfügig höheren Investitions- und Betriebskosten einer RLT-Anlage im Vergleich zu den Investitionskosten einer Fassadensanierung unter den gesetzten Vorgaben die RLT-Anlage der Fassadensanierung vorzuziehen ist. Der Hauptgrund hierfür ist die direkte Halbierung der jährlichen Energiekosten im Vergleich zur Variante mit Fassadensanierung und Fensterlüftung.

Zusammenfassend führt das Excelprogramm zu der Erkenntnis, dass durch den Einsatz von raumlufttechnischen Anlagen in Klassenräumen der Lüftungswärmeverlust erheblich reduziert werden kann. Zusätzlich kann durch eine Sanierung der Außenfassade der Transmissionswärmeverlust gesenkt werden. Aus diesem Grund sollte in ganzheitlichen Sanierungskonzepten für Schulgebäude aus energetischer und insbesondere auch aus behaglicher Sicht neben der Sanierung der Außenfassade auch ein Schullüftungsgerät zum Einsatz kommen. Wie bereits zu Beginn der Arbeit dargelegt, kann durch das Umsetzen solcher ganzheitlichen Konzepte insbesondere bei jungen Menschen, durch die optischen und technischen Veränderungen, Signalwirkungen entstehen, sodass ein Anreiz entwickelt wird, um über den eigenen Umgang mit Energie im privaten Bereich nachzudenken.

Ein Blick in die Zukunft erklärt, dass aufgrund des Programmaufbaus die Möglichkeit besteht, dass Exceltool dahingehend auszubauen, nicht nur einzelne Räume, sondern auch komplexere Schulgebäudestrukturen abzubilden und zu berechnen. Des Weiteren könnte die Simulation des CO<sub>2</sub>-Verlaufs nach VDI 6040 Teil 2 mit in das Exceltool integriert werden. Hierdurch bietet sich die Möglichkeit, dass der Volumenstrom für das mechanische Lüftungsgerät nicht mehr manuell als feste Größe eingetragen wird, sondern bedarfsabhängig anhand der Anzahl und des Aktivitätsgrad der Schüler in beliebigen Zeitintervallen ermittelt werden kann. Prinzipiell kann so eine bedarfsabhängige Regelung des Zuluftvolumenstroms anhand des CO<sub>2</sub>-Wertes im Excelprogramm dargestellt werden. Dennoch liefert das Programm auch schon in der dargestellten Form aussagekräftige Entscheidungsgrundlagen, die als Hilfestellung bei der Planung von komplexen Sanierungsvorhaben, den Einbau einer Lüftungsanlage begründen.



## Energetische Untersuchung der Betriebsweise von Heizungsrohrnetzen mit Wohnungsstationen

**Elisabeth Röttger M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann

Datum des Kolloquiums: 18. Juni 2015

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

In Kooperation mit: Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe



Die Arbeit hat zum Ziel, die Wirkungs- und Arbeitsweise von dezentralen Wohnungsstationen sowie deren hydraulischen Einfluss auf das Heizungsrohrnetz zu untersuchen. Es wird ein Modellgebäude definiert, anhand dessen die Thematik veranschaulicht und mit realistischen Zahlen berechnet wird.

Der Aufbau und die Funktionsweise der Wohnungsstation erlauben die Vorteile einer zentralen Wärmeerzeugung mit denen einer dezentralen Trinkwassererwärmung zu kombinieren. Das Trinkwarmwasser wird zum Zeitpunkt der Nutzung im Durchfluss erwärmt. Daher kann auf die Speicherung von Trinkwarmwasser im Haus verzichtet werden. Infolgedessen wird das Risiko einer Verkeimung der Trinkwasser-Installation reduziert, da ein bestimmungsgemäßer Wasseraustausch in den Leitungen zu erwarten und risikobehaftete Temperaturbereiche zwischen erfahrungsgemäß 25 und 50 °C nicht zu erwarten sind. Im Hinblick auf die Trinkwasserhygiene wird bei den Berechnungen des Modells festgestellt, dass gemäß der DIN 1988 für den gewählten, idealisierten Grundriss ein Zirkulationssystem für die wohnungsweise Trinkwassererwärmung nicht erforderlich ist.

Zur Bestimmung der erforderlichen Heizleistung der Wohnungsstation zur Trinkwassererwärmung werden gemäß der DIN 4708 der Spitzenbedarf und die Häufigkeitsverteilung zugrunde gelegt. Für die Bestimmung der Auswirkungen der Hydraulik auf das Heizungsnetz wird für dieses Modellgebäude eine Rohrnetzberechnung über den ungünstigsten Fließe durchgeführt. Dazu wird der Druckverlust einer Wohnungsstation mit der Verteilung innerhalb einer Wohneinheit gegenübergestellt.

Daraus ergibt sich, dass der Druckverlust einer Wohnungsstation signifikant größer ist als die Verteilung innerhalb einer Wohneinheit. Somit hat die Wohnungsstation Auswirkungen auf das Verteilsystem und ist im Rahmen der Rohrnetzberechnung über den ungünstigsten Fließe zu berücksichtigen. Die Berechnungen betrachten keine konkreten Teillastbetriebe durch verringerte Volumenströme, da diese stark nutzungsabhängig sind.

Durch die Trinkwassererwärmung ist eine ganzjährig durchströmte Heizungsverteilung erforderlich. Daher werden zur Untersuchung einer energetisch vorteilhaften Variante zwei Alternativen zur Wärmeverteilung gegenübergestellt

und zur besseren Vergleichbarkeit unter monetären Gesichtspunkten analysiert. Zum einen erfolgt die Versorgung der Wohnungsheizkörper und der Trinkwassererwärmer mit einem gemeinsamen Verteilnetz (Alternative 1) und zum anderen wird für die Versorgung ein jeweils separates Verteilnetz gewählt (Alternative 2). Die Kosten, die durch eine veränderte Verteilung entstehen, werden gegenübergestellt und auf ein Jahr gerechnet verglichen.

Diese Kosten sind Investitionskosten, Kosten, die sich aus der zusätzlichen Heizleistung zur Deckung von Verteilverlusten ergeben, und verbrauchsgebundene Kosten. Werden diese Kosten für die Alternativen summiert gegenübergestellt, wird deutlich, dass die jährlichen Kosten zur Deckung des Wärmebedarfes ausschlaggebend für die jährlichen Gesamtkosten sind. Da der Wärmebedarf für das Gebäude bestimmt wird und das Verteilnetz keinen Einfluss auf diesen hat, werden im weiteren Vorgehen die jährlichen Kosten ohne Aufwendungen zur Deckung des Wärmebedarfes gegenübergestellt (Abbildung 10).

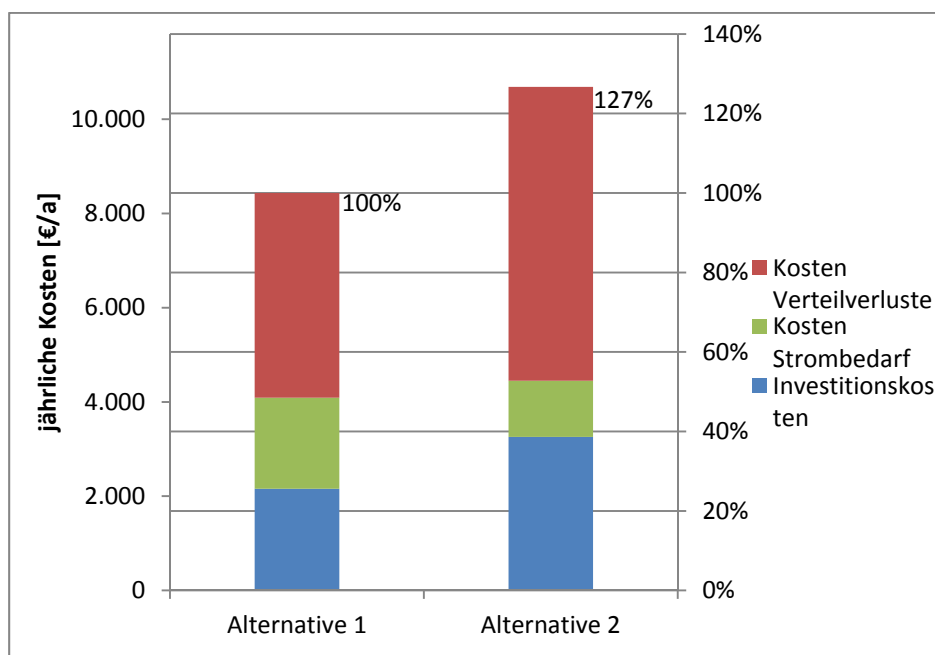


Abbildung 10: Gegenüberstellung der jährlichen Kosten ohne Berücksichtigung des Wärmebedarfes

Insgesamt ergeben sich in diesem Fall für die Alternative 2 gegenüber der Alternative 1 um 27 % höhere Kosten.

Folglich ist die Alternative 1 aufgrund des geringeren Installationsaufwandes vorteilhafter und zu bevorzugen. Die Verteilverluste, die durch die Alternative 2 reduziert werden sollten, sind durch das doppelte Verteilnetz trotz der Möglichkeit der Abschaltung eines Verteilnetzes außerhalb der Heizperiode sogar höher.

## Entwicklung einer Multifunktionsarmatur mit Bypassschaltung für eine Frischwasserstation

Alexander Sarg B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

18. Februar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

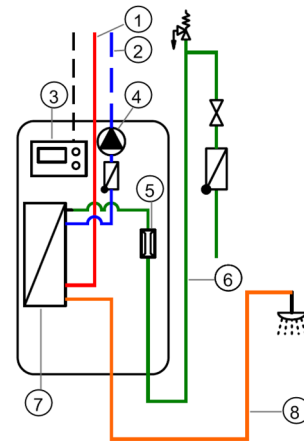
Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Eine Frischwasserstation ist ein im Durchflussprinzip arbeitender Warmwassererzeuger, der ähnlich wie ein Gas-Durchfluss-Wassererwärmer funktioniert. Bei der Frischwasserstation wird Trinkwasser über einen zwischengeschalteten Funktionskreislauf erhitzt. Dabei wird erwärmtes Pufferwasser aus einem Pufferspeicher als sekundärer Energieträger zur Erwärmung benutzt.



Das Prinzip einer Frischwasserstation gliedert sich in zwei voneinander getrennte Funktionskreisläufe. Sobald an einer Entnahmestelle für Warmwasser eine Zapfung erfolgt, fließt, in Folge des vorherrschenden Druckes im Trinkwassernetz, kaltes Trinkwasser durch die Sekundärseite der Frischwasserstation (6). Die dort eingebaute Armatur zur Durchflussmessung (5) misst den Volumenstrom und gibt dieses Signal an den Regler (3) weiter. Mittels der Pumpe (4) wird das bereits erhitze Pufferwasser des Primärkreises bedarfsabhängig über eine Vorlaufleitung (1) im Gegenstromprinzip durch einen Wärmeübertrager (7) gefördert.

Anschließend wird der abgekühlte Primärvolumenstrom (2) zurück in den Pufferspeicher geleitet. Das erwärmte Trinkwasser (8) gelangt über eine Warmwasserleitung zur jeweiligen Warmwasserentnahmestelle.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde eine Multifunktionsarmatur mit Bypassschaltung für eine bestehende Frischwasserstation entwickelt, um eine Kostenreduzierung des Produktes bei angestrebter Gleichteilverwendung zu erzielen. Eine der wichtigsten Bedingungen bei der Implementierung der Multifunktionsarmatur war es, lediglich minimale bauliche Veränderungen an der Frischwasserstation vorzunehmen. Der Austausch des derzeit eingebauten Durchflusssensors durch eine Standardkomponente von Bosch Thermoteknik, ein Turbinenzähler, war dabei die Vorgabe bei der Entwicklung. Um den Volumenstrombereich der Frischwasserstation trotz des Sensoraustausches weiterhin erhalten zu können, musste ein volumenstromteilendes Bauteil, also eine Bypassschaltung entwickelt werden.

Zu Beginn wurde die verschiedenen Parameter der Multifunktionsarmatur mit Bypassschaltung theoretisch berechnet und ausgelegt. Experimentelle Versuche zur Validierung mit einem optimierten Muster der entwickelten Multifunktionsarmatur zeigten, dass der Einbau des Sensors im Hauptstrang zielgerecht ist. Mit Hilfe eines zusätzlich eingesetzten Durchflussbegrenzers in der Bypassschaltung konnte schließlich der untere Messbereich von 2 l/min abdeckt, als auch der maximale Messbereich der Turbine eingehalten werden. Die Multifunktionsarmatur fasst somit die beschriebenen Bauteile, bestehend aus einem Bypass, einem Durchflussmessgerät und einem Durchflussbegrenzer kompakt zusammen. Außerdem ermöglicht die Armatur eine optionale Integration eines Filters, eines Schalldämpfers oder einer weiteren Temperaturmessstelle.

Aus der Bachelorarbeit geht hervor, dass die Entwicklung einer Multifunktionsarmatur mit Bypassschaltung bei vollem Funktionserhalt und lediglich geringen baulichen Veränderungen möglich ist.

## Ermittlung eines Dosierungskonzeptes für die Kläranlage Dülmen zur effiziente Abtrennung von Pulveraktivkohle

**Teresa Sasse B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Issa Nafo
Datum des Kolloquiums:	09. Februar 2016
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	IWARU Institut für Wasser · Ressourcen · Umwelt
In Kooperation mit:	Emschergenossenschaft, Essen



Eines der bedeutenden Umweltprobleme ist die zunehmende Umweltverschmutzung der Frischwassersysteme durch industrielle und chemische Verbindungen. Viele dieser Substanzen sind aufgrund ihrer toxischen Wirkung bedenklich. Die Reduzierung von Mikroschadstoffen ist seit vielen Jahren ein wichtiges Ziel der Wasserwirtschaft. Kommunale Abwasserreinigungsanlagen sind nicht auf die Elimination von Mikroschadstoffen ausgelegt. Um dieser Problematik entgegen zu wirken, wird aktuell über den Ausbau der vierten Reinigungsstufe zur weitergehenden Abwasserreinigung diskutiert.

Auf der Abwasserbehandlungsanlage in Dülmen wurde eine Pulveraktivkohle-Stufe zur Adsorption der Spurenstoffe nachinstalliert. Die Abschlussarbeit soll die Inbetriebnahme der 4. Reinigungsstufe unterstützen. Ein wesentlicher Teilprozess der Pulveraktivkohle-Stufe ist die möglichst effiziente Abtrennung der beladenen Pulveraktivkohle mittels Flockung und Fällung, Sedimentation und Sandfiltration. Außerdem sollen dabei Synergien hinsichtlich der Ablaufqualität (insbesondere Phosphat-Fällung) ausgenutzt werden. Zur Optimierung dieses Teilprozesses sollen im Rahmen der Bachelorarbeit labortechnische Flockungs- und Fällungsversuche durchgeführt werden.

Mikroschadstoffe sind Substanzen, die anthropogen (altgriechisch *ánthropos* „Mensch“) und synthetisch hergestellt werden. Sie definieren sich durch einen Konzentrationsbereich von wenigen  $\mu\text{g}$  bis  $\text{ng}$  pro Liter. Zu den Mikroschadstoffen, oder auch Spurenstoffen, zählen im Wesentlichen Pflanzenschutzmittel (Pestizide, Herbizide und Fungizide), Industriechemikalien sowie Röntgenkontrastmittel und Arzneimittlrückstände. Die Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt ist noch nicht vollständig erforscht. Zurzeit sind nur von wenigen Arzneimitteln die Auswirkungen auf das Ökosystem bekannt. Über die Gehalte der Stoffe lassen sich Rückschlüsse auf den Grad der Belastung der Gewässer ziehen.

Zur Elimination der Schadstoffe können diverse Verfahren angewendet werden: Oxidationsverfahren (Ozonierung und UV-Bestrahlung), Nanofiltration und Umkehrosmose sowie Adsorption. Bei der Adsorption mit Pulveraktivkohle lagern sich Abwasserinhaltsstoffe an die Oberfläche der Kohlepartikel an und werden somit aus dem Abwasser entfernt. Das Verfahrensschema der

Spurenstoffelimination ist wie folgt: der Ablauf der Nachklärung wird in einen Kontaktreaktor geleitet. Hier werden rund 20 mg/l Pulveraktivkohle zu dosiert. Im volldurchmischten Kontaktbecken lagern sich dann die Schadstoffe an die Aktivkohle an. Darauf erfolgt die Dosierung von Fäll- und Flockungshilfsmitteln, zur Bildung von Mikrofloccen. Der Kohleschlamm kann sich dann im Sedimentationsbecken absetzen.

Die Klarwasserphase wird zuletzt nochmal über eine Sandfiltration geschickt, wo auch die restlichen Floccen haften bleiben. Der Schlamm aus dem Absetzbecken kann dann dem Kontaktbecken, oder der Belebungsstufe zugeführt werden.

Für die Ermittlung des Dosierungskonzeptes der Hilfssubstanzen (Fäll- und Flockungshilfsmittel) werden verschiedene Parameter zur Untersuchung der Feststoffgehalte sowie zur Beurteilung der Abwasserqualität beprobt. Die Versuche unterteilen sich in zwei Versuchseinheiten. Zum einen ist das der Rührversuch nach dem sogenannten Jar-Test und zum anderen die Absetzversuche mit anschließender Analytik. Die Ergebnisse wurden nach Kriterien wie Notwendigkeit, Kombination und Zugabe, bzw. Nichtzugabe ausgewertet.

Das Fazit der Versuche ist, dass keine Zugabe der Hilfssubstanzen notwendig ist, sofern der Trockensubstanzgehalt der Pulveraktivkohle im Kontaktreaktor größer gleich 3 g/l sichergestellt werden kann. Durch die Einhaltung der Bedingung wird die Sedimentation erleichtert und der Sandfilter unterhalb seines Grenzwertes belastet. Fällmittel tragen nicht zur Feststoffabtrennung bei. Können aber zur weitergehenden Phosphatfällung eingesetzt werden. Hierfür sollten weitere Versuche angeordnet werden. Durch Einsatz von Flockungshilfsmitteln werden Feststoffe reduziert. Das kann bei der Einfahrphase der Anlage hilfreich sein.

Weitere Versuche zur Überprüfung der Effizienz der Pulveraktivkohle-Stufe sind zu empfehlen. Außerdem besteht noch keine Prüfmethode zur Untersuchung der sich im Ablauf befindlichen Restkohlepartikel.

## Bedarfsgerechte Auslegung von Lüftungsanlagen in Industriehallen zur Temperatur- und Schadstoffregulierung mittels Schichtlüftung

**Dennis Schafmeister M. Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
M. Eng. Matthias Winkelhaus

Datum des Kolloquiums:

28. April 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Im Rahmen des Klimaschutzes gibt es vielfältige Bemühungen, fossile Brennstoffe einzusparen, die Energieeffizienz zu steigern und so unsere Umwelt langfristig zu erhalten. Durch gesetzliche und politische Rahmenbedingungen werden diese Ziele national sowie international forciert.

Diesen ökologischen Zielen entgegen steht die Entwicklung eines immer höheren Komfortanspruchs durch die moderne Gesellschaft. Damit steigt auch der Anspruch an die klimatischen Bedingungen rapide an. Dies gilt nicht nur für Wohnräume und öffentliche Gebäude, sondern auch für den Arbeitsplatz. Neben dem steigenden Komfortanspruch wird diese Entwicklung vor allem durch den steigenden Kostendruck und dem damit verbundenen Zwang zur Effizienz vorangetrieben. Auch aus Sicht der Medizin und der entsprechenden Forschung wird diese Entwicklung forciert. Arbeitnehmer können die optimale Leistung nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen abliefern. Die Forschung im Bereich der Medizintechnik legt offen wie sich beispielsweise hohe Schadstoffkonzentrationen auf den menschlichen Körper auswirken.

Diese Entwicklung wird durch die Gesetzgebung unterstützt, die mittels Verordnungen, Richtlinien und Normen die Erkenntnisse als verbindliche Schutzmaßnahmen rechtlich umsetzt. Raumluftechnische Anlagen sind damit für die Gewährleistung technologischer, hygienischer und arbeitsschutztechnischer Raumklimaparameter in Fertigungsstätten eine heute unabdingbare Voraussetzung.

Ziel dieser Masterarbeit war es, anhand der derzeitigen rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie den derzeitigen technischen Möglichkeiten, die bedarfsgerechte Auslegung von Lüftungsanlagen in Industriehallen zur Temperatur- und Schadstoffregulierung mittels Schichtlüftung für eine beliebige Hallenkonfiguration anhand eines dafür zu entwickelnden Excel-Tools zu ermöglichen.

Im Anschluss folgte die Überprüfung anhand eines Beispiels, in dem die Wirtschaftlichkeit gegenüber einem Mischluft-System untersucht wurde.

Bei der Erstellung dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die Ursprünge der Schichtlüftung in Industriehallen bereits deutlich sind (als die VDI 3802 selbst) wie zunächst vermutet. Trotzdem besteht bei der Auslegung nach wie vor Unsicherheit. Nach Abschluss der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist ein deutlicher finanzieller Vorteil für die Schichtlüftung zu erkennen.

Dies gilt neben den Betriebskosten auch für die Investitionskosten. Aus technischer Sicht ist für den Anwendungsfall der Produktionsstätten ebenfalls das

System der Schichtlüftung zu bevorzugen, da gegenüber einem Mischluftsystem, mit deutlich geringerem Aufwand ein mindestens gleichwertiges Ergebnis bezüglich der Luftqualität erreicht werden kann.

Bei der anhand eines Praxisbeispiels durchgeführten Untersuchung lassen sich Vermutungen zu den Unsicherheiten seitens der Planer und Nutzer solcher Konzepte ableiten.

Die Sicherung der raumluftechnischen Anforderungen in Produktionsstätten ist mittels der Mischlüftung nur mit immensem technischem und finanziellem Aufwand zu realisieren. Noch schwerwiegender sind vermutlich die sich einstellenden Betriebskosten vor dem Hintergrund der steigenden Energiepreise. Viele Betreiber von Produktionsstätten nehmen aus diesem Grund eher Konflikte mit den Arbeitsstättenrichtlinien, aufgrund von Nichteinhaltung von Erträglichkeits- und Behaglichkeitsansprüchen in Kauf, als die langfristigen hohen Kosten der zu installierenden Raumluftechnik für ein Mischluftsystem.

Aus Sicht der technischen Gebäudeausrüstung sind die Ursachen der Unsicherheiten wohl aufgrund der Wünsche und Anforderungen des Auftraggebers an geringe Investitions- und Betriebskosten zu sehen. Bezüglich der Planung ist im Vergleich mit einem Mischluftsystem die Schichtlüftung hinsichtlich des Planungsaufwandes und der Planungssicherheit deutlich höher. Veränderungen im Bereich der Produktionsabläufe sind jeweils hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Schichtlüftung zu prüfen, eine entsprechende Überplanung des Lüftungskonzeptes ist gegebenenfalls vorzunehmen.

Unter der Prämisse des steigenden Kostendrucks bei deutlichen Steigerungen im Bereich der Energiepreise, sowie unter Berücksichtigung des bereits eingangs beschriebenen steigenden Komfortanspruchs der Gesellschaft ist eine zunehmende Ausbreitung und in diesem Zuge auch eine Weiterentwicklung der Schichtlüftung zu erwarten. Unterstützt wird diese Entwicklung durch die zunehmende Verbreitung von zum Beispiel Simulationsprogrammen (zum Beispiel CFD-Simulationsprogramme) für den Bereich der technischen Planung.



## Abwasserwärmenutzung: Vergleich, Bewertung und Analyse aktueller Systeme nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten

Alexander Schierenberg M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

Datum des Kolloquiums:

30. April 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Eine häufig nicht wahrgenommene Variante zur Nutzung vorhandener Energie liegt in unserem Abwasser, welches täglich zu tausenden von Kubikmetern in die Kanalisation abgegeben wird. Neben dem häuslichen Abwasser stellen Industrieabwässer ein großes und häufig ungenutztes Energiepotenzial dar.

Genau dieses Themenfeld, der Abwasserwärmenutzung wird in der Abschlussarbeit behandelt. Verschiedenste Systemlösungen, vom zentralen Wärmeübertrager im Kanalnetz bis hin zur dezentralen Abwasserwärmenutzung im Bereich von Duschsystemen, wurden anhand der technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte analysiert.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass unterschiedlichste Einsatzmöglichkeiten realisiert werden können. Auf der einen Seite stellen dezentrale Inhouse - Varianten einen Lösungsansatz dar und auf der anderen Seite können Großanlagen, die in Verbindung mit Wärmepumpentechnologie installiert werden, ganze Stadtbezirke mit Wärme- und Kälteenergie versorgen. Die zu erfüllenden Anforderung und Rahmenbedingungen sind projektspezifisch exakt zu analysieren, um daraufhin die verschiedenen Lösungsvarianten unter Einbeziehung der örtlichen Gegebenheiten und Ressourcen zu erarbeiten. Abwasserwärmenutzungsanlagen müssen im Vergleich zu anderen Energieversorgungssystemen wirtschaftlich errichtet und betrieben werden. Abwasserwärme erfolgreich nutzen zu können bedeutet, die vorhandene Energiequelle optimal auszuschöpfen, ohne dabei negative Auswirkungen für nachgeschaltete Reinigungssysteme und das Kanalnetz zu verursachen. Die Systeme müssen neben dem wirtschaftlichen Betrieb ebenfalls die Versorgungssicherheit der Endkunden gewährleisten.

Die Abwasserwärmenutzung ist bereits heute in vielen Fällen wirtschaftlich oder im Bereich der Wirtschaftlichkeit. Wichtig bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist, dass die Entscheidungsträger die Entwicklung der Energiepreise über die Lebensdauer der Anlagen berücksichtigen. Zudem bietet eine Abwasserwärmenutzungsanlage für den Betreiber und die Gemeinde einen wertvollen Imagegewinn. Die Technologie fördert zusätzlich die Wertschöpfung im Inland und der Region durch die Investitionen in lokale Gewerbe und Betriebe. Ein weiterer Vorteil ist die Unabhängigkeit von ausländischen Energieträgern und schwankenden Energiepreisen. Abwasserwärme stellt eine sichere, kontinuierlich vorhandene und wirtschaftliche Energiequelle dar.

## Untersuchung zur Auswirkung der Lackierung von Kunststoffbauteilen mit Hilfe ionisierter Luft

**Patrick Schlömer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Senker
Datum des Kolloquiums:	18. März 2016
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	BMW Group, Leipzig



Der prominenteste Zielkonflikt moderner Lackieranlagen besteht darin, Kosteneinsparungen durch geringere Lackmaterialverluste zu erzielen und gleichzeitig höhere Ausbringungsqualitäten zu erreichen. Damit sind beispielsweise brillantere Farbtöne, höherer Glanz, geringere Oberflächenstruktur und höhere Kratzfestigkeit gemeint. Neben einem ausgewogenen Kompromiss in dieser Zielverfolgung sind regelmäßige Optimierungen von Hilfs- und Betriebsmitteln als Schlüsselfaktor für nachhaltigen Erfolg und dauerhafte Konkurrenz- und Wettbewerbsfähigkeit in der Industrie für Oberflächenbeschichtung zu sehen. Vor diesem Hintergrund setzt sich die Bachelorthesis wissenschaftlich, mit den tatsächlichen Auswirkungen eines innovativen Optimierungsansatzes für eine hochmoderne Kunststofflackierlinie aus dem Automotive-Bereich auseinander.

Genauer werden die Einflüsse ionisierter Lenklüfte bei elektrostatischer Hochrotationsapplikation untersucht. Um eine möglichst exakte Definition dieser Einflüsse zu ermöglichen, ist eine Experimentreihe in einem Technikum durchgeführt worden. Diese Wahl bietet die Möglichkeit, ohne Eingriff in eine laufende Produktionssituation, konstante Umweltparameter maßstabgetreu zu generieren und somit praxisnahe Ergebnisse zu liefern. Für die verschiedenen Versuchsreihen wurden Spritzbildmuster mit herkömmlicher und ionisierter Lenkluft unter gleichen Bedingungen bei variierenden Lackierparametern (Systemeinstellungen, Beschichtungsstoff, Beschichtungsuntergrund) angefertigt und im Anschluss mit Hilfe unterschiedlicher Analyseverfahren (zerstörend, nicht zerstörend) bewertet. Ziel war es, eine Vergleichbarkeit beider Zustände herzustellen und die Unterschiede darzulegen. Zielgrößen der Experimente waren Auftragswirkungsgrad, Spritzbild, Appearance und Schmutzeinschlüsse auf der Lackoberfläche. Durch diese Wahl ließ sich im Rahmen gegebener Zeit und begrenzter finanzieller Mittel ein optimaler Gesamtüberblick schaffen.

Den Abschluss der Arbeit bildet die Auswertung und Interpretation der gesammelten Ergebnisse. Die darauf aufbauende Handlungsempfehlung für die BMW Group, bezieht sich speziell auf die Technologie Exterieur Komponente im BMW Werk Leipzig, wobei eine Übertragung der erlangten Erkenntnisse aufgrund der Datenerhebung in einem externen Technikum ebenfalls für weitere Produktionsstätten des Unternehmens möglich ist.

## Optimierung des Schichtverhaltens des Leitwerkschichtspeichers bei variablen Be- und Entlademassenströmen

**Christian Schmidt M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Thomas Zimpel M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	01. Februar 2016
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	varmeco GmbH & Co. KG, Kaufbeuren

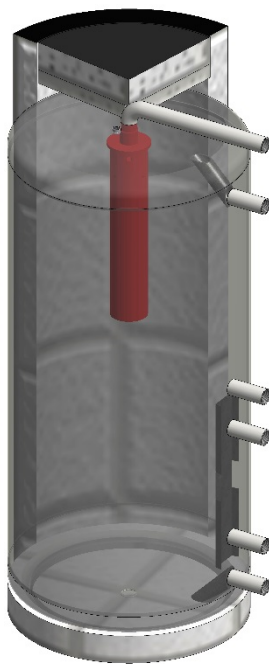


Ein wesentlicher Bestandteil moderner Heizungsanlagen sind Pufferspeicher, in denen überschüssige Wärme, z. B. eines Heizkessels oder aus einer thermischen Solaranlage, zwischengespeichert werden. Ein wichtiges Kriterium für die Funktion eines Pufferspeichers ist die Schichtung, die sich durch den Dichteunterschied des Heizungswassers bei unterschiedlichen Temperaturen ergibt. Im oberen Bereich, ca. 1/3 des Speichervolumens, befindet sich die höchste Temperatur, die vorwiegend für die Trinkwarmwasserbereitung genutzt wird. Aus dem mittleren Bereich, mit geringerer Temperatur, wird z. B. die Raumheizung versorgt. Der untere Bereich, mit den kältesten Temperaturen, wird dem Wärmeerzeuger wie z. B. einem Gas-Brennwertkessel oder einer Solarthermie-Anlage zugeführt.

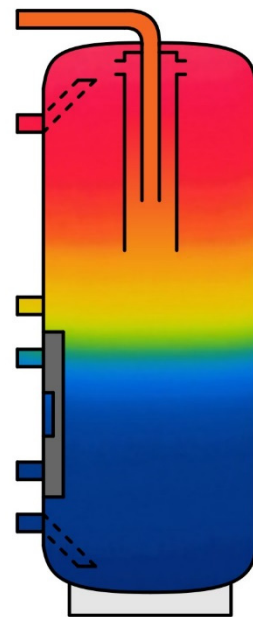
Als optimale Lösung dieser Problemstellung bietet die Fa. varmeco einen Speicher mit integriertem Leitwerk, den Leitwerkschichtspeicher® (LWSP), an. Durch dieses Leitwerk lässt sich über lediglich einen Vorlauf-Anschluss an der Speicherkuppel sowie einem Rücklauf-Anschluss am unteren Speichermantel der obere, warme Bereich als auch die mittlere, kühlere Schicht beladen. Zudem kann mit Hilfe des Leitwerks Heizungswasser aus der mittleren Schicht entnommen werden, ohne auf die warme, obere Zone zuzugreifen. Die Be- und Entladung des LWSP erfolgt über lediglich eine Rohrleitung. Dies wird in der Praxis auch als Pendelfunktion bezeichnet. Das bestehende Leitwerk der Fa. varmeco besitzt jedoch in Bezug auf moderne Heizungsanlagen, die mit niedrigen Temperaturen betrieben werden, Einsatzgrenzen, insbesondere bei größeren Heizungsanlagen im Objektbereich. Diese Einsatzgrenzen wurden im Zuge dieser Abschlussarbeit messtechnisch bestimmt und dienen als Grundlage für die Entwicklung leistungsfähigerer Leitwerke. Hierfür wurde im Labor für Haus- und Energietechnik ein Versuchsstand aufgebaut, mit dem die neuen Leitwerke bei verschiedensten Betriebszuständen untersucht werden konnten.

Auf Basis des bestehenden wurden zwei neue Leitwerke entwickelt. Das Ziel war eine Steigerung der Be- und Entladeleistungen, vorwiegend für den Einsatz in mittleren und großen Heizungsanlagen. Die Schwierigkeit bestand in der Vorgabe, dass in den neuen Leitwerken keine beweglichen Teile, wie z.B. Klappen, integriert werden durften. Neben den verbesserten funktionellen Eigenschaften müssen die neuen Leitwerke kostengünstig produziert werden

können um diese zur Markteinführung zu marktgerechten Preisen anbieten zu können. Dies schloss fertigungstechnisch aufwendige Variationen aus. Im Zuge dieser Masterarbeit entstanden zwei Leitwerkprototypen die diese Anforderungen erfüllen. So beträgt die Steigerung für den maximalen Belademassenstrom des oberen Bereiches mit hoher Temperatur 85 % beim ersten, beim zweiten Prototyp 236 %. Neben den durch die Versuche erhaltenen und analysierten Datensätzen wurde der Leitwerkschichtspeicher thermografisch mittels Wärmebildkamera untersucht. Die entstandenen Videos mit den entsprechenden Wärmeverteilungen untermauern die zuvor interpretierten Messergebnisse und veranschaulichen die Schichtung während der unterschiedlichen Betriebszustände.



Leitwerkschichtspeicher®



Leitwerkschichtspeicher®  
(schematisch)

Das Ziel dieser Masterarbeit, das Schichtungsverhalten des Leitwerkschichtspeichers zu optimieren, wurde erreicht. Beide Prototypen weisen sowohl während der Beladung als auch bei der Entladung deutlich bessere Eigenschaften als das Bestandsleitwerk auf und sind zugleich höher belastbar. Grundlegende Schwächen, die aus den Messungen des Bestandsleitwerks hervorgingen, werden durch die neuen Leitwerke vermieden. Die konstruktive Bauform kommt ohne bewegliche Bauteile aus, ist einfach gehalten und gewährleistet dadurch eine kostengünstige Serienproduktion.

Bereits vor Fertigstellung dieser Masterarbeit begann die Serienfertigung der neu entwickelten Leitwerke. Die Markteinführung erfolgte im Rahmen einer neuen Speicher-Preisliste der Fa. varmeco im Dezember 2015.

**Daniel Scholz B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Dennis Hoeveler B.Eng.

Datum des Kolloquiums:

07. Oktober 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Laborbereich Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

Nowega GmbH, 48147 Münster



Bereits heute gibt es im deutschen Stromnetz einen hohen Anteil an regenerativ erzeugtem Strom. Im Rahmen der Energiewende steigt dieser Anteil weiter an. Dies führt dazu, dass ein erhöhter Bedarf an großen Speichern besteht um auch Phasen mit geringer Stromeinspeisung überbrücken zu können.

Eine Möglichkeit zur Speicherung ist das sogenannte Power-to-Gas Verfahren. Dabei wird Wasser mittels Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff getrennt. Der Wasserstoff wird dann direkt in das Erdgasnetz eingespeist oder zuvor in einem zweiten Schritt mit Hilfe von Kohlenstoffmonoxid bzw. -dioxid in Methan umgewandelt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die schon vorhandene Speicherkapazität im Gasnetz. Somit kann ohne großen Aufwand auf ein großes Potential zurückgegriffen werden.

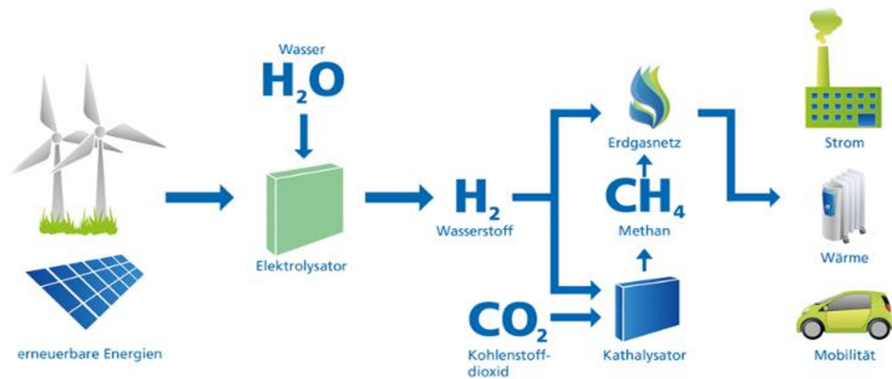


Abbildung 11: Power-to-Gas Verfahrensschema

Laut Energiewirtschaftsgesetz handelt es sich bei Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse erzeugt worden ist, und synthetisch erzeugtem Methan um Biogas, solange der zur Elektrolyse eingesetzte Strom und das zur Methanisierung eingesetzte Kohlenmonoxid bzw. -dioxid jeweils nachweislich überwiegend aus erneuerbaren Quellen stammen. Somit besteht für einen Gasnetzbetreiber eine Netzanschlusspflicht für Power-to-Gas-Anlagen.

Da sich Wasserstoff in seinen Eigenschaften aber deutlich von Erdgas unterscheidet, ist eine Einspeisung in das Erdgasnetz nicht unbegrenzt möglich. Daher muss ermittelt werden, in welchen Mengen Wasserstoff eingespeist werden kann, ohne dass negative Auswirkungen auf den Betrieb des Gasnetzes entstehen.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, zu ermitteln in welchem Umfang eine Einspeisung von Wasserstoff aus Power-to-Gas-Anlagen in das Leitungsnetz der Nowega GmbH möglich ist. Dazu wurde an vier beispielhaft ausgewählten Standorten untersucht, welche Mengen an Wasserstoff zum Erdgas hinzuge-mischt werden können. Die maximal zulässige Wasserstoffkonzentration wurde dabei mit 2 Vol.-% angenommen.

Es zeigte sich, dass grundsätzlich eine Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz der Nowega GmbH möglich ist. Dabei ist aber nicht jeder Standort gleichermaßen gut dafür geeignet. Vor allem Leitungen, in denen ganzjährig ein hoher Gasvolumenstrom vorhanden ist, eignen sich für die Einspeisung von Wasserstoff.

Die Auswirkungen auf die brenntechnischen Kenndaten wie Brennwert, Wobbe-Index und Dichte sind bei der angenommenen Wasserstoffkonzentration von 2 Vol.-% nur gering. Das Erdgas-Wasserstoff Gemisch erfüllt weiterhin alle rechtlichen Vorgaben an die Gasbeschaffenheit.

Gegebenenfalls müssen aber für eine problemlose Wasserstoffeinspeisung an den betroffenen Stellen im Netz kleinere Maßnahmen durchgeführt werden, wie der Austausch einzelner Messgeräten oder die Überprüfung von Rohrleitungen hinsichtlich ihrer Wasserstoffverträglichkeit.

## Untersuchung des Temperaturverhaltens an den Entnahmestellen einer Trinkwasser-Installation

**Andrej Schreiner B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Olaf Altepost
Datum des Kolloquiums:	09. September 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	TECE GmbH, Emsdetten



Im Laufe der Jahre hat sich die Trinkwasser-Installation verändert. Neben der bestehenden T-Stück-Installation wurden weitere Installationsarten wie z. B. die Ring- oder Reihen-Installation mit einer Hygienespülung entwickelt. Auslöser für diese Entwicklung sind neben einem höheren Komfortanspruch auch das deutlich gestiegene Bewusstsein für die Trinkwasserhygiene.

Laut der aktuellen TRWI sind Stagnationen im Rohrnetz zu vermeiden. Daher werden immer mehr Trinkwasser-Installationen im Ring installiert. Häufig werden dabei Warmwasserzirkulationen durch die Doppelwandscheiben geführt. Da die Wandscheibe kontinuierlich mit dem zirkulierenden Wasser durchspült wird, kann die Wandscheibe bis auf ca. 60 °C aufgeheizt werden. In Fachartikeln wurde bereits berichtet, dass es zu einer Erwärmung auf der Kaltwasserseite und einer erhöhten Oberflächentemperatur der Armatur gekommen ist.

Eine Erhöhung der Kaltwassertemperatur über 25 °C ist entsprechend DIN 1988 aus hygienischen Gründen zu vermeiden. Bei Temperaturen über 25 °C kann es zu einem erhöhten Wachstum von Legionellen oder anderen Mikroorganismen kommen, die für die Gesundheit des Menschen gefährlich sind. Um in der Zukunft diesem Problem adäquat begegnen zu können, musste untersucht werden, weshalb es zur Erhöhung der Wassertemperatur auf der Kaltwasserseite kommt.

Die Aufgabe dieser Bachelorarbeit bestand darin, das Temperaturverhalten an den Entnahmestellen einer Trinkwasser-Installation zu untersuchen. Für die Untersuchungen wurde ein Prüfstand aufgebaut, der einer Vorwandinstallation einer Dusche mit einer Aufputzarmatur entspricht. Dabei wurden die T-Stück- und die Ring-Installation untersucht und miteinander verglichen. Neben diesen Untersuchungen wurde im Rahmen dieser Arbeit nach einer Lösung für das aufgetretene Problem bei der Ring-Installation gesucht.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es sowohl bei der Ring- als auch bei der T-Stück-Installation zu einer Erhöhung der Temperatur auf der Kaltwasserseite größer 25 °C kommt.

Im Rahmen der Arbeit konnte ein Lösungsansatz ausgearbeitet werden, der eine Installation des Warmwassers mit Einbindung in die Zirkulation, die die Anforderungen, die die DIN 1988-100 an die Trinkwasser-Installation unter Kapitel Stagnation stellt, erfüllt. Des Weiteren konnte mit diesem Lösungsansatz die Probleme, die bei der Ring-Installation aufgetreten sind, gelöst werden.



## Vergleich eines zentralen und dezentralen Ladekonzeptes für die Elektromobilität am Beispiel der Stadt Münster

**Tim Schröder B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

22. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Stadtwerke Münster GmbH



Anhand einer Analyse verschiedener Ladekonzepte werden resultierende Handlungsoptionen und Strategien für den zukünftigen Ladeinfrastrukturausbau erarbeitet. Für eine solche Erarbeitung von Investitionsmöglichkeiten eines Energieversorgers sind viele Einflussfaktoren maßgeblich.

Weiterentwicklungen der Fahrzeug-, Batterie- und Ladetechnik, die die Verbreitung in Zukunft vorantreiben, sind dabei zu erwarten. Die Batterien für Elektrofahrzeuge bilden den Kern dieser Entwicklung. Besonders die Preise werden im Laufe der nächsten Jahre stark sinken. Aber auch die Energiedichten werden steigen und das Gewicht der Batterien wird deutlich reduziert werden können. Elektrofahrzeuge können sich so in den Punkten Preis und Reichweite immer stärker den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor annähern.

Ob die politischen Vorgaben von einer Millionen Elektrofahrzeugen bis 2020 und fünf Millionen bis 2030 in Deutschland erfüllt werden ist fraglich. Die rasante Verbreitung der Elektromobilität, die dazu nötig wäre, bleibt derzeit noch aus. Dies hat Auswirkungen auf den zu erwartenden Ladebedarf in den nächsten Jahren und die notwendigen Investitionen in den Aufbau einer Ladeinfrastruktur.

Trotzdem wird sich auch die Ladeinfrastruktur weiterentwickeln. So stellt eine Kombination der Ladekonzepte auf langfristige Sicht die beste Lösung dar. Dies bietet die Möglichkeit sowohl Vorteile des zentralen, als auch des dezentralen Konzepts nutzen zu können. Eine reine zentrale oder reine dezentrale Auslegung der Ladeinfrastruktur hingegen ist aufgrund der verschiedenen Anforderung an ein Ladekonzept wenig sinnvoll.

Der Fokus der Ladeinfrastruktur wird in den kommenden Jahren noch verstärkt auf dem Laden im privaten Raum liegen. Der noch geringe Ladebedarf lässt sich am praktikabelsten durch persönliche Ladepunkte am Wohnort oder dem Arbeitsplatz decken. Im Laufe der Zeit werden auch öffentliche Ladepunkte und zentrale Lademöglichkeit an Bedeutung gewinnen (Abbildung 1).

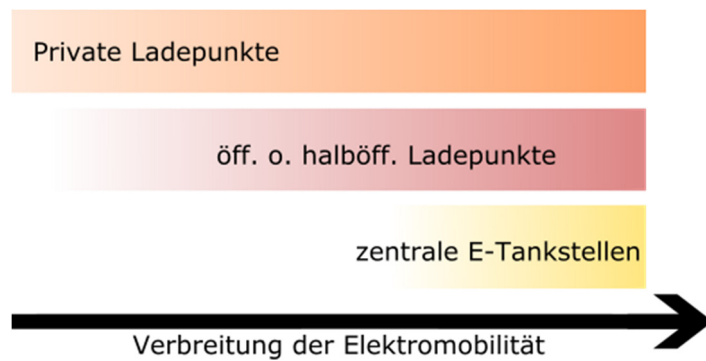


Abb. 2: Ausbau der Ladeinfrastruktur mit Verbreitung der Elektromobilität

Aus Sicht eines Energieversorgers sind vorerst keine groß angelegten Investitionen in öffentliche Ladepunkte nötig. Die bereits vorhandene öffentliche Ladeinfrastruktur ist noch ausreichend. Möglichkeiten der Investition bilden Dienstleistungs- und Informationsleistungen, die ein neues Angebotsspektrum bilden können.

Im weiteren Verlauf ist es von hoher Bedeutung, die Entwicklung des Ladebedarfs kontinuierlich zu prüfen, um dem steigenden Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur gerecht zu werden. Sollten Innovationen in den Einflussfaktoren wie Batterietechnik, Ladetechnik, politische Förderungen oder auch der Vorstoß der Brennstoffzellentechnologie stattfinden, so kann dies gänzlich neue Grundvoraussetzungen schaffen. In einer neuen Technologie wie der Elektromobilität sind rasante Weiterentwicklungen zu erwarten, was einen kontinuierlichen Wandel der Strategie erfordert.

Insgesamt lässt sich der Schluss ziehen, dass die Elektromobilität noch am Anfang ihrer Entwicklung steht. Die Aufgabe eine Infrastruktur aufzubauen wird mehr und mehr zur Aufgabe der Energieversorger werden, da die Weiterentwicklungen die öffentlichen Ladepunkte erforderlich machen. Das dezentrale Ladekonzept wird noch einige Zeit favorisiert werden bevor ein zentrales Konzept zum Tragen kommt. Erst bei einem hohen Anteil an Elektrofahrzeugen am Individualverkehr kann ein zentrales Konzept praktikabel werden. Bis dahin dominiert das Laden im privaten Raum, welches sowohl auf kurz- als auch auf langfristige Sicht den Großteil der Ladeinfrastruktur ausmachen wird.

## Einführung eines Energiemanagements – dargestellt an der Norm DIN EN ISO 50001:2011 bei der HSP Hochspannungsgeräte GmbH

**Thomas Siebert, B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus  
Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach

Datum des Kolloquiums:

28. Januar 2016

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

HSP Hochspannungsgeräte GmbH, 53842 Troisdorf  
Siemens AG



Ziel der Bachelorarbeit war die Beantwortung der Frage, ob die HSP in der Lage war, die Anforderungen zur Einführung eines Energiemanagements gemäß der Norm DIN EN ISO 50001:2011 zu erfüllen.

Die HSP Hochspannungsgeräte GmbH mit Sitz in Troisdorf bei Köln beschäftigt ca. 270 Mitarbeiter und weist einen Jahresumsatz von mehr als 100 Millionen Euro auf. Sie gehört weltweit zu den führenden Herstellern von Hochspannungsdurchführungen, wurde 1904 von Meirowsky & Co in Köln-Porz gegründet und 1989 von der Siemens AG übernommen. Die gesamte Produktion findet seit 2007 am Firmenstandort Troisdorf statt, wobei das Produktportfolio Durchführungen für verschiedenste Anwendungen in der Mittel- und Hochspannungstechnik umfasst. Die Produktion erfordert ein umfassendes Know-how aller Mitarbeiter sowie viele einzelne, hochanspruchsvolle Prozessschritte, die durch den Einsatz von Maschinen und Geräten teilweise sehr energieintensiv sind.

Die von der Muttergesellschaft Siemens AG, insbesondere der Division Energy Management, angebotenen Produkte stehen für die "wirtschaftliche, zuverlässige und intelligente" Erzeugung, Übertragung und Nutzung elektrischer Energie sowie "für den Auf- und Ausbau einer effizienten und nachhaltigen Energieinfrastruktur". Im Fokus stehen eine nachhaltige Erzeugung, ein verlustarmer Stromtransport, eine intelligente Verteilung und Speicherung, eine effiziente Energienutzung sowie der Schutz von Umwelt und Klima. Diese Prämissen werden bei der HSP Hochspannungsgeräte GmbH durch ein Energiemanagement vertieft. Neben steuerlichen Vorteilen und dem Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz können durch die Einführung eines Energiemanagements energiebezogene Leistungen systematisch verbessert, Energiekosten verringert und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens erhöht werden.

Die Umsetzung des Energiemanagements bei der HSP Hochspannungsgeräte GmbH wurde in der Bachelorarbeit anhand der Norm DIN EN ISO 50001:2011 überprüft.

**Sebastian Siemen B.Eng**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. (em) Dr. rer. nat. Klaus M. Herrmann

Datum des Kolloquiums: 27. Januar 2016

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

In Kooperation mit: Stadtentwässerung, Lingen (Ems)



Die wirtschaftliche Entsorgung von Klärschlamm stellt mit Hinblick auf die kommende Novellierung der Klärschlammverordnung die Betreiber vor neue Herausforderungen.

Ein mögliches Verfahren zur ressourceneffizienten Klärschlamm Entsorgung könnte dabei die hydrothermale Carbonisierung (HTC) sein. Das Prozesswasser (HTC-f), welches aus der Hydrothermalen Carbonisierung von Klärschlamm entsteht, weist eine hohe Belastung an organischen Substanzen (chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) von 12.000 – 20.000 mg/l) auf. Für eine Anwendung von HTC ist es daher notwendig, Behandlungswege zum CSB-Abbau zu prüfen. Zum CSB-Abbau vom HTC-Prozesswasser wurde eine einstufige aerobe Versuchsanlage aufgebaut, die auch in der Lage zur Nitrifikation und Denitrifikation war.



Abbildung 1: Aerobe Versuchsanlage

Diese wurde kontinuierlich und mit verschiedenen Konzentrationen des Prozesswassers und Ablaufwasser der Vorklärung der kommunalen Abwasserreinigungsanlage Lingen (Ems) gefahren. Ferner wurde eine anaerobe Batch-Anlage aufgebaut und betrieben.



Abbildung 2: Anaerobe Versuchsanlage

Verschiedene Limitationen von außen wirkten auf den anaeroben Batchversuch ein. Zum einen wirkte die stark schwankende Temperatur im Laborcontainer (10 – 37 °C) auf die Versuchsanlage ein und zum anderen verursachten Materialfehler vom Eudiometerrohr verfälschte Ergebnisse. Daher wurde die Versuchsreihe an die FH Münster ausgelagert.

Bei der aeroben Versuchsreihe zeigte sich eine mittlere Abbaubarkeit des Prozesswassers. Anhand dieser Ergebnisse wurde für das Beispiel der kommunalen Abwasserreinigungsanlage Lingen und vergleichbaren kommunalen Anlagen die zu erwartete Erhöhung des Ablaufwertes evaluiert.

## Marktchancen durch Portfoliomanagement für Industrieunternehmen im sich wandelnden Strommarkt

**Gianna Lara Smurra M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann  
Zweitprüfer: Franz Beckmann M.Eng

Datum des Kolloquiums: 01. Dezember 2015

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Technisches Management  
Laborbereich: Strom- und Wärmeerzeugung

In Kooperation mit: eta.hoch.zwei GmbH, Münster



Als Mitglied der Europäischen Union hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, fossile Brennstoffe in der Zukunft weitestgehend durch erneuerbare Energien zu ersetzen. Insbesondere Strom soll zu einem Großteil durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Um dieses Ziel umzusetzen, muss das bestehende Stromversorgungssystem an die Eigenschaften der neuen Energieträger angepasst werden und befindet sich deshalb im Umbruch. Es vollzieht sich ein Wandel von planbaren konventionellen Kraftwerken hin zu wetterabhängigen schwankenden Erzeugungsanlagen. Das Ergebnis dieser unbeständigen werdenden Bedingungen zeigt sich in volatilen Strompreisen.

Für Industrieunternehmen könnten diese Veränderungen im Stromversorgungssystem wirtschaftliche Potenziale ergeben. Mittels einer umfassenden Analyse der innerbetrieblichen Stromerzeugung, Strombeschaffung und des Lastmanagements können Potenziale identifiziert werden. Diese Analyse wird Portfoliomanagement genannt.

Selten hat ein Industriebetrieb die Kapazitäten eine solch umfängliche Analyse selbst durchzuführen, weshalb die Zusammenarbeit mit externen Beratern notwendig ist. Berater führen Portfoliomanagement in Zusammenarbeit mit einem Stromhändler durch.

Diese Ausarbeitung geht den Fragen nach,

- wie Berater durch eine umfassende Analyse aller stromrelevanten Gegebenheiten (Stromerzeugung, Strombeschaffung, Lastmanagement) eines kleinen oder mittelständigen Industriebetriebs wirtschaftliche Potenziale identifizieren
- welche Marktchancen sich durch die Erkenntnisse der Analyse im sich wandelnden Strommarkt für das Unternehmen ergeben
- welche Handlungsempfehlungen auf Basis der Erkenntnisse des Portfoliomanagements formuliert werden können.

Ziel dieser Ausarbeitung ist, Beratern notwendiges Fachwissen zum komplexen Themengebiet „Stromsektor“ anwendungsbezogen darzulegen,

sowie einen Leitfaden zu erstellen, der ein zielführendes Portfoliomanagement und das Aussprechen von Handlungsempfehlungen für das jeweilige Unternehmen ermöglicht.

Der Leitfaden unterstützt den Berater bei der Abschätzung wirtschaftlicher Vorteile für Industrieunternehmen, die sich am Markt gewinnbringend realisieren lassen.

Bislang existiert keine Ausarbeitung, die umfassend alle notwendigen Inhalte zusammenträgt, die beim Portfoliomanagement für den Berater von Bedeutung sind.

Dem Ziel entsprechend enthält diese Arbeit notwendiges Fachwissen über das Themengebiet „Stromsektor“, eine Beschreibung und einen Leitfaden zur Umsetzung von Portfoliomanagement, sowie eine Darstellung der finanziellen Einsparpotenziale durch Portfoliomanagement.

**Sebastian Spengler M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	10. März 2016
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	PBU - Planungsbüro Unnebrink, Raesfeld



In der Baubranche wird die Forderung nach einer wirtschaftlicheren Methode zur Bauabwicklung immer stärker. Projekte, wie beispielsweise die Elbphilharmonie in Hamburg oder der Berliner Flughafen, haben diese Forderungen weiter gestärkt und eine in anderen Ländern bereits erfolgreich angewandte Methode in Deutschland auf den Markt gerufen. Building Information Modeling (BIM) ist in der Baubranche in aller Munde und soll für die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden genutzt werden.

Bei BIM handelt es sich um eine Methode zur Abwicklung von Projekten im Bauwesen. Dabei wird auf der Grundlage eines gemeinsam genutzten Gebäudemodells eines Bauwerkes, welches mit allen relevanten Informationen zu Bauteilen erfasst wird, geplant und gebaut. Anschließend wird dem Nutzer des Gebäudes das Modell mit allen für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen für die weitere Bearbeitung und Bewirtschaftung übergeben.

Mit dieser Arbeit wurden die gesammelten Praxiserfahrungen angesprochen und analysiert. Die Zielsetzung dieser Arbeit besteht in der Aufarbeitung der Erfahrungen und der Arbeitsschritte während der praktischen Umsetzung eines auf der BIM-Methode abgewickelten Projektes. Die Ergebnisse aus der Projektierung sollen Schnittstellen aufzeigen, aus denen hervorgeht, an welchen Stellen Verbesserungspotenzial besteht und welche Fehler in Zukunft vermieden werden können.

Im Verlauf des Projektes wurde deutlich, dass sich eine Planung nach der BIM-Methode mit herstellernerneutralen Bauteilen als schwierig darstellt. Der Genauigkeitsgrad dieser Planung ist ausschlaggebend für eine reibungslose Projektanbahnung und eine präzise Darstellung der späteren Installationen. Jedoch kann dies mit herstellernerneutralen Bauteilen nicht gewährleistet werden, da so beispielsweise keine Nullabstände oder systemkonforme Installationen berücksichtigt werden können.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass BIM sich noch in der Entwicklungsphase befindet und es nur wenig Anwender für die aufwendige und arbeitsintensive Planung mit BIM gibt. Dementsprechend erhalten Industrie und Softwarehersteller kaum Rückläufer von den Planungs- und Architekturbüros.



Es liegen auch keine Normen und Regelwerke vor, die die Planung mit BIM vorschreiben. Dementsprechend wird diese Methode nur wenig angewandt, da die Überarbeitung der standardisierten und etablierten Planungsmethoden mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden ist.

Die folgenden Abbildungen zeigen die geplante und ausgeführte Leistung der technischen Installationen in einem Besprechungsraum. Den Darstellungen ist zu entnehmen, dass die Ausführung der geplanten Leistung entspricht.

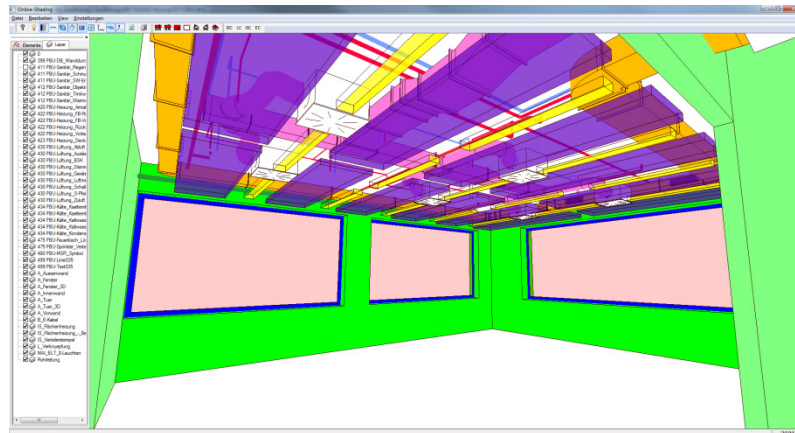


Abb. 1: Planung mit BIM eines Konferenzraumes mit PlanCAD nova



Abb. 2: ausgeführte Leistungen der Installationen im Konferenzraum

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass BIM eine lohnenswerte Methode zur Abwicklung von Projekten darstellt. Es können viele Informationen aus dem Modell entnommen werden, wodurch bereits im Vorfeld einige Konflikte behoben werden können, die ansonsten erst im späteren Bauablauf aufgetreten wären. Dadurch können Kosten eingespart werden, da der Einfluss auf die Kosten in der Entwurfsphase am größten ist. Der Aufwand zu Beginn der Projekteabwicklung ist groß, jedoch kann durch die detaillierte Planung eine reibungslosere Bauphase ermöglicht werden.

## Entwicklung eines Berechnungsalgorithmus zur Dimensionierung von vermaschten Trinkwassernetzen in Gebäuden unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der Entnahme

**Thomas Spöler M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann

Datum des Kolloquiums: 16 Dezember 2015

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



Trinkwasser-Installationen sind so zu planen, dass an allen Entnahmestellen die Anforderungen hinsichtlich der Trinkwasserqualität nach der aktuell gültigen Trinkwasserverordnung eingehalten werden.

Die in den technischen Regelwerken beschriebenen Verteilsysteme für Trinkwasser werden hauptsächlich als verästelte Trinkwasser-Installationen ausgeführt. Derartige endständig ausgeführte T-Stück-Installationen stellen, im Falle von nicht bestimmungsgemäß genutzten Entnahmestellen, potentielle Stagnationsbereiche dar. Durch Stagnation kann die Trinkwasserbeschaffenheit in den Leitungen und Apparaten durch Vermehrung von Mikroorganismen beeinträchtigt werden, sodass die an das Trinkwasser gestellten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind.

Um den Wasseraustausch zu erhöhen und somit den Erhalt der Trinkwasserqualität zu begünstigen, können Ringleitungen gebildet werden. Durch zusätzliche Bauteile zur Anbindung von Ringleitungen an Verteilleitungen, wie KEMPER KHS-Venturi Strömungsteiler, kann der Wasseraustausch in Ringleitungen bei nachgeschalteter Entnahme erheblich begünstigt werden.

Das Verbinden von Trinkwasserleitungen zu geschlossenen Maschen führt zu einer weiteren Verminderung von Stagnation. Jede Entnahme an beliebiger Position in einem vermaschten Trinkwassernetz führt zu einer Strömung im gesamten System und damit zu einem Wasseraustausch. In der kommunalen Wasserversorgung ist es allgemein anerkannte Regel der Technik, vermaschte Trinkwassernetze zu verwenden.

Vermaschte Trinkwassernetze stellen zu diesem Zeitpunkt in Gebäuden noch nicht den Stand der Technik dar. Aus diesem Grund existieren in den aktuellen technischen Regelwerken keine Planungsgrundlagen für vermaschte Trinkwassernetze in Gebäuden.

Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, einen Berechnungsalgorithmus zur Dimensionierung von Trinkwassernetzen in Gebäuden unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der Entnahme zu entwickeln.

Im Verlauf der Masterarbeit wurde der Entwicklungsprozess des Berechnungsalgorithmus zur Dimensionierung von vermaschten Trinkwassernetzen erörtert. Dafür wurde das differenzierte Verfahren nach Cross unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN 1988-300 auf vier Berechnungsbeispiele

sukzessiv ansteigender Komplexität angewendet. Anschließend erfolgte eine Kritik des entwickelten Berechnungsverfahrens. Initiativ wurde ein Berechnungsvorgang zur nutzungsorientierten Simulation von vermaschten Trinkwassernetzen entwickelt.

**Tim Stenzel B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 30. März 2016

Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energietechnik  
 Laborbereich: Labor für Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich im ersten Abschnitt mit der Darstellung von Oberschwingungen im Drehstromnetz. Hierfür wird zunächst auf die Auswirkungen von vorhandenen Oberschwingungsströmen auf den Neutralleiter eingegangen. Dabei zeigt sich, dass Oberschwingungsströme durch drei teilbarer Ordnung Probleme am Neutralleiter herbeiführen können.

Diese werden im Vergleich zu den Außenleitern, aufgrund der Annahme symmetrischer Belastung, oftmals im Querschnitt nur auf die Hälfte ausgelegt. In der Praxis stellt die Gruppe der o. g. Oberschwingungsströme allerdings eine viel stärkere Belastung für den Neutralleiter dar, da sich diese Ströme auf Basis eines bestehenden Nullsystems vektoriell addieren. In Kombination mit reduzierten Neutralleiterquerschnitten führt dieses zu noch stärkeren Belastungen, welche ein Sicherheitsrisiko darstellen können.

Außerdem werden zeitliche Verläufe der umgesetzten Leistungen auf Basis des Einwirkens von Oberschwingungsströmen dargestellt. Hierfür wird eine ideale, sinusförmige Spannung mit einem beispielhaften Rechteckverlauf für einen Oberschwingungsstrom beaufschlagt. Der resultierende GesamtLeistungsverlauf kann danach in die Bestandteile der Wirkleistung sowie der Verschiebungs- und Verzerrungsblindleistung zerlegt werden. Besonders die hierbei neu auftretende Verzerrungsblindleistung sorgt dann für Schwankungen der übertragenen Gesamtleistung am Verbraucher.

Im zweiten Abschnitt der Arbeit wird auf Basis einer vorangegangenen Bachelorarbeit zum Thema *Entwurf und Inbetriebnahme von LC-Filtern bei Oberschwingungsströmen* die Auslegung der einzelnen Filterstufen hinterfragt. Grund hierfür sind stark ansteigende Grundschwingungsströme nach Zuschalten einzelner Oberschwingungsfilterstufen, sodass sich bei Betrieb dieser Filteranlage ein resultierender Gesamtstrom von ca. 7 Ampere ergibt.

Nach mathematischer Beschreibung zum Nachweis dieses Gesamtstromwertes, wird auf Basis einer Bauteilkonfiguration der Filterstufen ein Alternativvorschlag zur Auslegung der Filterstufen erarbeitet, um den resultierenden Gesamtstrom nachweislich zu reduzieren. Nach erfolgter Neuauslegung gemäß Alternativvorschlag ist eine Reduzierung dieses Gesamtstroms um ca. 2,5 Ampere möglich.

## Wirtschaftlicher Vergleich einer Luft/Wasser Wärmepumpe mit einer Sole/Wasser Wärmepumpe am Beispiel eines Einfamilienhauses

**Sven Stratmann M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring

Datum des Kolloquiums:

25. September 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



Diese Arbeit soll die Wirtschaftlichkeit einer Solewärmepumpe gegenüber einer Luftwärmepumpe am Beispiel eines Einfamilienhauses (KFW-55 Standard, 2015) untersuchen. Dazu werden die benötigten Energiedaten des Hauses als auch die technischen Randbedingungen der beiden Wärmepumpenarten sowie die Investitionsvolumen und laufenden Kosten betrachtet.

Zur Berechnung der Energieverbräuche des Hauses werden sowohl die Maßzeichnungen des Hauses als auch ein Wetterdatensatz zum Einsatz kommen. Mit Hilfe der Maßzeichnungen werden in Abhängigkeiten der Wandaufbauten und der eingesetzten Fenster der spezifische Transmissionswärmeverlust sowie der spezifische Lüftungswärmeverlust berechnet. Über diese Verluste und mit Hilfe des Wetterdatensatzes wird sich dann der Gesamt-Jahres-Heizenergiebedarf berechnen lassen.

Für den Warmwasserbedarf wird ein Vier-Personen-Haushalt mit dem entsprechenden Warmwasserbedarf angenommen. Da sich der Energieverbrauch einer Wärmepumpe nicht eins zu eins auf den Verbrauch eines fossilen Rohstoffes umrechnen lassen kann, muss hier der COP-Wert (Koeffizient Of Performance) einbezogen werden. Dafür sind zum einen die Heizkurve und die daraus resultierenden Vorlauftemperaturen (Außenlufttemperatur) des Heizungssystems sowie die entsprechenden COP-Werte einzubeziehen. Aus diesen Daten lässt sich dann der Energiebedarf einer Wärmepumpe berechnen.

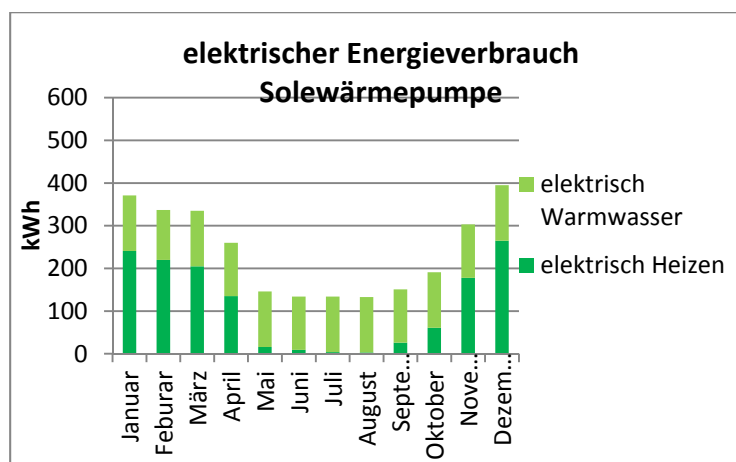
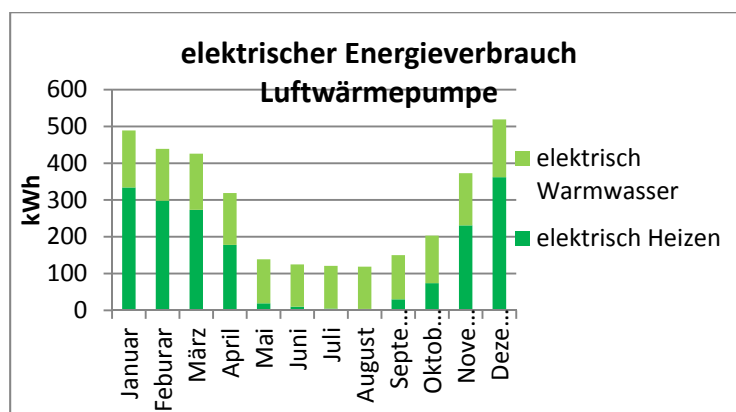
Wenn somit die benötigten Energieverbräuche ermittelt worden sind, kann auch ein Blick auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Wärmepumpe erstellt werden. Hierfür müssen die jeweiligen Investitionsvolumen, die Fördermittel als auch die jährlichen Betriebskosten einbezogen werden.

Die hier aufgeführten Berechnungen für die jeweiligen Wärmepumpen am Beispiel eines Einfamilienhauses haben gezeigt, dass die Luftwärmepumpe wirtschaftlich gesehen besser ist als die Solewärmepumpe. Allerdings sollte beachtet werden, dass für die Solewärmepumpe und die dafür benötigte Tiefenbohrung eine Grundtemperatur im Boden angenommen werden musste. Die hier auf 5 °C angenommene Grundtemperatur ist eine Annahme und kann natürlich von Ort zu Ort variieren.

Bei sehr gut mit Grundwasser durchströmten Erdschichten kann die Grundtemperatur deutlich über 5 °C liegen, und es können die ca. 10 °C im Erdreich

gehalten werden, obwohl die Wärmepumpe dem Boden Wärme entzieht. Dieser Effekt kann natürlich auch in umgekehrte Richtung eintreten. Bei sehr schlecht durchströmten Erdschichten kann bei zu hoher Entzugsleistung aus dem Boden, im schlimmsten Fall, ein Eiskern an der Bohrung entstehen, wodurch die Wirtschaftlichkeit noch weiter sinken würde. Bei der Luftwärmepumpe muss wiederum beachtet werden, dass Jahre im Schnitt mal kälter oder wieder wärmer sein können.

Des Weiteren wurden die COP-Werte des Herstellers zur Berechnung der Jahres-Betriebskosten hinzugezogen. Hier ist natürlich die Frage, „wie genau“ die jeweiligen Hersteller mit den Berechnungen dieser Werte sind.



Fazit:

Wer sich Gedanken über die Anschaffung einer Luft- bzw. Solewärmepumpe macht, sollte sich auf jeden Fall Informationen über den Untergrund besorgen, auf dem die Bohrung für die Solewärmepumpe entstehen soll. Sollte sich herausstellen, dass die vorhandenen Erdschichten nicht sonderlich gut mit Grundwasser durchströmt sind, sollten sich die Bauherren aus wirtschaftlichen Gründen eher für eine Luftwärmepumpe entscheiden.

**Marcel Stürer M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr. Petra Teitscheid

Datum des Kolloquiums:

22. Februar 2016

Studium:  
Studienrichtung:

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



Klimaschutz ist seit Jahren zentrales Thema der Medien, Politik, Wissenschaft und Wirtschaft. Jedoch wird die Thematik kontrovers diskutiert und führt zu vielen unterschiedlichen Handlungen im menschlichen Verhalten. Es ist darüber eine Debatte entbrannt, die nicht nur Staats- und Konzernstrukturen beschäftigt, sondern sie waltet auch zwischen den Menschen in kommunalen Strukturen.

In wie weit bestimmt also die Kommunikation und das ethische Bewusstsein menschliche Handlungen in Bezug auf den Klimaschutz?

Die Ausarbeitung beschreibt grundlegend die Notwendigkeit des Klimaschutzes und welche Maßnahmen diesbezüglich eingeläutet wurden. Hier wird versucht zu schildern, in wie weit die Maßnahmen die Menschen beeinflussen. Zudem werden Akzeptanz und individuelle Ressentiments mit dem Thema Klimaschutz, Energieeinsparung, Energieeffizienz, erneuerbare Energie und ganz generell dem Umweltschutz dargestellt.

Erörtert wird der einhergehende Strukturwandel und wie dieser sich in urbanen und ländlichen Regionen auswirkt. Hier wird geschildert, welche Einflussnahme die Politik sowie die Kommunen ausüben, um die eingeleitete Energiewende umzusetzen. Weiterführend werden menschliche Handlungsmuster beschrieben, die sich des Öfteren in sozialen Gefügen erkennen lassen. Außerdem werden grundlegend die Hemmnisse des intrinsisch motivierten Verhaltens über Widerstände verschiedener Personen oder Personengruppen geschildert. Die Grundtheorie des Handelns wird weiterführend mit den Ressentiments verglichen.

Die Ausarbeitung stellt Lösungsstrategien dar und behandelt die Frage ob jeder Mensch zu jeder Zeit frei von Einflüssen handelt oder ob er nicht frei sein kann, da er immer von äußeren Umständen und Emotionen beeinflusst wird. Am Ende der Arbeit wird erläutert, wie wichtig Ethik für das Individuum in dieser Thematik ist. Abschließend wird beschrieben, welche Strategien möglich sind, um Ethik mit Kommunikation und Handeln zu vereinbaren.

Das Ziel der Masterarbeit ist, die Werthaltung der Menschen zu verstehen und Lösungsstrategien aufzuzeigen, um das Durchsetzen vermeintlich unbequemer Wege darzustellen, damit der nachhaltige Umgang mit der Natur, Ressourcen und dem Klimaschutz nicht nur generell gesellschaftsfähig wird, sondern auch entsprechend gehandelt wird.

## Trennung einer Trink-/Löschwasserversorgung in einem Hochhaus im laufenden Betrieb

**Hendrik Sunderhaus B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	09. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Planungsbüro Unnebrink, Raesfeld



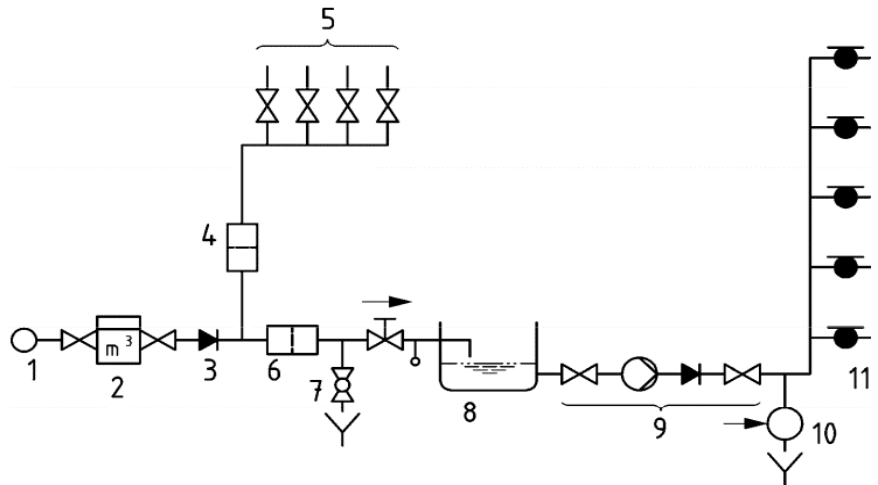
„Feuerlösch- und Löschwasseranlagen sind Einrichtungen des vorbeugenden Brandschutzes und keine des häuslichen Gebrauchs (siehe DIN EN 1717). Sie dienen der Rettung und dem Schutz von Personen und der Brandbekämpfung. Sie führen in ihren Leitungssystemen Trink- oder Nichttrinkwasser. Bei unmittelbarem Anschluss an das Trinkwassernetz unterliegen sie besonderen hygienischen Anforderungen, um die Qualitätseinbuße des Trinkwassers durch Stagnation zu vermeiden.“

Wie in diesem Zitat beschrieben, sind Rückwirkungen aus Feuerlösch- und Löschwasseranlagen durch einen direkten Anschluss an die Trinkwasserinstallation zu vermeiden. Die Qualitätseinbuße des Trinkwassers kann durch Stagnation bzw. einen sehr geringen Wasserwechsel im Netz entstehen. In vielen Bestandsgebäuden findet man allerdings nicht selten den unmittelbaren Anschluss von Feuerlöschanlagen an das Trinkwassernetz. Gründe hierfür sind historisch bedingt. So wurden Trink- und Löschwasserversorgung wie selbstverständlich direkt miteinander verbunden. Dabei erfolgte die Auslegung der Rohrleitungen nach den geforderten Löschwassermengen. Die Löschwasseranlagen werden allerdings nur im Brandfall zum Einsatz kommen. Das Trinkwasser muss hingegen jederzeit mit einwandfreier Wasserqualität anstehen.

In dieser Bachelorarbeit wurde auf diese Problematik eingegangen und eine Trennung einer nicht selbsttätigen Feuerlöscheinrichtung von der Trinkwasserinstallation, anhand eines Fallbeispiels, erarbeitet. Dabei handelte es sich um ein Hochhaus, das als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt wird. Die Trennung der Installation sollte im laufenden Betrieb des Gebäudes erfolgen und stellte dabei, aufgrund von Umbaumaßnahmen, die Herausforderungen für den Umbau im Bestand dar.

Ziel war es, den „Ist“-Zustand der vorhandenen Sanitärinstallationen zu beschreiben und zu bewerten. Es fand ein Abgleich der Bestandsinstallation mit den Anforderungen der allgemein anerkannten Regeln der Technik statt. Dabei war die gültige Trinkwasserverordnung (TrinkwV), die DIN 1988-600 und die DIN 14462 zu beachten. In der folgenden Abbildung ist der normkonforme Aufbau der Anlage schematisch dargestellt.





#### Legende

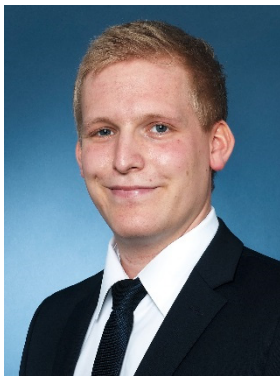
- 1 Hauptversorgungsleitung des öffentlichen Wasserversorgers
- 2 Wasserzähleranlage
- 3 Rückflussverhinderer
- 4 Mechanisch wirkender Filter
- 5 Ständige Trinkwasserverbraucher
- 6 Steinfänger
- 7 Automatische Spüleinrichtung
- 8 Vorlagebehälter mit freiem Auslauf, z. B. Typ AB nach DIN EN 1717
- 9 Druckerhöhungsanlage
- 10 Fremdwassereinspeisung, optional
- 11 Wandhydrant

Die in der DIN 1988-600 aufgeführten Anforderungen an die Löschwasserübergabestelle setzen eindeutige Akzente zur Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien Trinkwasserversorgung. Durch die Trennung der Hydrantenanlage von der Trinkwasserinstallation ist die Einhaltung der Anforderungen der Trinkwasserverordnung an das Lebensmittel Trinkwasser möglich.

## Untersuchung der vorhandenen Kühlleistung des Gaskühlers der Verdichterstufe I Verdichter I – Epe H-Gas

**Sebastian Tenbrink B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. André Tenbrink
Datum des Kolloquiums:	30. September 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	RWE Gasspeicher GmbH, Gronau Epe



Der H-Gasspeicher der RWE Gasspeicher GmbH in Gronau-Epe speichert Erdgas in unterirdischen Kavernen. Um das Gas in die Kavernen einzulagern, muss der Druck angehoben werden. Zu diesem Zweck setzt die RWE auch elektrisch angetriebene Hubkolbenverdichter, wie den Verdichter I ein. Das Gas erreicht den Speicher über Pipelines mit minimalen Drücken bis zu 28 bar und muss auf einen Druck von bis zu 210 bar angehoben werden.

Für derartige Verdichtungsverhältnisse muss der Verdichter zweistufig betrieben werden. In dieser Fahrweise tritt das Gas zunächst in die beiden Zylinder der ersten Verdichtungsstufe ein. Hier wird es bis auf maximal 98 bar verdichtet. Dabei erhitzt sich das Gas stark. Aus diesem Grund muss es vor dem Eintritt in die zweite Verdichtungsstufe im Gaskühler I gekühlt werden. Nach der Zwischenkühlung gelangt das Gas in die zweite Verdichtungsstufe um dort auf den Enddruck angehoben zu werden. Nach der Verdichtung in der zweiten Stufe wird das Gas zum jeweiligen Kavernenkopf geleitet.

Die Energie, die der Verdichter für den Kompressionsprozess in der ersten oder zweiten Verdichtungsstufe benötigt, kann mithilfe der spezifischen Verdichtungsarbeit bestimmt werden. Die spezifische Verdichtungsarbeit ist abhängig von der Eintrittstemperatur des Erdgases in die jeweilige Verdichtungsstufe. Je niedriger die Eintrittstemperatur des Erdgases ist, desto geringer ist die zu leistende spezifische Verdichtungsarbeit und somit der Energieverbrauch des Verdichterantriebes. Die Zwischenkühlung des Erdgases im zweistufigen Betrieb findet im Gaskühler I statt. Je weiter das Gas hier herunter gekühlt werden kann, desto geringer ist die zu leistende Verdichtungsarbeit in der zweiten Verdichtungsstufe. Eine Optimierung des Gaskühlers I führt so zu einer Senkung des Energiebedarfs der Verdichteranlage.

Eine von der FH Münster durchgeführte Studie analysierte die Energieverbräuche der Verdichteranlagen der Speicherstation in Epe. Eine Aussage dieser Studie über den Verdichter I war, dass mit jedem 1 °C Temperaturabsenkung der Eintrittstemperatur des Erdgases in die zweite Stufe, sich die für den Verdichtungsprozess benötigte Verdichtungsarbeit um bis zu 1 % reduziert. Meine Arbeit versucht etwaige Leistungsreserven des Gaskühlers I. Stufe zu ermitteln, um die Zwischenkühlung zu verbessern und so den Energieverbrauch des Verdichters zu senken. Für die Analyse des Kühlers, wurde dieser

mithilfe der im VDI-Wärmeatlas beschriebenen NTU-Methode nachgerechnet. Anhand der sechs wichtigsten Kenngrößen eines Wärmeübertragers wird der Kühler charakterisiert. Der Gaskühler I verwendet für die Kühlung des Erdgases Außenluft, die mithilfe von Mantelpropellern im Kreuzstrom von unten durch die Rohrbündel geführt wird.

Das Leitsystem des Gasspeichers regelt die Drehzahl der Lüfterantriebe und somit die durch den Kühler geförderte Luftmenge auf eine Gasaustrittstemperaturen des Gases aus dem Kühler von 25 °C. Bei der Nachrechnung des Kühlers stellte sich heraus, dass der geförderte Luftvolumenstrom durch den Kühler im betrachteten Zeitraum im Durchschnitt nur circa ein Drittel des maximal möglichen Luftvolumenstroms betrug. Die Steuerung der Lüfterantriebe regelte deren Leistung nach Erreichen der 25 °C Gasaustrittstemperatur herunter. Ohne diese Regelung könnte die übertragene Wärmeleistung höher sein.

Um zu berechnen, wie viel höher die übertragene Wärmeleistung hätte liegen können, sind die Gasaustrittstemperaturen ein weiteres Mal berechnet worden. Unter der Prämisse, dass die Lüfter immer den maximal möglichen Luftvolumenstrom durch den Kühler fördern. In diesem Fall lagen die Gasaustrittstemperaturen aus dem Kühler im Durchschnitt um 7 °C niedriger als im ersten Fall mit der noch aktiver Lüftersteuerung.

In Bezug auf die Aussage der Studie wäre für das ganze Jahr 2013 eine rechnerische Energieeinsparung für den Verdichterantrieb von bis zu 333 MWh möglich gewesen. Weitere Möglichkeiten zur Optimierung des Gaskühlers I, wie z. B. die Erhöhung der Lüfterdrehzahl oder Befeuchtung der Luft sind ebenfalls denkbar, waren jedoch kein Bestandteil meiner Arbeit.

**Lukas Thyes M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 16. April 2015

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Eine sichere, verlässliche und wirtschaftliche Versorgung mit Energie (z. B. in Form von Strom) ist von großer Bedeutung. Zur Erreichung dieser Ziele ist der Aufbau zuverlässiger und effizienter Netze erforderlich. Dies setzt eine gründliche Planung, in diesem Fall der Stromnetze, vom Erzeuger zum Verbraucher voraus.

Die durchschnittliche Nutzungsdauer eines neugebauten, erweiterten oder umgebauten Stromnetzes beträgt ca. 20 Jahre. Für diese Zeitspanne muss das Lastverhalten auf Grundlage des veränderten Primärenergieverbrauchs und der z. Z. zunehmenden regenerativen Einspeisung prognostiziert werden.

Die Masterarbeit behandelt das Thema „Theoretische Grundlagen und Vergleich von Netzberechnungsprogrammen – Schwerpunkt Lastflussberechnung“. Es wurde die theoretische Grundlage der Lastflussberechnung erarbeitet. Ferner sollten verschiedene Netzberechnungsprogramme anhand einer Übungsaufgabe analysiert und verglichen werden.

Für diese Untersuchung war eine ausführliche Literaturrecherche nötig, um die theoretischen Grundlagen einer Lastflussberechnung zu erarbeiten. Hierbei ist aufgefallen, dass das Themenfeld Netzberechnung sehr komplex ist und weite Bereiche umfasst. So war es sinnvoller sich auf einen Bereich zu beschränken (in diesem Fall Lastfluss), um dem Thema gerecht zu werden. Im Anschluss wurde der Markt der Netzberechnungsprogramme sondiert und eine kurze Übersicht erstellt. Dabei ist aufgefallen, dass es zwei Typen von Netzberechnungsprogrammen auf dem Markt gibt. Zum einen für die Spannungsebenen bis 1 kV und zum anderen für alle Spannungsebenen.

Zur näheren Betrachtung wurden vier Programme aus dem Bereich für alle Spannungsebenen ausgewählt: von der FGH das Programm Integral (Interaktives Grafisches Netzplanungssystem), von den Firmen BCP und ABB das Programm NEPLAN, von der Firma DigSILENT das Programm PowerFactory und von der Firma Siemens das Programm PSS E. Anhand eines Beispielnetzes wurden die Programme getestet, verglichen und bewertet.

## Die Rolle der Fusionstechnik in der Stromversorgung Deutschlands ab 2050

**Niklas Tichelkamp B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

21. Mai 2015

Studium:  
Studienrichtung:

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



Die Bachelorarbeit dient der Untersuchung und Bewertung der Rolle der Fusionstechnik in Deutschland ab 2050. Das Ziel ist eine zeitliche Abschätzung der technischen Verfügbarkeit, die Erarbeitung der zukünftigen ökonomischen, politischen und sozialen Rahmenbedingungen, sowie eine Szenario-Entwicklung für den Umfang eines Einsatzes von Fusionskraftwerken im deutschen Kraftwerkspark.

Der Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien erfordert eine flexible und verlässliche Grundlaststromerzeugung. Die fossil befeuerten Kraftwerke können aufgrund der Treibhausgasemissionen und der Endlichkeit der Ressourcen keine langfristige Lösung sein. Die Nutzung der Kernfusion ist daher eine interessante Alternative, die es zu untersuchen gilt. Die Arbeit geht konkret auf den Einsatz in Deutschland ein, gibt jedoch auch einen Ausblick auf das internationale Potenzial. Zur Lösungsfindung wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, um die erforderlichen Entwicklungen bis 2050 abbilden zu können. Auf Basis dieser Erkenntnisse konnte eine zeitliche Beurteilung der Marktreife abgegeben und ein konkretes Szenario des Einsatzes entwickelt werden.

Fusionskraftwerke werden höchstwahrscheinlich nicht vor 2060 einsatzbereit sein. Die Hauptgründe sind ein noch nicht erreichter Dauerbetrieb von Tokamaks, die noch nicht entwickelten Wandmaterialien für Plasmagefäße und vor allem die Verzögerungen bei den Projekten ITER und Wendelstein 7-X. Nur eine hohe Aufstockung der Fördergelder und ein dadurch möglicher Parallelbetrieb großer Forschungsprojekte wie ITER, könnten den Fortschritt maßgeblich beschleunigen.

Die Entwicklungen der Energiemärkte begünstigen einen Einsatz von Fusionskraftwerken in Deutschland. Als zentrale Voraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz von Fusionstechnik erweist sich dabei die Erhöhung der Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate. Die installierte Leistung von Fusionskraftwerken in Deutschland wird bis 2065 höchstens im einstelligen Gigawattbereich liegen.

Auf lange Sicht werden nicht mehr als acht bis neun Fusionskraftwerke in Deutschland ins Netz einspeisen. Ein Anteil von ca. 14 % an der deutschen Stromproduktion ist möglich. International hat die Fusionstechnik schlechtere Aussichten, verursacht durch den zukünftig fortgeführten weltweiten Einsatz von Kohle- und Atomkraftwerken.

Die Ergebnisse unterliegen vielen Bedingungen, die sich im dynamischen Energiemarkt schwer vorhersagen lassen. Sie sind dadurch nicht genau und müssen als Schätzungen angesehen werden.

## Experimentelle Untersuchung der thermodynamischen Eigenschaften eines neu entwickelten Lüftungsgerätes insbesondere im Hinblick auf Kondensation

**Andreas Triphaus B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Thomas Abeln
Datum des Kolloquiums:	19. Mai 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Kampmann GmbH, Lingen (Ems)



Um ihr Produktportfolio zu erweitern, hat die Kampmann GmbH ein neues Lüftungsgerät mit WRG, den KaCompact, entwickelt. Die Bachelorarbeit beschäftigte sich mit Untersuchungen dieser Neuentwicklung insbesondere im Hinblick auf Kondensation, da erstmalig in der Firmengeschichte ein Kondensationsrotor waagrecht in einem Lüftungsgerät eingebaut wurde. Dazu sind mehrere Prüfungen im Forschungs- und Entwicklung-Center der Firma Kampmann vorgenommen worden.



Abb. 1: KaCompact 5000

Zuerst wurde die Dichtheit des Gehäuses vom KaCompact nach DIN EN 1886 am Kammerprüfstand überprüft (Leckageprüfung). Dabei würde aufgrund der verwendeten Filter die Einstufung in die niedrigste Dichtheitsklasse ausreichen. Die anschließende Auswertung der Messergebnisse zeigte, dass sowohl die ermittelten Leckluftstraten der Unterdruck- als auch der Überdruckprüfung nicht nur der Mindestanforderung entsprachen, sondern auch den Anforderungen der höheren Dichtheitsklasse gerecht werden konnten.

Anhand der darauffolgenden Prüfung sollte die Wärmerückgewinnungsklasse des Rotors nach DIN EN 13053 ermittelt werden. Die Auswertung dieser Prüfung zeigte, dass bei den Messreihen mit unterschiedlichen Massenströmen eine sehr gute Energieeffizienz erzielt wurde. Der Rotor erfüllt zudem die ab dem 1. Januar 2018 geltenden Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie, die besagt, dass Lüftungsgeräte ab einem Luftvolumenstrom von 1.000 m<sup>3</sup>/h mindestens eine Rückwärmzahl von 73 % nachweisen müssen. Anschließend wurde in weiteren Messungen auch die Rückwärmzahl bei Änderung der Drehzahl betrachtet, da eine hohe Rückwärmzahl gerade in der Übergangszeit nicht immer erwünscht ist.

Da die Firma Kampmann im Vorfeld noch kein Lüftungsgerät entwickelt hat, bei dem der Rotor waagrecht eingebaut ist, bestand die Hauptaufgabe dieser Arbeit darin, zu überprüfen, welche Auswirkungen durch die Kondensatbildung im Gehäuse und am Rotor resultieren und ob zusätzliche Maßnahmen getroffen werden müssen.

Unter Einfluss der Parameter wie Außenluft-, Ablufttemperatur, Abluftfeuchte, Massenstrom und der Drehzahl wurden Messreihen mit unterschiedlichen Massenströmen und Drehzahlen durchgeführt. Hier zeigte sich, dass das auf der Sekundärluftseite des Rotors entstehende Kondensat vollständig auf die Primärluftseite übertragen wurde. Am Rotor wurden also keine negativen Kondensateffekte festgestellt. Beim Gehäuse allerdings konnte bei niedrigen Rotordrehzahlen eine erhöhte Kondensatbildung im Fortluftbereich beobachtet werden. Auf Basis der Ergebnisse wurden konstruktive Änderungen erarbeitet um die Kondensatbildung in diesem Bereich zu verhindern.

## Entwicklung eines Konzeptes zur Verbesserung der Kundenorientierung im Bereich des Energie-Contracting

**Laura Urban B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Bernd Schlockermann M. Eng.

Datum des Kolloquiums: 22. Juni 2015

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

In Kooperation mit: Facility Care AG, Münster



Der Energiemarkt ist aufgrund des politisch beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergie und der damit verbundenen Energiewende im Wandel. Mit der Energiewende soll die nachhaltige Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität realisiert werden.

Das Ziel der Energiewende ist es, die von der konventionellen Energiewirtschaft verursachten ökologischen Auswirkungen auf das Klima auf ein Mindestmaß zu reduzieren und unter Berücksichtigung der ökonomischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkte den Klimawandel zu stoppen. Im Zuge der Energiewende gewinnen Energieberatungen und Energiedienstleistungen, wie zum Beispiel das Energie-Contracting immer mehr an Bedeutung. Energie-Contracting ist ein Modell, das die Finanzierung, Errichtung und den Betrieb von Energieanlagen durch einen Dritten, den Contractor, beinhaltet. Mit Hilfe des Energie-Contracting werden die gesetzlichen Vorgaben zur Erhöhung der Energieeffizienz und des Einsatzes erneuerbarer Energien umgesetzt.

Die Kosten- und Umweltsparungen, die durch effiziente und emissionsreduzierende Heizsysteme erreicht werden können, sind deutlich spürbar, aber die Hemmschwelle für die Nutzung dieser Heiztechnik ist beim Endverbraucher noch groß. Die Gründe liegen in den meist hohen Anfangsinvestitionen. Daher gewinnen Modelle, wie zum Beispiel das Energie-Contracting immer mehr an Bedeutung. Energie-Contracting ist sowohl für Privathaushalte als auch für gewerbliche Zielgruppen geeignet. Der Energie-Contractingmarkt entwickelt sich positiv, gleichwohl das Wachstum im Vergleich zu den Vorjahren deutlich langsamer vorangeht.

Dieser Trend kann auf diverse Hemmnisse beim Endverbraucher zurückgeführt werden. Dieser Zusammenhang wird in der nachfolgenden Abbildung 1 dargestellt, in der die Entwicklung der Contractingumsätze in den Jahren 2009 bis 2014 abgebildet sind.



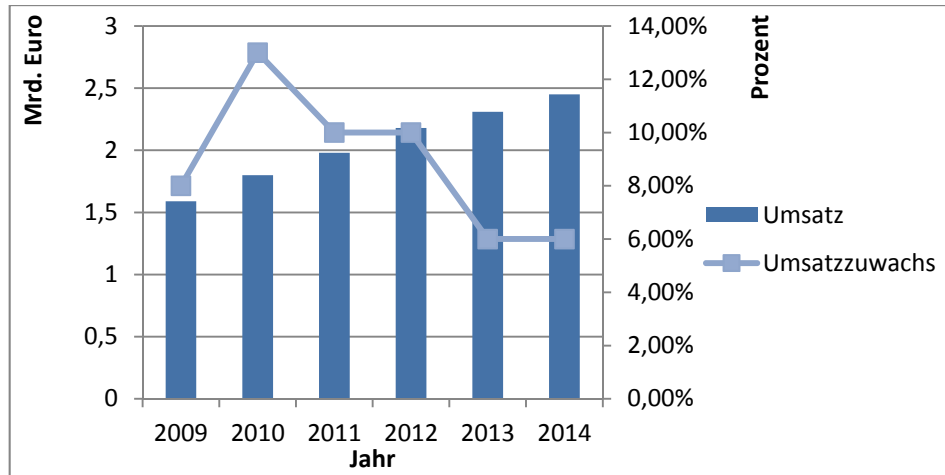


Abbildung 1 Entwicklung der Contractingumsätze inklusive der Umsatzzuwächse der VfW-Mitglieder.

Aufgrund von vielfältigen Hemmnissen, die vor allem in dem mangelnden Vertrauen der Endverbraucher in Instrumente wie dem Energie-Contracting liegen, muss bei der Entwicklung und Umsetzung von Energieprodukten der Fokus mehr auf den Endverbraucher gelegt werden. Dieser muss sich durch das ausführende Unternehmen (den Contractor) verstanden und mitgenommen fühlen.

Dafür muss der Contractor wissen, worauf der Kunde Wert legt, wie sein Kaufverhalten ist und was seine Bedürfnisse und Präferenzen bezüglich Energieprodukten sind. Ebenfalls kann es bei der Wahl des Energieträgers zu konkurrierenden Aspekten (zum Beispiel Gegensatz von Ökonomie und Ökologie) kommen, welche bei der avisierten Verbesserung der Kundenorientierung und der nachfolgenden Entscheidungsfindung berücksichtigt werden müssen.

Die vorliegende Bachelorthesis beschäftigt sich mit der Erstellung eines Konzepts zur Verbesserung der Kundenorientierung beim Energie-Contracting. Der Fokus des Konzepts liegt hierbei sowohl auf privaten als auch auf gewerblichen Zielgruppen. Innerhalb des Konzepts wird zwischen bestehenden Produkten und Neuprodukten differenziert. Die Basis dieses Konzepts sind die aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen im Zuge der Energiewende, geeignete Marketinginstrumente sowie wirtschaftspsychologische Aspekte der spezifischen Zielgruppen, um die jeweiligen spezifischen Bedürfnisse und Einflussfaktoren bei der Wahl von Energieprodukten zu berücksichtigen.

## Energetische Betrachtung einer Wärmepumpe zur Abdeckung von Zirkulationsverlusten in Trinkwassernetzen

Alexander Ussow B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. Thomas Zimpel M.Sc

Datum des Kolloquiums:

24. April 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Varmeco GmbH & Co. KG, Arnsberg



Bei der Planung von Trinkwassernetzen in Gebäuden müssen verschiedene Rahmenbedingungen eingehalten werden. Eine davon besagt, dass ab einer bestimmten Größenordnung des Trinkwassernetzes ein Zirkulationssystem einzubauen ist.

Ein solches Zirkulationssystem ermöglicht es die Vermehrung von Krankheitserregern zu vermeiden und bei der Öffnung einer Warmwasserzapfstelle immer eine gleichbleibende Temperatur zu garantieren. Durch das permanente Befördern von Trinkwasser, in dem Zirkulationssystem, gibt dieses die Eigentemperatur an die Rohre und daran angrenzende Umgebung ab. Diese Wärmeverluste sind unvermeidlich und müssen mit einer Wärmequelle kompensiert werden.

Die Idee war eine Wärmepumpe, mit Heizungswasser aus einem Pufferspeicher, im Zirkulationsbetrieb zu betreiben um so die Wärmeverluste zu decken und damit die Hauptwärmequelle zu entlasten. Diese Wärmepumpe nutzt 34 °C warmes Wasser aus dem Pufferspeicher um das Kältemittel im Verdampfer zu erwärmen. Anschließend wird das Kältemittel verdichtet und so auf 87 °C erwärmt. Im Verflüssiger wird 55 °C warmes Wasser aus dem Pufferspeicher, mithilfe des Kältemittels, auf 65 °C erwärmt und oben in den Pufferspeicher geführt.

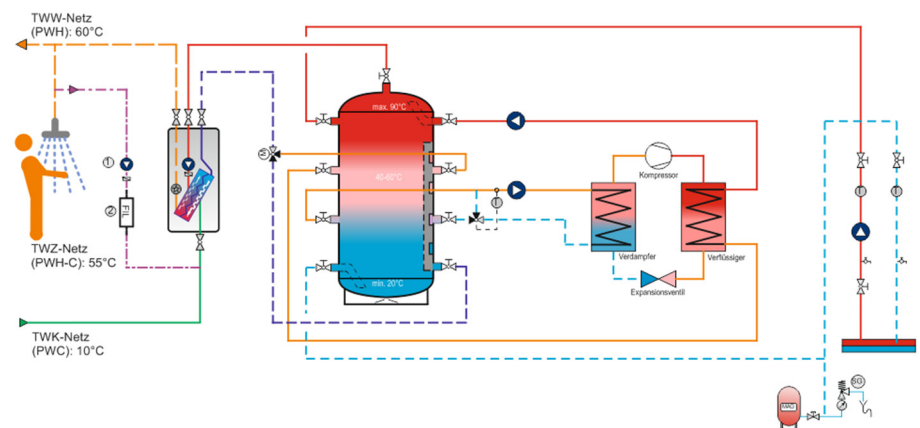


Abbildung 12 Hydraulikschema einer Anlage mit Einbindung der Wärmepumpe

Bei der energetischen Betrachtung wurde, in Bezug auf einen hohen Zirkulationsvolumenstrom des Trinkwassernetzes von 50 l/min, die Wärmepumpe mit anderen Wärmequellen verglichen. Es stellte sich heraus, dass der End- und Primärenergiebedarf der Anlage, bei einem permanenten Einsatz der Wärmepumpe, geringer werden und die, sich daraus ergebenden, Arbeitskosten ebenfalls sinken.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Idee einer solchen Wärmepumpe theoretisch Sinn machen würde. Allerdings muss, bevor die Wärmepumpe eingesetzt werden kann, diese erst gebaut und in der Praxis getestet werden.

## Berechnung des CO<sub>2</sub>-Verminderungspotenzials durch Bioabfallvergärung

**Johanna Weppel M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Gabriele Becker
Datum des Kolloquiums:	25. August 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastrukturmanagement GmbH, Ahlen



Weltweite klimatische Veränderungen haben einige Länder dazu gebracht, diesen entgegen zu wirken. Daher wurde für Deutschland beschlossen, den Ausstoß klimarelevanter Emissionen bis 2020 gegenüber 1990 um mindestens 40 % zu reduzieren. Die angestrebte Reduktion soll durch Maßnahmen in verschiedenen Sektoren erfolgen, zu denen auch die Abfallwirtschaft gehört.

Die Abfallwirtschaft verfügt auf Grund der verschiedenen getrennt erfassten Stoffströme und Entsorgungsmöglichkeiten über umfangreiche Möglichkeiten, einen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz zu leisten. Im Rahmen der Masterarbeit wurden mögliche Einsparungspotenziale durch Veränderungen der Behandlungswege von Bio- und Grünabfällen untersucht.

Im Vorfeld der näheren Betrachtung der unterschiedlichen Auswirkungen auf den Klima- und Ressourcenschutz wurden die möglichen Behandlungsverfahren zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen betrachtet. Die Auswertung der Erstellung von Ökobilanzen und bereits erstellten Ökobilanzen für Bio- und Grünabfallbehandlungsverfahren ergab, dass die Erstellung zu umfangreich für eine reine Potenzialbetrachtung ist.

Da besonders der Treibhauseffekt bei der Erwägung von geplanten Maßnahmen von Abfallwirtschaftsbetrieben in den Fokus gerückt ist, wurde der Aspekt aufgegriffen und vertieft betrachtet. Ein besonders interessanter Bestandteil bei der Auswertung des Treibhauseffekts ist die Überlegung, ob ein Verfahren zu einer Erhöhung oder Verminderung des klimaschädigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führen würde.

Auf Grundlage dieser Überlegungen wurden ausgewählte Berechnungsmodelle miteinander verglichen und im Anschluss daran ein neues CO<sub>2</sub>-Berechnungsmodell erstellt um die Auswirkungen einzelner, geplanter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Klimaschutz zu bewerten. Die automatische Berechnung des CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzials wird durch die Eingabe einzelner Daten ermöglicht, wodurch ein möglichst breites Spektrum an verschiedenen Anlagen erfasst werden kann.

Auf Basis des erstellten CO<sub>2</sub>-Berechnungsmodells konnten CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale für ein Fallbeispiel ermittelt werden. An Hand des Fallbeispiels zeigte sich, dass die Vergärung im Vergleich zur Kompostierung beim Treibhauseffekt einen Vorteil hat. Die Ausprägung dieses Vorteils wird deutlich durch die Nutzung des entstehenden Gärrestes beeinflusst, sowohl eine Ausbringung des unbehandelten Gärrestes in die Landwirtschaft, als auch eine Behandlung durch eine Nachrotte und die Herstellung von Kompost sind von Bedeutung.

## Netzanschlussanalyse von Laufwasserkraftwerken bezüglich zusätzlicher Erlöse aus vermiedenen Netznutzungsentgelten durch Anschluss an eine andere Spannungsebene

**Benjamin Wiefel B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	B.Eng. Kevin Erdelkamp
Datum des Kolloquiums:	29. Oktober 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	RWE Innogy GmbH, 45127 Essen



Die RWE Innogy GmbH wurde im Februar 2008 für die Zusammenführung aller Aktivitäten und Kompetenzen der erneuerbaren Energien gegründet. Diese enthalten Windkraft (On- und Offshore), Wasserkraft, Solarenergie, Biomasse, sowie einige neue Technologien.

Das Portfolio umfasst aktuell 3,1 Gigawatt installierte Leistung, sowie 0,6 Gigawatt geplante, bzw. sich im Bau befindliche Anlagen. Diese befinden sich hauptsächlich in Deutschland, England, Spanien, Polen, Italien und in den Niederlanden.

Im Bereich der Wasserkraft ist die RWE Innogy unter anderem durch die Abteilung „Asset Management Hydro“ vertreten. Das dortige Portfolio umfasst 47 Laufwasserkraftwerke in ganz Deutschland. Die Bachelorarbeit wurde im genannten Bereich durchgeführt und fungierte prinzipiell als Filter zur Erlangung eines optimalen Kandidaten zur Erhöhung der vermiedenen Netznutzungsentgelte durch bestimmte Umbaumaßnahmen bezüglich einer anderen Spannungsebene.

Die vermiedenen Netznutzungsentgelte sind eine durch die 2005 entstandene Stromnetzentgeltverordnung definierte Vergütung, welche Kraftwerksbetreibern gewährt wird, die dezentral einspeisen. Ausgenommen sind Anlagen, die schon eine Vergütung durch das KWKG oder eine Förderung durch das EEG erhalten.

Der Kern der Thesis umfasste eine detaillierte Nutzwertanalyse der Laufwasserkraftwerke zur Aufstellung potenzieller Anlagen zur Erhöhung der Vergütung. Hier wurden verschiedene Variablen wie beispielsweise die installierte Leistung, die Netzanschlusskapazität, und auch die Topologie des Anlagenstandortes mit einbezogen. Des Weiteren erfolgte eine wissenschaftliche Analyse der Kraftwerksstandorte und der umliegenden Verteilnetze.

Anhand dieser Analysen entstanden für vier sich an der Mosel befindliche Kraftwerke Handlungsempfehlungen zur weiteren Vorgehensweise und näheren Untersuchung, da sie sich optimal für mögliche Umbaumaßnahmen eignen. Folgen müssten individuelle Wirtschaftlichkeitsberechnungen und genauere technische Analysen der umliegenden Netze (bspw. Lastflussrechnung) und der Betriebsmittel am Standort.

Durch diese Umbaumaßnahmen sind an jeweils einem Standort positive Differenzen der Vergütung von bis zu 60.000€ möglich.



**Michael Witthake M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Datum des Kolloquiums:	18. Juni 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Steinel GmbH, Herzebrock-Clarholz



Die Masterthesis hat zum Ziel, ein nachhaltiges Wärmeversorgungskonzept für die Raumheizung zu erstellen. Als Referenzobjekt dient das sich derzeit in Planung befindende Technologiezentrum der STEINEL GmbH. Durch die Firmenphilosophie der STEINEL Gruppe steht die Verwendung von regenerativen Energien im Vordergrund.

Durch historische Wetterdaten wird die erforderliche Heizenergie von 133.620 kWh/a bei festgelegter Gebäudesubstanz errechnet. Daraus erfolgt eine Dimensionierung der Wärmeerzeuger unabhängig von der Art des Energieträgers von maximal 53 kW bei normierten Außentemperaturen.

Aus Erfahrungswerten ist zu erkennen, dass nicht alle zuvor vorgestellten Wärmeerzeuger den Energiebedarf vollständig decken können, sodass Systemkombinationen gebildet werden. Als Varianten werden eine alleinstehende Kesselanlage, sowie Wärmepumpe betrachtet. Mit einer unterstützenden Kesselanlage sind zusätzlich die Variante mit einer Wärmepumpen- und Solaranlage, sowie einem Blockheizkraftwerk kombiniert.

Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse werden verschiedenen Energieträger nach ökologischen und wirtschaftlichen Aspekten normiert und bewertet. Es wird je ein fossiler und regenerativer Brennstoff ausgewählt, die in allen weiteren Berechnungen verglichen werden. Es ergeben sich Vorteile für Erdgas und Holzpellets.

Bevor eine Handlungsempfehlung ausgesprochen werden kann, müssen die kombinierten Systemvarianten wirtschaftlich untersucht werden. Durch Kostenfunktionen werden alle anfallenden Kosten über die gesamte Nutzungsdauer von 20 Jahren ermittelt und die Wärmegestehungskosten pro Kilowattstunde Endenergie berechnet. Abschließend werden der gesamte CO<sub>2</sub>-äquivalente Schadstoffausstoß und die Wärmegestehungskosten mit einer weiteren Nutzwertanalyse bewertet und so die beste Variante zur Wärmeversorgung des Technologiezentrums definiert. Ein finaler Vergleich bei geänderten Rahmenbedingungen der Gebäudesubstanz erhöht die Flexibilität der Arbeit.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Wärmeerzeugung durch eine Kesselanlage mit Holzpelletbefeuerung unter den gegebenen Randbedingungen wirtschaftlich und ökologisch die zu bevorzugende Variante ist.



## Wärmedämmung in solarthermischen Flachkollektoren- Analyse von alternativen Konzepten mittels Messung

**Yue Shigi B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. Jürgen Kosok

Datum des Kolloquiums:

20. August 2015

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Analyse alternativer Konzepte für den Wärmeschutz in Sonnenkollektoren für die rückwärtige Dämmung. Hintergrund der Aufgabe dieser Bachelorarbeit ist, dass die Mineralwolle, die aktuell von Bosch in Solarflachkollektoren Verwendung findet, sowohl in der Fertigung, als auch während des Transports, der anschließenden Montage und in der Langzeitbeständigkeit Probleme aufwirft.

Unter Berücksichtigung der in der Arbeit aufgeführten Grundlagen und Anforderungen, sowie unter Betrachtung von Wettbewerbskollektoren wurden neue Konzepte für Sonnenkollektoren hinsichtlich des Wärmeschutzes und der damit verbundenen Konzeption des Gehäuses des Sonnenkollektors entwickelt. Es gab bislang keinerlei Prüfeinrichtung, mit der eine Bewertung dieser neuartigen Kollektoren in Originalgröße, also im Maßstab 1:1, mit vertretbarem Aufwand möglich war. Deswegen wurde in Rahmen dieser Arbeit eine Prüfeinrichtung genutzt, die eine Bewertung dieser beiden Neuerungen möglich macht.

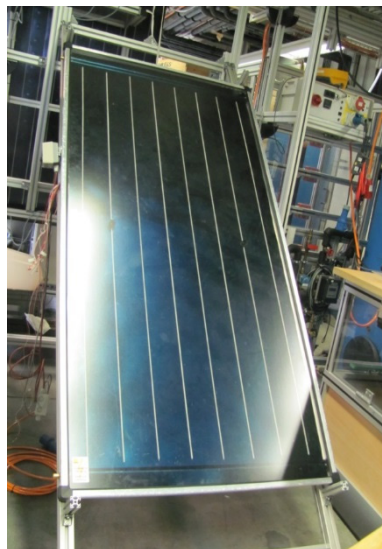


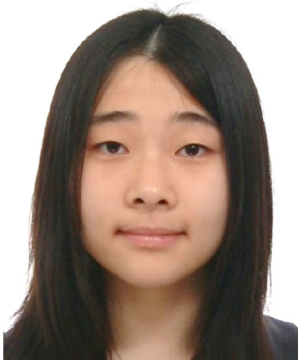
Abbildung 1: Versuchsstand

Auf dem Prüfstand (siehe Abbildung1) wurden die ausgewählten Konzepte auf ihre Wirksamkeit geprüft. Unter Verwendung von Messtechnik wurden Messwerte ermittelt und ausgewertet.

Die gestellte Aufgabe konnte durch gezielten Wissensaufbau, Einsatz von Erfahrungen von Mitarbeitern in Entwicklungsabteilung von Bosch Solarthermie GmbH, eignen Analysen bestehender Konzepte und der Nutzung einer neuartigen Prüfeinrichtung bearbeitet werden. Schließlich konnte eine Empfehlung zu einem konkreten Konzept für den unmittelbaren Einsatz in der Serienfertigung erfolgen. Diese Arbeit beruht auf einer Bachelorarbeit von Carina Heyen, die Voruntersuchungen zu diesem Thema gemacht hat.

**Rongjia Zhang B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing Döring
Datum des Kolloquiums:	31. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastrukturmanagement GmbH, Ahlen



Diese Arbeit bezieht sich auf die Auslegung einer Wärmepumpe mit Erdwärmesonden nach VDI 4640. Ein typisches Wohngebäude wird mittels der Software Designbuilder simuliert. Dabei werden Erdsondenanlagen mit Luftwärmepumpen verglichen.

Die Luftwärmepumpe, die die Wärme der Außenluft entnimmt, kann unabhängig von Berg- und wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren installiert werden. Die einfache Installation macht Luftwärmepumpen zudem zu einer kostengünstigsten Variante unter den Wärmepumpen. Aber im Winter ist die Außenluft sehr kalt. Um die Wärme aus der Außenluft zu gewinnen, muss die Luftwärmepumpe viel Arbeit leisten.

Die Erdsondenwärmepumpe nutzt Erdwärmesonden als Wärmeübertrager, die in den Untergrund eingebracht werden. Die Erschließungskosten dabei sind sehr hoch. Die Temperatur des Untergrunds bleibt das ganze Jahr über bei ungefähr 10°C. Die Quelltemperatur im Winter ist viel höher als die Außenlufttemperatur. Um die gleiche Wärme zu bieten, kann die Erdsondenwärmepumpe mehr Energie als die Luftwärmepumpe sparen. Deshalb ist für Wärmepumpen der Untergrund eine bessere Wärmequelle

**Sunwen Zhang B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	21. August 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik



In dieser Arbeit wird ein kombiniertes PV-System - PV-Anlage, Batteriespeicher und Wärmepumpe - für Einfamilienhäuser analysiert. Aufgrund der Tatsache, dass fossile Brennstoffe bei der Verbrennung für die Umwelt schädlich sind, wird immer mehr erneuerbare Energie genutzt. Die Photovoltaik leistet nur einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung. Wegen ihrer Zukunftsaussichten wird sie heute gefördert.

Zur Analyse werden zunächst die technischen Grundlagen des Systems erklärt. Die zentralen Bestandteile jeder PV-Anlage sind die Solarmodule. Hier findet die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischer Energie statt. Durch die Stromspeicherung in Batteriesystemen und Wärmepumpen ist eine Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils bzw. des Autarkiegrads möglich. An die technische Einleitung schließt sich die Untersuchung der Anwendung eines PV-Systems durch typische Strom- und Wärmelastprofile im Einfamilienhaus an. Mit der Amortisationsrechnung ermittelt der Verbraucher den Zeitraum, in dem die investierten Kosten über die jährlichen Erlöse wieder zurückfließen.

Bereits heute nutzt eine Vielzahl von Haushalten Solarstrom. Mithilfe einer PV-Anlage wird der Strom für die Haushalte selbst erzeugt – wirtschaftlich und umweltfreundlich. Zeitgleich hat die Wärmepumpe bei Neubauten auch eine zunehmende Verbreitung. Diese Technologie zur Elektrizitäts- und Wärmeversorgung in Haushalten bringt das Potential der erneuerbare Energien an den privaten Energiemarkt.

Bei einem zukünftigen Energiesystem werden Technologien, die auf erneuerbare Energien basieren, eine entscheidende Rolle spielen. Die Anwendung erneuerbarer Energien ist ökologisch und ökonomisch sinnvoll. Aber die Stromerzeugung bei erneuerbaren Energien, wie z. B. durch Photovoltaik und Windkraftenergie, hängt von der Tageszeit, dem Wetter und anderen Umweltbedingungen ab. Manchmal wird mehr Strom produziert als verbraucht wird. Zu anderen Zeiten steht wieder weniger Strom zur Verfügung. Um diese Schwankungen auszugleichen muss die Speichertechnik weiter entwickelt werden. Noch ein wichtiger Punkt ist eine intelligente Steuerung des Stromverbrauchs. Stabile Speicherung und automatische Steuerung garantiert die Zukunft der erneuerbare Energien. Für den Umweltschutz und eine nachhaltige Entwicklung ist der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien unverzichtbar.

## Nummerische Untersuchung der Raumluftrömung in einem Bürogebäude

**Meng Zhu M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	18. Februar 2016
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	DEOS AG, Rheine



Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde das Lüftungssystem im neuen Bürogebäude der Firma DEOS AG in Rheine untersucht. Dieses Gebäude wurde in 2014 erstellt und bietet über 100 Mitarbeitern vollklimatisierte Arbeitsplätze. Die Raumlufthtemperaturen sollten ebenso untersucht werden, wie die Raumluftrömung mittels CFD.

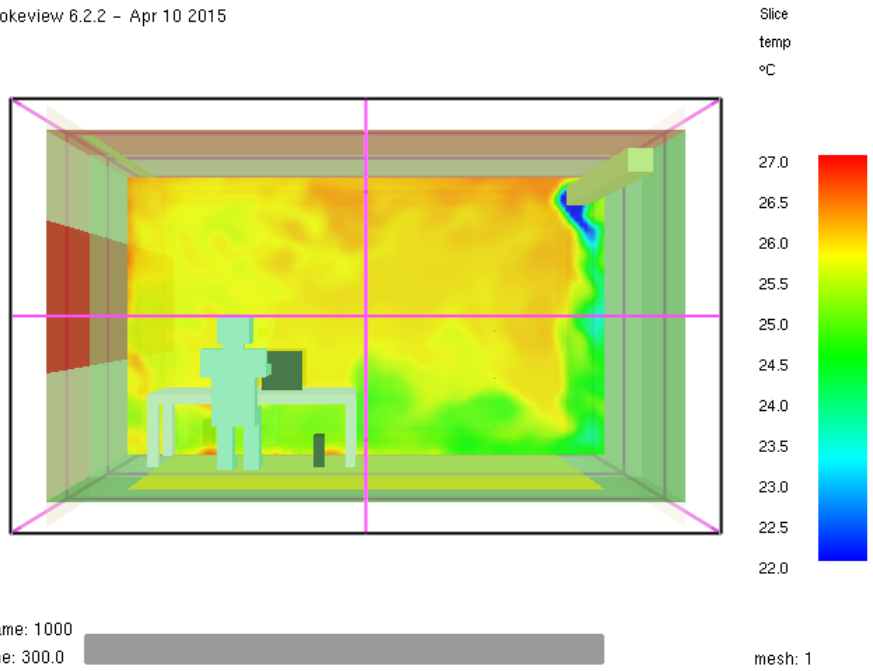
Die Strömungssimulationen wurden mit dem Programm „FDS“ durchgeführt, das speziell zur Simulation von thermisch induzierten Strömungen geeignet ist. Mittels dieses Programms wird nicht nur die Temperaturänderung und Strömung, sondern auch die thermische Strahlung erfasst. Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 8 Fälle für einen typischen Büroraum simuliert, jeweils 4 Fälle für Sommer- und Winterbetrieb.

Aus der Simulation der Sommerfälle ist zu erkennen, dass die zugeströmte kalte Luft am Innenwandbereich abfällt und quellluftartig den Raum durchströmt. Im Sommerfall kann der Volumenstrom bis zum max. Volumenstrom erhöht werden. Mit den Ergebnissen der Simulationen für die Sommerfälle kann nachgewiesen werden, dass die Mindestvolumenströme die gewünschte Raumlufthqualität sichern.

Für die Winterfälle zeigt die Simulation eine ganz andere Situation. Es zeichnet sich eine Temperaturschichtung ab, die der Quelllüftung sehr nahe kommt.

Dieses Lüftungssystem entspricht der Misch-Quell-Lüftung (abgekürzt MQL) mit dem Einbauort an der Wand. Dieses System bringt viele Vorteile mit sich. Da dieses System im Raum eine Temperaturschichtung erzeugt und im oberen Bereich des Raums die Temperatur ansteigen lässt. Im Kühlfall kann bei einer MQL mit deutlich wärmerer Luft gekühlt werden. Damit erreicht die Kältemaschine einen höheren COP-Wert und es kann über einen längeren Zeitraum mit freier Kühlung gearbeitet werden.

Im vorliegenden Simulationsfall erreicht die MQL im Vergleich zur Mischlüftung einen ca. 30 % längeren Zeitraum für die Nutzung der freien Kühlung. Außerdem benötigt die MQL weniger Luft als die Mischlüftung, um eine gute Luftqualität zu erreichen.



Die Simulations- und Analysenergebnissen haben aussagekräftig bewiesen, dass das Lüftungssystem im Bürogebäude in DEOS AG perfekt funktioniert und sehr energieeffizient ist. Im Betrieb muss immer darauf geachtet werden, dass die Zuluft 2 bis 4 Grad kälter als die Raumlufthtemperatur eingebracht werden muss.



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

Stegerwaldstr. 39

48565 Steinfurt

Tel. +49 2551 - 9-62097

Fax +49 2551 - 9-62706

[www.fh-muenster.de/egu](http://www.fh-muenster.de/egu)

**EGU**

FB Energie · Gebäude · Umwelt  
Energy · Building Services ·  
Environmental Engineering