



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Akademisches Jahrbuch 2017/2018

EGU

EGU

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



Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

wieder ist ein Studienjahr vergangen und ein weiterer Jahrgang unserer Studierenden hat das Studium in unserem Fachbereich erfolgreich absolviert. Viele Bachelor- und Masterarbeiten wurden verfasst und damit wissenschaftliche Forschung an unserem Fachbereich dokumentiert. Dieses Jahrbuch enthält die jeweiligen Zusammenfassungen und bietet einen Überblick über den Jahrgang 2017/2018.

Die Themenvielfalt der Abschlussarbeiten unterstreicht den Querschnittscharakter des Fachbereichs, dessen Studienangebot das facettenreiche Spannungsfeld der Begriffe Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik aufarbeitet.

Gleichzeitig spiegelt das Jahrbuch die aktuellen Forschungsaktivitäten im Fachbereich wider und dokumentiert somit die Schwerpunkte des wissenschaftlichen Arbeitens des zurückliegenden Jahres.

Dem interessierten Leser verschafft die Lektüre des Jahrbuchs einen guten Überblick des Leistungsspektrums des Fachbereichs zur Lösung grundlegender und praxisnaher Probleme. Viele Abschlussarbeiten sind Ergebnisse langfristiger Kooperationen von Lehrgebieten des Fachbereichs mit Unternehmen der Wirtschaft und Einrichtungen der öffentlichen Hand, in denen dieses Leistungsspektrum ständig Anwendung findet und stetiger Verbesserung unterliegt.

Den Absolventinnen und Absolventen soll das gemeinsame Werk zum einen als Erinnerung an die Studienzeit dienen. Zum anderen haben sie auch in späteren Jahren eine Übersicht der Kommilitoninnen und Kommilitonen, mit denen sie ein wichtiges Element ihres Werdeganges zurückgelegt haben. Das Jahrbuch stellt somit ein besonderes Element der Alumni-Aktivitäten des Fachbereichs dar.

Mein Dank gilt allen, die zur Erstellung des Akademischen Jahrbuches beigetragen haben, besonders aber den Absolventinnen und Absolventen, denen ich auf diesem Wege die besten Wünsche des Fachbereichs für ihre berufliche und private Zukunft aussprechen möchte.

Steinfurt im April 2018

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Dekan

Inhaltsverzeichnis

1	Real time analysis of scrap metals using sensor technology <i>Alma Belen Acosta Benitez B.Sc.</i>	15
2	Probleme beim BIM-Prozess zwischen Generalunternehmen und reinen Planern <i>Alettin Atalay B.Eng.</i>	17
3	Entwicklung eines neuen Ansatzes für ein risikobasiertes Wassermanagement eines Großunternehmens <i>Jana Laura Alt M.Eng.</i>	19
4	Auswirkungen ausgewählter politischer Entscheidungen der Energiewende auf die nationale Industrie und Wirtschaft <i>Mike Arnold B.Eng.</i>	20
5	Auswirkungen der Automatisierung auf den Betrieb von Kläranlagen <i>Lisa Aßmann M.Eng.</i>	22
6	Regeneratives Energieversorgungskonzept für einen landwirtschaftlichen Betrieb <i>Felix Behlert B.Eng.</i>	24
7	Auswirkungen von Abwassereinleitungen aus Kleinkläranlagen auf die Gewässerqualität <i>Arne Bergendahl M.Eng.</i>	26
8	Implementierung von BIM Standards in einem Ingenieurbüro der Technischen Gebäudeausrüstung am Beispiel der TIGEV Ingenieurgesellschaft mbH <i>Oliver Bergmann M.Eng.</i>	28
9	Weiterentwicklung des Energiemanagementsystems der Bauunternehmung August Mainka GmbH & Co. <i>Guido Beuker M.Eng.</i>	30
10	Energetische Betrachtung eines Containerbaus zur temporären Büronutzung <i>Karl Blaz B.Eng.</i>	32
11	Entwurf einer Regelstrategie mithilfe eines Auslegungstools für Wärmerückgewinnungsanlagen im Kreislaufverbundsystem <i>Florian Bokern B.Eng.</i>	33
12	Methodenvergleich zur Ermittlung der Geruchsimmissionen im Einwirkungsbereich von Flächenquellen <i>Nina Borgert B.Eng.</i>	35
13	Größenspezifische Untersuchung des Partikelrückhalts von Filtersubstraten bei der Behandlung von Oberflächenabflüssen <i>Christian Bork B.Eng.</i>	37
14	Simulation der Schadstoffausbreitungen in einem mobilen Schießstand, mittels CFD <i>Marc Bräuer M.Eng.</i>	39
15	Optimierung einer reversiblen Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage mittels thermisch-energetischer Gebäude- und Anlagensimulation am Beispiel des Neubaus der F. J. Schütte GmbH <i>Christoph Brinkmann M.Eng.</i>	41

16	Bedarfsgerechte Planung einer Trinkwasserinstallation einer Sportstätte am Beispiel der Sanierungsmaßnahmen des Tennisclubs TEC Waldau <i>Jan Brüggling B.Eng.</i>	43
17	Umnutzung von Notrufsäulen an Autobahnen zu Elektroladesäulen <i>Jan Brömmelhaus B.Eng.</i>	45
18	Bereitstellung von Regelenergie durch Windenergieanlagen <i>Fabian Büning M.Eng.</i>	47
19	Analyse der raumklimatischen Zustände im Stadtmuseum Münster <i>Jakob Bürger B.Eng.</i>	48
20	Planung eines innovativen Heiz- und Kühlsystems für den Neubau eines Bürogebäudes <i>Manuel Cordes B.Eng.</i>	50
21	Grundlegende Anforderungen an die TGA in Logistikkimmobilien am Beispiel Wärmeversorgung und Raumluftechnik <i>Anna-Lena Denker B.Eng.</i>	52
22	Erstellung eines Planungshandbuches als Grundlage für die Kooperation mit strategischen Partnern <i>Philip Denne M.Eng.</i>	54
23	Elektromagnetische Auswirkung von Bahnstromanlagen DC & AC auf den Menschen in der Nähe von Bahnanlagen <i>L'Amie Doumtsop B.Eng.</i>	56
24	Simulation von Varianten zur Auslegung eines Trinkwasserteilnetzes der Nordhorner Versorgungsbetriebe <i>Helge Drost B.Eng.</i>	58
25	Sektorenkopplung in der Klimakommune Saerbeck mit dem Ziel der umfassenden CO²-Neutralität <i>Peter Engler B.Eng.</i>	60
26	Vergleich verschiedener Wärmeversorgungskonzepte unter ökonomischen und ökologischen Aspekten <i>Max Entrup B.Eng.</i>	61
27	Simulation of a Wind Turbine Power Curve <i>Tim Eshold B.Eng.</i>	63
28	Entwicklung eines Exceltools zur energetischen Betrachtung einer solarthermisch unterstützten Heizungsanlage <i>Christian Feldhaus B.Eng.</i>	65
29	Entwicklung eines Programms mit VB.net zur automatischen Erzeugung eines FDS-Skriptes für die strömungstechnische Simulation der Schichtlüftung in Industriehallen <i>Daniel Franzkowiak M.Eng.</i>	67
30	Entwicklung und Aufbau eines Datenerfassungs- und Übertragungssystems an elektrischen Weichenheizanlagen (EWHA) <i>Jonas Freisfeld B.Eng.</i>	69
31	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer geothermischen Gasmotorwärmepumpe für ein Heizungs- und Kühlungskonzept <i>Patrik Froning B.Eng.</i>	70

32	Wirtschaftlicher und hygienischer Vergleich zentraler und dezentraler Trinkwassererwärmungsanlagen am Beispiel eines Neubaus mit 16 Wohneinheiten <i>Sascha Frye B.Eng.</i>	72
33	Entwicklung einer Musterprojektentwicklung mit der BIM-Methodik aus Sicht eines TGA-Planungsbüros <i>Niklas Gärtner M.Eng.</i>	74
34	Ökologische und ökonomische Betrachtung zur Regenwassernutzung <i>Johannes Gessat B.Eng.</i>	76
35	Entwicklung eines Leitfadens zur Umsetzung von Repowering-Projekten – dargestellt am Landkreis Emsland <i>Jonas Glaser B.Eng.</i>	77
36	Vergleich eines Berechnungsverfahren (DIN 1988-300) gegenüber der chinesischen Auslegungsmethode (GB 50015) bei verschiedenen Wohngebäuden für Trinkwasserinstallationen <i>Chuji Guo B.Eng.</i>	78
37	Energetisch- und wasserwirtschaftliche Analyse zur Optimierung des Wassergewinnungs- und Aufbereitungssystems der Stadtwerke Greven <i>Marcel Hebeda M.Eng.</i>	80
38	Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes einer bestehenden Löschwasserversorgung in Verbindung mit der Trinkwasser-Installation <i>Viktor Helmel B.Eng.</i>	81
39	Thermisch energetische Untersuchung des Stadtarchivs Köln, mittels Gebäudesimulation <i>Carsten Hensmanns B.Eng.</i>	83
40	Einführung in die wirtschaftlichen Aspekte des Produktmanagements und Implementierung einzelner Methoden in der Abteilung Produktmanagement der DEOS AG <i>Moritz Herms M.Eng.</i>	85
41	Wirtschaftlichkeitsberechnung solarunterstützter Wärmeversorgungskonzepte im Mehrfamilienhaus <i>Alexander Herz M.Eng.</i>	86
42	Bau erdverlegter Versorgungsleitungen innerhalb urbaner Strukturen am Beispiel von Maßnahmen der wesernetz Bremen GmbH <i>Jens Hetzinger M.Eng.</i>	88
43	Entwicklung einer Handlungsempfehlung für die Einführung eines Energiecontrollings in einem Krankenhausverbund <i>Hannes Höcker M.Eng.</i>	90
44	Speicherbedarf bei einem hohen Anteil regenerativer Stromerzeugung <i>Philip Höffer M.Eng.</i>	92
45	Diskussion um den Spitzendurchfluss in Trinkwasserleitungen <i>Jens Hoffmann M.Eng.</i>	94
46	Bewertung einer biologischen Abluftreinigungsanlage in Bezug auf Formaldehyd im Kontext der Novellierung der TA Luft <i>Johannes Holtfrerich M.Eng.</i>	96
47	Trinkwasser 4.0: Möglichkeiten und Vorteile der Digitalisierung im Bereich der Trinkwasser-Installation <i>Christine Hornbergs B.Eng.</i>	98

48	Strategieentwicklung für ein mittelständisches Unternehmen zur Umstellung des Fuhrparks auf Elektromobilität <i>Sebastian Iken B.Eng.</i>	100
49	Ansätze zur Qualitätsentwicklung in der Gebäudeautomation <i>Steffen Jacobs B.Eng.</i>	102
50	Messdatenbasierte Planung und Betrieb von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen <i>Hendrik Janßen B.Eng.</i>	103
51	Vergleichende Bewertung verschiedener Tracer-Partikel für einen studentischen Particle Image Velocimetry Versuchsstand <i>Dirk Jünkerink B.Eng.</i>	105
52	Konzeption einer Nahwärmelösung für Liegenschaften in Mettingen <i>Jens Kathrein M.Eng.</i>	107
53	Praktische Untersuchungen zur Klärschlamm Trocknung mit dem Ziel der Phosphatrückgewinnung <i>Jan Kießhauer M.Eng.</i>	109
54	Netzplanung eines Neubaugebiets unter Berücksichtigung der Elektromobilität <i>Patrick Kissenkötter B.Eng.</i>	111
55	Untersuchung der unterschiedlichen hydraulischen Einbindung von Kälte- und Wärmeerzeugern in ein gebäudetechnisches System <i>Fabian Klemann B.Eng.</i>	113
56	Betriebsoptimierung von Windenergieanlagen durch Reduktion der genehmigungsbedingten Abschaltzeiten <i>Christian Klemm B.Eng.</i>	115
57	Entwicklung eines Vertriebskonzepts für Raumautomationslösungen zu Hotels für den Mittleren Osten <i>Malte Klinger B.Eng.</i>	116
58	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung an mechanischen Wasseraufbereitungssystemen <i>Damian Konieczka M.Eng.</i>	118
59	Virtuelle Verbrauchdatenerfassung für das Energiemanagement in Gebäuden <i>Sandra Krips M.Eng.</i>	120
60	Einfluss der Ultraschall Desintegration auf Biogasertrag und Viskosität in einer Biogasanlage <i>Niklas Krude B.Eng.</i>	122
61	Technische und kommerzielle Bewertung von elektrischen Netzanschlüssen der AIR LIQUIDE Deutschland GmbH <i>Veit Kuhlbusch B.Eng.</i>	124
62	Instandhaltung des kathodischen Korrosionsschutzes von Offshore Windenergieanlagen <i>Benedikt Küpers M.Eng.</i>	126
63	Technischer Entwicklungsstand von E-Automobilen und Vermarktung durch Anreizsysteme im internationalen Vergleich <i>Kilian Lederbogen B.Eng.</i>	128

64	Technologie- und Marktanalyse für die Erneuerung von gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen <i>Jörg Leinkenjost M.Eng.</i>	129
65	Aufbau und Entwicklung eines Versuchsstandes zur Messung von Telefoneschalldämpfern nach DIN EN ISO 7235 <i>Xinling Li B.Eng.</i>	131
66	Untersuchung zur energetischen Optimierung der Verkaufsräume im Einzelhandel <i>Chia-Yu Lin B.Eng.</i>	132
67	Erstellung eines computerbasierten Tools zur Auslegung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Photovoltaikanlagen <i>Sebastian Ling B.Eng.</i>	133
68	Bewertung von Versuchen zur Mobilisierung und biologischen Abbaubarkeit von LCKW im Grundwasser an einem Pilotstandort <i>Rebecca Lück B.Eng.</i>	135
69	Entwicklung einer Social Media Marketing Strategie für die Stadtwerke Ahaus GmbH <i>Larissa Lück B.Eng.</i>	137
70	Optimierung von Energiewendemaßnahmen anhand des elektrischen Lastprofils <i>Henrik Lütke-meier B.Eng.</i>	139
71	Netzstrukturoptimierung im Bereich Bremen Huchting am Beispiel wesernetz Bremen GmbH <i>Nico Maußhardt M.Eng.</i>	140
72	Berechnung der Raumkühllast eines Modellbüros mittels DIN EN 15255 <i>Augustin Ngassam Mbiandjeu B.Eng.</i>	142
73	Untersuchungen zum Qualitätsmanagement in der TGA Abteilung eines Generalbauunternehmens <i>Daniel Meermeier B.Eng.</i>	144
74	Untersuchung der Grundstücksentwässerung mit Bezug auf Möglichkeiten der Detektion von Fehleinleitungen im Trennsystem <i>Bastian Melchert M.Eng.</i>	146
75	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Auslegung eines Batteriespeichersystems für ein Quartier am Bsp. eines Gewerbegebiets <i>Tobias Menneböck B.Eng.</i>	148
76	Technische und wirtschaftliche Betrachtung ausgewählter Systeme zur Wärmeversorgung und Wassererwärmung in einem Mehrfamilienhaus <i>Dominik Mesenhöler M.Eng.</i>	150
77	EnEG, EnEV und EEWärmeG werden zum neuen GEG – Der Wandel von Gesetzen und Verordnungen für mehr Energieeffizienz im Neubau <i>Kristina Metzger B.Eng.</i>	152
78	Untersuchung zur energetischen und wirtschaftlichen Optimierung eines Blockheizkraftwerkes und des nachgeschalteten Strom- und Wärmenetzes am Campus Hautklinik des Universitätsklinikum Münster <i>Waldemar Metzger B.Eng.</i>	154
79	Notfallplan der Energieversorgung Leverkusen zur Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung <i>Svenja Michels M.Eng.</i>	155

80	Bläh- und Schwimmschlammbekämpfung mittels Selektorbecken bei der Behandlung von Abwasser aus der Verarbeitung tierischer Nebenprodukte <i>Marek Mönkedieck B.Eng.</i>	157
81	Wirtschaftlichkeit von Organic Rankine Cycle-Anlagen unter verschiedenen Rahmenbedingungen <i>Beate Niehoff B.Eng.</i>	159
82	Sicherstellung der Trinkwasserhygiene in einem Pflegeheim – Strömungsteiler vs. Kaltwasserzirkulation <i>Lukas Nissen B.Eng.</i>	161
83	Private Vorsorge zum Schutz vor Überflutungen durch urbane Sturzfluten <i>Sebastian Noll B.Eng.</i>	162
84	Messtechnische Untersuchungen im Rahmen der Entwicklung eines Auslegungstools für den emcoair Industrieverdrängungsauslass <i>Rolf Nüße B.Eng.</i>	164
85	Entwicklung eines Berechnungstools zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen an Lüftungsanlagen <i>Kevin Otten B.Eng.</i>	166
86	Alternative Kommunikationstechnologie als Ersatz für MUC-Kommunikationsmodule – Eine methodische Bewertung für die Verwendung im nicht-regulierten Messstellenbetrieb <i>Sebastian Pälme M.Eng.</i>	167
87	Machbarkeitsstudie zur Nutzung von solartechnischen Anlagen im Allwetterzoo Münster <i>Sven Peters B.Eng.</i>	169
88	Analyse der Anwendbarkeit bestehender Risikoevaluierungsmethoden für kollaborierende Roboter anhand eines Polierprozesses in der Automobilindustrie <i>Stefan Petrich B.Eng.</i>	170
89	Untersuchung von Einspeiseoptimierungskonzepten für die Laufwasserkraftwerke der innogy SE <i>Melyna Phan B.Eng.</i>	171
90	Strömungstechnische Untersuchung eines Badlüfters mittels CFD-Simulation <i>Julian Pickhard M.Eng.</i>	173
91	Auslegung und wirtschaftlicher Systemvergleich der Heizungsanlage für ein Feuerwehrhaus <i>Timo Preuth B.Eng.</i>	175
92	Versuchsaufbau zur Spannungssteuerung im Verteilnetz <i>Felix Pröbstl B.Eng.</i>	177
93	Ermittlung von Optimierungspotentialen für Biogasanlagen im Münsterland anhand eines Benchmarks <i>Daniel Raben M.Eng.</i>	179
94	Vergleich der Berechnungsverfahren zur Schallausbreitung nach DIN ISO 9613-2 und den Interimsverfahren mit realen Messwerten <i>André Raming M.Eng.</i>	181

95	Experimentelle Untersuchung einer Exergiemaschine zur Deckung von Zirkulationsverlusten und Nutzung thermischer Energie von Abwärmeprozessen <i>Julian Reinies B.Eng.</i>	183
96	Messtechnische Untersuchung der PCM-O ATS 58 auf der Basis von Salzhydraten <i>Patrick Richter B.Eng.</i>	185
97	Konzeption und messtechnische Untersuchung eines Luftdurchlasses für vertikale Verdrängungsströmungen im industriellen Umfeld <i>Lennart Ridder B.Eng.</i>	186
98	Untersuchung zur Anwendbarkeit einer automatisierten In-Line Lackfehlererkennung für geometrisch komplexe Kunststoffbauteile <i>Michael Risse B.Eng.</i>	188
99	Konstruktive Optimierung eines Laborreaktors für Versuche zur anaeroben Industrieabwasserbehandlung <i>Georg Robaszekiewicz B.Eng.</i>	190
100	Untersuchungen zur Umsetzung der 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung an Verdunstungskühlanlagen bezüglich der Umweltgefährdung durch Legionellen an einem Standort eines Automobilzulieferers <i>Nicolas Rosendahl B.Eng.</i>	192
101	Sanierung einer Lüftungsanlage mit Kreislaufverbundsystem <i>Philipp Joshua Roth B.Eng.</i>	194
102	Geruchsstoffentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung durch den Einsatz von Ozon am Beispiel des Wasserwerks Mühlengrund <i>Christian Rötter M.Eng.</i>	196
103	Wärmenetzbenchmark qualitativer Vergleich bestehender Wärmenetze <i>Klaus Russell-Wells M.Eng.</i>	198
104	Behandlung von Abwasser aus der Hydrothermalen Carbonisierung von kommunalem Klärschlamm <i>Tina Russell-Wells B.Eng.</i>	200
105	Optimierung der Energieversorgung eines produzierenden Unternehmens am Beispiel von dem Produktionsstandort der Miele & Cie. KG – Imperial Werke oHG in Bünde <i>Jan Heinz Rüter B.Eng.</i>	202
106	Energetische Versorgung eines Neubaugebietes mit erneuerbaren Energien in Saerbeck <i>Martin Sammler B.Eng.</i>	204
107	Praxisorientierter Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsanalyse nach Trinkwasserverordnung <i>Boris Sarkoski M.Eng.</i>	206
108	Betrieb von kompakten Regenwasserfiltrationsanlagen an dezentralen Standorten <i>Teresa Sasse B.Eng.</i>	208
109	Validierung von Berechnungsverfahren für wasserdurchströmte PCM-Speicher <i>Christian Schewe M.Eng.</i>	210

110	Validierung von energetischen Optimierungsmaßnahmen anhand von Messdaten für die Plus Energieschule Rostock <i>André Schippmann B.Eng.</i>	212
111	Untersuchung des Beimischverfahrens nach DIN 1988-300 mit verschiedenen Softwareprodukten <i>Frank Schnelting M.Eng.</i>	214
112	Elektromobilität im ländlichen Raum: Standortwahl und Wirtschaftlichkeit von Elektroladestationen <i>Florian Schnieder B.Eng.</i>	216
113	Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der zentralen und dezentralen Möglichkeiten der Gebäude- und Trinkwassererwärmung <i>Dennis Schulte B.Eng.</i>	218
114	Zustandsorientierte Instandhaltung der Gas-Druckregel- und Messanlagen der Stadtwerke Münster <i>Kai Schulze Brock B.Eng.</i>	220
115	Wissensmanagement bei der Voith Hydro GmbH & Co. KG - Konzept zur digitalen Bereitstellung von Erstausrüsterdokumenten zum Aufbau von Wettbewerbsvorteilen im Servicegeschäft <i>Vanessa Schwarze B.Eng.</i>	221
116	Bewertung von Reparaturkonzepten für Getriebe in Windkraftanlagen <i>Michelle Schwenker B.Eng.</i>	222
117	Entwicklung einer Produktsegmentstrategie für ein mittelständiges Industrieunternehmen <i>Kai Schytrumpf M.Eng.</i>	224
118	Untersuchungen zum Verhalten verschiedener Druckleitungen zur Wasser- und Gasverteilung während des Kontraktionsverfahrens <i>Nils Seidel B.Eng.</i>	226
119	Analyse von Gas- und Wärmeverbräuchen eines Einzelhandel-Filialisten <i>Keven Seifert B.Eng.</i>	228
120	Entwicklung von Optimierungsmöglichkeiten für eine energieeffiziente Wärmeversorgung mit Wirtschaftlichkeitsanalyse <i>Yavus Soydemir B.Eng.</i>	230
121	Optimierung von Druckluftversorgungssystemen <i>Markus Spitthoff B.Eng.</i>	232
122	Nitrat im Grundwasser – Strategien zur Verminderung <i>Burkhard Sprenger M.Eng.</i>	234
123	Projektierung einer RLT-Anlage zur Gewährleistung der Hygienestandards in Frischethekenbereichen im Lebensmitteleinzelhandel <i>Dennis Stobbe B.Eng.</i>	236
124	Energiebilanzierung der Produktionsprozesse in Großküchen zur ökologischen Bewertung ausgewählter Speisenangebote <i>Mikhail Tabatchnikov M.Eng.</i>	238
125	Entwicklung von Wärmeversorgungskonzepten für den Flughafen Stuttgart unter Berücksichtigung der Sektorkopplung zur Generierung weiterer Flexibilität im Energiesystem <i>Fabian Thomas M.Eng.</i>	240

126	Kombinierte Ansätze zur Gewässerentlastung auf der Basis emissions- und immissionsspezifischer Maßnahmen am Beispiel der Bocholter Aa <i>Yannick Tiemann M.Eng.</i>	242
127	Auswirkungen einer Novellierung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft auf den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit erdgasbetriebener Blockheizkraftwerke <i>Jens Tröster M.Eng.</i>	244
128	Messtechnische Untersuchung eines PCM-Energiespeichers für hydraulische Systeme bei instationärem Betrieb <i>Moritz Wellers B.Eng.</i>	246
129	Einsatz von getauchten Membranen zur Filtration von dekantierten Gärresten <i>Dave-Thomas Werft B.Eng.</i>	247
130	Konzept zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadt Rheine <i>Marco Wesseling B.Eng.</i>	249
131	Untersuchung der thermischen Behaglichkeit in Bürogebäuden anhand verschiedener Klimatisierungskonzepte <i>Robin Wefseling M.Eng.</i>	251
132	Raumlufttechnische Anlage eines Möbelhauses <i>Dennis Westhues B.Eng.</i>	253
133	Entwicklung eines Programms zur Berechnung von witterungsabhängigen Kältebedarfsprofilen in Krankenhäusern <i>Benjamin Wiefel M.Eng.</i>	254
134	Einbindung von Hygienespülfunktionen in Sanitärgegenstände <i>Marius Wiesmann M.Eng.</i>	256
135	Erarbeiten eines modernen Energieversorgungskonzeptes für einen bestehenden Betrieb in der Möbelindustrie <i>Mario Wilkening B.Eng.</i>	258
136	Messtechnische Untersuchung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Trinkwasser-Installation in einem Krankenhaus <i>Lukas Wischnewski B.Eng.</i>	259
137	Messtechnische Untersuchungen an Telefoneschalldämpfern mit alternativen Dämmstoffen <i>Yuzhou Zhang B.Eng.</i>	260
138	Erfassung eines Deckendralldurchlasses nach VDI 3805 Datenblatt 5 <i>Oliver Zickert M.Eng.</i>	262

Alma Belen Acosta Benitez B.Sc.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme
Datum des Kolloquiums:	19. Mai 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie Institut für Wasser - Ressourcen - Umwelt



Metal recycling is often inefficient because of limits set by complex product design, improper collection, and failures within both recycling processes and recycling technologies. The most profitable actions that could improve recycling rates are increased collection rates of discarded products, improved design for recycling, and an upgrade in deployment of modern recycling methodology. Sensor-based technology is a valuable tool in closing the loop within the metal recycling system. Automatic identification is convenient for the improvement of nonfunctional recycling, which happens when metals or alloys in a discarded product are downgraded or downcycled by incorporation into a material stream in which their properties are not required. Therefore, there is a need for both enhancing the material flow as regards metals and alloys, as well as technical adjustments in processing and recycling technology.

This current thesis presents an investigation regarding processing and recycling technology, specifically concerning the precision and reproducibility of three-dimensional (3D) laser triangulation systems in analyzing ferrous and carbide scrap metals. The parameters measured by the laser triangulation represent the surrounding height, area and volume. However, as the laser line touches the surface of the particle, shading and reflection may affect the measurement, which leads to an incorrect volume measurement. It was hypothesized that the data provided by the laser triangulation sensor under practical conditions, was not completely accurate. There could be errors within the data, e.g. influences on the input (maximal height, area, volume) of the metal streams, that could affect further processing stages of the scrap metals.

The hypothesis made at the beginning of this thesis was proofed. The laser triangulation sensor emitted errors within the measured parameters of the carbide and ferrous metals. All in all, there was a limit of recognizing the depth, such as dented areas, undercuts or holes contained within the scrap metal particles.

The errors found in the carbide and ferrous scrap particles referring to the mentioned parameter were corrected using adequate correction factors for each carbide and ferrous scrap metal groups. These correction factors have helped improved the results obtained with the laser triangulation sensor. The correction factors promote both a higher quality and quantity handling of material flow, while at the same time contributing towards a better functioning system of recycling.

Figure 1 shows the volume optimization for carbide and ferrous scrap metal groups.

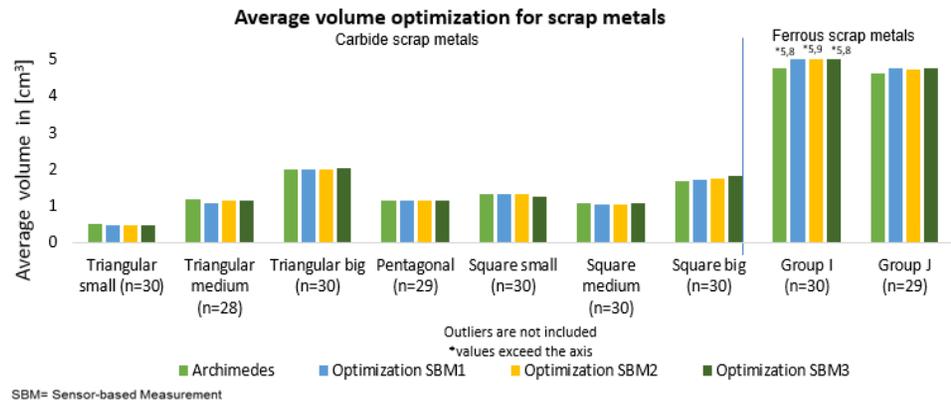


Figure 1: Volume optimization for carbide and ferrous scrap metals.

Overall, the maximum height, area and volume correction factors applied for carbide and ferrous scrap metal particles have helped optimizing the data provided by the laser triangulation sensor.

Probleme beim BIM-Prozess zwischen Generalunternehmen und reinen Planern

Alettin Atalay B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Guido Lewandowski
Datum des Kolloquiums:	26. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Gebäudetechnik Zilisch GmbH & Co. KG, Ahaus



Building Information Modeling (BIM) bindet alle Projektbeteiligten rechtzeitig in den Planungsprozess ein und ermöglicht von Beginn an eine durchgängige Kommunikation zwischen den Schlüsselparteien. Die konventionelle Methode hingegen schreibt eine getrennte Planung und Ausführung vor, indem einige Projektmitglieder zu spät in den Bauprozess eingebunden werden. Dadurch werden Kollisionen zu spät entdeckt und müssen in den kostspieligeren Ausführungsphasen behoben werden.

Zudem schafft BIM eine Gesamtsicht auf das Bauobjekt, welche von der Planung, über die Erstellung, den Betrieb, bis hin zum Abriss und der Entsorgung eine integrierte Planung ermöglicht. Zu Beginn des Planungsprozesses können Vorteile dieser Methode in Bezug auf Mengen, Kosten- und Zeitermittlungen genutzt werden. Außerdem können durch frühzeitige Prüfungen und Simulationen baubeeinträchtigende Planungsmängel, wie in Detailplänen versteckte Kollisionen, rechtzeitig beseitigt und dadurch die Zahl der Nachträge und Streitpotentiale drastisch gesenkt werden.

Durch die gemeinsame Sicht auf demselben Planungs- und Informationszustand sind Veränderungen und Korrekturen für alle in der detaillierten Informationsdatenbank sofort sichtbar. Partnerschaftliche Zusammenarbeit wird gefördert und Entscheidungen verständlicher gemacht und somit die Projekttransparenz erhöht. Von der Kooperation aller Beteiligten profitieren sowohl Generalunternehmer (GU) als auch Planer.

Die mangelnde Akzeptanz der Projektmitglieder ist eines der Hauptprobleme, dass durch intensive Schulungen und der Überzeugung von den Vorteilen durch BIM beseitigt werden kann. Die eingeschränkte Nutzererfahrung kann zusätzlich an den fehlenden verlässlichen Rahmenbedingungen geknüpft werden.

Die modellorientierte Planungsmethodik gestaltet sich aufgrund fehlender Planer und den nicht ausreichenden Kompetenzen der GU als sehr schwierig. Außerdem können die technischen Möglichkeiten von BIM durch fehlender Software- und Prozesswissen nicht komplett genutzt werden.

Koordinations- und Integrationsprobleme kommen meist aufgrund menschlicher Unzulänglichkeiten vor und die häufigsten Probleme sind oft menschliche und selten technische. Denn die BIM-Methode wird mangelndes Nachdenken nicht

auffangen können. Zudem wird die Kommunikationsschwäche zwischen GU und Planern, bei der beide inhaltlich nicht von denselben Sachverhalten sprechen, als einer der häufigsten Problematiken geschildert.

Ein weiterer Problempunkt ist, dass in der Praxis bisher bei keinem einzigen Vorhaben BIM durchgängig mit allen Projektbeteiligten eingesetzt worden ist. Die fehlende Durchgängigkeit verursacht einen Informationsverlust. Zudem hängt der Erfolg einer neuen Technologie im Wesentlichen von den vier Randbedingungen Menschen, Prozesse, Technologie und Richtlinien ab, die es möglichst aufeinander abzuspielen gilt. Als Grundproblem erweist sich, dass die Projektbeteiligten sich nicht genügend am Bauziel orientieren. Für einen reibungslosen Planungsprozess müssen jedoch die Anforderungen vor dem Projektbeginn definiert und eingehalten werden. Denn die Informationsbereitstellung mit von Beginn an klar definierten Projektzielen, ist von hoher Wichtigkeit. Denn für die Erzielung eines guten Ergebnisses und zum Profitieren von den Vorteilen des BIM-Datenmodells ist eine disziplinierte und stringente Zusammenarbeit von hoher Bedeutung. Zudem ist es wichtig, sich schon im Vorfeld gut zu strukturieren. Außerdem verhindert das Festlegen von Standards zu Beginn, die Schnittstellenproblematik, die auf das Zusammenführen von Gewerken und fehlender Kompatibilität der verwendeten Software zurückzuführen ist.

Zudem gestaltet sich der Datenaustausch aufgrund der komplexen Datenstruktur äußerst schwierig. Umfangreiche Objekte müssen gewerk-/fachbereichsweise unterteilt werden, um bearbeitbar zu bleiben. Die Schnittstellenproblematik bei der anschließenden Zusammenführung der Gewerke besteht z. Zt. auch mit BIM. Außerdem treten neben der Nutzung unterschiedlicher Software Schnittstellenprobleme auch durch fehlende Austauschformate. Schnittstellenprobleme erschweren die Weiterverarbeitbarkeit der Pläne und fordern eine Überarbeitung mit hohem organisatorischen Aufwand.

Durch die gleichzeitige Teilnahme der Projektmitglieder am Modellierprozess und der Einbringung verschiedener Sichtweisen und Vorstellungen können Risiken und ungleiche Eindrücke bei der Erledigung der Aufgaben entstehen, die vertraglich gründlich festgelegt werden müssen, um spätere Ungereimtheiten den Verursachern zuweisen zu können.

Entwicklung eines neuen Ansatzes für ein risikobasiertes Wassermanagement eines Großunternehmens

Jana Laura Alt M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr. Lars Obendorf
Datum des Kolloquiums:	05. April 2017
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Covestro Deutschland AG, Leverkusen



In Zeiten von Klimawandel und extremen Wetterphänomenen wird die Versorgung mit Wasser in den nächsten Jahren zu einer der größten Herausforderungen werden. Aber nicht nur die Versorgung der Menschen mit Trinkwasser, sondern auch die Bereitstellung von Wasser für das produzierende Gewerbe könnte in den nächsten Jahren zu einem Problem werden, da Wasser in ausreichender Qualität und Quantität vorhanden sein muss.

Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit die Entwicklung eines neuen Ansatzes für ein risikobasiertes Wassermanagement für den Covestro Konzern bearbeitet.

Zunächst wurden in den Grundlagen wasserthematische Begriffe definiert und das genaue Wasservorkommen und der globale Wasserverbrauch erläutert. Da für die genaue Identifizierung der betroffenen Standorte Wassermanagementtools benötigt wurden, wurden diese ebenfalls in den Grundlagen vorgestellt.

Mit Hilfe dieser Wassermanagementtools konnte untersucht werden, welche Covestro Standorte mit einem prognostizierten Risiko für Wasserstress und Hochwasser bewertet wurden. Um darauf basierend die Standorte zu ermitteln, an denen in den nächsten Jahren ein risikobasiertes Wassermanagement implementiert werden soll.

Neben der Identifizierung der betroffenen Standorte wurde zusätzlich ein neues Risiko für zukünftige Wasserproblematiken und ihre Auswirkungen für das Unternehmen benannt und eine Benchmarkinganalyse zum Thema Wassermanagement in der Chemie- und Automobilbranche angefertigt, um zu ermitteln, wie andere Unternehmen mit steigendem Wasserverbrauch und knapper werdenden Ressourcen umgehen.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Arbeit kann in Folge ein Ansatz für ein Wassermanagement an den identifizierten Standorten implementiert werden, um somit zukünftigen Wasserproblematiken durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken und negative Auswirkungen für das Unternehmen möglichst gering zu halten.

Auswirkungen ausgewählter politischer Entscheidungen der Energiewende auf die nationale Industrie und Wirtschaft

Mike Arnold B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach

Datum des Kolloquiums: 25. April 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: ITB



Die Energiewende ist seit Ende des 20. Jahrhunderts national wie international eines der zentralen politischen Themen. Mehr noch ist sie „der Weg in eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Sie ist die Entscheidung, Deutschlands Energieversorgung grundlegend umzustellen: Weg von der Kernenergie, hin zu erneuerbaren Energiequellen.“ Darüber hinaus „hat die Energiewende das Potenzial, zum Wirtschafts- und Modernisierungsmotor für die Industriegesellschaft von morgen zu werden. Sie stärkt Innovation, Wachstum und Beschäftigung und macht uns weniger abhängig von internationalen Öl- und Gasimporten.“ So schätzt zumindest die Bundesregierung, hier vertreten von Dr. Frank-Walter Steinmeier und Sigmar Gabriel, die mit der Energiewende verbundenen Chancen und Möglichkeiten ein.

Damit Sie jedoch gelingen kann, sind zunächst noch zahlreiche Reformen, Innovationen und Investitionen nötig: Beispielsweise müssen neue Kraftwerke errichtet, Stromnetze ausgebaut und die Energie effizienter genutzt werden. Die dadurch entstehenden Kosten werden sowohl von den privaten Haushalten als auch von der deutschen Industrie und Wirtschaft finanziert – mit unterschiedlichen Folgen. Somit stellt die Energiewende neben den zahlreichen Möglichkeiten und Chancen auch eine finanzielle Belastung und weitere Risiken für unterschiedliche Anspruchsgruppen dar.

Im Zuge dieser Abschlussarbeit sollten einige der bisherigen Auswirkungen der Energiewende auf die nationale Industrie und Wirtschaft stärker verdeutlicht werden. Dazu wurden einzelne politische Entscheidungen, die im Zuge dieses Wandels getroffen wurden, zunächst vorgestellt und im Anschluss hinsichtlich ihrer Auswirkungen genauer analysiert.

Dabei konnte diese Arbeit aufzeigen, dass der Diskurs zur Energiewende im Verlauf der letzten Jahre weder an Aktualität noch an Brisanz abgenommen hat. Vielmehr machen die Vielzahl der unterschiedlichen Interessen sowie die aufgezeigten Entwicklungen und Auswirkungen sie nach wie vor zu einem der zentralen politischen Themen in Deutschland. Es war im Zuge der Analyse ebenso möglich, beispielhaft einige Darstellungen hinsichtlich ihrer Intention und Aussagekraft kritisch zu hinterfragen und den Sachverhalt anschließend unbefangen zu erörtern.

So hat sich zum Beispiel unter anderem herausgestellt, dass sich der von der Bundesregierung vielfach geäußerte Beschäftigungszuwachs durch die erneuerbaren Energien nicht einwandfrei bestätigen lässt. Vielmehr scheint durch hohe

Subventionen eine Art temporäre Umverteilung der Arbeitsplätze entstanden zu sein. Diese sind in einigen Bereichen, wie zum Beispiel der Solarenergie, jedoch schon wieder stark rückläufig. Auch negative Auswirkungen auf andere Wirtschaftsbereiche durch die staatlichen Förderungen scheinen möglich zu sein, lassen sich jedoch nicht faktisch nachweisen.

Ferner konnte nachgewiesen werden, dass eine verträgliche finanzielle Belastung für einige Unternehmen auf langfristige Sicht bereits überschritten ist und besonders die stromintensiven Industrien in Deutschland darüber hinaus mit wachsenden Imageproblemen aufgrund der Energiewende zu kämpfen haben.

Auf der anderen Seite ergeben sich allerdings auch eine Vielzahl von Chancen und Möglichkeiten für die deutsche Industrie und Wirtschaft, einen positiven Mehrwert aus der Energiewende und den getroffenen politischen Entscheidungen zu erzielen. So wäre beispielsweise der Verkauf oder die Nutzung des größer werdenden Anteils des Überschussstroms eine Gelegenheit, einen Mehrwert für die Wirtschaft oder die Industrie zu generieren. Außerdem bieten die notwendig gewordenen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz mittel- bis langfristig einen Wettbewerbsvorteil deutscher Unternehmen und bieten darüber hinaus Möglichkeiten zur Diversifikation. Nicht zuletzt führen die getroffenen Entscheidungen auch in einigen Fällen zur Umsatzsteigerung von manchen Firmen und wirken sich somit auch positiv auf die deutsche Industrie und Wirtschaft aus.

Letztlich bleibt es also eine Frage des Standpunkts und der Branche, ob die Auswirkungen für Industrie und Wirtschaft positiver oder negativer Art sind. Es wurde zudem deutlich, dass einige Entscheidungen ihr Ziel gar verfehlten, andere hingegen entscheidend zum Erfolg der Energiewende beitrugen. Obwohl diese Arbeit die Thematik in ihrer gesamten Tiefe nicht vollumfänglich abbilden konnte, zeigt sie, dass die Entscheidungen in vielen Fällen eher eine Belastung als eine Chance für Industrie und Wirtschaft darstellen. Insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz in seiner derzeitigen Form stellt dabei eher eine zunehmende Belastung dar.

Im Rahmen meiner Recherchen konnte ich Vertreter, sowohl seitens der Industrie wie auch der Politik, für ein Interview gewinnen. Besonders einprägsam war in diesem Zusammenhang das Interview mit dem Bundesvorsitzenden der FDP und Vorsitzenden der Landtagsfraktion sowie des Landesverbandes der FDP, Christian Lindner, der in vielerlei Hinsicht noch Handlungsbedarf sieht und einige Reformziele ankündigte. Die Beobachtung der noch folgenden politischen Entscheidungen und ihrer Auswirkungen bleibt also auch in Zukunft für viele Anspruchsgruppen von hohem Interesse.

Lisa Aßmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Jörg Hennerkes
Datum des Kolloquiums:	21. März 2018
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor Umwelttechnik Ruhrverband, Essen



Im Zeitalter von Industrie 4.0 und Digitalisierung ergeben sich für die industrielle Produktion neue technische Entwicklungen. Es werden Automatisierungslösungen angewendet, um Verbesserungen und Effizienzsteigerung in Verfahren und Prozessen zu erzielen. Die dort angewandten Methoden können auch als Chance in der Wasserwirtschaft betrachtet werden. Im Bereich der Kläranlagen können Automatisierungslösungen den Betrieb unterstützen, Verfahren optimieren und das Personal entlasten. Dabei entstehen neue Anforderungen, die bei der Umsetzung berücksichtigt werden müssen.

Derzeit betreibt der Ruhrverband im Wassergütebereich 65 Kläranlagen, von denen rund ein Drittel als unbesetzte Satellitenanlagen von Schwerpunktanlagen aus betreut wird. Im Rahmen seiner Automatisierungsstrategie verfolgt der Ruhrverband das Ziel, den Automatisierungsgrad auf seinen Anlagen zu erhöhen. Voraussetzung hierfür ist eine weitestgehend automatisierte Kläranlage, die nicht nur über eine geeignete Verfahrenstechnik mit geringerem erforderlichen Personaleinsatz vor Ort, sondern auch über entsprechende Möglichkeiten zur Fernbeobachtung und möglichst auch Fernwirkung verfügt.

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden durch die Definition von Begriffen und die Vorstellung von Entwicklungen die Grundlagen der Automatisierungstechnik vorgestellt, von denen auch die Wasserwirtschaft beeinflusst wird. Diese Grundlagen werden durch die Vorstellung von möglichen Automatisierungslösungen für den Betrieb von Kläranlagen konkretisiert. Es wird eine Auswahl an Automatisierungslösungen vorgestellt, die auf verschiedenen Ebenen des Betriebs Anwendung finden und sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen einbeziehen.

Die Auswahl an Automatisierungslösungen stellt die Grundlage für eine Kategorisierung dar. Ziel dieser Kategorisierung ist die Ermittlung von Automatisierungslösungen, die einen hohen Automatisierungsgrad bewirken, aber mit möglichst wenig Aufwand umzusetzen sind. Ihre Einordnung erfolgt in drei festgelegte Kategorien: Automatisierungslösungen, die sich mit geringem, mittlerem oder hohem Aufwand umsetzen lassen. Die Zuordnung in die Kategorien erfolgt mittels festgelegten Kriterien anhand eines Punktesystems.

Durch eine qualitative Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen erfolgt eine Bewertung der Kategorien. Ergebnis der Untersuchung ist, dass mit

geringem bis mittlerem Aufwand umzusetzende Automatisierungslösungen bereits einen grundlegenden bis hohen zusätzlichen Automatisierungsgrad für Kläranlagen erreichen können. Sie bewirken, dass die meisten Prozesse einer Kläranlage selbsttätig ablaufen und der erforderliche Zeitaufwand des Personals im Betrieb verringert werden kann. Daneben werden Grenzen und Wirtschaftlichkeit der Automatisierung auf Kläranlagen erläutert und diskutiert.

Im Anschluss werden die daraus notwendigen Veränderungen des Anlagenbetriebs ermittelt, um die Voraussetzungen für die Umsetzung der Automatisierungslösungen zu schaffen. Dabei werden vor allem die Veränderungen des Betriebs durch die Bildung von Kläranlagenverbänden betrachtet. Diese entstehen insbesondere im technischen und organisatorischen Bereich, aber auch auf den Standorten der Kläranlagen und in der Qualifikation des Personals.

Anhand eines Beispiels wird die Anwendung der Automatisierungslösungen untersucht und ihre Auswirkungen auf den Betrieb durchleuchtet. Ein bestehender Kläranlagenverbund des Ruhrverbands ist ausgewählt worden, für den eine Bestandsaufnahme durchgeführt und ein Verfahrens- und Betriebskonzept entwickelt wird. In der Untersuchung wird der notwendige Zeitaufwand für betriebliche Aufgaben vor und nach der Anwendung von Automatisierungslösungen ermittelt. Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass sich durch Anwendung der Automatisierungslösungen eine Reduzierung des notwendigen Personals erzielen lässt bzw. eine Entlastung des bestehenden Personals erreicht werden kann. Die Automatisierungslösungen bewirken, dass weitere Prozesse und Arbeiten selbsttätig und ohne menschliches Eingreifen erfolgen können.

Zusammenfassend ist herauszustellen, dass sich durch die Umsetzung von Automatisierungslösungen eine weitere Erhöhung des Automatisierungsgrads erreichen lässt. Dieser kann bereits durch einen geringen bis mittleren Aufwand der Umsetzung erzielt werden. Die Erhöhung des Automatisierungsgrads führt zu Veränderungen des Betriebs, vor allem durch die Bildung von Mitarbeiterteams und Kläranlagenverbänden. Die Voraussetzungen für die notwendigen Veränderungen sollten im Vorfeld geschaffen werden. Dazu zählen insbesondere Maßnahmen im technischen, organisatorischen und personellen Bereich sowie in der Gestaltung der Akzeptanz der Mitarbeiter gegenüber der Automatisierungstechnik.

Regeneratives Energieversorgungskonzept für einen landwirtschaftlichen Betrieb

Felix Behlert B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Lars Schmidt
Datum des Kolloquiums:	26. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Energietechnik BBWind Projektberatungsgesellschaft mbH, Münster



Die vorliegende Abschlussarbeit befasst sich mit der Entwicklung regenerativer Energieversorgungskonzepte am Beispiel eines landwirtschaftlichen Betriebs.

Landwirtschaftliche Betriebe bieten aufgrund der hohen Flächenverfügbarkeiten im Außenbereich und den großen verfügbaren Dachflächen ein großes Potenzial für die Windenergie- und Photovoltaiknutzung. Der untersuchte Betrieb ist mit vier Photovoltaikanlagen mit einer installierten Leistung von 122 kW_{peak} ausgestattet und zudem an einer Windenergieanlage mit 3 MW Leistung in unmittelbarer Nähe zum Betrieb beteiligt.

Das EEG 2017 bietet der Umsetzung von Energieversorgungskonzepten einen rechtlichen Rahmen. Durch den Ausschluss der Eigenversorgung bei Erzeugungsanlagen, die nach dem Ausschreibungsverfahren gefördert werden, wird sich die Entwicklung von Energieversorgungskonzepten künftig auf Bestandsanlagen, die nach früherem EEG gefördert werden beschränken. Ein Potenzial ist dennoch vorhanden, da besonders Altanlagen in den nächsten Jahren aus der EEG-Vergütung fallen und dann zu Börsenpreisen Strom produzieren müssten. Dies ist jedoch wirtschaftlich kaum möglich. Durch eine direkte Vermarktung des Stroms oder den Eigenverbrauch können diese Anlagen zusätzliche Erlöse generieren und einen Weiterbetrieb rentabel gestalten.

Ein landwirtschaftlicher Betrieb, der die Erzeugungsanlagen seines Betriebs zur Eigenversorgung nutzen möchte, kann verschiedene Bestandteile des Strompreises einsparen. Dadurch ergibt sich ein finanzieller Rahmen, in dem Investitionen zur Umsetzung des Konzepts erfolgen können.

Ziel der Abschlussarbeit war es ein Berechnungstool zu erstellen, das verschiedene Betriebe mit unterschiedlichsten Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen darstellen kann und das optimale Versorgungskonzept ermittelt. Über eine Kostenvergleichsanalyse wurden die verschiedenen Varianten miteinander verglichen und die kostengünstigste Art der Strombedarfsdeckung gefunden.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit erschweren die Umsetzung eines Energieversorgungskonzepts zusätzlich. In den letzten Jahren war der Eigenverbrauch von sämtlichen staatlich veranlassten Strompreisbestandteilen befreit. Seit Inkrafttreten des EEG 2014 werden die Anteile der EEG-Umlage für

Eigenversorger stetig erhöht. Mittlerweile ist der Anteil der EEG-Umlage so groß, dass bestehende Eigenversorgungen nicht durch weitere Erzeugungsanlagen ergänzt werden, da die EEG-Umlage die Kosten erheblich erhöhen würde.

Das Ergebnis der Berechnungen ist, dass die Anpassung der Verbraucher an die Erzeugung den größten Effekt für den Eigenverbrauch und die Kostenminimierung erzielt. Dadurch können die Kosten für den Strombezug um 7,4 % im Vergleich zum derzeitigen Zustand verringert werden. Die Betrachtung der verschiedenen PV-Anlagen zeigte, dass die Erhöhung der Erzeugungsleistung allein für die Höhe des Eigenverbrauchs und der Kostenersparnis nicht primär relevant sind. Eine sehr große Photovoltaikanlage sorgt dafür, dass die Strombezugskosten sogar steigen, da die laufenden Kosten den Nutzen des Eigenverbrauchs übersteigen. Die Betrachtung von Kleinwindanlagen führte ebenfalls zu einem ernüchternden Ergebnis. Heutige Kleinwindenergieanlagen sind in Schwachwindregionen, wie sie im Raum Westfalen-Lippe vorliegen, nicht oder nur eingeschränkt einsetzbar. Der wirtschaftliche Betrieb ist aufgrund der niedrigen, mittleren Windgeschwindigkeiten in den niedrigen Nabenhöhen der Kleinwindanlagen nicht möglich. Sollten die Hersteller Anpassungen an ihrer Anlagentechnik vornehmen, so wie es in der Großwindenergiebranche in den letzten Jahren zu sehen ist, gibt es durchaus ein Potenzial Kleinwindanlagen zum Eigenverbrauch zu nutzen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Potenziale für Energieversorgungskonzepte im Bereich der Landwirtschaft vorhanden sind und gerade im Bereich von Altanlagen, die in den nächsten Jahren aus der EEG-Vergütung fallen und nicht durch neue, moderne Anlagen ersetzt werden können, wirtschaftlich umgesetzt werden können. Besonders vor dem Aspekt der Unabhängigkeit von anzunehmenden Strompreissteigerungen wird die Umsetzung von Energieversorgungskonzepten für Unternehmen interessant.

Auswirkungen von Abwassereinleitungen aus Kleinkläranlagen auf die Gewässerqualität

Arne Bergendahl M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr. Wolfgang Kühn
Datum des Kolloquiums:	09. März 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Kreisverwaltung Wesel und der Linksniederrheinischen Entwässerungsgenossenschaft, Kamp-Lintfort



Diese Arbeit verfolgte das Ziel, den Einfluss von Kleinkläranlagen auf Gewässer zu ermitteln und diesen zu bewerten, wenn sich diese an einer bestimmten Stelle verdichten. Dazu wurden zuerst die allgemeinen Ziele und Verfahrensweisen der Abwasserreinigung sowie die typischen Kleinkläranlagentypen vorgestellt. Neben dem bisherigen Stand der Untersuchungen auf diesem Gebiet, wurden auch die relevanten Rechtsgrundlagen für den Betrieb von diesen herausgearbeitet.

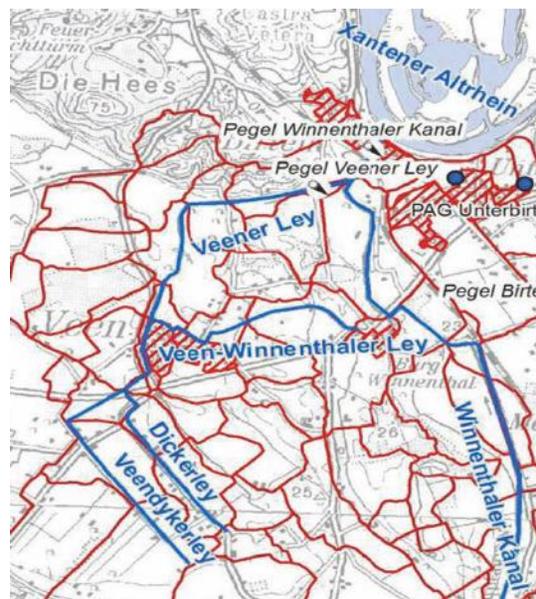
Nach der Beschreibung der LINEG wurde die Erarbeitung der Datengrundlage dieser Arbeit und der daraus folgenden Situation im Untersuchungsgebiet dargestellt. Als Untersuchungsgebiet wurde an dieser Stelle das Gebiet der LINEG im Kreis Wesel definiert. Bei der anschließenden Beschreibung der Methodik wurden zwei Vorgehensweisen vorgestellt, die sich aus der jeweiligen Einleitung der Kleinkläranlagen ableitete: Eine Untersuchung bezog sich auf die Kleinkläranlagen, die in das Grundwasser einleiten und die andere auf jene, die in ein Oberflächengewässer einleiten.



Für die erstere Untersuchung wurde ein Gebiet in Kamp-Lintfort ausgewählt, da dort eine Verdichtung von Kleinkläranlagen vorzufinden ist. Deren Fracht an Kohlenstoff und Stickstoff in das Grundwasser wurde im achten Kapitel berechnet und vor dem

Hintergrund der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie bewertet. Für die Untersuchung des Einflusses von Kleinkläranlagen auf Oberflächengewässer wurde die Veener Ley ausgewählt, da diese das einzige Fließgewässer im Untersuchungsgebiet darstellt, in welches mehrere Kleinkläranlagen einleiten. Hierfür wurde neben der Kohlen- und Stickstofffracht auch die des Phosphors berechnet, da für diesen in Oberflächengewässern ein deutlich niedrigerer Grenzwert gilt als im Grundwasser.

Die Berechnungen dazu wurden ebenfalls im achten Kapitel durchgeführt. Im neunten Kapitel wurden diese Ergebnisse bewertet und daraus Empfehlungen für den Kreis Wesel, die LINEG und für weitere Untersuchungen abgeleitet. So ließ sich zum Beispiel als Ergebnis festhalten, dass der Einfluss von Kleinkläranlagen auf das Grundwasser selbst bei einer Verdichtung zu vernachlässigen ist, während eine Verdichtung von Kleinkläranlagen, die in ein eher kleines Oberflächengewässer einleiten, zu erheblichen Überschreitungen der in der Oberflächengewässerverordnung geforderten Grenzwerte führen können.



Somit wurde der Kreisverwaltung Wesel unter anderem empfohlen, dass die Kleinkläranlagen, die in ein Oberflächengewässer einleiten, entweder dazu aufgefordert werden technisch nachzurüsten, um die Frachten zu reduzieren oder aber fortan in das Grundwasser abzuleiten. Der LINEG wurde aus diesem Grund empfohlen, bei einer Beteiligung im Genehmigungsverfahren für ein Oberflächengewässereinleiter auf eine weitreichendere Reinigungsleistung dieser zu bestehen. Als weitere Untersuchungsansätze wurde einerseits die Reinigungsrate für Stickstoff und Phosphor bei einer weitergehenden Reinigung genannt und andererseits eine Untersuchung, ab welcher Größe ein Oberflächengewässer die Einleitung von mehreren Kleinkläranlagen verkraften kann.

Implementierung von BIM Standards in einem Ingenieurbüro der Technischen Gebäudeausrüstung am Beispiel der TIGEV Ingenieurgesellschaft mbH

Oliver Bergmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	16. März 2018
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energie- und Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik TIGEV Ingenieurgesellschaft mbH



Der Status Quo bei TIGEV hat gezeigt, dass es Schwächen in der klassischen Planungsweise gibt. Informations- und Entscheidungswege bedürfen einer guten Abstimmung. Dokumente und Zeichnungen sind durch sequentielles Arbeiten auf unterschiedlichen Ständen und die Mehrfacheingabe von Daten birgt eine hohe Fehlerquelle. Eine Anpassung an die zukunftsorientierte Planungsmethode BIM dient der TIGEV nicht nur im Hinblick auf die Schwächen der klassischen Planungsweise, sondern auch in Bezug auf Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Auch bei den Mitarbeitern wurde eine hohe Akzeptanz gegenüber BIM deutlich. Sie versprechen sich durch die Änderung vor allem eine Verbesserung der Planungsqualität. Die Planungsprozesse im Unternehmen wurden durch verschiedene Maßnahmen, vor allem im Daten- und Informationsmanagement optimiert.

Für die Lenkung der Daten wurden interne Vorlagen, Prozessanweisungen und Ordnerstrukturen angelegt sowie ein Projektserver für den Austausch von Daten mit Projektbeteiligten aufgesetzt. Darüber hinaus wurde die Bedeutung der Mitarbeitermotivation thematisiert und Lösungsvorschläge für eine optimierte Kommunikation vorgestellt. Weiterführend wurden Chancen und Risiken, wie das Vergaberecht von Aufträgen und die Einhaltung produktneutraler Ausschreibungen, die sich in Bezug auf BIM ergeben, herausgearbeitet. Abschließend wurde vor allem die Digitalisierung durch BIM und die Verbindung zu IOT Plattformen als neues Geschäftsmodell betrachtet, welches neue innovative Möglichkeiten des IBM gemäß VDI 6039 zur Anlagenüberwachung und Effizienzsteigerung aufzeigt.

Als Ergebnis der Implementierung von BIM Standards bei der TIGEV wurde als neue Planungsmethode das „little open“ BIM eingeführt, welches eine unternehmensinterne Nutzung vorsieht und in seinem eigenen Umfeld sowie seiner Fachdisziplin einen neutralen Datenaustausch mit Dritten am Projekt beteiligten Akteuren ermöglicht.

Die Auseinandersetzung mit dem Thema BIM hat jedoch gezeigt, dass zurzeit eine vollständige Verwendung der Planung mit BIM noch nicht möglich ist. Dies liegt vor allem an der aktuell noch nicht gelösten Software- und Schnittstellensituation im Unternehmen. In Zukunft stehen daher für die TIGEV grundlegende strategische Entscheidungen an. Überlegungen bezüglich einer Änderung der Softwarelösungen im Unternehmen scheinen dabei unumgänglich. Neben Abwägungen gegenüber den

Kosten für neue Softwareprogramme und die erforderliche Umschulung der Mitarbeiter, steht aber vor allem die zentrale Frage, welche Software überhaupt sinnvoll ist, da die Schnittstellenproblematik kein internes Problem der TIGEV ist, sondern ein Allgemeines. Die Weiterentwicklung des IFC Datenaustauschformates ist dabei unerlässlich, damit es beim Im- und Export von Daten nicht weiterhin zu falschen Interpretationen kommt. Diese Entwicklung steht aber zurzeit noch aus. Genauso ist noch offen, wie sich Vergütungsanpassungen gemäß der HOAI sowie das Vergaberecht und die Produktneutralität bei den Ausschreibungen endgültig realisieren lassen.

Trotzdem zeigt die Arbeit, welches zukünftige Potential BIM im Allgemeinen und für die TIGEV im Planungsprozess hervorbringt. Insbesondere sei an dieser Stelle nochmal das IBM genannt und die damit verbundene Digitalisierung der Gebäudetechnik, durch Vernetzung von BIM und IOT Plattformen.

Die Steigerung von Effizienz und Qualität der Planung sowie die damit verbundene Wettbewerbsfähigkeit macht die Planungsmethode BIM immer präsenter und auch wenn die Implementierung von BIM Standards bei der TIGEV zunächst nur der erste Schritt in die Welt der neuen Planungsmethode war, ist die TIGEV durch die Einführung von BIM bereits heute zukunftsorientiert aufgestellt.

Weiterentwicklung des Energiemanagementsystems der Bauunternehmung August Mainka GmbH & Co.

Guido Beuker M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner

Datum des Kolloquiums:

13. Juni 2017

Master-Studiengang:
In Kooperation mit:

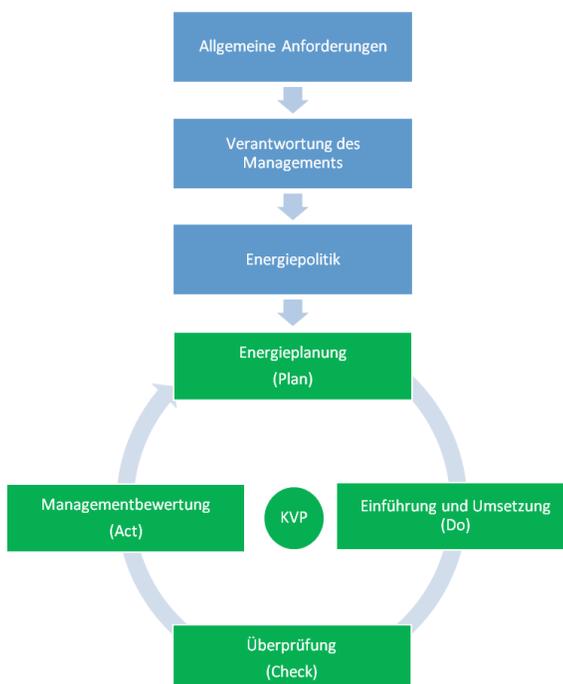
Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Bauunternehmung August Mainka GmbH & Co, Lingen



Die Bauunternehmung Mainka ist aufgrund einer Mitarbeiterzahl von ca. 575 und einem Umsatz von ca. 101 Mio. Euro im Jahr 2015 als Nicht-KMU (klein und mittlere Unternehmen) einzustufen. Es ist somit nach dem Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) zur Durchführung eines Energieaudits verpflichtet. Als Alternative zum Energieaudit kann ein Nicht-KMU auch ein Energiemanagementsystem nach der DIN EN ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates (EMAS) einrichten.

Das Unternehmen Mainka entschied sich im Jahr 2016 aufgrund der hohen Ansprüche seiner Kunden, zur Einführung des Energiemanagementsystems und des Umweltmanagementsystems.

Das Energiemanagementsystem ist nach dem PDCA – Regelkreis (Plan-Do-Check-Act) aufgebaut.



Im Rahmen der Arbeit sollte daher das bestehende Energiemanagementsystem überprüft und weiterentwickelt werden.

Bei der Überprüfung des bestehenden Energiemanagementsystems wurden Fehler in der Energiepolitik, Energieplanung und bei der Durchführung von Aktionen festgestellt und behoben. Des Weiteren wurden im Unternehmen die Witterungsbereinigung des Gasverbrauches sowie eine Lastganganalyse für den Stromverbrauch durchgeführt.

Als nächstes wurden folgende Energieeinsparmöglichkeiten untersucht und wirtschaftlich bewertet:

- HQL – Beleuchtung
- Server
- Leistungsaufnahme (Standby) der PC – Bildschirme
- Niedertemperaturkessel
- BHKW
- ECO – Industrial Park
- Neubau einer Werkstatt und Lagerhalle
- Druckluftsystem

Dabei hat sich der Austausch der HQL – Beleuchtung gegen LED – Leuchten als wirtschaftlich herausgestellt. Die Server wurden durch Messungen als einer der Hauptverbraucher lokalisiert und sollten weiter betrachtet werden. Die Abschaltung der PC Bildschirme im Standby hat sich als nicht wirtschaftlich dargestellt. Bei der Betrachtung der Niedertemperaturkessel wurde untersucht, ob der Austausch durch Brennwertkessel oder durch eine Wärmepumpenanlage wirtschaftlicher ist.

Dabei stellte sich heraus, dass der Austausch der Niedertemperaturkessel durch Brennwertkessel unter wirtschaftlichen Aspekten sinnvoller ist. Als nächstes wurde berechnet, ab wann ein BHKW wirtschaftlich betrieben werden kann, um den Grundbedarf an Strom im Unternehmen zu decken. Des Weiteren wurde untersucht, ob in der Umgebung der Zentrale Energie als Abfall anfällt und diese gegebenenfalls genutzt werden kann. Dies war jedoch nicht der Fall. Da die meiste Wärme aufgrund des Alters des Gebäudes in der Werkstatt benötigt wird, wurde untersucht, ob sich ein Neubau amortisiert. Dies hat sich nicht bestätigt. Außerdem wurde das Druckluftsystem in den Blick genommen. Dabei stellte sich heraus, dass Leckagekosten vermieden werden können, wenn die Aufmerksamkeit der Mitarbeiter durch spezielle Schulungen gefördert wird.

Abschließend wurde im Rahmen der Arbeit ein Blick in die Zukunft geworfen, wobei der Stromverbrauch der Bauunternehmung sowie die Entwicklung der Preise für Strom und Gas analysiert wurden.

Energetische Betrachtung eines Containerbaus zur temporären Büronutzung

Karl Blaz B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums: 06. April 2017

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



Auf dem Campus Steinfurt der Fachhochschule Münster wurde im Jahr 2011 ein Containerbau für die temporäre Büronutzung angemietet. Die Containeranlage besteht aus dreißig Einzelmodulen und bietet Arbeits- und Büroflächen während der Renovierungs- und Sanierungsphase am Hochschulgebäude. Im Jahr 2016 wurde das Bürogebäude gekauft, um weiteren Platzmangel vorzubeugen. Die Container werden standardmäßig mit dezentralen Elektrokonvektoren ausgeliefert. Noch vor der Heizperiode wurden diese gegen eine Zentralheizung getauscht. Es wurde eine Gas-Brennwertheizung eingebaut. Für die Wärmeübergabe wurden Flachheizkörper installiert, welche über ein Zweirohrnetz mit dem Wärmeerzeuger verbunden sind.

Wie oft in der Praxis wurde keine detaillierte Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 durchgeführt, um die Heizungsanlage zu dimensionieren. Somit konnte keine genaue Aussage getroffen werden, ob eine ausreichende Wärmeversorgung der Containeranlage erwartet werden kann. Im Rahmen der Bachelorarbeit sollte das neuinstallierte Heizsystem überprüft werden. Dafür wurde das Gebäude mit Dendrit Studio nachgebildet und die raumweise sowie die gesamte Norm-Heizlast bestimmt.

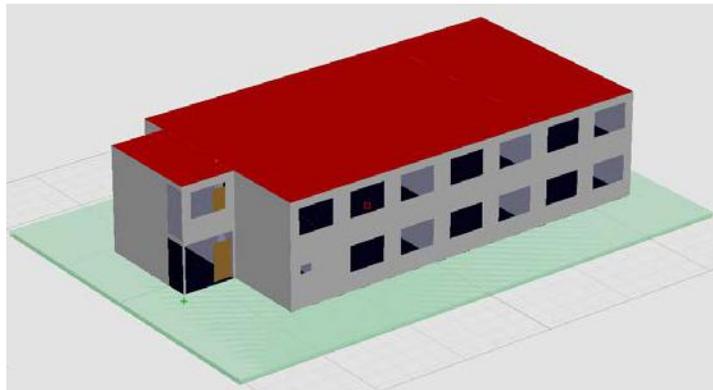


Abb. 1: Containerbau

Auf der Basis der Raumheizlast wurden die Heizflächen untersucht. Es wurden teilweise Heizflächen in Räumen verbaut, die keine Heizlast aufwiesen. Der Wärmeerzeuger war für das Gebäude um 20 kW überdimensioniert.

Trotz Modulationsfähigkeit des Kessels kann es bei steigenden Außentemperaturen zum Takten der Anlage und somit zu einem erhöhten Verschleiß kommen. Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine detaillierte Berechnung nicht nur Investitionskosten, sondern auch Betriebskosten eingespart werden können.

Entwurf einer Regelstrategie mithilfe eines Auslegungstools für Wärmerückgewinnungsanlagen im Kreislaufverbundsystem

Florian Bokern B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	06. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Für jede Anwendung in der Raumluftechnik gibt es das optimale Wärmerückgewinnungssystem. Welches System das ist, hängt davon ab, welche spezifischen Vorteile im Einzelfall von größerer Relevanz sind. Darüber hinaus schreiben Verordnungen, Normen und Regelwerke Mindestwerte der Wärmerückgewinnung vor, die ebenfalls die Auswahl des Systems beeinflussen. Geht es darum, hohe Übertragungsgrade bei vollständig getrennten Stoffströmen zu erreichen, ist das Kreislaufverbundsystem eine geeignete Wahl.

Kreislaufverbundsysteme übertragen Wärme- bzw. Kälteenergie mithilfe eines flüssigen Zwischenspeichermediums. Dieses Medium besteht in der Regel aus einem Wasser-Glykolegemisch, welches Flüssigkeitstemperaturen unter $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zulässt. Wird der Feuchtegehalt der umströmenden Luft unterschätzt, besteht die Möglichkeit der Bereifung und Frostbildung an den Registern.

Ziel meiner Bachelorarbeit ist der Entwurf einer Regelstrategie, um die Frostbildung an einer RLT-Anlage, die der Be- und Entlüftung einer Küche dient, zu vermeiden und einen sicheren Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Dazu wurde ein Excel-Berechnungstool entworfen, welches erlaubt, Austrittstemperaturen und Übertragungsleistungen von baugleichen Wärmeübertragern überschlägig zu berechnen.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass das Programm in der Lage ist, Wärmetauscherdaten nachzurechnen und auf Plausibilität zu überprüfen. Zudem kann durch gezielte Änderung von Eingabeparametern auf den Betrieb des KV-Systems Einfluss genommen werden.

Somit kann durch die Erhöhung des Sole-Volumenstroms die Eintrittstemperatur der Sole am Wärmetauschereintritt des Abluftregisters erhöht werden, um das Register vor Vereisung zu schützen. Dem sind jedoch Grenzen gesetzt, denn die Erhöhung der Umwälzmenge zieht eine Druckverlustserhöhung nach sich, die den Einsatz von leistungsstärkeren Umwälzpumpen erfordert.

Die Betriebskosten steigen und die Effizienz der Anlage wird beeinträchtigt. Besteht weiterhin die Gefahr vor Vereisung, muss auf weitere Parameter Einfluss genommen werden. Durch Beimischung der erwärmten Sole des Vorlaufs zum Rücklauf des Systems kann ebenfalls eine Erhöhung der Sole-Temperatur am Wärmetauschereintritt erreicht werden.

Mit dem Berechnungstool wurde eine Regelstrategie entworfen. Hersteller haben bereits automatisierte Hydraulikstationen entwickelt, die die Regelung von KV-Systemen nach diesem Prinzip übernehmen.

Methodenvergleich zur Ermittlung der Geruchsmissionen im Einwirkungsbereich von Flächenquellen

Nina Borgert B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	06. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor Immissionsschutz + Umwelttechnik (LIU) Uppenkamp + Partner GmbH, Ahaus



Das Bundesimmissionsschutzgesetz und die Geruchsmissionsrichtlinie schützen den Menschen und die Natur vor erheblichen Belästigungen im Bereich Geruch. Um aber beispielsweise Firmenerweiterungen nicht kategorisch auszuschließen, existieren Methoden zur Ermittlung der Immissionen, die von einer Firma ausgehen. Zu diesen Methoden gehören die Ausbreitungsrechnung und die Fahnenbegehung. Beide Methoden sind gängige Verfahren zur Ermittlung der Geruchsmission und werden regelmäßig von Sachverständigen in Gutachten verwendet.

Grundsätzlich ist das Interessante bei einem Vergleich der beiden Methoden der Vergleich von den Wahrnehmungen eines ausgewiesenen Prüfers mit einem auf mathematischen grundlagenbasierenden Rechenmodell. Die Prüfer stellen ihren subjektiven Eindruck dar, welcher mit einer mathematischen Auswertungsmethodik nach der technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft und der Richtlinie VDI 3884 Blatt 1, mit Ausführungshinweisen zur Norm DIN EN 13725, verglichen wird, sodass am Ende des Verfahrens die Geruchseindrücke, ermittelt durch die unterschiedlichen Methoden, direkt verglichen werden können. Hieraus ergibt sich die Fragestellung, ob Abweichungen zwischen den Verfahren vorhanden sind und falls Abweichungen vorhanden sind, in welcher Größenordnung sich die rechnerisch ermittelten Ergebnisse von den vor Ort gemessen unterscheiden.

Die parallel zu der Fahnenbegehung beprobten Emissionsquellen waren Altholz- und Grünschnittmieten, die auf dem Anlagengelände eines Abfallbeseitigungsunternehmens gelagert wurden. Diese Mieten wurden aufgrund ihrer eindeutigen Charakteristik ausgewählt, da diese im freien Feld ohne Zweifel von den Prüfern erkannt werden mussten.

Die folgende Abbildung stellt eine Fahnenbegehung dar. Eine Fahnenbegehung besteht aus unterschiedlichen Schnitten. Bei einem Schnitt werden die Prüfer in einer Reihe parallel zur Geruchsfahne aufgestellt. Die schwarzen Striche stellen in diesem Fall einen Schnitt dar, die drei Buchstaben an den Punkten die Prüferkürzel. Über die Farbe der Punkte wird das Geruchsstundenkriterium dargestellt, rot besagt, dass das Kriterium erfüllt ist und eine Geruchsstunde vorliegt, grün hingegen bedeutet, es liegt keine Geruchsstunde vor.



Durch den Vergleich der ermittelten Datensätze wurde deutlich, dass die Ausbreitungsrechnung mit dem Programm Austal2000 wesentlich höhere Häufigkeiten ausgibt als die Fahnenbegehung. Dies wurde vor allem an den Grünschnittquellen ersichtlich, die trotz großer anströmbarer Oberflächen selten Geruch emittierten. Dieses Ergebnis widersprach den durch Austal2000 ermittelten Werten. Bei den Altholzquellen konnten die Punkte, an denen Geruchsstunden durch die Fahnenbegehung ermittelt wurden, durch die Ausbreitungsrechnung bestätigt werden. Allerdings traten auch bei dieser Quelle Abweichungen der Häufigkeiten auf. Vor allem im Bereich der Fahnenmitte, welche in der Regel mit 100 % Geruchshäufigkeit berechnet wurde, konnten durch die Fahnenbegehungen nicht im Ansatz so viele Häufigkeiten festgestellt werden.

Grundsätzlich konnten mit Hilfe dieser Arbeit die Erfahrungen des Sachverständigenbüros aus der Praxis bestätigt werden. Durch Fahnenbegehungen können geringere Fahnenreichweiten ausgewiesen werden als durch die konservativ ausgelegte Ausbreitungsrechnung. Anhand des relativ geringen Datenpools konnte noch kein Korrekturfaktor ermittelt werden, allerdings konnte mit Hilfe dieser Arbeit ein erster Datensatz erhoben werden.

Größenspezifische Untersuchung des Partikelrückhalts von Filtersubstraten bei der Behandlung von Oberflächenabflüssen

Christian Bork B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Thorsten Schmitz M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	06. Juni 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung



Oberflächengewässer sind oftmals mit einer Vielzahl an Schadstoffen belastet. Diese Verschmutzungen stammen oftmals von versiegelten Flächen, von denen das Niederschlagswasser abfließt und im Kanalsystem gesammelt und abgeleitet wird. Mit der voranschreitenden Bebauung und der damit einhergehenden Versiegelung der Flächen nehmen das Volumen des abgeleiteten Niederschlagswassers und damit die Menge der abgetragenen Schadstoffe immer weiter zu. Kläranlagen sind nicht dafür ausgelegt, diese großen Volumina zu behandeln und von Schadstoffen zu befreien. Regenrückhaltebecken sollen daher das anfallende Wasser auffangen und es mittels Sedimentation von groben Verschmutzungen befreien. Viele Schadstoffe sind nämlich partikulär gebunden und können durch die Entfernung der Partikel von den Gewässern ferngehalten werden. Bei den Schadstoffen handelt es sich beispielsweise um Schwermetalle und PAK, die bis zu 80 % an die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) $< 200 \mu\text{m}$ gebunden sind. Allerdings sedimentiert besonders die feine Fraktion der AFS ($< 63 \mu\text{m}$) oftmals nur sehr langsam oder teilweise gar nicht und gelangen dadurch in die Gewässer. Deshalb werden künftig Filtrationsanlagen zur Reinigung des Niederschlagswassers eingesetzt, da genau an diese feine Fraktion viele Schadstoffe gebunden sind.

In dieser Bachelorarbeit wurden aus diesem Grund verschiedene Filtersubstrate getestet und auf ihren größenspezifischen Partikelrückhalt untersucht. Bei den getesteten Filtersubstraten handelte es sich um Zeolith in drei unterschiedlichen Korngrößen, gebrochenem Blähton, Feinkoks und Anthrazit-N. Außerdem wurde eine Filtermatte verwendet, welche auch auf ihren Rückhalt getestet wurde. Verwendet wurde sie, um ein Aufschwemmen der Filtersubstrate durch die von unten kommenden Strömung zu verhindern.

Abbildung 1 zeigt den kompletten Versuchsaufbau. Dieser enthält einen Vorlaufbehälter, in dem eine Suspension aus Quarzmehl (Millisil W 4) und Wasser gemischt wurde. Das Millisil sollte hierbei die Verschmutzung des Wassers durch AFS repräsentieren. Im Vorlaufbehälter ist ein Laborrührer installiert, der die Suspension konstant in Mischung gehalten hat. Mittels einer Schlauchpumpe wurde die Suspension in die Versuchsanlage geleitet. Während des Versuchs wurden am Anfang und am Ende eine Zulaufprobe und zwischen diesen drei Ablaufproben genommen und von einem Partikelzähler analysiert. Der Partikelzähler hat die Anzahl und Größe der in den Proben enthaltenen Partikel bestimmt.



Abbildung 1 Der Versuchsaufbau im Labor ohne Filtersubstrat

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Versuchsanlage durch ihre Geometrie bereits einen Großteil der größeren Partikelfraktion ($> 65 \mu\text{m}$) entfernt. Auf die feinste der gemessenen Partikelfraktionen ($1 - 3 \mu\text{m}$) haben alle getesteten Filtersubstrate kaum einen Einfluss genommen. Am aussagekräftigsten war der Bereich der Partikel zwischen $3 - 35 \mu\text{m}$. Die Versuchsanlage ohne Filtersubstrat hat in diesem Bereich nur einen geringen Einfluss gezeigt. An den Ergebnissen war zu erkennen, dass die Filtersubstrate mit geringeren Korngrößen einen höheren prozentualen Partikelrückhalt aufwiesen, als die größeren Filtersubstrate mit größeren Korngrößen. Unabhängig vom getesteten Filtersubstrat waren die Ergebnisse der Filtersubstrate mit vergleichbaren Korngrößen sehr ähnlich in Bezug auf den Rückhalt des Quarzmehls. Je größer die zurückzuhaltenden Partikel wurden, desto höher war auch der Partikelrückhalt der Filtersubstrate. Außerdem hatte die Erhöhung des Durchflusses zur Folge, dass sich der Partikelrückhalt deutlich verringert hat. Bei dem etwas größeren Partikelbereich $> 35 \mu\text{m}$ haben alle Filtersubstrate ähnliche Ergebnisse erzielt.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass besonders die Filterkorngröße und der Durchfluss Einfluss auf die Reinigungsleistung der Filtersubstrate nehmen. Deshalb könnten feinere Filtersubstrate und ein konstanter geringer Durchfluss zu einer Verbesserung des Partikelrückhalts von Filtrationsanlage beitragen.

Marc Bräuer M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 21. Februar 2018

Master-Studiengang: Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung: Gebäudetechnik

Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik
In Kooperation mit: emco Klima GmbH, Lingen (Ems)



Wenn eine Schusswaffe abgefeuert wird, entstehen Schadstoffe in Form von Gasen, Dämpfen und Stäuben, die die Gesundheit der Schützen gefährden können. Insbesondere in geschlossenen Schießständen können diese Emissionen von dem Schützen oder von dem Aufsichtspersonal eingeatmet werden und so zu einer Gefährdung der Gesundheit führen. Aber wie breiten sich emittierte Schadstoffe in einem geschlossenen Schießstand eigentlich aus und wie kann diese Ausbreitung beeinflusst werden?

In dieser Masterarbeit stand die Simulation der Schadstoffausbreitung in einem mobilen Schießstand mittels CFD (Computational Fluid Dynamics) im Mittelpunkt. Hierbei standen die Verdünnung der emittierten Schadstoffe sowie der Abtransport im Vordergrund. Um dies zu überprüfen und zu simulieren, wurde ein existierender Schießstand in „PyroSim“ (Abbildung 1) nachgebildet und mittel des Programms „Fire Dynamics Simulator“ (FDS) simuliert.

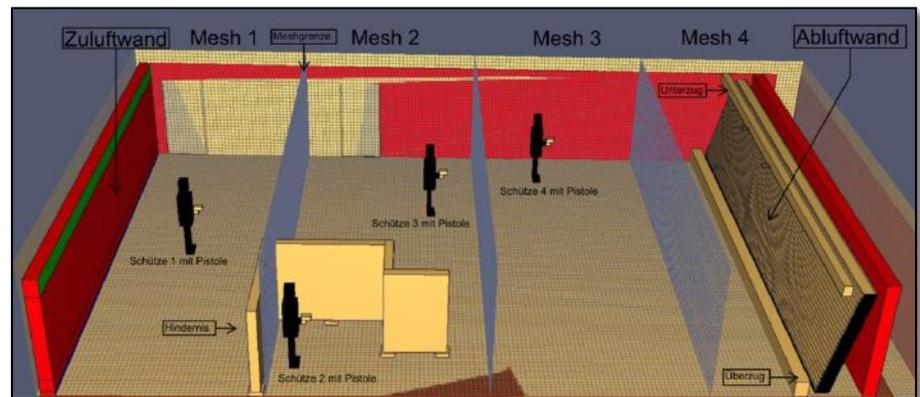


Abb. 1: Aufbau vom Schießstand in PyroSim

Bevor die eigentlichen Simulationen durchgeführt wurden, mussten Grundlagen erarbeitet werden, die zum Verständnis der Arbeit wichtig sind. Im Anschluss erfolgte eine Beschreibung des Schießstands in Joure (Niederlande), woraus sich die simulierten Ausgangsszenarien ergeben haben. Die Ausgangsszenarien berücksichtigten die Vorgaben aus der Schießstandrichtlinie. Nach dem Versuchsaufbau im CFD-Programm beschrieben wurde, wurden die simulierten Ausgangsszenarien erläutert.

Die durchgeführten CFD Simulationen zeigten zunächst, dass die hier gewählte

Strömungsform die Anforderungen, die durch die Schießstandrichtlinie gegeben werden, erfüllen (Abbildung 2, im Hintergrund). Allerdings ergaben sich im Bereich von Hindernissen Rezirkulationsgebiete mit hohen problematischen Schadstoffkonzentrationen (Abbildung 2, im Vordergrund). Die nachfolgende Abbildung zeigt die Schadstoffausbreitung im freien Feld (im Hintergrund) und hinter einem Hindernis (im Vordergrund).

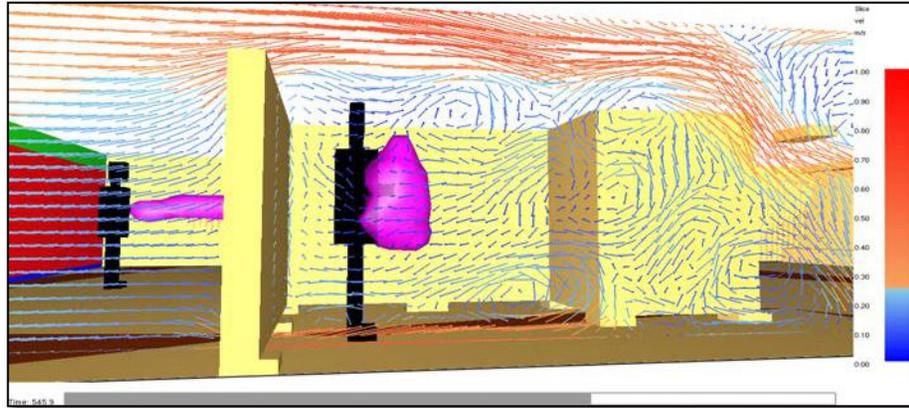


Abb. 2: Ausbreitung der Schadstoffe im freien Feld (hinten) und hinter dem Hindernis (vorne)

Aus den Ergebnissen der Ausgangsszenarien wurden Optimierungen abgeleitet und untersucht. Im Anschluss daran wurden die Ergebnisse der Ausgangsszenarien mit den Optimierungspotenzialen verglichen (Abbildung 3).

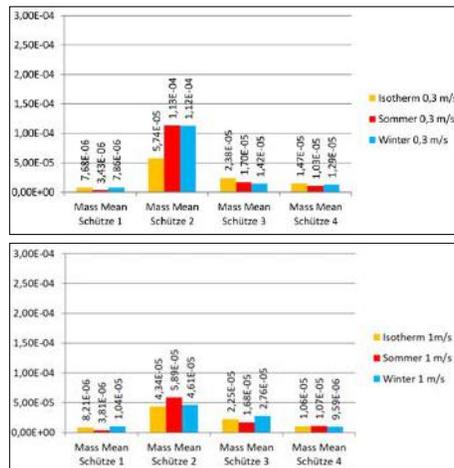


Abb. 3: Vergleich der Ausgangsszenarien links mit dem zweiten Optimierungsversuch rechts

Als Fazit lässt sich herausstellen, dass ein eingebrachter Impuls über die Zuluft bis zum Erreichen der Kulissen hilft, die durchschnittliche Atemluftqualität zu verbessern. Wenn die Luft, zusätzlich zu dem Impuls, hinter dem Hindernis umgelenkt wird, kann eine deutliche Verbesserung der Atemluftqualität hinter dem Hindernis (Schütze 2) erreicht werden. Die optimale Strahlableitung ist anhand von Rauchversuchen im Maßstab 1:1 zu ermitteln.

Optimierung einer reversiblen Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage mittels thermisch-energetischer Gebäude- und Anlagensimulation am Beispiel des Neubaus der F. J. Schütte GmbH

Christoph Brinkmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Christian Diekmann M.Eng
Datum des Kolloquiums:	09. März 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Franz Joseph Schütte GmbH, Wallenhorst



Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie gewinnt im Hinblick auf eine nachhaltige und klimaverträgliche Energieversorgung für Büro- und Verwaltungsgebäude zunehmend an Bedeutung. Bedingt durch die stark ansteigende Nachfrage an fossilen Energieträgern und die gleichzeitige Endlichkeit der Ressourcen wurden und werden die Preise in die Höhe getrieben. Insbesondere die steigenden Energiepreise untermauern die Notwendigkeit, die verschiedenen Energieeinsparpotentiale aufzudecken und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

Vor diesem Hintergrund sowie unter Berücksichtigung steigender Komfortansprüche werden neben geothermischen Heizsystemen auch solche zur Gebäudekühlung immer häufiger eingesetzt. Auf diese Weise werden konventionelle Energiekonzepte durch den Einsatz reversibler Wärmepumpenanlagen sowie der Option zur freien Kühlung erweitert oder sogar ersetzt. Infolgedessen lässt sich die dauerhafte Verfügbarkeit des Erdreichs als Wärme- bzw. Kältequelle besonders wirtschaftlich und energieeffizient nutzen.

Das Ziel der Arbeit bestand darin, die realen Verbrauchswerte der Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdsondennutzung im Kühl- und Heizbetrieb aus dem abgeschlossenen Bauprojekt der F. J. Schütte GmbH zu erheben, um darauf aufbauend die entsprechende thermisch-energetische Gebäude- und Anlagensimulation zu validieren sowie anhand dessen mögliche energetische wie auch wirtschaftliche Systemoptimierungsmaßnahmen herauszustellen.

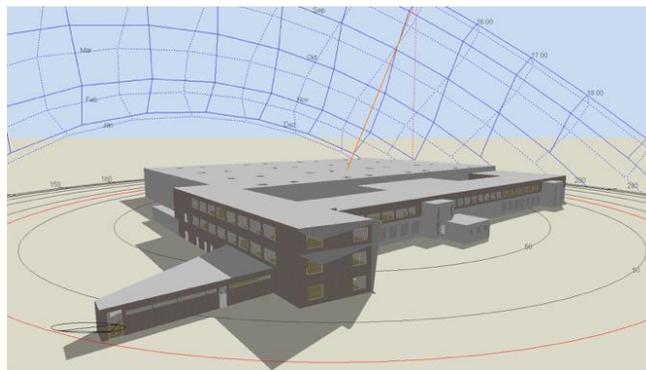


Abb. 2: Modelldarstellung der F.J. Schütte GmbH aus DesignBuilder

Mit einer solchen Gebäude- und Anlagensimulation kann die thermische und energetische Funktionalität eines Gebäudes berechenbar gemacht werden, indem neben klimatischen und nutzungsindividuellen Randbedingungen die Eigenschaften der Gebäudehülle, der Gebäudestruktur sowie die Konditionierung der Räume Berücksichtigung finden. So kann das komplexe Anlagenmodell realitätsnah abgebildet werden, um anschließend unterschiedliche Regelstrategien hinsichtlich ihrer Konsequenzen analysieren zu können.

Im Anschluss an die Erfassung und Darstellung der Ergebnisse aus dem Energie- und Betriebsmonitoring konnte die thermisch-energetische Gebäude- und Anlagensimulation durch eine Gegenüberstellung mit den Simulationsergebnissen validiert werden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Einstellungen an den Bauteilen und Nutzungsparametern gut getroffen wurden.

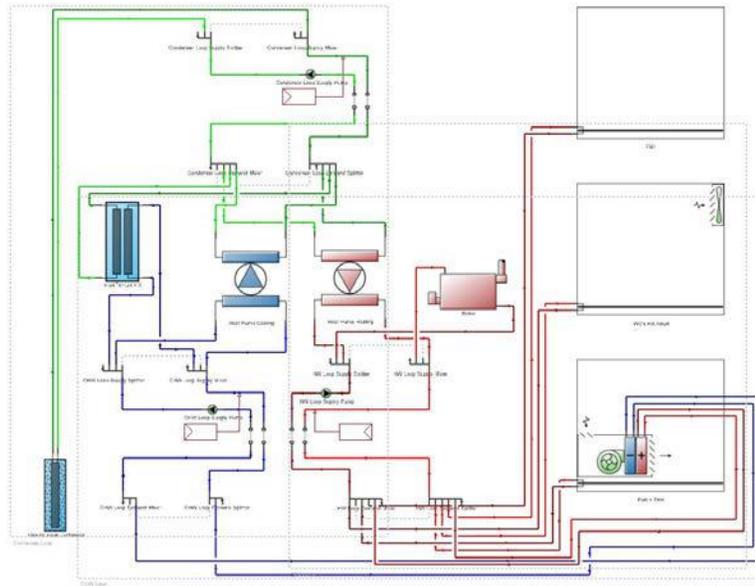


Abb. 3: Darstellung des Anlagenmodells in DesignBuilder

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse und Simulationen konnten im Nachgang an die Auswertung entsprechende Optimierungsmaßnahmen ausgesprochen werden. Insgesamt wurde anhand dieser Sole/Wasser-Wärmepumpenanlage deutlich, dass es bei derartigen Anlagen zur Nutzung geothermischer Energie zu Diskrepanzen zwischen der geplanten und realen Betriebsweise kommen kann. So werden in häufigen Fällen Fehler bzw. Probleme in den Anlagen erst spät auf Grund eines niedrigen thermischen Komforts in den Räumlichkeiten oder hoher Energieverbräuche erkannt. Eine grundlegende Voraussetzung für die frühzeitige Fehlererkennung und die Überführung der Anlage in den Sollzustand ist die Integrierung einer geeigneten Gebäudeleittechnik, um die Anlage langfristig und effizient betreiben zu können.

Insbesondere hinsichtlich vergleichbarer Projekte scheinen diese Erkenntnisse von besonderem Interesse, um bereits im Vorfeld die herausgestellten Potenziale einer geothermischen Erdsondenanlage in die Planung des Energiekonzeptes mit einfließen zu lassen und so letztlich deren Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu steigern.

Bedarfsgerechte Planung einer Trinkwasserinstallation einer Sportstätte am Beispiel der Sanierungsmaßnahmen des Tennisclubs TEC Waldau

Jan Brüggling B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M. Sc.
Datum des Kolloquiums:	29. März 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Sanitäre Haustechnik m+p consulting Stuttgart GmbH



Auch wenn Sport und insbesondere Sportvereine in Deutschland eine wichtige Rolle spielen, gibt es einen enormen Sanierungsbedarf bei kommunalen Sportstätten. Viele sind veraltet, weisen hohe Verschleißspuren auf und haben insbesondere Missstände im Bereich der Duschen und der Energieeffizienz. Unregelmäßige Nutzungsgewohnheiten sowie alte Leitungen bilden dabei eine besondere Herausforderung für die Trinkwasserinstallation. Ziel dieser Arbeit ist es daher, die hygienisch einwandfreie Sanierung der Trinkwasserinstallation einer Sportstätte am Beispiel des TEC Waldau aufzuzeigen. Aus einem Planungsgespräch ergab sich das Projektziel, die Leitungen des Clubhauses zu erneuern, Stagnation in den weniger nutzungsintensiven Monaten zu vermeiden, den bereits vorhandenen Heizungskessel in der Planung zu berücksichtigen und die Trinkwasserhygiene zu verbessern. Das vom Betreiber angedachte Budgetlimit liegt dazu bei 70.000 Euro für die gesamte Sanierungsmaßnahme.

Im ersten Schritt wurden die DIN EN 1717:2011-08, die DIN 1988-100:2011-08 sowie die DIN 1988-200 und DIN 1988-300 als wichtige Regelwerke für die Installation festgelegt. Darüber hinaus bilden das EWärmeG, die TrinkwV sowie das Trinkwasser Datenblatt der Stadt Stuttgart wichtige Rahmenbedingungen, aus denen sich keinerlei Einschränkungen bezüglich der Installationsmaterialien ableiten ließen. Dennoch sind bestimmte Temperaturen für Warm- und Kaltwasser sowie Anforderungen zur Legionellen-Prophylaxe aufgrund der Vernebelung des Wassers in den Duschen einzuhalten.

Im Anschluss wurden verschiedene Trinkwassererwärmungssysteme betrachtet. Bezüglich der Versorgungsarten zeigte sich hier, dass die Einzelversorgung für die Mietwohnung im Obergeschoss bereits verwendet wird und auch beibehalten werden soll. Somit stellte eine zentrale Versorgung des gesamten Clubhauses keine Option dar. Die aktuell verwendete Gruppenversorgung der Bäder und Umkleidebereiche funktioniert ebenfalls einwandfrei und bietet viele Vorteile, weshalb keine Veränderung an der Versorgungsart angedacht waren.

Anders sah dies bei der Trinkwassererwärmung aus. Aktuell befindet sich im Clubhaus sowohl ein Speicher-Wassererwärmer im Heizungsraum als auch zwei elektrische Durchlauf-Erhitze in der Mietwohnung. Die Sanierung sieht stattdessen nun eine heizungsunterstützte Frischwasserstation im Bereich der Herrenumkleide vor, wodurch sich der bereits existierende, sanierte Heizkessel integrieren lässt und kein erwärmtes Trinkwasser gespeichert wird, was aus hygienischer Sicht Vorteile bietet. Die Frischwasserstation verfügt dabei über einen primären sowie einen

sekundären Pufferspeicher, der für den solaren Ertrag verwendet wird, da beschlossen wurde, eine Solaranlage mit sechs Kollektoren auf dem Dach des Clubhauses zu installieren. Diese produzieren einen jährlichen solaren Wärmeertrag von ca. 15.000 kWh, decken damit ca. 30 Prozent des jährlichen Energiebedarfes des Clubhauses ab und erfüllen somit die Auflagen des EWärmeG des Landes Baden-Württemberg.

Bezüglich der Sanierung des Leitungsnetzes wurden verschiedene Rohrnetzvarianten verglichen. Letztendlich fiel die Entscheidung auf eine Kaltwasser-Ringinstallation, da diese kleinere Nennweiten und geringere Kosten bietet und sich die Ringe bei Reparaturarbeiten separat absperren lassen.

Für die Warmwasserinstallation wurde eine Reiheninstallation im Obergeschoss sowie eine dezentrale Versorgung im Erdgeschoss durch elektrische Durchfluss-Wassererwärmer gewählt. Diese Variante bietet deutlich geringere Nennweiten sowie geringere Materialkosten und Wärmeverluste als eine reine Reiheninstallation. Für das Obergeschoss wird zudem ein Zirkulationssystem installiert, um so die Zapfstellentemperatur permanent über 55°C zu halten und einen Befall mit Krankheitserregern zu vermeiden. Durch die bedarfsgerechte Wassererwärmung im Küchenbereich im Erdgeschoss lässt sich das Risiko für Krankheitserreger hier ebenfalls minimieren. Die zusätzlichen Stromkosten für die elektrischen Durchfluss-Trinkwassererwärmer fallen aufgrund der unregelmäßigen Nutzung moderat aus, sodass die Vorteile dieser Variante überwiegen.

Da das Clubhaus in den Wintermonaten weniger genutzt wird und Stagnationen vermieden werden sollen, sieht die Planung ebenso die Integration einer Hygienespüleinrichtung vor. Dabei ist ein KHS VAV-Plus Vollstromabsperrentil mit Federrückzug angedacht, das über ein programmierbares automatisches Spülintervall verfügt und mit ca. 50 € für den jährlichen Spülbetrieb hinnehmbare Kosten verursacht. Außerdem wurden an verschiedenen Stellen, wie zum Beispiel dem Trinkwassererwärmer, Probenahmementile angebracht, um eine Überprüfung des Trinkwassers in regelmäßigen Abständen zu ermöglichen.

Insgesamt bietet diese Ausarbeitung also eine Möglichkeit der bedarfsgerechten Sanierungsplanung des Clubhauses des TEC Waldau, da alle vom Betreiber angebrachten Wünsche sowie relevante Regelwerke und Gesetze berücksichtigt wurden. Darüber hinaus zeigte eine Gesamtkostenauflistung, die ebenfalls Überschlagswerte für Handwerkerkosten enthält, dass das Budget von maximal 70.000€ eingehalten und mit Gesamtinstallationskosten von ca. 61.000€ voraussichtlich sogar deutlich unterschritten wird.

Jan Brömmelhaus B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 21. März 2018

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
 Studienrichtung: Umwelttechnik

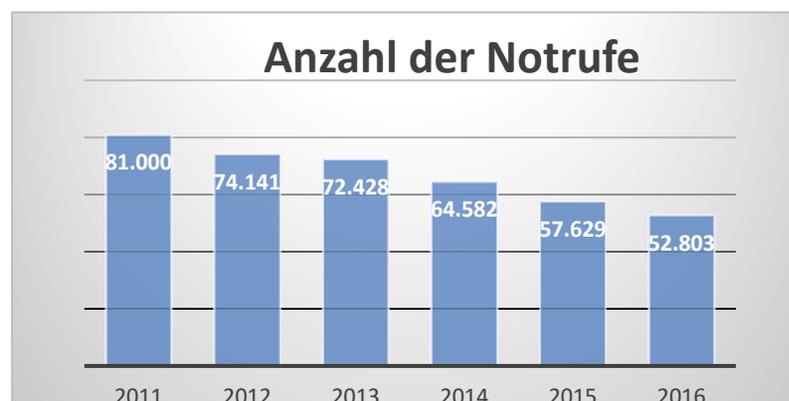
Laborbereich: Labor für Umwelttechnik



Im Zeitalter der Digitalisierung und des technischen Fortschritts stellt sich die Frage, wie notwendig der Einsatz und die Instandhaltung von Notrufsäulen ist. Andere Länder, wie die Niederlande, Dänemark oder auch die USA, haben ihr Netz an Notrufsäulen bereits ganz oder zum Teil abgebaut. In allen Fällen war der Grund die sinkenden Nutzerzahlen. Diese sind vor allem auf alternative Möglichkeiten einen Notruf abzusetzen, wie das Nutzen eines Mobiltelefons, zurückzuführen.

Auch die Notrufsäulen an deutschen Autobahnen werden immer weniger genutzt. Diese Tatsache sowie ein vergleichbares Projekt aus den Niederlanden, wo die Notrufsäulen im Jahr 2017 abgebaut wurden und ein Teil der Notrufsäulen daraufhin zu Elektro-Ladesäulen umgebaut wurden, haben zu der Überlegung geführt, ob ein ähnliches Projekt auch in Deutschland realisierbar wäre.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Situation entlang der deutschen Autobahn zu analysieren und zu prüfen, wie sinnvoll eine Umnutzung von Notrufsäulen zu Elektro Ladesäulen wäre. Um dieses Ziel erreichen zu können wurden Statistiken zu den abgegebenen Notrufen ausgewertet (s. Abbildung). Außerdem wurden entsprechende Rahmenbedingungen, wie z. B. die Mobilfunk-Netzabdeckung geprüft. Im Anschluss wurde die Wirtschaftlichkeit eines möglichen Umbaus anhand von Expertenmeinungen abgeschätzt und mit den Kosten konventioneller Ladesäulen verglichen.



Die Analyse ergab, dass die Rahmenbedingungen, wie bspw. die Mobilfunk-Netzabdeckung, einen Umnutzung grundsätzlich ermöglichen würden. Angesichts der vergleichbar hohen Nutzerzahlen von Notrufsäulen erscheint ein Umbau zum jetzigen Zeitpunkt, aus Gründen der Sicherheit, jedoch nicht als

sinnvoll. Auch die Tatsache, dass der Umbau einer Notrufsäule aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten keinen Vorteil gegenüber konventionellen Ladesäulen bietet, spricht gegen eine Umnutzung von Notrufsäulen.

Im Rahmen der Rechercharbeiten wurde außerdem deutlich, dass es bereits weitere Projekte gibt, die sich mit der Zukunft von Notrufsäulen beschäftigen. So wurden Notrufsäulen der Björn-Steiger-Stiftung, die an Bundes- und Landstraßen standen, zum Teil zu automatisierten externen Defibrillatoren umgebaut. Ein weiteres Projekt befasst sich damit Notrufsäulen so aufzurüsten, dass sie mit den vorbeifahrenden Fahrzeugen kommunizieren können um so Verkehrsdaten zu erfassen um die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Die alternativen Verwendungsmöglichkeiten wurden anhand einer Stärken-Schwächen-Analyse verglichen.

Alles in allem lässt sich festhalten, dass Notrufsäulen trotz Alternativen, wie dem Mobiltelefon, weiter als fester Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur gesehen werden können. In Zukunft könnten Notrufsäulen mit Funkmodulen aufgerüstet werden und so neben ihrer eigentlichen Funktion, im Schadensfall für schnelle Hilfe zu sorgen, auch die Verkehrssicherheit erhöhen.

Fabian Büning M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Bauch
Datum des Kolloquiums:	25. September 2017
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, 48155 Münster



Ziel der Masterarbeit war es, zu ermitteln, welche Reserveleistung (negative/ positive Primär-/ Sekundär-/ Minutenreserve) eine Windenergieanlage zur Verfügung stellen kann. Die technischen und regulatorischen Voraussetzungen (Präqualifikationsbedingungen) aufzuzeigen, die es ermöglichen, am Regelenergiemarkt teilzunehmen.

Weiterhin sollte gezeigt werden, wie hoch das tatsächliche Einspeisepotenzial einer Windenergieanlage ist. Durch Prognoseungenauigkeiten der Windgeschwindigkeiten kann für eine Windenergieanlage nicht exakt im Voraus bestimmt werden, wann und wie hoch die in der Zukunft eingespeiste Energiemenge der Windenergieanlage sein wird. Da die Ausschreibung für die Minutenreserveleistung am Vortag erfolgt und zu 100 Prozent garantiert werden muss, müssen bei der durch die Prognose ermittelte voraussichtliche eingespeiste Energiemenge einer Windenergieanlage Risikoabschläge berücksichtigt werden.

Es hat sich gezeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, Regelenergie durch Windenergieanlagen bereitzustellen. Aufgrund der Restriktionen bei den Ausschreibungen und der Tatsache, dass bisher die Bereitstellung der Regelenergie nur in einer Pilotphase möglich ist, eignet sich aktuell nur der Minutenreservemarkt. Zum Zeitpunkt der Arbeit konnten nicht alle Kosten endgültig geklärt werden, da einige erforderliche Umbaumaßnahmen für einen Windpark noch nicht erhältlich waren und einige Verträge separat ausgehandelt werden müssen.

Mit einem einzigen Windpark am Minutenreservemarkt teilzunehmen, ergibt bei ökonomischer Betrachtung keinen Sinn. Ein einzelner Windpark könnte aufgrund der Restriktionen bei der Ausschreibung nur sehr selten im Jahr Regelleistung anbieten. Einige Marktteilnehmer werden aber in Zukunft mehrere Windparks miteinander poolen und die Leistung der Windparks geschlossen anbieten. Es steht dann mehr Leistung zur Verfügung und die Windparks im Pool gleichen lokal auftretende Windveränderungen aus.

Zusätzlich müssen weniger Sicherheitsabschläge in Kauf genommen werden, um die 100 % Verfügbarkeit zu garantieren. Da sich auch die Ausschreibebedingungen für den Sekundärreservemarkt ändern, wird nach Beendigung der Pilotphase für die Windenergieanlagen die Möglichkeit bestehen, an diesem teilzunehmen. Der Markt für Regelleistung könnte dann für Windenergieanlagen Nebenerlöse bieten. Hauptsächlich werden Windparks ihre Erlöse auf dem Day-Ahead und Intraday-Markt erzielen.

Jakob Bürger B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

01. August 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

In Kooperation mit:

Stadtmuseum Münster



Das Stadtmuseum Münster bietet in seiner Schausammlung einen Einblick in die Geschichte Münsters von der Gründung bis in die Gegenwart. Die Ausstellung beinhaltet unter anderem viele historische Möbel und Gemälde und andere Exponate aus organischen Materialien wie Holz und Textilien. Zudem werden in den Magazinen des Museums eine Vielzahl von Exponaten zum Erhalt des Kulturgutes gelagert.

Exponate aus organischen Materialien können sehr anspruchsvoll in Bezug auf ihr Umgebungsklima sein. So können Textilien erschlaffen und Hölzer Risse bekommen und sich verformen, wenn die relative Feuchte in den Ausstellungsräumen zu hoch oder zu niedrig ist oder auch sich zu schnell ändert. Im Stadtmuseum Münster kam es zu solchen Beschädigungen von Exponaten durch schlechte klimatische Zustände.

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, wie die klimatische Situation im Museum ist. Wo ist es zu trocken? Wo ist es zu feucht? Und wie stark schwanken die Werte über den Tagesverlauf? Dafür wurden von Seiten des Museums ca. 60 Sensoren, die Temperatur und rel. Feuchte messen, gekauft und im Besucherbereich des Museums platziert. Die Daten dieser Sensoren wurden in dieser Arbeit ausgewertet, um diese Fragen zu beantworten.

Im Anschluss wurde analysiert, was die Ursachen für die klimatischen Auffälligkeiten in den Räumen des Stadtmuseum Münsters sein können und mit welchen Maßnahmen ein stabiles und für die Exponate ungefährliches Klima bereitgestellt werden kann.

Zur Analyse der Messdaten wurden Klimakarten des Museums erstellt, s. Abbildung 4.

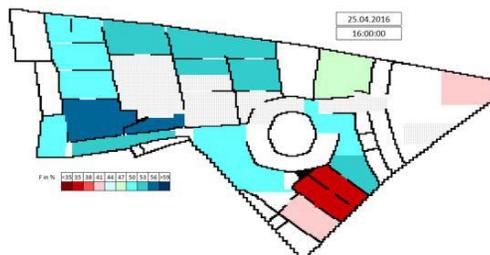
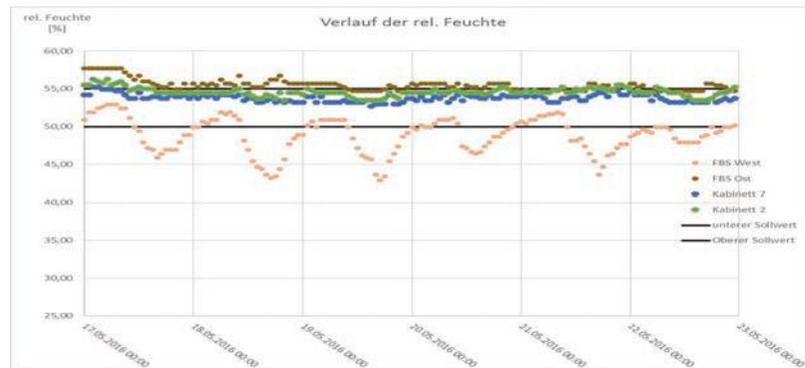


Abbildung 4 : Klimakarte des ersten Obergeschosses für rel. Feuchte

Es wurde festgestellt, dass die rel. Feuchte in einigen Räumen, die Fenster zur Südwestseite besitzen, am Nachmittag zu niedrig ist. Die Temperatur ist in diesen Räumen zu hoch. Außerdem schwankt die rel. Feuchte über den Tag zu stark.

Räume, die sich im Inneren des Museums befinden und keine Fenster aufweisen, sind kälter und zu feucht. Abbildung 5 zeigt diesen

Verlauf. Rosa ist ein Raum an der Südwestseite, die anderen Räume liegen im Inneren des Museums.



Abbildu

ng 5: Verlauf der Temperatur, rel. Feuchte und vom 17.05.2016 bis zum 23.05.2016 in den Kabinetten 2 und 7 und im Fürstenbergsaal.

Ursache für diesen Zustand ist die Temperaturerhöhung der Raumluft durch Sonneneinstrahlung. Durch die Fenster in der Südwestfassade strahlt am Nachmittag die Sonne und erwärmt die Luft. Da die Zuluft für alle Räume zentral konditioniert wird, wird in jeden Raum die gleiche Menge Wasser befördert. Das führt dazu, dass warme Räume zu trocken und kalte Räume zu feucht werden.

Um die vom Museum vorgegebenen Sollwerte einhalten zu können, muss man verhindern, dass sich die außenliegenden Räume aufheizen. Es wurden zwei Maßnahmen vorgeschlagen, die für ein einheitlicheres Klima im Museum sorgen können.

Erstens ist es möglich, die Fenster an der Südwestfassade durch Fenster auszutauschen, die einen niedrigeren Gesamtenergiedurchlassgrad besitzen. Dies reduziert die Energie, die durch Sonneneinstrahlung in die Räume eingetragen wird und verhindert so das Aufheizen dieser Räume. Die Anbringung einer Verschattung der Fenster von außen, die einen ähnlichen Effekt erzielen würde, ist aufgrund des Denkmalschutzes der Fassade nicht möglich.

Zweitens wurde die Nachkonditionierung der Zuluft über vorhandene Heizregister vorgestellt. Damit könnte man die Zuluft für die außenliegenden Kabinette individuell kühlen, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Gebäude zu erreichen. Eine Variante dieser Lösung, bei der der Zuluftvolumenstrom in den äußeren Kabinetten erhöht wird, damit die Zulufttemperatur erhöht werden kann, ist regelungstechnisch nicht umzusetzen.

Planung eines innovativen Heiz- und Kühlsystems für den Neubau eines Bürogebäudes

Manuel Cordes B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jan Entrup
Datum des Kolloquiums:	28. Juli 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik Habitec technical building solutions, Münster



Energieeffizientes Bauen besitzt in der heutigen Gesellschaft einen immer größer werdenden Stellenwert. Neben dem Bau einer immer wärmeundurchlässigeren Gebäudehülle, spielt die zentrale Technik der Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen eine immens wichtige Rolle.

Grund für diese Entwicklung in der Baubranche können zum einen der ökologische Gedanke, aber natürlich auch wirtschaftliche und politische Motivationen sein. So wird dieses energieeffiziente Bauen und Sanieren von Gebäuden unter anderem durch politische Subventionen und diverse Förderprogramme unterstützt und gelenkt.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, unterschiedliche Gesamtsysteme zum Beheizen und Kühlen anhand des Beispiels eines Bürogebäudeneubaus zu planen. Neben der innovativen Planung wurden diese auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft und miteinander verglichen. Außerdem sind auch zusätzliche technische Systemlösungen (PV-Anlage, Stromspeicher, ...) genannt und ihre Anwendbarkeit auf dieses Beispiel geprüft worden.

Die Besonderheit des Gebäudes liegt darin, dass es ohne größere Umbaumaßnahmen zu einem späteren Zeitpunkt als Wohnhaus umgenutzt werden kann. So wird beispielsweise die Planung der Verteilungssysteme (Fußbodenheizung, Lüftungssystem) an die spätere Raumaufteilung angepasst.

Unter dem Gesichtspunkt einiger Auswahlkriterien sind drei Gesamtsysteme für dieses Gebäude geplant und ausgelegt worden:

1. Gas-Brennwerttherme mit solarer Unterstützung und Lüftungsanlage mit WRG und Kühlfunktion
2. Sole/Wasser-Wärmepumpe mit passiver Kühlstation
3. Brennstoffzelle mit Gas-Brennwertspitzenlastkessel und Lüftungsanlage mit WRG und Kühlfunktion

Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht stellte sich dabei heraus, dass auch aufgrund der Nutzung des Gebäudes, sich das Gesamtsystem 2 für diesen Neubau anbieten würde.

Weitere Gründe für diese Empfehlung sind u. a.:

- geringste Gesamt-Investitionskosten aller betrachteten Systeme
- es wird nur eine Anlage und ein Verteilernetz benötigt

- die Kühlung ist von allen betrachteten Systemen am effektivsten.
- durch den zusätzlichen Einsatz einer PV-Anlage und eines Stromspeichers können die verbrauchsgebundenen Kosten weiter sinken
- da kein Gasanschluss notwendig sein wird, besteht eine Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen
- die ökologische Bilanz des Systems kann durch den Betrieb mit regenerativ erzeugtem Strom verbessert werden
- dieses System benötigt den geringsten Stellplatzbedarf aller betrachteten Systeme

Grundlegende Anforderungen an die TGA in Logistikimmobilien am Beispiel Wärmeversorgung und Raumlufttechnik

Anna-Lena Denker B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Ralf P.M. Schmitt

Datum des Kolloquiums: 15. September 2017

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

Laborbereich: Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit: Köster GmbH, Osnabrück



Der Logistiksektor hat sich im Laufe der Zeit zum drittgrößten Wirtschaftszweig in Deutschland entwickelt, sodass auch die Nachfrage nach geeigneten Logistikimmobilien steigt. Der Bau von Logistikimmobilien ist jedoch häufig von starken Wirtschaftlichkeitsaspekten geprägt, wodurch das Budget für effektive Techniken gering ist. Einen Anreiz hohe technische Standards zu verbauen bieten Zertifizierungen des Gebäudes, beispielsweise durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB), wodurch das Gebäude eine Wertsteigerung erhält und die Chance auf Vermietbarkeit und damit die Rentabilität steigt.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, die Anforderungen an die Technische Gebäudeausrüstung in Bezug auf die Gewerke Heizungs- und Raumlufttechnik in diesen Immobilien herauszuarbeiten und zu untersuchen, welche die geeignetsten Techniken sind. Als Vergleichsgrundlage wurde ein Projekt der Köster GmbH, Osnabrück herangezogen und die Techniken zum einen für den Einsatz in den Produktions- und Lagerhallen und zum anderen für den Einsatz im Sozial- und Verwaltungstrakt in der Logistikimmobilie überprüft.

Im Gewerk Heizung wurden für die Produktions- und Lagerhallen Hell- und Dunkelstrahler, sowie Deckenstrahlplatten gegenübergestellt mit dem Ergebnis, dass Hellstrahler nur für eine Arbeitsplatzbeheizung geeignet sind, während Dunkelstrahler zurzeit aufgrund von Wirtschaftlichkeit und Einfachheit die geeignetste Technik für die Beheizung der gesamten Halle sind. Da jedoch die Verwendung von regenerativen Energien weiter an Bedeutung gewinnt und auch häufiger die Möglichkeit einer Kühlfunktion gefordert wird, werden in Zukunft auch öfter Deckenstrahlplatten in Produktions- und Lagerhallen Anwendung finden.

Ob eine Produktions- und Lagerhalle maschinell zu belüften ist, muss in dem jeweiligen Einzelfall aufs Neue entschieden werden, da die Belüftung von vielen variablen Faktoren, wie der Anzahl der Mitarbeiter und der Emissionen durch die verbauten Materialien in dem Gebäude und der gelagerten Güter, abhängig ist.

Für den Sozial- und Verwaltungstrakt der Logistikimmobilie wurden für die Wärmeversorgung Sole/Wasser-Wärmepumpen, Luft/Wasser-Wärmepumpen und Gas-Brennwertkessel in Kombination mit Heizkörpern, Fußbodenheizung oder Fan Coils miteinander verglichen. Entscheidend bei der Wahl der Wärmeerzeuger waren vor allem die Kriterien Flexibilität bezüglich baulicher Veränderungen durch einen

Mieterwechsel, Behaglichkeit und Platzverbrauch, wohingegen bei den Wärmeerzeugern auf die Wirtschaftlichkeit in Bezug auf die Investitionskosten, die Möglichkeit einer Kühlfunktion und die Nachhaltigkeit geachtet wurde. Letztendlich stellte sich die Luft/Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit Fan Coils als geeignetstes System heraus.

Im Gewerk Raumlufttechnik wurden die verschiedenen Raumklimatisierungssysteme nach VDI 3804 für den Sozial- und Verwaltungstrakt anhand der Kriterien Behaglichkeit, Lärmbelastung, Platzbedarf, Einbaumöglichkeiten, bauliche Veränderbarkeit und Investitionskosten untersucht. Die zentralen raumlufttechnischen Anlagen schnitten in den meisten Kriterien schlecht ab, sodass sie für die Anwendung in Logistikimmobilien nicht zu empfehlen sind und die Wahl auf ein dezentrales System fallen sollte. Da sich auch eine Bauteilaktivierung aufgrund von abgehängten Decken nur schwer realisieren lässt, stellte sich – auch in Anbetracht der Ergebnisse für das Gewerk Heizung – eine freie Lüftung in Kombination mit Fan Coils als geeignetstes System heraus.

Erstellung eines Planungshandbuches als Grundlage für die Kooperation mit strategischen Partnern

Philip Denne M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	07. April 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Energietechnik 2G Energy AG



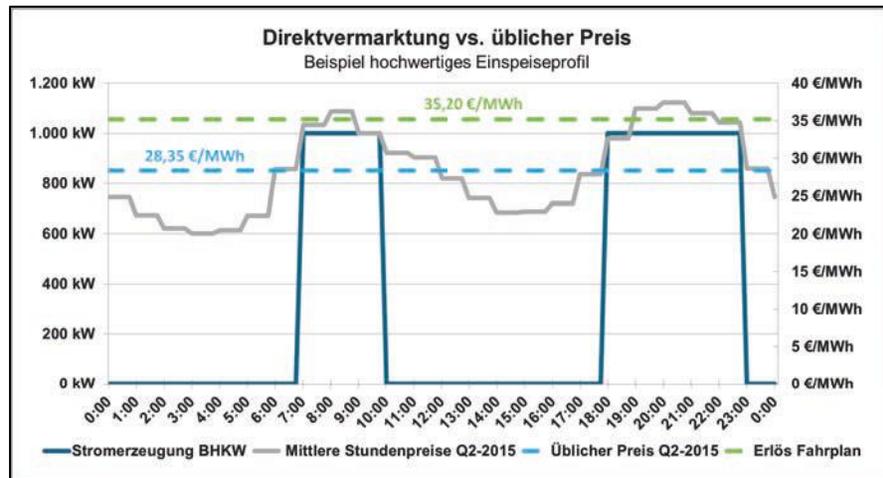
Die vorliegende Masterarbeit beinhaltet ein Planungshandbuch für zukünftige Partner der Firma 2G und gibt diesen die Möglichkeit, grundlegende technische, wirtschaftliche und gesetzliche Rahmenbedingungen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung kennenzulernen und bewerten zu können.

Das Unternehmen 2G Energietechnik GmbH wurde 1995 gegründet und ist seit 2008 börsennotiert. Mit über 600 Mitarbeitern hat 2G weltweit bereits 4.500 KWK-Anlagen in Betrieb genommen. Das Produktportfolio erstreckt sich von 20 kW elektrischer Leistung bis zu einer Leistung von circa 4.000 kW. Bis zu einer elektrischen Leistung von 550 kW steckt in den Motoren das Know-How der firmeneigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung der 2G Drives GmbH. Die darüber liegenden Motoren werden größtenteils unverändert von Lieferanten ein- und wiederverkauft. Aus diesem Grund wurde das Planungshandbuch auf die Module patruus, agenitor und avus500 plus ausgelegt.

Häufige Abnehmer von 2G Modulen sind Unternehmen und Liegenschaft mit ganzjährigem Strom- und Wärmebedarf. Dieser kann durch ein auf die Grundlast ausgelegtes 2G zu einem Großteil gedeckt werden, wodurch eine vergleichsweise schnelle Amortisation eintreten kann. Hierzu nutzt 2G eine spezielle Software, um das wirtschaftlichste Modul für die jeweiligen Rahmenbedingungen zu ermitteln und es eventuell leistungsmäßig anzupassen. Maßgebende gesetzliche Rahmenbedingungen werden durch das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) und bei Biomethan-Anlagen das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) definiert. Zudem finden die TA-Luft und die TA-Lärm im Bereich der KWK Anwendung, um die Umgebung vor übermäßigen Belastungen durch Schadstoffe in der Luft und durch zu hohe Lärmimmissionen zu schützen.

Die Auslegung eines 2G kann über zwei verschiedene Varianten stattfinden. Zum einen kann eine klassische Herangehensweise genutzt werden, um das Modul auf Grundlage einer geordneten Jahresdauerlinie an den Wärmebedarf einer Liegenschaft zu kalkulieren. Hier geht man grundsätzlich davon aus, dass ein BHKW ungefähr die 20%ige Leistung des maximalen thermischen Bedarfs an eigener Maximalleistung besitzen sollte. In dieser Grundlastauslegung werden Betriebsstunden von rund 6.000 pro Jahr erreicht. Eine zweite Auslegungsmethodik ist eine flexible Auslegung auf Grundlage des Strombedarfes und der Marktpreise an der Leipziger Strombörse. Der Strom wird gezielt in den Stunden produziert, in denen der Eigenbedarf besonders hoch ist oder in denen der Strom an der Börse zu hohen Preisen veräußert werden kann. In dieser Fahrweise werden Betriebsstunden

im Bereich von circa 4000/a erreicht. Durch die höheren Einnahmen und die Einsparungen im Stromeinkauf kann diese Betriebsweise durchaus wirtschaftlich sein.



Um ein zG in Betrieb zu nehmen, sind unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen. Zum einen müssen die technischen Anweisungen (TA) von zG für die Installation und die Inbetriebnahme eingehalten werden und zum anderen muss sichergestellt sein, dass die bereits erwähnten gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Emission von Schall und Lärm gemäß TA-Lärm und TA-Luft durch den Betrieb nicht überschritten werden. Zusätzlich müssen nach der fachgerechten Installation eines zG vorgeschriebene Regelwartungen durchgeführt werden, um einen reibungslosen und verschleißarmen Anlagenbetrieb zu garantieren. Hierzu bietet die Firma zG unterschiedliche Wartungsverträge mit anpassbaren Leistungsumfängen an.

Der Aufbau und die Funktion eines zG sowie der einzelnen Baugruppen werden umfangreich erläutert und anhand von Abbildungen dargelegt. Zudem wird auf unterschiedliche Peripherien und Anlagenoptionen eingegangen, welche zusätzlich durch zG geliefert werden können. Hierunter fallen unter anderem Kältemaschinen zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Kälte, Brennwertwärmetauscher zur Erreichung zusätzlicher thermischer Leistungen oder verschiedene regelungstechnische Schnittstellen zur Kommunikation mit dem Netzbetreiber oder Direktvermarktern.

Des Weiteren werden die unterschiedlichen Formen der Zusammenarbeit mit zG präsentiert und die Vorteile für Partner des Unternehmens beworben. Hier ist vor allem die sogenannte Toolbox „my.z-g.com“ zu nennen. Mit Hilfe dieses Instrumentes wird ein großer Schritt in Richtung Industrie 4.0 gemacht und den Partnern die Digitalisierung nähergebracht. Beispielsweise können Service Partner über einen Ersatzteilkatalog nötige Ersatzteile direkt über die Webseite bestellen oder ihre Service-Einsätze über das „Service-Planner“ Tool planen und anschließend über das „airform“ festhalten und die entsprechende Rechnung ausstellen. Sales Partner profitieren von Marketing- und Planungsunterlagen und können sich im hauseigenen Trainingscenter für Schulungen im Bereich des Vertriebs anmelden.

Elektromagnetische Auswirkung von Bahnstromanlagen DC & AC auf den Menschen in der Nähe von Bahnanlagen

L'Amie Doumtsop B.Eng.

Erstprüfer:	Dr.-Ing. Andreas Böker	Prof.
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke	
Datum des Kolloquiums:	18. Oktober 2017	
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik	
Laborbereich: In Kooperation mit:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung DB Station & Service AG	



Der Transport über Schienenverkehr hat das Leben der Menschen nachhaltig verändert und bringt viele Vorteile mit sich. Allerdings entstehen beim Betreiben von Bahnstromanlagen elektromagnetische Felder. Darüber wird seit Jahren aufgrund des Mangels an ausreichenden Informationen und Fachwissen über deren vermutete oder tatsächliche gesundheitliche Auswirkungen und Gefahren für den Menschen sehr emotional und polemisch kontrovers diskutiert, obwohl zahlreiche Studien, Publikationen und Forschungsarbeiten schon gemacht worden sind.

Ziel dieser Arbeit ist es, die elektromagnetischen Auswirkungen von Bahnstromanlagen DC & AC und deren Langzeitwirkungen auf den Menschen in Gebäuden in unmittelbarer Nähe von Bahnanlagen zu evaluieren, um frühzeitig in der Leistungsphase Null Entscheidungen hinsichtlich der immobilientechnischen Verwertung von Bahngrundstücken und Gebäuden in unmittelbarer Nähe zu Bahnhofsanlagen treffen zu können. Hierunter fallen Entscheidungen wie beispielsweise, ob ein Wohngebäude auf der Fläche eines neben einem Personenbahnhof gelegenen ehemaligen Güterbahnhofs errichtet werden kann. Welche baulichen Maßnahmen sind dort notwendig (Abschirmung) um eine Nutzung zu realisieren, wäre eine andere Nutzung (z. B. Büronutzung) weniger kritisch?

Das elektrische und das magnetische Feld können bei den Bahnanlagen getrennt betrachtet werden, weil sie nur mit $16 \frac{2}{3}$ Hz betrieben werden. In der Bundesrepublik Deutschland müssen Betreiber von Niederfrequenzanlagen die immissionsschutzrechtlichen Pflichten gemäß der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) erfüllen. Die 26. BImSchV dient primär dem Personenschutz vor Schädigungen durch elektromagnetische Felder. Darum wird bei dem Tool „Konstruktion zur Berechnung der magnetischen und elektrischen Felder“ streng auf die Grenzwerte der Bundes-Immissionsschutzverordnung geachtet. In dem Tool wird ein Raster mit einer Breite von 48 m und einer Höhe von 20 m für das Magnetfeld und 7,3 m für das elektrische Feld abgebildet, um die Größe eines realen Bahnhofes entsprechend zu berücksichtigen. In dem freigewählten Raster wird das Verhalten der magnetischen und elektrischen Felder, abhängig von der jeweiligen Stromstärke und Spannung, untersucht.

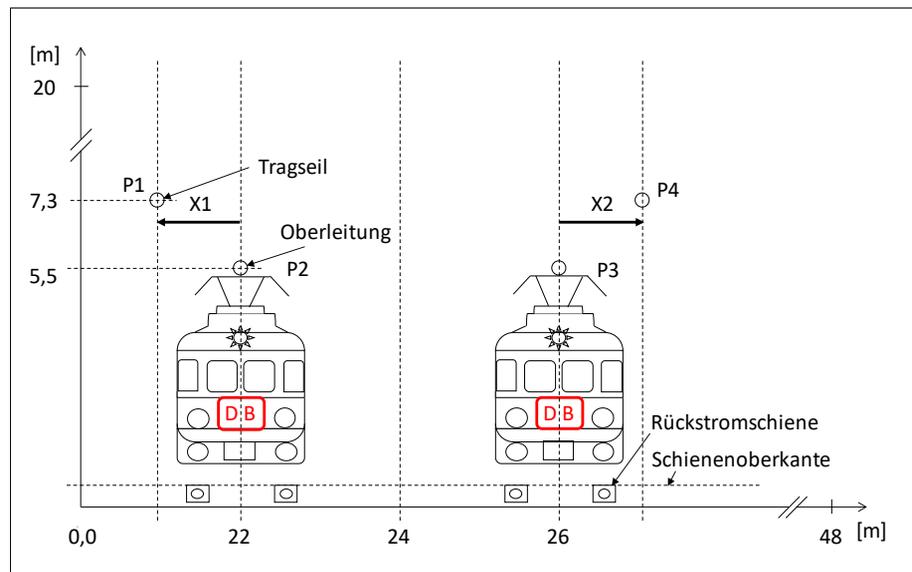


Bild 1.1 Zwei nebeneinanderstehende Lokomotiven

Die Frage nach einer möglichen Beeinflussung der menschlichen Gesundheit durch niederfrequente elektromagnetische Felder ($16 \frac{2}{3}$ Hz und 50 Hz) kann auf Grundlage der derzeitigen wissenschaftlichen Forschung nicht abschließend beantwortet werden. Noch gibt es zu wenige aussagekräftige und belastbare Studien, die eine Korrelation zwischen Krankheiten wie etwa der Leukämie im Kindesalter und niederfrequenten elektromagnetischen Feldern zulassen.

Die Experimente und Beispiele, die in dieser Arbeit angeführt wurden, haben auch gezeigt, dass elektrische und magnetische Felder, wenn überhaupt, nur mit sehr geringer oder gar keiner Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit in Zusammenhang stehen könnten. Unter den zahlreichen Studien, die durchgeführt wurden, gibt es leider falsche Berichte und Menschen fürchten oder sorgen sich ungerechtfertigt um fiktive Gesundheitsrisiken.

Es gibt allerdings Bereiche, in denen elektromagnetische Felder viel gefährlicher sind als bei den Bahnanlagen. Zum Beispiel beim Mobilfunk. Dort erfolgt die Übertragung über Frequenzen von u. a. 1,9 GHz, was ungefähr der Strahlung von Mikrowellenherden entspricht (2,45 GHz). Die Strahlungsleistung ist jedoch sehr viel geringer als beim Herd. Allerdings gibt es auch die deutlich höhere Intensität von Mobiltelefonen, Handys, Smartphones und ähnlichem. Sie können unser Körpergewebe aufwärmen und Nervenfunktionen stören. Die ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung wird vom menschlichen Organismus absorbiert und in Wärmeenergie umgewandelt. Das klingt zwar nicht unangenehm, aber ein solcher Aufheizvorgang kann massive Schäden an unseren Organen - insbesondere am Gehirn - verursachen. Jeder besitzt ein Handy, aber macht sich eher Gedanken über Bahnanlagen.

Simulation von Varianten zur Auslegung eines Trinkwasserteilnetzes der Nordhorner Versorgungsbetriebe

Helge Drosten B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 03. November 2017

Bachelor-Studiengang: Bachelor Wirtschaftsingenieur Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH, Nordhorn



Der Wassergebrauch ist in den letzten Jahrzehnten in Deutschland stetig gesunken. Prognosen aus den Jahren 1972, 1976 und 1980 sahen jedoch einen zunehmenden Wasserverbrauch von 193-219 Litern pro Einwohner und Tag im Jahre 2000 voraus. Damit die Trinkwasserversorgungsnetze auch diese steigenden Gebrauchswerte bedienen können, dimensionierte man sie sehr großzügig. Das hat zur Folge, dass die Rohrleitungen für die heutigen geringeren Gebrauchswerte überdimensioniert sind. Demographische Verschiebungen tragen in vielen Regionen verstärkend dazu bei. Weil bei einer Kombination aus geringer Wasserabnahme und großen Rohrdimensionen das Wasser in den Leitungen stagniert, drohen Qualitätsbeeinträchtigungen durch zu lange Aufenthaltszeiten des Wassers in den einzelnen Teilen des Versorgungsnetzes.

Die Bereitstellung von Trinkwasser in der erforderlichen Qualität und Menge ist Grundlage für menschliche Gesundheit, wirtschaftliche Entwicklung und Wohlstand. Eine intakte Trinkwasserversorgung ist deshalb in einer modernen Industriegesellschaft ein elementarer Faktor, für dessen Gewährleistung in Deutschland die Kommunen verantwortlich sind. In Nordhorn ist diese Aufgabe dem Kommunalbetrieb und Versorgungsunternehmen „Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH“ (nvb) übertragen worden. Es müssen vor allem gegen die Stagnation in den Rohrleitungssystemen Maßnahmen ergriffen werden. Durch regelmäßiges Spülen lassen sich kurzfristig hygienische und technische Probleme durch zu geringe Auslastung vermeiden. Es ist jedoch eine längerfristige Lösung möglich. Diese besteht darin, betroffene Anlagenteile auszutauschen. Eine solche Art der Rohrleitungssanierungen ist aber sehr kostenintensiv.

Daher nehmen die meisten Wasserversorgungsunternehmen den erhöhten Aufwand im operativen Betrieb in Kauf und spülen die Rohre regelmäßig, um dem Ablagern von Fremdstoffen in den Rohren entgegenzuwirken. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der längerfristigen kostenintensiveren Lösung, also der Rohrsanierung, speziell mit der Neuauslegung von Trinkwasserleitungen.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist das Erstellen einer Grundlage zur Planung der Neuauslegung eines Trinkwasserteilnetzes der Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH. Dabei sollten Variantensimulationen mit dem Rohrnetzrechnungsprogramm STANET vorgenommen werden. Eine Beschreibung des Gesamtnetzes und die herrschenden Netzzustände lassen Rückschlüsse auf den Gesamtzustand des Nordhorner Trinkwassernetzes zu. Mit STANET wurde ein Netzmodell des Nordhorner Trinkwassernetzes erstellt. Das

Resultat der einzelnen beschriebenen Vorgänge, wie die Implementierung, Modellierung und Kalibrierung ist ein aussagekräftiges Netzmodell des Trinkwassernetzes der nvb. Die neu erlangten Kenntnisse über die Netzzustände bei unterschiedlichen Lastfällen, ermöglichen eine Risikoanalyse des Netzes. Das Gebiet Blumensiedlung konnte so als das für eine weitere Betrachtung am besten geeignete Netzgebiet erkannt werden. Zur Bewertung des Gesamtnetzes wurde auf Ergebnisse des Assetmanagements der nvb und auf ausgewählte, in dem DVGW Arbeitsblatt W 1100-3 definierte Strukturmerkmale zurückgegriffen.

Eine gründliche Zustandsbeschreibung des Netzgebietes Blumensiedlung stellt den Ausgangspunkt für die Entwicklung der in folgenden Variantensimulationen dar. Es wurden die Druckverhältnisse, die Fließwege, die Fließgeschwindigkeiten und die verfügbaren Löschwassermengen untersucht. Bei dem Spitzendurchfluss des Durchschnittstages und einem gemittelten vom Wasserwerk ausgehenden Druck wurde dabei vor allem ein Defizit bei den Fließgeschwindigkeiten in einem Großteil der Rohrleitungen festgestellt. Um das gesetzte Ziel, der Sicherstellung einer auch zukünftig guten Wasserverteilung im Nordhorner Trinkwassernetz, zu erreichen, wurden die Netzvarianten 1 (Weiterbetrieb der Gussleitungen), 2 (Tausch von Guss zu PE Rohren gleicher Dimensionen), 3 (PE Rohre mit möglichst kleinen Dimensionen) und 4 (Kompromiss aus 2 und 3 zugunsten des Löschwasserbedarfs) erstellt und nach denselben Merkmalen wie zuvor bei der Beschreibung der Netzzustände des Netzgebietes Blumensiedlung gegenübergestellt. Dabei ist festzustellen, dass durch eine Auslegung des Netzgebietes nach Variante 4 ein angemessener Durchfluss bei minimalen Einbußen der Fließgeschwindigkeit gegenüber der erläuterten Extremvariante (Variante 3) erreicht wird.

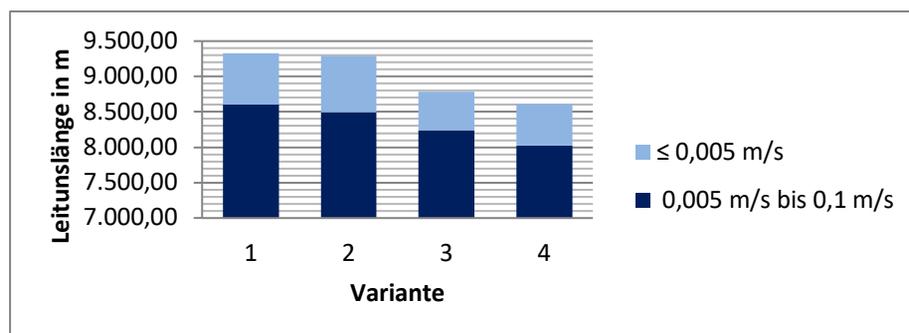


Abbildung 6: Fließgeschwindigkeiten in Blumensiedlung nach Varianten

In die Erkenntnisse, die Handlungsempfehlungen und das Fazit dieser Arbeit fließt zudem ein Investitionskostenvergleich ein. Dieser stellt die Varianten nach den Kosten einer Sanierung durch die in den verschiedenen Varianten vorgestellten Maßnahmen gegenüber. So ist Variante 4 aufgrund der höheren Fließgeschwindigkeiten, der größeren Entlastung des Restnetzes, und der Deckung des benötigten Löschwasserbedarfs den übrigen Auslegungsvarianten vorzuziehen. Auch für die Planung von Sanierungsmaßnahmen in anderen Netzbereichen wird ausdrücklich das Verfahren nach Variante 4 empfohlen. Ein langfristiger Einsatz des Netzberechnungsprogrammes STANET, im Rahmen der Planungen im Trinkwassernetz, wird der nvb ausdrücklich empfohlen.

Peter Engler B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 01. Juni 2017

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

In Kooperation mit: Gemeinde Saerbeck



Die Energiewende in Deutschland schreitet mit dem fortlaufenden Ausbau der erneuerbaren Energien zusehends voran. Im Jahr 2016 wurden bereits mehr als 30 % der Bruttostromerzeugung in Deutschland durch Wind-, Wasser-, - Sonnenkraft und Biomasse abgedeckt. Durch die selbstgesteckten Ziele des Klimaschutzabkommens soll dieser Anteil bis 2050 auf mindestens 80 % angehoben werden. Die Schattenseite dieser volatilen Energieträger stellt aktuell jedoch die Netzstabilität der Übertragungsnetze in Zeiten eines Überschussangebotes dar. Um diesem entgegen zu wirken werden neue Strategien, wie die Vernetzung der drei energetischen Hauptsektoren Strom, Wärme und Verkehr, vorangetrieben. Allgemein werden diese Prozesse unter dem Begriff der Sektorenkopplung zusammengefasst.

Die Klimakommune Saerbeck im Kreis Steinfurt ist eine verhältnismäßig kleine Gemeinde mit lediglich 7.200 Einwohnern. Allerdings werden hier bereits jetzt schon mehr als 300 % des benötigten Jahresstromverbrauches durch erneuerbare Energien abgedeckt.

In dieser Arbeit wurden grundlegende Strukturen für eine Sektorenkopplung in der Gemeinde erfasst, um eine bilanzielle CO₂ – Neutralität zu erreichen. Die Problemstellung lag dabei vorrangig bei (in) der Datenerfassung und Auswertung für den Wärme- und Verkehrssektor, da bestehende Rechengrundlagen überwiegend auf einem bundesweiten Durchschnitt bestehen und für kleine Gemeinden nicht direkt übertragbar sind. Im weiteren Verlauf wurden sowohl Szenarien für eine strombasierte Sektorenkopplung erarbeitet, als auch eine Umstrukturierung von Prozessabläufen in der Biogaserzeugung innerhalb des Bioenergieparks Saerbeck.

Abschließend zeigte sich, dass eine bilanzielle CO₂ – Neutralität basierend auf einer positiven Energiebilanz in der Klimakommune grundsätzlich möglich ist. Zur Umsetzung bedarf es jedoch noch eines weiteren Ausbaus an erneuerbaren Energien und einer energetischen Quartiersentwicklung, sowie einem gezielten Ausbau der e-Mobilität und der damit notwendigen Infrastruktur innerhalb der Gemeinde. Darüber hinaus ist eine wirtschaftliche Betrachtung der einzelnen Sektoren und den enthaltenen Umstrukturierungen für eine zielgerichtete Umsetzung notwendig.

Max Entrup B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Bernhard Viefhues
Datum des Kolloquiums:	20. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	B+V Energie Consulting



In dieser Bachelorarbeit wurde eine ökonomische, sowie ökologische Bewertung verschiedener Wärmenutzungskonzepte vorgenommen und mit dem aktuell betriebenen Palmöl-BHKW verglichen. Der Betrieb wurde im zweiten Kapitel kurz vorgestellt. In diesem Kapitel wurde die ist Daten der Bedarfsstruktur aufgezeigt.

Im 4. Kapitel wurde die Wirtschaftlichkeitsanalyse für den aktuellen Wärmeverbrauchsfall durchgeführt. Dazu wurde zuerst der Wärmebedarf von 1.336.881 kWh des Unternehmens ermittelt und auf die Verbraucher aufgeteilt. Es stellt sich heraus, dass die Trockenkammer der Hauptwärmeverbraucher ist. Des Weiteren wurde festgestellt, dass im Unternehmen fahrlässig umgegangen wird. In der folgenden Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigte sich dann, dass bei dem aktuellen Palmölbezugspreis von 599 €/t das Palmöl-BHKW die wirtschaftlichste Variante zur Wärmeversorgung darstellt.

Anschließend wurden in Kapitel 5 Reduzierungsmöglichkeiten des Wärmebedarfs aufgezeigt. Es zeigte sich, dass der Wärmeverbrauch ohne Investitionsmaßnahmen auf 869.480 kWh gesenkt werden kann. Bei erneuter Betrachtung der Wirtschaftlichkeit zeigt sich, dass aber auch bei diesem Wärmeverbrauch das Palmöl-BHKW bei einem Palmölpreis von 599 €/t die beste Varianten zur Wärmeversorgung darstellt. Zudem wurde aufgezeigt, dass der Wärmeverbrauch durch Investitionen in die Verbesserung der Dämmung der Trockenkammer der Wärmebedarf weiter auf 455.594 kWh gesenkt werden kann. Es zeigt sich jedoch auch hier, dass das Palmöl-BHKW unter ökonomischen Aspekten die beste Variante zur Wärmeversorgung darstellt.

Anschließend wurde in Kapitel 5 der Palmölpreis bei aktuellem Wärmebedarf variiert. Es zeigt sich, dass erst bei einem Palmölpreis von 750 €/t Gewinne gegenüber dem Palmöl-BHKW generieren. Die ökonomisch beste Variante zur Wärmeversorgung stellt dann das Erdgas-BHKW mit 160 kWel dar.

Zuletzt wurde in Kapitel 5 die Variation des Wärmeverbrauchs und die Variation des Palmöl-preises variiert. Es zeigt sich, dass in beiden Fällen der Wärmebedarfssenkung erst bei einem Palmölbezugspreis von 750 €/t einige Anlagen Gewinne gegenüber dem Palmöl-BHKW erzielen. In beiden Fällen stellt sich das Mikro-BHKW als ökonomisch beste Variante dar. Danach wurde in Kapitel 6 eine ökologische Bewertung der Anlagen vorgenommen. Dazu wurden CO₂-Emmisionen der einzelnen Anlagen in den jeweiligen Verbrauchsfällen gebildet. Bei den CO₂-Emmisionen wurden sowohl der Brennstoff als der fremdbezogene Strom berücksichtigt. Es zeigt sich, dass das mit bilanziell bezogenen Biogas betrieben

BHKW unter ökologischen Aspekten die beste Variante zur Wärmeversorgung darstellt. Das derzeit betriebene Palmöl-BHKW landet bei dem CO₂-Emissionen bei aktuellem Wärmeverbrauch auf Platz 3. Es ist jedoch zu beachten, dass das Palmöl-BHKW seine CO₂-Emissionen bei sinkendem Wärmeverbrauch nicht senken kann, da es stromgeführt betrieben wird. Zudem ist bei dem Palmöl-BHKW noch der „indirect land use change“ zu berücksichtigen, der in den CO₂-Emissionen nicht erfasst wird.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich ökonomisches und ökologisches Optimum zur Wärmeversorgung widersprechen. Unter ökonomischen Aspekten sollte man das Palmöl-BHKW weiterbetreiben und den Wärmeverbrauch nicht senken, während man unter ökologischen Aspekten ein mit bilanziell bezogenen Biogas betriebenes BHKW anschaffen sollte.

Tim Eshold B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Detlef Menke

Datum des Kolloquiums: 19. Oktober 2017

Master-Studiengang: Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit: GE Wind Energy (General Electric), Salzbergen



The primal selling point of a wind turbine is the economic efficiency through the years of its operation. The annual energy production (AEP) is a site and turbine specific key performance indicator for the customer and operator to estimate the value of investment and to make a purchase decision. In order to present such a forecast AEP, the manufactures need to know about the site-specific environment and its wind condition over the year, which can be measured by a wind distribution curve, also called “(site specific) Weibull distribution”.

In addition, they need to know how much power the turbine produces at defined wind speeds. This power curve can be simulated with the help of simulation models, so the manufacturer can present a reference curve to the customer. Related to this curve a contract will be signed, in which a turbine manufacturer warrants to reach this power curve (certain tolerances are permitted).

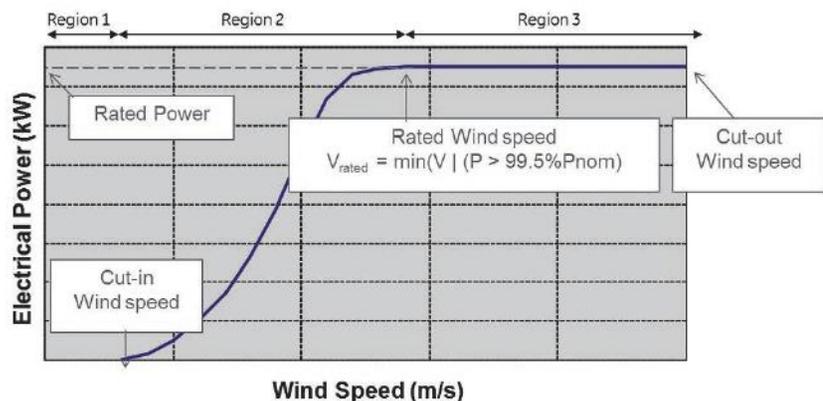


Figure 1: Structure of a power curve

Besides that, the simulation of a turbine helps General Electric to validate new control software as well as new turbine components. There exist two simulation platforms. One is used by the team to develop WTG components, simulate the loads and simulate the reference curve (loads simulation). The other one is used by the Controls team, which develops the turbine control software (SIM).

The deafferentiation between these simulation platforms is mostly the WTG Control Software, one is the original code, the other a recoded software out of the original code. To develop these products on the same simulation base both simulation models should produce the same power curves. In order to compare them, 27 power curves with different environmental conditions (like wind turbulences, shear wind, outside temperature, air density) were simulated. All together 2520 hours of turbine

simulation with 15120 data points were calculated, for the purpose of validation of the Simulation models and related Control software.

In very few instances GE witnesses AEP deviations from the promised reference curve. That is why a turbine with these problems in Offenbach as well as its reference curve were also included into the comparison to make a statement about the accuracy of simulated power curves. The main results of this comparison (among others) are:

- The controls simulation (SIM, please read chapter 6.2 for more information) includes much more sensors and actuators of the real turbine than the loads simulation and it uses the original controls software. With that both simulations could deviate in their controlling of the turbine at different environmental conditions (e. g. very low temperatures)
- The load simulation produces higher AEPs than the controls simulation. But on the same time SIM match better to the Offenbach curve, which leads to the assumption that the load simulation tends to overestimate the AEP on this special turbine and with that the reference curve, promised to the customer, could be inaccurate for this turbine.

These results need to be validated, and analyzed to identify root causes of deviations. Reason for that could be a potentially different parameter list (a. o). To eliminate the different software control code as a root cause of deviation GE has started to develop a new project, called OneControl, which control code can be used within the Loads and SIM validation.

The second part of this master thesis is the elucidation of the impact of sensor error on the wind turbine power curve. Employees report about different reasons that could cause these errors and with that possible AEP losses. 7 sensors, with possible impact on the AEP were discussed, three of them were selected as sensors of interests which are, the outside temperature sensor, the pitch angle sensor and the rotor position sensor.

The results show that an outside temperature sensor error of ± 2 °C or ± 1 °C does not have a meaningful impact, with AEP deviation less than 0.035 %, about 300 €/a (for the AEP calculation a remuneration model with 8.66 ct/kwh was assumed). A pitch angle offset sensor error of ± 2 ° or ± 1 ° does have a relevant impact, with AEP deviation up to 1 %, which is about 8400 €/a. A rotor position sensor error of 1 °, +2 ° and +5 ° has no impact at all.

Entwicklung eines Exceltools zur energetischen Betrachtung einer solarthermisch unterstützten Heizungsanlage

Christian Feldhaus B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Andreas Terwei M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 04. April 2017

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

Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik
In Kooperation mit: Ingenieurbüro Nordhorn, Münster



Die Nutzung von fossilen Brennstoffen wie Erdöl oder Erdgas zur Beheizung von Gebäuden hat einen erheblichen Teil zur Klimaerwärmung beigetragen. Daher sollten alternative Verfahren zur Energiegewinnung erörtert werden, die auf einer Verwendung der täglichen zur Verfügung gestellten Umwelt- und Sonnenenergie (erneuerbare Energien) basieren.

Jedoch stellt sich oftmals die Frage, ob im häuslichen Gebrauch eine Anlagenkombination, die sowohl die Sonnenenergie als auch die Umweltenergie nutzt, aus energetischer Sicht sinnvoll ist. Um diese Frage leichter und anschaulich zu beantworten, wurde ein Excel-Tool auf Basis von Microsoft Office entwickelt, anhand dessen man für die spezielle Kombination einer solarthermisch unterstützten Heizungsanlage schnell und effizient ermitteln kann, ob es für dieses Gebäude mit der gewünschten Nutzung zu empfehlen ist.

Das Tool verfügt über sechs Tabellenblätter in denen gebäude- und nutzerspezifische Einstellungen vorgenommen werden können.

Im Tabellenblatt Berechnung werden die erzeugten Ergebnisse in zwei Tabellen aufgeführt, wobei eine Einsicht in die gesamte Berechnung jederzeit gegeben ist, um ggf. Rückschlüsse bezüglich der aufgelisteten Werte ziehen zu können. In der ersten der beiden Tabellen sind allgemeine Angaben zum verwendeten Wetterdatensatz gegeben. Diese beinhalten die Summe der regionalen Globalstrahlung, die mittlere Lufttemperatur sowie die wärmste als auch die kälteste gemessene Temperatur aus dem betrachteten Jahr.

allgemeine Angaben zum Wetterdatensatz

Summe der Globalstrahlung:	2.059.756	W/m ²
Mittelwert der Lufttemperatur:	11	°C
wärmste Jahrestemperatur:	33,8	°C
kälteste Jahrestemperatur:	-7	°C

Tabellen: Ausschnitt aus dem Tabellenblatt Berechnung mit Angaben zum Wetterdatensatz aus dem Jahr 2015/2016 (blau) und zum Energieverlauf (grün) eines fiktiven Gebäudes.

Angaben zu erzeugten und aufzubringenden Energien

Gesamtenergiebedarf des Gebäudes in diesem Jahr	31.362.441	Wh/a
Anzahl der Heizstunden im Jahr	5.544	h/a
Erbrachte Wärmeenergie der Solarthermie-Anlage in diesem Jahr	4.409.745	Wh/a
Aufzubringende Energie über die Erdwärmesonde (abzüglich Solar) in diesem Jahr	27.987.952	Wh/a
Aufzubringende elektrische Energie zum betreiben der Wärmepumpe in diesem Jahr	9.028.339	Wh/a
Wärmeenergie die in diesem Jahr vom Speicher nicht genutzt werden konnte:	999.500	Wh/a
Heizkosten in diesem Jahr	2.076	€/a

In der zweiten (grünen) Tabelle werden nun Angaben zu erzeugten und aufzubringenden Energien aufgelistet. Diese weisen bspw. den Gesamtenergiebedarf des Gebäudes sowie die erbrachte Wärmeenergie der Solarthermie-Anlage oder die aufzubringende elektrische Energie der Wärmepumpe bei einem zuvor eingestellten COP-Wert auf. Zudem erstellt das Excel-Tool Diagramme, bei der die wichtigsten Parameter grafisch dargestellt werden, um einen visuellen Überblick der Energieverläufe oder den Verlauf der mittleren Tagestemperatur der Luft aus dem ganzen Jahr zu bekommen.

In der Bachelorarbeit wurde das Excel-Tool zur besseren Erläuterung und Anwendung anhand eines fiktiven Mustergebäudes eingesetzt und die dadurch erzielten Ergebnisse anschließend analysiert. Danach wurde eine Optimierung der Anlage und des Gebäudes vorgenommen, bei der abschließend ein Vergleich zur vorherigen Betrachtung gezogen wurde. Um hierbei auf die regionalen Unterschiede bei Verwendung einer solchen Anlage hinzuweisen, wurde dieses Mustergebäude einmal im Raum Steinfurt und einmal in der Region München betrachtet.

In der Region Steinfurt stellte sich dabei heraus, dass trotz eines überdurchschnittlichen Angebots an Globalstrahlung, der Gesamtenergieverbrauch durch die Solarthermie-Anlage lediglich um 9,3 % gemindert werden konnte. Das ist darauf zurückzuführen, dass in den Sommermonaten ein enormes Strahlungsangebot an Sonnenenergie zur Verfügung stand, diese aber trotz Verwendung eines Kombispeichers nicht genutzt werden konnte, da dieser innerhalb kürzester Zeit zu 100 % geladen war.

In der Region um München fällt der Globalstrahlungsanteil höher aus und ist zudem über das ganze Jahr gegeben, sodass in den Wintermonaten solare Energie erzeugt werden kann. Zwar ist auch hier ein Energieüberschuss in den Sommermonaten zu verbuchen, dennoch liegt die Ausnutzung der produzierten Wärmeenergie über die Solarthermie-Anlage bei 84 %.

Würde man nun die überschüssigen 16 % über die Erdwärmesonde in den Boden leiten, wäre dieses Konzept nicht nur aus energetischer Sicht eine wertvolle Anlage.

Entwicklung eines Programms mit VB.net zur automatischen Erzeugung eines FDS-Skriptes für die strömungstechnische Simulation der Schichtlüftung in Industriehallen

Daniel Franzkowiak M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	12. April 2017
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	EMCO-Klimatechnik



Die bedarfsgerechte Auslegung von raumlufttechnischen Anlagen in Fertigungsstätten ist in weiten Teilen der Industrie immer noch nicht ausreichend. Die Hauptaufgaben/-ziele einer minimalen Schadstoffkonzentration und eines akzeptablen Raumklimas können oft nicht erreicht werden. Gerade in Industriehallen, in denen mit hohen Schadstoffemissionen gerechnet werden muss, sind lufttechnische Schutzmaßnahmen unabdingbar. Gesetzliche Vorgaben, die den Gesundheitsschutz der Beschäftigten regeln, haben hier höchste Priorität. In Industriehallen ist heutzutage immer noch die Mischlüftung Stand der Technik. Jedoch ist diese Luftführungsform nicht immer sinnvoll. Eine Alternative bietet die Schichtlüftung, die die inneren Wärmelasten und auch eine Schadstoffreduktion in der Aufenthaltszone berücksichtigt. Dabei darf die Lufttechnik nicht nach Erfahrungswerten (z. B. Luftwechsel) ausgelegt werden, sondern muss nach den zu erwartenden Lasten und den einzuhaltenden Sollwerten in der Aufenthaltszone bemessen werden.

In Rahmen dieser Arbeit soll das Luftführungskonzept „Schichtlüftung“ in Fertigungsstätten näher betrachtet werden. Es werden Hinweise zur bedarfsgerechten Auslegung der Schichtströmung ausgearbeitet und vorgestellt. Unterstützend wird die Ausarbeitung mit CFD („computational fluid dynamics“)-Simulationen visualisiert und untersucht. Zusätzlich soll durch ein programmiertes Tool eine grafische Oberfläche geschaffen werden, um die Anwendung von CFD-Simulationen zu erleichtern.

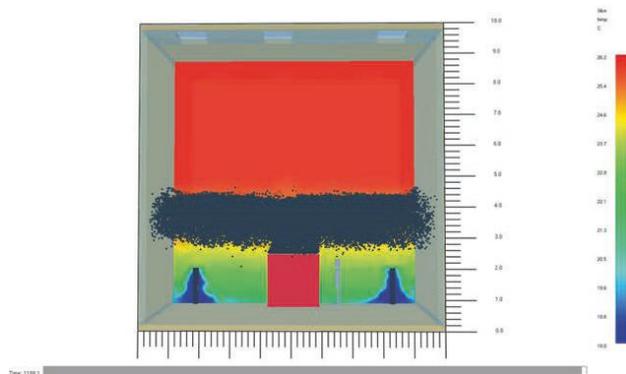


Abbildung 1: Simulationsergebnis nach 20 min – Schichtlüftung mit Luftzufuhr im Aufenthaltsbereich

Anhand der Simulationsergebnisse der FDS-Simulationen konnten die physikalischen Gegebenheiten der Schichtströmung visualisiert werden. Eine wesentliche Feststellung in dieser Arbeit ist, dass in Fertigungsstätten bevorzugt die Schichtlüftung Anwendung finden sollte. Die Mischlüftung ist zwar immer noch Stand der Technik, kann aber die Luftqualität der Schichtlüftung nicht erreichen. Gerade in Bereichen mit hohen Schadstoffemissionen ist ausschließlich der Einsatz der Schichtströmung sinnvoll.

Es konnte nachgewiesen werden, dass durch die Schichtgrenze der Aufenthaltsbereich weitgehend von Schadstoffen freigehalten wird. Zusätzlich herrschen im Arbeitsbereich niedrigere Temperaturen als bei der Mischlüftung. Das bietet die Möglichkeit, den Zuluftvolumenstrom bei der Schichtlüftung zu reduzieren oder die Zuluft mit einer höheren Temperatur einzubringen. Daraus ergeben sich geringere Investitions- und Betriebskosten. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Schichtlüftung durch die Positionierung der Luftauslässe unmittelbar am Arbeitsplatz eine höhere Akzeptanz der Mitarbeiter finden dürfte. Durch eine höhere Zulufttemperatur kann z. B. eine längere Periode durch freie Kühlung überbrückt werden.

In Zukunft ist unter den Gesichtspunkten des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten und eines energieeffizienten Betriebs mit einem vermehrten Einsatz von Schichtlüftungen in Fertigungsstätten zu rechnen. Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise bietet die Schichtlüftung eine kostengünstige Alternative zur Mischlüftung und sorgt zusätzlich noch für eine bessere Luftqualität im Aufenthaltsbereich.

Entwicklung und Aufbau eines Datenerfassungs- und Übertragungssystems an elektrischen Weichenheizanlagen (EWHA)

Jonas Freisfeld B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Christoph Einenkel B. Eng.
Datum des Kolloquiums:	07. November 2017
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	DB Netz AG, Hannover



Die Deutsche Bahn AG ist ein internationaler Mobilitätskonzern mit Hauptsitz in Berlin, der in über 130 Ländern agiert. Die Deutsche Bahn AG beschäftigt rund 300.000 Mitarbeiter, das Streckennetz umfasst ca. 34.000 Kilometer mit 5.662 Personenbahnhöfen. Der Jahresumsatz beläuft sich auf 40,58 Mrd. Euro. (Stand 2016)

Im Bahnbetrieb sind Weichenanlagen eine entscheidende Größe, um einen reibungslosen, pünktlichen und sicheren Zugverkehr zu gewährleisten und das Einhalten des Fahrplans zu ermöglichen. Auch im Winter muss das zuverlässige Schalten der Weichen sichergestellt sein. Aus diesem Grund werden die Weichen mit elektrischen Weichenheizanlagen (EWHA) vor Schwergängigkeit oder Blockieren durch Kälte, Frost, Schnee und Eis geschützt.

Die bestehenden EWHA werden mit entsprechender Herstellersoftware überwacht und fernbedient. Da es in der Vergangenheit zu Fehlern bzw. Ausfällen in der Überwachung gekommen ist, wurde ein kompaktes und eigenständiges Kontrollsystem entwickelt. Es dient der Untersuchung von Fehlerschwerpunkten und zur besseren Beurteilung einzelner EWHA.

Die entwickelte Elektronik trägt den Namen „Weichenheiz- Informationssystem“, kurz WHIS. Sie dient zur Datenerfassung und -übertragung. Sie nimmt automatisch die Spannung, den Strom und die Temperatur an einer EWHA auf, berechnet aus den Messwerten die Mittelwerte und sendet diese per GSM an ein internetbasiertes Leitsystem. Dort werden die Mittelwerte bereitgestellt und grafisch dargestellt. Neben industriellen Komponenten, wie dem Arduino Uno und dem Arduino GSM Shield wurden auch selbst entwickelte Sensoren und Bauelemente eingesetzt. Das WHIS wurde im Feldversuch positiv bestätigt. Es misst Wechselströme bis 40 A, Wechselspannungen bis 480 V und Temperaturen im Bereich von -40 °C bis +150 °C.

An dieser Stelle möchte ich mich erneut bei allen beteiligten Personen herzlich bedanken. Mir hat das Projekt großen Spaß gemacht und interessante Einblicke in die Deutsche Bahn AG gegeben.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer geothermischen Gasmotorwärmepumpe für ein Heizungs- und Kühlungskonzept

Patrik Froning B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christian Tille
Datum des Kolloquiums:	31. Mai 2017
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	KKU Concept GmbH, Marl



In Industrie- und Verwaltungsgebäuden ist die Gebäudetemperierung ein bedeutsames Thema. Nicht nur die an kalten Wintertagen genutzte Heizwärme, sondern auch die im Sommer genutzte Energie zum Kühlen stellt einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor dar. Insbesondere Zweckgebäude müssen aufgrund der erhöhten Baustoffverwendung von Glas und Metall klimatisiert und entfeuchtet werden. Darüber hinaus sind besonders in Deutschland das Umweltbewusstsein und das Voranschreiten der erneuerbaren Energien immer bedeutsamer. Die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz tragen unmittelbar dazu bei, dass Ressourcenschonung, Umweltschutz und erneuerbare Energien stetige Beachtung finden.

Das Erdreich stellt in diesem Zusammenhang einen vielschichtigen Wärmespeicher dar und verspricht ein konstantes Temperaturniveau über das gesamte Kalenderjahr. Ein weiterer Vorteil der Wärmequelle Erdreich ist die unbegrenzte und regenerative Verfügbarkeit. Diese energetischen Faktoren gilt es für den Bedarf der Menschen zu nutzen. Die geothermische Gasmotorwärmepumpe nutzt diese erneuerbare Wärmeenergiequelle des Erdreichs. Durch das dauerhaft konstante Temperaturniveau ist somit ein effizienter Wärmepumpenbetrieb realisierbar.

Das deutsche Handelsunternehmen KKU Concept GmbH ist bekannt für den Vertrieb der Luft-Luft bzw. Luft-Wasser-Gasmotorwärmepumpen des japanischen Herstellers Yanmar. In Zusammenarbeit mit Yanmar und einem weiteren Unternehmensteil aus der KKU Gruppe, die KKU Manufaktur GmbH, entwickelt man eine Gasmotorwärmepumpe auf Basis der Geothermie. Diese soll in Zukunft auf mehrere Energiequellen wie Abwärme, Eisspeicher oder Erdwärme ausgerichtet werden. Im Jahr 2016 entwarf die KKU Concept GmbH in Kooperation mit den genannten Beteiligten einen Sole-Wasser-Gasmotorwärmepumpen-Prototyp. Dieser befindet sich gegenwärtig in der Entwicklungsphase und besitzt die Ausrichtung für das Erdsondensystem.

Da es bisher nicht zu einer Realisierung eines Konzeptes kam, liegen noch keine konkreten Zahlen bezüglich der Wirtschaftlichkeit vor. Intention dieser Abschlussarbeit ist es, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des neuen Anlagenkonzeptes gegenüber einer herkömmlichen strombasierten Heizungs- und Kälteanlage durchzuführen.

Aus diesem Grund ist ein theoretisches Gebäudemodell entworfen worden, dessen Heizungs- und Kühlungsbedarf durch die Einbindung der Sole-Wasser-Gasmotorwärmepumpe gedeckt wird. Beide Anlagenvarianten werden in Anlehnung an das Gebäudemodell bemessen und kostentechnisch mit einander verglichen.

In diesem Zusammenhang ist besonders der Verbrennungsmotor der Gasmotorwärmepumpe zu erwähnen. Dieser schafft nicht nur durch seine Abwärme nutzbare Heizleistung, sondern verringert die Tiefenbohrungen für das Erdsondensystem um ca. 30 %. Des Weiteren realisiert die Sole-Wasser-Gaswärmepumpe durch die bereitgestellte und konstante Temperatur des Erdreichs ideale Leistungszahlen und ermöglicht so eine energetische und effiziente Deckung des Heiz- und Kühlbedarfs.

Der Bezug von Erdgas besitzt den Vorteil, dass die Primärenergie unmittelbar in Wärme umgewandelt wird und nicht wie bei der Verstromung, Verluste bei Erzeugung, Transport und Speicherung generiert.

Die Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und die damit verbundenen Berechnung der Amortisationszeit, konnte aufgrund von einschlägigen Erfahrungs- und Kalkulationswerten näherungsweise bestimmt werden. Die Ergebnisse der Betriebskosten sowie die Amortisationszeit zeigen, dass eine Realisierung des Konzepts eine echte Alternative darstellt. Die Kombination der Geothermie mit der gasgeführten Wärmepumpe verspricht nicht nur eine ökologische sondern auch eine ökonomische Lösung für das effiziente Heizen und Kühlen eines Gebäudes.



Abbildung 7: Sole-Wasser-Gasmotorwärmepumpe Prototyp Yanmar.

Wirtschaftlicher und hygienischer Vergleich zentraler und dezentraler Trinkwassererwärmungsanlagen am Beispiel eines Neubaus mit 16 Wohneinheiten

Sascha Frye B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	20. Dezember 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik



Bei dem Neubau eines Wohngebäudes stellt sich oft die Frage, welche Trinkwassererwärmungsanlage installiert werden soll. Besonders wird hier zwischen zentralen und dezentralen Anlagen unterschieden. Die Arbeit behandelt den Vergleich von vier Varianten hinsichtlich der Investitionskosten, Energiekosten, Wärmeverluste und der Hygiene. Als zentrale Lösungen wurde der Trinkwasserspeicher und ein zentraler Durchfluss-Trinkwassererwärmer mit zusätzlichem Heizungspufferspeicher gewählt. Für die dezentralen Varianten ist die Wahl auf Wohnungsstationen mit zusätzlichem Heizungspufferspeicher gefallen. Diese werden wiederum unterschieden in 2-Leiter- und 4-Leiter-System.

Bei dem Bauvorhaben, welches als Grundlage für den Vergleich dient, handelt es sich um zwei Mehrfamilienhäuser in Bochum, welche durch eine gemeinsame Tiefgarage verbunden sind. Um eine genaue Auflistung der Materialien erstellen zu können wurden die Gewerke Heizung und Sanitär (nur Trinkwasser) mit der Planungssoftware Dendrit Studio 2.0 gezeichnet und berechnet. Dieses geschah unter der Berücksichtigung aller notwendigen Normen und Richtlinien. Zusätzlich wurden die Größen der Trinkwassererwärmungsanlagen bestimmt und in die Planung einbezogen. Die so entstandenen Materiallisten dienten als Ausgangspunkt für den Kostenvergleich. Dieser beinhaltet sowohl die Investitions- und Energiekosten als auch die Kosten für Wärmeverluste der Leitungen und der Trinkwassererwärmer. Zuletzt wurden noch die hygienischen Aspekte der verschiedenen Varianten betrachtet und verglichen.

Das Ergebnis des Vergleichs zeigt, dass es für das 4-Leiter-Systems der Wohnungsstationen ausschließlich Mehrkosten gegenüber dem 2-Leiter-System gibt und daher nicht sinnvoll ist für den Einsatz in diesem Bauvorhaben. Werden die Investitionskosten betrachtet, so stellt sich heraus, dass die Variante mit dem Trinkwasserspeicher die günstigste ist. Die Wohnungsstationen hingegen sind am kostenintensivsten, trotz der fehlenden Zirkulations- und Warmwasserleitungen bis zu den Wohneinheiten. Grund dafür sind die enorm hohen Anschaffungskosten für die Wohnungsstationen.

Bei den Energiekosten hingegen schneidet diese Variante am besten ab. Aber auch bei den Wärmeverlusten ist der Trinkwasserspeicher am effektivsten, da die Durchfluss-Trinkwassererwärmer Wärmeverluste sowohl in den Wärmeübertragern als auch in den Pufferspeichern aufweisen. Obwohl bei der Variante der

Wohnungsstationen keine Zirkulationswärmeverluste auftreten, können diese fehlenden Verluste die der Wärmeübertrager nicht ausgleichen. Am schlechtesten schneidet hier der zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer ab. Unter Berücksichtigung der jährlichen Wartungs- und dreijährigen Trinkwasser-Beprobungskosten für die zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen, bleibt als günstigste Variante der Warmwasserbereitung der Trinkwasserspeicher. Als durchschnittliche Nutzungsdauer wurden 15 Jahre angesetzt. Danach kann mit einer Erneuerung der TWE gerechnet werden.

Bei den hygienischen Aspekten hat das dezentrale System einen Vorsprung hinsichtlich des Legionellenwachstums. Bei dieser Variante wird das Warmwasser bedarfsgerecht und unweit der Entnahmestellen erzeugt. Somit sind keine Mengen an erwärmten Trinkwasser vorrätig und die Wohnungsstationen wenig empfindlich für die Vermehrung von Legionellen. Am anfälligsten ist hier der Trinkwasserspeicher, da er eine große Menge an warmem Wasser für den Gebrauch bereitstellt. Durch den kontinuierlichen Betrieb der Zirkulation behält der Speicher allerdings eine Temperatur von min. 60°C. Eine Temperatur, bei der ein Legionellenwachstum sehr unwahrscheinlich ist. Außerdem ist bei diesem Bauvorhaben eine Umwälzung des Speichervolumens mindestens einmal am Tag gegeben.

Beim Thema Stagnation kann zwischen den einzelnen Varianten nicht unterschieden werden, da diese erst ab der Zirkulationsleitung im Warmwasser auftritt bzw. ab den Wohnungsstationen, welche direkt am Strang installiert sind. Bei fachgerechtem Betreiben der Anlagen ist jede der betrachteten Trinkwassererwärmungsanlagen unbedenklich einsetzbar und somit hygienisch einwandfrei.

Daher ist als Entschluss festzuhalten, dass in diesem Bauvorhaben der Trinkwasserspeicher aufgrund der geringsten Kosten am geeignetsten ist.

Niklas Gärtner M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Betreuerin Unternehmen:	Dipl.-Ing. Mirjam Borowietz
Datum des Kolloquiums:	20. Dezember 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik ZWP Ingenieur-AG, Köln



Das Building Information Modeling (BIM) erscheint als die aktuelle Methode in der Baubranche, um Projekte effizienter abzuwickeln, die Qualität einer Planung zu erhöhen und eine höhere Kosten- und Terminalsicherheit zu erreichen – so die Theorie. Der Markt fordert das Building Information Modeling und immer mehr Bauherren sehen die Vorteile dieser Methodik. Dazu müssen Lösungskonzepte erarbeitet werden, die ganzheitlich die Modellqualität fördern, die Anforderungen des Auftraggebers erfüllen und gleichzeitig eine wirtschaftliche Arbeitsweise mit BIM berücksichtigen.

Diese Masterarbeit hat die Projektoptimierung mit der BIM-Methodik als Zielsetzung. Es wurde ein BIM-Projekt in Köln begleitet und auf den Erfahrungen und Erkenntnissen Optimierungen für zukünftige BIM-Projekte vorgenommen.

Dabei wurde sowohl der interne Workflow betrachtet, als auch die Abstimmungen mit dem Bauherrn und der Architektur. Darauf aufbauend wurde ein Projektabwicklungsplan erstellt, der sowohl die Qualitäten, Verantwortlichkeiten und Regeln der Zusammenarbeit beinhaltet, sodass in zukünftigen Projekten ein einheitlicher Standard etabliert werden kann. Hintergrund ist ein intensiver Abstimmungsaufwand in den Leistungsphasen 1 und 2, der dadurch begründet ist, dass noch keine standardisierte Arbeitsweise in der Praxis vorliegt. Die Normenarbeit in Form der VDI 2552 und DIN ISO 19650 liefert bisher noch konsistente Grundlagen für die Durchführung von BIM-Projekten. Deswegen sind Unternehmen momentan gefordert eigene Festlegungen und Abstimmungsvorlagen zu entwickeln, die die Grundlagen für zukünftige BIM-Projekte darstellen.

In diesem komplexen Umfeld wurde der Datenaustausch mittels IFC-Datei unter den Projektbeteiligten untersucht und die Schnittstelle zu internen Berechnungs- und Konstruktionsschritten weiter verbessert. Dabei wurde beispielsweise ein Katalog entwickelt, der die Modellierungsanforderungen aus Sicht der TGA beschreibt, sodass auf Grundlage des Architektur-Modells eine konsistente Berechnung und Konstruktion fortgeführt werden kann, ohne Nacharbeiten im Modell vornehmen zu müssen.

Neben einer konsistenten Informationsgrundlage während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, bietet das Building Information Modeling

insbesondere für die technische Gebäudeausrüstung enorme Potentiale, sodass beispielsweise durch automatisierte Prüf- und Kontrollfunktionen eine Qualitätssicherung der Modelle vorgenommen werden kann. Damit der Funktionsumfang der Modelle in Form von Prüfvorgängen, Kollisionskontrollen, Kostenkontrollen und die Erstellung von Leistungsverzeichnissen weiter gesteigert werden kann, war es notwendig Abstimmungsgrundlagen zu entwickeln, die die Voraussetzung für die Weiterentwicklung der Folgeprozesse darstellen.

Ökologische und ökonomische Betrachtung zur Regenwassernutzung

Johannes Gessat B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

08. November 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik



Niederschlag ist in Deutschlands gemäßigter Klimazone ausreichend vorhanden, um über Regenwassernutzung nachzudenken. In dieser Bachelorarbeit wurde die Nutzung von Regenwasser in Deutschland nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten untersucht und bewertet. Ziel der Arbeit war darüber hinaus die Prüfung der Effektivität von Regenwassernutzungsanlagen aus wirtschaftlicher Sicht und als umweltschonende Maßnahme.

Im Mittelpunkt stand das Einsparpotential von Trinkwasser und die damit verbundene Energieeinsparung. Die Auswirkungen von Trinkwassersubstitution für das Kanalsystem und die Kläranlagen wurden darüber hinaus diskutiert und ausgewertet. Der Hauptbestandteil der ökonomischen Betrachtung war die Vergleichsrechnung für die Wasserversorgung eines exemplarischen Haushalts mit und ohne Regenwassernutzungsanlage. Das Konzept der Regenwassernutzung wurde aus finanzieller Sicht bewertet und mit anderen Investitionsmöglichkeiten verglichen.

Oberflächlich betrachtet erscheint es effizient, einen Teil des Wassers nicht erst zu fördern, in Aufbereitungsstationen zu reinigen und anschließend zu den Verbrauchsstellen zu transportieren, sondern ein direktes Auffangen zur weiteren Nutzung zu ermöglichen. Jedoch erhöhen sich die Standzeiten des Wassers und die Durchflussrate sinkt stellenweise. Beides führt zu einer erhöhten Verunreinigung des Wassers, da es vermehrt zur Bildung von Keimen kommen kann und Ablagerungen in den Leitungen nicht fortgespült werden. Der ökologische Nutzen einer solchen Anlage würde sich darüber hinaus erhöhen, wenn sie in Kombination mit alternativen ortsnahen Regenwasserbewirtschaftungssystemen geplant werden würde. Durch solche Maßnahmen würden die Oberflächenabflüsse verringert und Schäden durch Hochwasser reduziert. Die Kanalisation würde durch die Regenrückhaltung entlastet und die Gewässer dadurch.

Um die Installationskosten möglichst niedrig zu halten, kommt eine komplexe Regenwassernutzungsanlage im Haushalt nur für einen Neu- oder den ohnehin schon geplanten Umbau in Frage. Aber auch dann rentiert sich eine Anlage erst innerhalb der ersten 20 Jahre. Betrachtet man die Regenwassernutzungsanlage als finanzielle Investition und vergleicht sie mit alternativen Anlageoptionen, schneidet sie schlecht ab. Neben dem Wertverfall der Anlage sind die Einsparungen über die Jahre nicht mit exponentiellem Zinswachstum einer Kapitalanlage vergleichbar. Hinzu kommt bei Geldanlagen die Auszahlung der ursprünglich getätigten Investition.

Jonas Glaser B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Guido Terwey
Datum des Kolloquiums:	20. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	Prowind GmbH, Osnabrück



Das Ziel dieser Arbeit war, einen Leitfaden zu entwickeln, der eine mögliche Strategie für die Umsetzung von Repowering-Projekten beschreibt. Angesichts der Begrenztheit von freien Flächen zur Windenergienutzung und einem hohen Bestand an Windenergieanlagen in Deutschland stellt das Repowering eine attraktive Alternative dar. Dabei werden bestehende Windenergieanlagen, die nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, durch neue, effizientere Technologie ersetzt.

Grundlage des Leitfadens sind eigene Erfahrungen, die mit dem Planungsablauf gewöhnlicher Windenergie-Vorhaben gewonnen wurden, und ein Experteninterview für vertiefende Informationen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde der Leitfaden in einem realen Fallbeispiel angewendet, um die Realisierbarkeit zu testen.

Der Leitfaden beinhaltet die Festlegung des Untersuchungsraumes, das Erfassen der bestehenden Windenergieanlagen, die Potenzialanalyse und die Evaluierung möglicher Restriktionen, sowie die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit eines bestehenden Windparks.



Das Ergebnis dieser Bachelorarbeit ist ein für die Praxis geeigneter Leitfaden, der in Abfolge und Inhalt der einzelnen Schritte in Zusammenarbeit mit der Prowind GmbH noch optimiert werden kann. Er bietet dennoch schon jetzt eine geeignete Vorgehensweise für den Beginn eines Repowering-Vorhabens

Vergleich eines Berechnungsverfahrens (DIN 1988-300) gegenüber der chinesischen Auslegungsmethode (GB 50015) bei verschiedenen Wohngebäuden für Trinkwasserinstallationen

Chuji Guo B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl. -Ing. Frank Kasperkowiak
Datum des Kolloquiums:	21. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Viega GmbH & Co. KG, Attendorn



Einwandfreies, reines Trinkwasser ist eine Grundvoraussetzung für unsere Gesundheit. Doch Trinkwasser ist verderblich. Neben dem Einsatz hochwertiger Systemkomponenten ist jedoch auch eine auf die Hygiene abgestimmte Planung wesentliche Voraussetzung für den dauerhaften Wert einer Trinkwasser Installation.

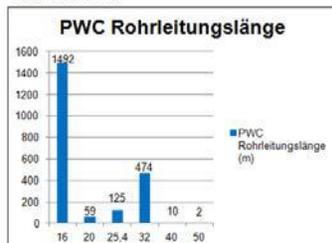
Ziel dieser Bachelorarbeit war es einen Vergleich des in Deutschland verwendeten nationalen Berechnungsverfahrens (DIN 1988-300) gegenüber der chinesischen Auslegungsmethode (GB 50015) bei verschiedenen Wohngebäuden für Trinkwasser-Installationen durchzuführen. Durch den Vergleich sollen die unterschiedlichen Parameter für die Dimensionierung des jeweiligen Berechnungsverfahrens analysiert und deutlich gemacht werden.

Durch Anwendung der verschiedenen Berechnungsmethoden bei zwei verschiedenen Gebäudetypen (Villa, Hochhaus) soll nachgewiesen werden, welche Unterschiede sich aus den zwei Verfahren bei den ermittelten Rohrdimensionen und Gesamtanlagenvolumen ergeben. Ferner soll gezeigt werden, welche der Auslegungsparameter den größten Einfluss auf das Ergebnis der Rohrdimensionen und des Gesamtanlagenvolumens hat.

Der Gesamtvergleich der unterschiedlichen Berechnungsmethoden zeigt, dass nach der GB 50015 für die Kaltwasser- und Warmwasserleitungen mehr Dimensionen erforderlich sind als nach der DIN 1988-300. Dies hat zur Folge, dass das Gesamtrohrleitungsvolumen viel größer ist als nach der Berechnung nach DIN 1988-300. Einer der Hauptgründe ist die Begrenzung der Fließgeschwindigkeit in der GB 50015. Aus wirtschaftlicher Sicht bedeutet dies, dass bei der Anwendung der Berechnungsmethode GB 50015 mehr Materialkosten entstehen.

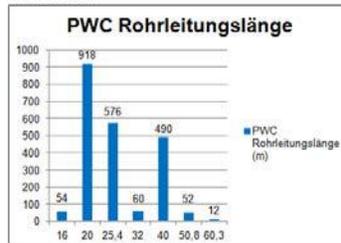
In der nachfolgenden Abbildung ist das Ergebnis der benötigten Rohrnennweite und des dazugehörigen Rohrleitungsvolumens für die Kaltwasserleitung in dem Gebäudetyp Hochhaus als Beispiel dargestellt.

DIN 1988-300



Volumen: 779,45 l

GB 50015



Volumen: 1394,18 l

Energetisch- und wasserwirtschaftliche Analyse zur Optimierung des Wassergewinnungs- und Aufbereitungssystems der Stadtwerke Greven GmbH

Marcel Hebeda M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Prof. Dr.-Ing. Prof. Dr.-Ing. Peter Senker

Datum des Kolloquiums:

27. Juni 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

In Kooperation mit:

Stadtwerke Greven GmbH



Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 40 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Zugleich verpflichtete sie sich auf das Ziel, bis 2050 die Treibhausgasemissionen – im Vergleich zu 1990 – um 80 bis 95 Prozent zu verringern. Daran zeigt sich, dass das Thema Energieeinsparung und Ressourcenschutz zurzeit nicht nur aktuell, sondern das Ansehen dieser Herausforderung von Relevanz für unsere Gesellschaft ist. Dieses Ziel kann sowohl durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien erreicht werden als auch durch die Einsparung von Energie und einer energieeffizienten Energienutzung. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz führen zu einer signifikanten Reduzierung der Treibhausgasemissionen und Energiekosten.

Die Stadtwerke Greven GmbH (SWG) strebt als Energieversorger an mit gutem Beispiel voranzugehen und Verantwortung zu übernehmen. Das im nördlichen Stadtgebiet angesiedelte Wasserwerk (WW) versorgt rund 37.000 Einwohner im Stadtgebiet Greven sowie in den Ortsteilen Reckenfeld, Gimfte, Am Voßkotten, Schmedehausen und den Bereich Flughafen Münster-Osnabrück (FMO) mit Trinkwasser. Bis heute wird das WW durch etliche Sanierungs- und Erweiterungsmaßnahmen auf dem neusten Stand der Technik gehalten. Gegenstand der Arbeit ist, das WW der SWG energetisch zu analysieren, große Energieverbraucher auffindig zu machen und mögliche Energieeinsparpotenziale hervorzubringen. Auf dieser Basis erfolgt die Entwicklung von Energieeinsparmaßnahmen bzw. Energieeffizienzmaßnahmen zur Optimierung der energetischen Gesamtsituation des Wasserwerks.

Im Wasserwerk der Stadtwerke Greven GmbH konnten in fast jedem Bereich Maßnahmen gefunden werden, welche die Energiesituation des WW verbessern. Daher zeigt die Arbeit, dass lediglich regelmäßig durchgeführte Datenauswertungen und Analysen aktueller energetischer Kreisläufe, langfristig zu einer stabilen und guten energetischen Gesamtsituation führen. Denn nur durch kritische Analyse des eigenen Unternehmens kann die optimale Nutzung der verfügbaren Energie erreicht werden. Für die Stadtwerke Greven GmbH wurde daher ein umfassender Maßnahmenkatalog erstellt, in dem alle Möglichkeiten aufgeführt wurden. Die Einsparungen belaufen sich gemessen am Gesamtverbrauch des Wasserwerks und unter Vernachlässigung von Wechselwirkungen unter den Einzelmaßnahmen auf über 15 Prozent.

Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes einer bestehenden Löschwasserversorgung in Verbindung mit der Trinkwasser-Installation

Viktor Helmelt B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Sören Möller M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	24. November 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik IBO Ingenieurgesellschaft mbH, Greven



Viele Feuerlöschanlagen, z. B. Außenhydranten- und Wandhydrantenanlagen in älteren Gebäuden sind fortlaufend mit Wasser gefüllt und unmittelbar mit der Trinkwasser-Installation verbunden. Zu der Zeit ihrer Errichtung, entsprach das zum Teil den seinerzeit gültigen Regeln der Technik. Heute ist es in den meisten Fällen als falsch anzusehen. Die Stagnation des Löschwassers kann zur Vermehrung von Mikroorganismen führen. Dieses Vorgehen führt wiederum zu einer Qualitätsbeeinträchtigung des Trinkwassers und kann für den Nutzer ein Gesundheitsrisiko darstellen.

Zudem sind die Rohrleitungen für den Löschwasserbedarf dimensioniert, das heißt dieser ist i.d.R. größer als der Trinkwasserbedarf. Da die Feuerlöschanlagen nur im Brandfall zum Einsatz kommen, sind überdimensionierte Rohrleitungen, die nicht ordnungsgemäß durchspült werden, die Folge. Um einen hygienischen und technisch optimalen Zustand zu erreichen, müssen diese Anlagen saniert werden. Dieser Status lässt sich meist erst durch eine Trennung der Löschwasserversorgung von der Trinkwasser-Installation erreichen.

In dieser Bachelorarbeit wurde die Löschwasserversorgung in Verbindung mit der Trinkwasser-Installation, in einem bestehenden Instituts- und Verwaltungsgebäude betrachtet. Es erfolgte eine Bewertung der Bestandsinstallation, in Form einer Gegenüberstellung zu den derzeit gültigen, normativen und gesetzlichen Anforderungen. Zusätzlich zu der Bewertung wurde der Fragestellung nachgegangen, inwieweit ein Bestandsschutz der Löschwasseranlage nach DIN 1988-600 vorliegt. Hierbei wurde u.a. der Wasseraustausch in den Rohrleitungen durch überschlägige Berechnungen überprüft. Diese beinhalten eine Gegenüberstellung des Löschwasser- und des Trinkwasserbedarfes.

Ziel der Bachelorarbeit war es, die brandschutztechnischen und hygienischen Mängel auf Basis der Gegenüberstellung aufzudecken, zu bewerten und ein Sanierungskonzept zu erstellen.

Das Sanierungskonzept beinhaltet die Auslegung einer Trinkwasser-Trennstation sowie die Einbindung in das vorhandene Rohrnetz. Für die Trennung, wurde eine Trinkwasser-Trennstation der Fa. WILO-GEP Industriesysteme GmbH ausgewählt (siehe Abbildung). Diese eignet sich optimal für Sanierungsfälle und speziell auch bei Abdeckung des Löschwasserbedarfs durch die öffentliche Wasserversorgung.



Abbildung: Trinkwasser-Trennstation für Wand- und Außenhydranten

Carsten Hensmanns B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.Ing. Andreas Heuer M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	28. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Das Thema dieser Bachelorarbeit befasst sich mit einem in der Ausführung befindlichen Projekt und alternativen Lösungsmöglichkeiten für das Problem der kontinuierlichen Energieversorgung.

Das Stadtarchiv in Köln wurde nach Abwägung unterschiedlicher Energiekonzepte mit einer Kombination aus elektrischer Wärmepumpe, Grundwasserbrunnenanlage, Turboverdichtern mit Rückkühlern und einem Eisspeicher geplant. Durch die unterschiedlichen Nutzungsbereiche und Anforderungen des Archivs ergeben sich höchste Ansprüche an die Technik, die wiederum eine Energie einsparende Betriebsweise erfordert.

Die in dem Konzept etablierte elektrische Kompressionswärmepumpe soll mit einer alternativen gasbetriebenen Absorptionswärmepumpe hinsichtlich der Wärmeerzeugung, Betriebsdauer und der Entlastung der Kälteerzeugung verglichen werden. Da die Wärmepumpe sowohl über eine Brunnenanlage, als auch über einen Eisspeicher betrieben wird, soll weiterhin ein sinnvolles Ladeverhalten des Eisspeichers für die Betrachtung des Gesamtsystems untersucht werden.

Die Basis für eine theoretische Betrachtung der Anlagensysteme bilden dabei eine Simulationsberechnung der Heiz- und Kühllast im Jahresverlauf, die über ein dynamisches Simulationsmodell abgebildet wird sowie die Klimaanforderungen der jeweiligen Nutzungsbereiche des Stadtarchivs. Mit der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 und der Kühllastberechnung nach VDI 2078 lassen sich zwar die Spitzenlasten zur Beheizung und Kühlung des Gebäudes bestimmen, allerdings lassen sich so kein Verbrauch über das Jahr bilanzieren und Jahresdauerlinien nicht nutzbar generieren.

Daher wurde auf das Simulationsprogramm DesignBuilder zurückgegriffen, mit dem sich selbst Verbrauchsdaten eines großen Baukomplexes wie dem Stadtarchiv Köln verarbeiten lassen.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Excel-Tool dient der Bewertung der einzelnen Anlagenkomponenten zu den Alternativen aus Eisspeicher und verschiedener Wärmepumpen. Dafür benötigt werden einerseits die relevanten Kennzahlen der Anlagen und andererseits die Jahressimulationsdaten für den Heiz- und Kühllastverlauf aus DesignBuilder.

Als Ergebnis dieser Bachelorarbeit kann festgestellt werden, dass durch den Einsatz

von innovativer Technik generell Energie eingespart werden und damit verbundene Kosten gesenkt werden können. Zwar lässt die nötige, differenzierte Abstimmung der einzelnen Erzeugerkomponenten und Speichersysteme auf den jeweiligen Anwendungsfall keine pauschale Aussage über den allgemeinen Gesamtvorteil eines Anlagensystems zu. Dafür konnte aber verdeutlicht werden, dass der Eisspeicher im Verbund mit beiden Wärmepumpen zu erheblichen Einsparungen führt.

Einführung in die wirtschaftlichen Aspekte des Produktmanagements und Implementierung einzelner Methoden in der Abteilung Produktmanagement der DEOS AG

Moritz Herms M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer: Yaohuan Zeng, M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 04. September 2017

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

Vertiefungsrichtung: Gebäudetechnik

In Kooperation mit: DEOS AG, Rheine



Die DEOS AG in Rheine war zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dabei die Abteilung Produktmanagement in das Unternehmen zu implementieren bzw. das Produktmanagement weiter zu entwickeln. Faktisch existierte diese Abteilung bereits seit ca. einem Jahr, jedoch gab es große Unterschiede zwischen den gegenwärtigen Tätigkeiten der einzelnen Produktmanager und den eigentlichen Aufgaben eines Produktmanagers im Unternehmen. Im Rahmen dieser Ausarbeitung wurden die theoretischen Grundlagen des Produktmanagements beschrieben. Des Weiteren wurden die Methoden ABC-Analyse, SWOT-Analyse und Life Cycle Management detaillierter betrachtet, in der Abteilung Produktmanagement eingeführt und beispielhaft für die Produkte bzw. das gesamte Produktportfolio der DEOS AG durchgeführt.

Anhand der ABC-Analysen war zu erkennen, dass die Hardware-Produkte den größten Anteil am Gesamtumsatz der DEOS AG im Jahr 2016 hatten und einige Software-Produkte nur einen geringen Anteil. Innerhalb des gesamten Produktportfolios der DEOS AG war eine klare Konzentrierung der Umsätze hinsichtlich der Hardware-Produkte zu erkennen. Außerdem fiel im Rahmen der ABC-Analysen auf, dass der Hauptumsatz im Jahr 2016 in bestimmten Regionen erwirtschaftet wurde.

Die SWOT-Analyse eines Produktes ergab aufgrund des steigenden Energiebewusstseins in der Bevölkerung und der Energiewende (EnEG und EnEV) viele Chancen in diesem Bereich, sofern die Funktionen erweitert werden. Die hohe Wettbewerbsintensität in dieser Branche und auch die Aspekte Datenschutz und IT-Sicherheit (VDMA 24774) stellten gewisse Risiken dar. Ebenfalls wiesen einige untersuchte Produkte Schwächen auf. Diese wurden durch ein Stärken-Schwächen-Profil identifiziert.

Die Ergebnisse des Life Cycle Managements waren aufgrund der geringen Datenbasis (fehlende Werte vor Juli 2013) zu relativieren. Generell ist die weitere Anwendung der vorgestellten Analysen und Methoden zwingend empfehlenswert, da so im Produktmanagement weitere Handlungsempfehlungen für die einzelnen Produkte der DEOS AG abgeleitet werden können. Die Produktmanager liefern dem Vorstand wertvolle Diskussionsgrundlagen und Grundlagen für dessen Entscheidungen.

Wirtschaftlichkeitsberechnung solarunterstützter Wärmeversorgungskonzepte im Mehrfamilienhaus

Alexander Herz M.Eng

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	29. September 2017
Studiengang:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Institut für Solarenergieforschung GmbH Hameln (ISFH)



Die Senkung der Treibhausgasemissionen sowie die Reduzierung des Endenergiebedarfs für Wärme sind einige der Ziele der Bundesregierung Deutschlands zur Energiewende. Mit einem Anteil von über einem Viertel sind die privaten Haushalte am Endenergieverbrauch beteiligt. Studien zum Wohnungsbestand in Deutschland belegen das Potenzial der Mehrfamilienhäuser zur thermischen Endenergieeinsparung. Der Anteil an solarthermischen Systemen ist dabei besonders im Mehrfamilienhaussektor gering.

In einem Verbundprojekt „Solar unterstützte Wärmezentralen in Mehrfamilienhäusern“ zwischen der Hochschule Düsseldorf sowie dem Institut für Solarenergieforschung Hameln, werden unterschiedliche hydraulische Konzepte für solarunterstützte Wärmezentralen in Mehrfamilienhäusern mit acht und 16 Wohneinheiten funktional, energetisch und ökonomisch untersucht. Eines der Arbeitspunkte des Projekts sowie Teil und Ziel dieser Masterarbeit, ist die Kostenanalyse der Wärmezentralen.

In Anlehnung an die Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), VDI 6025:2012 sowie VDI 2067:2012 Blatt 1, wurden ausgewählte Anlagenkonzepte in einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung untersucht. Dabei lag der Fokus der Untersuchung auf der Annuitätenmethode aus Sicht eines privaten Investors. Die Grundlage bildete eine möglichst detaillierte Kostenbeschaffung in Zusammenarbeit mit Installationsbetrieben. Mit den für die Privatperson relevanten Zinssätzen, die sich am Kapitalmarkt orientieren, wurden die Anlagenkonzepte in einer mit Excel erstellten Kalkulationsmappe hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit gegenüber einem konventionellen Referenzsystem (ohne solare Unterstützung) untersucht. Die Anlagenkonzepte wurden mit geeigneten wirtschaftlichen Kennzahlen bewertet und gegenübergestellt. Ermittelt wurden unter anderem die kapital-, bedarfs- und betriebsgebundenen Auszahlungen sowie Wärmegestehungskosten für variable Kollektorflächen und zu versorgende Wohneinheiten. Mit der zur Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellten Kalkulationsmappe lassen sich zudem zahlreiche Parameter und umfangreiche Sensitivitätsanalysen durchführen.

Eines der Ergebnisse der wirtschaftlichen Berechnung dieser Arbeit zeigt, dass keines der untersuchten Anlagenkonzepte aus ökonomischer Sicht vorteilhaft gegenüber dem Referenzsystem ist. Die Steigerung der Erdgassubstitution und die

damit verbundene finanzielle Ersparnis über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren, gehen mit unverhältnismäßigem Investitionsaufwand einher. Gleichwohl lassen sich je nach Anlagenkonzept bis zu einem Drittel des Erdgases gegenüber einem konventionellen Referenzsystem substituieren.

Auch konnte ein Konzept, das die geringste Anlagenkomplexität sowie günstige Komponentenkosten aufweist, als das effizientere identifiziert werden. Bei Versorgung von 16 Wohneinheiten mit einer Aperturfläche von 33 m² betragen die Wärmegestehungskosten des Konzepts 15,5 Cent/kWh und damit nur 0,2 Cent/kWh über den Wärmegestehungskosten des Referenzsystems.

Hier zeigte sich auch, dass konträr zu den übrigen Anlagenkonzepten, die Wärmegestehungskosten bei steigender Kollektoranzahl sinken. Im weiteren Verlauf des Projekts werden weitere Optimierungen an den Anlagenkonzepten vorgenommen sowie zusätzliche Anlagenkonzepte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit mit der erstellten Kalkulationsmappe untersucht.

Bau erdverlegter Versorgungsleitungen innerhalb urbaner Strukturen am Beispiel von Maßnahmen der wesernetz Bremen GmbH

Jens Hetzinger M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 26. Januar 2018

Masterstudiengang: Netzingenieur in der Versorgungstechnik
Berufliche Qualifikation: Gas

In Kooperation mit: wesernetz Bremen GmbH, Bremen



Eine funktionierende Infrastruktur für die Versorgung mit Energie, Trinkwasser und Daten sowie die Entsorgung von Abwässern ist die zentrale Grundlage für das moderne Leben in Städten der westlichen Welt. Die ausgedehnten Ver- und Entsorgungsnetze, die dafür betrieben werden, befinden sich überwiegend im Untergrund der Verkehrswege. Leitungsnetze durchziehen so die urbanen Lebensräume, ohne dass der knappe oberirdische Raum unmittelbar in Anspruch genommen wird. Erst wenn Tiefbauarbeiten in den Leitungszonen ausgeführt werden, zeigen sich die Ausmaße der Belegung.

Die Verfügbarkeit von Platz ist nicht nur an der Oberfläche begrenzt. Auch der unterirdisch nutzbare Raum für Ver- und Entsorgungsinfrastruktur erfährt eine zunehmende Überstrapazierung durch die Belegung mit weiteren Systemen. Neue Technologien für den Datentransfer, die Verdichtung der urbanen Lebensräume und damit steigenden Anforderungen an die Netze sowie Erneuerungsmaßnahmen für die bestehenden Leitungen sind Beispiele für diese Entwicklung. Dabei steigern nicht nur die zusätzlich betriebenen Versorgungssysteme die Platzprobleme in der Erde. Vielfach verbleiben aus bautechnischen Gründen außer Betrieb genommene Altleitungen im Erdreich und belegen die Leitungszonen.

Ein Ansatz, den Platzproblemen in urbanen Leitungszonen entgegenzuwirken sowie die Belegung der norm- und regelwerkskonformen Bereiche im Untergrund vorzunehmen, kann der Einsatz von Ersatzversorgungsleitungen während der Bauzeit von Leitungserneuerungen sein. Die Wiederverwendung einer bereits für das Gewerk genutzten Trasse kann so im eins zu eins Tausch vorgenommen werden.

Ziel der Masterarbeit war es, einen Einblick in die Herkunft der Herausforderungen von Versorgungsunternehmen, die in urbanen Strukturen erdverlegten Leitungsbau betreiben, zu liefern und für die wesernetz Bremen GmbH eine Entscheidungsgrundlage zu erarbeiten, die es ermöglicht, mit einem Überblick über alle relevanten Faktoren, den Ansatz der provisorischen Endkundenversorgung als Teilprozess in den Bauablauf für die Verlegung neuer Wasserverteilleitungen zu implementieren, zu bewerten.

Dafür wird im ersten Teil auf die grundsätzliche Herkunft des Platzproblems in den Leitungszonen von Großstädten eingegangen sowie die vorliegenden Regelwerke für die Belegung der vorhandenen Trassen für die unterschiedlichen Leitungsträger

beschrieben. Anschließend wird das übliche Verfahren im erdverlegten Bau von Versorgungsleitungen in dicht besiedelten Gebieten beschrieben, um eine Erklärung für das ansteigende Volumen an Altlasten in den Trassen zu finden. Zudem werden alternative Verlegeverfahren aufgezeigt, die es ermöglichen, Leitungen mit minimalen Tiefbaueinsatz zu sanieren oder erneuern.

Im zweiten Teil der Arbeit wird mit der provisorischen Endkundenversorgung ein Lösungsansatz für die zunehmenden Platzprobleme der Leitungsträger diskutiert. Es werden alle technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen erarbeitet, die für den Betrieb einer Ersatzversorgung zu beachten sind. Zudem wird betrachtet, in welcher Form Ersatzversorgungsleitungen bei Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland bereits eingesetzt werden.

Auf der Basis der im vorangehenden Teil erarbeiteten Rahmenbedingungen werden im dritten Teil für zwei umgesetzte Erneuerungsmaßnahmen im Trinkwassernetz der wesernetz Bremen GmbH aus dem Jahr 2017 der Einsatz von Ersatzversorgungsleitungen simuliert. Beide Baumaßnahmen zeichnen sich dadurch aus, dass aufgrund der Eigen- und Fremdbelegung der für die Wasserversorgung vorgesehenen Trasse keine Neuverlegung in der Nebenanlage der Straße möglich war. Die alternative Anwendung eines Provisoriums wird für die vorliegenden Beispielmaßnahmen unter technischen, betriebstechnischen und wirtschaftlichen Aspekten sowie der Regelwerkskonformität untersucht.

Ergebnis der Untersuchung war, dass der Einsatz provisorischer Leitungen für die Ersatzversorgung von Wasseranschlüssen für die Phase der Leitungserneuerung in technischer und regelwerkstechnischer Sicht ein Verfahren ist, das unter Beachtung diverser Rahmenbedingungen wie dem Temperatureinfluss auf die frei verlegten Leitungen, Gewährleistung der Feuerlösch Grundschutzmengen oder Einhaltung vorgegebener hydraulischer Betriebsparameter, eine gute Möglichkeit darstellt, den Herausforderungen der Leitungsverlegung in urbanen Umgebungen entgegenzuwirken.

Entwicklung einer Handlungsempfehlung für die Einführung eines Energiecontrollings in einem Krankenhausverbund

Hannes Höcker M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Andreas Grübel
Datum des Kolloquiums:	19. Juli 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Technisches Management
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation



Energiecontrolling nimmt als Teil des Energiemanagements von der Energiebeschaffung, über die verursachungsgerechte Zuordnung von Energiekosten und Leistungsdaten, bis hin zur Auswertung von Energieleistungskennzahlen, eine Schlüsselrolle ein. Es versteht sich als systematische Erfassung und Dokumentation von energierelevanten Messdaten mit dem Ziel, den Energieverbrauch und die damit einhergehenden Energiekosten zu reduzieren.

Automatisiertes Energiecontrolling umfasst eine transparente, genaue und zeitnahe Zuordnung der Energie- und Medienströme zu einzelnen Verbrauchern. Große und beeinflussbare Verbraucher werden dadurch ermittelt und Optimierungsmaßnahmen in Form von Neuinvestitionen und Instandhaltung durchgeführt. Ein Energiecontrolling beinhaltet die Funktionen eines Lastmanagements, um den Leistungsbedarf zu beeinflussen und dadurch leistungsbezogene Energiekosten zu reduzieren. Energie- und Ökobilanzen werden, in Abhängigkeit von Zeit- und Bilanzgrenzen, zu internen und externen Benchmarks herangezogen.

Die Datenerfassung erfolgt durch Sensorik und Aktorik für elektrische und thermische Energie sowie fluide und feste Medien. Auch Daten eines intelligenten Meßsystems iMSys, wie das Smart-Meter-Gateway SMGW, können in ein Energiecontrolling einfließen. Der Datentransport erfolgt entweder über die Energiemanagement- und/oder Gebäudeautomationsstruktur per Funktechniken und/oder leitungsgebunden.

Das Energieinformationssystem, als Software des Energiecontrollings, ist ein Instrument für Planung, Koordination, Kontrolle und Beratung energierelevanter Themen. Als Informationsorgan sammelt und verarbeitet es energierelevante Daten und erstellt automatisiert Energieleistungskennzahlen und Energieberichte für Handlungsakteure. Die erfassten Energieleistungsdaten der Messzähler werden in grafischer und tabellarischer Form dargestellt.

Für die Einführung von Energiecontrolling gibt es mehrere idealisierte Modelle. Mit den drei interviewten Geschäftsführern der Hersteller von Energiemanagementsystemen wurden mehrere Finanzierungsmodelle ausgearbeitet. Verschiedene Kostenmodelle stellen in den ersten Jahren der Einführung den Nutzen dem Aufwand gegenüber. Zuletzt werden Prozesse der praktischen Vorgehensweise in den technischen Modellen verglichen.

Für diese Arbeit wurden sechs technische Leiter von Krankenhäusern in Deutschland interviewt. In den meisten Fällen der untersuchten Krankenhäuser wird bisher nur der elektrische Energieverbrauch gebäudescharf gemessen. Damit werden Hauptverbraucher zusammengefasst, wodurch eine verbraucherspezifische Energieaufteilung nicht möglich ist. Die meisten interviewten technischen Leiter von Krankenhäuser befürworten ein Energiecontrolling und weisen darauf hin, dass das Verhältnis zwischen Investitionskosten in Energiecontrolling und Kosteneinsparungen durch Optimierungsmaßnahmen nicht kalkulierbar sei. Dennoch besteht Potential den Energiekostenanteil durch ein Energiecontrolling zu senken. Es ist ökonomisch empfehlenswert, wenn ausreichend fachliche Kompetenz für die Auswertung und Interpretation von Messwerten zur Verfügung steht und eine intuitive, standardisierte Energieinformationssoftware zum Einsatz kommt.

Aus der Recherche lässt sich feststellen, dass Kliniken mit einem Forschungsanteil und in Kooperation mit Universitäten in Energiecontrolling investieren. Diese können als Referenz für die Einführung des Prozesses in anderen Krankenhäusern dienen. In den nächsten Jahren und Jahrzehnten wird das Energiemanagement und damit das Energiecontrolling mit der Gebäudeautomation stärker verwachsen. Das Energiecontrolling kann dadurch automatisch Einfluss auf die Anlagentechnik der Gebäudeautomation nehmen.

Philip Höffer M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 13. April 2017

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

Laborbereich: Energieversorgung und Energiewirtschaft



Die Energiewende führt in den nächsten Jahrzehnten zu einer Neuausrichtung der Energieversorgung, die zahlreiche Herausforderungen mit sich bringt. Eine Herausforderung besteht darin, die Verfügbarkeit der fluktuierenden Energien – wie die Energie aus Windkraft und Fotovoltaik – mit dem Energiebedarf der Verbraucher in Einklang zu bringen und so eine sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Energieversorgung zu gewährleisten. Eine Möglichkeit dieser Herausforderung entgegenzuwirken, ist der Einsatz von Energiespeichern. Diese ermöglichen eine zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch. Auf diese Weise kann in Zeiten der Stromüberproduktion elektrische Energie eingespeichert und in Phasen der Unterproduktion wieder ausgegeben werden (Vgl. Abb. 1).

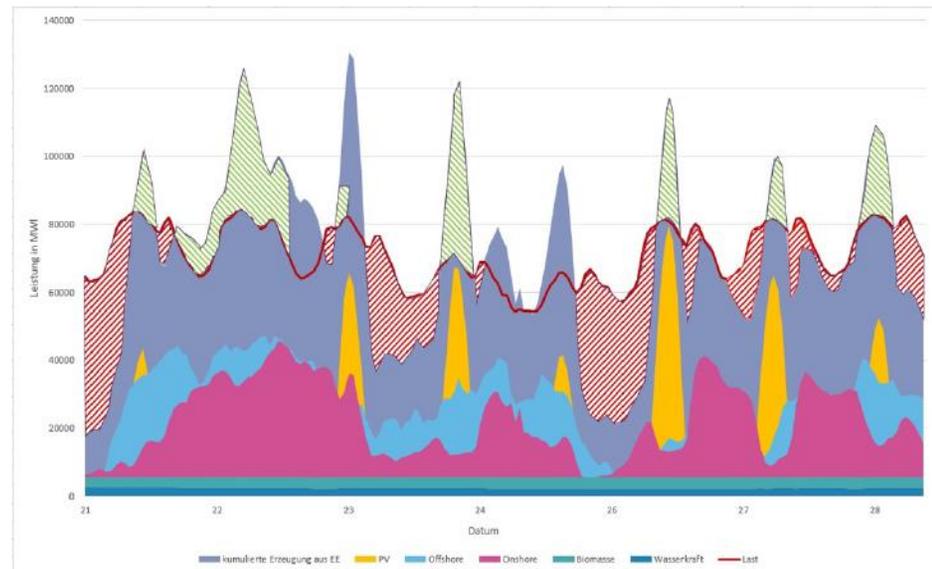


Abbildung 8: Simulierte Einspeisung vom 21. Bis 28. Oktober; rot schraffierte Fläche wird ausgespeichert, grün schraffierte Fläche wird eingespeichert.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, den Speicherbedarf bei einem hohen Anteil an regenerativer Stromerzeugung zu ermitteln. Wie auch bei anderen Flexibilitätsoptionen nimmt vor allem der wirtschaftliche Aspekt eine essenzielle Rolle ein, sodass dieser ebenfalls Bestandteil dieser Arbeit ist.

Im Rahmen dieser Masterthesis wurde ein einfaches Modell entwickelt, mit dem sich eine Stromversorgung mit hohen Anteilen an Erneuerbaren Energien simulieren lässt. Das Modell basiert auf realen stundenscharfe Datensätzen für die Stromerzeugung und -nachfrage aus dem Jahr 2015. Für die Festlegung von Grenzen und Rahmenbedingungen wurden im Vorfeld die Potenziale der Erneuerbaren Energien in Deutschland sowie diverse Stromspeicher untersucht. Desweiteren wurden die Investitionskosten für den Ausbau der jeweiligen Technologien herangezogen, um im späteren Verlauf der Berechnung die Wirtschaftlichkeit zu bestimmen.

Anschließend wurden für das Modell drei Szenarien entwickelt. Die Arbeit befasste sich ausschließlich mit Szenarien einer zu 100 Prozent auf Erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgung. In jedem Szenario wurde ein neuer Lastgang generiert, der sich von den anderen durch die Höhe der Einspeisung an EE differenziert.

Mit Hilfe der Szenarien wurde überprüft, ob es generell einen Speicherbedarf bei einem hohen Anteil an regenerativer Stromerzeugung gibt. Außerdem wurde untersucht, ob es ein wirtschaftliches Minimum zwischen dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Integration von Speichertechnologien bei einer auf 100% basierenden Stromversorgung gibt.

Jens Hoffmann M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Christof Hewing

Datum des Kolloquiums: 15. August 2017

Master-Studiengang: Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Der Spitzendurchfluss ist im Bereich der Trinkwassernetzberechnung nach der DIN 1988-300 jedem ein Begriff. Tagtäglich wird er von zahlreichen Planern in Deutschland als Grundlage für die Auslegung der Trinkwassernetze in Gebäuden verwendet. Es gibt den Spitzendurchfluss schon so lange, dass viele nicht mehr genau wissen, seit wann es ihn überhaupt gibt und wie er eigentlich genau definiert ist.

Deshalb ist es das Ziel der Masterarbeit, auf Grundlage von historischen Quellen, die Bezug auf die Trinkwasserinstallation nehmen und anhand von validierten Messungen, an in Betrieb befindlichen Trinkwasseranlagen, den Begriff Spitzendurchfluss zu definieren, den Umgang mit dem Spitzendurchfluss zu beurteilen und die Abhängigkeit von anderen Größen zu untersuchen. Die zu Grunde gelegten Messungen wurden teilweise im Rahmen dieser Arbeit in Kooperation mit der Firma agn Niederberghaus & Partner GmbH an der Fachklinik Bad Bentheim vorgenommen und zusätzliche Messdaten wurden durch die Firma Gebr. Kemper GmbH + Co. KG zur Verfügung gestellt.

Bereits die Berliner Baupolizeilichen Vorschriften von 1928 fordern gesundheitlich einwandfreies Wasser und geben Hinweise zur Ausführung von Trinkwasseranlagen. Bereits einige Jahre später erscheint die erste DIN 1988 und damit beginnt eine lange Ära der Bemessung von Trinkwasserleitungen innerhalb von Gebäuden. Damit einher geht seit dem 1990 erschienenen DVGW - Forschungsprogramm 02 WT-956 der Begriff Spitzendurchfluss, der innerhalb dieser Arbeit genauer betrachtet wurde. Dabei wird deutlich, dass in unterschiedlichen Quellen unterschiedliche Definitionen für den Spitzendurchfluss verwendet werden und dass einige Informationen im Laufe der Zeit verloren gegangen sind.

Mit Hilfe von 14-tägigen Messungen der sekundlichen Volumenströme innerhalb der Hausanschlussleitung zweier Bettenhäuser der Fachklinik in Bad Bentheim konnten Erkenntnisse zu auftretenden Durchflüssen, deren Dauer und Häufigkeit gemacht werden. Dabei hat sich gezeigt, dass die höchsten sekundlich gemessenen Volumenströme nur an wenigen Sekunden am Tag auftreten und die häufigsten Durchflüsse deutlich unterhalb der Maximalwerte liegen. Durch die von der Firma Kemper zur Verfügung gestellten Messdaten konnten die Ergebnisse aus den Bettenhäusern untermauert werden. Jedoch zeigen weitere Messdaten der Firma Kemper an anderen Gebäudetypen abweichende Ergebnisse.

Bei einem Vergleich der Messwerte mit den errechneten Spitzendurchflüssen nach DIN 1988-300 zeigt sich, dass die Spitzendurchflüsse für den Gebäudetyp Bettenhaus im Krankenhaus zu hoch sind. Es stellt sich an dieser Stelle auch die Frage, ob für die Bettenhäuser der richtige Gebäudetyp gewählt wurde. Diese Frage kann aufgrund fehlender Informationen zu den Gebäudetypen innerhalb der DIN 1988-300 nicht beantwortet werden. Bei dem Vergleich der errechneten Spitzendurchflüsse auf Basis anderer Gebäudetypen ergeben sich starke Differenzen in der Abweichung zu den gemessenen Volumenströmen in den Bettenhäusern. Bleibt man jedoch bei dem Gebäudetyp Bettenhaus im Krankenhaus, so zeigen die Messdaten der Firma Kemper ähnliche Abweichungen zu den Spitzendurchflüssen der DIN 1988-300. Der Vergleich der weiteren Messdaten anderer Gebäudetypen von der Firma Kemper mit den errechneten Spitzendurchflüssen nach DIN 1988-300 weist jedoch deutlich geringere Abweichungen auf und lässt vermuten, dass sich die Erkenntnisse aus den Bettenhäusern nicht auf andere Gebäudetypen übertragen lassen.

Aufgrund gewonnener Erkenntnisse wird die Empfehlung für eine Definition für den in der DIN 1988-300 verwendeten Spitzendurchfluss ausgesprochen. Bei der Diskussion um die Anpassung der Spitzendurchflüsse werden verschiedene Wege aufgezeigt und eine Reduzierung der Spitzendurchflüsse nach DIN 1988-300 für den Gebäudetyp Bettenhaus im Krankenhaus um 50 % angestrebt.

Mit dem Wissen, dass es einige Messungen innerhalb der verschiedenen Gebäudetypen bedarf, um handfeste Aussagen zur Höhe der Spitzendurchflüsse machen zu können, werden einige Hinweise für zukünftige Messungen gegeben, um diese einwandfrei nutzen zu können. Dabei kommt man auch zu dem Entschluss, dass Bezugszeiten über 5 s nicht gewählt werden sollten, um eine Auswertung der einzelnen Zapfvorgänge möglich zu machen. Auch in Bezug auf die Größe der entstehenden Datenmenge wird diese Bezugszeit als unproblematisch erachtet.

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit stellen sehr deutlich dar, dass im Bereich Spitzendurchfluss viele Unklarheiten herrschen und deswegen einige offene Fragen zu beantworten sind. Dabei gilt es vorrangig die Definition innerhalb der DIN 1988-300 zu überdenken und weitere Volumenstrommessungen an unterschiedlichen Gebäuden vorzunehmen, um eine Anpassung der Spitzendurchflüsse und eventuell auch der Gebäudetypen vornehmen zu können.

Johannes Holtferich M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Thomas Gerl
Datum des Kolloquiums:	30. Januar 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Störk Umwelttechnik (Büro Nord), Drensteinfurt



Die Frage, ob eine biologische Abluftreinigungsanlage ein probates Mittel zur Formaldehydminderung darstellt, um den zukünftigen Anforderungen einer novellierten TA Luft gerecht zu werden, galt es mit dieser Arbeit zu beantworten. Dazu wurden theoretische und praktische Untersuchungen zu den Themen Formaldehyd, Abwasseranalytik und der biologischen Abluftreinigung durchgeführt und umweltrechtliche Grundlagen erläutert. Dies alles galt der Auslegung und Machbarkeitsüberprüfung einer biologischen Abluftreinigungsanlage in Gronau bei der Hans Schmid GmbH & Co. KG, da es in diesem Unternehmen zu einem hohen Formaldehyddurchsatz aufgrund von Imprägniertätigkeiten im laufenden Betrieb kommt.

Im Verlauf dieser Arbeit wurden als praktische Tätigkeit vom 24.05.2017 bis zum 04.09.2017 Wasserproben aus dem Wasserkreislauf der Versuchsanlage entnommen und analysiert sowie einmal wöchentlich Abluftmessungen vor Ort in Gronau mit entsprechenden messtechnischen Geräten durchgeführt. Es wurden u. a. die Parameter Formaldehydgehalt, Luftvolumenstrom und Temperatur innerhalb der Abluftreinigungsanlage gemessen.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurden grundlegende Bestandteile des Umweltrechts vorgestellt, Vorkommen, Eigenschaften und Wirkungen des Formaldehyds beschrieben sowie das Verfahren der biologischen Abluftreinigung erläutert. Weiterhin wurden im Methodik-Teil die Vorgehensweise bei der Analytik und der durchgeführten Messungen einschließlich der verwendeten Messtechnik dargelegt.

Ein weiterer essenzieller Bestandteil dieser Arbeit ist die Auseinandersetzung mit der zu erwartenden Novellierung der TA Luft. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Novelle einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Industrie haben wird, da es aller Voraussicht nach zu verschärften Auflagen kommen wird.

Am Ende galt es, die gesammelten Daten, Erfahrungen und Informationen zu analysieren, auszuwerten und zu interpretieren, sodass eine Bewertung vorgenommen werden kann. Die Analysewerte und auch die erfassten Messwerte während der Analgen-Visiten kommen zu einem eindeutigen Ergebnis. Die bei der Hans Schmid GmbH & Co. KG aufgestellte Versuchsanlage beweist, dass der Einsatz

einer biologischen Abluftreinigungsanlage ein geeignetes Mittel gegen formaldehydhaltige Abluft ist (siehe Abbildung). Es werden sowohl die aktuellen Auflagen der TA Luft erfüllt als auch die voraussichtlich künftigen Grenzwerte der novellierten TA Luft für den Formaldehydgehalt (10 mg/m^3) eingehalten.

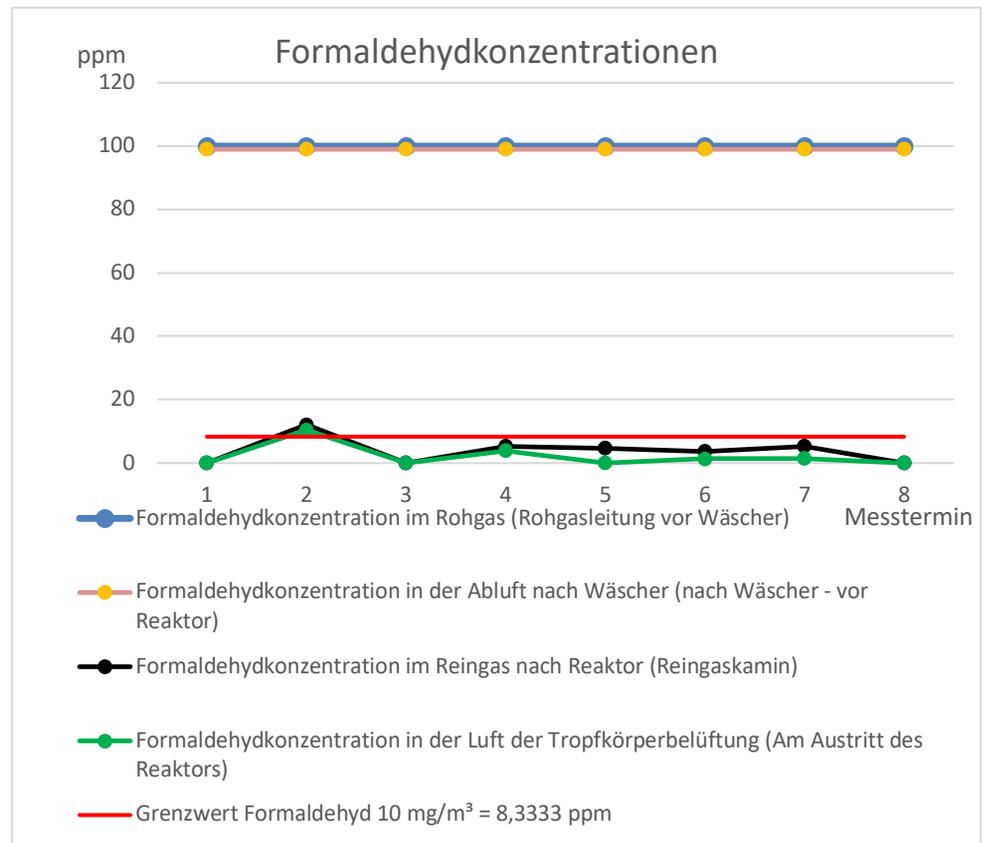


Abbildung: Formaldehydkonzentrationen an verschiedenen Messtagen

Abschließend kann geschlussfolgert werden, dass die Entscheidung der Hans Schmid GmbH, die Anlagentechnik der Firma Störk Umwelttechnik einzusetzen, eine gute war und dass zukünftig mit der Großanlage auch im Zeitalter der neuen TA Luft keine rechtlichen Probleme zu erwarten sind.

Christine Hornbergs B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Wirt. Ing. (FH) Dipl.-Ing. (FH) Carsten Freitag
Datum des Kolloquiums:	28. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik Drees & Sommer, Düsseldorf



Der neue Trend, "intelligente" Gebäude zu bauen, deren Grundlage die Vernetzung der technischen Gewerke ist, kann auch im Bereich der Trinkwasserhygiene Mehrwerte schaffen. Durch den Einsatz von intelligenten Systemen können Vorgänge in der Trinkwasser-Installation so gesteuert, geregelt und überwacht werden, dass die Voraussetzungen für eine dauerhaft gute Trinkwasserqualität gegeben sind. Aktuell, bleiben die Chancen, die darin liegen, das Trinkwasser mit digitaler Technik zu verbinden, um so die erhöhte Sicherstellung der Trinkwasserhygiene und den bestimmungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten, weitestgehend ungenutzt.

Das Ziel der Bachelorarbeit war es, die Möglichkeiten der Digitalisierung im Bereich der Trinkwasser-Installation zu analysieren, um das Trinkwasser mit digitaler Technik zu verbinden und einen Digitalisierungsbaustein für die Trinkwasser-Installation zu entwickeln. Des Weiteren wurden auch die Mehrwerte für den Betreiber, die durch die Digitalisierung im Bereich der Trinkwasser-Installation entstehen, erläutert.

Die Analyse wurde anhand eines Smart Building Neubau Bürogebäudes durchgeführt. Das Bürogebäude besitzt ein sogenanntes Brain. Dieses Brain besteht aus verschiedenen Digitalisierungsbausteinen, z. B. Heizung, Lüftung, Brandschutz, Trinkwasser-Installation.

Im Brain kommen alle Automationsfunktionen der verschiedenen Digitalisierungsbausteine zusammen und werden von dort aus automatisch überwacht, analysiert, gesteuert und geregelt. Der Digitalisierungsbaustein im Bereich der Trinkwasser-Installation besteht aus verschiedenen Feldgeräten, wie z. B. Temperatursensor, Volumenstromsensor.

Die verschiedenen Feldgeräte werden über geeignete Bussysteme in das Automationssystem eingebunden. Mit Hilfe der Feldgeräte kann der bestimmungsgemäße Betrieb, unter anderem durch die Sicherstellung eines Wasserwechsels alle 72 h nach VDI/DVGW 6023, sichergestellt werden.

Bei der Analyse der Möglichkeiten der Digitalisierung im Bereich der Trinkwasser-Installation hat sich ergeben, dass es bereits ein breites Portfolio an Digitalisierungsmöglichkeiten auf dem Markt gibt. Die meisten Möglichkeiten der

Digitalisierung im Bereich der Trinkwasser-Installation beruhen jedoch auf geschlossenen Systemen. Durch die Geschlossenheit dieser Systeme können sie oft nicht ohne weiteres in das Netzwerk der Gebäudeautomation eingebunden werden. Hieraus ergibt sich, dass man offene und frei programmierbare Systeme im Bereich der Trinkwasser-Installation einsetzen sollte.

In den Gewerken Lüftungs-, und Heizungstechnik ist die Anwendung der Digitalisierung schon seit vielen Jahren nicht mehr wegzudenken. Bei der Sanitärtechnik, speziell im Bereich der Trinkwasserhygiene sind von einigen Herstellern bereits Produkte mit geschlossenen Systemen entwickelt worden. Die Digitalisierung der Trinkwasser-Installation bietet noch ein erhebliches Potenzial für innovative Ideen.

Sebastian Iken B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer: Hendrik Hempelmann B.Eng

Datum des Kolloquiums: 25. August 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: SCHULZ Systemtechnik GmbH, Visbek



Thema der Abschlussarbeit war es, eine Strategie zur Umstellung des Fuhrparks auf Elektromobilität aufzuzeigen. Hierzu wurden Erzeugungstechnologien auf Basis erneuerbarer Energien betrachtet, die zur Beladung eines zukünftigen elektrischen Fuhrparks genutzt werden können. Anschließend wurden konkrete Umsetzungsvorschläge mit ausgewählter Erzeugungstechnologie bei einem mittelständischen Unternehmen wirtschaftlich betrachtet und bewertet.

Dadurch, dass die betrachteten Erzeugungstechnologien (Blockheizkraftwerk, Brennstoffzelle, Windenergie- und Photovoltaikanlagen) unterschiedliche Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb haben, kann bei einem Unternehmen nicht jede Technologie wirtschaftlich eingesetzt werden. Anhand von entsprechenden Entscheidungsbäumen wurde eine Abschätzung zur Einsetzbarkeit der jeweiligen Technologie ermöglicht.

Wenn die Umsetzung mittels Windenergie- und Photovoltaikanlagen geschehen soll, muss zur Realisierung des Konzeptes ein Speicher einkalkuliert werden. Hintergrund ist, dass ein zeitlicher Versatz zwischen Wandlung und Bedarf der elektrischen Energie besteht. Die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien Blockheizkraftwerk und Brennstoffzelle können zeitlich unabhängig und nach Bedarf produzieren und benötigen daher keinen Speicher.

Am Beispiel der Firma SCHULZ Systemtechnik GmbH wurde ein kurzfristiger und ein langfristiger Umsetzungsvorschlag zur Umstellung des Fuhrparks erstellt. Der kurzfristige Umsetzungsvorschlag bestand aus einem Kostenvergleich von drei Alternativen:

- Ein Solar-Carport mit vier Elektrofahrzeugen,
- vier Elektrofahrzeuge die aus dem öffentlichen Stromnetz geladen werden und
- vier gleichwertigen Verbrennungsfahrzeugen.

Ergebnis ist, dass das Elektrofahrzeug mit Beladung über einem Solar-Carport keine günstigere Alternative zu einem Verbrennungsfahrzeug ist. Wenn hingegen das Elektrofahrzeuge aus dem öffentlichen Stromnetz beladen wird, ist es dies eine kostengünstigere Alternative zum Verbrennungsfahrzeug.

Im langfristigen Umsetzungsvorschlag wurde eine sukzessive Umstellung des Fuhrparks betrachtet. Hierbei ist untersucht worden, wie sich die Gesamtkosten verhalten, wenn auszutauschende Fahrzeuge eines Fuhrparks entweder durch ein

Elektro- oder ein Verbrennungsfahrzeug ersetzt werden. Bestandteil dieser Analyse war zudem, dass die Elektrofahrzeuge mit der Photovoltaik-Bestandanlage der Firma SCHULZ Systemtechnik GmbH beladen werden sollen, sobald diese aus dem Vergütungssystem des EEG auslaufen.

Es zeigte sich, dass die sehr kostengünstig erzeugte Leistung der Photovoltaik-Module eine wirtschaftliche Möglichkeit bietet den Fuhrpark umzustellen. Bedingt ist dies durch die niedrigen Verbrauchskosten der Elektrofahrzeuge, welche unter den Kosten der Verbrennungsfahrzeuge liegen.

Am Beispiel der Firma SCHULZ Systemtechnik GmbH sind in der Abb. 1 die Gesamtkosten zwischen dem Opel Astra und dem neuen Opel Ampera-e aufgeführt. Die Umstellung auf Elektrofahrzeuge soll sukzessiv bis zum Jahr 2032 erfolgen und ist, trotz anfänglich höheren Investitionssummen eine kostengünstigere Alternative zum Verbrennungsfahrzeug. Insgesamt kann eine Anzahl von 51 Fahrzeugen umgestellt werden.

Auf Basis der Ergebnisse, wurde abschließend ein konkreter Investitionsplan bis 2040 für die Firma SCHULZ Systemtechnik GmbH erstellt.

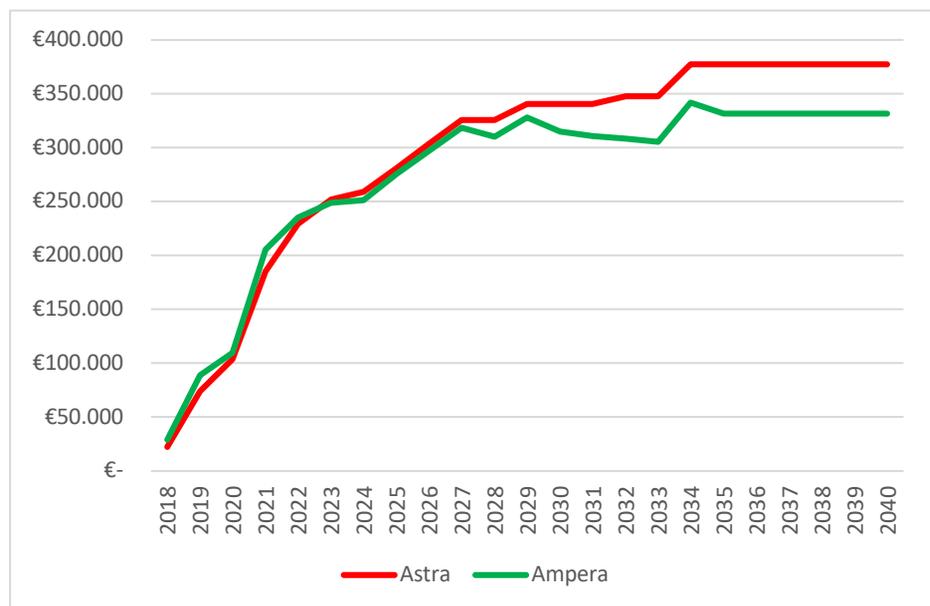


Abb. 1: Gesamtkostengegenüberstellung von Ampera-e und Astra

Steffen Jacobs B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Yaohuan Zeng M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	24. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation DEOS AG



In der Gebäudeautomation ist eine eindeutige und durchgängige Definition der Qualität nicht vorhanden. Angefangen mit der mangelnden Beratung der Bauherren und der damit fehlenden Bedarfsbeschreibung, über die Programmierwerkzeuge, bis hin zu der Inbetriebnahme.

Die Automobilindustrie ist auf dem Gebiet der Automation weit fortgeschritten. Das wird an den unzähligen Funktionalitäten deutlich, die mittlerweile größtenteils als Standardausstattung verbaut werden. Auch die weitere Forschungsarbeit zu Themen wie dem autonomen Fahren machen deutlich, dass die Branche sich stets weiterentwickelt. Diese Entwicklung ist hauptsächlich dem Zusammenschluss der Automobilhersteller und der gemeinsamen Standardisierung zu verdanken.

Um die fehlende Qualität in der Gebäudeautomation zu definieren wurde ein Benchmark mit der Automobilindustrie durchgeführt. Durch diesen konnten Defizite in der Gebäudeautomation aufgedeckt, aber auch konstruktive Lösungsansätze aus der Automobilbranche übernommen werden. Damit ein Vergleich der Branchen durchgeführt werden konnte, wurde die Analyse des Ist-Zustandes in der Gebäudeautomation vorgenommen. Hier sind die bestehenden Richtlinien und deren Anwendung in der Praxis untersucht und durch die Mitarbeiter der DEOS AG bestätigt worden.

Für die Grundlage der Standardisierung in der Automobilindustrie wurde die Arbeit der ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems) und der AUTOSAR (Automotive Open System Architecture) genauer betrachtet und der Vertrieb, sowie das Qualitätsmanagement untersucht.

Letztendlich lassen sich folgende Ansätze aus dem Vergleich der Branchen entwickeln:

- Die Standardisierung der Funktionsbausteine
- Die Standardisierung des Inbetriebnahmemanagements
- Die Standardisierung der Datenschnittstellen
- Die Anforderungsbeschreibung durch Bedarfsplanung

Die in dieser Arbeit entwickelten Ansätze geben eine Grundlage und müssen in weiteren Arbeiten oder Forschungsprojekten vertieft werden. Nur so kann Qualität für die gesamte Branche sichergestellt werden.

Hendrik Janßen B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Holger Hoppe
Datum des Kolloquiums:	22. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	IWARU Institut für Wasser · Ressourcen · Umwelt Dr. Pecher AG, Erkrath



Die am 23. Oktober 2000 verabschiedete Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert bis zum Jahr 2027 für alle Oberflächengewässer u. a. einen guten chemischen und biologischen Zustand. Diese Ziele sollen innerhalb von drei Bewirtschaftungszyklen erreicht werden. Nach Ende des ersten Bewirtschaftungszyklus 2015 erfüllen knapp 92 % der Oberflächengewässer in Deutschland diese Ziele noch nicht. Eine Teilverantwortlichkeit an diesem Misserfolg tragen auch die Niederschlagswassereinleitungen aus der Siedlungsentwässerung.

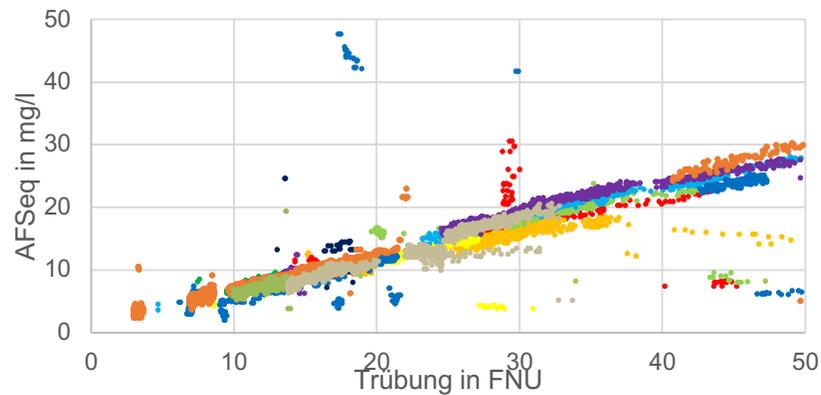
Seitens der Gesetzgebung bestimmt der sogenannte Trennerlass (Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennsystem) die Regenwasserbehandlung in Nordrhein-Westfalen maßgeblich. Die verpflichtende Umsetzung des Trennerlasses sieht einen Betrieb von zentralen-, semizentralen oder dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen vor. Als zentrale Anlagen fungieren u. a. Regenklärbecken. Regenklärbecken sind Sedimentationsanlagen, durch die absetzbare Stoffe zurückgehalten werden können. Der Trennerlass sieht einen Betrieb solcher Anlagen ohne Dauerstau vor. Das heißt, dass der gesamte Beckeninhalt nach Regenende der Kläranlage zugeführt werden muss. Dieser Betrieb sorgt für eine erhöhte hydraulische Belastung der Pumpstationen und der Kläranlage.

Durch eine effiziente Entleerungsstrategie soll in einem Pilotprojekt der Dr. Pecher AG zusammen mit den Stadtbetrieben Hennef AöR u. a. die Gesamtbelastung reduziert werden. Dabei soll die nach Regenende sich im Becken bildende Klarwasserzone in ein Gewässer eingeleitet werden. Diese Weiterleitung erfolgt qualitätsdatenbasiert. Werden die Qualitätsparameter nicht erfüllt, erfolgt eine Weiterleitung in Richtung Kläranlage. In Abstimmung mit der Bezirksregierung erfolgt der Klarwasserabzug zusätzlich über einen Regenwasserfilter (dezentrale Anlage). Zur Umsetzung des Klarwasserabzugs wird ein System verwendet, welches neben dem RKB und dem Regenwasserfilter aus einem Mess- und Schieberschacht besteht.

Ziel der Arbeit war es zu prüfen, welche Online-Qualitätsmessungen für eine effiziente Niederschlagswasserbehandlung verwendet werden können und ob diese durch zusätzliche Laborergebnisse bestätigt werden können. Mögliche Online-Messungen waren eine Trübungssonde und eine Spektrometersonde. Die Arbeit beinhaltete zudem die Konzeption des Probenahmeprogramms. Weiterhin sollte die tatsächliche Behandlungsbedürftigkeit und die Zweckmäßigkeit des Klarwasserabzugs untersucht werden. Nach einer Untersuchung bereits durchgeführter qualitätsdatenbasierter (Kanalnetz-)Steuerungen und des

zugehörigen Leitparameters „Abfiltrierbare Stoffe“ erfolgte die Auswertung der verfügbaren Online-Messdaten.

Die Auswertung der Qualitätsmessungen hat einen guten, annähernd linearen Zusammenhang zwischen den Messungen der Spektrometersonde (AFS_{eq}) und der Trübungsmessung gezeigt (Abbildung). Es konnte eine geringe Belastung des Abflusses mit Feststoffen bestätigt werden. Die Daten haben zudem gezeigt, dass die Verschmutzung im Laufe der Entleerung des Systems sinkt.



Vergleich der durch Online-Messungen aufgezeichneten AFS_{eq} - und Trübungswerte während des Klarwasserabzugs zum Gewässer am RKB Fahrstraße

Anhand der Qualitätsmessungen und der Berücksichtigung von Füllständen und Durchflüssen wurde eine füllstandsgesteuerte, zeitproportionale Probenahme konzipiert. Durch das durchgeführte Probenahmeprogramm konnten die Größenordnungen der AFS_{eq} - und der Trübungsmessung bestätigt werden.

Es konnte festgestellt werden, dass mit Hilfe der Qualitätsmessungen ein effizienter Klarwasserabzug realisiert werden konnte. Durch die qualitätsdatenbasierte Steuerung konnte das Volumen, welches nach Regenende in Richtung Kläranlage weitergeleitet wird, um 63 % reduziert werden. Dies entspricht im Mittel einer Einsparung von 340 m³ Behandlungsvolumen. Unter Berücksichtigung der gemessenen Qualitätsparameter ist auch eine Erweiterung der Entleerungsstrategie denkbar. Bei einer zusätzlichen qualitätsdatenbasierten Restentleerung des Systems würde das potentielle einzusparende Behandlungsvolumen auf rd. 96 % ansteigen. Dies würde einer Einsparung von rd. 660 m³ entsprechen.

Die Arbeit hat gezeigt, dass die Problematik der zusätzlichen Belastung der Kläranlagen durch den gesteuerten Betrieb von Regenbecken verringert werden kann. Zudem wurde festgestellt, dass die Kombination eines gesteuerten zentralen Systems mit semi-/dezentralen Elementen eine Möglichkeit einer effizienten Regenwasserbehandlung darstellt.

Vergleichende Bewertung verschiedener Tracer-Partikel für einen studentischen Particle Image Velocimetry Versuchsstand

Dirk Jüngerink B.Eng.

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

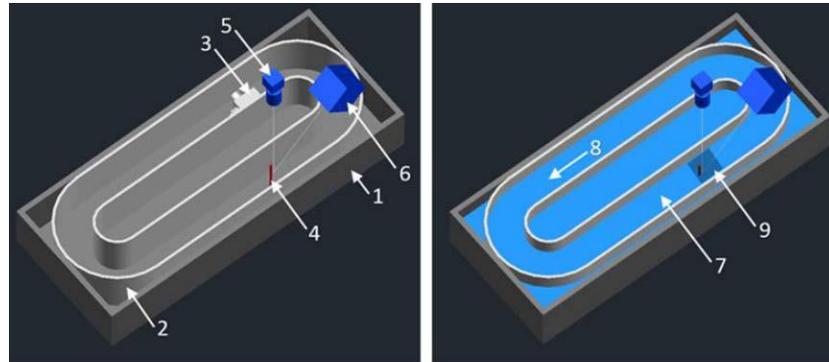
Datum des Kolloquiums: 23. November 2017

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

Laborbereich: Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung



Particle Image Velocimetry (PIV) ist ein Teilbereich der Strömungsmesstechnik und wird im Rahmen des Master-Studiengangs Energietechnik gelehrt. Mit Hilfe eines Versuchsstands, im Labor für regenerative Strom- und Wärmeerzeugung, werden den Studierenden die Lehrinhalte durch Versuche veranschaulicht. Die Abbildung zeigt die schematische Darstellung des Versuchsstands.



- | | | |
|------------------|----------------------|----------------------|
| 1. Becken | 4. Widerstandskörper | 7. Wasser |
| 2. Stellelemente | 5. Kamera | 8. Strömungsrichtung |
| 3. Pumpe | 6. Lichtquelle | 9. Messbereich |

PIV ist ein optisches, berührungsloses und indirektes Messverfahren, mit dem Geschwindigkeiten innerhalb eines Messfeldes einer Fluidströmung bestimmt werden können. Damit die Bewegung sichtbar wird, muss das zu messende Fluid mit Tracer-Partikeln versetzt werden.

Eine Kamera nimmt, unter zeitgleicher Belichtung einer Lichtquelle, in einem kurzen Zeitabstand, zwei Bilder der Partikelmuster auf. Die generierten Aufnahmen werden in kleine Auswertefenster geteilt und die Bewegung der Partikelgruppe jedes Fensters verfolgt. Mittels Kreuzkorrelation berechnet eine externe Software die Verschiebung der Partikelmuster und erstellt daraus einen Geschwindigkeitsvektor. Aus den Geschwindigkeitsvektoren jedes Auswertefensters entsteht so ein Vektorfeld des Messbereichs.

Die eingesetzten Tracer-Partikel sollten idealerweise der Strömung ohne Schlupf folgen, die Strömung nicht beeinflussen, das Licht gut reflektieren und es sollte keine Interaktion der Partikel untereinander stattfinden.

Der Versuchsstand nutzt als Messebene die Wasseroberfläche. Daher müssen die Tracer-Partikel, um nicht in die Ebene des Wassers abzusinken, eine geringere Dichte als Wasser besitzen. Ein Absinken der Partikel begrenzt den möglichen Messzeitraum, da die Partikelanzahl auf der Messebene schwindet. Das bisher als Tracer-Partikel eingesetzte „VESTOSINT 1101 weiß“ ist ein thermoplastischer Kunststoff, welcher auf der Basis von Polyamid 12 (PA) hergestellt wird. Die Dichte von „VESTOSINT 1101 weiß“ liegt mit $1,06 \text{ g/cm}^3$ geringfügig über der Dichte von Wasser ($\approx 0,998 \text{ g/cm}^3$), weshalb sich die Frage nach der optimalen Auswahl der Partikelsorte stellt und das Bachelorarbeitsthema abgeleitet wurde.

Die Aufgabe dieser Bachelorarbeit bestand darin, verschiedene Tracer-Partikel-Sorten auf ihre Eignung für den Versuchsstand vergleichend zu bewerten. Anhand von Empfehlungen aus gängiger Fachliteratur wurde eine Auswahl mögliche Partikelsorten getroffen. Der Fokus der vergleichenden Bewertung lag, neben den genannten Kriterien, auf der Partikelanzahl, dem Partikeldurchmesser und der Partikelverteilung auf der Messebene.

Die relevanten Anforderungen wurden bestmöglich vom thermoplastischen Kunststoff „GUR 1050-E“ (PE-UHMW) erfüllt. Es wurde empfohlen bei zukünftigen Messungen diese Partikelsorte zu verwenden und die Oberflächenspannung des Wassers herabzusetzen. Das Herabsetzen der Oberflächenspannung führt zu einer deutlich besseren Suspension. Zusätzlich wurden optimierte Rahmenbedingungen und Einstellwerte bei der Erstellung einer Messung erarbeitet. Während der Versuchsdurchführung ist zudem bauliches Verbesserungspotential am Versuchsstand festgestellt worden.

Das Fazit der vergleichenden Bewertung ist, dass unter den derzeitigen baulichen Gegebenheiten der Versuchsstand PIV ein gutes Messwerkzeug ist um den Studierenden der Fachhochschule Münster das Prinzip von PIV zu veranschaulichen. Wenn die empfohlenen Einstellwerte und Verbesserungsvorschläge der Handlungsempfehlung eingehalten und umgesetzt werden, ist der Versuchsstand PIV nicht nur zur Veranschaulichung des Messprinzips nützlich, sondern es können auch wissenschaftlich gute Messergebnisse erzielt werden.

Konzeption einer Nahwärmelösung für Liegenschaften in der Gemeinde Mettingen

Jens Kathrein M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Datum des Kolloquiums:	31. Mai 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Umwelttechnik Gemeinde Mettingen, 49497 Mettingen



Der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung soll nach Wunsch der Bundesregierung deutlich steigen. Wärmenetze mit einer Heizzentrale gelten als eine möglichst effiziente Art und Weise, Wärme aus erneuerbaren Energien zur Verfügung zu stellen. Durch sie wird Heizenergie in Form von Heizwasser für eine Reihe an Abnehmern zentral erzeugt und über Wärmeleitungen verteilt. Als Wärmeerzeuger können auch hier im Grundlastbereich erneuerbare Energien in Form von Biomassekesseln oder solarthermischen Anlagen zum Einsatz kommen.

In dieser Arbeit wurde die Möglichkeit einer Nahwärmelösung in der Gemeinde Mettingen für die Liegenschaften Josef-Schule, Kardinal-von-Galen-Schulen, Tüötten-Sporthalle, Tennishalle und Tüötten-Sportpark untersucht. Neben den Heizlast- und Netzberechnungen zur Auslegung verschiedener Varianten von Heizzentralen wurden zur Bewertung der einzelnen Optionen die Kosten mit Hilfe der Annuitätenmethode berechnet, um schließlich eine Handlungsempfehlung auszusprechen.

Die vorgenommenen Berechnungen in dieser Arbeit zeigen, dass mit Hilfe von Nahwärmenetzen der Brennstoffverbrauch deutlich reduziert werden kann. Ebenfalls von Vorteil ist, dass mit geringerem Brennstoffverbrauch auch die CO₂-Emissionen gesenkt werden können. Demgegenüber stehen jedoch, auf Grundlage der angenommenen Preise, die höheren Investitionskosten und die höheren Wärmegestehungskosten als bei einer dezentralen Wärmeversorgung der einzelnen Liegenschaften. Dennoch ist ein detaillierter Vergleich der günstigsten Nahwärmelösung, bestehend aus 250 kW Holzhackschnitzkessel und 500 kW Gaskessel, und einzelner dezentraler Lösung von Vorteil, um die Wirtschaftlichkeit ausreichend zu bewerten.

Neben den Ergebnissen, die für die Handlungsempfehlung wichtig waren, wurden jedoch weitere Erkenntnisse gesammelt, die grundsätzlich von Bedeutung oder für das weitere Vorgehen hilfreich sind. Es wurde gezeigt, dass es prinzipiell möglich ist, mit einer Heiz-zentrale, die Wärme überwiegend aus erneuerbaren Energien gewinnt, niedrigere Wärmegestehungskosten zu erzielen als bei Heizzentralen mit rein konventionellen Wärmeerzeugern.

Außerdem wurde belegt, dass die CO₂-Emissionen einer Heizzentrale mit einem Wärmeanteil aus erneuerbaren Energien deutlich geringer sind als die einer konventionellen Heizzentrale. Auch gegenüber dezentralen Lösungen mit konventionellem Ansatz verursachen sie durch die Brennstoffeinsparungen

wesentlich geringere CO₂-Emissionen. Für das weitere Vorgehen sind vor allem die gewonnenen Erkenntnisse der einzelnen Liegenschaften von Vorteil. Durch die Gegenüberstellung von installierter und benötigter Wärmeleistung wurde gezeigt, dass alle Liegenschaften mit einer niedrigeren Wärmeleistung auskommen könnten, als derzeit installiert ist. Ein wichtiges Ergebnis, das den Sportpark betrifft, ist der hohe Anteil der Warmwasseraufbereitung am Wärmeverbrauch. Hierauf kann vor allem bei einer dezentralen Lösung eingegangen werden, um beispielsweise eine solarthermische Warmwasseraufbereitung in Betracht zu ziehen.

Die in der Arbeit genutzten Berechnungsmethoden basieren zum größten Teil auf Normen oder festgesetzten Richtlinien, den zum Zeitpunkt der Erstellung herrschenden Preisen und Preisschwankungen für die einzelnen Komponenten. Eine zusätzliche Einbindung des angrenzenden Wohngebietes wurde nicht vorgenommen. Dennoch besteht in einem weiteren Schritt die Möglichkeit, die Bereitschaft zum Anschlusswunsch der Anwohner abzufragen und die Wärmegestehungskosten erneut zu berechnen.

Für den untersuchten Arbeitsraum wird deutlich, dass, auf Basis der groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den gemittelten Preisen, dezentrale Lösungen wirtschaftlicher erscheinen als eine Nahwärmelösung. Dennoch wird aufgrund der fehlenden dezentralen Lösungen für alle Liegenschaften empfohlen, die Wirtschaftlichkeit nochmals durch die Auslegung aller Liegenschaften mit einer dezentralen Lösung und durch Preise, die im Wettbewerb entstehen zu prüfen. In diesem Fall würden die günstigsten Kosten statt der gemittelten Kosten angesetzt werden, die durchaus dafür sorgen könnten, dass ein wirtschaftlicheres Ergebnis für eine Nahwärmelösung entsteht.

Außerdem kann über eine Einbindung des angrenzenden Wohnviertels oder eine Trennung des Nord- und Südbereichs durch zwei Heizzentralen nachgedacht werden. Sollte der Empfehlung einer weiteren Betrachtung nicht nachgegangen werden, wird empfohlen, bei Austausch der Wärmeerzeuger auf die benötigte Wärmeleistung und die Installation von erneuerbaren Energien zu achten, um den Brennstoffbedarf und die CO₂-Emissionen weitestgehend zu reduzieren.

Praktische Untersuchungen zur Klärschlamm-trocknung mit dem Ziel der Phosphatrückgewinnung

Jan Kießhauer M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hans-Arno Jantzen
Datum des Kolloquiums:	23. Mai 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Umwelttechnik NETZ Ingenieurbüro GmbH, Riesenbeck



Im Rahmen der Arbeit wurden theoretische und praktische Untersuchungen zur Klärschlamm-trocknung durchgeführt, die der Entwurfsplanung und Machbarkeitsprüfung eines Klärschlammverwertungskonzeptes mit dem Ziel der Phosphatrückgewinnung für die Stadt Ibbenbüren dienen.

Das Element Phosphor ist eine essentielle und nicht substituierbare Nährstoffquelle unserer Erde und damit von besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft und die Nahrungsmittelproduktion. Da die Verfügbarkeit von Phosphaterzen als Mineral- und Wirtschaftsdünger allerdings endlich ist und lediglich auf 360 Jahre beziffert wird, kommt dem kritischen Rohstoff sowie innovativen Rückgewinnungstechnologien seit jüngster Zeit immer mehr Bedeutung zu.

Bei der Einsparung der industriellen Phosphate spielen vor allem nährstoffreiche Sekundärrohstoffe wie Klärschlamm, das eigentliche Abfallprodukt der Abwasserreinigung, eine wichtige Rolle. Aufgrund seines Nährstoffprofils eignet sich Klärschlamm eigentlich hervorragend als Düngesubstitut. Das Phosphoreservoir im Klärschlamm ist so groß, dass mittels Klärschlamm theoretisch ganze 50 % des phosphathaltigen Düngebedarfs gedeckt werden könnten.

Die Tatsache, dass neben den Nährstoffen allerdings auch eine Reihe an Schadstoffen enthalten ist, schränkt die bodenbezogene, landwirtschaftliche Verwertung stark ein. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen dazu stellt die Klärschlammverordnung, die als Ergänzungswerk der Düngemittelverordnung fungiert und durch die Festsetzung von Schadstoffgrenzwerten vor allem dem Schutz der Böden und Gewässer dient. Aufgrund zunehmender Umweltproblematiken durch unbekannte Risikofaktoren seitens der Klärschlämme steht die Klärschlammverordnung nun vor einer Novellierung.

Schwerpunkt dieser Gesetzesnovelle ist der Abbau der landwirtschaftlichen Verwertung zum Schutz der Umwelt. An dessen Stelle soll eine flächendeckende Verbrennung etabliert werden. Letztere wird aufgrund des hohen Gefährdungspotenzials durch Schadstoffe aus reinen Entsorgungsgründen bereits heute auf mehr als die Hälfte der Klärschlammkapazitäten angewendet. Da dem Kreislauf durch die Verbrennung allerdings sämtliche wertgebenden Nährstoffe entzogen werden, sieht die neue Verordnung im Sinne der Phosphorverknappung eine verfahrenstechnische Rückgewinnung des Rohstoffes vor, dessen Rahmenbedingungen einen weiteren zentralen Schwerpunkt der Novelle bilden.

Die Stadt Ibbenbüren weiß um die damit einhergehende Notwendigkeit zur Schaffung einer alternativen Möglichkeit der Klärschlammverwertung. Aus diesem wurde die NETZ Ingenieurbüro GmbH aus Riesenbeck beauftragt, ein geeignetes Verwertungskonzept für die Klärschlämme der umliegenden Kommunen zu erarbeiten und dessen Machbarkeit zu prüfen, was im Rahmen der Arbeit zur Zusammenarbeit und der gesamten Thematik führte.

Das entstandene Konzept besteht aus drei Teilverfahren: Separation, Trocknung und Monoverbrennung. Die größte verfahrenstechnische Herausforderung dabei ist die thermische Trocknung. Die energieintensive Verdunstung des Wassergehaltes bewirkt neben einer Reihe an positiv veränderten Stoffeigenschaften vor allem eine Heizwertsteigerung, die wiederum erst die Voraussetzung für eine selbstgängige Verbrennung im angedachten Drehrohrkessel schafft.

Im Idealfall sollte die Wärmeversorgung der Trocknungsanlage auf autarke Weise durch die unmittelbar nachfolgende Verbrennung des getrockneten Klärschlammes erfolgen. Da diesbezüglich allerdings keine Verfahrenssicherheit bestand, sowie keine belastbaren Trocknungsdaten vorlagen, wurden Trocknungsversuche auf der kommunalen Abwasserreinigungsanlage in Heek durchgeführt, die der Validierung des konzipierten Schubwendetrockners der Firma Riela und der Bemessung des spezifischen Wärmeverbrauchs zwecks der weiteren Planung dienten.

Anhand der Versuche konnte eine Reihe an Erkenntnissen und Optimierungspotenzialen beobachtet und bemessen werden. Unter Verwendung der theoretischen Grundlagen der Trocknungstechnik zeigten sich die Ausmaße des spezifischen Energieverbrauchs sowie der Wärme- und Stoffübergänge. Hierdurch lässt sich eindeutig die Effizienzsteigerung des Schubwendesystems und damit die Eignung des Schubwendetrockners bestätigen.

Das Messergebnis zeigt allerdings auch, dass die durch die Verbrennung freiwerdende Prozesswärme nicht ausreichen wird um den Trockner autark mit Wärme zu versorgen. Aus diesem Anlass musste in die Konzeption eine zusätzliche Wärmequelle aufgenommen werden. Ein Variantenvergleich zeigte, dass sich ein BHKW dabei aufgrund der Kraft-Wärme-Kopplung und den damit verbundenen Einsparungen und Einnahmen als die wirtschaftlichste Zusatzoption darstellt. Die Arbeit bestätigt die wirtschaftliche Machbarkeit des Vorhabens, weshalb die Verantwortlichen die Realisierung des Projektes in Erwägung ziehen sollten. Unter Durchführung weiterer, nötiger Trocknungsversuche kann zukünftig ausreichend Betriebs- und Verfahrenssicherheit geschaffen werden, um das Verwertungskonzept zu konkretisieren und die Anlagenkomponenten detaillierter auszulegen.

Patrick Kissenkötter B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 01. Januar 2017

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

In Kooperation mit: Warendorfer Energieversorgung GmbH, Warendorf



Für ein zu errichtendes Neubaugebiet in Warendorf mit einem Umfang von ca. 500 Wohneinheiten ist das Verteilnetz in der Niederspannungsebene geplant und ausgelegt worden. Das vorgesehene Gebiet enthält geplante Grundstücke für Einfamilienhäuser und Doppelhaushälften, wie auch für Mehrfamilienhäuser. Dazu sind einige, sich abzeichnende, Änderungen im Bereich des Mobilitätssektors und im Bereich der Versorgungsstruktur berücksichtigt worden.

Der Klimawandel und begrenzte fossile Ressourcen forcieren weltweit den Wandel im Versorgungs- und Verkehrssektor. Neben einigen alternativen Mobilitätsvarianten wird vor allem der Elektromobilität eine bedeutende Rolle bei der Umstrukturierung des Verkehrs und zum Erreichen der Klimaschutzziele in Deutschland zugesprochen. Ein wachsender Anteil der Elektromobilität am gesamten Verkehrsaufkommen kann jedoch zu veränderten Bedarfssituationen im Bereich der Stromversorgung führen.

Aus diesem Grund wurde zunächst die Elektromobilitätssparte auf die zu erwartende Verbreitung von Elektrofahrzeugen bis zum Jahr 2030 innerhalb Deutschlands untersucht. In die Prognose sind Daten der aktuellen Situation in Deutschland, des gegenwärtigen und sich anbahnenden Entwicklungsstandes der Elektroautos, sowie verschiedene Hindernisse für den Erfolg der Elektromobilität eingeflossen. In der Prognose wird, auf Basis dieser Aspekte, ab 2020 von einem stark ansteigenden Anteil der Elektromobilität am deutschen Verkehrssektor ausgegangen.

Für die eigentliche Netzplanung wurde der Bereich in vier Teilnetze gegliedert, welche alle als offene Ringnetze mit abgehenden Stickleitungen ausgelegt wurden. Für die Planung wurde von einem konventionellen Netzaufbau mit konventionellen Ortsnetzstationen ausgegangen. Im Rahmen der Netzberechnung wurden Betriebsströme, Spannungsänderungen durch Verbraucher und Erzeuger, sowie, zur Auslegung der Leitersicherungen, die Kurzschlussströme im Fehlerfall berechnet. Im abschließenden Schritt wurde das geplante Netz auf Ausfallsicherheit bei Ausfall einzelner Komponenten überprüft. Die Überprüfung zeigte einen zusätzlichen Bedarf an Leitungen zur Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte für den Spannungsfall und den maximal zulässigen Betriebsstrom.

Auch Spannungsänderungen durch private PV-Anlagen wurden in den Berechnungen berücksichtigt. Dabei wurden, keine unzulässigen Veränderungen hinsichtlich der Spannungsqualität nach EN 50160 festgestellt.

Für das prognostizierte zukünftige Aufkommen von Elektromobilität wurden zehn Ladepunkte für das Neubaugebiet vorgesehen, welche vor allem der Versorgung der Fahrzeuge von Bewohnern der Mehrfamilienhäuser dienen. Dementsprechend wurden die Ladepunkte entlang der Versorgungsleitungen für die Mehrfamilienhäuser verteilt. Eine erneute Überprüfung ergab ebenfalls keine unzulässigen Betriebssituationen.

Mit Angaben aus dem Preis-Leistungsverzeichnis der Warendorfer Energieversorgung GmbH und vorliegenden Angeboten verschiedener Firmen wurden die voraussichtlichen Investitionskosten für das Gebiet ermittelt, welche mit ca. 800.000 € beziffert werden konnten.

Abschließend wurde die Möglichkeit der Installation von intelligenten Ortsnetzstationen anstelle von konventionellen Ortsnetzstationen als mögliche Alternative vorgestellt. Für die intelligente Ortsnetzstation wurde eine Reihe von Vorteilen für den Betrieb moderner Netze festgestellt, welche den erhöhten Kostenaufwand für die Station kompensieren können. Als wichtigster Faktor wurde hierbei der regelbare Ortsnetztransformator vorgestellt, welcher größere Spannungsschwankungen in der Niederspannungsebene ermöglicht, und somit den Kostenaufwand für den Netzausbau über geringere Kabelquerschnitte und geringeren Bedarf an Leitungslängen senkt.

Untersuchung der unterschiedlichen hydraulischen Einbindung von Kälte- und Wärmeerzeugern in ein gebäudetechnisches System

Fabian Klemann B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Andreas Reicks

Datum des Kolloquiums: 11. Januar 2018

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

In Kooperation mit: Goldbeck GmbH, Münster



Ein großer Teil der in Deutschland verbrauchten Primärenergie wird eingesetzt, um unseren Bedarf an Heizenergie zu decken. Gleichzeitig erzeugt der aktuelle Baustandard durch starke Dichtigkeit und Dämmung eine Notwendigkeit der Klimatisierung bei vielen Gebäuden.

Mit wachsendem Umfang dieser Erzeugungs- und Verteilsysteme geht jedoch auch ein Bedarf an Hilfsenergie einher, welche zum Betrieb von Pumpen und Ventilatoren aufgewendet wird. Dieser Hilfsenergiebedarf kann außerdem durch unvorteilhafte Leitungsführung oder unnötige Kanaleinbauten weiter erhöht werden und zusätzlichen Installationskosten verursachen.

Diese Arbeit befasst sich am Beispiel eines von der Firma Goldbeck geplanten und baulich umgesetzten Objektes damit, welchen Einfluss hydraulische Einbindung und Komponentenwahl auf den Investitionsumfang und die Anlageneffizienz nehmen. Zudem erfolgt eine Alternativplanung zwecks Verbesserung der bestehenden Lösung.

Der erste Teil besteht in einer umfassenden Bestandsaufnahme der eingesetzten gebäudetechnischen Ausrüstung des betreffenden Objektes. Die behandelte Gebäudetechnik umfasst dabei die Wärme-/Kälteerzeugung in Form einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, eine daran angebundene raumluftechnische Anlage, die zur Temperierung eingesetzten Energieböden sowie das installierte Verteilsystem. Gleichzeitig werden die ablaufenden Prozesse beispielhaft erklärt.

Im zweiten Teil wird im Rahmen einer thematischen Einführung grundlegend behandelt welche Umstände dazu führen können, dass eine Anlagenkonstellation weniger effizient ist als eigentlich möglich. Zudem wird dargelegt, welche Grundvoraussetzungen ein solches System erfüllen muss, um die jeweiligen Nutzer zufriedenzustellen.

Es folgt eine Analyse des Systems, welche die Schwächen der umgesetzten technischen Lösung aufzeigt und die als Basis der anschließenden Alternativplanung dient.

Der vierte Teil der Arbeit beinhaltet zwei alternative Lösungsansätze. Eine der Lösungen besteht in der Senkung der Installationskosten unter Beibehaltung der grundsätzlichen Anlagenkonstellation durch Reduzierung des Leitungsaufwandes. Ermöglicht wird diese Reduktion durch die Positionsänderung der Wärmepumpe.

Der zweite, umfangreichere Ansatz verfolgt das Ziel die Leitungsführung zu optimieren und zusätzlich die Effizienz der Wärmeerzeugung durch den Einsatz eines Wärmepumpensystems mit höherem Wirkungsgrad zu verbessern. Erreicht werden soll dies durch die Nutzung der Abwärme, welche beim Betrieb des im Gebäude befindlichen Rechenzentrums anfällt. Durch die Abwärmenutzung verbessert sich nicht nur die Leistungsausbeute der Wärmepumpe, gleichzeitig wird auch der Energiebedarf der Kühlung reduziert, welche für den Serverraum vorgesehen ist. Da sich der Serverraum nicht als Wärmesenke eignet, muss für den Kühlbetrieb jedoch ein zusätzlicher Kreislauf installiert werden.

Im folgenden Teil werden die erarbeiteten Lösungsvorschläge mit dem bestehenden System verglichen, um eine Aussage darüber treffen zu können, welche der Lösungen die Vorteilhafteste ist. Es zeigt sich, dass jeder der Ansätze Vor- und Nachteile hat. Die Reduzierung der Leitungslänge durch Neupositionierung der Wärmepumpe geht beispielsweise mit dem Kompromiss eines potenziell unvorteilhafteren Aufstellortes einher.

Abschließend kann festgehalten werden, dass Effizienzverbesserungen, welche über die Umsetzung umfangreicherer technischer Lösungen erreicht werden meist mit erhöhten Investitionskosten einhergehen. Je nach Situation und Kundenwunsch sind derartige Lösungen vom geplanten Investitionsumfang abhängig und dementsprechend eine wirtschaftliche Entscheidung. Zudem ist darauf zu achten, Leitungsnetze nicht unnötig auszudehnen und gegebenenfalls die Position einzelner Komponenten zu überdenken.

Christian Klemm B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Geophys. Thomas Allgeier
Datum des Kolloquiums:	21. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Energieversorgung und Energiewirtschaft enveco GmbH, Münster



Aus ökonomischen und ökologischen Gründen ist es sinnvoll, Windenergieanlagen (WEA) und deren Betriebsweise zu optimieren. Eine Möglichkeit, den Ertrag zu steigern, besteht darin, Schutzabschaltungen aus Immissions- und Artenschutzgründen zu minimieren.

Wird die Nachbarschaft einer WEA durch Schall- und/oder Schattenimmissionen in unzulässigem Maß beeinträchtigt, muss die WEA zum Schutz der Anwohner gedrosselt oder zeitweise komplett abgeschaltet werden. Besteht für Fledermäuse und Vögel ein erhöhtes Kollisionsrisiko mit dem rotierenden Rotor, muss die WEA ebenfalls abgeschaltet werden.

Im Schall-Bereich besteht Optimierungspotenzial durch die Korrektur von Prognosefehlern, durch Berücksichtigung neuer Berechnungsmethoden, durch technische Anpassungen sowie durch optimierte Abstimmung zwischen Anlagen in Windparks. Beim Artenschutz können durch die korrekte Berücksichtigung von Aktivitätszeiten und genauere Messungen von Abschaltparametern reduzierte Abschaltzeiten ermöglicht werden. Das geringste Potenzial bietet die Optimierung der Schattenabschaltung. Verbesserungen sind hier durch die Ausreizung gesetzlicher Vorgaben sowie durch intelligente Wahl von Abschaltzeitpunkten möglich.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden rund 20 Optimierungspotenziale erarbeitet, mit denen der Ertrag von Windenergieanlagen in Abhängigkeit von Standort, Anlagentyp und der Genehmigungsgrundlage um circa 5 % gesteigert werden kann. Das flächendeckend größte Optimierungspotenzial bietet die Anpassung der Fledermaus-Schutz-Abschaltung (2,6 %), gefolgt von der Schall-Abschaltung (2,2 %) und Schatten-Abschaltung (0,2 %).

Entwicklung eines Vertriebskonzepts für Raumautomationslösungen zu Hotels für den Mittleren Osten

Malte Klinger B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Fabian Gödker B.Eng.
Datum des Kolloquiums:	02. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	MSR-Technik und Gebäudeautomation DEOS AG, Rheine



Themen wie Digitalisierung, Globalisierung und Technologiewandel tragen maßgeblich dazu bei, dass sich die Märkte immer schneller und dynamischer verändern. Unternehmen werden demzufolge dazu veranlasst, eine hohe Markt- sowie Umweltsensibilität zu entwickeln, um Marktveränderungen, die das eigene Unternehmen betreffen, frühzeitig erkennen und rechtzeitig einschreiten zu können. Sind Markttrends erkannt worden, gilt es, das eigene Produktportfolio anzupassen. Um neuen Markttrends folgen zu können, müssen oftmals komplett neue Lösungen oder Produkte entwickelt werden.

Der Prozess einer Produktentwicklung ist prinzipiell in zwei Phasen unterteilt – die Phase der eigentlichen Entwicklung und die Phase der Markteinführung. Die Phase der Entwicklung des Produkts ist in so gut wie jedem Unternehmen sehr gut strukturiert, geplant und dokumentiert. Der Grund liegt darin, dass die eigentliche Entwicklung die Kernkompetenz und meist auch der Ursprung für die Unternehmensgründung eines produzierenden Unternehmens ist. Im Gegensatz dazu ist die zweite Phase, die Markteinführung, in Unternehmen meist schlecht vorbereitet, weil keine ausreichende Dokumentation vorhanden ist, Zertifizierungen fehlen oder der Markt nicht ausreichend analysiert wurde und die Vertriebswege nicht klar sind.

Diese Tatsache stellt viele Unternehmen vor ein Problem, denn eine strukturierte und ausreichend dokumentierte Markteinführung mit einer klaren Vertriebsstrategie ist der Schlüssel für eine gewinnbringende Zukunft des neu entwickelten Produkts auf dem Markt.

In meiner Arbeit habe ich mit der Entwicklung eines Vertriebskonzepts eine zielgerichtete Vermarktungsstrategie erarbeitet, die die DEOS AG dabei unterstützen soll, ihre neue Produktlösung erfolgreich auf dem Zielmarkt einzuführen. Die Vermarktungsstrategie legt fest, welche Zielgruppen mit Priorität angesprochen werden sollen, welche Maßnahmen innerhalb der Produkt-, Preis-, Kommunikations- sowie Distributionspolitik zielführend sind und benennt konkrete Ziele, die innerhalb einer definierten Zeitspanne nach Markteinführung erreicht werden sollen.

Des Weiteren stellt die Arbeit einen Leitfaden für die Entwicklung weiterer Vertriebskonzepts dar, mit dem Ziel, auch zukünftig eine strukturierte Markteinführungsphase durchführen zu können.

Die DEOS AG ist ein familiengeführtes, mittelständisches Unternehmen, das im Jahr 1967 durch Klaus Plüth gegründet wurde. Durch stetiges Wachstum ist die DEOS AG heute ein auf internationalen Märkten agierendes Unternehmen. Als Technologieführer in der Energieoptimierung und im Bereich der offenen Systemplattformen hat sich die DEOS AG in der Gebäudeautomationsbranche einen Namen gemacht.

Die DEOS AG hat ihr Geschäftsfeld erweitert, indem sie neben Lösungen für die Gebäudeautomation auch Lösungen für die integrierte Raumautomation anbietet. Unter der integrierten Raumautomation, ist die elektronische, intelligente Steuer- und Regelung von Wohlbefindlichkeitsfaktoren wie Temperatur, Feuchte, Helligkeit und Luftqualität unter Einbezug äußerer Einflussfaktoren, wie Sonneneinstrahlung, Außentemperatur sowie den Nutzungsgrad eines Raumes zu verstehen.

Vor allem die Digitalisierung sorgt dafür, dass sich Unternehmen zukünftig einem immer stärkeren Innovationsdruck ausgesetzt sehen. Denn mit zunehmender Digitalisierung nehmen disruptive Veränderungen auf dem Markt zu. Eine disruptive Veränderung beschreibt grundsätzlich massive Marktveränderungen, durch die ein bestehendes Produkt oder eine bestehende Technologie möglicherweise völlig verdrängt werden können. Eine massive Marktveränderung kann zustande kommen, indem eine neue Technologie oder die Kombination bestehender Technologien zu einer völlig neuen digitalen Lösung entwickelt werden. Das Entwickeln neuer digitaler Lösungen ist nahezu kosten- und gefahrlos, da in der Regel keine große Produktionshallen beansprucht werden, wenn bestehende digitale Produkte zu neuen Paketen geschnürt werden (vgl. Kohne 2016, S. 5f.).

„Sie können mehr oder weniger sicher sein, dass irgendwo auf dieser Welt zu diesem Zeitpunkt gerade jemand an einer Idee arbeitet, die Ihr Geschäft schon morgen gefährden könnte“ (Kohne 2016, S. 6), sagt Andreas Kohne, der als Business Development Manager Marktveränderungen jahrelang beobachtet hat. Das ist der Grund, warum das Entwickeln neuer Produkte und Lösungen in einem Unternehmen zukünftig eine immer bedeutendere Rolle spielen wird.

Damian Konieczka M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

27. Juni 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

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

In Kooperation mit:

Geberit International AG, Jona (Schweiz)



Die Hygiene in Trinkwasserinstallationen ist ein sehr wichtiges Thema und wird in der Fachwelt heiß diskutiert. In diesem Zusammenhang bemühen sich verschiedene Institutionen über Verordnungen, Normen und Arbeitsblätter sowie Firmen mittels Produktentwicklungen eine Lösung zu finden.

Dabei liegt der Ansatz zur Aufrechterhaltung der Hygiene bei verkeimten Trinkwasserleitungen bei einer thermischen, chemischen, oder physikalischen Trinkwasserbehandlung und nicht allein bei ausreichendem Wasseraustausch. Doch nicht immer erreicht das qualitativ einwandfreie Trinkwasser auch die Endverbraucher im bewohnten Haus. Mikrobiologische Belastungen wie Bakterien, Viren, Pilze und Sporen im Trinkwasserinstallationssystem oder in der Trinkwasseraufbereitung gefährden häufig die Gesundheit der Bewohner.

Meine Masterarbeit setzt sich in erster Linie mit mechanischen Wasseraufbereitungssystemen und deren Wirtschaftlichkeit auseinander. Dennoch hat jedes Objekt / Projekt spezielle Anforderungen und individuelle Rahmenbedingungen. Das Ziel ist bei allen Vorhaben gleich, nämlich einwandfreies Trinkwasser an jeder Zapfstelle zu garantieren. Die unterschiedlichen Systemlieferanten bieten von der Konzeptphase bis zum Unterhalt eine breite Palette von Dienstleistungen an. Dazu zählen auch die mechanischen Wasseraufbereitungssysteme.

Nach DVGW W 551 gehören diese Anlagen zu den verfahrenstechnischen Maßnahmen, die wiederum in erster Linie als Sofortmaßnahmen zu verstehen sind. Bei dieser Thematik wurden unterschiedliche mechanische Trinkwasseraufbereitungssysteme theoretisch untersucht und auf deren Wirkprinzipien hin unterteilt und beschrieben. Anschließend wurden die jeweiligen Systemhersteller angeschrieben und die technischen Daten für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angefragt.

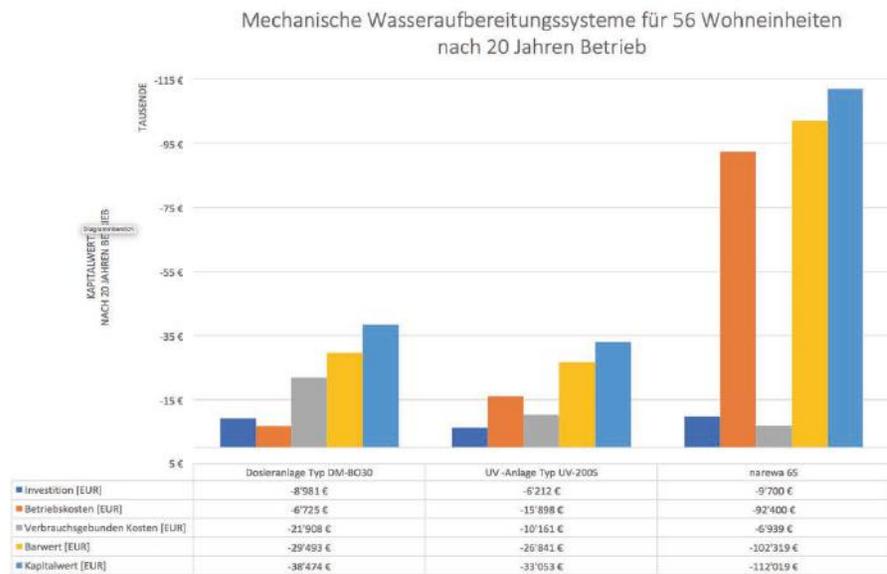
Die unterschiedlichen mechanischen Wasseraufbereitungssysteme sind nicht nur einfache Anlagen, die nach einem einfachen Prinzip arbeiten, sondern versuchen mit Sensorik die vorherrschenden Zustände oder Veränderungen der Trinkwasserinstallation zu erfassen und auf diese zu reagieren.

Zwar ist zum Beispiel die UV – Desinfektion ein zugelassenes Desinfektionsverfahren, da es der Reduzierung bzw. Abtötung und Inaktivierung

von Mikroorganismen dient, jedoch kann eine UV-Desinfektion alleine nicht als Sanierungsmaßnahme angewandt werden, sondern ist im Sanierungsfall nur in Kombination mit einem weiteren Verfahren geeignet.

Ebenso kann das neue „narewa System“ anhand des Wirkungsprinzips den verfahrenstechnischen Maßnahmen nach DVGW W 551 nicht zugeordnet werden. Im Vergleich zur UV Anlage kann die narewa Anlage aber in Sanierungsmaßnahmen eigenständig betrieben werden.

Die durchgeführte Wirtschaftlichkeitsrechnung soll nicht nur zeigen, dass ein System sich innerhalb einer bestimmten Zeit amortisiert hat, sondern auch den Vergleich der Kapitalwerte unter den unterschiedlichen Trinkwasseraufbereitungssystemen aufzeigen. In den nachfolgenden Bildern kann man sehr gut erkennen, wie groß der Unterschied zwischen den jeweiligen Systemen in Bezug auf die verbrauchsgebundenen Kosten ist.



Bei der Berechnung der Systeme hat sich schnell gezeigt, dass keines der Systeme so richtig wirtschaftlich ist. Dies kommt dadurch, weil all diese mechanischen Trinkwasseraufbereitungssysteme reine Verbrauchersysteme sind und keine Erträge produzieren, welche als eine Einnahme gegengerechnet werden können.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist ein wichtiges Kriterium um eine Entscheidung zu fällen; Bei welchem System hat der Betreiber die geringsten Kosten zu erwarten und wann ist eine Anlage wirtschaftlicher zu betreiben gegenüber einer neuen Trinkwasserinstallation. Doch dies ist nicht das einzige Auswahlkriterium, denn in vielen Fällen lassen sich in bestehenden Gebäuden keine Trinkwasserinstallationen sanieren weil z. B. das Gebäude nicht stillgelegt werden kann. Aus diesem Grund muss die Wirtschaftlichkeit ausgeblendet werden und es muss ein spezifisches Trinkwasseraufbereitungsverfahren eingesetzt und betrieben werden.

Sandra Krips M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Heike Frommhold
Datum des Kolloquiums:	30. Januar 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	MSR- Technik und Gebäudeautomation Canzler GmbH, Mülheim a. d. Ruhr



Im Rahmen der Verknappung von Primärenergieträgern wird es aus ökologischer und ökonomischer Sicht immer wichtiger den Energieverbrauch zu kontrollieren und zu reduzieren. In der Gebäudetechnik erhalten daher Energiemanagementsysteme eine immer größere Bedeutung. Diese nutzen für die optimale Anlagenregelung Verbrauchsdaten, welche in klassischen Systemen durch Messgeräte erfasst werden. Die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung ist eine noch wenig verbreitete Methode, um auf Messgeräte zu verzichten und diese durch virtuelle Zähler zu ersetzen. Diese Ausarbeitung beschreibt die Funktionsweise der virtuellen Verbrauchsdatenerfassung, mögliche Einsatzgebiete und ihre Vor- beziehungsweise Nachteile.

Ziel dieser Ausarbeitung ist die Klärung der Gründe, weshalb die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung wenig verbreitet ist und welches Potenzial sie für die Zukunft bietet. Hierzu wurden zum einen unterschiedliche Firmen der Automationsbranche befragt, um die technischen Möglichkeiten der virtuellen Verbrauchsdatenerfassung zusammen zu tragen. Zum anderen wurden, für das Energiemanagement, relevante Richtlinien, wie beispielsweise die DIN EN ISO 50001, analysiert. Anschließend wurden die daraus gewonnenen Erkenntnisse anhand einer Liegenschaft in Frankfurt am Main untersucht. Sind die benötigten Daten für einen virtuellen Zähler vorhanden, so ist die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung eine gute Methode um ein flexibles Energiemanagementsystem einzurichten. Voraussetzung ist allerdings, dass das System mit flüssigen Wärmeträgern arbeitet.

Die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung eignet sich gut für Neubauten, da der Einbau von realen Zählern einen erhöhten Druckverlust in der Leitung bedeutet. So spart man nicht nur die höheren und zusätzlichen Kosten für einen realen Zähler, sondern kann unter Umständen auch Energie durch geringere Verlustleistungen im System einsparen. Für Bestandsgebäude ist die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung ebenfalls sehr gut geeignet. Dabei liegt ihr größter Vorteil darin, dass keine zusätzlichen Einbauten in den Leitungen benötigt werden und somit keine zusätzlichen Druckverluste entstehen. Bei der Planung einer neuen Anlage können diese mit einkalkuliert werden, bei der Änderung bestehender Anlage muss allerdings anschließend ein erneuter hydraulischer Abgleich vorgenommen werden, welcher sehr aufwendig ist. Die von den Firmen angegebene Abweichung von ca. 4 % der Werte virtueller Zähler von Werten realer Zähler sind vernachlässigbar, da es beim Energiemanagement nicht so sehr darauf ankommt genaue Werte zu haben.

Die Erkenntnisse, die ein Energiemanagementsystem liefert beruhen eher auf dem Vergleich von Daten zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Trendaufzeichnungen, sowie auf Leistungs- beziehungsweise Verhältniskennzahlen. Diese verlieren nicht ihre Aussagekraft, wenn die Ausgangswerte etwas vom realen Energieverbrauch abweichen.

Einziger Nachteil ist die höhere Komplexität des Energiemanagementsystems, wenn virtuelle Zähler verwendet werden. Diese ergibt sich aus der Berechnung der Wärmemenge, welche bei realen Zählern intern abläuft und bei virtuellen Zählern von der Automationsstation durchgeführt werden muss. Hierzu ist ein größeres Verständnis der Anlagenhydraulik notwendig, welches das Überwachungspersonal des Energiemanagementsystems aber ohnehin haben sollte. Die höhere Komplexität des Energiemanagementsystems ist vermutlich der Hauptgrund, weshalb die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung in der Praxis wenig Anwendung findet. Die Bauherren und Immobilienbesitzer, die meist nicht viel über die Gebäudetechnik und das Energiemanagement wissen, werden von den tief gehenden Details der virtuellen Verbrauchsdatenerfassung abgeschreckt.

Aufgrund des immer größer werdenden Drucks auf Firmen, Organisationen und Gebäudebetreiber den Energieverbrauch ihrer Gebäude zu senken, bekommen Energiemanagementsysteme eine immer größere Bedeutung. Orientiert man sich bei deren Einführung an den in dieser Ausarbeitung genannten Normen, so muss ein sich wiederholender Zyklus etabliert werden, der eine immer neue Anordnung von Zählern impliziert. Die Umsetzung eines sich ständig verändernden Zählerkonzeptes ist mit einem wesentlich geringeren Aufwand verbunden, wenn virtuelle Zähler verwendet werden, da bauliche Veränderungen der technischen Anlagen minimiert werden.

Die virtuelle Verbrauchsdatenerfassung bietet auch eine einfachere Umsetzung des für 2018 geplanten Gebäudeenergiegesetz (GEG). Der für das vorliegende Thema wichtigste Abschnitt des Gesetzes ist „§ 6 – Verordnungsermächtigung Verteilung der Betriebskosten, Abrechnungs- und Verbrauchsinformation“. Dieser besagt unter anderem, dass Gebäudenutzer zukünftig ein Anrecht darauf haben detaillierte Informationen zu ihrem Energieverbrauch und den damit verbundenen Kosten zu erhalten, um ihren Energieverbrauch und ihre Kosten steuern und senken zu können. Um dem Gebäudenutzer diese Informationen ohne größeren baulichen Aufwand zur Verfügung stellen zu können, bietet sich die Einrichtung von virtuellen Zählern an.

Vergleicht man das derzeitige Zählerkonzept des, in dieser Arbeit, betrachteten Gebäudes mit den Möglichkeiten der virtuellen Verbrauchsdatenerfassung, die diese Ausarbeitung aufzeigt, so erkennt man das Potenzial der virtuellen Verbrauchsdatenerfassung. So lassen sich ca. 50 % der geplanten realen Zähler ohne weitere Einbauten durch virtuelle Zähler ersetzen. Die spart nicht nur die Kosten für die Zähler, sondern hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Druckverluste in den Leitungen.

Einfluss der Ultraschallintegration auf Biogasertrag und Viskosität in einer Biogasanlage

Niklas Krude B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Gerrit Körner B.Eng.

Datum des Kolloquiums:

26. Mai 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

In Kooperation mit:

WESSLING GmbH, Altenberge



Die Aufgabenstellung dieser Arbeit war die Untersuchung der Einflüsse der Ultraschalltechnik im Biogasbereich. Hauptaugenmerk lag auf der möglichen Einsparung beim Substrateintrag sowie auf Auswirkungen auf die Viskosität.

Die Firma Bioenergie Beerlage GmbH & Co. KG hat ein Ultraschallgerät von der Firma Ultrawaves Wasser & Umwelttechnologien GmbH mit der Option erworben, dass bei Nichterfüllung der vertraglichen Vorgaben die Anlage wieder zurückgegeben werden kann. Die Firma WESSLING hat den Auftrag erhalten diese Vorgaben zu prüfen und auszuwerten.

Der erste Schritt der anaeroben Fermentation ist die Hydrolyse. Infolge der komplexen molekularen Struktur einiger Substrate ist dies der geschwindigkeitslimitierende Faktor. Das Prinzip der Ultraschallintegration beruht auf der Erkenntnis, dass eine Reduzierung der Partikelgröße und eine Freisetzung leicht verfügbarer Substrate die Hydrolyse unterstützen und zum Teil auch substituieren können.

Bei der Ultraschallbehandlung werden aufgrund der ausgelösten Kavitation extreme hydromechanische Kräfte erzeugt, welche zur Verringerung der Teilchengröße und der Kettenlängen der Polymere der Biomasse führen. Bei zunehmendem Energieeintrag werden Zellwände aufgeschlossen und das Zellinnere geht in Lösung, sodass es für die Vergärung verfügbar ist.

Mittels BagFerm-Verfahren fanden Gärversuche statt, um den Biogasertrag von ultraschallbehandelter und nichtbehandelter Biomasse zu vergleichen. Das Ergebnis zeigte, dass die Ultraschallintegration zu einer Erhöhung des Biogasertrags um 18,8 % führte. Die Steigerung des Biogasertrags bezog sich auf bereits vergorenes Material. Die Gärversuche fanden unter anderen Bedingungen als auf der Großanlage statt. Daher lassen sich die Ergebnisse nicht auf die Gesamtanlage projizieren.

Um die Auswirkung auf der Biogasanlage Beerlage zu beurteilen wurden Massenbilanzen der organischen Trockensubstanz aufgestellt. Dafür wurde von allen Inputstoffen und allen Prozessabschnitten der Anteil organischer Trockenmasse ermittelt und daraus der Abbaugrad organischer Trockensubstanz errechnet. Im Rahmen dieser Arbeit konnte nach dem Einbau des Biosonators keine nennenswerte Steigerung des Abbaugrads festgestellt werden.

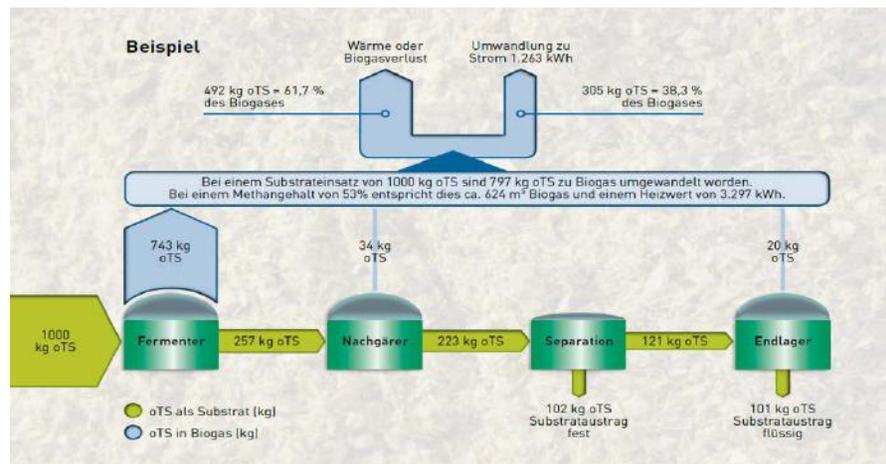


Abbildung 1: Beispielhafte Massenbilanz der organischen Trockensubstanz

Desweiteren wurde der Einfluss der Ultraschallbehandlung auf die Viskosität untersucht. Dafür wurde ein ViscoPakt®-Laborrührwerk eingesetzt. Dieses misst das Drehmoment. Die Drehmomentänderung ist proportional zur Viskositätsänderung. Es zeigte sich, dass das Drehmoment bei gleicher Drehzahl nach der Ultraschallbehandlung um 9 % sank.

Durch das BagFerm-Verfahren konnte gezeigt werden, dass die Ultraschallintegration das Potenzial besitzt, den Biogasertrag zu steigern. Jedoch konnte mit Hilfe der Massenbilanz der organischen Trockensubstanz keine Steigerung des oTS-Abbaugrades auf der Biogasanlage der Firma Bioenergie Beerlage GmbH & Co. KG bewiesen werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Untersuchungen weiter fortzuführen.

Die abschließende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in der die Kosten und die potenzielle Einsparung durch die Ultraschallintegrationsanlage gegenübergestellt wurden, zeigte, dass sich die Investition als wirtschaftlich erweist, sobald sich mindestens 10 % der eingesetzten organischen Trockensubstanz einsparen lassen.

Veit Kuhlbusch B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer: Oliver Kötting M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 30. Januar 2018

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit: AIR LIQUIDE Deutschland GmbH, Düsseldorf



Die 1902 gegründete AIR LIQUIDE Société Anonyme hat sich auf das Bereitstellen von Gasen wie Sauerstoff, Stickstoff, Argon und Wasserstoff spezialisiert. Diese Gase werden sowohl für Kunden aus den Bereichen der Industrie, als auch für Kunden aus dem Gesundheitswesen, produziert. Um allen Kunden gerecht zu werden betreibt die AIR LIQUIDE Gruppe weltweit 9000 km Pipelines, 24 Mio. Zylindergasflaschen, 433 Großanlagen zur Gasbereitstellung und 12.000 LKWs, um Gas zu den Kunden zu transportieren. Um Produkte herzustellen werden große Luftzerlegungsanlagen betrieben, die die Luft in ihre Bestandteile zerlegt. Für diesen Prozess wird sehr viel elektrische Energie benötigt. Die AIR LIQUIDE Deutschland GmbH sorgt für das Bereitstellen von Produkten für den deutschen Markt.

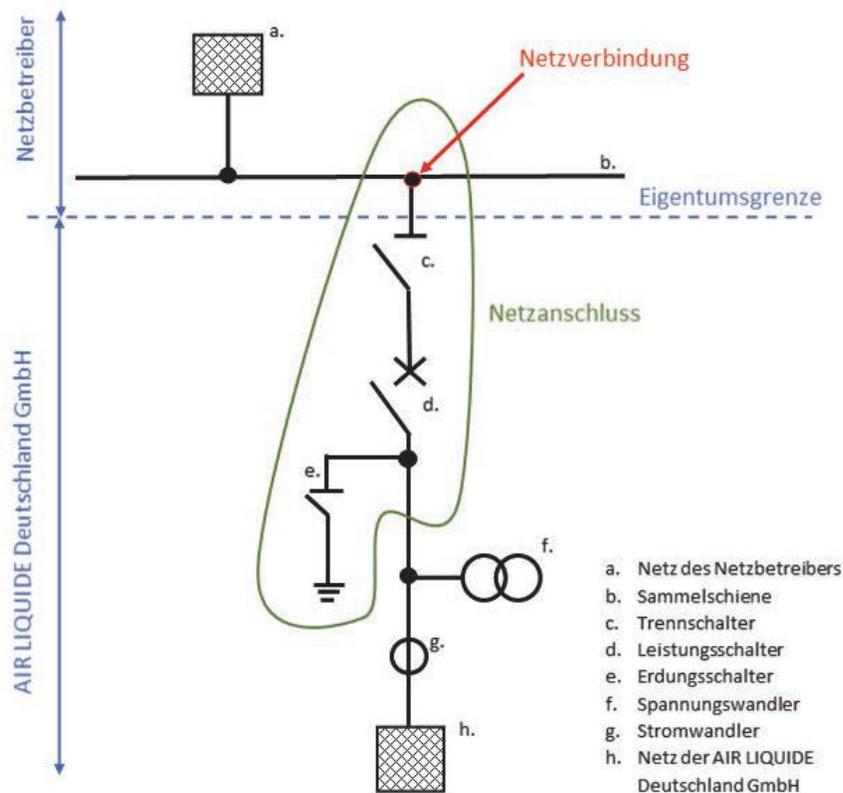


Abbildung 9: Netzanschluss

Um die Produktionssicherheit zu gewährleisten ist es daher sehr wichtig, dass immer Strom vorhanden ist. Dazu müssen die elektrischen Netzanschlüsse hinsichtlich technischer und auch kommerzieller Bewertungskriterien analysiert werden. Es wurde eine Bewertungsmatrix erarbeitet, mit der eine objektive Bewertung der Netzanschlüsse möglich ist. Diese wurde an den Standorten Dortmund, Schwarzheide und Böhlen angewandt.

Der Netzanschluss setzt die Grenzen für die zu bewertenden Bauteile (Abbildung 1). Die kommerzielle Bewertung meint die Bewertung hinsichtlich gesetzlicher und vertraglicher Kriterien. Diese kommerziellen Kriterien sind eng mit den technischen Kriterien verbunden. Die Verknüpfung der Themengebiete sind die technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber. Sie sind gesetzlich gefordert (§ 19 EnWG), sind Vertragsbestandteile der Netzanschlussverträge und die Grundlage für die technische Bewertung der Netzanschlüsse. Daher wird eine Bewertung anhand der Vertragssituation und der technischen Ausführung der Netzanschlüsse durchgeführt.

Um eine Analyse und darauf aufbauend eine Bewertung durchführen zu können, wurden zuerst die relevanten Grundlagen erarbeitet. Neben den technischen Grundlagen für einen Netzanschluss sind die kommerziellen, also die gesetzlichen und vertraglichen Rahmenbedingungen eines Netzanschlusses erarbeitet worden. Aus diesen Informationen konnten Vorgaben für die vertragliche Ausgestaltung von Netzanschlüssen ermittelt werden.

Um eine technische Bewertung zu ermöglichen wurde aufbauend auf den oben genannten Grundlagen eine Bewertungsmatrix erarbeitet. Grundlage für diese Bewertungsmatrix sind die technischen Anschlussbedingungen, welche die Netzbetreiber veröffentlichen müssen (§ 19 EnWG). Die Bewertungsmatrizen wurden für jeden Netzanschluss individuell erstellt, da jeder Netzbetreiber spezielle Vorgaben an den Netzanschluss vorgibt. Anhand von verschiedenen Informationsquellen, wie beispielsweise Gespräche mit den Standortverantwortlichen oder technische Dokumentationen der Netzanschlüsse, wurden die Informationen für die Bewertungsmatrizen erarbeitet. Durch die Auswertung der Analyse können die Netzanschlüsse hinsichtlich der erarbeiteten technischen und kommerziellen Kriterien bewertet werden. Zusätzlich werden Handlungsempfehlungen für die Netzanschlüsse erarbeitet.

Durch die Bewertung der Netzanschlüsse bekommt die AIR LIQUIDE Deutschland GmbH eine genaue Übersicht über die Zustände der Netzanschlüsse. Dies hilft dabei eine zuverlässige Stromversorgung der Werke und somit eine hohe Verfügbarkeit der Produktionsanlagen sicherzustellen.

Benedikt Küpers M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Dipl.-Ing. (FH) Detlef Harm (OWS GmbH)

Datum des Kolloquiums:

07. Dezember 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

In Kooperation mit:

Off-Shore Wind Solutions GmbH, Emden
Ocean Breeze Energy GmbH & Co. KG, Bremen



Das Ziel der Masterarbeit „Instandhaltung des kathodischen Korrosionsschutzes von Offshore Windenergieanlagen“ war es, die Instandhaltung des kathodischen Korrosionsschutzes von Offshore Windenergieanlagen (OWEA) zu verbessern. Hierfür wurden der Zustand, Potenzialmessungen, Prüfberichte, Rückmeldungen und die aktuellen Instandhaltungsmaßnahmen des kathodischen Korrosionsschutzes der OWEA Bard 5.0 herangezogen und mit wissenschaftlichen Erkenntnissen analysiert. Die in der Arbeit dokumentierten Informationen sollten darüber hinaus dazu dienen, Akteure in Bezug auf den kathodischen Korrosionsschutz zu sensibilisieren.



Abbildung 10: Offshore Windenergieanlagen Bard 5.0

Für die Korrosion von Eisen im Elektrolyten sind zwei Reaktionen maßgeblich verantwortlich. Das ist zum einen die anodische Teilreaktion bei der die Eisenionen in Lösung gehen $Fe \leftrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$, die frei gewordenen Elektronen verbleiben im Metall, und zum anderen die kathodische Teilreaktion bei der sich mithilfe von Sauerstoff, Wasser und der überschüssigen Elektronen im Metall Hydroxidionen bilden $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$. Bei weiteren Reaktionen zwischen den gelösten Eisen- und Hydroxidionen mit Sauerstoff und Wasser entsteht Rost.

Im Betrieb von OWEA treten unterschiedliche Korrosionsarten auf. Aus diesem Grund fordert die für die Genehmigung von Offshore Windparks (OWP) verantwortliche Behörde, das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrologie, ein umfassendes Korrosionsschutzkonzept.

Im OWP Bard Offshore 1 wird für den Schutz der Gründungsstrukturen ein kathodisches Korrosionsschutz System mit Fremdstromanoden betrieben. Durch das Einleiten von Gleichströmen werden die Eisenatome daran gehindert als Ionen in Lösung, zu gehen. Dadurch wird die Abtragungsgeschwindigkeit auf einen vernachlässigbaren Wert von ca. 10 $\mu\text{m/a}$ reduziert.

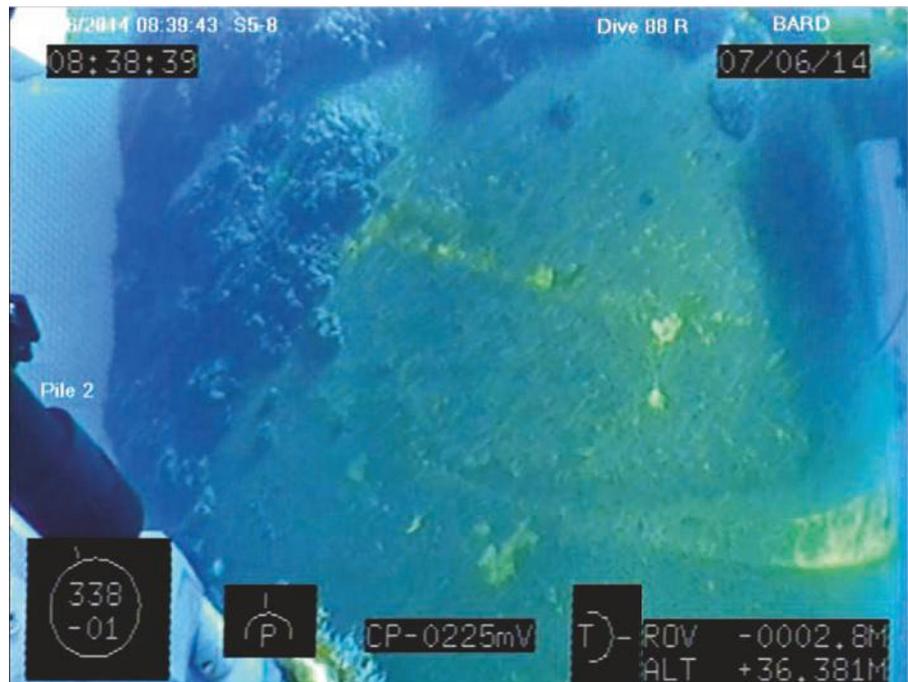


Abbildung 11: Mariner Bewuchs an der Gründungsstruktur

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Instandhaltungsmaßnahmen Optimierungspotenzial in den Bereichen Qualifikation, Monitoring, Einstellung und Organisation bieten und dass eine Sensibilisierung aller Akteure die Berührungspunkte mit dem kathodischen Korrosionsschutz haben, sinnvoll ist.

Der in dieser Masterarbeit zusammengetragene Überblick kann zu einer erfolgreichen Zertifizierung der Mitarbeiter nach DIN EN ISO 15257 beitragen. Darüber hinaus können sich außenstehende Personen ein Bild davon machen, welche Herausforderungen in der Instandhaltung des kathodischen Korrosionsschutzes entstehen.

Technischer Entwicklungsstand von E-Automobilen und Vermarktung durch Anreizsysteme im internationalen Vergleich

Kilian Lederbogen B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach

Datum des Kolloquiums: 10. Juli 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik



„Eine etwa 130 Jahre alte Mobilitätsstruktur steht vor ihren größten Umwälzungen seit ihrer Entstehung“ (Wilms 2015). Diese und ähnliche Sätze sind heute häufig in den Medien zu lesen. Die Automobilindustrie muss sich völlig neuen Herausforderungen stellen. Die größten Ansprüche liegen in einer zunehmenden Digitalisierung, dem autonomen Fahren und bei der Entwicklung von alternativen Antrieben. Der individuelle und öffentliche Personennahverkehr muss effizienter, schadstoffärmer und leiser werden. Der ökologische Gesichtspunkt ist in den Vordergrund gerückt. Doch ist dies nur eine kurzzeitige Erscheinung, sogar ein Hype oder steckt mehr dahinter?

Elektrofahrzeuge erobern weltweit zunehmend Marktanteile. Dabei unterscheiden sich die relativen Zulassungszahlen der einzelnen Länder erheblich. Doch woran liegt das, und wie kann dies beeinflusst werden? Welche Rolle spielt dabei die technische Entwicklung der Fahrzeuge? Wie verhalten sich die Anschaffungs- und Unterhaltskosten der Fahrzeugtypen? Welche Auswirkungen haben Anreizsysteme auf die Kaufentscheidung? Diese Fragen sind Motivation für diese Bachelorarbeit und wurden anhand verschiedener Analysemethoden untersucht.

Hauptuntersuchungsmethode ist dabei eine Total Costs of Ownership Analyse für den Gesamtkostenvergleich zwischen Fahrzeugen mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor und E-Automobilen. Eine einfache Gegenüberstellung der Anschaffungskosten der jeweiligen Fahrzeugtypen ist nicht aussagekräftig. Ferner werden auch unterschiedliche Fahrzeugklassen in Bezug auf die Gesamtkosten untereinander verglichen.

Allein eine finanzielle Betrachtungsweise genügt nicht für eine Erfolgsbeurteilung. Vielmehr befasst sich die Arbeit auch mit den technischen Gesichtspunkten und Herausforderungen für den Erfolg von E-Automobilen.

Jörg Leinkenjost M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Judith Schramm
Datum des Kolloquiums:	22. August 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung RheinEnergie AG und Rheinische NETZGesellschaft mbH, Köln



Insgesamt werden von der Rheinischen NETZGesellschaft mbH (RNG) Netze mit einer Länge von ca. 18.800 km im Strombereich, davon 354 km im Hochspannungsbereich, bewirtschaftet. Als 100%iges Tochterunternehmen der RheinEnergie AG mit Sitz in Köln, wurde diese im Zuge des Unbundling 2006 gegründet.

Der Energieverbrauch stieg in den Nachkriegsjahren und während des Wirtschaftswunders ab den 1950er Jahren sehr stark an. Entsprechend haben Elektrizitätsunternehmen schnell mit ihrem Netzausbau voranschreiten müssen, um dem wachsenden Energiebedarf gerecht zu werden. In dieser Zeit wurde das Hochspannungsnetz in Köln aufgebaut und bis in die 1970er Jahre ausschließlich mit luftisolierten Schaltanlagen betrieben. Der Großteil dieser Bestände aus Freiluft- und ein kleinerer Teil im innerstädtischen Bereich, aus Innenraum-Schaltanlagen. Erst ab 1968 wurden die gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen (GIS) im heutigen Netzgebiet der RNG eingesetzt. Bis in die 1980er Jahre wurde die Mehrheit der heute noch in Betrieb befindlichen GIS errichtet. Innerhalb der Erneuerungsstrategie muss nun vorausschauend geplant werden, diese Anlagen auszutauschen, um die Versorgungsqualität im Netz über einen langen Zeitraum sicherzustellen. Ein Austausch der Anlagen innerhalb einer kurzen Zeit ist aufgrund der heutigen vorhandenen Infrastruktur, den städtebaulichen Vorgaben und Beantragungsregeln, sowie der immensen Kosten nicht umsetzbar. Daher muss eine langfristige Erneuerungsstrategie entwickelt und mittelfristig mit der Erneuerung begonnen werden.

Innerhalb dieser Masterarbeit wurden derzeit am Markt befindliche gasisolierte Hochspannungsschaltanlagen analysiert, systematisch bewertet und miteinander verglichen. Hierzu wurde das Netzgebiet mit seinen derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen analysiert. Anforderungen aus betrieblichen, strategischen und wirtschaftlichen Aspekten wurden erarbeitet, sodass ein systematisches Bewertungskonzept zur Durchführung der Marktanalyse erstellt werden konnte. Die einzelnen Kriterien dieser Bewertung konnten mittels des analytischen Hierarchieprozesses (AHP) gewichtet und in der Bewertung verwendet werden. Hierzu wurde ein Excel-Tool entwickelt, welches auch in Zukunft zur Bewertung von Anlagen und Angeboten genutzt werden kann.

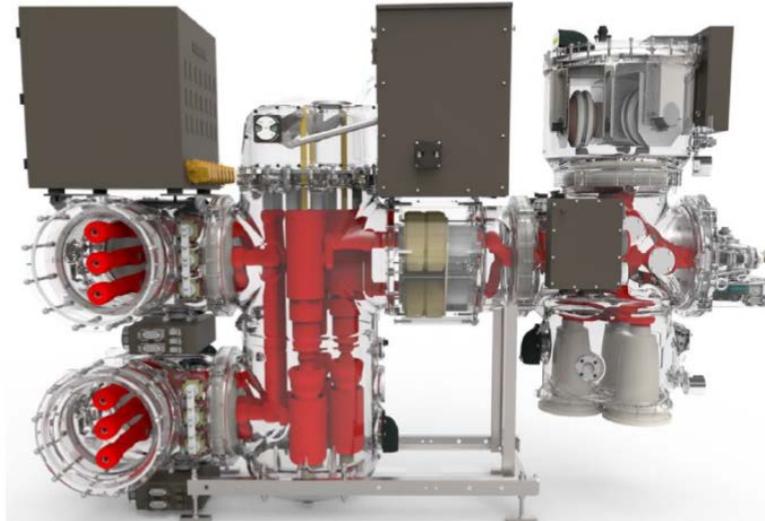


Abbildung: Seitliche Ansicht eines GIS-Feldes (Quelle: General Electric, GE)

Da das in GIS-Anlagen eingesetzte Schwefelhexafluorid (SF_6) durch die gesetzlichen Vorgaben aus der F-Gas Verordnung hinsichtlich der Umweltauswirkungen als kritisch bewertet wird, wurden neben den konventionellen Anlagen auch Anlagen mit alternativen Gasen, bzw. umweltfreundlicheren Isolations- und Löschmedien untersucht.

Mittels des Bewertungsverfahrens konnten insgesamt drei konventionelle und drei alternative Anlagen von drei führenden Herstellern untersucht und bewertet werden. Die Eignung zum Einsatz im Netzgebiet wurde verglichen und die den Gewichtungen entsprechend bestmöglichen Anlagen konnten identifiziert werden.

Neben den alternativen Anlagen wurde der Einsatz von digitalen Wandlern in Verbindung mit einem Prozessbus untersucht.

Eine Handlungsempfehlung hinsichtlich des zukünftigen Einsatzes der konventionellen, aber auch der alternativen GIS und der digitalen Wandler konnte abgegeben werden.

Aufbau und Entwicklung eines Versuchsstandes zur Messung von Telefoneschalldämpfern nach DIN EN ISO 7235

Xinling Li B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	07. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Raumluftechnik Damiflex GmbH



Das Ziel dieser Arbeit ist der Aufbau eines Prüfstandes für Telefoneschall-dämpfer, um deren Einfügungsdämpfung zu bestimmen. Ein Telefoneschalldämpfer wird in der Raumluftechnik benutzt, um die übertragene Schallleistung innerhalb eines Luftkanals zu senken, um damit das Wohlbefinden der Benutzer in nachfolgenden Räumen zu gewährleisten.

Das Schallabsorptionsvermögen eines Telefoneschalldämpfers kann im Labor durch akustische Versuche vermessen werden. Als Anwendungsbeispiel wurde ein Hanf-Rohrschalldämpfer von der Firma Damiflex vermessen.

Die theoretischen Grundlagen zur Vermessung basieren auf der DIN EN ISO 7235 und DIN EN ISO 3741. In der DIN EN ISO 7235 geht es um die Messeinrichtungen und Anforderungen an Messgeräte für Schallmessungen an Schalldämpfern. Jeder der drei wichtigen Teile des Prüfstands, nämlich die Quelleseite, der Messgegenstand und die Empfängerseite, müssen normgerecht ausgeführt werden. In der DIN EN ISO 3741 wird auf die zu beachtenden Randbedingungen eingegangen, einschließlich der Aufstellung der Mikrofone im Hallraum und auch die Berechnung des Schallleistungspegels.

Die tatsächlichen Messungen des Telefoneschalldämpfers wurden im Mai 2017 im Raumluftechniklabor durchgeführt und die Vorbereitung dafür früher getroffen. Für die Messungen wurde der Prüfstand entsprechend der zwei erwähnten Normen errichtet. Zuerst wurde der resultierende Schalldruckpegel bei Verwendung des Substitutionskanals gemessen und dann des Hanf-Rohrschalldämpfers von der Firma Damiflex.

Die Differenz dazwischen bezeichnet die Einfügungsdämpfung. Die Daten wurden in Terz- und Oktavbändern bei interessierenden Frequenzen ermittelt. Anhand der ermittelten Messergebnisse lässt sich feststellen, dass dieser Schalldämpfer eine gute Wirkung, insbesondere in den mittleren und hohen Frequenzbereichen besitzt.

Chia-Yu Lin B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Timo Förster B. Eng.

Datum des Kolloquiums:

31. August 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

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

In Kooperation mit:

EBM Ingenieurgesellschaft mbH, Münster



Energie einzusparen ist ein Wunsch für jedes gewerblich genutztes Gebäude. Die Einstellung von Sollwerte (wie z. B. Raumtemperatur) kann angesichts der menschlichen Behaglichkeit zwar nicht sehr unterschiedlich geändert werden. Aber mit großem Volumen der Verkaufsräume kommt trotzdem eine größere energetische Einsparung zustande. Es geht hiermit um die Problematik, wie die Sollwerte auf der Verbraucherseite bedarfsabhängig geregelt werden könnten und wie der Informationsaustausch von Verbraucherseite bis hin zum Erzeugerseite mit dem Gateway, S-Bussystem und Automationsstationen stattfindet. Außerdem kann sich ein eigenes Modell der Teilsysteme bei dem betrieblichen Verlauf entwickeln. In dem Modell werden vielseitigen Einflussfaktoren berücksichtigt, z. B. Wärmeverluste, Innere und äußere Wärmequelle oder auch Umweltfaktoren wie Außentemperatur, bauliche Faktoren usw.

Hierzu werden in den theoretischen Grundlagen der mathematischen Modelle eingeführt. Und die bei dem Betrieb auftretenden Störungen werden in dieser Form von den Modellen ausgedrückt, damit dass der Toleranzbereich der Behaglichkeit möglichst wenig überschritten wird.

Bei der Umsetzung der neuen Regelungsweise kann die Gebäudeautomation und Energiemanagement (Gebäudeleittechnik) angeschlossen werden, sodass die Daten erfasst, veranschaulicht und auch ausgewertet werden könnten. Bei dem langzeitigen „Trainings Phase“ ist somit als weitere Entwicklung die Datenbank-Technik einzusetzen, mit welcher das System sich mit der Zeit verbessern kann.

Die Bachelorarbeit hat die umfangreiche Thematik des Anlage-Betriebs und des Nutzens der neuen Regelung beleuchtet, indem sie Teile der existierenden Gebäudeautomation erwähnte und mit der die erweiterte Regelungsweise kombiniert.

Erstellung eines computerbasierten Tools zur Auslegung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Photovoltaikanlagen

Sebastian Ling B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. oec. Jana Wagner M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	23. März 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Umwelttechnik B.A.U.M. Consult GmbH, Hamburg



Im Jahr 2011 hat die Bundesregierung Deutschlands die Energiewende beschlossen. Nach der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima wurde ein zügiger Umstieg der deutschen Energieversorgung entschieden. Neben der drastischen Reduzierung des CO₂-Ausstoßes soll bis zum Jahr 2050 mindestens 80 % des Stroms aus regenerativen Quellen stammen. Eine Säule des Konzeptes ist der Ausbau der erneuerbaren Energien, doch diese bringt neue Herausforderungen. Neben der Windkraft, die Größtenteils im Norden erzeugt wird und von dort verteilt werden muss, bietet die Photovoltaiktechnik die Möglichkeit den Strom direkt auf den Dächern der Verbraucher zu erzeugen. Vor allem Unternehmen haben ein hohes Potenzial den Strom direkt zu nutzen, da diese meist tagsüber einen hohen und gleichmäßigen Strombedarf haben. Um den Strom aus Photovoltaikanlagen möglichst vor Ort zu nutzen ist eine optimale Auslegung erforderlich.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Tool zur Auslegung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Photovoltaikanlagen zu erstellen. Das Tool soll den Ingenieuren der B.A.U.M. Consult GmbH dabei helfen, Unternehmen im Rahmen einer Energieberatung eine Photovoltaikanlage als mögliche Maßnahme zur Kostenreduzierung zu berechnen. Die am Markt erhältlichen 3D-Simulationsprogramme zur Auslegung von Photovoltaikanlagen sind sehr komplex und zeitaufwändig. Bei der Erstellung des Tools wurde darauf geachtet, dass die Benutzung möglichst intuitiv und die Berechnung schnell durchzuführen ist. Die Ergebnisse resultieren aus dem Vergleich des Jahreslastgangs eines Unternehmens mit dem Stromerzeugungsprofil einer PV-Anlage. Das Stromerzeugungsprofil ergibt sich aus den Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes und den Parametern der PV-Anlage. Die Qualität der Ergebnisse ist somit hinreichend genau und die Wirtschaftlichkeitsberechnung entspricht den Anforderungen des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Es wurde herausgearbeitet, dass bei der Auslegung einer Photovoltaikanlage auf einen möglichst hohen Eigenverbrauch geachtet werden muss. In der Vergangenheit war die Einspeisevergütung je kWh größer als die Preise für den Strombezug aus dem Netz. Das Verhältnis hat sich jedoch gewandelt, durch die steigenden Stromkosten und die sinkende Einspeisevergütung ist es wirtschaftlicher, den Strom selbst zu nutzen als ihn über das EEG zu vermarkten. Dieser Trend wird in den nächsten Jahren weiter zunehmen.

Während der Erstellung des Tools wurden verschiedene Ansätze erprobt. Zuerst waren Ein- und Ausgabemasken getrennt. In der Praxis stellte es sich jedoch heraus, dass eine einheitliche Ein- und Ausgabemaske aller Daten praktischer ist. Auch

wurden während der Erstellung des Tools die Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes aktualisiert. Vorher gab es 15 Klimaregionen für ganz Deutschland, nach der Aktualisierung können die Daten jetzt in einer interaktiven Karte für jeden Quadratkilometer einzelnen heruntergeladen werden. Auch die Qualität der Strahlungswerte wurde durch den Einsatz von Satelliten noch einmal verbessert.

Mit Hilfe des Tools ist es nun möglich, Photovoltaikanlagen ohne großen Zeitaufwand zu berechnen. Die Ausgabe der Ergebnisse geschieht automatisch und ist dem Layout der Berichte der Energieberatung angepasst. Mit den erstellten Diagrammen und Tabellen ist es den Ingenieuren möglich, den beratenen Unternehmen die Ergebnisse verständlich zu vermitteln.

Grunddaten			
Anlagengröße	99 kWp	EEG Umlage	0,0679 €/kWh
Planungszeitraum	20 a	Abzuführende EEG Umlage [%]	40%
Direktvermarktung (ab 100kWp Pflicht)	nein	Abzuführende EEG Umlage	0,0272 €/kWh
Stromertrag p.a		Ausrichtung und Wirkungsgrade	
Kalkulatorischer Zins	2%pa	Ausrichtung	Süd
Jährl. Rückgang Stromertrag	0,2%	Neigung [°]	30
EEG Vergütung*	0,1155 €/kWh	Ausrichtungsfaktor	1,1
Anteil Eigenverbrauch	92,1%	Wirkungsgrad PV-Modul [%]	17%
Strompreis	0,168 €/kWh	Wirkungsgrad Wechselrichter [%]	96%
Strompreissteigerung	3%pa	Performance Ratio [%]	80%
Preissteigerung			
Laufende Kosten	2%pa		
Baukosten der Anlage			
	pro kWp		
Baukosten	1.000 €		99.000 €
Montage	300 €		29.700 €
Sonstiges			0 €
			128.700 €
Laufende Kosten			
	pro kWp jährl.		
Versicherung	6 €		594 €/a
Rückstellung/Reparaturen	10 €		990 €/a
Sonstiges (Messtellenbetrieb etc.)			40 €/a
			1.624 €/a

*Die EEG-Vergütung berechnet sich gestaffelt nach der Größe der Anlage, die ersten 10 kWp zu 12,6 Ct/kWh, 10-40 kWp zu 12,27 Ct/kWh und 50-750 kWp zu 11,01 Ct/kWh und wird gemittelt angezeigt.

	1. volles Jahr	Gesamt (20 Jahre)
Stromproduktion	91.956 kWh	1.808.018 kWh
Eigenverbrauch	84.714 kWh	1.665.638 kWh
nach EEG vermarktet	7.241 kWh	142.380 kWh
Eigenverbrauch (Ersparnis)	11.931 €	329.989 €
EEG Stromerträge	837 €	16.448 €
Laufende Kosten	1.624 €	38.651 €
Gesamtertrag	11.144 €	307.786 €
Amortisationszeit (dyn.)		<u>11,0 a</u>
Rendite		<u>7%pa</u>

Rebecca Lück B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann<
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter<

Datum des Kolloquiums: 10. Mai 2017

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

Laborbereich: Labor Umwelttechnik
In Kooperation mit: GEOLOG Wilbers & Oeder GmbH, Münster



Auch nach mehreren Jahrzehnten der Altlastensanierung ist die Altlastenproblematik noch immer aktuell. Nach wie vor gefährden Altlasten das Grundwasser als wichtigste Trinkwasserressource. Ein besonderes Augenmerk liegt heutzutage auf Altstandorten, welche in der Vergangenheit mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen verunreinigt wurden und trotz stetiger Maßnahmen nicht vollständig saniert werden konnten.

Es ist heutzutage bekannt, dass unter idealen Randbedingungen auch Substanzen anthropogenen Ursprungs grundsätzlich mikrobiologisch abgebaut werden können. Bei dem mikrobiellen Abbau von LCKW im Grundwasser spielen hauptsächlich Bakterien eine bedeutende Rolle. Hinsichtlich der Abbaumechanismen unterscheiden sich jedoch die Prozesse. Je nach Bakterienart können somit eher zufällige und ohne direkten Vorteil ablaufende Stoffwechselprozesse oder gezielte Vorgänge mit Energiegewinn erfolgen.

In beiden Fällen ist die Anwesenheit eines Substrates als Energie- und Kohlenstofflieferant notwendig. Umfassende Erfahrungswerte wurden bisher bei dem Einsatz von Melasse (Zuckersirup) gesammelt.

Die Dechlorierung erfolgt stufenweise unter der Abspaltung von Chloratomen. Das durch Verstoffwechslung organischer Substanzen entstehende Wasserstoffatom nimmt den Platz eines Chloratoms ein. Höher chlorierte Verbindungen können somit stufenweise dechloriert werden.

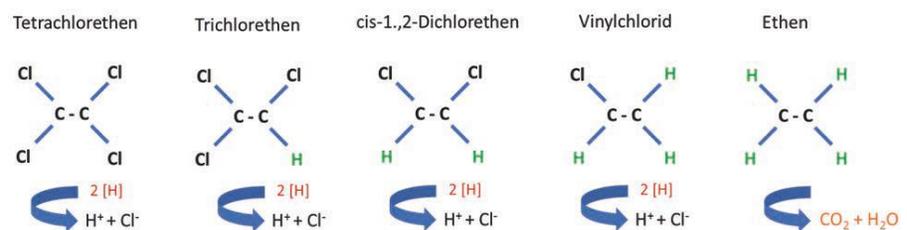


Abb. 1: Vollständige Mineralisierung chlorierter Ethene

Eine vollständige Mineralisierung von LCKW erfolgt nach heutigem Stand nur durch wenige Bakterienarten die der Gattung Dehalococcoides sp. angehören. Im Rahmen dieser Arbeit sollte die Anwendbarkeit einer mikrobiologischen Sanierung von LCKW an einem Pilotstandort bewertet werden. Im Vordergrund standen hierbei drei Feldversuche.

Zu den wesentlichen Zielen der Feldversuche gehörte es, die zuvor rechnerisch bestimmte Reichweite einer Melasse-Injektion zu verifizieren sowie den Transport und die Verteilung des Auxiliarsubstrates zu untersuchen. Des Weiteren sollte die Etablierung der Redoxzonen und der Rückgang der Schadstoffgehalte innerhalb der Reaktionszone untersucht werden. Anhand von Transformationsprozessen und den dabei entstehenden Metaboliten sollte im Anschluss das Potenzial der standorteigenen Mikroorganismen zur vollständigen Mineralisierung von LCKW bewertet werden.

Anlehnend an die Feldversuche zu reduktiven Dechlorierung wurde am Quellzentrum des Standortes durch die Injektionen verschiedener Lösungsvermittler eine mögliche Mobilisierung der Schadstoffphase erprobt. Ziel war es hierbei, eine Erhöhung der Bioverfügbarkeit und somit einen beschleunigten mikrobiellen Abbau zu begünstigen. Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen sollte im Anschluss daran ermittelt werden, welcher der Mobilisierungstoffe das höchste Lösungspotenzial besitzt.

Zusammenfassend konnte nach Abschluss der durchgeführten Versuche eine tendenzielle Aussage zum mikrobiologischen Abbaupotenzial des Standortes getroffen werden.

Larissa Lück B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. Markus Schwering
Zweitprüfer:	Birgitt Klugermann MBA
Datum des Kolloquiums:	31. März 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Ahaus GmbH, Ahaus



Die deutschen Energiemärkte, sowohl der Strommarkt als auch der Gasmarkt, waren in den letzten 18 Jahren von einer Vielzahl gravierender Veränderungen betroffen, welche jeweils auch Auswirkungen auf die Akteure in diesen Märkten hatten.

Begonnen haben diese Veränderungen mit der Liberalisierung der deutschen Energiemärkte im Jahr 1998. Die deutsche Bundesregierung beschloss, die zuvor in staatlicher Hand geführte Energieversorgung für die freie Marktwirtschaft freizugeben.

Ein zentraler Punkt der Liberalisierung war das sogenannte „Unbundling“. Der Begriff steht für die Entflechtung der Unternehmenszweige Vertrieb und Netz bei Energieversorgungsunternehmen (EVU), die durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bis heute vorgeschrieben ist. Diese Regelung betraf damals wie heute in erster Linie vertikal integrierte Unternehmen. Dabei handelt es sich um Energieversorgungsunternehmen, die auf der einen Seite den Unternehmenszweig des Übertragungs- bzw. Fernleitungsnetzbetreibers hatten und auf der anderen Seite im Bereich des Energievertriebs oder –handels tätig waren.

Auf Grund der gesetzlich vorgeschriebenen buchhalterischen, informationellen, organisatorischen und gesellschaftsrechtlichen Trennung dieser Unternehmenszweige verloren die großen Energieversorgungsunternehmen ihre Monopolstellung und eine Vielzahl neuer Unternehmen etablierte sich auf dem Energiemarkt.

Bis heute steigt die Zahl der Energieversorgungsunternehmen in Deutschland stetig. 2015 betrug der Zuwachs bei den Strom- sowie bei den Gasanbietern insgesamt 6 % im Vergleich zum Vorjahr, sodass die Endkunden zwischen 1.179 Strom- und 948 Gasversorgern wählen konnten. Durch diese große Anzahl an Marktteilnehmern besteht ein starker Wettbewerb zwischen den Energieversorgungsunternehmen, der starken Einfluss auf die Marketingstrategien der Unternehmen hat.

Auch die Stadtwerke Ahaus GmbH muss sich als mittelständisches Energieversorgungsunternehmen tagtäglich im Wettbewerb gegen eine Vielzahl von Konkurrenzunternehmen durchsetzen. Mit der Hilfe von Preisvergleichsportalen wie beispielsweise www.check24.de oder www.toptarif.de sind Neu- sowie Bestandskunden immer wieder auf der Suche nach dem Energieversorgungsunternehmen mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis.

Aufgabe des Marketings in Zusammenarbeit mit dem Vertrieb ist es, auf der einen Seite die Rate der wechselnden Kunden zu senken und auf der anderen Seite die Zahl der Neukunden zu erhöhen. Um diese Aufgabe zu bewältigen und mit den Kunden in Kontakt zu bleiben, arbeitet die Stadtwerke Ahaus GmbH bereits mit einer großen Vielzahl unterschiedlicher Marketinginstrumente, die jedoch noch Erweiterungspotenzial aufweisen, zum Beispiel im Bereich des Social Media Marketings

Optimierung von Energiewendemaßnahmen anhand des elektrischen Lastprofils

Henrik Lütke-meier B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer: Thomas Voß M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 16. März 2018

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

Laborbereich: Laboratorium für Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit: Kreis Steinfurt – Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit



Die Arbeit untersucht die Auswirkungen von Energiewendemaßnahmen auf das Stromlastprofil. Dazu wird am Beispiel des Stromlastgangs eines Wohngebietes anhand von verschiedenen Szenarien Entwicklungen simuliert. Zur Berechnung der Lastprofile wird ein Rechner-tool entworfen, das Szenarien des Photovoltaikausbaus, dem Einbinden von Batteriespeichern und der Zunahme der Elektromobilität kombiniert und betrachtet. Das Wohngebiet ist den Strukturdaten eines Wohngebietes in Steinfurt nachempfunden. Zur Berechnung des Stromlastgangs werden Standardlastprofile genutzt und mit den Lastprofilen der jeweiligen Szenarien kombiniert.

Für die Simulation des PV-Ausbaus werden die Daten des Solarkatasters des Kreises Steinfurt genutzt und anhand der Wetterdaten der Wetterstation der Fachhochschule berechnet. Außerdem wird mit den Leistungsdaten einer PV-Freiflächenanlage gerechnet, die in dem betrachteten Gebiet errichtet werden wird. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass der Photovoltaikausbau mit Extremwertentstehungen bei den Lasten und der Laständerung einhergeht. Dazu zählen sowohl erhöhte Einspeisungen als auch steigende Lastschwankungen bei großen Änderungs-raten. Diese Entwicklung nimmt mit steigendem Ausbau deutlich zu. Im Fall der Batteriespeicherung wird anhand von Photovoltaikbatteriespeichern die Auswirkungen auf das Lastprofil untersucht. Dabei beschränkt sich die Betrachtung auf Batteriespeicher, die in Haushalten eingebaut werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass solche Batteriespeicher im betrachteten Rahmen nur geringe Auswirkungen auf den Lastgang zeigen. Um zur Entlastung des Netzes beizutragen oder Lastspitzen abzufachen, benötigt Energiemanagementsysteme, die gezielt diese Fälle erkennen und ausregeln.

Für die Zunahme der Elektromobilität betrachtet diese Arbeit zwei Ladeleistungen (4,6 kW und 11 kW), um die Unterschiede zwischen herkömmlicher und Schnellladung aufzuzeigen. Die Untersuchungen wurden auf Grundlage der Ziele der Bundesregierung für die Anteile der Elektromobilität an den PKW in Deutschland bis 2020 durchgeführt. Um die Auswirkungen auf das Netz abzuschätzen, wurde ein Extremfall angenommen, der zur Feststellung der maximal möglichen Auswirkung der Elektromobilität auf das Netz dient. Der Berechnung zufolge kommt es zu einem geringen Anstieg der Last, vor allem bei den Schnellladeleistungen, im Verhältnis zu der absoluten Last.

Netzstrukturoptimierung im Bereich Bremen Huchting am Beispiel wesernetz Bremen GmbH

Nico Maußhardt M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Frank Ristau
Datum des Kolloquiums:	18. Dezember 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Netzingenieur in der Energie- und Wasserversorgung
Laborbereich: In Kooperation mit:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung wesernetz Bremen GmbH, Bremen



Die historisch entstandenen Netzstrukturen in der Hansestadt Bremen, Stadtteil Huchting, sollten an die derzeitige Philosophie zum Betrieb von Nieder- und Mittelspannungsnetzen angepasst werden. Schwerpunkt war dabei die Konzeptionierung einer Netzstruktur für die Zukunft. Von besonderer Bedeutung war neben den zu erwartenden technologischen und betriebsrelevanten Vorteilen, die Betrachtung der wirtschaftlichen Auswirkungen der gewählten Strategie.

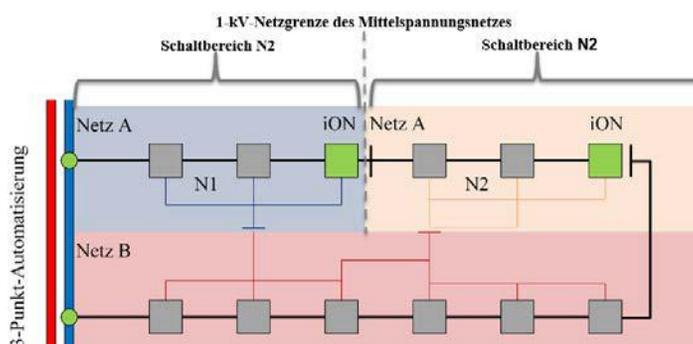
Bei den künftig anstehenden Erneuerungs-, Umstrukturierungs- und Erweiterungsmaßnahmen möchte wesernetz möglichst einheitliche und moderne Prinzipien für die Gestaltung und Ausstattung der Netze anwenden. Diese auch als Planungsgrundsätze bezeichneten Prinzipien sollen zum einen die künftigen an die Netze gestellten Anforderungen berücksichtigen und zum anderen die im jeweiligen Regulierungsrahmen gegebenen Randbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Netze erfüllen. Solche Planungsgrundsätze liegen, zumindest in schriftlicher und damit einheitlich anwendbarer Form, derzeit nicht vollumfänglich vor. Diese Lücke hat wesernetz als Bestandteil dieser Arbeit geschlossen. Das anzustrebende Netzkonzept wurde ausformuliert und die vorhandenen Freiheitsgrade der Netzgestaltung und -dimensionierung eliminiert.

Im 10-kV-Mittelspannungsnetz der wesernetz Bremen GmbH werden verschiedene Kabeltypen mit stark unterschiedlichen physikalischen und technischen Eigenschaften betrieben. Verlegt wurden im Bereich Huchting ca. 81 km Mittelspannungskabel unterschiedlichster Baujahre. Die bis 1990 verlegten Bleimantelkabel sind mit 78 % der Gesamtlänge führend. Ein Großteil der Kabel in Bremen Huchting wurde zwischen 1957 und 1966 verlegt. Gemäß Investitionsvorgaben der wesernetz Bremen GmbH sind 60,4 % der verbauten Kabel bis zum Jahr 2020 austauschwürdig.

Zur Erfassung des Zustandes der Kabelstrecken wird die TE-Messung eingesetzt. Bei der Auswertung der vorliegenden TE-Messungen wurde kein erkennbarer systematischer Fehler festgestellt. Kabelstrecken eines Baujahres, an unterschiedlichen Einbauorten, zeigen stark unterschiedliche Teilentladungspegel. In der Vergangenheit kam es durch Montagefehler, im Bereich der Mittelspannungsmuffen, auch bei neueren Kabelstrecken gehäuft zu Teilentladungen und damit zu Fehlern. Der Status quo der Anlage wurde im Bereich der Netzstationen sowohl anhand der vorliegenden Daten als auch anhand durch Vor-Ort-Begehungen analysiert.

Es konnte gezeigt werden, dass die aktuell betriebenen Verteilungsnetze optimierungsfähig und die vorhandenen Kabelstrecken erneuerungswürdig sind. Im Mittelspannungsnetz in Bremen Huchting werden übersichtliche offene Halbringe angestrebt, die zeitgleich eine hohe Versorgungsqualität auszeichnen soll. Erreicht wurden diese Ziele über die Auflösung von Quermaschen, die Optimierung der 1-kV-Netzgrenzen, die Neuordnung der Mittelspannungskabel, Abrüstung überdimensionierter Netzstationen und den Einsatz von modernen ferngewirkten Schaltanlagen.

Eine Möglichkeit die Unterbrechungsdauer im Störfall zu senken, ist der Einsatz von dem neusten Stand der Technik entsprechenden Technologien in den Verteilungsnetzen. Dazu wurde die sogenannte 3-Punkt-Automatisierung ausgewählt. Dieses Verfahren beschreibt den Einsatz von zwei fernsteuerbaren und ferngemeldeten Mittelspannungsschaltanlagen sowie eines ferngewirkten Schaltfeldes im Umspannwerk gemäß Abbildung. Der eingesetzte Stationstyp wird als intelligente Ortsnetzstation, kurz iON bezeichnet. Diese reduzieren im Fehlerfall die Dauer der Versorgungsunterbrechung, durch die kurzfristige Wiederversorgung einzelner fehlerfreier Teilstrecken. Grundlage für eine ferngewirkte Wiedereinschaltung sind definierte und segmentierte Strukturen in allen betroffenen Spannungsebenen, die voneinander unabhängig sind. In Bremen bedeutet das eine galvanische Trennung der jeweiligen vermaschten Niederspannungsnetze zu vereinzelt Schaltbereichen.



Der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Verfahrens wird durch rechnergestützte Netzberechnungen in Siemens PSS@SINCAL erbracht. Bestandteile sind die Lastfluss-, Kurzschlussstrom- und Zuverlässigkeitsberechnungen.

Abschließend wurde festgestellt, dass die alterungsbedingte steigende Nichtverfügbarkeit in Bremen Huchting nicht allein durch die Ausrüstung von Netzstationen mit Fernwirksystemen ausgeglichen werden kann. Zur Verbesserung der Versorgungsqualität ist der Ersatz von 46,4 km Mittelspannung erforderlich. Für die Festlegung der Reihenfolge wurden die Ergebnisse der TE-Messung und die zukünftige Betriebsweise der Mittelspannungsnetze analysiert. Die prognostizierte Nichtverfügbarkeit sinkt durch die konzipierten Maßnahmen von 14 min/a auf 8,4 min/a. Für die gesteuerte Umsetzung wurden Migrationspfade mit einer Laufzeit von fünf Jahren entwickelt. Die Gesamtkosten des Projektes belaufen sich auf 8,11 Mio. €.

Augustin Ngassam Mbiandjeu B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	24. April 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik



Die Entwicklung der Klimatisierungssysteme und die höheren Behaglichkeitsansprüche heutiger Nutzer haben dazu geführt, dass sich die Planer immer intensiver mit einer detaillierten Berechnung der Raumkühllast beschäftigen. Diese detaillierte Berechnung der Raumkühllast hat darüber hinaus das Ziel die Investitionskosten für Kühlanlagen zu senken. Außer der Senkung der Investitionskosten, tragen diese Berechnungsmethoden dazu bei, die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zu verbessern, wie es zunehmend auch von der Politik durch verschiedene Verordnungen gefordert wird.

Hierbei gibt es heutzutage eine Vielzahl von Berechnungsmethoden, die es ermöglichen die Kühllast von Gebäuden oder von Räumen zu bestimmen. Diese Methoden können sowohl detailliert als auch vereinfacht sein. Dabei hat jede Methode andere Besonderheiten, durch unterschiedliche zugrunde liegende Prinzipien, Lösungsansätze und Berechnungsvorgänge. Zur Harmonisierung der Berechnungsmethode, wurde die DIN EN 15255 von Spezialisten in dem Bereich der Versorgungstechnik erstellt.

Diese findet Anwendung in den meisten europäischen Ländern. Nichtsdestotrotz wird die Berechnung der Kühllast in einigen europäischen Ländern durch weitere Richtlinien unterstützt. Ein Beispiel dafür ist Deutschland, wo die Kühllast über die VDI 2078 berechnet wird. Die VDI 2078 besitzt zwei Verfahren, die nicht nur voneinander, sondern auch von der europäischen Norm unabhängig sind.

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wird zunächst die Raumkühllast eines Modellbüroriums nach der DIN EN 15255 und nach der VDI 2078 berechnet. Anschließend erfolgt ein Vergleich der Berechnungsergebnisse beider Verfahren und die Ergebnisdiskussion bezüglich der sich ergebenden Abweichungen.

Die Aufgabe dieser Arbeit bestand darin die Raumkühllast und die operative Raumtemperatur eines Modellbüroriums mittels der DIN EN 15255 und der VDI 2078 zu ermitteln. Für die Berechnungen nach der DIN EN 15255, die mithilfe einer Excel-Arbeitsmappe durchgeführt wurden, erhält man eine Raumkühllast von 1,358 kW, bei einer operativen Temperatur von 28,94 °C. Die Berechnung nach VDI 2078 führte zu abweichenden Ergebnissen. Die Raumkühllast wird mit 1,522 kW beziffert, bei einer operativen Temperatur von 27,3 °C.

Die Raumkühllastberechnung nach der VDI 2078 führt zu einem um 12 % höheren

Ergebnis. Die operative Temperatur hingegen ist etwa sechs Prozent niedriger als im Verfahren der DIN EN 15255.

Die Ergebnisunterschiede sind im Wesentlichen auf einige Ursachen zurückzuführen. Die Annahme stationärer Größen, statt deren dynamischen Ermittlung, zählt dabei zu den Einflussfaktoren in dem Verfahren der DIN EN 15255. Dies war eine Vereinfachung für diese Arbeit, welche im realen Einsatz nicht Anwendung finden würde bzw. sollte. Die Gegenüberstellung eines dynamischen und eines stationären Verfahrens, ist somit generell problematisch. Es wird die Berechnung für einen einzelnen Zeitpunkt (DIN EN 15255) mit den Ergebnissen eines gesamten Tages verglichen (VDI 2078).

Ein anderer wichtiger Aspekt, der zur Abweichung der Ergebnisse führt, ist der Einfluss der Außenlufttemperatur auf die Berechnungen. Zwar spielt die Außenlufttemperatur eine wichtige Rolle für das Verfahren nach der DIN EN 15255, da einige Wärmeübergangskoeffizienten damit bestimmt werden, aber es gibt keinen direkten Zusammenhang zwischen der Außenlufttemperatur und der Raumkühllast. Dennoch hängt die Kühllast nach der VDI 2078 stark von der Außentemperatur.

Des Weiteren werden Stoffdaten z. B. für die Verglasungsbauteile unterschiedlich berücksichtigt, ebenso wie die meteorologischen Gegebenheiten. Dies resultiert in Abweichungen, welche sich besonders auf die Wärmeeinträge durch Sonnenstrahlung auswirken. Die Berechnung nach der DIN EN 15255 zeigt an dieser Stelle Defizite.

Die Berechnung der Raumkühllast hat das Ziel, die Planung und Auslegung von kältetechnischen Geräten zu erleichtern und zu optimieren. Eine exakte und realitätsnahe Ermittlung ist dabei von großer Wichtigkeit. Die Berechnungsergebnisse beider Verfahren sind zwar realistisch, aber durch die aufgezeigten Defizite der DIN EN 15255, ist die Berechnung der Raumkühllast und der operativen Temperatur nach der VDI 2078 als geeigneter einzustufen. Dennoch wichen die Ergebnisse der DIN EN 15255 in der vereinfachten Ermittlung mit Excel nur geringfügig ab und eine zukünftige Einbeziehung der dynamischen Anteile, sowie der fehlenden Faktoren können dazu beitragen, die Abweichungen weiter zu verringern. Eine weitere Erforschung dieser Thematik ist von großer Bedeutung.

Untersuchungen zum Qualitätsmanagement in der TGA Abteilung eines Generalbauunternehmens

Daniel Meermeier B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Dipl.-Ing. Michael Kellingshaus

Datum des Kolloquiums:

21. November 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Gebäudetechnik

Laborbereich:
In Kooperation mit:

Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, Gebäudeautomation
MBN Bau AG, Georgsmarienhütte



Der Begriff „Qualität“ steht allgemein für die Übereinstimmung zwischen erwarteter und umgesetzter Beschaffenheit. Im Bauwesen dreht sich prinzipiell alles um Qualität. Die Bauherren erwarten eine hohe Ausführungsqualität bei einem geringen Preis und einer schnellen Ausführung. Diese Erwartungen können meist nicht erfüllt werden, da durch Fehler in der Planung Fehler in der Ausführung entstehen was zu Kostensteigerungen und Terminverzügen führt. Dieses ist an den zahlreichen Baustellen, die große mediale Aufmerksamkeit erlangt haben, zu sehen.

Die Planungsmethodik BIM – Building Information Modelling – stellt einen Versuch dar diese Problematik im Bauwesen zu lösen. Mit BIM wird in einem dreidimensionalen Modell geplant. Dieses wird im Laufe der Planung mit verschiedenen bauteilspezifischen Informationen angereichert. So wird ein digitaler Zwilling des zu errichtenden Gebäudes erstellt. Sämtliche Informationen sind vom Computer erfassbar und können dadurch exakt zugeordnet werden. BIM stellt einen deutlichen Mehraufwand während der Phase der Planung dar.

Dieses Vorgehen lässt sich bspw. mit dem in der Fertigungsindustrie vergleichen, in welcher ein extremer Aufwand im Bereich der Entwicklung betrieben wird um Fehler, die während der Nutzung eines Produktes auftreten können, abzuwenden. Mit BIM soll unter Verwendung digitaler Methoden eine hochdetaillierte Gebäudeplanung viele Missstände, die bei Anwendung der konventionellen Planung entstehen, beseitigen. Kurz: die Qualität der Bauausführungen soll durch die Erhöhung der Qualität der Planung gesteigert werden. Es gibt verschiedene Normen und Richtlinien, die Vorgaben für einzuhaltende Qualitäten darstellen. Die DIN-9000-Reihe ist die im deutsch/europäischen Raum bekannteste Normenreihe, welche den Aufbau und die Umsetzung eines Qualitätsmanagementsystems vorgibt.

Die MBN Bau AG ist ein mittelständisches Generalbauunternehmen im Bereich des Schlüsselfertigbaus. Sie hat ein Qualitätsmanagementsystem, welches nach der DIN ISO 9001 zertifiziert ist. Dies bedeutet, dass es eine Reihe an Vorgaben gibt, wie spezifische Prozesse auszuführen sind bzw. überwacht werden müssen. Bspw. gibt es einen Qualitätssicherungsplan, welcher regelmäßige Kontrollen während der Ausführung aber auch schon in der Planungsphase fordert. Die Arbeitsmethodik BIM ist bis zum Zeitpunkt der Arbeit noch nicht bei MBN integriert aber in Bereichen der Kalkulation angedacht.

Durch Interviews mit mehreren Bauleitern der technischen Gebäudeausrüstung wurde untersucht, wie die Umsetzung des Qualitätsmanagementsystems erfolgt. Des Weiteren wurde der Stand der Digitalisierung des Unternehmens untersucht. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse wurden Verbesserungsvorschläge angebracht und mögliche Auswirkungen diskutiert.

Ein Ergebnis der Arbeit war, dass der Qualitätssicherungsplan, welcher explizite Qualitätskontrollen fordert, die handschriftlich zu dokumentieren sind, kaum oder nur bedingt Anwendung findet. Die hohen Ausführungsqualitäten der Firma MBN sind der Erfahrung der Mitarbeiter zu verdanken, welche individuelle Methoden zur Qualitätssicherung anwenden. Es wurde angeregt auf Basis des Fachwissens der Mitarbeiter einen digitalen Qualitätssicherungsplan zu erarbeiten, dessen Anwendung zum einen verpflichtend und zum anderen weniger zeitaufwendig im Vergleich zum alten Plan ist. Dieser Verbesserungsvorschlag zielt zudem darauf ab den Einsatz digitaler Arbeitsmethoden voranzutreiben, um sich zusätzlich auf den kommenden Einsatz von BIM vorzubereiten.

Ein weiterer Vorschlag zur Verbesserung bestand darin ein System zu entwickeln, welches gemachte Fehler – also Erfahrungen – dokumentiert und anderen Mitarbeitern zur Verfügung stellt.

Den wohl bedeutendsten Verbesserungsansatz stellt die Erlangung von BIM-Kompetenzen dar. Da MBN keine eigene Planungsabteilung hat, ist der Bereich des BIM-Managements in dieser Hinsicht die größte Chance nachhaltig Einfluss auf die Planung zu nehmen.

Bauen ist und wird auch gerade mit BIM noch mehr zur Teamarbeit. Durch das frühe Zusammentreffen von Planer, Auftraggeber und einem parallel dazu arbeitenden BIM Management kann es gelingen, dass die Planung eines Gebäudes bereits in der Entwurfsphase eine hohe Plausibilität und Umsetzbarkeit innehat.

Untersuchung der Grundstücksentwässerung mit Bezug auf Möglichkeiten der Detektion von Fehleinleitungen im Trennsystem

Bastian Melchert M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Christian Schmidt M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

10. Oktober 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

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

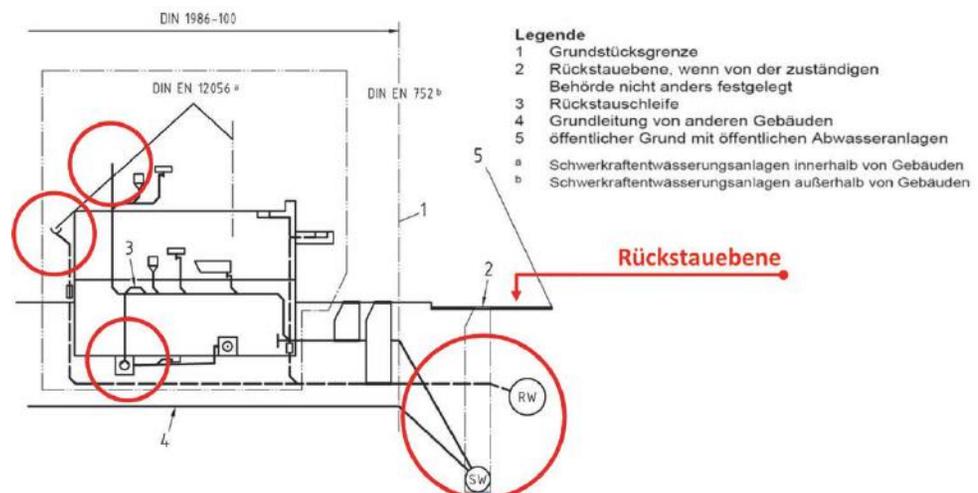
Laborbereich:
In Kooperation mit:

Labor für Hydraulik und Stadthydrologie
Ingenieur Consult Brüne GmbH



Bei der Entwässerung von Schmutz- und Regenwasser ist künftig das Trennsystem zu bevorzugen. Ein Vorteil des getrennten Ableitens ist die geringere Gewässerbelastung. Das Trennsystem birgt jedoch auch die Gefahr von fehlerhaft angeschlossenen Grundstücksentwässerungen (sog. Fehleinleitungen). Es handelt sich dabei zum einen um Regenwasser, welches fälschlich an den öffentlichen Schmutzwasserkanal angeschlossen wird und zum anderen um Schmutzwasser, das fälschlich an den öffentlichen Regenwasserkanal angeschlossen wird.

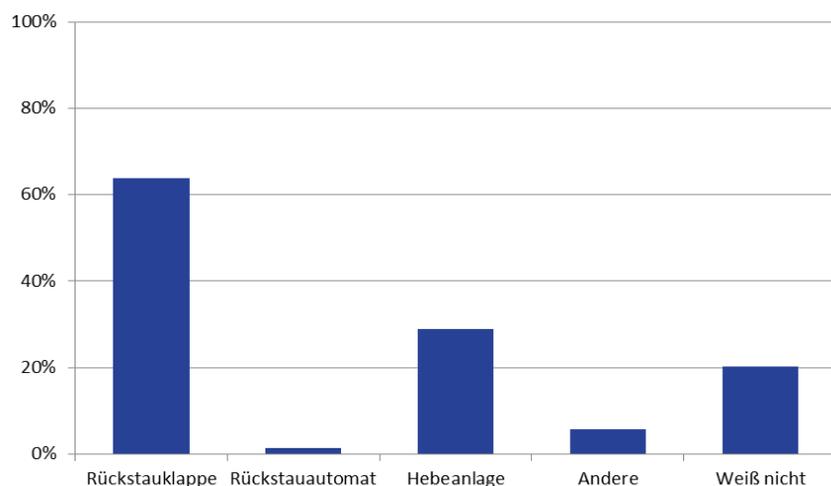
Ziel der Arbeit war es, die Vor- und Nachteile des Detektionsverfahrens der Benebelung herauszuarbeiten. Bei der Benebelung wird Signalnebel innerhalb des Grundstücks in das Regenwasser- sowie das Schmutzwassersystem eingebracht und an den potenziellen Austrittsorten beobachtet, wo der Nebel austritt. Im Falle einer Fehleinleitung von Schmutzwasser ist bei Benebelung des Regenwassersystems zum Beispiel mit Nebelaustritt aus der Lüftungsleitung der entsprechenden Schmutzwasserleitung zu rechnen. Wie in der Abbildung sichtbar, wurden für die Zuverlässigkeit der Detektion von Schmutzwasserfehleinleitungen die möglichen Störfaktoren innerhalb des Schmutzwassersystems betrachtet.



Bei der Betrachtung der Grundstücksentwässerung nach der DIN 1986-100 sowie der DIN EN 12056 haben sich vor allem die Elemente zur Rückstausicherung als potenzielle Grenzen des Nebelfließweges herausgestellt:

- Rückstauklappen für fäkalienfreies Abwasser sind im Normalfall geschlossen. Bei aus der Kanalisation zurückdrückendem Wasser werden die Rückstauklappen gegen einen Dichtring gedrückt und schließen rückstausicher.
- Hebeanlagen für fäkalienfreies und fäkalienhaltiges Abwasser pumpen das Abwasser, welches unterhalb der Rückstauenebene anfällt, über eine Druckleitung in die entsprechende Rohrleitung. Durch den in der DIN EN 12050-4 vorgeschriebenen Einbau einer Rückschlagklappe steht dauerhaft Wasser in der Druckleitung, somit kann kein Nebel in die Lüftungsleitung der Hebeanlage gelangen
- Rückstauverschlüsse des Typs 3 gemäß DIN EN 13564-1 sind mit einem durch Fremdenergie betriebenen, selbsttätigen Verschluss auszuführen und daher im Normalzustand geöffnet. Die Schließbedingungen sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Bei Nebeltritt kann der Rückstauautomat somit ggf. Schließen und einen Nebelaustritt über Dach verhindern.

Durch eine Umfrage zur Einbausituation von Rückstausicherungen im Trennsystem wurde ermittelt, dass Rückstauautomaten für fäkalienhaltiges Abwasser im Gebäudebestand selten installiert sind (1 %). Weitaus häufiger sind Schmutzwasserhebeanlagen (29 %) und mit einer Häufigkeit von 64 % sind Rückstauklappen eingebaut.



Die Benebelung ist ein geeignetes Mittel für die Detektion von Regenwasserföhleinleitungen in die Schmutzwasserkanalisation. Bei der Detektion von Schmutzwasserföhleinleitungen in den Regenwasserkanal stößt diese allerdings an Grenzen, sobald sich Entwässerungsgegenstände unterhalb der Rückstauenebene befinden.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Auslegung eines Batteriespeichersystems für ein Quartier am Beispiel eines Gewerbegebiets

Tobias Mennebäck B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Reiner Tippkötter
Datum des Kolloquiums:	22. August 2017
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	energielenker Beratungs GmbH, Greven



Batteriespeichersysteme erhöhen den Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad von PV-Systemen. Bei diesen unterscheidet man zwischen Heim-, Gewerbe-, und Quartierspeichern. Durch einen netzdienlichen Betrieb ermöglichen die Systeme, bei gleichem Ausbau des Stromnetzes, einen höheren PV-Ausbau. Besonders die Quartierspeicher können durch Synergieeffekte die Effizienz eines Quartiers erhöhen.

Jedoch sind die gesetzliche Lage und somit die wirtschaftliche Situation oft diffizil. Das liegt vor allem an der nicht klar definierten Einordnung der Batteriespeicher.

In dieser Arbeit wird der Einsatz von Batteriespeichersystemen in einem Quartier untersucht. Anhand eines Quartiers wird ein entwickeltes Excel-Tool zur Auslegung solcher Systeme getestet und die Ergebnisse analysiert. Abbildungen 1 und 2 zeigen Auszüge des Cockpits, welches zur Analyse und Steuerung der Tools dient. Dabei wird festgestellt, dass unter den realen Rahmenbedingungen, kein wirtschaftlicher Betrieb eines Batteriespeichersystems als Gewerbe- oder Quartierspeicher in dem betrachteten Quartier möglich ist.

Die weitere Analyse verdeutlicht, dass die Ursache dafür, die fehlenden Grundvoraussetzungen für ein Batteriespeichersystem im bestehenden Quartier sind. Dazu zählen die Preisstruktur sowie die Verteilung von Erzeugung und Verbrauch. Für den sinnvollen Einsatz eines Quartierspeichers sind zudem mehr als vier Liegenschaften notwendig. Außerdem ist eine heterogene Struktur von Erzeugung und Verbrauch von Vorteil. Unterschiedliche Szenarien zeigen den Einfluss der Rahmenbedingungen.

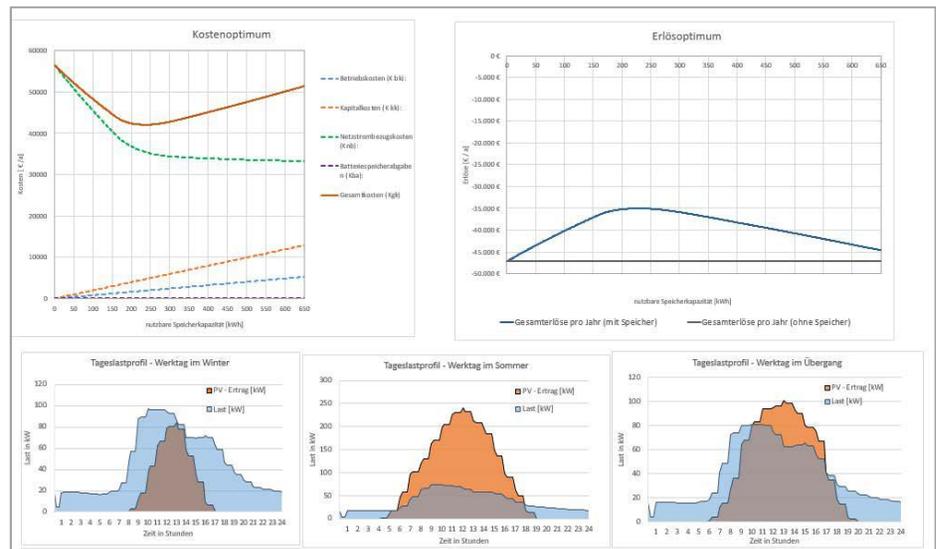


Abbildung 12: Auszug aus dem Cockpit des Excel-Tools

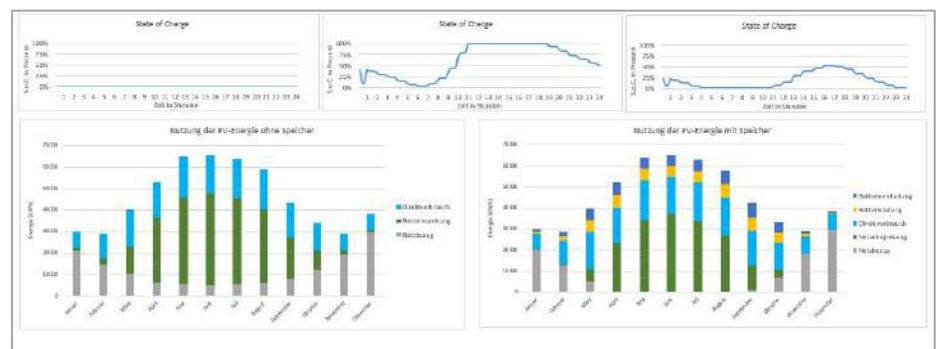


Abbildung 13: Auszug aus dem Cockpit des Excel-Tools

Abschließend ist zu sagen, dass besonders Quartiersspeichersysteme energetisch sinnvoll sind. Durch die Simulationen konnte das bewiesen werden. Bei richtiger Preisstruktur und Verteilung der Energien ist eine wirtschaftliche Integration eines Batteriespeichersystems möglich. Würden die Rahmenbedingungen für Quartierspeicher zu Gunsten der Nutzer geändert, könnten die Attraktivität der Systeme und die positiven Auswirkungen auf das Stromnetz gesteigert werden.

Dominik Mesenhöler M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Alexander Neupert M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

22. Mai 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

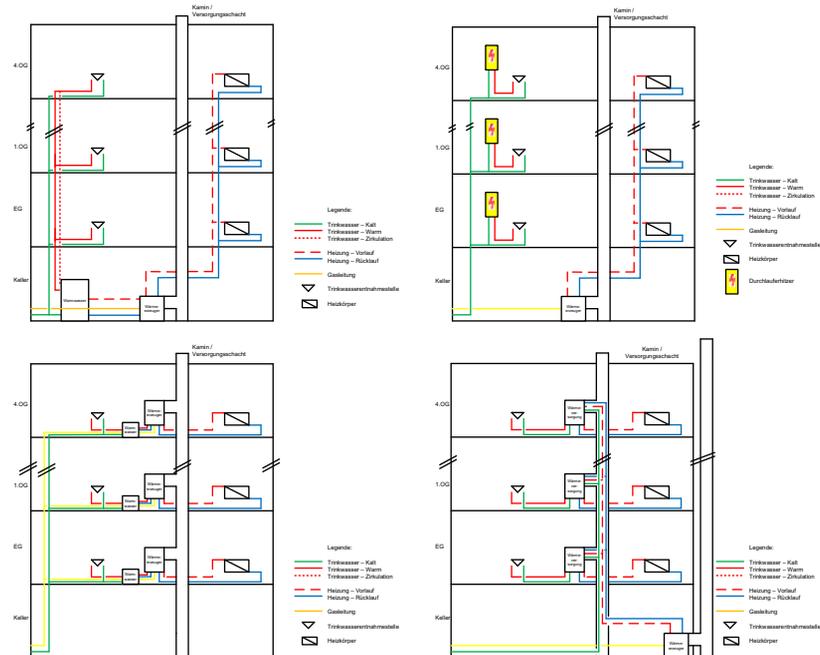
Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Gebäudetechnik

Laborbereich:
In Kooperation mit:

Haus- und Energietechnik
Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Die Heizwärme- und Warmwasserversorgung in Mehrfamilienhäusern kann mit Hilfe von konventionellen Systemen mit einem zentralen Kessel und Warmwasserspeicher sowie getrennten Warmwasser- und Heizungsleitungen erfolgen. Weitere Systeme können beispielsweise die dezentrale Versorgung, in der jede Wohnung mit einem eigenen Wärmeerzeuger ausgestattet ist, oder eine Wohnungsstation sein. In der Arbeit werden vier verschiedene Systeme vorgestellt, deren Jahresprimärenergiebedarfe und Transmissionswärmeverluste auf Basis der gleichen Randbedingungen eines Gebäudes verglichen, sowie technisch und wirtschaftlich betrachtet.



Um die verschiedenen Systeme vergleichen zu können, wird ein Referenzhaus entwickelt. Dieses unterscheidet sich im sanierten Altbau und im Neubau bei den U-Werten, die in der Energieeinsparverordnung (kurz: EnEV) vorgegeben werden. Des Weiteren wird bei dem Neubau Bezug auf das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (kurz: EEWärmeG) genommen, welches den Mindestanteil des Wärme- und Kälteenergiebedarf vorgibt, der durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss.

Als Grundlage werden für die Berechnungen des Jahresenergieverbrauchs Simulationen mit einem Berechnungstool durchgeführt. Anhand der aktuellen Gesetzeslage wie beispielsweise der Trinkwasserhygiene (DIN 1988) werden Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme, der Installationsaufwand oder der CO₂-Verbrauch aufgezeigt.

Zur Betrachtung und Berechnung der Wirtschaftlichkeit hat sich die Richtlinie VDI 2067 etabliert. In ihr wird die Annuitätenmethode verwendet. Bei dieser Methode werden einmalige und laufende Kosten zusammengefasst. Ein Annuitätenfaktor ermöglicht die Betrachtung für einen bestimmten Zeitraum.

Abschließend werden die erarbeiteten Ergebnisse der technischen und wirtschaftlichen Betrachtung miteinander kombiniert. Das System, welches technisch am besten bewertet wurde, kann wirtschaftlich gesehen am schlechtesten sein. Daher müssen alle Ergebnisse in die Entscheidung mit einbezogen werden, um das sinnvollsten Ergebnis zu erreichen.

EnEG, EnEV und EEWärmeG werden zum neuen GEG – Der Wandel von Gesetzen und Verordnungen für mehr Energieeffizienz im Neubau

Kristina Metzger B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 05. Oktober 2017

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

Laborbereich: Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit: Köster GmbH, Osnabrück



In dieser Arbeit sollte herausgefunden werden, wie die vorhandenen, zurzeit geltenden Gesetze und Vorschriften, wie das Energieeinsparungsgesetz, die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz zu dem neuen Gebäudeenergiegesetz zusammengefasst werden sollen und welche Änderungen dieses Gesetz mit sich bringen wird.

Da immer mehr Energie eingespart werden muss und die Gebäude energieeffizienter werden sollen, wird mehr auf erneuerbare Energien und weniger auf fossile Brennstoffe zurückgegriffen, um auch die Umwelt zu entlasten.

Der Grundgedanke ist, die wichtigsten Gesetze und Verordnungen im Neubau zu einem Gesetz zusammenzufassen, um mehr Struktur und Einheit zu erreichen, sowie bisherige Schwierigkeiten in der Anwendung zu beheben und auch den Vollzug des neuen Gesetzes zu erleichtern. Die Entstehung der Gesetze begann in den 70er Jahren mit der Ölkrise. Da die Primärenergiequellen langfristig nicht unbegrenzt verfügbar sein werden, begann ein Umdenken mit den fossilen Ressourcen.

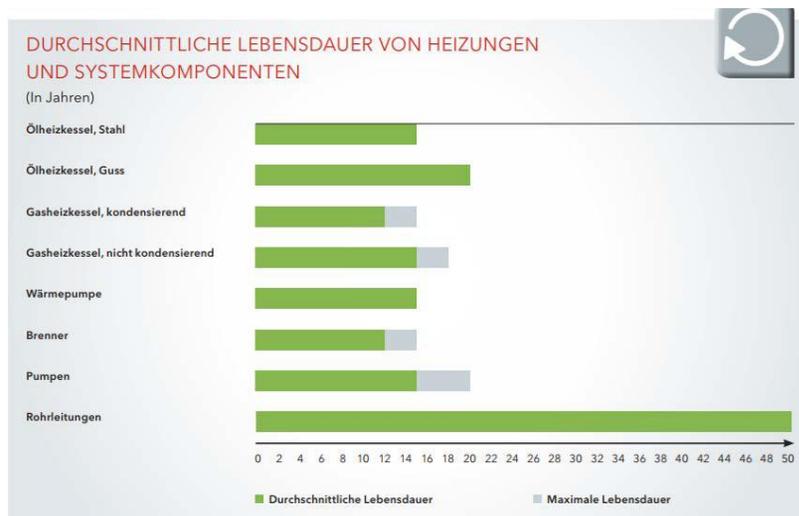
Das EnEG ist die Rechtsgrundlage, Anforderungen an die Beschaffenheit und den Betrieb von haustechnischen Anlagen festzusetzen, aber auch an die bauphysikalischen Eigenschaften eines Gebäudes. Ziel ist die Einführung des Niedrigstenergiegebäudestandard für alle Gebäude ab 2021. Dieser Standard hat einen sehr geringen Energieverbrauch, welcher möglichst durch regenerative Energien gedeckt werden soll. Basierend auf dem EnEG gibt es zudem die EnEV, welche ein „Instrument“ der Energie- und Klimaschutzpolitik ist. Sie hat den Zweck, in Verbindung mit wirtschaftlicher Vertretbarkeit, Energie in Gebäuden einzusparen. Das EEWärmeG ist zusätzlich dafür da, um die Anteile der erneuerbaren Energie in Gebäuden zu bestimmen. Diese Anteile der erneuerbaren Energie sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Maßnahmen zur Erfüllung des EEWärmeG	Anteile des Gesamtenergiebedarfs in %
Nutzung erneuerbarer Energien	
solare Strahlungsenergie	15
gasförmige Biomasse	30
flüssige Biomasse (Bioöl)	50
Geothermie	50
Umweltwärme	50

Das Gebäudeenergiegesetz wurde am 23.01.2017 als Referentenentwurf vorgelegt und sollte am 01. Januar 2018 Inkrafttreten, was jedoch aufgrund von Nichteinigung im Koalitionsausschuss vorerst gescheitert ist. Die Änderungen die im vorliegenden Referentenentwurf festgehalten sind, sind keine festen Vorgaben, sondern nur Entwurfswerte und gewünschte Voraussetzungen. Diese müssen in der nächsten Legislaturperiode überarbeitet werden, um eine klare Struktur mit genauen Vorgaben im neuen GEG festzulegen.

Zudem bezieht sich das GEG vorerst ausschließlich auf Nichtwohngebäude der öffentlichen Hand, was Rathäuser, Kindertagesstätten, Museen und auch Ministerien umfasst. Bestimmungen für private Gebäude wurde zurückgestellt und sollen bis zum Jahre 2021 ausgearbeitet werden. Somit wurden noch keine konkreten Vorgaben für die Niedrigstenergiegebäude definiert.

Außerdem müssen die Wirtschaftlichkeit und der Klimaschutz betrachtet und auf einen Nenner gebracht werden. Hierbei werden unterschiedliche Meinungen der beiden Koalitionspartner bezüglich der Wirtschaftlichkeit geäußert. Mit den jetzigen Vorgaben würden die Amortisationszeiten bei ungefähr 30 Jahren liegen, was für die Union eine Unzumutbarkeit darstellt. Es ist zu erwähnen, dass übliche technische Anlagen in Gebäuden, wie eine Heizungsanlage diese Amortisationszeiten nicht überstehen. Die Lebensdauer dieser beträgt im Schnitt je nach Beanspruchung und Qualität ungefähr 12 bis 20 Jahre, was die folgende Abbildung anhand eines Balkendiagramms verdeutlicht.



Aufgrund der Tatsache, dass das Gebäudeenergiegesetz in dieser Legislaturperiode nicht in Kraft getreten ist, können keine konkreten Feststellungen bezüglich der Berechnungen nach diesem Gesetz gemacht werden. Als Folge der Nichteinigung der Koalitionspartner musste somit die Verabschiedung des GEG bis zur nächsten Legislaturperiode vertragen werden. Die Regierung muss das Gesetz hinsichtlich Wohn- und Nichtwohngebäuden in privatem Besitz überarbeiten beziehungsweise Regelungen für die Ausführung festlegen.

Untersuchung zur energetischen und wirtschaftlichen Optimierung eines Blockheizkraftwerkes und des nachgeschalteten Strom- und Wärmenetzes am Campus Hautklinik des Universitätsklinikum Münster

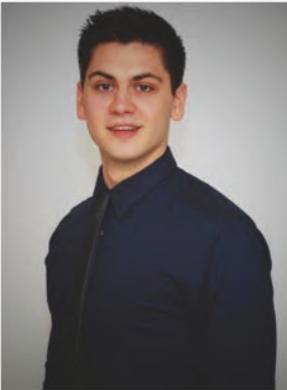
Waldemar Metzger B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer: Christian Große-Wöstmann M. Eng

Datum des Kolloquiums: 09. Februar 2018

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

In Kooperation mit: Universitätsklinikum, Münster



Krankenhäuser sind komplexen gebäudetechnischen Anforderungen ausgesetzt, die mit enormen Energiebedarfsstrukturen verbunden sind. Reine Energiekosten der Krankenhäuser in Deutschland werden jährlich auf 1,5 Milliarden Euro geschätzt. Aus wirtschaftlichen Gründen ist auch bei Krankenhäusern der effiziente Einsatz von Energie ein zentrales Ziel. Mit Wirkungsgraden bis zu 90 Prozent erweisen sich Blockheizkraftwerke als hocheffizient und tragen einen hohen Beitrag zur Kostensenkung bei. [18] Am Universitätsklinikum Münster sind bereits vier Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Betrieb.

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Blockheizkraftwerk auf dem Campusareal der Hautklinik betrachtet. Dabei wird die grundlegende Frage behandelt, die auch gleichzeitig das Thema dieser Arbeit darstellt, welche energetischen und wirtschaftlichen Optimierungspotenziale in Bezug auf das Blockheizkraftwerk und das nachgeschaltete Strom- und Wärmenetz möglicherweise gegeben sind. Im Allgemeinen gibt die Arbeit darüber Auskunft, ob es sinnvoll ist eine Optimierungsbetrachtung an einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage die bereits in Betrieb ist durchzuführen und ob gewisse Feinjustierungen am Gesamtsystem Auswirkungen auf die Effizienz des Systems haben.

Die Arbeit ist in drei Abschnitte gegliedert, die in weitere Unterkapitel unterteilt sind. Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit dem Stand der Technik und den Grundlagen eines Blockheizkraftwerkes sowie der Kraft-Wärme-Kopplung. Dieser Teil soll als Grundlage zum Verständnis der darauffolgenden Kapitel dienen. Im zweiten Teil werden die Energiebedarfe erfasst und für die Optimierungsbeurteilung wichtige Kennzahlen berechnet. Auf Basis dieser Grundlagen und gewonnenen Erkenntnisse wird eine Optimierungsuntersuchung durchgeführt. Im dritten Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der Optimierungsuntersuchung bewertet, ein Konzept zur Optimierung dargestellt und anschließend eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.

Das abschließende Fazit fasst die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit zusammen und gibt Handlungsempfehlungen sowie einen kurzen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

Notfallplan der Energieversorgung Leverkusens zur Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung

Svenja Michels M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Wittek MBA
Datum des Kolloquiums:	23. Oktober 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Netzingenieur
Laborbereich: In Kooperation mit:	IWARU Institut für Wasser · Ressourcen · Umwelt Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co. KG, Leverkusen



Der § 16 Abs.5 der Trinkwasserverordnung verpflichtet die Wasserversorger zur Erstellung eines Maßnahmenplanes, um im Krisenfall Verzögerungen im Ablauf zu vermeiden. Insbesondere die Informationskette sollte in einem Maßnahmenplan genau beschrieben sein, damit im Falle einer akuten Gefahr ohne schuldhaftes Verzögern reagieren werden kann. Ebenso wichtig sind detailliert aufgebaute Ablaufpläne, die genau skizzieren, welche Tätigkeiten in welcher Reihenfolge durchgeführt werden müssen. Diese Ablaufpläne werden im Notfallplan der EVL beschrieben. Er enthält alle wichtigen Szenarien, die einer Versorgungsunterbrechung entgegenwirken. Je präziser die Beschreibungen der Arbeitsabläufe sind, desto besser und zeitnaher können die Mitarbeiter im Notfall reagieren.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Notfallplan der Energieversorgung Leverkusens überarbeitet und an die aktuelle Anlagen-, Netz- und Allgemeinsituation angepasst werden. Die Versorgungssicherheit wurde zudem mit Hilfe eines Rohrnetzrechnungsprogrammes überprüft. Zunächst wurde für die normale Wasserversorgungssituation die Kapazitätsgrenzen der jeweiligen Einspeiseanlagen über das Netzberechnungsprogramm ermittelt. Im Anschluss erfolgt die Abbildung der potentiellen Ausfallszenarien über das Netzberechnungsprogramm. Die Abb. 1 zeigt die Versorgung von Leverkusen im normalen Zustand. Die unterschiedlichen Farben des Versorgungsgebiets skizzieren die verschiedenen Wasserbezugsquellen. Ebenfalls zu erkennen sind die unterschiedlichen Einspeisestationen.

Ausgehend von diesem Versorgungszustand wurden 11 Szenarien für den Notfallplan erarbeitet und deren Versorgungssicherheit anhand das Netzberechnungsprogramm OptiPlan überprüft. Die Szenarien basieren auf maximal n-2-Ausfällen. Das heißt, dass nicht mehr als zwei Bezugsquellen oder Einspeisestationen gleichzeitig ausfallen.

Die Betrachtung des normalen Versorgungszustandes mit Hilfe des Netzberechnungsprogrammes ist für die Erstellung des Notfallplanes sehr hilfreich. Eine erste Einschätzung der Gefahrenpotentiale über die Darstellung des Leverkusener Versorgungsnetzes ist gut möglich, da Versorgungsengpässe direkt in der Netzdarstellung ersichtlich werden. Die Zusammenstellung der Szenarien des Notfallplanes erfolgte in erster Linie auf Basis der hierdurch gewonnenen Erkenntnisse.

Übersicht Versorgungsgebiet EVL - Normaler Versorgungszustand

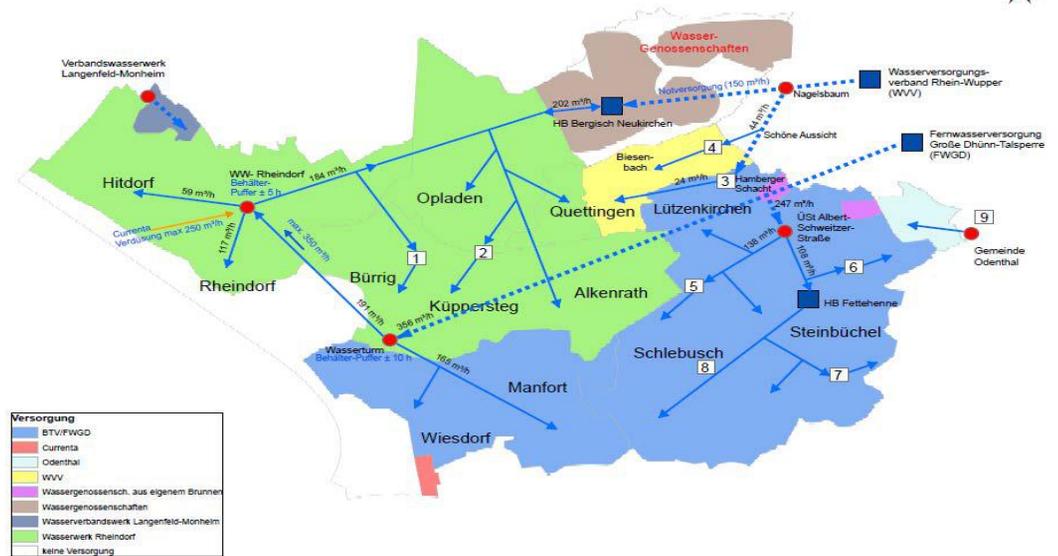


Abbildung 14 Versorgungsgebiet Leverkusen im normalen Versorgungszustand

Als Ergebnis der Berechnungen aus dem Netzberechnungsprogramm lässt sich schlussfolgern, dass die Energieversorgung Leverkusens durch die möglichen vier Wasserbezugsquellen einen hohen Grad an Versorgungssicherheit bieten kann. Durch die sehr gute Verteilung von Einspeiseanlagen im Versorgungsgebiet und die unterschiedlichen Schaltmöglichkeiten innerhalb der Anlagen kann die Trinkwasserversorgung im Notfall sehr lange aufrechterhalten werden.

Moderne Wasserversorgungsunternehmen unterliegen zunehmend dem Kosten- und Gewinnmaximierungsdruck. So ist nur folgerichtig, dass Ressourcen gebündelt werden, damit weniger Mitarbeiter die Arbeit erledigen, die früher von viele durchgeführt wurde. Das führt auf der einen Seite zu Einsparungen auf Personalebene, auf der anderen Seite jedoch auch zu einem geringeren Detailwissen im Anlagen- und Netzbetrieb. Insbesondere im Hinblick auf das Wegbrechen der Erfahrungen durch Pensionierungen und die zunehmende Fluktuation junger Mitarbeiter ist es für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Wasserversorgung unablässig, den betriebseigenen Notfallplan regelmäßig anzupassen und das Wissen um mögliche und nötige Maßnahmen aktuell zu halten. Sämtliche Gefährdungssituationen die eintreten können und bisher nicht im Notfallplan erfasst sind, müssen in den Notfallplan aufgenommen werden. So ermöglicht man die Bereitstellung des Wissens, das früher nur die Mitarbeiter mit langer Betriebszugehörigkeit hatten.

Der für die Energieversorgung Leverkusens erstellte Notversorgungsplan kann durch eine eigens hierfür entwickelte Applikation über die Tablets der Mitarbeiter von unterwegs aufgerufen werden. Die intuitive Bedienung des EDV-Programmes ermöglicht ein schnelles Aufrufen des benötigten Szenarios und ist ebenso für alle anderen Wasserversorger anwendbar.

Bläh- und Schwimmschlammbekämpfung mittels Selektorbecken bei der Behandlung von Abwasser aus der Verarbeitung tierischer Nebenprodukte

Marek Mönkedieck B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	15. Dezember 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik Rendac Icker GmbH & Co KG, Belm-Icker



Durch Schwimm- und Blähschlamm auf dem Nachklärbecken von Abwasserreinigungsanlagen kann es zu großen Problemen bei der Trennung von Wasser und Belebtschlamm kommen. Das Auftreiben des Schlammes kann dann zu sogenanntem Schlammabtrieb führen, der Gewässer belasten kann und gleichzeitig ein Verlust an Biomasse bedeutet. Die Bachelorarbeit zeigt auf, inwieweit ein aerober Selektor Bläh- und Schwimmschlammereignisse auf der Kläranlage der Rendac Icker GmbH & Co KG verhindern kann.

Die Rendac Icker, als Verarbeitungsbetrieb für tierische Nebenprodukte wie Schlachtabfälle, hatte in der Vergangenheit mehrfach mit solchen Schwimm- und Blähschlammproblemen zu kämpfen. Sowohl der Eintrag von Fetten als auch die generelle Abwasserzusammensetzung mit CSB-Konzentrationen bis zu 10.735 g/m^3 sorgten Anfang 2017 erneut für eine geschlossene Schwimmschlammdecke auf dem Nachklärbecken, welche sehr zeitintensiv über Wochen entfernt werden musste. Nachgewiesen wurden Fadenbakterien der Gattungen „nocardioforme Actinomyceten“, „Chloroflexi“ und die Art „Typ 021N“ in teilweise sehr hohen Populationsdichten, die als Auslöser für die Bläh- und Schwimmschlammprobleme auszumachen sind. Die Ökologie dieser Fadenbildner mit ihren bevorzugten Milieubedingungen lässt auf die Wirksamkeit eines Selektors schließen. In der Fachliteratur wurde beschrieben, dass jeder dieser Organismen in der Vergangenheit mit einem aeroben Selektor, also unter Zufuhr von Sauerstoff, erfolgreich bekämpft werden konnte.

Der Selektor stellt ein Becken dar, das vor dem Belebungsbecken bzw. vor der regulären biologischen Stufe installiert wird. Die Wirkungsweise ist rein biologisch und damit von mechanischen Reinigungsvorgängen (bspw. Vorklärung; Sand-/Fettfang) abzugrenzen. In diesem Becken werden Rücklaufschlamm aus der Nachklärung und Rohabwasser für kurze Zeit gemischt. Hierbei soll leicht und schnell abbaubares Substrat aus dem Rohabwasser an die flockenbildenden Organismen adsorbiert und/ oder von diesen absorbiert werden.

Durch die bessere Adsorptionsfähigkeit der Flockenbildner steht es den Fadenbildnern nicht mehr zur Verfügung. Dies wird durch kurzzeitige, hohe Schlammbelastungen im Selektor erreicht. Im darauffolgenden Belebungsbecken können die an die Flocke angelagerten oder in die Flocke eingelagerten Substrate umgesetzt werden, ohne dass sie den Fadenbildnern dort noch zur Verfügung stehen.

Eine Auslegung nach Prendls Ausführungen (1997) bedingt die Annahme einiger Parameter wie den Anteil an schnell entfernbarem Substrat oder die Substrataufnahmerate des Belebtschlamm. Ein Kontaktbecken von etwa 500 m³, welches zur besseren Anpassung (aufgrund der Zulaufschwankungen) auf etwa fünf Einzelbecken aufgeteilt wird, ist für die Kläranlage der Rendac Icker GmbH ausreichend.

Schlussendlich wird aufgezeigt, dass Schnellmaßnahmen oder der kontinuierliche Einsatz von Chemikalien nicht dauerhaft zielführend sind. Darüber hinaus sind solche Maßnahmen zur Symptombekämpfung mit einem hohen zeitlichen, personellen und finanziellen Einsatz verbunden. Um Bläh- und Schwimmschlamm zu vermeiden, müssen zunächst die Erkenntnisse über die Ursachen, also das massenhafte Auftreten fadenbildender Organismen, gesichert werden. Präventive Maßnahmen wie eine direkte Verringerung des Eintrags leicht abbaubarer Substrate und der Austrag des abgezogenen Schwimmschlammes aus dem System müssen überprüft werden. Auch hohe Standzeiten des Abwassers in den unbelüfteten Pufferbecken oder Totzonen können ein Wachstum von Fadenbakterien begünstigen. Sollte hier keine Besserung zu erzielen sein, ist die Auslegung und Installation eines aeroben Selektors eine sinnvolle Möglichkeit, Probleme mit Bläh- und Schwimmschlamm zu umgehen.

Zur Auslegung bedarf es der Kenntnis gewisser Rahmenbedingungen, ohne die eine exakte Berechnung des Selektorvolumens nur schwer möglich ist. Der Selektionserfolg wird dabei maßgeblich vom Volumen des Kontaktbeckens beeinflusst, welches sich zwischen 5 und 10 % des Gesamtvolumens von Belebungsbecken und Selektorbecken einordnet. Abbildung 1 zeigt, wie zeigt beispielhaft, wie das optimale Selektorvolumen in Abhängigkeit von Schlammalter und Konzentration von schnell abbaubarem Substrat variieren kann. Schlammbelastungen um 0,4 kg CSB/ (kg TS · d) mit einem Schlammalter von mindestens 5 Tagen werden als erfolgsversprechend angesehen.

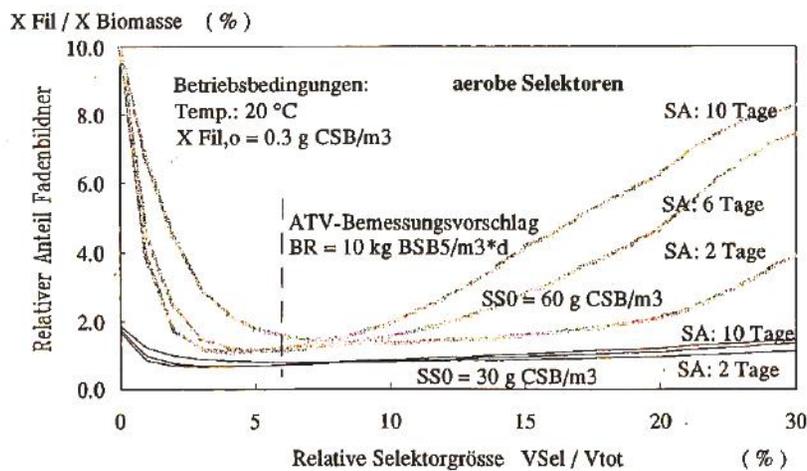


Abb. 15: Auswirkungen von Schlammalter und Konzentration an gelöstem schnell abbaubarem Substrat im Zulauf auf das optimale Selektorvolumen (Kappeler, 1993).

Beate Niehoff B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Datum des Kolloquiums:	11. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umweltechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Energieversorgung und Energiewirtschaft 2G Energietechnik GmbH, Heek



In den Zeiten der Energiewende rückt Energieeffizienz und Ressourcenschonung immer mehr in den Vordergrund. Der limitierte Vorrat an fossilen Brennstoffen, besonders vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und gesetzlicher Rahmenbedingungen, sorgt für Herausforderungen. In vielen Wirtschaftszweigen entsteht thermische Energie, die häufig nicht vollständig genutzt werden kann und verloren geht. In dieser Arbeit soll deshalb die Wirtschaftlichkeit der ORC-Anlage zur Nutzung der thermischen Energie für die Erzeugung elektrischer Energie aufgezeigt werden. Sie ist im Grunde eine Dampfturbine mit organischen Arbeitsmitteln anstelle von Wasser, die einige Vorteile im Bereich der Abwärmenutzung aufweist. Es wird bestätigt, dass ORC-Anlagen bei dem niedrigen vorhandenen Temperaturniveau von Abwärme im Gegensatz zu Dampfturbinen eine sinnvolle Lösung darstellen.

Neben dem besseren Umweltbewusstsein sorgen auch politische Ziele und gesetzliche Festlegungen dafür, dass Abwärmenutzung eine immer größere Rolle spielt. Um die heutigen Rahmenbedingungen der ORC-Anlagen näher zu beleuchten werden die wichtigen Parameter des EEGs, des KWKGs und des KfW-Energieeffizienzförderprogramms erläutert. Darauf folgend werden fünf verschiedene Projekte analysiert, die alle jeweils verschiedene Arten der Finanzierung widerspiegeln. Die Betrachtung des Einsatzbereichs beschränkt sich hier auf die Landwirtschaft im Bereich der Biogasanlage und auf die Industrie, die beispielhaft für verschiedene Prozesse stehen kann.

Die wirtschaftliche Machbarkeit der verschiedenen Finanzierungen einer ORC-Anlage wird anhand des Investitionsrechenverfahrens berechnet und überprüft. Hierbei stellt sich heraus, dass nicht alle Vergütungsmodelle zur Finanzierung einer ORC-Anlage realisierbar sind und welche ein besonders großes Potenzial bieten. Besonders attraktiv stellt sich, falls vorhanden und machbar, der Eigenverbrauch des ORC-Stroms dar, um den teuren Fremdstrombezug zu vermeiden. Auch das EEG zur Finanzierung der Abwärmenutzung über die ORC-Anlage ist bei der Nutzung von erneuerbaren Energien sehr vorteilhaft. Das KWKG für konventionelle Brennstoffe ist hingegen nicht geeignet, um die Investition in eine ORC-Anlage zu sichern. Dagegen wäre die Finanzierung über das KfW-Abwärmeprogramm, wie es auch in einem Beispiel dargestellt ist, eine sehr wirtschaftliche Lösung.

Die stark ansteigenden Energiepreise in den letzten Jahren, wie auch die

vorprognostizierten steigenden Strompreise in der Zukunft, sorgen dafür, dass die Abwärmenutzung in vielen Bereichen attraktiver wird und die gesteckten Ziele der Bundesregierung näherkommen könnten.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Abwärmenutzung mittels der ORC-Anlage näher zu bringen und sich mit den Möglichkeiten der Finanzierung auseinanderzusetzen und zu bestimmen, welche sinnvoll sind. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung soll als Leitfaden für Investitionsentscheidungen von Landwirten und Unternehmen dienen und zu mehr Energieeffizienz im Sinne von Abwärmenutzung aufrufen.

Sicherstellung der Trinkwasserhygiene in einem Pflegeheim – Strömungsteiler vs. Kaltwasserzirkulation

Lukas Nissen B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc
Datum des Kolloquiums:	07. Dezember 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Sanitärtechnik wbp Ingenieure, Münster



Die Trinkwasserhygiene in Gebäuden nimmt einen immer höheren Stellenwert ein. Insbesondere für geschwächte Menschen stellen in diesem Zusammenhang Legionellen ein erhöhtes Gefährdungspotential dar. Bei der Planung von Sanitäranlagen verschiebt sich das Problem der Legionellenbildung immer mehr ins kalte Trinkwasser, da Warmwasseranlagen aufgrund von Normen und Richtlinien stärker reglementiert sind. Deshalb wurde ein in der Vorplanung befindliches Pflegeheim betrachtet, um einen Vergleich zwischen zwei unterschiedlichen Optionen zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene im Kaltwasser zu schaffen.

Hierzu wurde im Rahmen der Arbeit ein Pflegeheim untersucht, da Pflegebedürftige – also geschwächte Menschen in besonderem Maße gegenüber Legionellen gefährdet sind. Nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik darf kaltes Trinkwasser eine Temperatur von 25°C nicht überschreiten. In Schächten und abgehängten Decken können aufgrund verlegter Heizungs- oder Warmwasserleitungen deutlich höhere Temperaturen auftreten.

Deshalb wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei Möglichkeiten verglichen, wie die Temperatur von 25°C nicht überschritten wird. Die Installation von Strömungsteilern und Hygienespülventilen ermöglicht kleine Rohrweiten und einen kontrollierten Wasseraustausch. Es wurde ein Spülkonzept erstellt und die Ringleitungen der Strömungsteiler ausgelegt.

Als zweite Möglichkeit gilt die Kaltwasserzirkulation. Wie der Name schon sagt, zirkuliert dabei das Kaltwasser und wird mittels Kältemaschine wieder abgekühlt. Es war notwendig, Regulierventile sowie Zirkulationsleitung auszulegen. Um die Leistung der Kältemaschine zu berechnen, musste über eine Gleichung der Zirkulationsvolumenstrom berechnet werden. Anschließend wurden noch die Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Installation berechnet und gegenübergestellt. Laut dieser Berechnung wären Strömungsteiler mit Hygienespülventilen wirtschaftlicher, als eine Kaltwasserzirkulation. Im Gegenzug ist zu beachten, dass bei einer Kaltwasserzirkulation kein Wasser gespült werden muss.

Private Vorsorge zum Schutz vor Überflutungen durch urbane Sturzfluten

Sebastian Noll B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer: Christian Schmidt M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 18. Mai 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Hydraulik und Stadthydrologie



Ziel der Abschlussarbeit war eine Erhebung von Vorsorgemaßnahmen betroffener Grundstückseigentümer gegen urbane Sturzfluten. Einleitend wurden zunächst die grundlegenden Definitionen und die Umstände einer urbanen Sturzflut verdeutlicht. Des Weiteren wurden zum einen die Entstehung des konvektiven Niederschlags und deren stärksten Erscheinungsformen, sowie die Entstehung eines großen Oberflächenabflusses im urbanen Raum beschrieben. Im Anschluss wurden Methoden und Bestandteile eines Risikomanagements für Kommunen und mögliche Schutzmaßnahmen vorgestellt (Abb. 1). Die Arbeit umfasst Informationen über bereits aufgetretene urbane Sturzfluten, eine Risikoanalyse, die anschließende Risikokommunikation mit den erarbeiteten Ergebnissen und die möglichen Vorsorgemaßnahmen zur Schadenminderung.

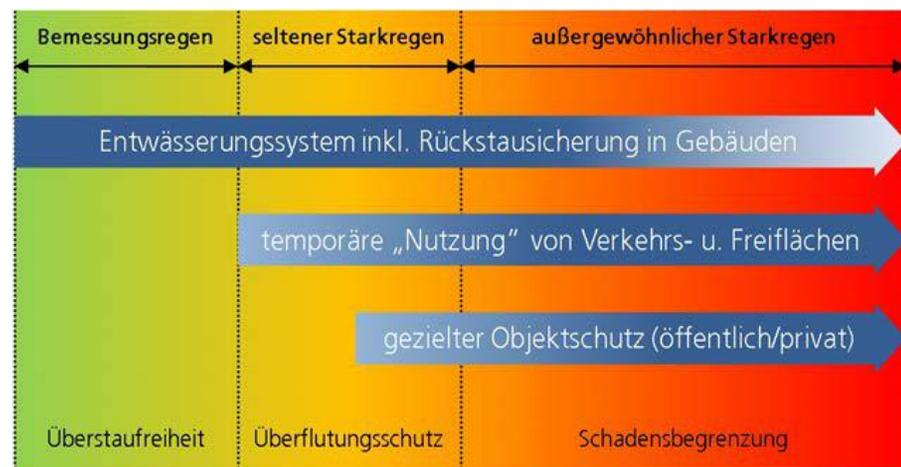


Abb. 1: Maßnahmen zum Schutz vor Überflutungen im urbanen Raum

Um einen Einblick zu bereits durchgeführten Vorsorgemaßnahmen von Privatpersonen zu erhalten, wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine anonyme Umfrage in den Städten Münster und Greven durchgeführt, die am 28. Juli 2014 von einer urbanen Sturzflut betroffen waren. Hierbei wurden 52 betroffene Bürger in ausgewählten Risikobereichen befragt, inwieweit sie von der urbanen Sturzflut betroffen waren, in welchem Umfang Beratungen oder Recherchen stattgefunden haben und in welchem Ausmaß Vorsorgemaßnahmen gegen eine erneute Überflutung konkret umgesetzt worden sind.

Die Ergebnisse dieser Umfrage ergaben, dass bereits stark betroffene Eigentümer, eher bereit sind Vorsorgemaßnahmen umzusetzen. Vorsorgemaßnahmen, für Mietobjekte von den Hauseigentümern konnte nur in sechs Fällen ermittelt werden. In den am stärksten überfluteten Wohngebieten haben 70 % der Anwohner unterschiedliche Vorsorgemaßnahmen gegen eine erneute Überflutung ergriffen (Abb. 2). Die befragten Anwohner die Vorsorgemaßnahmen ergriffen haben, wohnten dabei alle als Eigentümer in den betroffenen Häusern. In weniger stark überfluteten Wohngebieten wurden hingegen nur sehr vereinzelt Schutzmaßnahmen umgesetzt.

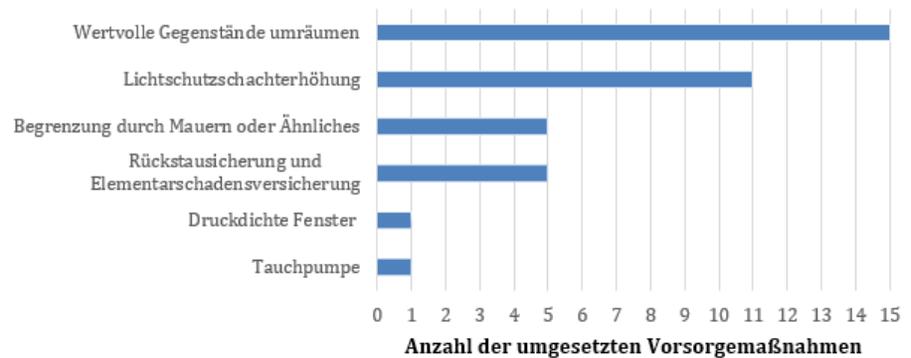


Abb. 2: Konkrete Maßnahmen betroffener Grundstückseigentümer

Dementsprechend ist die Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen der Anwohner weniger von den Kommunen und dessen Risikomanagement abhängig, sondern in erster Linie von den zuvor aufgetretenen Überflutungen und der Vermietung oder Eigennutzung der Gebäude.

Ein nennenswerter Teil der Befragten ist der Meinung, dass ein vergleichbares Ereignis wie im Juli 2014 in der nächsten Zeit nicht wieder vorkommen wird. Andere Anwohner meinen, dass die Kommune den Überflutungsschutz sicherstellen muss.

Rolf Nüße B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	25. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumlufttechnik Emco Klimatechnik, Lingen



Der von Emco konzipierte Industrieverdrängungsauslass (IVA) ist ein zylinderförmiger Luftauslass mit der Besonderheit, dass dieser neben der Mischlüftung im Heizbetrieb auch bei geschlossener Luftklappe zur Erzeugung von Verdrängungsströmungen eingesetzt werden kann. Bei dem IVA handelt es sich somit um einen verstellbaren Auslass mit mehreren Funktionen. Es können sowohl unterschiedliche Strömungsprofile für den Heiz- und Kühlbetrieb als auch isotherme Zwischenstellungen angefahren werden.

Die Industrie stellt dabei hohe Anforderungen an eine Lüftung, die zum einen energieeffizient ist und zum anderen eine gute Luftqualität gewährleistet. Eine schonende Abfuhr von schadstoffhaltiger Luft ist dabei besonders wichtig, um die Gesundheit eines Menschen nicht zu gefährden. Thermische Lasten von Maschinen, Stäube und Dämpfe sind nur einige Beispiele für Schadstoffe, die durch eine impulsarme Verdrängungslüftung aus dem Hallenbereich geführt werden müssen. Um für ein gutes Arbeitsklima in Industriehallen zu sorgen, wird die Anforderung sowohl nach einer schnellen Beheizung als auch nach einer behaglichen Kühlung gestellt.



Abbildung: Rauchversuch des 400er IVA's im Kühlbetrieb

Daher ist es von besonderer Bedeutung, dass die Luftauslässe mit den entsprechenden Betriebsparametern richtig dimensioniert werden, um eine volle Funktionsfähigkeit des Auslasses nutzen zu können. Somit benötigt der Planer bzw. Kunde verlässliche Herstellerangaben, die eine bedarfsgerechte Auslegung ermöglichen.

Für die Entwicklung eines Auslegungstools wurden auf Basis von Messdaten Konstantengleichungen aufgestellt. Die Zielsetzung meiner Bachelorarbeit war dabei die Vermessung aller relevanten Auslegungsparameter des IVA's über zwei Nenngrößen, um daraus nachfolgend jeweils eine Berechnung aufzustellen, die für beliebige Nenngrößen des IVA's Gültigkeit hat. Über die ermittelten Konstantensätze kann schließlich für verschiedenste Betriebszustände eine genau berechnete Auslegung unabhängig von der Baugröße erfolgen.

Neben dem Summen-Schalleistungspegel und den Totaldruckverlusten wurde der IVA hinsichtlich der Strahlausbreitung sowohl auf die maximale vertikale Eindringtiefe im Heizbetrieb als auch auf den kritischen Strahlweg im Kühlbetrieb untersucht. Der kritische Strahlweg wurde so definiert, dass dieser die Länge der horizontalen Ausströmung ausgehend von der Unterkante des IVA's bis zum Knickpunkt beschreibt, ab der die kühle Luft schließlich in einem vertikalen Strahl in den Aufenthaltsbereich abfällt. Zudem wurden die Geschwindigkeitsverläufe im Strahl sowohl im Heiz- als auch im Kühlfall analysiert.

Entwicklung eines Berechnungstools zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen an Lüftungsanlagen

Kevin Otten B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Tobias Bußmann M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	25. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumlufttechnik, Kältetechnik BASF Coatings GmbH, Münster-Hiltrup



Die BASF Coatings GmbH in Münster-Hiltrup ist der weltweit größte Standort für die Produktion von Lacken. Bei einer Standortsfläche von knapp 400.000 Quadratmetern wird eine Vielzahl an Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen benötigt. Den größten Teil nehmen die lufttechnischen Anlagen mit ca. 500 Stück ein. Um bei dieser großen Anzahl an Anlagen einen Überblick zu behalten, bestand die Aufgabe darin, ein Berechnungstool für einen vorhandenen Sanierungsplan zu erstellen, mit welchem die sanierungsbedürftigen Anlagen herausgefiltert werden können.

Das Berechnungstool soll die Sanierung einer RLT-Anlage, den Einbau eines Wärmerückgewinnungssystems, den Austausch eines Ventilators und die Filteroptimierung in nur wenigen Schritten mit Zahlen belegen können und dem Nutzer somit einen Überblick verschaffen, ob die Sanierung wirtschaftlich ist und mit welchen Kosten und Ersparnissen das Unternehmen zu rechnen hat. Jede RLT-Anlage soll hierbei individuell berechenbar sein. Laufzeiten, Temperaturen, Standorte und Sanierungsprobleme, wie z. B. die Installation als Provisorium, fließen in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Sanierung mit ein.

Die Ausarbeitung der Bachelorarbeit verdeutlicht, dass die Erweiterung des Sanierungsrahmenplanes zu einem kompakten Berechnungstool eine optimale Möglichkeit bietet, um die Sanierung der RLT-Anlagen strukturiert planen und durchführen zu können.

Aufgrund der hohen jährlichen Ersparnisse durch Sanierung der alten RLT-Anlagen inklusive Einbau einer Wärmerückgewinnung, Austausch sämtlicher alter Ventilatoren und der zusätzlichen Filteroptimierung nimmt das Tool eine gute und wichtige Rolle im Engineering Team der BASF ein. Es ist sinnvoll jede einzelne Lüftungsanlage mit dem erstellten Tool auf mögliche Einsparungen zu testen und zu berechnen, da dadurch nicht nur die Betriebs- und Instandhaltungskosten reduziert werden, sondern auch die Umwelt geschont wird.

Durch die dauerhafte Pflege des Berechnungstools und der Bestandsliste der Anlagen durch Mitarbeiter des Engineering- bzw. Instandhaltungsteams, ist eine hohe Zuverlässigkeit, Laufleistung und effiziente Fahrweise der Lüftungsanlage gegeben.

Alternative Kommunikationstechnologie als Ersatz für MUC-Kommunikationsmodule – Eine methodische Bewertung für die Verwendung im nicht-regulierten Messstellenbetrieb

Sebastian Pälme M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dr. Farhad Salehi
Datum des Kolloquiums:	16. Oktober 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung innogy Metering GmbH, Essen



Grundlegender Treiber für die Digitalisierung der Energiewirtschaft ist die technologische Entwicklung von IT-Technologien. Ausgangspunkt ist dabei die Anwendung von Internettechnologie zur Vernetzung von technischen Geräten.

Damit Marktteilnehmer einzelne Komponenten wechseln können, ohne das Gesamtsystem und damit Prozesse anderer Marktteilnehmer zu beeinflussen, werden perfekt aufeinander abgestimmte und optimierte Prozesse benötigt. Von hoher Bedeutung sind die Interoperabilität und Austauschbarkeit eines Kommunikationsmoduls. Diese sollen durch herstellernerneutrale Spezifikationen sichergestellt werden. Außerdem vergrößern Kommunikationsmodule den volkswirtschaftlichen Nutzen eines Messsystems, indem sie auch Gas- und Wasserzähler fernauslesbar machen.

Übergeordnetes Ziel eines Messstellenbetreibers ist eine ökonomische, kostengünstige und profitorientierte Arbeitsweise. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine dauerhafte Kundenbindung durch individuelle Produkte und Betreuung in Form von Sonderverträgen erforderlich. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit überprüft, welche Anforderungen der Markt aus Sicht eines Messstellenbetreibers an ein Kommunikationsmodul für den Einsatz im nicht-regulierten Messstellenbetrieb hat und es wurde bewertet, welche technischen Alternativen es zu einem MUC-Controller gibt. Damit soll dem Messstellenbetreiber ermöglicht werden, dem Kunden, neben dem Tagesgeschäft der Rechnungslegung, individuelle Sonderprodukte anbieten zu können.

In der Übergangsphase, in der sich das Zähl- und Messwesen gerade befindet, in der die bestehende Technik aufgekündigt ist, in der ein neues intelligentes Messsystem eingeführt werden soll, wo die gesetzlichen Grundlagen geschaffen worden sind, aber die Anforderungen an die gewünschte Technik noch nicht erfüllt werden können, ist die Frage nach einem alternativen Kommunikationsmodul nicht trivial zu beantworten.

Die Prioritätenanalyse zur Bewertung des Soll-Ist-Vergleichs konnte einen Aufschluss über mögliche Alternativen bieten. Das Ergebnis der Analyse sagt aus, dass es - unter den aktuellen Entwicklungen der Digitalisierung der Energiewende und unter der schleppenden Entwicklung der hohen sicherheitstechnischen Anforderungen der Zertifizierung an ein Smart Meter Gateway - derzeit keine Alternative zum MUC-Kommunikationsmodul gibt. Auch das Smart Meter Gateway

ist in der technischen Entwicklung noch nicht in der Lage, die Anforderungen, die die Messstellenbetreiber an ein Kommunikationsmodul im nicht-regulierten Messstellenbetrieb haben, zu erfüllen.

Ebenso ist der Gedanke interessant, welche Daten im nicht-regulierten Bereich in Zukunft möglicherweise noch relevant sind. In dieser Hinsicht ist das Internet of Things (Internet der Dinge) gemeint. In diesem Zusammenhang könnten unter anderem folgende Aspekte von Bedeutung sein: die Auswertung von Daten ausgewählter Messpunkte, Daten von Referenzerzeugungsanlagen, Einspeiseinformationen von Online-Daten, Netzzustandsdaten der EE-Anlagen, Informationen von Netznutzern, Planungsdaten von angeschlossenen Verbrauchern, Daten aus verbundenen Leitstellen, GIS-Informationen (Stammdaten) über kontrollierte oder angeschlossene Assets und darauf bezogene Daten aus Wettervorhersagen, Verbrauchs- und Statusdaten von großen Verbrauchern (z. B. auch PPS-Daten) und Informationen, die auf die Assets wirken (z. B. Hochwasserinformationen).

Sven Peters B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Katja Biek

Datum des Kolloquiums: 18. Dezember 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umweltechnik
Studienrichtung: Gebäudetechnik

Laborbereich: Heizungstechnik
In Kooperation mit: Allwetterzoo Münster



Der Allwetterzoo Münster ist ein Vorreiter moderner, zukunftsorientierter Energienutzung. Zusätzlich zu einer artgerechten Tierhaltung und dem Einsatz für den Artenschutz engagiert sich der Allwetterzoo intensiv für den Umweltschutz. Dabei helfen moderne Energieeinsparungskonzepte, die auch auf den Einsatz effizienter regenerativer Energiesysteme setzen. Nachhaltigkeit, die Reduzierung von CO₂-Emissionen und Kosteneinsparungen sind wichtige Aspekte dieser Konzepte. Im Rahmen der Erstellung eines Masterplanes zur Sanierung und Umstrukturierung des Allwetterzoos sollte in dieser Bachelorarbeit untersucht werden, in wie weit sich solartechnische Anlagen dazu eignen, die bestehenden Energieversorgungseinrichtungen auf dem Zoogelände zu ergänzen.

Aufgrund seiner Nutzungsart verfügt der zoologische Garten Münster über eine ausgedehnte technische Gebäudeausrüstung. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass aufgrund der Größe der Gebäude und des teilweise sehr hohen Wärmebedarfs sehr spezielle Anforderungen an die Technik gestellt werden. Die Wärmeversorgung der Gebäude wird, mit wenigen Ausnahmen, über ein eigenständiges Nahwärmenetz sichergestellt.

Zunächst wurde anhand einer repräsentativen Dachfläche untersucht, in welcher Größenanordnung sich eine solartechnische Anlage realisieren lässt und welche Parameter diese aufzuweisen hat. Die Ergebnisse dieses Schrittes wurden darauffolgend auf Energieeintrag, Möglichkeiten zur Einbindung in die bestehende Versorgungsstruktur und Kostenaufwand untersucht. Den Schluss bildete eine Gegenüberstellung der aus den Untersuchungen resultierenden Spezifikationen der gewählten Systeme und wirtschaftlich relevanter Kennzahlen. Das Ziel dieser Arbeit war es, die möglichen Optionen zur Nutzung von Solarenergie mit allen relevanten Aspekten vergleichbar abzubilden und somit als Grundlage für detaillierte Analysen und Planungen zu einer solartechnischen Anlage zu dienen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die Integration einer solartechnischen Anlage in die bestehenden Energieversorgungseinrichtungen grundsätzlich möglich ist.

Die untersuchten Dachflächen bieten ausreichende Platzverhältnisse für einen zweckmäßigen Solargenerator. Auch der zu erwartende solare Energieeintrag des Standortes entspricht einer Größenordnung, in der ein wirtschaftlicher Betrieb grundsätzlich möglich ist.

Analyse der Anwendbarkeit bestehender Risikoevaluierungsmethoden für kollaborierende Roboter anhand eines Polierprozesses in der Automobilindustrie

Stefan Petrich B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer: Dipl. -Ing. Tim Schleicher

Datum des Kolloquiums: 03. August 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Gebäudetechnik

Laborbereich: MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit: BMW Group, Leipzig



Aufgrund des stetig steigenden Bedarfs an Mensch-Roboter-Kollaborationen, insbesondere bei der BMW AG, ist eine grundlegende Voraussetzung, die Sicherheit eines solchen Arbeitsablaufes für den Mitarbeiter zu betrachten.

Die verschiedenen Begrifflichkeiten, die in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind, sollen benannt, erläutert und genutzt werden. Die Betrachtung der verschiedenen, später genauer benannten Methoden, die eine Risikobeurteilung ausmacht, werden in dieser Arbeit eingehend zur Sprache gebracht.

Somit ist das Ziel dieser Bachelorarbeit, eine Analyse der Anwendbarkeit bestehender Risikoevaluierungsmethoden darzustellen. Es werden im Laufe der Arbeit vier unterschiedliche Methoden vorgestellt, analysiert, angewandt und bewertet.

Zur Verfolgung dieses Ziels gilt es zunächst, dem Leser Kenntnisse über den Grund einer Risikoevaluierung zu vermitteln. Zum Verständnis einer späteren Praxisanwendung, dem MRK-Polierprozess in der Automobilproduktion, werden zusätzlich Begriffe der Mensch-Roboter-Interaktionsformen abgegrenzt. Im Anschluss daran werden die Risikoevaluierungsmethoden Risikomatrix, Risikograph und das Hazard-Rating-Verfahren detailliert vorgestellt. Nach der Vorstellung des Anlagenkonzeptes der Praxisanwendung und der Erörterung der Prozessbeschreibung werden die Evaluierungsmethoden angewandt, bewertet und im Fazit diskutiert.

Darüber hinaus wird über eines der diskutierten Methoden eine Empfehlung ausgesprochen. Der Abschluss dieser Arbeit bildet einen Ausblick der Anwendbarkeit einer Risikoevaluierung für die Zukunft.

Untersuchung von Einspeiseoptimierungskonzepten für die Laufwasserkraftwerke der innogy SE

Melyna Phan B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Kevin Erdelkamp B.Eng.
Datum des Kolloquiums:	26. Januar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	innogy SE, Essen



Der Kraftwerkseigenverbrauch schmälert die vergütete Stromeinspeisung der Laufwasserkraftwerke in das Versorgungsnetz. Dadurch werden letztlich die erzielbaren Gewinne reduziert. Bei Kraftwerksstillstand wird Strom aus dem Versorgungsnetz bezogen, wobei dies mit Stromnebenkosten einhergeht und den erzielbaren Gewinn aufgrund von vermehrten Kostenstellen verringert.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es alternative Vorgehensweisen bezüglich der Eigenbedarfsdeckung zu erarbeiten, die das Einspeiseverhalten der Laufwasserkraftwerke optimieren. Dabei ist eine Handlungsempfehlung für jedes Kraftwerk zu äußern und zusätzlich eine Betrachtung der Strombezugssituation am Betriebsitz Bernkastel vorzunehmen.

Um diese Aufgabe zu bewältigen wird zunächst eine Inhaltsanalyse der aktuellen Gesetzeslage in Hinblick auf den Eigenbedarf durchgeführt. Im nächsten Schritt werden für die Kategorien Fremdbezug, Eigenversorgung und Speicherung Konzepte erstellt. Eine Vorauswahl ergibt die folgenden drei Varianten: die Versorgung mittels Stromliefervertrag, die Eigenversorgung mittels Photovoltaik-Anlagen und die Einspeiseoptimierung mittels Batterieanlagen. Für die wirtschaftliche Betrachtung werden die energiespezifischen Kosten der jeweiligen Konzepte verglichen. Zudem erfolgt für die investitionsbedürftigen Varianten eine Berechnung der Kapitalwerte und der Break-Even-Investitionskosten.

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass für die meisten Kraftwerke das aktuelle Eigenversorgungskonzept beibehalten werden sollte. Die Gesetzesneuerungen bieten zwar einen Vorteil für das Speichermodell, trotz allem kann durch das Modell unter aktuellen Gegebenheiten keine Wirtschaftlichkeit erzielt werden. Für das Kraftwerk Kanzem ist jedoch eine Versorgung über Stromlieferverträge oder Photovoltaik-Anlagen zu empfehlen. Ebenso ist bei dem Betriebsitz Bernkastel die Installation von Photovoltaik-Anlagen ratsam.

Dort birgt die aktuelle Versorgung durch Stromlieferverträge deutlich höhere Kosten als das Photovoltaik-Modell und somit ein hohes Potential der Kostenersparnis. Für die Wholesale-Kraftwerke ist die aktuelle Vorgehensweise optimal und wird auch in Zukunft mit den geringsten Kosten belastet.

Bei steigenden Strompreisen und sinkenden Investitionskosten, kann eine teilweise Eigenversorgung durch Photovoltaik-Anlagen für einige EEG-Anlagen zukünftig sinnvoll sein.

Bei Eintritt des Best-Case-Szenarios der Marktprognosen für 2050, ergibt sich eine Wirtschaftlichkeit aller Anlagen, die eine unbefristete EEG-Vergütung erhalten. Mit welcher Wahrscheinlichkeit dieses Szenario eintritt ist unklar, da aktuelle Zukunftsprognosen große Bandbreiten aufweisen. Somit ist die weitere Beobachtung der Marktentwicklung empfehlenswert.

Julian Pickhard M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	08. Mai 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumlufttechnik Tecanno GmbH, Paderborn



Den energetischen Vorteilen einer dichten Gebäudehülle stehen auf der anderen Seite bei einem falschen Nutzerverhalten der Bewohner die Gefahr von Schäden durch Feuchteprobleme, Schimmelbefall oder auch Schadstoffanreicherung in der Raumluft gegenüber. Die DIN 1946 Teil 6 für die Lüftung von Wohnungen entgegnet den Risiken mit der Aufstellung eines Lüftungskonzeptes zur ausreichenden Außenluftversorgung der entsprechenden Wohnräume. Ein Lüftungskonzept muss für Neubauten sowie bei der Sanierung von Ein- und Mehrfamilienhäusern aufgestellt werden. Dies gilt bei einem Austausch von über einem Drittel der Fensterfläche beziehungsweise bei der Abdichtung von mehr als einem Drittel der Dachfläche.

Bei dem Konzept hat die Entlüftung von innenliegenden Räumen wie fensterlosen Bädern und Toilettenräumen nach der DIN 18017 Teil 3 einen entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung und die Funktionsfähigkeit der notwendigen Lüftungsmaßnahmen. Ein effektiver Abtransport des nutzungsbedingten Wasserdampfes trägt zum Feuchteschutz in der Wohneinheit bei. Der aus Feuchteproblemen resultierende Schimmelbefall in fensterlosen Räumen sowie in der gesamten Wohnung kann dadurch verhindert werden.

Für diese Masterarbeit wurden verschiedene Einbausituationen eines Badlüfters in einem innenliegenden Bad mittels CFD-Simulation betrachtet und die strömungstechnischen Unterschiede untersucht. Die Untersuchung umfasst sowohl den deckengleichen Einbau als auch diverse wandgleiche Einbaulagen in unterschiedlichen Höhen. Dabei werden die Strömungsvorgänge im Bad während eines Duschvorganges mittels Computational Fluid Dynamics (CFD) dargestellt.

Das Ziel der Masterarbeit ist die Erarbeitung der optimalen Einbaulage des Badlüfters mit Hilfe des CFD-Simulationsprogrammes Fire Dynamics Simulator (FDS). Die Ergebnisse der numerischen Strömungssimulation werden mit Smokeview (SMV) visualisiert und im Hinblick auf die optimale Einbaulage des Badlüfters zum Abtransport des eingebrachten Wasserdampfes durch das Duschen untersucht. Dabei wird die Aussage der DIN 18017 Teil 3, dass die Luft in einem zu entlüftenden fensterlosen Raum möglichst in der Nähe der Decke abgeführt werden soll, überprüft.

Die Auswertung der einzelnen Simulationsergebnisse für den Badlüfter in verschiedenen Einbausituationen wurde anhand der unterschiedlichen Strömungsbilder im Verlauf der Simulation durchgeführt. Dabei wurde besonders

die Effektivität des Badlüfters beim Abtransport des eingetragenen Wasserdampfes aus dem Raum betrachtet. Der Verlauf der Strömungsvorgänge im Versuchsaufbau wurde für die einzelnen Einbausituationen untersucht. Die Abweichungen im Strömungsbild zwischen den jeweiligen Einbaulagen wurden dabei herausgestellt. Für die Bewertung der optimalen Einbausituation des Badlüfters wurde die Simulationsdauer bis zum Abtransport des gesamten eingetragenen Wasserdampfes durch das Duschen analysiert. Die Effektivität des Badlüfters beim Wasserdampftransport ist abhängig von der Einbauhöhe im Versuchsaufbau. Der deckengleich eingebaute Badlüfter in einer Einbauhöhe von 2,40 m weist den effektivsten Abtransport von Wasserdampf aus dem Raum auf. Die in der Rückwand des Bades wandgleich eingebauten Badlüfter gewinnen mit steigender Einbauhöhe an Effektivität zur Entlüftung des Raumes.

Dieses Ergebnis stützt die Aussage der DIN 18017 Teil 3, dass die Luft in einem zu entlüftenden Raum ohne Außenfenster möglichst an der Decke abgeführt werden sollte. Die effektive Entlüftung eines fensterlosen Raumes respektive eines innenliegenden Bades minimiert die Gefahr von Schäden durch Feuchteprobleme, Schimmelbefall oder auch Schadstoffanreicherung in der Raumluft.

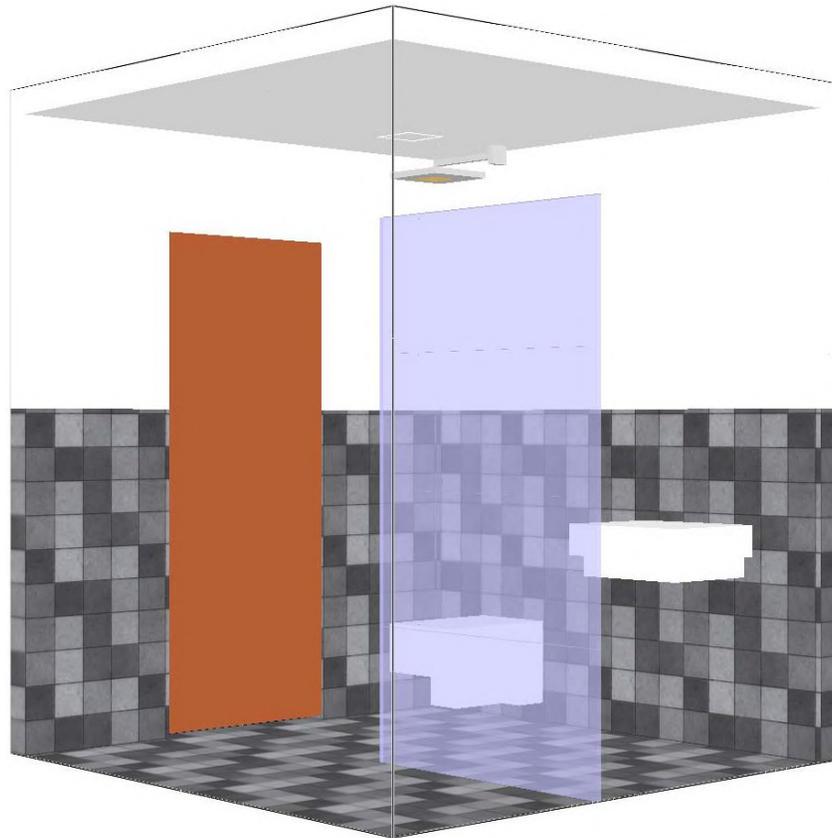


Abbildung: Visualisierung des Versuchsaufbaus mit Smokeview

Auslegung und wirtschaftlicher Systemvergleich der Heizungsanlage für ein Feuerwehrhaus

Timo Preuth B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ludger Dammann
Datum des Kolloquiums:	24. November 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Heizungstechnik Donker & Dammann Ingenieurgesellschaft für technische Ausrüstung mbH, Oldenburg



Die Bachelorarbeit befasst sich mit der Auslegung einer Heizungsanlage für eine Freiwillige Feuerwehr und der Betrachtung verschiedener Heizsysteme im Hinblick auf ihre wirtschaftliche Anwendbarkeit im Feuerwehrhaus. Die Gemeinde Großenkneten plant für die Freiwillige Feuerwehr Huntlosen im Jahr 2018 ein neues Feuerwehrhaus zu bauen, welches über Werkstätten, Schulungsräumen, Büros und einer Fahrzeughalle verfügt.

Bei der Auslegung ist zu beachten, dass es keine standardisierten Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung der benötigten Leistung für die Trinkwarmwassererwärmung eines Feuerwehrhauses gibt. Aus der bestimmten Leistung zur Trinkwarmwasserbereitung und einer durchgeführten Heizlastberechnung lässt sich dann die benötigte Heizleistung bestimmen.

Die Heizungsanlage eines Feuerwehrhauses ist verschiedenen Anforderungen ausgesetzt. So soll sie einerseits effizient und günstig die benötigte Wärme bereitstellen, um die gesetzlichen Anforderungen aus EnEV und EEWärmeG zu erfüllen. Andererseits muss sie schnell und kurzfristig die benötigte Wärme bereitstellen, da das Gebäude zu den Einsätzen ausreichend beheizt sein muss. Dies ist bei der Auswahl der möglichen Heizsysteme zu beachten.

Vor allem die Anforderung, die Wärme in kurzer Zeit zur Verfügung zu stellen, führt dazu, dass einige Heizsysteme nicht angewendet werden können. Verglichen wurden eine Gasbrennwertheizung, ein Blockheizkraftwerk mit zusätzlicher Brennwertheizung, eine Brennwertheizung mit Solarthermieunterstützung und eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit zusätzlichen Infrarotstrahlern.

Die Gasbrennwertheizung ist aufgrund von gesetzlichen Vorschriften nur mit zusätzlichen Kosten für einen geringeren Energieverbrauch zu verwenden. Wodurch dieses Heizsystem trotz geringer Anschaffungskosten nicht wirtschaftlich ist.

Das Heizsystem bestehend aus Blockheizkraftwerk und Gasbrennwertheizung ermöglicht die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme, jedoch zeichnet sich das System mit eher hohen Anschaffungskosten und hohen Betriebskosten aus. Zudem wird die Wärme nur ein paar Stunden in der Woche benötigt, wodurch das Blockheizkraftwerk geringe Vollaststunden erreicht und häufig Takten würde.

Günstiger in der Anschaffung ist das Heizsystem aus Gasbrennwertheizung mit zusätzlicher Unterstützung durch Solarthermie. Doch ergeben sich aus der geringen Warmwasserabnahme im Sommer hohe Stillstandszeiten für die Solarthermieanlage, wodurch diese weniger Wärme bereitstellen kann und die Energie des Gebäudes weniger effizient bereitgestellt wird.

Als letztes Heizsystem wurde eine Luft/Wasser-Wärmepumpe, die von Infrarotheizungen in den Aufenthaltsbereichen unterstützt wird, betrachtet. Dieses Heizsystem hat hohe Anschaffungskosten, jedoch geringe Betriebskosten, gerade wenn der benötigte Strom über einen Heizstromtarif bezogen werden kann.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Heizsystem bestehend aus Gasbrennwertheizung und Solarthermie das wirtschaftlich günstigste ist. Jedoch sollte auch die Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Infrarotheizungen in Betracht gezogen werden, da die Infrarotheizungen besonders flexibel sind. Und durch die Nutzung von Strom findet eine Sektorkopplung statt, die im Hinblick auf die Energiewende zu unterstützen ist.

Felix Pröbstl B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
 Zweitprüfer: Thilo Creutz B.Eng.

Datum des Kolloquiums: 29. Mai 2017

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

Laborbereich: Elektrotechnik und Energieversorgung



Die erneuerbaren Energien erfordern durch ihre Volatilität flexible Stromnetze in allen Spannungsebenen, um die hohe Versorgungssicherheit in Deutschland gewährleisten zu können. Der Großteil der für die Einhaltung der Spannung (DIN EN 50160) benötigten Netzdienstleistungen wird von Großkraftwerken bereitgestellt. Werden diese nach und nach abgeschaltet, fallen solche Aufgaben den Erzeugungsanlagen der erneuerbaren Energien zu. Diese Umstellung erfordert einen Netzausbau. Eine alternative Möglichkeit im Wechsel- und Drehstromnetz ist die Spannungssteuerung durch Phasenverschiebung des sinusförmigen Stroms zur sinusförmigen Spannung, wodurch kapazitive oder induktive Blindleistung entsteht.

Diese Bachelorarbeit ermittelt, welche Versuche mit den vorhandenen Lehrmitteln des Labors zum Thema Spannungssteuerung im Verteilnetz möglich sind. Einige der Versuche sollen Eingang in das Elektrotechnik-Praktikum finden. Die Versuchsreihe zur konventionellen Spannungsstellung zeigt, wie mit Stufenschaltern bei Transformatoren Spannungsänderungen durch Verbraucher ausgeglichen werden können. Als Zweites wird der Leistungsumfang einer Photovoltaik-Anlagen-Nachbildung vorgestellt und deren Einfluss durch Wirk- und Blindleistungseinspeisung auf die Spannung im Netz gemessen.

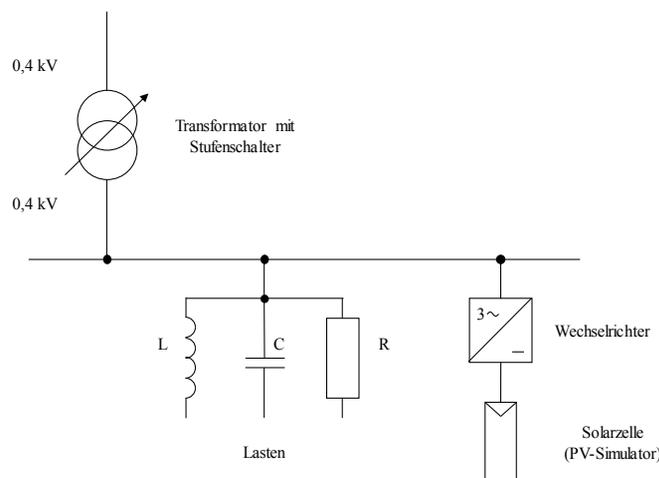


Abbildung 16 Schematischer Aufbau der Kabelnetzsimulation

Zuletzt wird ein ohmsch-induktiver Verbraucher und die Photovoltaik-Anlage in einem, durch den Transformator begrenzten, Freileitungs- und Kabelnetzbereich (Abbildung 16) der Niederspannungsebene simuliert. Als Last wurde ein ohmsch-induktiver Verbraucher (z. B. ein Asynchronmotor) gewählt. Die kapazitive Last repräsentiert leerlaufende Kabel.

Messergebnisse zeigen, dass die induktive Blindleistungsaufnahme durch Phasenverschiebung in Photovoltaik- oder Windenergieanlagen die durch Einspeisung selbst verursachten Spannungsanhebungen reduzieren kann. In Kabelnetzen wird dadurch gleichzeitig der Blindleistungshaushalt lokal ausgeglichen und das Netz aufgrund geringerer Blindströme entlastet. In den von Starklast geprägten Freileitungsnetzen können erneuerbare Energien durch kapazitive Blindleistungsaufnahme Spannungsabsenkungen entgegenwirken. Wetterunabhängige „Q on Demand“- oder STATCOM-Technologien erhöhen die Relevanz dieser indirekten Spannungsstellung (Querregelung) erheblich.

Berechnungen für Deutschland und für zwei lokale Netze zeigen ein beachtliches technisches Potenzial der blindleistungsbasierten Spannungsregelung installierter Photovoltaik- und Windenergieanlagen. In Zeiten, wo Übertragungsnetzbetreiber über die Vergütung von Blindleistung nachdenken, stellt die Q(U)-Regelung mit erneuerbaren Energien in Verteilnetzen eine vielversprechende Möglichkeit zur Kostenreduzierung dar.

Daniel Raben M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 27. Juni 2017

Master-Studiengang: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Labor für Umwelttechnik



In dieser Masterarbeit ist das Optimierungspotenzial von 20 verschiedenen Biogasanlagen aus dem Münsterland mit Hilfe eines Benchmarkings ermittelt worden.

Biogasanlagenbetreiber sind aktuell in einer schwierigen Situation. Für viele Betreiber ist es nicht klar, ob und wie sie ihre Anlagen weiterbetreiben können. Es ist unklar, unter welchen ökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen die Biogasanlagen nach dem Auslaufen der Förderung durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) weiterbetrieben werden können. Ohne langfristige und zielgerichtete Planungen und Investitionen in Bestandsanlagen, ist es für die Betreiber schwer positive, wirtschaftliche Investitionen zu tätigen.

Durch einen konzipierten Fragebogen und durch die Zustimmung der Anlagenbetreiber ist dieses Benchmarking erst realisierbar geworden. Die fünf verschiedenen Oberpunkte des Fragebogens und der dazugehörigen Auswertung können Aufschluss über Schwachstellen und Stärken der entsprechenden Biogasanlage geben. Bei allen Biogasanlagen handelt es sich um Bestandsanlagen, die in kurzer oder längerfristiger Zeit ihre staatliche Förderung verlieren. Durch die neue Düngeverordnung haben diejenigen Biogasanlagenbetreiber Handlungsbedarf, die einen Vieherhaltungsbetrieb unterhalten.

Jede Biogasanlage ist besichtigt worden und jeder Betreiber ist mit einem entsprechend angefertigten Fragebogen zum Betrieb der Anlage befragt worden. Aus diesem wird ein Steckbrief sowie ein Ranking der jeweiligen Anlage erstellt. Der Nutzen für die Betreiber liegt darin, dass sie sich untereinander vernetzen, austauschen und ergänzen können. Für einen langfristigen, wirtschaftlichen Erhalt einer Biogasanlage soll dieses Benchmarking eine unterstützende Hilfestellung sein.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist somit, dass jeder Biogasanlagenbetreiber dieses Benchmarkings mögliche Optimierungsmaßnahmen für die Biogasanlage erkennt und sich langfristig für die Zukunft rüsten kann. Unter Anderem sind die Wartungskosten in Bezug zum Eigenstromverbrauch differenziert betrachtet worden, unterteilt nach der Anlagengröße. In Abb. 1 sind die Biogasanlagen von 501 – 1.000 kWel dargestellt.

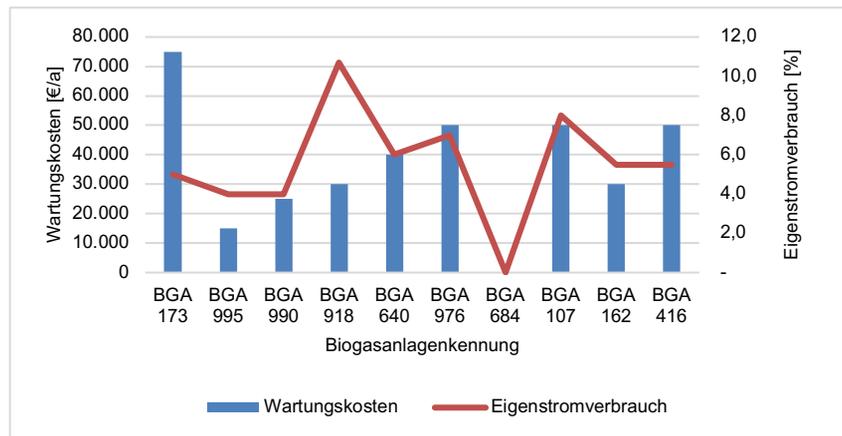


Abb. 1: Wartungskosten in Abhängigkeit vom Eigenstromverbrauch

Langfristig betrachtet ist ein Benchmarking einer Region wie dem Münsterland sinnvoll. Durch gezielte ermittelte Optimierungsmaßnahmen kann der langfristige wirtschaftliche Betrieb sichergestellt werden.



Abb. 2: Biogasanlage aus dem Kreis Borken

Generell ist ein Benchmarking unter mehreren Biogasanlagen eine wertvolle Stütze für die einzelnen Betreiber und kann wertvolle Aufschlüsse über einen wirtschaftlich rentablen und ökonomisch sicher aufgestellten Betrieb einer Anlage liefern.

Im Rahmen dieser Masterarbeit sind alle Angaben auf Basis der Eigenauskunft der Betreiber ausgewertet und exemplarisch dargestellt worden.

Vergleich der Berechnungsverfahren zur Schallausbreitung nach DIN ISO 9613-2 und den Interimsverfahren mit realen Messwerten

André Raming M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Oliver Bunk
Datum des Kolloquiums:	20. November 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Energieversorgung und Energiewirtschaft Kötter Consulting Engineers GmbH & Co. KG, Rheine



Nach den Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) müssen alle als baulich gekennzeichneten Anlagen die Immissionsrichtwerte für Schall einhalten. Die ausgesendeten Emissionen dieser Anlagen sind durch die technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) auf die Verträglichkeit gegenüber der Umwelt und den Menschen zu untersuchen. Die TA Lärm verweist in diesem Zusammenhang für die Berechnung der „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien“ auf die DIN ISO 9613-2.

Für mittlere Anlagenhöhen bis zu 30 m und Entfernungen zwischen Quelle und Empfänger bis zu 1000 m werden die Berechnungen mit einer Genauigkeit von ± 3 dB prognostiziert. Außerhalb dieses Bereichs werden keine Aussagen zur Prognosegenauigkeit getroffen.

Die DIN ISO 9613-2, deren aktuellste Fassung aus dem Jahr 1999 stammt, wird ebenfalls für Windenergieanlagen (WEA) angewendet. Durch den Ausbau der WEA hat die Schallausbreitung hoch liegender Quellen an Bedeutung gewonnen. Aufgrund von systematischen Abweichungen gemessener und berechneter Schalldruckpegel von WEA, wurde die Aktualität der DIN ISO 9613-2 von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zur Diskussion gestellt. Daraufhin hat der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) speziell für WEA ein auf die DIN ISO 9613-2 aufbauendes Interimsverfahren entwickelt, in dem der Einfluss hoch liegender Quellen für die Schallausbreitung berücksichtigt werden soll.

Die Aufgabe dieser Masterarbeit bestand darin zu überprüfen, welches der genannten Berechnungsverfahren real gemessene Werte besser abbildet. Dazu wurde in einem Versuch ein Lautsprecher in verschiedenen Höhen außen an einer WEA angebracht und es wurden die abgespielten Sinus-Signale an Messpunkten in Entfernungen von 600 m, 1.000 und 1.400 m gemessen (vgl. *Abbildung 1*). Diese Messwerte wurden daraufhin den prognostizierten Werten der Berechnungsverfahren nach der DIN ISO 9613-2 und dem Interimsverfahren gegenübergestellt.

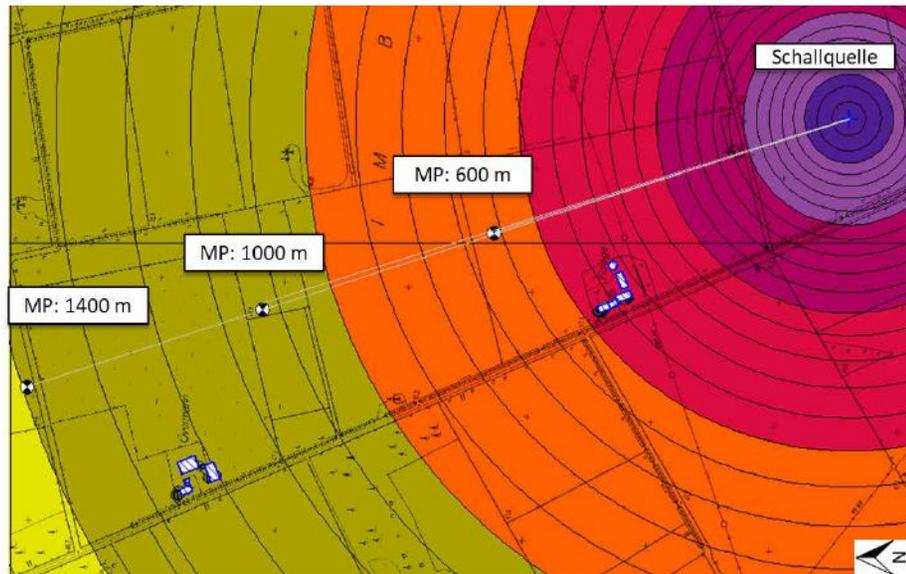


Abbildung 1: Darstellung des Versuchsaufbaus im Prognoseprogramm CadnaA

Die Ergebnisse der Gegenüberstellung zeigten, dass Sinus-Signale, die sich im Frequenzbereich des energetischen Maximums (ca. 500 Hz) einer WEA befanden, sicherer nach dem Interimsverfahren prognostiziert werden konnten. Die prognostizierten Schalldruckpegel hoch gelegener Schallquellen wiesen nach dem Alternativen Verfahren der DIN ISO 9613-2 eine systematische Unterschätzung gegenüber den gemessenen Werten auf. Insgesamt lässt sich sagen, dass bei hochfrequenten Sinus-Signalen, mit einem energetischen Maximum oberhalb von 1.000 Hz, beide Berechnungsverfahren zunehmend die real gemessenen Schalldruckpegel überschätzten.

Experimentelle Untersuchung einer Exergiemaschine zur Deckung von Zirkulationsverlusten und Nutzung thermischer Energie von Abwärmeprozessen

Julian Reinies B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Thomas Zimpel M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	18. Juli 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik varmeco GmbH & Co KG, Kaufbeuren



Die nach DIN 1988-200 geforderte Austrittstemperatur von mindesten 60 °C bei zentralen Trinkwassererwärmern hat zur Folge, dass bei der indirekten Erwärmung mittels Durchlauf-Trinkwassererwärmer der Pufferspeicher stets durch einen Wärmeerzeuger nachgeladen werden muss.

Im Zeitraum des reinen Zirkulationsbetriebes, meist nachts, führt die Erwärmung der Zirkulationsleitung durch den Durchfluss-Trinkwassererwärmer langfristig zu einer Durchmischung des Pufferspeichers auf ein Temperaturniveau unterhalb der Nutzbarkeit zur Trinkwarmwasserbereitung. Der Pufferspeicher muss, wenn die thermische Energie im Speicher zu gering wird, nachgeladen werden. Die Aufladung erfolgt mittels einer Wärmequelle, z. B. ein Brennwertgerät. Aus der Durchmischung des Pufferspeichers resultiert eine geringere Schichtung und damit hohe Rücklauftemperaturen. Dieses verringert die Kondensation des Wasserdampfes im Abgas und der geringe Wärmebedarf zur Zirkulationsverlustdeckung führt zu einem ineffizienten Takten mit höheren Bereitschaftsverlusten.

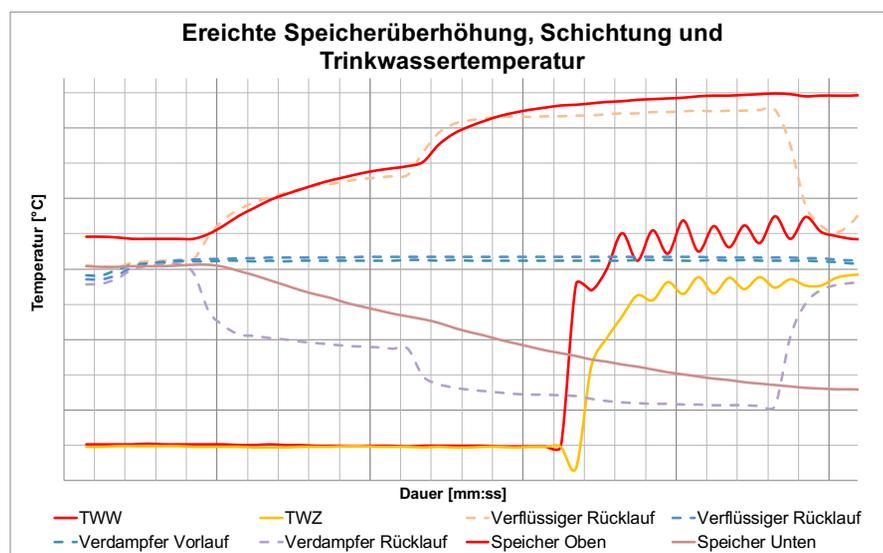
Mit dem Einsatz einer Exergiemaschine sollen nun die Zirkulationsverluste elektrisch gedeckt werden und die im Pufferspeicher enthaltene thermische Energie auf ein nutzbares Niveau zur Trinkwarmwasserbereitung über 60 °C angehoben werden. Die Anhebung erfolgt mittels einer Wärmepumpe. Durch den Betrieb wird eine hohe Schichtung im Pufferspeicher erreicht und niedrige Rücklauftemperaturen zum Brennwertgerät. Wenn dann eine Zapfung eintritt oder der Pufferspeicher wieder geladen werden muss, sind die Bedingungen für das Brennwertgerät sehr günstig. Es kann dann für einen längeren Zeitraum auf Nennleistung betrieben werden und muss seltener starten.

Für die Untersuchung wurde ein Versuchsstand zur Simulation einer zentralen Trinkwarmwasserversorgung bzw. Zirkulation aufgebaut. An diesem ist durch Variation der Wärmeströme am Verdampfer und am Verflüssiger der Wärmepumpe, die Erreichbarkeit eines zur Trinkwarmwasserbereitung nutzbaren Temperaturniveaus experimentell untersucht worden. Der Versuchsstand wird zur Feststellung der Ergebnisse und späteren Bewertung mit Temperaturfühlern, Volumenstromsensoren und einer Leistungsmessung der Wärmepumpe versehen.

Für den Bau des Versuchsstandes sind in der Sanitär- und Heizungstechnik bekannte Normen und Richtlinien berücksichtigt worden. Sodass die Untersuchung auf praxisnahe Verhältnisse übertragen werden kann.

Zur Vergleichbarkeit der Versuchsdurchführung wurden diese in drei Abschnitte unterteilt. Es wurden verschiedene Volumenströme an den Wärmeübertragern der Wärmepumpe untersucht, um verschiedene Speichertemperaturüberhöhungen zu erreichen. Dadurch sind die Versuchsdurchführungen bei verschiedenen Ausgangstemperaturen vergleichbar und die erreichte Speichertemperaturüberhöhung und Spreizung kann festgestellt werden.

Aus dem Vergleich aller, bei verschiedenen Ausgangstemperaturen, durchgeführten Messungen konnten erste Aussagen über die Verbesserung der Speicherspreizung und der erreichten Trinkwarmwassertemperatur getroffen werden. Aus den Volumenströmen am Verdampfer und am Verflüssiger mit der Wirkleistung des Verdichters der Wärmepumpe konnte die Leistung und der COP der Wärmepumpe bestimmt werden. Das folgende Diagramm zeigt einen beispielhaften Temperaturverlauf über die drei Abschnitte der Messaufzeichnung.



In der Abbildung sind die abschnittswise Volumenstromänderungen, der Test der Fähigkeit zur Trinkwarmwasserbereitung und die verbesserte Speicherschichtung erkennbar. Diese Versuche wurden bei verschiedenen Ausgangstemperaturen durchgeführt.

Patrick Richter B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	26. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Labor für Wärmeübertragung Axiotherm GmbH, Eisenberg/Thüringen



Bei den meisten Solarthermie-Anlagen besteht das grundsätzliche Problem, dass besonders im Sommer bzw. tagsüber ein Überangebot an Energie in Form von Wärme vorliegt, diese jedoch keine direkte Abnahme findet. Die Wärmeenergie wird überwiegend in den Abendstunden benötigt. Somit entsteht eine zeitliche Verschiebung zwischen Erzeugung und Nutzung der Energie.

An dieser Stelle wird das Thema „Thermische Speicherung“ für Privatpersonen aber auch für Unternehmen interessant. Die Fachhochschule Steinfurt forscht zu diesem Zweck in Kooperation mit der Firma Axiotherm im Bereich der latenten Speicherung von thermischer Energie an neuen PCM-O Speichermodulen.

In diesem Zusammenhang werden die PCM-O ATS 58 der Firma Axiotherm auf Salzhydratbasis messtechnisch erfasst und an einem dafür eigens konzipierten Messstand untersucht. Anschließend werden die aus den Messungen resultierenden Ergebnisse der PCM-O ATS 58 mit einem rein sensiblen Warmwasserspeicher und den zuvor untersuchten PCM-O ATP 12 auf Paraffinbasis verglichen.

Der Energiespeicher mit den jeweils implementierten Elementen, wurde bei Massenströmen von 360 kg/h bis 1000 kg/h und einer Temperaturspreizung von 4,4 K bis 20 K untersucht. Aus den Messergebnissen lässt sich ableiten, dass die PCM-O ATS 58 Elemente im Durchschnitt gegenüber einem rein sensiblen Warmwasserspeicher einen Speicherfaktor von 4,64 aufweisen. Der Speicherfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis des Wärmeinhaltes des gemessenen Energiespeichers mit PCM-O Elementen und dem Wärmeinhalt eines rein sensiblen Warmwasserspeichers. Der Speicherfaktor der ATS 58 ist im Durchschnitt um 53,3 % größer als bei den zuvor untersuchten PCM-O ATP 12. Somit ergibt sich, dass aufgrund der PCM-O ATS 58 Elemente im Energiespeicher der Wärmeinhalt im Speicher, gegenüber einem rein sensiblen Warmwasserspeicher um das mehr als vierfache gesteigert wird, sowie gegenüber der ATP 12 um mehr, als das doppelte.

Konzeption und messtechnische Untersuchung eines Luftdurchlasses für vertikale Verdrängungsströmungen im industriellen Umfeld

Lennart Ridder B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	07. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumlufttechnik Emco Bau- und Klimatechnik, Lingen



Lüftungsanlagen sind heutzutage von immer größerer Priorität, da der Einsatzbereich von konditionierten Luftströmungen stetig weiter anwächst und der Komfort- und Behaglichkeitsstandard immer höheren Anforderungen unterliegt. Ein häufiger Anwendungsfall, ob zentral oder dezentral, ist die Aufbereitung von Raumluft in Bürogebäuden, um optimale klimatische Bedingungen für den Arbeitsalltag der Mitarbeiter herzustellen. Maßgeblich hierzu sind die Luftzustandswerte, wie Luftfeuchte und Lufttemperatur, welche die Anlagen konstant auf einen Sollwert einregeln, welcher dem Komfortbereich der anwesenden Personen entspricht. Neben den Luftzustandswerten spielt der Luftwechsel, in geschlossenen Räumen, eine zentrale Rolle, um die natürlich vorkommenden CO₂- und O₂-Konzentrationen auf einem konstanten, den Behaglichkeitskriterien entsprechendem, Niveau zu halten.

Allerdings sind diese konventionellen Einsatzgebiete nicht der einzige Bereich in dem die Lüftungstechnik herangezogen wird, sondern sie kommt ebenso für Spezialanwendungen zum Einsatz. Spezialanwendungen, in welchen Luft als Hauptmedium verwendet wird, sind häufig in der Industrie anzutreffen. Neben pneumatischen Problematiken in Druckerhöhungsanlagen kommen ebenso Industrieauslässe in zentralen Lüftungsanlagen zum Einsatz, welche nicht nur den grundlegenden Luftwechsel gewährleisten sollen, sondern durch eine gezielte Luftführung eine bestimmte Funktionalität erfüllen.

Die Emco Klimatechnik wurde 1972 gegründet und ist ein Unternehmen der Emco Group, welches, in ihrem Teilsegment Emco Air neben anderen Produkten, Luftauslässe für verschiedenste Anwendungsfälle herstellt.

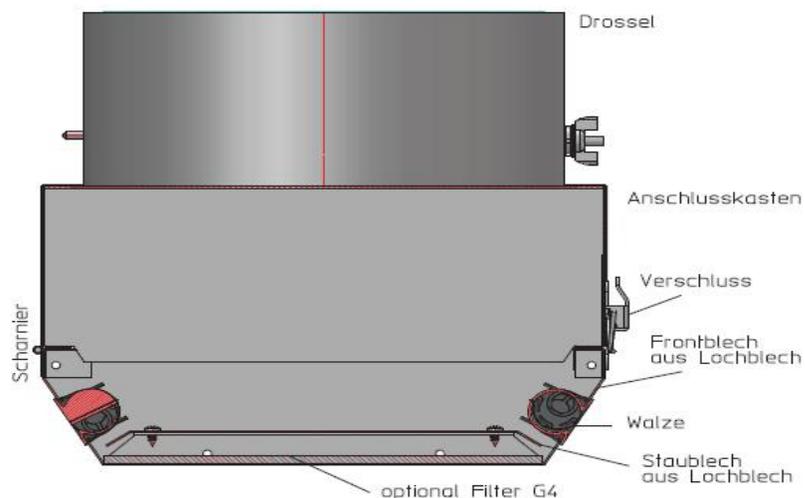
Der IVA-T ist ein Verdrängungsluftauslass, welcher dazu eingesetzt werden wird, die in der Luft befindlichen Stofflasten, zu verdrängen. Der Luftauslass soll unter anderem in der Fertigung von VW zum Einsatz kommen, um die bei der Komponentenbearbeitung freiwerdenden Partikel aus dem Aufenthaltsbereich der Mitarbeiter zu verdrängen, optimale, schadstofffreie Arbeitsbedingungen herzustellen und die Abwärme der Fertigungsmaschinen abzuführen.

Das Ziel dieser Studienarbeit war es, den zu Beginn der Bearbeitungsphase als Prototyp vorliegenden IVA-T so weiterzuentwickeln, dass dieser die Anforderungen eines Verdrängungsströmers erfüllt und funktionsfähig als ein solcher eingesetzt werden kann.

Weiterhin sollten jene Varianten, welche funktionsfähig aus der Konzeptionsphase hervorgegangen waren, messtechnisch, in Bezug auf die strömungstechnischen und akustischen Parameter erfasst werden.

Die Konzeption des IVA-T wurde innerhalb der Arbeit in drei Phasen eingeteilt. Am Ende der Konzeption stellten sich zwei Variationen als zufriedenstellend heraus. Zum einen ist Lochblechvariante mit Filtervlies zu nennen und zum andere eine Lochblechvariante mit Lochblecheinschub. Mit beiden Varianten ist eine gute Verdrängungscharakteristik möglich und sie sind von der Strömungscharakteristik ähnlich, jedoch schließt die zweite Variante hygienische Problematiken vollständig aus. Auf der anderen Seite hat die erste Variante einen geringeren Schalleistungspegel und einen kleineren Totaldruckverlust.

Die Auswertung der Strömungsprofile ergab, dass tendenziell die beste Verdrängungsströmung, mit der Walzenstellung DE, bei einer Untertemperatur von 4 K auftritt, da sie hier in ihrer Ausprägung am breitesten ist und dennoch, bei einem lückenlosen Profil, ausreichende Geschwindigkeiten auftreten. Es ließ sich feststellen, dass eine Erhöhung der Untertemperatur von 4 K auf 8 K dazu führt, dass das Strömungsprofil eine Einschnürung erfährt und der Strahl an Breite verliert, jedoch im Mittel an Geschwindigkeit gewinnt. Dieses Strömungsprofil ließe sich möglicherweise, vorzugsweise, an Orten mit erhöhter Schadstoffbelastung oder immenser Wärmelast einsetzen.



In Hinblick auf zukünftige mögliche weitere Modifikationen an dem Auslass lässt sich sagen, dass die relativ laute Variante, mit Lochblecheinschub, vermutlich bereits dann einem geringeren Schalleistungspegel unterliegt, wenn alle Teile des IVA-T maschinell und passgenau gefertigt werden. Der größte Einfluss auf Druckverlust und Schalleistung, in Bezug auf das Fertigungsverfahren, hat höchstwahrscheinlich das händisch gestanzte und gebogene innere Lochblech. In Hinblick auf die wirtschaftliche Betrachtung und den Zusatznutzen, über die Walzenelemente des IVA-T, ist eine Etablierung auf dem bestehenden Markt nicht abwegig.

Untersuchung zur Anwendbarkeit einer automatisierten In-Line Lackfehlererkennung für geometrisch komplexe Kunststoffbauteile

Michael Risse B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 01. Juni 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energietechnik

In Kooperation mit: BMW Group, Werk Leipzig



Herkömmliche industrielle Prozesse stehen heute immer öfter unter der Betrachtung technisch umsetzbarer Verbesserungen. Bedingt durch den stark voranschreitenden Wunsch nach vollkommener Digitalisierung entstehen so beispielsweise in Teilbereichen der Automobilfertigung nahezu geschlossene Prozessketten hinsichtlich der Datenerhaltung relevanter Informationen.

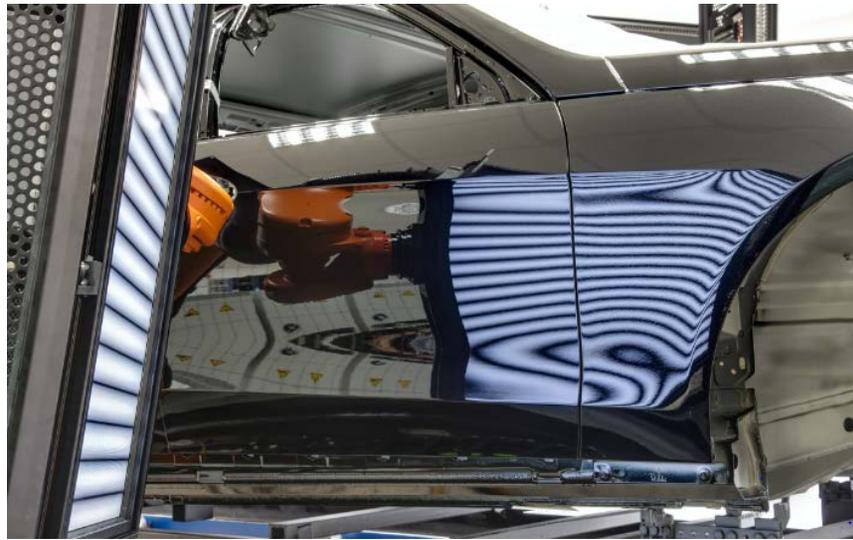
Durch immer größer werdende Kapazitäten bei den verwendeten Recheneinheiten werden auch Prozesse abbildbar, welche aufgrund großer Datenmengen vorher nicht zeitnah in der Produktionslinie analysiert und angezeigt werden konnten.

Ein Beispiel für diesen technisch bedingten Wandel von Prozessketten ist die visuelle Lackkontrolle von Automobilkarosserien. Diese wurde bislang vollkommen durch menschliches, visuelles Prüfen verwirklicht. Es wird dabei auf Oberflächenfehler wie z. B. Einschlüsse, Kratzer oder Krater nach definierten Standards geprüft. Als Gründe für die schwierige Automation sind vorrangig wechselnde Lacke mit wechselnden Oberflächeneigenschaften, die Vielfältigkeit der zu inspizierenden Geometrien als auch das Problem der zeitnahen Informationsauswertung über die gesamte Oberfläche innerhalb des Produktionszeitrahmens zu nennen.

Die zeitnahe Auswertung erschließt sich als Problem, da die Kontrolle von Lacken durch ein Verfahren zur Kontrolle spiegelnder Oberflächen dargestellt werden muss. (Matte Grundierungen und Klarlacke ausgeschlossen) Technisch zielführend wären hierzu zwei Verfahren. Erstens die Interferometrie, zweitens die Streifen-Deflektometrie.

Erstere eignet sich aufgrund ihres physikalischen Messprinzips eher für den Laboreinsatz. Die Streifen-Deflektometrie zeigt als Kontrollverfahren gute Eigenschaften hinsichtlich vielfältiger Geometrie- und Lackeigenschaften und ist seit Anfang 2016 im BMW Werk München im Einsatz. Operativ funktioniert die Deflektometrie durch die Zuordnung von Bildpunkten, welche als wechselndes Streifenmuster von einem Monitor auf den Lack projiziert werden, zu den von Kameras erfassten, reflektierten Bildpunkten. Durch Ableitungen der über die Gesamfläche entstehenden Gleichungssysteme von Oberflächennormalen werden so Informationen über die Flächentopographie des Objektes gewonnen. Für eine sichere Rekonstruktion der vorliegenden Oberflächenstruktur sind Messsysteme mit mindestens zwei Kameraobjektiven unerlässlich.

Da die Auswertung rechnerisch aufwendig ist, machten deflektometrische, kompakte Inspektionseinheiten erst innerhalb der letzten Jahre auf sich aufmerksam.



Am Standort München konnten bei der Kontrolle an Metallkarosserien gute Ergebnisse verzeichnet werden. Man beschloss den automatisierten Kontrollprozess auch für gespritzte und lackierte Kunststoffanbauteile zu untersuchen. Wie das Bild veranschaulicht, werden hier robotergeführte, kompakte Messeinheiten für die Lackbildkontrolle verwendet. Eine weiterführende Zusammenarbeit mit dem BMW Werk Leipzig eignete sich hierzu durch die dortige Produktion der leichtbaubedingten Kunststoffaußenhaut des i3.

Als Ziel wurde hierzu die Beschreibung der zu verwendenden Technologie sowie eine Untersuchung der Auswirkungen auf den in Leipzig stationierten Kontrollprozess vereinbart. Aufbauend auf einer Simulation durch einen anbietenden Messtechnikanbieter, konnten weiterhin erste Erkenntnisse für die Realisierung einer automatisierten Kontrolle an lackierten Anbauteilen gewonnen werden. Hierdurch konnten Aussagen über die technisch zu kontrollierenden und nicht zu kontrollierenden Bereiche getroffen werden. Fortlaufend konnten die qualitativen Auswirkungen einer Implementierung ebenfalls veranschaulicht werden. Digitalisierungsvorteile durch bessere Datenerhaltung ließen sich ebenso herausstellen. Diese Bachelorarbeit bietet somit die Entscheidungsgrundlage für weitere Praxistests, welche für eine weiterführende Planungsphase unabdingbar wären.

Konstruktive Optimierung eines Laborreaktors für Versuche zur anaeroben Industrieabwasserbehandlung

Georg Robaszkievicz B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 23. März 2018

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit: Envirochemie GmbH, Roßdorf



Zur Eliminierung des Kohlenstoffs aus industriellen Abwässern bietet sich eine anaerobe Abwasserbehandlung an. Beim anaeroben Belebtschlammverfahren wird die Biomasse in suspensierter Form, in einem volldurchmischten Reaktor mit nachgeschaltetem Absetzbecken oder einer nachgeschalteten mechanischen Separation kultiviert. Die Tatsache, dass Industrieabwässer eine sehr unterschiedliche Beschaffenheit aufweisen, machen oft Untersuchungen in Laborreaktorsystemen erforderlich. Der Aufbau solcher meist semikontinuierlich betriebenen Testverfahren ist entsprechend individuell und nicht standardisiert. Die Firma EnviroChemie GmbH setzt dafür z. B. semikontinuierlich betriebene Glasreaktoren mit einem Füllvolumen von 1 bis 5 Litern ein.

Ziel der Arbeit war es den Aufwand für den Betrieb der Reaktoren zu verringern und einen möglichst kontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten. Zur Optimierung solcher Reaktorsysteme wurden im Rahmen dieser Bachelorarbeit der Aufbau und die Betriebsweise der Reaktoren bei laufendem Betrieb untersucht. Bei den Reaktoren wurde der Zulauf händisch zugeführt und Ablaufwasser abgeführt.

Aus dieser Betriebsweise der Laborreaktoren resultiert ein entsprechend großer Personalaufwand. Auch kann der Reaktor während der Wochenenden und Feiertage nicht beschickt werden. So lassen sich mit diesem System keine kontinuierlichen Lastgänge realisieren. Die Realisierung einer automatisierten und damit kontinuierlichen Beschickung des Reaktors stand daher im Fokus dieser Arbeit. Wird ein kontinuierlicher Zulauf dem Laborreaktor zugeführt, muss auch ein der Zulaufmenge entsprechender Ablauf kontinuierlich abgeführt werden. Dabei muss die Biomasse abgetrennt und im Reaktorsystem zurückgehalten werden. Diese Separation der Flüssigkeit kann in einem Absetzbecken erfolgen. Jedoch steht dem ein schwankendes Absetzverhalten der Biomasse entgegen. Um Informationen und Erkenntnisse für die Planung eines neuen Reaktorkonzeptes zu erlangen wurden folgenden Maßnahmen ergriffen:

- In einer Recherche wurde der aktuelle Stand der Technik bezüglich kontinuierlich betriebener, anaerober Laborreaktoren mit suspensierter Biomasse zusammengetragen.
- Ein laufender Versuchsbetrieb wurde auf sofort umsetzbare Maßnahmen zur Optimierung des Betriebs untersucht.
- Als Konsequenz aus diesen Beobachtungen wurden Umbaumaßnahmen hin zu einem weniger aufwendigen Betrieb vorgenommen.

- Die aus diesem Versuchsbetrieb gewonnenen Messwerte wurden interpretiert um feststellen zu können, ob die Laborreaktoren den Ansprüchen der Mikroorganismen bezüglich der Umwelthanforderungen wie z.B. der Reaktorgeometrie, der Temperierung oder der Durchmischung erforderlich sind.
- Es wurden ferner zwei weitere Laborreaktoren in Betrieb genommen. Einer dieser Reaktor wurde auf herkömmliche Art betrieben. An dem anderen Reaktor wurden im Laufe des Versuchsbetriebs Veränderungen vorgenommen bei denen Pumpen und ein Prototyp eines Absetzbeckens auf ihre Eignung für einen kontinuierlichen Laborreaktorbetrieb untersucht wurden.
- Parallel dazu wurden Absetzversuche mit dem Reaktorinhalt der beiden Reaktoren durchgeführt und verglichen.
- Die Ergebnisse aus diesen Versuchen wurden zusammengetragen und interpretiert.
- Neben sofort umsetzbaren Verbesserungsvorschlägen für den Betrieb der vorhandenen Versuchsaufbauten wurde in dieser Arbeit ein neues Laborreaktorkonzept erarbeitet, gebaut und in Betrieb genommen.

Das neue Laborreaktorkonzept, welches in der Abb. 2 schematisch dargestellt ist besteht aus einer Zulaufpumpe, einem Reaktor aus Kunststoff mit einem Füllvolumen von 5 L und einem abgedeckten Absetzbecken, dass ein Füllvolumen von 1,5 L hat und ebenfalls aus Kunststoff besteht. Als Zulaufpumpe wurde eine Kolbenmembranpumpe gewählt, die programmierbar und regelbar ist. Für die Gaserfassung sind Trommelgaszähler geeignet. Der konzentrierte Schlamm aus dem Absetzbecken kann entweder manuell oder mit einer Pumpe zurück in den Reaktor geführt werden. Hierfür eignet sich eine Exzenterpumpe oder eine Schlauchpumpe. Mit diesem neuen System kann ein kontinuierlicher Betrieb mit kurzen Verweilzeiten und einem geringen Aufwand betrieben werden.

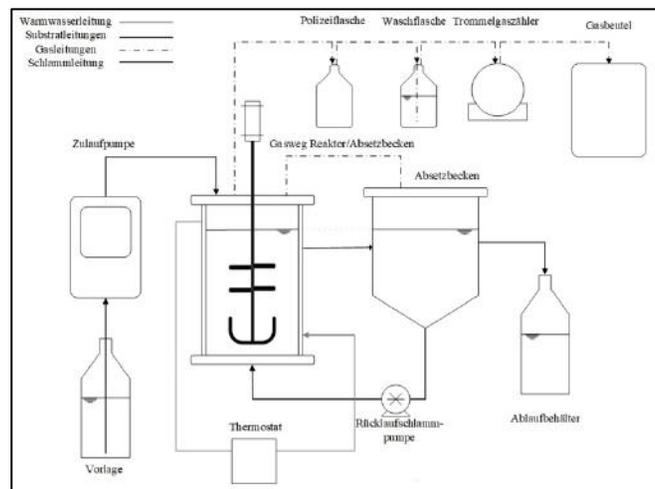


Abbildung 2: Schematische Darstellung des neuen Laborreaktorkonzepts

Untersuchungen zur Umsetzung der 42. Bundes- Immissionsschutzverordnung an Verdunstungskühlanlagen bezüglich der Umweltgefährdung durch Legionellen an einem Standort eines Automobilzulieferers

Nicolas Rosendahl B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Datum des Kolloquiums: 28. September 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Labor Umwelttechnik
In Kooperation mit: Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt



In den vergangenen Jahren kam es immer häufiger zu Erkrankungen der Bevölkerung durch Legionellen. Später eingeleitete Untersuchungen zeigten häufig einen Zusammenhang mit Verdunstungskühlanlagen. So ereignete sich im Jahre 2013 in der Stadt Warstein die größte Legionellenerkrankung Deutschlands. Bei diesem Vorfall kamen drei Menschen ums Leben und mehr als 160 Personen erkrankten zum Teil schwer.

Der Automobilzulieferer Hella KGaA Hueck & Co. liegt mit seinem Firmensitz nur wenige Kilometer von Warstein entfernt ebenfalls im Kreis Soest. Sensibilisiert durch diesen Vorfall und durch diverse Parallelen in der Betriebsweise, so z. B. die Entnahme des Kühlwassers aus einem Oberflächengewässer, veranlassten die verantwortlichen Betreiber genauere Untersuchungen der Betriebsweise durchzuführen.

Mit der Einführung der 42. Bundes-Immissionsschutzverordnung (42. BImSchV) werden gesetzliche Vorgaben zur Errichtung und dem Betrieb für Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider aufgestellt, um Gefahren für die menschliche Gesundheit, insbesondere durch den Kontakt mit Legionellen aus diesen Anlagen zu vermeiden.

Bedingt durch die Änderungen diverser Rahmenbedingungen beim Betrieb von Kühlwassersystemen und deren Verdunstungskühlanlagen ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Auswirkungen der Änderungen auf die bei dem Automobilzulieferer Hella KGaA Hueck & Co. betriebenen Verdunstungskühlanlagen zu identifizieren.

In dieser Bachelorthesis wird zunächst die bisherige Richtlinie VDI 2047 Blatt 2 mit der neuen 42. BImSchV verglichen und die neuen Anforderungen beurteilt.

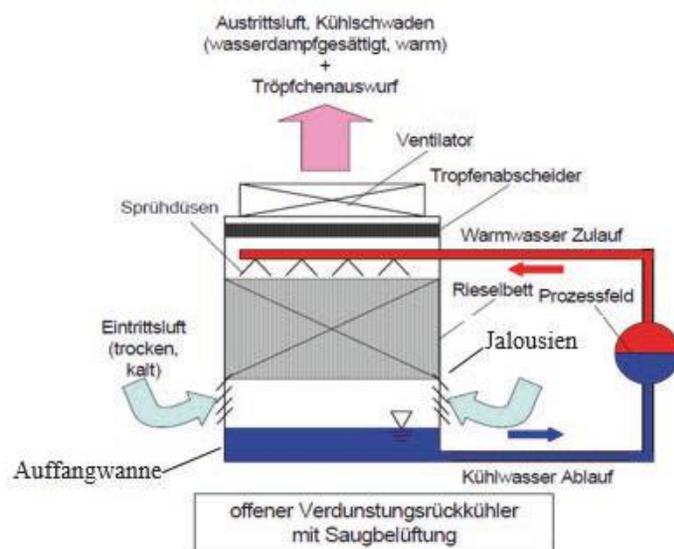


Verdunstungskühlanlage

Anschließend wird ein am Standort Lippstadt exemplarisch ausgesuchter Kühlkreislauf bezüglich der aktuellen Betriebsweise beschrieben und mit den aktuellen Anforderungen des Gesetzgebers verglichen.

Die so ermittelten Unterschiede werden anschließend ausgewertet und Konsequenzen für einen zukünftigen Betrieb erarbeitet. Hierzu werden Lösungsansätze, Alternativen und mögliche technische, wirtschaftliche und organisatorische Handlungsempfehlungen aufgestellt und erläutert.

Da an jedem deutschen Unternehmensstandort der Firma Hella, an denen Verdunstungskühlanlagen existieren, diese unterschiedlich betrieben werden, muss für jeden einzelnen Standort eine individuelle Lösung getroffen werden. Um eine erste Einschätzung über den rechtlichen Status und der einheitlichen Anwendung an den Stand der Technik zu erhalten, ist ein Fragebogen entworfen worden.



Aufbau einer offenen Verdunstungskühlanlage

Philipp Joshua Roth B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	19. Dezember 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Löw Ingenieure, Mainz



Man kann sie weder anfassen noch schmecken, sehen oder hören und dennoch ist sie Lebensgrundlage: Luft; ein Gemisch aus verschiedenen Gasen, deren Hauptbestandteile Stickstoff und Sauerstoff sind. Während der Mensch einige Zeit ohne Nahrung oder Essen auskommt, lässt sich die Überlebenszeit ohne Luft in Minuten messen. Da kann man von Glück reden, dass es genug Luft für alle gibt! Doch saubere Luft ist nicht selbstverständlich. Am 06. Dezember 2017 titelte das ZDF „Weltweit atmen 17 Millionen Babys unter einem Jahr extrem schmutzige Luft ein. Das berichtet das UN- Kinderhilfswerk UNICEF-Deutschland“. Damit relativiert sich die anfängliche Euphorie und es wird deutlich, wie kostbar saubere Luft ist.

Der Lüftungstechnik wird oftmals nur eine geringe Bedeutung zugeschrieben. Es ist eine Technik deren Nutzen man nicht sieht, aber dennoch sehr deutlich spürt. Die Bauweise von Gebäude wird zunehmend luftdichter. Dies spart Heizkosten, aber ein natürlicher Luftwechsel durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle ist kaum noch möglich. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Belüftung der Räume müssen Lüftungsanlagen eingesetzt werden. Eine kontrollierte Wohnraumbelüftung durch eine Lüftungsanlage minimiert den Lüftungswärmeverlust und wirkt sich positiv auf die Gesundheit und die Bausubstanz aus.

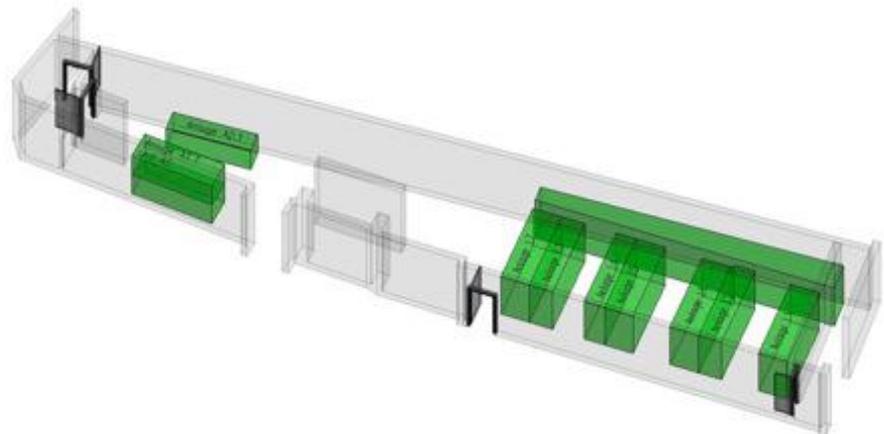
Die Abschlussarbeit befasst sich mit der Erstellung eines Sanierungskonzeptes für die Lüftungsanlage eines Jugendhauses. Das Gebäude verfügt über eine Vielzahl von raumluftechnischen Anlagen, die Großteils an ein gemeinsam genutztes Kreislaufverbundsystem angeschlossen sind. Vergleichbare Sanierungsmaßnahmen haben gezeigt, dass neue Lüftungsgeräte größere Aufstellflächen benötigen als ihre Vorgängermodelle. Dies begründet sich in den verschärften Anforderungen an die Energieeffizienz von Lüftungsanlagen. Zur Einhaltung dieser müssen die Luftgeschwindigkeiten drastisch gesenkt werden, was sich auch auf die Baugröße der Geräte auswirkt. Die derzeit genutzten Technikflächen im Jugendhaus bieten keine Platzreserven. Daher bestand die größte Herausforderung darin, ein Anlagenkonzept zu entwickeln, das sich bei den vorhandenen Platzverhältnissen umsetzen lässt.

Derzeit sind im Jugendhaus insgesamt fünfzehn Lüftungsanlagen mit unterschiedlichsten Aufgaben im Einsatz. Im Kellergeschoss befindet sich die Lüftungszentrale. Dort sind alle sieben Zuluftanlagen untergebracht. Die dazugehörigen Abluftanlagen befinden sich in örtlich verschiedenen Abluftzentralen. Zur Wärmerückgewinnung wird ein Kreislaufverbundsystem genutzt, an das alle Zuluftanlagen aus der Lüftungszentrale angeschlossen sind. Drei der insgesamt sieben Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung befinden sich in der

Lüftungszentrale im Kellergeschoss. Die restlichen vier Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung befinden sich in den obersten Stockwerken des Gebäudekomplexes. Alle weiteren Abluftanlagen besitzen keine Wärmerückgewinnung. Überwiegend entlüften diese Anlagen Bereiche ohne maschinelle Zuluft und stehen somit in keiner direkten Verbindung mit den Zuluftanlagen. Die Luft strömt mittels Überstromöffnungen aus den umliegenden Bereichen nach. Tür- und Fensteröffnungen, sowie allgemeine Undichtigkeiten, sorgen für den notwendigen Luftausgleich.

Die Abbildung zeigt ein 3D-Modell der Lüftungszentrale im Kellergeschoss. Hierbei handelt es sich um einen länglichen, fensterlosen Raum. In der rechten Hälfte der Lüftungszentrale befinden sich die sieben Zuluftgeräte, welche grün dargestellt sind. Ebenso grün visualisiert sind die drei Abluftanlagen in der linken Raumhälfte. Zwischen den Zu- und Abluftanlagen befinden sich Schaltschränke, die Hydraulikstation des Kreislauf-Verbundsystems und der Heizungsverteiler. Die maximale Raumbreite beträgt fünf Meter und verjüngt sich in Richtung der Abluftanlagen. Zudem beeinträchtigt eine tragende Wand in der Raummitte die Nutzung freier Flächen erheblich.

Nach einem Vergleich verschiedener Anlagenkonzepte ist es gelungen ein Konzept zu entwickeln, dass sich bei den gegebenen Platzverhältnissen realisieren lässt. Dieses erarbeitete Anlagenkonzept besitzt ein großes Potential zur Primärenergieeinsparung und verdeutlicht, wie entscheidend energieeffiziente Gebäudetechnik in Bezug auf die begonnene Energiewende sein kann.



Christian Rötger M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

14. Juli 2017

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Umwelttechnik

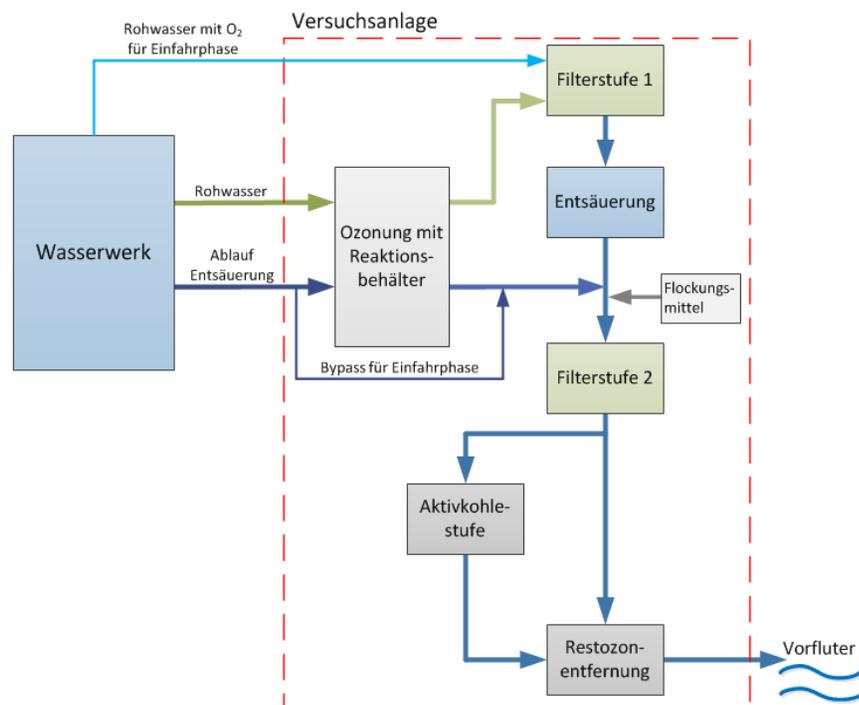
In Kooperation mit:

Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen



Das Trinkwasser eines Grundwasserwerks weist seit einiger Zeit eine erhöhte Geruchsbelastung auf. Diese birgt weder gesundheitliche Risiken noch liegen Verbraucherbeschwerden vor. Zur Entfernung dieser Geruchsbelastung soll das Verfahren der Ozonung am Wasserwerk anhand des Betriebs einer halbtechnischen Versuchsanlage geprüft und bewertet werden.

Die Trinkwasseraufbereitung des Wasserwerks dient im Wesentlichen zur Enteisung, Entmanganung und Entsäuerung. Der Aufbau Versuchsanlage umfasst sowohl die Nachstellung des bisherigen Aufbereitungsprozesses als auch eine Ozonanlage mit den zugehörigen Komponenten zur Gewährleistung der Anlagensicherheit. Die Abbildung zeigt den schematischen Aufbau der Versuchsanlage.



Aufbau der Versuchsanlage

Aufgrund von betriebstechnischen Aspekten wird die Ozonung im Rohwasser und im Ablauf der physikalischen Entsäuerung getestet. Die Versuchsanlage ist, abgesehen von der Entnahme von Wässern an bestimmten Stellen im Aufbereitungsprozess, vollständig entkoppelt von der Trinkwasseraufbereitung. Das durch die Versuchsanlage behandelte Wasser wird verworfen.

Auf der Basis von Laborversuchen zur Ozonzehrung sowie zur Bestimmung der Geruchs Entfernung bei den betreffenden Prozesswässern werden die wesentlichen Betriebsparameter der Versuchsreihe festgelegt. Vor Inbetriebnahme der Ozonung erfolgt eine Einfahrphase zur Herstellung der Ausgangsbedingungen der Versuchsanlage, die in Bezug auf Geruchs Entfernung, Entsäuerung sowie Enteisung und Entmanganung mit dem Wasserwerk vergleichbare Ergebnisse liefern soll. Anschließend wird die Ozonung zugeschaltet und die Auswirkungen werden anhand festgelegter Leitparameter beobachtet.

Die Versuchsreihen zeigen keine negativen Auswirkungen auf die wesentlichen Aufbereitungsziele des Wasserwerks. Es ist davon auszugehen, dass die Leistung der Enteisung und Entmanganung durch die Ozonung verbessert werden können. Weiterhin ist die mögliche Bildung von relevanten Transformationsprodukten bei der Ozonung zu berücksichtigen und zu beurteilen.

Bei den getesteten Ozondosierungen wird keine vollständige Geruchsreduzierung durch den Aufbereitungsprozess erzielt. Daher kann zunächst keine Empfehlung zur Implementierung einer Ozonung ausgesprochen werden. Da die Ozonung im Vergleich zum Wasserwerk allerdings eine weitergehende Geruchsreduzierung erzielt, werden weitere Versuche mit Ozon empfohlen.

Eine Entscheidung über die Realisierung kann nur unter Abwägung der Risiken und wirtschaftlichen Aspekte gegenüber dem gesundheitlich unbedenklichen Auftreten von Geruch im Trinkwasser getroffen werden.

Klaus Russell-Wells M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 22. Juni 2017

Master-Studiengang: Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Laborbereich: Labor für Umwelttechnik



Um die Energieeffizienz und die Umweltauswirkungen von Nah- und Fernwärmenetzen zu bewerten, wurden zwölf Wärmenetze im Münsterland detailliert untersucht, ausgewertet und miteinander verglichen. Dazu wurden gemeinsam mit den Betreibern Daten erhoben, aus denen vergleichbare und übertragbare Kennwerte gebildet wurden. Diese lassen sich in zwei Kategorien einordnen. Zum einen wurden Kennwerte gebildet, die das technische System selbst beschreiben, wie der Systemeffizienz, Systemverluste, Anschlussdichte, Netzverluste und Temperaturspreizung. Zum anderen wurden mit den Primärenergie- und Emissionsfaktoren Kennwerte gebildet, die über das technische System selbst hinausgehen und zusätzlich die Vorketten der Energieträger mitberücksichtigen. Anhand dieser Faktoren wurden die Netze untereinander sowie auch mit einer theoretischen, konventionellen Beheizung der Anschlussnehmer verglichen.

Im Hinblick auf Wärmeverluste im Netz und auf die Anschlussdichte weisen die untersuchten Netze große Unterschiede auf (Abbildung 1). Bis auf zwei Netze liegen alle im Bereich von Netzverlusten bis zu 32 % und Anschlussdichten bis zu 3,4 MWh/(m·a). Andere Wärmenetze in Dänemark und der Schweiz liegen in einem ähnlichen Bereich, wobei sich diese insbesondere bei Anschlussdichten zwischen 0,8 und 1,8 MWh/(m·a) und Netzverlusten zwischen 10 und 30 % konzentrieren.

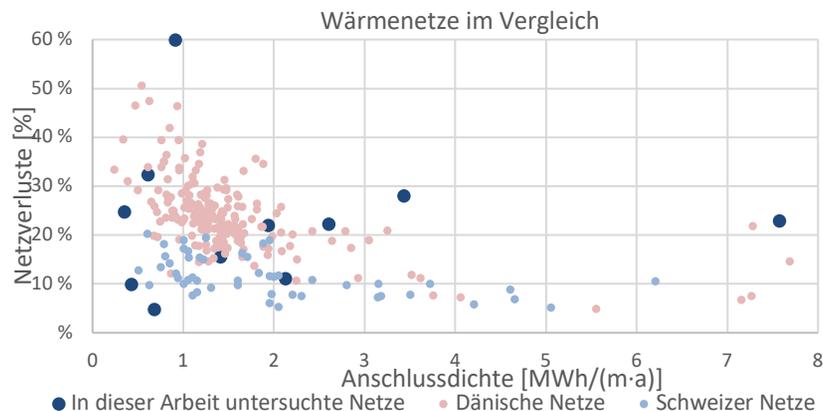


Abbildung 1: Anschlussdichten und Netzverluste der untersuchten Wärmenetze sowie von schweizerischen und dänischen Netzen aus ähnlichen Untersuchungen

Bei der Gegenüberstellung von Primärenergiefaktor und Systemeffizienz (Abbildung 2) zeigt sich, dass insbesondere der eingesetzte Brennstoff den Primärenergiefaktor bestimmt. Während die Systemeffizienz rechnerisch zwar auch einfließt, hat sie im Vergleich zum Brennstoff eine deutlich schwächere Auswirkung. Insbesondere die

Wärmenetze auf Basis erneuerbarer Energieträger weisen niedrige Primärenergiefaktoren auf. Die Systemeffizienz ist zwischen den Netzen unabhängig von Brennstoffwahl sehr unterschiedlich.

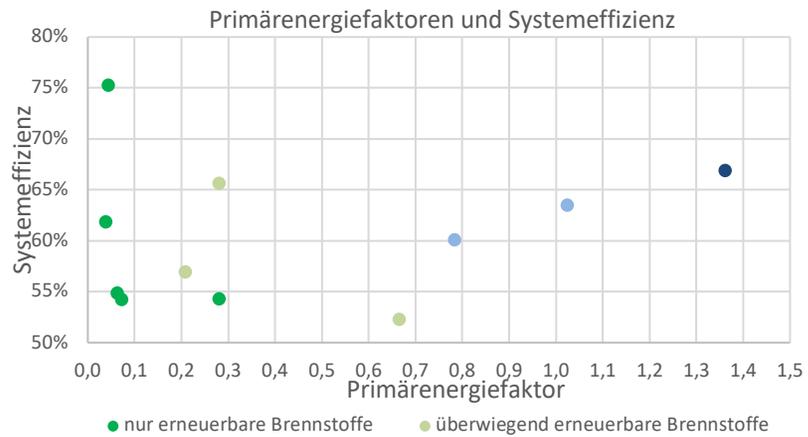


Abbildung 2: Primärenergiefaktoren und Systemeffizienz der untersuchten Wärmenetze

Für die untersuchten Netze wurde ein Benchmark erstellt, in dem jeder gebildete Kennwert mit einem Referenzwert verglichen und die Abweichung dazu beziffert wurde. Die Systemkennwerte wurden dabei auf den besten Wert der untersuchten Wärmenetze in der jeweiligen Kennwertkategorie bezogen, während die Primärenergie- und Emissionsfaktoren jeweils mit den Werten konventioneller, erdgasbetriebener Einzelheizungen verglichen wurden.

Insgesamt zeigen sich dabei gute Beispiele im Hinblick auf die Systemeffizienz und auf die Primärenergieeffizienz. Allerdings erreicht nur ein einziges Wärmenetz gute Werte in beiden Kategorien. Sämtliche Netze haben noch Potenzial zur Optimierung. Den Betreibern wurden daher Empfehlungen ausgesprochen, um die Effizienz ihrer Systeme zu steigern und die Primärenergie- und Emissionsfaktoren zu senken.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigen, dass Wärmenetze zu einer klimafreundlichen Wärmeversorgung beitragen können. Es sind Primärenergie- und Emissionsfaktoren möglich, die weit unter denen der konventionellen Alternativen liegen. Stehen Abwärme oder erneuerbare Energien zur Verfügung, die nicht individuell genutzt werden können, ist die Wärmeversorgung durch Nahwärmesysteme im Hinblick auf diese Faktoren in Betracht zu ziehen. Während sich zeigt, dass Wärmenetze sogar bei niedrigen Anschlussdichten im ländlichen Raum ökologisch sinnvoll und effizient betrieben werden können, wird jedoch auch deutlich, dass sie nicht grundsätzlich effizienter oder klimafreundlicher sind als konventionelle Systeme. Es ist daher wichtig, während der Auslegung und des Betriebs eines Wärmenetzes alle Effizienzkennwerte aufeinander abzustimmen, zu optimieren und erneuerbare Energieträger einzusetzen, die eine möglichst geringe fossile Vorkette aufweisen.

Tina Russell-Wells B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	02. Mai 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Umwelttechnik Stadt Lingen (Ems), EMCO



Die Hydrothermale Carbonisierung (HTC) bietet einen Weg, innerhalb weniger Stunden aus Biomasse Kohle herzustellen. Dabei wird kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben, da der dafür notwendige Kohlenstoff bereits in der Biomasse enthalten war. Anders verhält es sich bei der Kohleförderung, bei der der Kohlenstoff vor der Förderung von der Atmosphäre getrennt war. Der Inkohlungsprozess (Bildung von Kohle) der HTC findet bei hoher Temperatur und hohem Druck statt. Als Biomasse eignen sich vor allem Klärschlamm aus Kläranlagen sowie kommunale Abfälle. Die HTC stellt für diese Substrate einen weiteren Verwertungsweg dar und verlängert die Wertschöpfungskette.

Bei dem Verfahren entsteht neben der Kohle auch Prozesswasser. Dieses ist jedoch stark mit organischen Verbindungen belastet und sollte vor der Einleitung in eine kommunale Kläranlage behandelt werden. Da es für die Behandlung dieses HTC Prozesswassers noch kein gängiges Verfahren gibt, befasst sich diese Arbeit mit den Möglichkeiten einer Prozesswasserbehandlung, welche vor die kommunale Kläranlage geschaltet werden kann.

Grundsätzlich werden hierfür aerobe und anaerobe Verfahren in Betracht gezogen. An der FH Münster wird HTC Prozesswasser behandelt, welches bei der Verkohlung von ausgefaultem Klärschlamm der kommunalen Kläranlage in Lingen entsteht.

Die halbtechnische anaerobe Versuchsanlage reinigt das Prozesswasser zu einem gewissen Grad, welcher für die Einleitung in eine kommunale Kläranlage jedoch auf Wunsch des Kläranlagenbetreibers noch nicht ausreicht. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit werden Versuche mit dem HTC Prozesswasser mit dem Ziel durchgeführt, eine Methode der Zwischenreinigung am Zulauf oder am Ablauf dieser anaeroben Versuchsanlage zu empfehlen. Abb. 1 zeigt das Schema der Versuchsanlage.

Um eine Methode zur Behandlung von HTC Prozesswasser zu empfehlen, wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Es wurden zuerst Vorbehandlungen von Zu- und Ablauf der anaeroben Versuchsanlage der FH Münster und schließlich mit diesen Proben diskontinuierliche Versuche durchgeführt. Für den aeroben Batchversuch wurden Zu- und Ablaufproben je mit einer Ozonierung, Wasserstoffperoxid, der Narewa Anlage und Ultraschall vorbehandelt.

Danach wurden diese Proben zusammen mit Belebtschlamm aus der kommunalen Kläranlage in Steinfurt in Bechergläsern über einen Zeitraum von 28 Tagen gerührt und belüftet. In der Auswertung der wöchentlichen Bestimmungen des Chemischen Sauerstoffbedarfes (CSB) ist zu erkennen, dass bei den Zulaufproben vor allem die Narewa Anlage und die Ultraschallbehandlung eine positive Auswirkung auf die Abbaubarkeit der organischen Verbindungen haben. Bei den Ablaufproben war die Ozonierung besonders wirksam.

Für den anaeroben Batchversuch wurden die mit der Narewa behandelten Proben aus dem Zu- und Ablauf der anaeroben Versuchsanlage mit den unbehandelten Proben aus Zu- und Ablauf verglichen. Hier konnte festgestellt werden, dass die Narewa Anlage die Abbaubarkeit der organischen Verbindungen im Zulauf verbessert. Für eine weitere Forschung der Behandlung von HTC Prozesswasser ist es lohnenswert, die Versuche mit der Ozonierung, der Narewa Anlage und Ultraschall zu reproduzieren. Dabei sollte im Sinne der Optimierung des Prozesses die Dosierung beziehungsweise die Behandlungszeit variiert werden. Auch wäre eine Energiebilanz von Narewa Anlage und Ultraschall interessant, da sie nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren.

Für die Durchführung der Versuche sind außerdem die Verwendung größerer Behälter in Betracht zu ziehen. So würde beim anaeroben Batchversuch mehr Gas analysiert werden, wodurch der Messfehler kleiner würde. Bei den aeroben Batchversuchen könnte, in Kombination mit je einer Belüftungsquelle pro Behälter, der Verdunstungsverlust minimiert werden. Die Probenahmen für die Bestimmung des CSB würde so erleichtert, da sich auch im Laufe des Versuches noch eine ausreichende Klarwasserphase bei der Probenahme bilden würde. Durch ein langsamerer Rühren und unter der Verwendung derselben Belüftungsmethode würden die Belebtschlammflocken mechanisch nicht zerstört werden, wodurch der Fehler der CSB-Bestimmung minimiert würde.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass eine Klärung des Prozesswassers möglich ist. Welche die effizienteste und gleichzeitig energetisch sinnvollste Möglichkeit ist, muss jedoch in weiteren Versuchen untersucht werden.

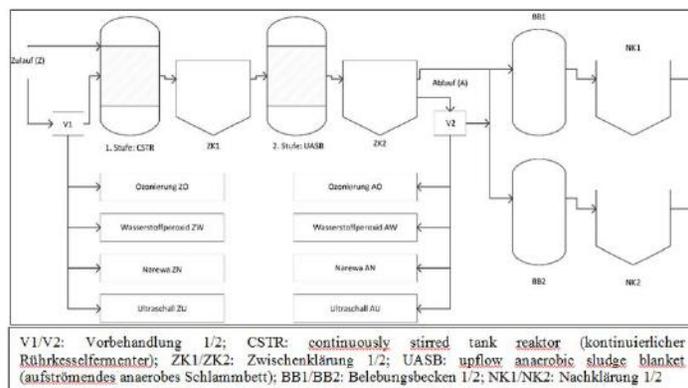


Abb. 1: Schema der Versuchsanlage

Optimierung der Energieversorgung eines produzierenden Unternehmens am Beispiel von dem Produktionsstandort der Miele & Cie. KG – Imperial Werke oHG in Bünde

Jan Heinz Rüter B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer: Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Pawelecki

Datum des Kolloquiums: 26. Februar 2018

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Heizungstechnik
In Kooperation mit: Miele & Cie. KG, Bünde



Durch die Energiewende sind die Herausforderungen an produzierende Unternehmen sukzessiv gestiegen. Neben hoher Qualität und niedrigen Herstellungskosten der Produkte, spielt ein ausgewogenes Energiemanagement eine immer wichtiger werdende Rolle, da diese die Produktionskosten mehr und mehr beeinflussen. Eine energieeffiziente und umweltschonende Fertigung rückt weiter in den Vordergrund, da für die globale Ressourcenschonung nicht nur ein produziertes, energieeffizientes Endprodukt wichtig ist, sondern auch der Fertigungsprozess für das Produkt.

Zur Energieversorgung des Produktionsstandortes Bünde der Miele & Cie. KG werden zwei identische, wärmegeführte Viessmann Blockheizkraftwerke mit je einer elektrischen Leistung von 238kWel und einer thermischen Leistung von 363 kWth betrieben. Um den Kältebedarf zu decken, sind insgesamt 11 Adsorptionskältemaschinen mit je einer Kälteleistung von 10 kWth installiert. Des Weiteren werden zur Wärmeversorgung zwei Brennwertkessel mit einer Leistung von 1120 kWth und ein Brennwertkessel mit einer Leistung von 720 kWth betrieben.

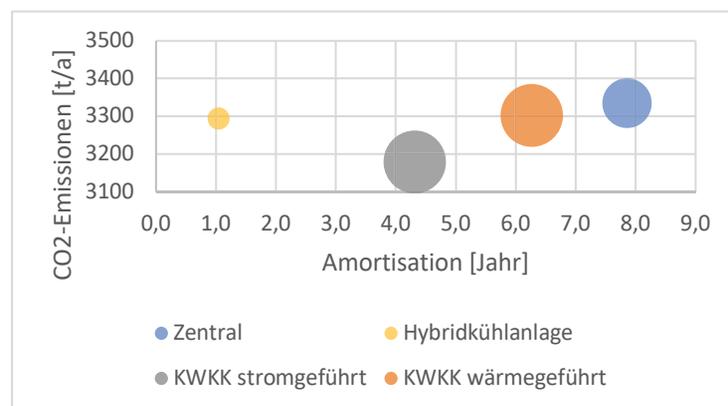
In der jetzigen Situation herrscht ein erheblicher Engpass bei den hydraulischen Pressen, aufgrund langer Durchlaufzeiten und der umfangreichen Logistik. Im Werk Bünde hat man sich nach intensiver Planung und Beratung für eine vollautomatisierte dreistufige Pressenlinie entschieden. Die Anlage ist für einen mehrschichtigen Betrieb vorgesehen. Artikel, welche momentan über zahlreiche Arbeitsgänge und über mehrere Einzelpressen gefertigt werden, sollen zukünftig in einem kurzen, einmaligen Durchlauf hergestellt werden. Die geplante Taktzeit beträgt zehn Sekunden je Artikel. Da Kleinserien und Prototypen in Zukunft auch auf der neuen Pressenlinie produziert werden sollen, muss neben der Vollautomatisation auch ein manueller Betrieb möglich sein. Auf Grundlage der energetischen Anforderungen der Pressenlinie wurden fünf Versorgungskonzepte entwickelt und miteinander verglichen.

Dezentrale Energieversorgung: Bei der dezentralen Energieversorgung werden zusätzliche Kompressionskälteanlagen zur Kühlung der neuen Pressen eingesetzt, welche in unmittelbarer Nähe zum Verbraucher platziert werden. Die vorhandenen Pressen werden weiterhin mit den bestehenden Kompressionskälteanlagen versorgt.

Zentrale Energieversorgung: Um den Kältebedarf der bestehenden Pressen und der neuen Pressen zu decken, wird bei der zentralen Energieversorgung eine Absorptionskälteanlage über einen Bypass an den hydraulischen Vorlauf der bestehenden Blockheizkraftwerke und der Brennwärnkessel angeschlossen. Die Rückkühlanlage versorgt die Absorptionskälteanlage und bietet die Möglichkeit zur Freikühlung bei niedrigen Außentemperaturen. Die bestehenden Kompressionskälteanlagen werden weiterhin eingesetzt, um die Spitzenlasten des Kältebedarfs zu decken. Bei einer Störung der Kältemaschinen wird, auch bei diesem Konzept, Stadtwasser zur Notkühlung eingesetzt.

Kälteversorgung des Stanzwerks durch Hybridkühler: Um die entstehende Wärme der Pressen an die Außenluft abzuleiten, werden Rückkühlanlagen eingesetzt. Die bestehenden Kompressionskältemaschinen bleiben weiter in Betrieb, um Spitzenlasten zu decken.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung: Damit der Wirkverbrauch des Standortes auf ein Minimum reduziert wird, wurde eine wärme- und stromgeführte KWKK-Anlage betrachtet. Die benötigte Kälteleistung wird von einer Adsorptionskälteanlagen bereitgestellt, welche parallel zu den Blockheizkraftwerken geschaltet wird, sodass entweder die Wärmeleistung direkt in den Speicher geleitet werden kann, oder zum Antrieb der Absorptionsmaschine dient.



Grundlegend für den wirtschaftlichen Vergleich wurde die dezentrale Energieversorgung als konventionelle Variante angesehen. In der Abbildung werden die Konzepte hinsichtlich der CO₂-Emissionen und der Amortisationsdauer miteinander verglichen. Die Größe der Kreise beschreibt die Höhe der Investition.

Der differenzierte Vergleich der Energiekonzepte ergab, dass sowohl eine Hybridkühlanlage als auch eine stromgeführte KWKK zur Produktionsversorgung eingesetzt werden kann. Die Hybridkühlanlage ist aufgrund niedriger Betriebskosten, mittlerer Treibhausgasemissionen und einer geringen Investition zu favorisieren. Allerdings gestaltet sich die Variante der stromgeführten KWKK im Hinblick auf die jährlichen Energiekosten am attraktivsten.

Martin Sammler B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 23. Oktober 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: Klimakommune Saerbeck



Die Klimakommune Saerbeck hat eine beispielhafte Entwicklung im Bereich der kommunalen und erneuerbaren Energieerzeugung hinter sich und ist dadurch zu einem Kompetenzzentrum für die Themen der Energiewende geworden. Das Leitziel bis zum Jahr 2030 eine positive Energiebilanz zugunsten erneuerbarer Energien zu erreichen bleibt jedoch eine Herausforderung, da besonders im Bereich der Wärmeversorgung noch großer Handlungsbedarf besteht. Neben Konzepten für den Gebäudebestand, ist es daher wichtig, dass bei Neubauten innovative und ehrgeizige Lösungen verfolgt werden, die eine vollständig erneuerbare Energieversorgung möglich machen. Im Rahmen dieser Arbeit waren für das Neubaugebiet, welches voraussichtlich ab 2020 entstehen soll und ca. 90 Gebäude umfassen wird, die Energiesektoren Wärme, Strom und Mobilität relevant. Das Ziel war es, die erneuerbare Versorgung der genannten Sektoren durch verschiedene Konzeptvarianten darzustellen und deren Machbarkeit zu prüfen.

Voraussetzung für einen Erfolg ist, dass die Konzepte ökologisch, ökonomisch und technisch umsetzbar sind und gleichzeitig die Versorgungssicherheit und der gewünschte Komfort gewährleistet ist. Im Fokus stand die Konzipierung einer zentralen Wärmeversorgung durch ein kaltes Nahwärmenetz. Ein solches Wärmenetz zeichnet sich vor allem durch das konstante und niedrige Temperaturniveau mit sehr geringen Wärmeverlusten aus. In den Gebäuden wird die Temperatur durch elektronische Wärmepumpen auf das gewünschte Niveau angehoben, die wiederum mit erneuerbar erzeugtem Strom betrieben werden. Im besten Fall kommt ein Großteil dieses Stroms von der hauseigenen Photovoltaikanlage. Die Wärmequellen die an dem Standort des Neubaugebietes das größte Potenzial aufweisen sind oberflächennahe Geothermie, Solarthermie und die Umweltwärme des See- bzw. Regenwassers. Gleichzeitig bleiben bei einer möglichen Realisierung große Handlungsspielräume offen, da ein solches Nahwärmenetz je nach Gebäudeanzahl und Wärmebedarf flexibel erweitert werden kann.

uch für eine individuelle Energieversorgung der Neubauten gibt es attraktive Lösungskonzepte. Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist, dass Heizsysteme mit Wärmepumpen ökonomisch vorteilhafter sind als solche, die mit Öl oder Gas arbeiten. Die Berechnungen beruhen auf einem Gebäudestandard, der nach einer Analyse des geplanten Gebäudeenergiegesetzes festgelegt wurde. Über die hier behandelten Systeme hinaus gibt es eine Vielzahl an anderen Optionen für die Bauherren. Außerdem wird sich die technische Weiterentwicklung und Optimierung der Komponenten weiter fortsetzen, sodass, auch bei erhöhten Strompreisen, eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit realistisch bleibt. Ferner haben

Rechercheergebnisse und die Konzipierung einer beispielhaften Photovoltaikanlage gezeigt, dass bei Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils durch eine Integration von Speichertechnik zukünftig weitere Kosteneinsparungen zu erwarten sind. Falls auf Photovoltaik verzichtet wird ist die Versorgung zudem mit lokal erzeugtem, erneuerbarem Strom gesichert.

Da von einer vornehmlichen Elektrifizierung des Mobilitätssektors auszugehen ist wurde untersucht, welchen Einfluss diese Entwicklung auf die Stabilität der Niederspannungsebene haben kann. Darüber hinaus wurden die wesentlichen technischen Voraussetzungen für eine Schnellladestation erörtert und verdeutlicht was bei privaten Hausanschlüssen zu beachten ist.

Inwieweit das Ziel der erneuerbaren Energieversorgung des Neubaugebietes umgesetzt wird, liegt zum einen an der Gemeinde Saerbeck und den politischen Entscheidungsträgern, aber vor Allem an den einzelnen Bauherren. Das Ziel sollte es daher sein die Verantwortlichen durch die Vorteile und Potenziale der einzelnen Versorgungskonzepte für eine Energieversorgung zu gewinnen, die nicht nur wirtschaftlich, sondern auch vollständig erneuerbar ist. Des Weiteren ist die flächendeckende Anwendung von intelligenter Informations- und Kommunikationstechnik und eine zunehmende Kopplung der Energiesektoren notwendig, um die Potenziale voll auszuschöpfen.

Praxisorientierter Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsanalyse nach Trinkwasserverordnung

Boris Sarkoski M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ulrich Doll M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	27. September 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik Ingenieurbüro KaTplan GmbH, Münster



In unserer westlichen Lebensweise sehen wir es als selbstverständlich an, Trinkwasser nur ein paar Schritte von uns entfernt, im besten Fall in kalter und warmer Form, zur Verfügung zu haben. Dieses hat zur Folge, dass wir immer komplexere Trinkwasser-Installationen mit immer mehr Technik schaffen. Diese fortlaufende Technisierung kann bei falscher Betriebsweise zur Folge haben, dass Krankheitserregern, die in der freien Natur nur selten in gefährdender Konzentration vorkommen, ein idealer Vermehrungsraum geboten wird.

Mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) aus dem Jahr 2011 versucht der Gesetzgeber, mit der Einführung verpflichtender Gefährdungsanalysen bei kontaminierten Trinkwasser-Installationen dem Thema aktiv entgegenzuwirken. Im Fall einer festgestellten Legionellenkontamination oberhalb des technischen Maßnahmenwertes wird der Unternehmer oder sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage (UsI) mit der Erstellung einer Gefährdungsanalyse aufgefordert, sich mit seiner Trinkwasser-Installation zu beschäftigen oder entsprechende Fachexpertise einzuholen.

Seit der Einführung der verpflichtenden Gefährdungsanalyse sind einige Jahre vergangen. Mittlerweile gibt es verschiedenste Empfehlungen, Arbeitsblätter und Fachbeiträge, die sich diesem Thema widmen. Thema dieser Masterarbeit ist die Erstellung eines praxisorientierten Leitfadens zur Erstellung einer Gefährdungsanalyse nach der Trinkwasserverordnung.

Eine sogenannte ereignisorientierte Gefährdungsanalyse kann in drei Phasen unterteilt werden:

Phase 1: Systematische Ermittlung von Gefährdungen.

Phase 2: Analyse und Bewertung der Gefährdungen.

Phase 3: Ermitteln und Priorisieren von Abhilfemaßnahmen.

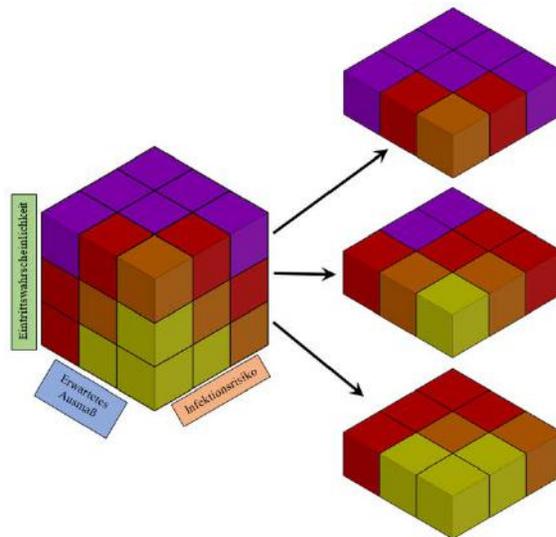
In der ersten Phase werden alle Informationen zu möglichen Auslösern, die zu der Kontaminierung beigetragen haben konnten, zusammengetragen und geprüft.

Hierbei wird die gesamte Trinkwasser-Installation systematisch auf Schwachstellen und Auffälligkeiten, die eine Gefährdung darstellen können, untersucht. Neben dem Prüfen von Bestandsunterlagen gehören zur Kernaufgabe in der ersten Phase die Ortsbegehung und die meist erforderlichen messtechnischen

Untersuchungen.

In der zweiten Phase einer Gefährdungsanalyse werden die zuvor ermittelten Gefährdungen auf deren Risiko der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit analysiert und bewertet. In der Masterarbeit wurden die bestehenden Bewertungsmethoden beschrieben und deren Vor- und Nachteile ausgearbeitet. Praktische Erfahrungen zeigen, dass es schwierig ist, die verschiedensten Faktoren, die die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß beeinflussen, über die bestehenden Bewertungsmethoden nachvollziehbar und reproduzierbar in einer Gesamtbewertung einfließen zu lassen.

Aus diesem Grund wurde in dieser Masterarbeit ein alternatives praxisbezogenes Bewertungssystem zur Risikoabschätzung von Gefährdungen in der Trinkwasser-Installation entwickelt. Die Überlegungen, durch welche Kriterien die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß beeinflusst werden, wurden fünf Bewertungsschritte abgeleitet. Aus diesen fünf Bewertungsschritten wurde eine dreistufige Bewertungstabelle mit einer $3 \times 3 \times 3$ Matrix, welches ein praxisorientiertes Analysieren und Bewerten von Gefährdungen ermöglichen soll, entwickelt.



In der dritten Phase werden geeignete Abhilfemaßnahmen ermittelt und anhand des zuvor abgeschätzten Risikos priorisiert. All diese Schritte sind in einer gutachterlichen Form zu dokumentieren, was bedeutet, dass jede Gefährdungsanalyse systematisch aufzubauen, übersichtlich zu gliedern und nachvollziehbar zu begründen ist. Da jede Trinkwasser-Installation letztlich ein Unikat darstellt, ist eine ausschließliche Bearbeitung in Form von Checklisten und Formularen nicht zielführend.

Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit Tabellen zur Dokumentation der Risikoabschätzung und des Maßnahmenplans entwickelt, die möglichst flexibel, aber dennoch in der Praxis leicht zu handhaben sind.

Teresa Sasse B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Klaus Hans Pecher
Datum des Kolloquiums:	09. April 2018
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Umwelttechnik/Hydraulik und Stadthydrologie Dr. Pecher AG, Erkrath



Eines der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist ein guter ökologischer und chemischer Zustand der Gewässer. Umgesetzt werden die Anforderungen durch das Wasserhaushaltsgesetz und den Landeswassergesetzen der jeweiligen Bundesländer. Dort wird u. a. festgelegt, dass die Schließung des natürlichen Wasserkreislaufs vor Ort gewünscht ist.

In Nordrhein-Westfalen gilt der Runderlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (kurz Trennerlass) des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aus dem Jahr 2004 als allgemein anerkannte Regeln der Technik. Die bisherigen Bewirtschaftungspläne reichen jedoch nicht aus, um die Ziele der WRRL fristgerecht umzusetzen. Ein Ansatz, für die Erreichung des Ziels, ist die Reduzierung des Schadstoffeintrags durch Niederschlagswasser aus Siedlungsgebieten durch eine Verbesserung der Regenwasserbehandlung. Die Anforderungen zur Schadstoffminimierung bei der Niederschlagsentwässerung werden durch den Trennerlass umgesetzt.

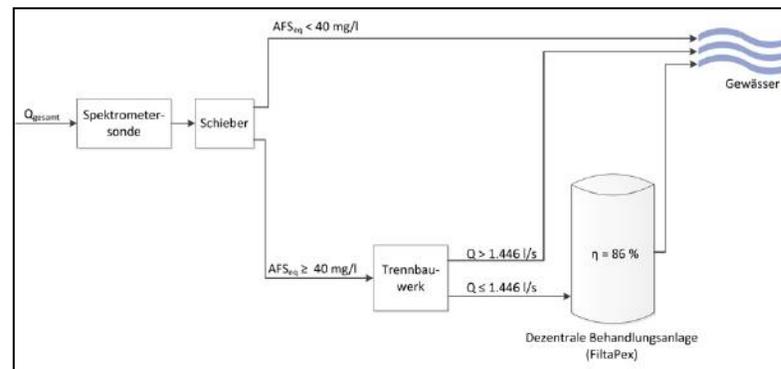
Für die Entwicklung stoffbezogener Zielgrößen werden im derzeitigen Gelbdruck des Arbeitsblattes DWA A 102/BWK A3 die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) und hierbei die Feinanteile mit Korngrößen kleiner $63 \mu\text{m}$ (AFS63) als Referenzparameter ausgewählt, um die Verschmutzung von Niederschlagswasser- und Mischwasserabflüssen und damit die Gewässerbelastung durch Stoffeinträge bewerten zu können. Durch konventionelle zentrale Behandlung des Regenwassers in Regenklärbecken (RKB) können die Ziele der WRRL aufgrund unzureichender Reinigungsleistung, die sich lediglich auf den Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und leicht sedimentierbaren Stoffen beschränkt, nicht erreicht werden. Beispielsweise AFS63, Mineralölkohlenwasserstoffe, gelöste Schwermetalle, organische Spurenstoffe können durch die Reinigung in RKB nur eingeschränkt bzw. nicht zurückgehalten werden und gelangen in die Gewässer. Daher müssen weitergehende Behandlungsmaßnahmen etabliert werden, die auf die Entfernung der genannten Stoffe zielen. Eine dieser Maßnahmen sind technische Regenwasserfilter (TRF) an dezentralen Standorten.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden Möglichkeiten zu datenbasierten Betriebs- und Planungskonzepten dezentraler Regenwasserbehandlung erarbeitet. Damit verbundene Ressourcen- und Kosteneinsparungen wurden dargestellt, Ursachen für die Kolmation des Filtermaterials eines dezentralen TRF ermittelt und

Optimierungsansätze formuliert. Darüber hinaus wurde die Reinigungsleistung kompakter TRF mit der von zentralen Anlagen verglichen und bewertet. Zudem wurde eine Flächenkategorisierung nach Trennerlass eines Einzugsgebietes in Emsdetten mit nachstehender Berechnung eines kritischen Abflusses vorgenommen. Darauf aufbauend wurde ein Konzept für eine qualitätsdatenbasierte Teilstrombehandlung mit Verbundsteuerung erarbeitet. Kernaussagen der Ergebnisse lassen sich wie folgt formulieren:

- Die Datenauswertung ergab, dass ein hohes Maß an Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich des Betriebes und der Betriebsüberwachung besteht. Derzeit werden nur wenige der TRF regelmäßig gewartet, ein Austausch des Filtermaterials findet verzögert statt, sodass die Filter zeitweise keine Reinigungsleistung erbringen. Die Betriebsüberwachung kann durch den Ausbau von Messtechnik, bspw. durch Füllstandmessungen und Spektrometersonden, optimiert werden.
- Eine wiederkehrende Kolmation des Filtermaterials eines TRF in Hennef konnte auf eine Biofilmbildung im und auf dem Material zurückgeführt werden, bedingt durch den planmäßigen Mischwassereintrag eines Regenüberlaufbeckens oberhalb im Kanalsystem.
- Der datenbasierte Planungsprozess für eine qualitätsdatenbasierte Teilstrombehandlung mit Verbundsteuerung für ein Einzugsgebiet in Emsdetten zeigte, dass 2/3 der gesamten Fracht eliminiert werden können, wenn 1/3 des Gesamtabflusses in einem TRF behandelt wird.

Die nachstehende Abbildung zeigt abschließend, wie das Konzept für diese Teilstrombehandlung umgesetzt werden könnte.



Fließschema des qualitätsabhängigen Teilstromkonzeptes mit Verbundsteuerung durch Ermittlung der AFSeq Konzentration des gesamten Zuflusses und dezentralen Behandlung der Abflüsse $\leq Q_{\text{krit}} = 1.446 \text{ l/s}$ mittels FiltaPex®-Standard-Schachtsystem

Dezentrale Systeme bieten eine Möglichkeit den Gewässerzielen der WRRL näher zu kommen. Um die Systeme auf lange Sicht zu etablieren, müssen neue gesetzliche Vorgaben verfasst werden, in denen u. a. die Verpflichtung zur automatischen Selbstüberwachung des Betriebes verankert ist. Darüber hinaus müssen neue Wege zur Weiterentwicklung der Technologien eröffnet werden. Weitere Fragen bezüglich der Betriebssicherheit, des Aufwandes für Wartung und Reinigung sowie der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit müssen künftig geklärt werden.

Christian Schewe M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng
Datum des Kolloquiums:	01. September 2017
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik



Weit verbreitet und häufig eingesetzt werden sensible Energiespeicher. Diese, mit Wasser gefüllten Speicher, sind seit Jahrzehnten Stand der Technik. Soll nun eine größere Energiemenge, bei gleichbleibender Speichergröße, gespeichert werden, rücken Latentenergiespeichersysteme in den Fokus der Betrachtung. Durch die Verwendung von Phasenwechselmaterialien wird ein Wechsel der Aggregatzustände des verwendeten Materials gezielt nutzbar gemacht.

Durchläuft ein Speichermedium einen Phasenwechsel, so nimmt dieses Material Energie auf oder gibt Energie ab, ohne dabei seine Temperatur zu verändern. Im Vergleich zum rein sensiblen Speichersystem erhöht sich hierdurch die Speicherkapazität bei gleicher Temperaturdifferenz und gleicher Speichermasse. Zudem ermöglichen Latentspeichersysteme, dass über einen längeren Zeitraum, eine konstantere Temperatur ausgespeist werden kann.

Für eine korrekte und energieeffiziente Auslegung eines Speichersystems ist es Voraussetzung, vorab Aussagen über das thermische Verhalten des thermischen Speichers treffen zu können. Das betrachtete Simulationsprogramm dient dazu, sowohl das komplexe Zusammenspiel aus sensibler und latenter Energiespeicherung, als auch der instationären Wärmeleitung innerhalb von makroverkapselten Phasenwechselmaterialien, abzubilden.

Mit Hilfe des Rechenprogramms wird das Ziel verfolgt, im Vorfeld qualifizierte Aussagen über das Speicher- und Ladeverhalten des Speichersystems treffen zu können. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Speichertemperatur und der Leistungs- und Enthalpieverläufe.

Das Kernthema der Arbeit ist es, ein Berechnungsprogramm und seine theoretischen Grundlagen für wasserdurchströmte PCM-Speicher zu validieren und durch Parametrisierung an eine Versuchsanlage anzupassen. Hierzu wurden gezielt Teile des Simulationsprogramms extrahiert und hinsichtlich ihrer korrekten rechnerischen Überprüfung überprüft. Im weiteren Verlauf wurden exemplarisch verschiedene Versuchsprozesse mit Hilfe des parametrisierten Rechenprogramms simuliert und mit den messtechnisch erfassten Ergebnissen aus dem Prüflabor der Fachhochschule Münster verglichen.

Insbesondere der Bereich der instationären Wärmeleitung und der Leistungs- und Enthalpieverlauf steht im Fokus der Arbeit und der rechnerischen Überprüfung. Mit

Hilfe eines analytischen Rechenverfahrens wurde das numerische Verfahren aus dem Simulationsprogramm, welches die instationäre Wärmeleitung abbildet, verifiziert.

Für die Validierung des Rechenkerns wurden die instationären Temperaturverläufe am Beispiel einer Kugel überprüft. Dabei wurden instationäre Oberflächentemperaturen der Kugel, Temperaturen der mittleren Kugelschale und der des Kerns rechnerisch ermittelt und mittels Rechenkern überprüft. Im weiteren Verlauf wurden die Ergebnisse aus beiden Rechenverfahren miteinander verglichen.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die instationäre Wärmeleitung, hier am Beispiel einer Kugel, vom Rechenkern hinreichend genau abgebildet wird. Mit Hilfe dieser Erkenntnis besteht die Möglichkeit, den Rechenkern auf beliebige PCM-Os zu übertragen. Dies ist essenziell, um mit Hilfe des Berechnungsalgorithmus, thermische Latentenergiespeichersysteme zu simulieren, die mit PCM-Os gefüllt sind.

Im nächsten Schritt wurde das Messergebnis der Enthalpieänderung des Versuchsstandes, mit Hilfe eines rechnerischen Verfahrens, überschlägig überprüft. Hierzu wurde die Gesamtenthalpieänderung, die der Speicher innerhalb des betrachteten Prozesses erfährt, rechnerisch ermittelt. Die Überprüfung hat gezeigt, dass die Leistungs- und Enthalpieverläufe der Messergebnisse, als Validierungsgrundlage für die Simulation geeignet sind. Durch eine Kalibrierung und Anpassung ausgewählter Parameter, wie die effektive Speicherhöhe oder die wirksam umströmte Oberfläche der PCM-Os innerhalb des Speichers, wurde das Simulationsprogramm an den realen Prüfstand angepasst.

Im weiteren Verlauf wurden sowohl stationäre als instationäre Versuchsprozesse mit Hilfe des Rechenprogramms simuliert. Die Ergebnisse der Simulation wurden mit den Messergebnissen des Prüflabors verglichen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl der Rechenkern, als auch das Simulationsprogramm, thermische Speicherprozesse mit einer hohen Genauigkeit simuliert.

André Schippmann B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Heiko Winkler
Datum des Kolloquiums:	24. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Haus- und Energietechnik energum GmbH, Ibbenbüren



Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundes wurden die Grundschule und das Gymnasium Reutershagen in Rostock zur Plusenergieschule umgebaut. Durch die Umbaumaßnahmen entstand ein Gebäudekomplex aus drei Gebäuden, deren Zwischenräume mit einer Fassade und einem Dach aus Folienkissen versehen wurden. Der so entstandene Raum zwischen den Gebäuden dient zum einen als Aufenthaltsraum für Schüler und Lehrer aber auch als „Klimapuffer“ für die Gebäude. Die Fassade der Schulgebäude entspricht weitestgehend dem Passivhausstandard. Eine 153,44 kW_{peak} große Photovoltaik-Anlage und zwei Kleinwindkraftanlagen mit jeweils 3,1 kW Nennleistung erzeugen Strom direkt am Gebäude.

Im Rahmen des Intensivmonitorings, welches von der energum GmbH durchgeführt wurde, entstanden 13 Optimierungsmaßnahmen für eine energetisch sinnvolleren Betriebsweise der Anlagen, mit denen auch das thermische Behagen der Schüler gesteigert werden sollte. Diese Optimierungen galt es in der Bachelorarbeit zu überprüfen.

Einer der Vorschläge war es, die Frostschutzfunktion der Heizregister der Lüftungsanlagen nicht mehr über die Außentemperatur zu regeln, da sich die Heizregister in den gedämmten Technikräumen des Gebäudes befinden. Es sollte stattdessen ein Temperatursensor im Luftkanal direkt vor dem Heizregister genutzt werden. Die Temperatur innerhalb der Technikräume sank im gesamten Zeitraum nicht einmal unter 12 °C. Eine Umsetzung dieses Vorschlages wurde abgelehnt, sodass im Zeitraum von Januar bis Juni 2017 ca. 700 kWh Wärme und 150 kWh Pumpenstrom für den Betrieb der Frostschutzfunktion verbraucht wurden.

Ein weiterer Vorschlag war es, die Raumsolltemperatur an Wochenenden, in den Ferien und in den Nächten abzusenken, anstatt dauerhaft zu heizen. Eine Umsetzung wurde zwar vom Betreiber bestätigt. Das Monitoring zeigte jedoch, dass die Raumsolltemperatur nicht wie vorgeschlagen auf 15 °C während der Nichtnutzungszeiten reduziert wurde, sondern lediglich auf 18 °C. Außerdem fand in den Ferien 2017 weiterhin keine Absenkung der Raumtemperatur statt.

Ebenso sollten die Lüftungsanlagen nur noch bei einer Präsenzmeldung die Räume mit Frischluft versorgen. Da die aufwendige Regelung zu teuer war, wurde lediglich die Laufzeit der Lüftungsanlagen an die Schulzeiten angepasst. So reduzierte sich

die Laufzeit pro Tag um zwei Stunden, sodass ca. 8 % Ventilatorenstrom eingespart werden konnte. Während der Untersuchung der Lüftungsanlagen zeigte sich außerdem, dass die beiden Lüftungsanlagen des Gymnasiums aufgrund eines unbekanntem Betriebsfehlers über drei Monate hinweg im Grundlastbetrieb 24 h am Tag durchliefen.

Neben diesen Maßnahmen zur energetischen Optimierung galt es auch die thermische Behaglichkeit der Schüler und Lehrer zu gewährleisten. So wurde vorgeschlagen, die Raumtemperatur um 0,5 K während der Nutzungszeiten zu erhöhen. Durch diese Änderung konnte sichergestellt werden, dass zum Großteil der Nutzungszeiten die Raumtemperaturen den Anforderungen der Normen entsprachen.

Bei der Untersuchung der Luftfeuchte wurde festgestellt, dass diese vor allem an kalten Wintertagen mit Werten von knapp unter 30 % r.F. nicht den Empfehlungen entsprach. Dies war auf den Einsatz der Lüftungsanlagen zurückzuführen. Doch kann durch diesen Einsatz erst sichergestellt werden, dass die CO₂-Konzentration guter bis mittlere Raumluftqualität entspricht. Nur in 1,7 % der Schulzeit erreicht die Konzentration Werte von ca. 2000 ppm und damit schlechte Raumluftqualität.

Durch mehrere Kurzzeitmessungen sowohl im Winter als auch im Sommer konnte der PMV und PPD-Index als Maß für die thermische Behaglichkeit bestimmt werden. Beide Werte lagen im Durchschnitt innerhalb der Empfehlungen, sodass statisch gesehen nicht mehr als 10 % der Nutzer mit dem vorherrschenden Raumklima unzufrieden sind. Durch eine Blower-Door Messung und eine Thermografieuntersuchung wurden am Gebäude mehrere Undichtigkeiten an den Fenstern und Türen festgestellt. Einige Leckagen an den Türen waren so groß, dass sie neben erhöhten Wärmeverlusten auch Zugerscheinungen innerhalb der Räume verursachten.

Ein Ziel des Forschungsprojektes war es, dass der Gebäudekomplex primärenergetisch eine positive Energiebilanz erreicht. Dieses Ziel galt es durch die Optimierungsmaßnahmen erreichen. Nach aktuellen Primärenergiefaktoren liegt die Primärenergiebilanz bei +1 kWh/m². Bildet man diese Bilanz nur mit den in der Norm geforderten Stromverbräuchen erhöht sich dieser Wert auf +15 kWh/m².

Zwar wurde damit das Ziel des Forschungsprojektes knapp erreicht, dennoch besteht weiterhin großes energetisches Potenzial. Dieses gilt es weiterhin durch intensives Monitoring zu erkennen und zu heben. Auch die thermische Behaglichkeit der Nutzer kann noch weiter verbessert werden.

Diese Arbeit hat gezeigt, dass in einem so komplexen Gebäude nur durch genaues Analysieren der Anlagen ein energetisch optimaler und nutzfrequnder Weg gefunden werden kann.

Untersuchung des Beimischverfahrens nach DIN 1988-300 mit verschiedenen Softwareprodukten

Frank Schnelting M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	13. April 2017
Studium:	Technisches Management Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Haus und Energietechnik
In Kooperation mit:	Viega GmbH & Co. KG., Attendorn



Im Mittelpunkt dieser Abschlussarbeit stand die Dimensionierung von Zirkulationsleitungen nach dem differenzierten Verfahren aus dem Arbeitsblatt DVGW W553 und dem Beimischverfahren aus der DIN 1988-300. Dazu wurde das Arbeitsblatt DVGW W553 „Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen“ und die DIN 1988 Teil 300 „Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW“ sowie die darin beschriebenen Auslegungsparameter für Zirkulationsleitungen genauer betrachtet und miteinander verglichen.

Durch den Vergleich sollten Stärken und Schwächen des jeweiligen Verfahrens analysiert und deutlich gemacht werden. Das hier betrachtete Gebäude ist ein Wohngebäude mit zentraler Trinkwassererwärmung. Es besitzt in seiner Ursprungsform 24 Wohneinheiten, welche über 6 Steigstränge versorgt werden. Zuerst wurde die Zirkulationsanlage des Gebäudes mit beiden Softwareprodukten, „Excel“ und „liNear“, nach den Vorschriften aus dem DVGW W553 ausgelegt und miteinander verglichen. Anschließend wurde dieselbe Zirkulationsanlage mit beiden Softwareprodukten nach dem Beimischverfahren dimensioniert.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den charakteristischen Temperaturverlauf beider Verfahren. Dabei stellt der rote Verlauf die Temperaturen innerhalb der Warmwasserleitungen und der violette Verlauf die Temperaturen innerhalb der Zirkulationsleitungen dar. Die Abbildung 1 zeigt den Temperaturverlauf bei einer Dimensionierung nach den Vorschriften des DVGW W553 und die Abbildung 2 zeigt den Temperaturverlauf bei einer Dimensionierung nach dem Beimischverfahren. Der wesentliche Unterschied der beiden Verfahren liegt darin, dass beim Beimischverfahren die Temperatur des zirkulierenden Wassers in der Zirkulationssammelleitung bis kurz vor dem Mischpunkt auf 55 °C auskühlen kann (Abbildung 2). Durch die Beimischung von wärmeren Wasser aus einem Steigstrang, wird die Temperatur so weit angehoben, dass kurz vor dem nächsten Mischpunkt wieder 55°C erreicht wird.

Die Gegenüberstellung der beiden Verfahren erbrachte nach den ersten Berechnungen folgende Erkenntnisse: Der Zirkulationsvolumenstrom minimierte sich kaum, der zu überwindende Druckverlust und die Förderleistung der Zirkulationspumpe sanken, doch die Dimensionen und das Wasservolumen der Anlage blieben gleich.

Außerdem sollte überprüft werden, wie sich die Relevanz der sich eventuellen ergebenden Vor- oder Nachteile verändert, wenn sich das betrachtete Gebäude in der Größe verändert. Dafür wurde in einem weiteren Berechnungsschritt das Gebäude auf 48 bzw. 96 Wohnungseinheiten vergrößert. Durch die Erweiterungen des Gebäudes konnte der zu überwindende Druckverlust der Zirkulationspumpe, beim Beimischverfahren gegenüber dem differenzierten Verfahren, um bis zu 26 % reduziert werden.

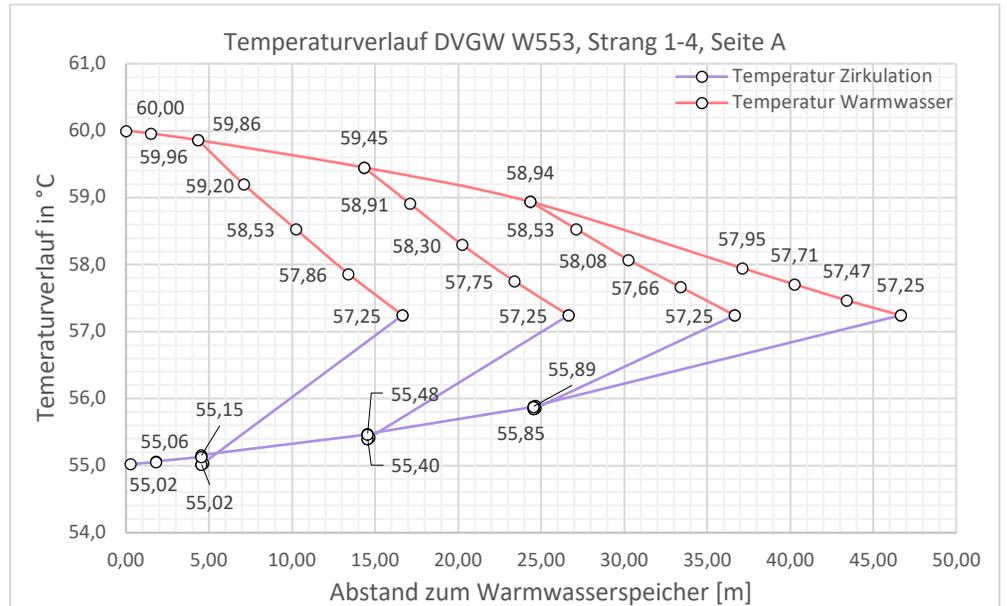


Abbildung 1: Temperaturverlauf nach DVGW W553

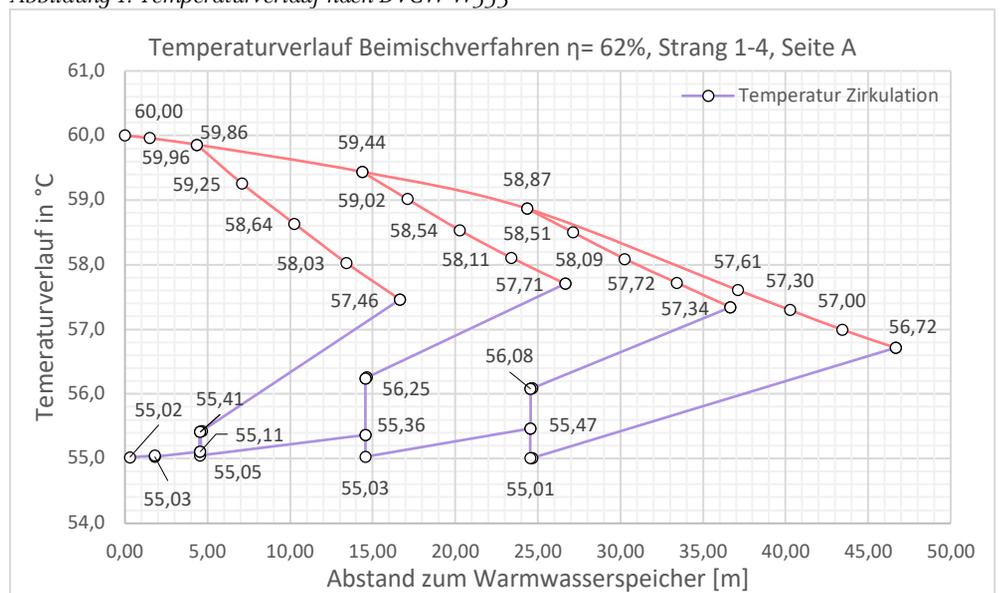


Abbildung 2: Temperaturverlauf nach dem Beimischverfahren, $\eta = 62\%$

Florian Schnieder B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Bölte
Datum des Kolloquiums:	14. Juli 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	Gesellschaft des Kreises Coesfeld zur Förderung regenerativer Energien mbH, Coesfeld (GFC)



Ein flächendeckendes Netz von Ladestationen ist die Voraussetzung für die Einführung der Elektromobilität. Im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes „eCOEmobil – Elektromobilität für den Kreis Coesfeld“ hat die GFC in jeder der 11 Städte und Gemeinden des Kreises mindestens eine öffentliche Ladesäule mit jeweils zwei Ladepunkten (2 x 22 kWel.) errichtet.

Ein Netz an öffentlich zugänglicher Infrastruktur für die Ladung von Elektrofahrzeugen gibt es bislang zwar in einzelnen Städten, nicht aber wie nun im Kreis Coesfeld für einen gesamten Landkreis. Hauptziel der Arbeit war die Auswertung der Nutzungsfrequenzen an den verschiedenen Standorten und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung.



Abb. 1-1: Projektlogo und Ladesäule am Standort Lüdinghausen-Seppenrade

Der Ausstoß des klimaschädlichen Treibhausgases CO₂ beträgt deutschlandweit im Verkehrssektor 18 %. In Landkreisen ist der Anteil aufgrund des Individualverkehrs erheblich höher. Im Jahr 2013 beträgt der Anteil in Coesfeld 47 %, in absoluten Zahlen sind das 838.427 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Der gesamte Ausstoß von Treibhausgasen soll in den nächsten Jahren und Jahrzehnten erheblich reduziert werden. Im Zusammenspiel mit Strom aus erneuerbaren Energien ist Elektromobilität die Schlüsseltechnologie zu umweltschonender und energieeffizienter Mobilität, auch vor dem Hintergrund der

knapper werdenden Ölreserven. Um Elektromobilität auf dem deutschen Markt zu etablieren, hat die Bundesregierung diverse Fördermaßnahmen ins Leben gerufen. Dazu zählt beispielsweise auch der Ausbau einer geeigneten Ladeinfrastruktur. Die Ladesäulenverordnung regelt dazu den nutzerfreundlichen, technisch einheitlichen Ausbau. Zukünftig soll es auch feste Regelungen bzgl. Authentifizierung und Bezahlung geben.

Die Auswertung der einzelnen Ladesäulenstandorte ergab, dass die Nutzung bisher gering ist. Zum einen muss der Bekanntheitsgrad noch steigen, zum anderen sind im gesamten Kreis erst 67 reine Elektrofahrzeuge zugelassen. Generell ist das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 eine Million Elektroautos auf deutsche Straßen zu bringen, kaum noch zu erreichen. Um die Etablierung auf dem Markt in den kommenden Jahren zu beschleunigen, müssen insbesondere die Anschaffungskosten von Elektroautos noch auf das Niveau von konventionell angetriebenen Fahrzeugen sinken. Das könnte zunächst mit verstärkten Förderungen erreicht werden. Norwegen und China sind zwei beispielhafte Nationen, die den Kaufpreis eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs erheblich stärker fördern. In Deutschland beträgt der Zuschuss bis zu 4.000 €.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb öffentlicher Ladestationen zurzeit und wahrscheinlich in näherer Zukunft nicht möglich ist, da z. B. Investitionskosten, Netzanschluss, Tiefbauarbeiten und Installation sehr kostenintensiv sind. Deshalb werden sich private Investoren von solchen Projekten eher distanzieren. Der weitere Ausbau muss durch weitere Förderungen Bund und Ländern weiter unterstützt werden und ist als öffentliche Infrastrukturaufgabe zu sehen.

Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der zentralen und dezentralen Möglichkeiten der Gebäude- und Trinkwassererwärmung

Dennis Schulte B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Ralf P.M. Schmitt

Datum des Kolloquiums: 27. September 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Gebäudetechnik

Laborbereich: Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit: Köster GmbH, Osnabrück



In Zeiten der fortschreitenden Energiewende befasst sich die Bundesregierung mit dem Ausbau des Energienetzes besonders im Hinblick auf die Nutzung von regenerativen Energien.

Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien stellt die effiziente Nutzung das zweite Standbein der Energiewende dar. In kaum einer anderen Branche wie dem Bausektor werden ständig neue Vorschriften geltend gemacht, welche die effizientere Nutzung der bereitgestellten Energien sicherstellen sollen.

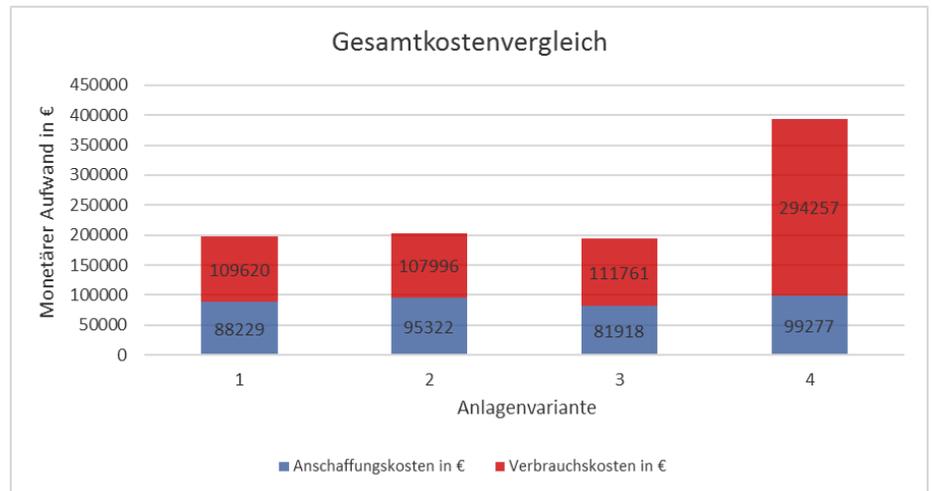
Aus diesem Hintergrund entstand bei der Köster GmbH das Thema „Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der zentralen und dezentralen Möglichkeiten der Gebäude- und Trinkwassererwärmung“. Ist es überhaupt noch im Wohnungsbau sinnvoll, die Warmwasserbereitung mit der Wärmeerzeugung für die Raumbeheizung zu kombinieren oder sind dezentrale elektrische Systeme die Zukunft?

Um die zentrale Fragestellung zu beantworten, habe ich für ein reales Projekt der Köster GmbH in Hamburg vier mögliche Anlagenvarianten ausgearbeitet.

- Anlagenvariante I; zentrale Wärmeerzeugung mit Fernwärme zur TWE und Raumbeheizung
- Anlagenvariante II; dezentrale Wohnungsstationen zur TWE, zentrale Wärmeerzeugung
- Anlagenvariante III; dezentrale Durchlauferhitzer zur TWE, zentrale Wärmeerzeugung
- Anlagenvariante IV; dezentrale, elektrische Systeme zur TWE und Raumbeheizung

Technisch gesehen bieten die dezentralen Möglichkeiten hinsichtlich der Trinkwasserhygiene und dem Installationsaufwand in den Schächten inklusive der Brand- und Schallschutzmaßnahmen die beste Lösung. Neben den technischen Aspekten sind vor allem die wirtschaftlichen Gesichtspunkte in der Baubranche eine maßgebliche Größe. Dazu habe ich die Anschaffungskosten

der einzelnen Systeme gegenübergestellt. Anschließend erfolgt eine verbrauchsabhängige Kostenkalkulation für einen Zeitraum von 20 Jahren.

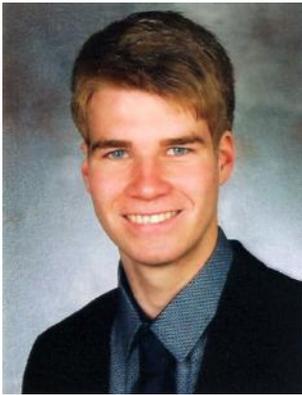


Aus dem vorherigen Diagramm geht hervor, dass sich die Anlagenvarianten 1 bis 3 kostentechnisch auf einem Niveau bewegen. Lediglich die Anlagenvariante 4 ist mehr als doppelt so teuer wie die anderen Systeme. Begründet liegt dies zum einen in den unterschiedlichen Energiepreisen für Strom und Wärme sowie in den Anschaffungskosten für elektrische Systeme.

Schlussfolgernd sind rein elektrische Systeme zwar für die Trinkwassererwärmung einsetzbar, aber in Kombination mit der Raumbeheizung ungeeignet. Erst wenn in naher Zukunft die Gebäude noch weniger Energie benötigen und der Preis für elektrische Energie durch Fördermaßnahmen gesenkt wird, sind elektrische Heizsysteme die Zukunft.

Kai Schulze Brock B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Lars Richter
Datum des Kolloquiums:	12. September 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Energietechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Ziel der Bachelorarbeit war es zu überprüfen, ob ein Wechsel von der vorausbestimmten Instandhaltung zur zustandsorientierten Instandhaltung der Gas-Druckregelanlagen für die Stadtwerke Münster gegenwärtig Sinn macht.

Bei der vorausbestimmten Instandhaltung sind die Fristen für die Inspektionen, Funktionsprüfungen und Wartungen einer Anlage ausschließlich vom maximalen Eingangsdruck und dem maximalen Normvolumenstrom abhängig. Dieses ändert sich mit der zustandsorientierten Instandhaltung. Hier wird zunächst der Zustand einer Anlage bewertet. Das Ergebnis der Bewertung fließt dann in die Bildung neuer Instandhaltungsfristen ein. So können die Fristen der Anlagen, die sich in einem sehr guten Zustand befinden, verlängert werden und somit auch Instandhaltungskosten gespart werden.

Die Gas-Druckregel- und Messanlagen wurden mit Hilfe eines Bewertungssystems, welches im DVGW G495 - Arbeitsblatt dargestellt ist, anhand von 10 Kriterien bewertet:

- Alter der Anlage
- Regelcharakteristik
- Konstruktion des Sicherheitsabsperrventils
- Konstruktion der Regelanlage
- Betriebsüberwachung
- Arbeitsvorbereitung / Qualitätssicherung
- Gasbegleitstoffe
- Struktur des nachgeschalteten Netzes
- Verfahrenstechnische Nachrechnung und Vergleich mit aktueller Belastung
- Bisherige Betriebserfahrung

Anschließend wurden die neuen Instandhaltungsfristen berechnet, Verbesserungspotenziale aufgezeigt und mögliche Kosteneinsparungen dargestellt. Als Fazit der Bachelorarbeit konnte gezogen werden, dass es mittelfristig Sinn macht die Instandhaltung der Anlagen der Stadtwerke Münster zustandsorientiert zu organisieren.

Wissensmanagement bei der Voith Hydro GmbH & Co. KG - Konzept zur digitalen Bereitstellung von Erstausrüsterdokumenten zum Aufbau von Wettbewerbsvorteilen im Servicegeschäft

Vanessa Schwarze B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus

Datum des Kolloquiums: 24. August 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung: Umwelttechnik

In Kooperation mit: Voith Hydro, Heidenheim an der Brenz



Das Unternehmen Voith Hydro ist im Bereich der Wasserkraft angesiedelt und bietet als Komplettanbieter neben der Errichtung von Neuanlagen unter anderem auch Servicedienstleistungen an. Bedingt durch die lange Nutzungsdauer von Wasserkraftanlagen ergibt sich ein umfassender Servicezeitraum und somit ein großes Potential für den Bereich Aftermarket Business.

Da der Faktor Wissen und das hiermit verbundene Thema des Wissensmanagements mit einer wachsenden Anzahl an Informationen und Daten an Bedeutung zunehmen, kann sich ein effizientes Wissensmanagement positiv auf den Erfolg eines Unternehmens auswirken, da Prozesse effizienter gestaltet werden können. Herausforderungen hinsichtlich der Verbreitung von Wissen treten vor allem bei global agierenden Unternehmen wie Voith Hydro auf, da insbesondere die geografische Verteilung der Mitarbeiter die Interaktion und Kommunikation zwischen den einzelnen Einheiten erschwert.

Vor allem für das Servicegeschäft sind Unterlagen zu den technischen Anlagen von großer Bedeutung, da z. B. Ersatzteillieferungen auf den technischen Zeichnungen der jeweiligen Komponente basieren. Durch den Ankauf einiger Original Equipment Manufacturer wurde zusätzliches Wissen erworben, um Dienstleistungen für eine größere Markenvielfalt anbieten zu können. Das Auffinden und Beschaffen der benötigten Dokumente stellt jedoch eine Herausforderung dar, da diese an verschiedenen Standorten, teilweise als Papierdokument, Mikrofilm oder in anderen Formen vorliegen. Diese Barrieren führen zu einem höheren Zeitaufwand auf Seiten der Mitarbeiter, verursachen somit höhere Kosten und der zusätzliche Zeitaufwand könnte sogar zum Verlust von Aufträgen führen.

Aus diesem Grund sollte der Umgang mit OEM Dokumenten vor dem Hintergrund des Wissensmanagements verbessert werden um einen Wettbewerbsvorteil zu generieren. Hierzu wurde ein Konzept zur digitalen Bereitstellung der Erstausrüsterdokumente erstellt, wobei neben den theoretischen Erkenntnissen auch die Umsetzungen im Voith Konzern berücksichtigt wurden.

Michelle Schwenker B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Dirk Rode
Datum des Kolloquiums:	09. Februar 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Nordex Energy GmbH, Hamburg



Der Windmarkt befindet sich in einem stetigen Wachstum, jedoch sorgen politisch-rechtliche Systemumstellungen, die Sättigung von Kernmärkten und ein hoher Wettbewerb für tief greifende Veränderung für die Hersteller. Besonders der Wettbewerb in den Kernmärkten sorgt trotz steigender Produktkomplexität für kurze Produktlebenszyklen und einen hohen Preisdruck. Infolgedessen sind niedrige Stromgestehungskosten (COE) notwendig, um sich gegenüber der Konkurrenz durchzusetzen. Damit eine COE-Senkung möglich ist, müssen Einsparpotenziale interdisziplinär über den gesamten Lebenszyklus der Anlage identifiziert werden.

Der Anlagenservice bietet durch den hohen Anteil an den Betriebskosten ein großes Potenzial die COE positiv zu beeinflussen. Eine Optimierung in der Instandhaltung kann die Wertschöpfung für das Unternehmen steigern und die Kosten für die Dienstleistungsempfänger reduzieren. Das Getriebe ist dabei einer der größten Kostentreiber in der Instandhaltung, da ein defektes Bauteil im Getriebe bisher zu einem Austausch des gesamten Getriebes führte. Der Tausch dieser Großkomponente ist planerisch aufwendig und durch die hohen Ersatzteilkosten sowie den Einsatz eines externen Krans kostenintensiv.

Deswegen hat das Unternehmen Nordex in Zusammenarbeit mit dem Getriebehersteller Eickhoff Konzepte entwickelt, die den Tausch des defekten Bauteils auf der Anlage (Uptower) ermöglichen. Des Weiteren wurde die Verwendung eines Self-Hoisting-Crane (SHC) zur Senkung der Getriebetauschkosten mitberücksichtigt. Um das Potenzial der verschiedenen Konzepte zu bewerten, muss die Relevanz der Konzepte aus dem Ist-Zustand abgeleitet werden. Dazu wurden Fehlzeiten analysiert und nach ihren beschädigten Komponenten klassiert. Nach der Einteilung konnten absolute Ausfälle den Reparaturkonzepten zugeordnet und das Ausfallverhalten der Getriebe durch eine Berechnung der Ausfallraten beschrieben werden.

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit war es eine monetäre Bewertung der Uptower-Reparaturkonzepte aufzustellen und mittels eines statischen Kostenvergleichs die Einsparungen zu quantifizieren.

Weiterführend sollte eine Potenzialanalyse erstellt werden, die es dem Service ermöglicht, das Einsparpotenzial für die Uptower-Reparatur in der Kalkulation der

Reparaturrücklage zu berücksichtigen. Dazu wurde mit den Wahrscheinlichkeiten der Ausfallraten eine Reparaturrücklage für die Lebenszeit eines Getriebes von 20 Jahren berechnet.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse und die anschließende Prüfung der Sensitivität zeigen, dass eine genaue Differenzierung der Ausfälle zwischen Tausch und Uptower-Reparatur wichtig ist, um die Reparaturrücklagen zu berechnen.

Entwicklung einer Produktsegmentstrategie für ein mittelständiges Industrieunternehmen

Kai Schytrumpf M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. Phil. Frank Striewe
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Markus G. Schwering
Datum des Kolloquiums:	26. September 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Institut für Technische Betriebswirtschaft TECE GmbH, Emsdetten



Die Idee zu meiner Masterarbeit entstand im Rahmen der Umstrukturierung der TECE GmbH, von einem inhabergeführten Unternehmen hin zu einem von angestellten Geschäftsführern geleiteten Unternehmen. Im Zuge dieser Umstrukturierung wurde von der Geschäftsführung beschlossen, dass die Abteilung Produktmanagement eine neue Produktstrategie für das Unternehmen erstellen sollte. Die Aufgabenstellung der Masterarbeit war es somit, dass Unternehmen bei der Entwicklung der Produktstrategie zu unterstützen und den Prozess zu begleiten.

Dabei wurde die Entwicklung aus zwei Sichtweisen betrachtet. Zum einen wurden die Themen allgemeine Strategieentwicklung und Produktstrategie von der theoretischen Seite betrachtet. Zum anderen sollte die Herangehensweise des Unternehmens an die Entwicklung einer Produktstrategie, die dabei möglichen Richtungen und der gesamte Prozess aufgezeigt werden.

Das Unternehmen wollte, durch diese Arbeit einen Einblick erlangen, wie eine erfolgreiche Produktstrategie entwickelt wird. Daher wurde als Ziel der Masterarbeit definiert, eine grundsätzliche Handlungsempfehlung zu formulieren und darüber hinaus auch Möglichkeiten der Implementierung in die Unternehmensstrategie aufzuzeigen.

Im ersten Teil der Arbeit wurde also der theoretische Grundaufbau einer Produktstrategie beschrieben und welche Punkte dafür nötig sind. Dazu gehören Punkte wie „Produktziele“, „Grundstrategien“ und „Marketing-Mix-Strategien“. Bei allen diesen Punkten gibt es verschiedenste Möglichkeiten um daraus für ein bestimmtes Produkt oder einen Produktbereich eine Strategie zusammen zustellen. Hierzu zählen bei den Zielen z. B. qualitative und quantitative Ziele und bei den Grund- und Marketing-Mix-Strategien verschiedene Strategieelemente, für die es wiederum unterschiedlichste Strategiealternativen gibt. Der theoretische Teil der Arbeit bestand somit aus der Analyse der geeigneten Mittel, die zum Aufbau von allgemeinen Strategien und Produktstrategien verwendet werden können. Als geeignetstes Werkzeug für die Aufgabe wurde der strategische Baukasten ausgewählt und der Umgang beschrieben.

Strategieelemente	Strategiealternativen			
Portfoliostrategie	Halten/Ernten	Investition	Selektive Investition	Exit
Marktfeldstrategie	Durchdringung	Marktentwicklung	Produktentwicklung	Diversifikation
Produkte	A	B	C	Gesamt
Positionierungsstrategie	Preis	Qualität/Leistung	2-Marken	Mehrmarken
Segmentierungsstrategie	Undifferenziert	Differenziert	Konzentriert/Nische	Selektiv-differenziert
Segmente	Duschrinnen	Bodenabläufe	Duschflächen	Spezielle Lösungen
Servicestrategie (USP)	Anwendungstechnik	Finanzierung	Garantie	Lieferzeit

Beispiel für einen strategischen Baukasten

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die praktische Umsetzung im Unternehmen beschrieben. Hierzu wurde mit der Entwässerungstechnik ein Produktsegment als Vertreter ausgewählt, da eine Betrachtung aller Produktbereiche den Rahmen der Masterarbeit gesprengt hätte. Für diesen Bereich wurde nun das Vorgehen zur Erstellung der TECE-Produktstrategie beispielhaft abgearbeitet. Es wurden zuerst die Ziele definiert, die das Unternehmen in diesem Produktsegment verfolgt. Anschließend wurde das Augenmerk auf den Produktmarkt gelegt. Hierbei wurden geschichtliche Aspekte, marktrelevante Themen, Produktmerkmale und Rahmenbedingungen ebenso analysiert und beschrieben, wie auch Wettbewerber und Absatzsituationen inkl. ihrer Potenziale im Bestands- und Erweiterungsgeschäft.

Aus den Ergebnissen dieser Analyse, gepaart mit einigen Ansätzen aus der theoretischen Betrachtung, wurde dann eine Handlungsempfehlung erarbeitet. Diese Handlungsempfehlung soll den Produktmanagern dabei helfen, die Produktstrategien für ihre jeweiligen Segmente zu erstellen.

Sobald die einzelnen Segmentstrategien fertiggestellt sind, können sie zu der Gesamtproduktstrategie, welche von der Geschäftsführung gefordert wurde, zusammengefasst werden. Im Anschluss kann die Produktstrategie dann in die TECE-Unternehmensstrategie implementiert werden. Dabei darf nicht außen vorgelassen werden, dass die Gesamtstrategie den bis jetzt nicht beteiligten Mitarbeitern detailliert vorgestellt wird, damit diese die Chance haben, diese Strategie auch zu verinnerlichen.

Darüber hinaus ist es wichtig, dass im Unternehmen das Bewusstsein entsteht, dass die Produktstrategie nach ihrer Verabschiedung und Implementierung in die Gesamtstrategie nicht für die Ewigkeit funktionieren wird. Sie darf daher nicht als „abgeschlossenes Projekt“ betrachtet werden. Solche Strategien müssen regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht werden muss. Für eine solche regelmäßige Prüfung und gegebenenfalls Aktualisierung bietet sich ein Zyklus von eineinhalb bis zwei Jahren an.

Nils Seidel B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Dipl.-Ing. Holger Hesse

Datum des Kolloquiums:

26. September 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Umwelttechnik

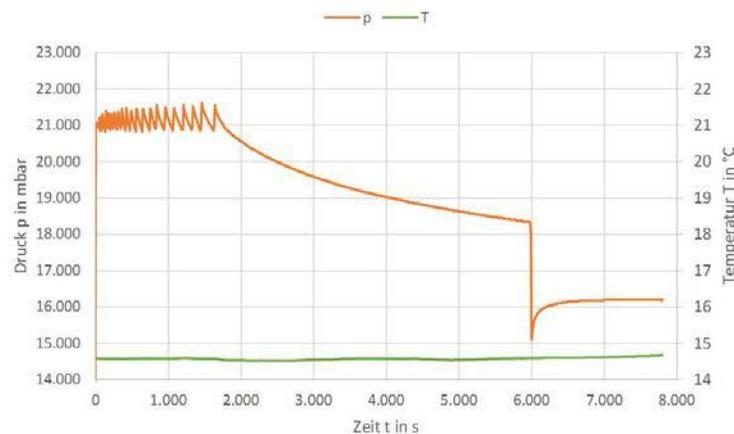
Laborbereich:
In Kooperation mit:

Labor für Hydraulik und Stadthydrologie
egeplast international GmbH, Greven



Für die Beurteilung der Dichtigkeit von Kunststoffrohrleitungen ist das Kontraktionsverfahren nach DVGW Arbeitsblatt W 400-2 Stand der Technik. Das Regelwerk wurde seiner Zeit für vollwandig aus PE 100 bestehende Rohrleitungen verfasst.

Der Einsatzbereich von Kunststoffrohren konnte durch die Verwendung von Verbundwerkstoffen oder zusätzlichen Schichten aus Aluminium stetig erweitert werden. Für diese Rohre gibt das Regelwerk die gleichen Prüfparameter vor, wie für vollwandig aus PE 100 bestehende Rohre. Ziel der Arbeit war es das Verhalten der Mehrwertrohrsysteme während der Kontraktionsprüfung zu dokumentieren und das Verfahren hinsichtlich einer Anwendbarkeit zu bewerten.



Temperatur und Druckverlauf während einer Kontraktionsprüfung

Hierzu wurden Kontraktionsprüfungen an verfüllten und unverfüllten Leitungssystemen mit verschiedenen Umgebungsbedingungen und Prüfparametern durchgeführt und die Prüfbedingungen kontinuierlich erfasst und anschließend ausgewertet. Die Prüfstrecken unterschieden sich sowohl in der Dimension als auch im Rohrtyp und der Länge. Unterstützend zu den Kontraktionsprüfungen wurden noch vergleichende Laborversuche mit einem PE 100 und einem Mehrwertrohr mit konstanten Umgebungsbedingungen durchgeführt.

In den Versuchen zeigte sich, dass sich das Verhalten der Mehrwertrohre deutlich von dem der vollwandig aus PE 100 bestehenden unterscheidet. So zeigten die Mehrwertrohre ein deutlich verändertes Verhalten während der Prüfungen und konnten in keinem Fall diese nach den im Regelwerk vorgegebenen Parametern bestehen.



Aufbau der Leitungen und Prüfanlagen

Vor allem das Elastizitätsmodul der Mehrwertrohrsysteme, welches über die Aufweitung der Rohre unter Innendruck bestimmt wurde, wich deutlich von dem der vollwandig aus PE 100 bestehenden Rohre ab. Die höhere Steifigkeit führt zu veränderten Prüfparametern gemäß der Berechnungsformeln im DVGW W 400-2.

Analyse von Gas- und Wärmeverbräuchen eines Einzelhandel-Filialisten

Keven Seifert B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer: Dipl. Ing. Bernhard Viefhues

Datum des Kolloquiums: 20. März 2018

Master-Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: B+V Energie Consulting GbR, Münster



Unternehmen mit einer großen Fläche neigen oft zu hohem Energieverbrauch. Es werden z.B. neue Geräte und Maschinen angeschlossen oder die Heizungsanlage wird nicht regelmäßig überprüft. Mit handelsüblichen, also nicht modernisierten Zählern, ist eine genauere Datenanalyse nicht möglich, da die Daten oft nur einmal im Jahr abgelesen werden. Die Ablesung erfolgt dann durch manuelles Ablesen durch z.B. der Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter. Eine Verbrauchsanalyse in Echtzeit ist somit unmöglich. Selten gibt es bereits eine digitale Datenübermittlung (RLM, Messsysteme), mit der eine automatisierte Übermittlung der Daten realisierbar wäre. Somit können einige energetische Situationen nicht erklärt bzw. nicht sofort erkannt und behoben werden.

Aus diesen Gründen ist es nötig, ein modernes System zu integrieren, um das Unternehmen und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu entlasten. Die neuen Zähler bieten die Möglichkeit, Daten in Echtzeit zu senden. Aus diesen Datensätzen können dann Lastgänge erstellt und ausgewertet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden mit Excel Last- und Solllastgänge sowie witterungsbereinigte Lastgänge erstellt. Anhand der daraus erstellten Diagramme wurden Analysen in Hinsicht auf Öffnungszeiten, Heizgrenzen und anderen wichtigen Parametern erstellt. Mit Hilfe der analysierten Daten wurden dann zu hohe Energieverbräuche ermittelt. Beispielhafte Empfehlungen für Energieeinsparmaßnahmen rundeten den Aufgabenteil ab. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es, dass eine Übertragbarkeit auf andere Einzelhandelsunternehmen realisierbar ist. Dafür wurden verschiedene Methoden zur Erstellung der witterungsfreien Energiedaten untersucht.

In 10 der über 100 zu untersuchenden Filialen gab es bereits fernauslesbare Zähler. Diese zeichneten den Gasverbrauch seit 2012 im 15 Minuten-Intervall auf. Die historischen Daten wurden für die weitere Analyse genutzt. Im nächsten Schritt wurden die Jahre 2015 und 2016 einer Filiale miteinander verglichen, um zu zeigen, dass ein Vergleich der Jahre ohne eine Witterungsbereinigung und der damit einhergehenden Temperaturbetrachtung nicht möglich ist.

Es wurden drei Ansätze für die Bereinigung der Daten entwickelt: „Bereinigung mit Hilfe von Gradstundenzahlen“, „Solllastkurve“ und „Analyse mit Hilfe der Regressionsgeraden“.

Jeder dieser Ansätze bietet Vor- und Nachteile. Nach deren Abwägung, hat sich der dritte Ansatz für das hier betrachtete Einzelhandelsunternehmen durchgesetzt. Die Regressionsgerade wurde mit Hilfe der vorhandenen historischen Daten der Filialen erstellt. Die Gerade beschreibt den Verbrauch, der bei einer bestimmten Außentemperatur vorliegen sollte. Die dazu notwendigen Temperaturen wurden durch den Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Die Verknüpfung von Verbrauch und der Außentemperatur ergaben dann eine entsprechende „Punktwolke“ und die daraus folgende Regressionsgerade:

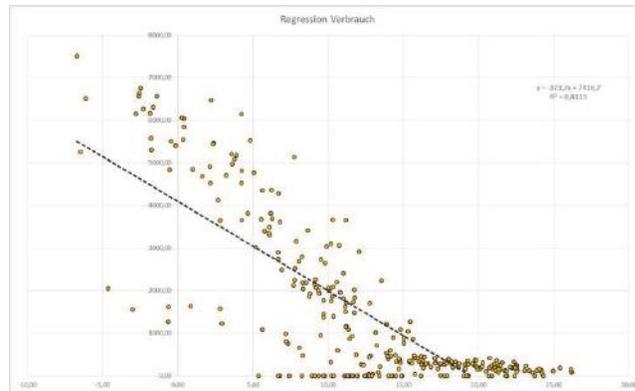


Abbildung 1: Regressionsgerade der historischen Daten

In der Geraden konnten jetzt die Daten des zu untersuchenden Zeitpunktes eingesetzt werden und es ergibt sich die Solllast:

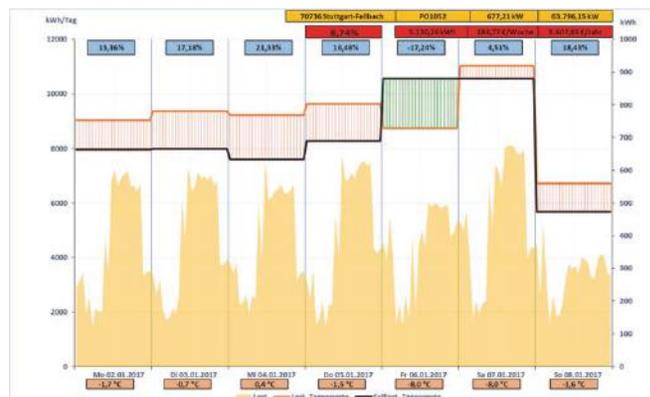


Abbildung 2: Vergleich Last mit Solllast einer Woche 2017

Abweichungen und Mehrverbräuche können in Zukunft sofort detektiert und behoben, Energieeinsparmaßnahmen schneller entwickelt und umgesetzt werden.

Es ergeben sich mögliche Kosten- und Energieeinsparungen. In Zukunft kann die Analyse auch auf andere Energiearten erweitert werden. So kann z.B. der Warmwasserbedarf oder die Prozesswärme des Unternehmens auf eine ähnliche Weise untersucht werden.

Entwicklung von Optimierungsmöglichkeiten für eine energieeffiziente Wärmeversorgung mit Wirtschaftlichkeitsanalyse

Yavus Soydemir B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Dipl.-Ing. Andreas Meyer zu Halingdorf

Datum des Kolloquiums:

10. November 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

In Kooperation mit:

einer Firma aus der Automobilindustrie



Für eine Firma aus der Automobilindustrie wurde für die Wärmeversorgung ein Austausch von Bestandsanlagen mit Neuanlagen betrachtet. Dabei sind diese hinsichtlich ihrer Betriebskosten und Energieeinsparungen untersucht und nach der Amortisationszeit bewertet worden. Folgende technischen Anlagen wurden berücksichtigt:

1. Kesselanlagen
2. Dunkelstrahler und Deckenstrahlplatten
3. Lüftungsanlagen
4. Umwälzpumpen
5. Solarthermie zur Heizungsunterstützung

Außerdem wurden BHKW-Anlagen für die Wärmeversorgung der Frischwasserstationen betrachtet. Durch den Einsatz von energieeffizienten Anlagen sollen die firmeninternen Energieeinsparungsziele erreicht werden.

Alte Niedertemperaturkesselanlagen ergaben nach einer Wärmemengenmessung zum Teil schlechte Wirkungsgrade. Um die Anlagen auf den Stand der Technik zu bringen und Energieeinsparungen zu erzielen, wurden Kesselanlagen mit Brennwerttechnik betrachtet.

Des Weiteren fand ein Anlagenvergleich zwischen den Dunkelstrahlern welche sich derzeit im Bestand befinden und Deckenstrahlplatten statt. Daraus resultierte, dass Dunkelstrahler sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb die geringeren Kosten verursachen.

In die Jahre gekommene Lüftungsanlagen sollten ebenfalls auf den Stand der Technik gebracht werden. Der Antrieb der neuen Lüftungsanlagen erfolgt über einen EC-Motor wodurch eine geringere elektrische Leistung benötigt wird. Ein weiterer positiver Effekt entsteht durch den verbesserten Wirkungsgrad bezüglich der Wärmerückgewinnung von 76 %. Die Altanlagen liegen bei 60 %. Dies führte ebenfalls zu einer Energieeinsparung.

Zudem sind alte unregelte Pumpen mit Hocheffizienzpumpen hinsichtlich ihrer Energieeinsparung untersucht worden. Durch die Anpassung an den Wärmebedarf verursachen Hocheffizienzpumpen geringere Betriebskosten. Um den Anteil

erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung zu erhöhen und damit Energieeinsparung und den CO₂-Ausstoß zu senken, wurde die Solarthermie zur Heizungsunterstützung betrachtet. Es ergaben sich zu lange Amortisationszeiten aufgrund der geringen Energiekosten für Gas. Somit ist der Einsatz von Solarthermie zum gegenwärtigen Zeitpunkt unrentabel.

Eine BHKW-Anlage sollte für die Übergangsphase zur Warmwasserversorgung der Frischwasserstationen betrachtet werden. Aktuell erfolgt dies über die Kesselanlagen welche für eine geringe Abnahme in dieser Zeit in Betrieb genommen werden. Die Untersuchung ergab, dass die BHKW-Anlagen im Vergleich zu den Kesselanlagen einen geringeren Energieverbrauch aufweisen. Hierbei wurde der Energiebedarf eines ganzen Jahres berücksichtigt.

Diese Bachelorarbeit soll einen Einblick über die Energieeinsparungsmöglichkeiten geben. Zudem soll es als eine Entscheidungsgrundlage für zukünftige Investitionen dienen.

Markus Spitthoff B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Christian Peters

Datum des Kolloquiums: 23. August 2017

Bachelor-Studiengang: Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
 Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung
 In Kooperation mit: A und O Energieoptimierung, Lüdinghausen



Neben dem stufenweisen Umstieg von der nicht nachhaltigen Nutzung von fossilen Energieträgern zu einer nachhaltigen Energieversorgung sieht die Energiewende in Deutschland auch die Erhöhung der Energieeffizienz vor. Der Bruttostromverbrauch in Deutschland soll im Vergleich zu 2008 bis 2050 um 25 Prozent gesenkt werden. Im Bereich der Druckluftherzeugung werden jährlich 7 Prozent des industriellen Stromverbrauchs eingesetzt. Das entspricht 16,6 Terawattstunden. Zusätzlich haben Fallstudien gezeigt, dass die wirtschaftlich und technisch umsetzbaren Energieeinsparungen sich in diesem Bereich auf mehr als 30 Prozent belaufen und somit ein großes Potenzial bieten.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die relevantesten Komponenten für die Druckluftherzeugung untersucht und Berechnungsgrundlagen für die Parameter eines Druckluftsystems hergeleitet. Dabei handelt es sich um Parameter, wie die Leistung von Kompressoren mit Stern-Dreieck-Schaltung, sowie mit Frequenzumrichter, die Liefermenge der Kompressoren und der Systemdruck. Die Gleichungen für die Leistung während des Motorstarts (Abbildung 1) und der Entlastungsphase werden für Kompressoren mit Stern-/Dreieckschaltung empirisch mit Hilfe von Messdaten aus der Praxis ermittelt.

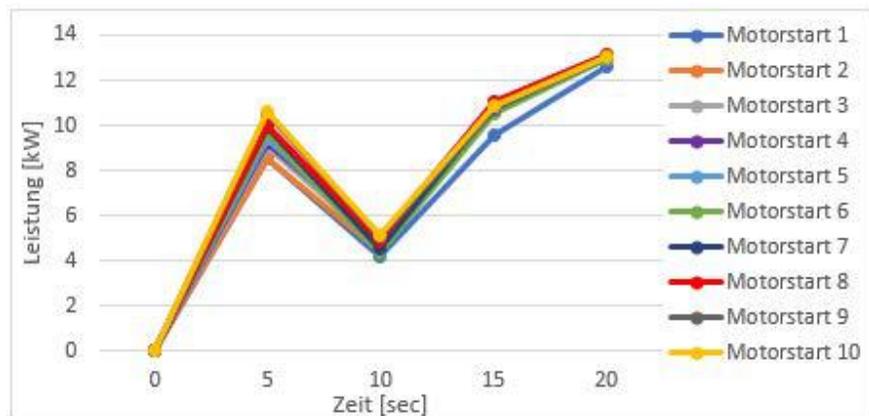


Abbildung 1: Gemessener Leistungsverlauf eines 11kW-Kompressors mit Stern-/Dreieck-Schaltung für mehrere Motorstarts

Aus den Berechnungsgrundlagen soll eine Simulation des Druckluftversorgungssystems ermöglicht werden, die im nächsten Schritt in einem rechnergestützten Anwendungstool umgesetzt wird. Realisiert wird die Umsetzung basierend auf der Programmiersprache Python.

Durch die Simulation unterschiedlicher Kompressoren werden, für die empirisch hergeleiteten Gleichungen, die Auswirkungen von eventuellen Abweichungen von der Realität ausgewertet. Dabei wird die Auswirkung einer Abweichung für den Motorstart und die Entlastungsphase auf die durchschnittliche Leistung der Gesamtsimulation berechnet. Bei einer Abweichung von 20 Prozent im Motorstart liegt der maximale Fehler bei ca. 3,7, in der Entlastungsphase bei ca. 2,59 Prozent. Für optimiert betriebene Druckluftsysteme ist der Fehler sogar deutlich geringer und kann daher vernachlässigt werden.

Da das Simulationstool dabei helfen soll geplante Optimierungen an einem Druckluftsystem zu simulieren um die Energieeinsparungen schon vor der Umsetzung in der Praxis einschätzen zu können, wird ein solcher Fall an einem Praxisbeispiel getestet. Dafür liegen Messdaten eines Druckluftsystems mit zwei Kompressoren vor. Gemessen wurden das alte und das optimierte System. Anhand des Verbrauchsprofils der alten Messung werden die Optimierungsmaßnahmen am Druckluftsystem durchgespielt und mit den Werten verglichen, die tatsächlich nach der Optimierung gemessen wurden. Der durch die Simulation berechnete Energiebedarf liegt in dem Beispiel ca. 4,79 Prozent über dem tatsächlichen Energiebedarf. Um bei der Simulation nicht unter dem tatsächlichen Wert zu liegen, wurde an mehreren Stellen als Sicherheit der maximale Wert für die Leistung angenommen. Das bietet die Sicherheit die Energieeinsparungen, die berechnet wurden, tatsächlich garantieren zu können.

Die hergeleiteten Berechnungsgrundlagen bieten die Möglichkeit ein Druckluftsystem mit Hilfe des Anwendungstools mit einer guten Näherung zu simulieren und Leistung und Energieverbräuche zu berechnen.

Burkhard Sprenger M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Datum des Kolloquiums:	28. September 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Technisches Management
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik



Da die Vegetation atmosphärischen Stickstoff in der Regel nicht direkt nutzen kann, begrenzt ein natürlicher Mangel an chemisch und biologisch wirksamen (reaktiven) Stickstoffverbindungen die Produktivität der Biosphäre. Nach Schätzungen basiert derzeit etwa die Ernährung der Hälfte der Weltbevölkerung auf der industriellen Produktion von Stickstoffdüngern, basierend auf dem Haber-Bosch-Verfahren. Wurde ein elementares Stickstoffatom der Atmosphäre in eine reaktive Stickstoffverbindung überführt, kann es nacheinander in unterschiedlichen Bindungsformen an unterschiedlichen Bestandteilen der Umwelt wirken.

Zu hohe Einträge von Stickstoffverbindungen durch menschliches Handeln werden als eines der großen ungelösten Umweltprobleme unserer Zeit gesehen. Die Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit bei der Stickstoffbelastung sind aus globaler Sicht überschritten. Reaktive Stickstoffverbindungen werden hauptsächlich durch die Verwendung von Düngemitteln, die Tierhaltung und durch Verbrennungsprozesse freigesetzt.

Eine dieser reaktiven Stickstoffverbindungen ist Nitrat. Über verschiedene Quellen, besonders aber die landwirtschaftliche Düngung, gelangen Stickstoffüberschüsse als Nitrat, das von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann, in das Grundwasser. Dies gefährdet einerseits die Trinkwasserversorgung, die in Deutschland zu etwa 70 % aus Grundwasser gespeist wird, andererseits das sensible Ökosystem Grundwasser und seine Artenvielfalt. Es vergehen teils mehrere Jahre bis Jahrzehnte, bis oberflächliche Einträge in das Grundwasser gelangen und dort nachgewiesen werden können.

Steigen die Nitratkonzentrationen der Grundwasserkörper über 25 mg/l, ist in der Regel von anthropogenen Einflüssen auszugehen. Durch einen Vergleich der überwiegenden Landnutzungen im Umfeld einer Grundwassermessstelle und den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser erhält man Hinweise auf die Eintragsursachen des Nitrates. Die Landnutzungen werden dabei in die Gruppen Wald, Grünland, Siedlung und Acker unterteilt. Befinden sich im Einzugsgebiet einer Messstelle keine oder wenige Einträge aus Siedlungsbereichen, lässt sich eine erhöhte Nitratbelastung in aller Regel auf landwirtschaftliche Quellen zurückführen. Die Höhe der Grundwasserbelastung ist dabei von dem Überschuss an Nitrat und den hydrogeologischen Bedingungen abhängig. Weiterhin ist die Endlichkeit des Denitrifikationspotenzials im Grundwasser zu beachten, wodurch zukünftig steigende Nitratwerte im Grundwasser begünstigt werden können.

Das in der menschlichen Ernährung enthaltene Nitrat und Nitrit stammt durchschnittlich zu 70 % aus Gemüse, zu 20 % aus Trinkwasser und zu 10 % aus Fleischprodukten. Innerhalb Europas konnten typische Aufnahmemengen von 52 bis 156 mg/Tag festgestellt werden, welche bei Personen mit einem hohen Gemüse- / Salatanteil in ihrer Ernährung bedeutend höher sein können. Die täglich duldbare Aufnahmemenge (ADI) von Nitrat liegt laut WHO bei 3,7 mg Nitrat pro kg Körpergewicht. Mit der Trinkwasserverordnung von 1986 wurde aus Vorsorgegründen der Grenzwert für Nitrat von 90 mg/l auf 50 mg/l herabgesetzt. Trinkwasser mit einem Nitratgehalt unter 50 mg/l ist auch zur Zubereitung von Säuglingsnahrung geeignet.

Die Nitratauswaschungen in das Grundwasser als Folge einer landwirtschaftlichen Düngung dauerhaft auf ein akzeptables Level zu senken, ist die wohl vielversprechendste Strategie, damit möglichst viele der Grundwasserkörper zukünftig einen guten chemischen Zustand bezüglich ihrer Nitratkonzentration erreichen und in diesem verbleiben. Neben angepassten Düngemengen ist eine möglichst hohe Stickstoffeffizienz nötig. Diese wird erreicht, indem Stickstoffverluste in die Atmosphäre sowie Auswaschungen in Grund- und Oberflächengewässer vermieden werden. Besondere Bedeutung kommt dabei der Düngung nach guter fachlicher Praxis zu. Diese wird in der Düngeverordnung präzisiert. Sie muss zeitlich und mengenmäßig an den Pflanzenbedarf angepasst sein. Weiterhin spielen der Boden und die Durchlässigkeit für Niederschläge eine entscheidende Rolle. Eine hohe Stickstoffversorgung zur Ernte ist bei einigen Kulturen allerdings nötig, um bestimmte Qualitätsmerkmale zu erreichen. Bei einer deutlich zu geringen Nährstoffversorgung drohen bei bestimmten Gemüsekulturen Ernteverluste oder Totalausfälle.

Auch aufgrund von hohen Vieh- und Biogasdichten gibt es Regionen mit Nährstoffüberschüssen. Damit es auf den landwirtschaftlichen Flächen dort nicht zu überhöhten Düngungen und so zu einem erhöhten Risiko von Nitratauswaschungen in das Grundwasser kommt, müssen die überschüssigen Nährstoffe entweder aus diesen Regionen in Gebiete mit Aufnahmekapazitäten transportiert werden oder die jeweiligen Ursachen der Nährstoffüberschüsse müssten gänzlich aus diesen Regionen verschwinden. Bezogen auf die Nährstoffdichte haben die Wirtschaftsdünger eine relativ geringe Transportwürdigkeit. Diese kann sich jedoch zukünftig verbessern, z. B. aufgrund steigender Preise für Mineraldünger oder durch den technischen Fortschritt bei den Aufbereitungsverfahren für Wirtschaftsdünger.

Als ein Instrument zur besseren Kontrolle und Umsetzung der guten fachlichen Praxis wurde in dieser Masterarbeit das Konzept einer integrierten Informations- und Dokumentationssoftware für den Agrarbereich vorgestellt. Diese könnte einerseits das Informationsmanagement der Stickstoffgesamtbilanz der Landwirtschaft verbessern, da alle beteiligten Akteure in einem System agieren, weitere Nährstoffströme sowie die Pflanzenschutzdokumentation könnten ebenso integriert werden. Gleichzeitig könnte der Dokumentationsaufwand in der Landwirtschaft reduziert werden.

Projektierung einer RLT-Anlage zur Gewährleistung der Hygienestandards in Frischethekenbereichen im Lebensmitteleinzelhandel

Dennis Stobbe B.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 24. November 2017

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

Laborbereich: Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit: Ingenieurbüro Obermeyer, Greven



Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Projektierung zweier RLT-Anlagen, die für den Einsatz im Frischethekenbereich einer Lebensmitteleinzelhandels-Immobilie in Frage kommen. Die Anlagen unterscheiden sich in Ihrer Beschaffenheit und werden nach der jeweiligen Auslegung sowohl technisch als auch wirtschaftlich miteinander verglichen, sodass schließlich die Auswahl eines Gerätes für diesen Einsatzzweck begründet werden kann.

Anschließend an die Objektbeschreibung werden die für die Auslegung der Anlagen relevanten Rahmenbedingungen aufgezeigt, wobei sich neben den technischen Vorgaben auch arbeitsschutz- und hygienebedingte Anforderungen an die Projektierung manifestieren. Die differenzierte Auslegung der beiden zu vergleichenden Anlagen und die technische sowie wirtschaftliche Betrachtung auf der Grundlage dieser Anforderungen bildet den Hauptteil der vorliegenden Arbeit. So soll nicht nur eine rein technische Planung der Anlage vorliegen, sondern eine allumfassende Konzeption, die es ermöglicht, die Frage zu beantworten, welche Anlage für den beschriebenen Einsatzzweck von technischem und wirtschaftlichem Vorteil ist.

Unter Berücksichtigung der arbeitsschutz- und hygienerechtlichen Vorgaben sowie der technischen Anforderungen an die Planung einer RLT-Anlage konnte hier eine umfassende Grundlage zur differenzierten Auslegung der Anlagen erarbeitet werden. Die technische und wirtschaftliche Betrachtung der Anlagen basierte auf der jeweiligen Auslegung und sollte Entscheidungshilfe bei der Auswahl eines Gerätes für den Einsatz im Frischethekenbereich des Einzelhandels leisten.

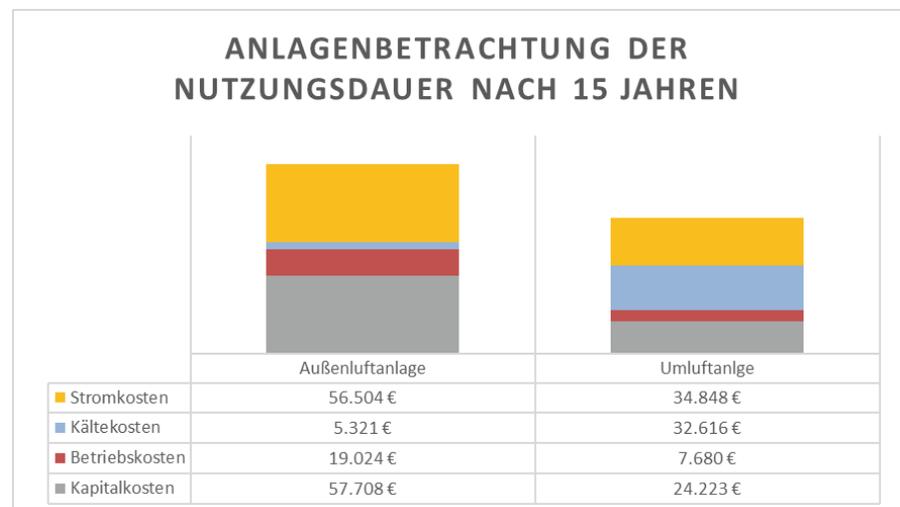
Es konnte gezeigt werden, dass das Umluftgerät im technischen Vergleich weniger Druckverluste und somit weniger effektive Stromkosten erzeugt. Bei Annahme eines Nutzungszeitraumes von jeweils 15 Jahren wird deutlich, dass die Verbrauchskosten der beiden Anlagen in etwa demselben Wert entsprechen, dass die Betriebs- und Anschaffungskosten sich jedoch explizit unterscheiden und so die Umluftanlage erträglichere wirtschaftliche Gesamtergebnisse erbringt.

Anhand der vorliegenden technischen und wirtschaftlichen Informationen ist zu erkennen, dass die zwei Varianten der RLT-Anlagen sich durchaus voneinander unterscheiden.

Obwohl beide Anlagen mit der Erfüllung der Hygienestandards in Frischthekenbereichen im Lebensmitteleinzelhandel die gleichen Zielvorgaben erreichen müssen, unterscheiden sie sich in ihrer technischen und schließlich in der wirtschaftlichen Beschaffenheit.

Die Außenluftanlage muss als Zwei-Richtung-Lüftungsanlage geplant werden, da der Außenluftanteil über 4.000 m³/h liegt. Dies bedeutet die Notwendigkeit des Einbaus einer Wärmerückgewinnung, was sowohl die Kapitalkosten als auch die Druckverluste im RLT-Gerät erhöht. Dieser Umstand bedeutet insgesamt einen nicht zu vernachlässigenden Stromverbrauch, da neben dem zwar energetisch geringen Verbrauch der Anlage durch die WRG jedoch hohe Stromkosten für den Betrieb der Ventilatoren entstehen.

Die Umluftanlage als Ein-Richtung-Lüftungsanlage benötigt keine Wärmerückgewinnung, muss jedoch durch die erhöhte Filterstufe der Umluft ebenfalls einen gesteigerten Druckverlust verbuchen. Durch den konstanten Einsatz der Anlage, ohne die vorteiligen Effekte der WRG, sind auch bei der Umluftanlage stetig hohe Verbrauchskosten zu erwarten.



Es wird deutlich, dass die Nutzungskosten der beiden Anlagen annähernd gleich hoch liegen, dass sich jedoch durch die Anschaffungs- und Betriebskosten eine durchaus deutliche Preisdifferenz manifestiert, weswegen abschließend zum Einbau der Umluftanlage tendiert werden sollte.

Energiebilanzierung der Produktionsprozesse in Großküchen zur ökologischen Bewertung ausgewählter Speisenangebote

Mikhail Tabatchnikov M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. pol. Petra Teitscheid
Datum des Kolloquiums:	24. November 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Institut für Nachhaltige Ernährung (iSuN) der FH Münster



Laut der Europäischen Kommission werden ca. 17 % der direkten Treibhausgasemissionen und ca. 28 % des materiellen Ressourcenverbrauchs in der Europäischen Union auf die Erzeugung, Bereitstellung und den Verbrauch von Nahrungsmitteln zurückgeführt. Aus diesem Grund werden im Rahmen des NAHGAST-Projekts (Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren in der Außer-Haus-Gastronomie) ökologische Indikatoren von Speisen in der Außer-Haus-Gastronomie in Form von Carbon-Footprints (CF), Material-Footprints (MF) sowie Wasserbedarfe (WB) und Flächenbedarfe (FB) erfasst und bewertet. Die ökologische Bewertung erfolgt im Rahmen eines Life-Cycle-Assessments (LCA) bei der die Zutatenproduktionen und Zutatentransporte von Speisen in der Außer-Haus-Gastronomie erfasst werden. Zur vollständigen ökologischen Bewertung der Speisen im Wertschöpfungsprozess müssen die Produktionsprozesse in den Großküchen ebenfalls im LCA mitberücksichtigt werden, denn das Kühlen, Zubereiten und Warmhalten von Speisen sind mit einem permanenten Energieverbrauch verbunden, der sich sowohl direkt als auch indirekt auf die Umwelt auswirkt. Ziel dieser Masterarbeit ist es, die Energieverbräuche der Produktionsprozesse ausgewählter Speisen anhand von zwei Großküchen zu erheben und ökologisch zu bewerten.

Im Zuge von jeweils drei Untersuchungswochen wurden die Energieverbräuche der Produktionsprozesse von jeweils fünf ausgewählten Speisen in den zwei Großküchen ermittelt. Mit den ermittelten Energieverbräuchen und den dokumentierten Zubereitungsmengen wurden die spez. Energieverbräuche der einzelnen Speisen berechnet. Werden die spez. Energieverbräuche mit den energiespezifischen ökologischen Indikatoren verrechnet, so resultieren daraus die speisenspezifischen ökologischen Auswirkungen in Form von CF, MF, WB und FB.

Die Arbeit zeigt, dass die ökologischen Auswirkungen bei den Zubereitungsprozessen am höchsten ausfallen, während die Auswirkungen der Warmhaltungsprozesse im mittleren Bereich liegen und die Kühlungsprozesse die niedrigsten ökologischen Auswirkungen aufweisen (siehe Beispiel Tabelle 1 und Abbildung 1). Anschließend wurden die ökologischen Auswirkungen einiger Speisen mit den Auswirkungen weiterer Wertschöpfungsprozesse des NAHGAST-Projektes im Rahmen eines LCA verglichen.

Hierbei wurden mit Hilfe eines Bewertungstools die ökologischen Auswirkungen der Zutatenproduktionen und Transporte ausgewählter Speisen kalkuliert und mit den Auswirkungen der Produktionsprozesse verglichen (siehe Beispiel Abbildung 2).

Die Untersuchung zeigt, dass die ökologischen Auswirkungsanteile der Produktionsprozesse mit denen der Transporte äußerst gering sind und die Auswirkungsanteile der Zutatenproduktionen in der Wertschöpfungskette am höchsten ausfallen. Dementsprechend sind die ökologischen Auswirkungen der Produktionsprozesse in den Großküchen keine ausschlaggebenden Größen im LCA und weisen dementsprechend nur geringe Optimierungspotentiale an dieser Stelle auf.

Produktionsprozess	Energieverbrauch	Carbon-Footprint	Material-Footprint	Wasserbedarf	Flächenbedarf	Energiekosten
	EV	CF	MF	WB	FB	EK
	Wh/Speise	g/Speise	g/Speise	l/Speise	m ² /Speise	Cent/Speise
Kühlung	11,35	1,30	7,64	0,12	0,00	0,20
Zubereitung	153,45	28,61	85,31	1,03	0,02	1,82
Warmhaltung	75,36	8,65	50,73	0,83	0,02	1,36
Summe:	240,16	38,57	143,69	1,98	0,05	3,38

Tabelle 1: Durchschnittliche ökologische und ökonomische Auswirkungen von Speisen der ersten Großküche

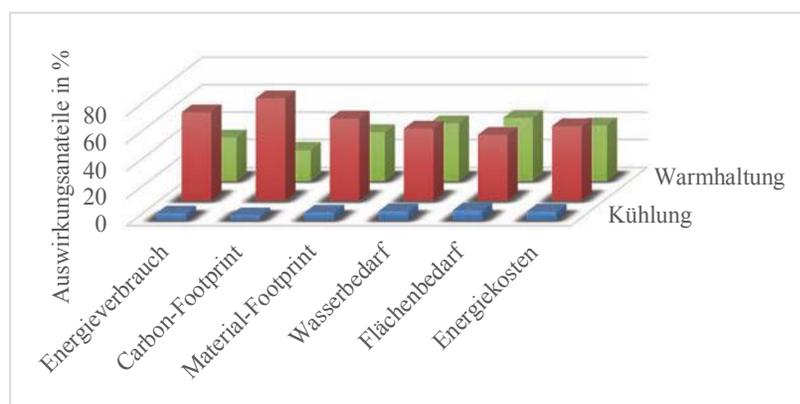


Abbildung 1: Durchschnittliche ökologische und ökonomische Auswirkungsanteile der einzelnen Produktionsprozesse der ersten Großküche nach Tabelle 1

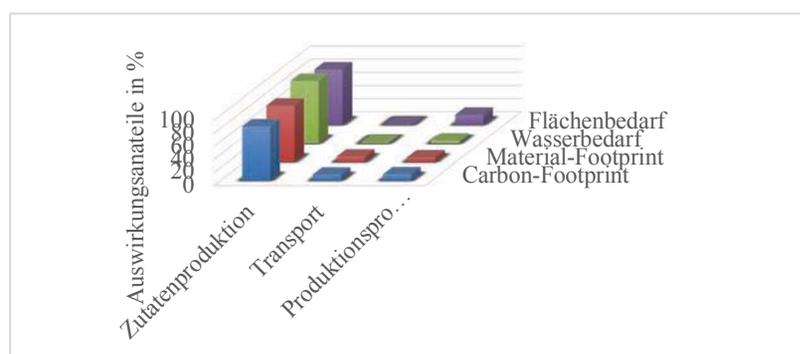


Abbildung 2: Speisenspezifische ökologische Auswirkungsanteile der einzelnen Wertschöpfungsprozesse der ersten Großküche im Life-Cycle-Assessment

Entwicklung von Wärmeversorgungskonzepten für den Flughafen Stuttgart unter Berücksichtigung der Sektorkopplung zur Generierung weiterer Flexibilität im Energiesystem

Fabian Thomas M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
 Zweitprüfer: Elias Siehler M.Eng

Datum des Kolloquiums: 12. September 2017

Master-Studiengang: Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
 Vertiefungsrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Labor Energieversorgung und Energiewirtschaft
 In Kooperation mit: Flughafen Stuttgart GmbH, Stuttgart



Die Untersuchung in dieser Arbeit verfolgt das Ziel, Auswirkungen verschiedener Wärmeversorgungskonzepte auf das Energieversorgungssystem des Stuttgarter Flughafens aufzuzeigen und zu bewerten. Dabei soll ein besonderes Augenmerk auf die Koppelung des Wärme-, Kälte- und Stromsektors gelegt werden, um mögliche Ansatzpunkte für weitere Flexibilisierung des Energiesystems aufzudecken.

Die Analyse des bestehenden Energieversorgungssystems bestätigt, dass die Absorptionskältemaschinen und die Kompressionskältemaschinen bereits einen wichtigen Beitrag zur Sektorkopplung liefern, aber dass das Potenzial noch weiter ausbaufähig ist.

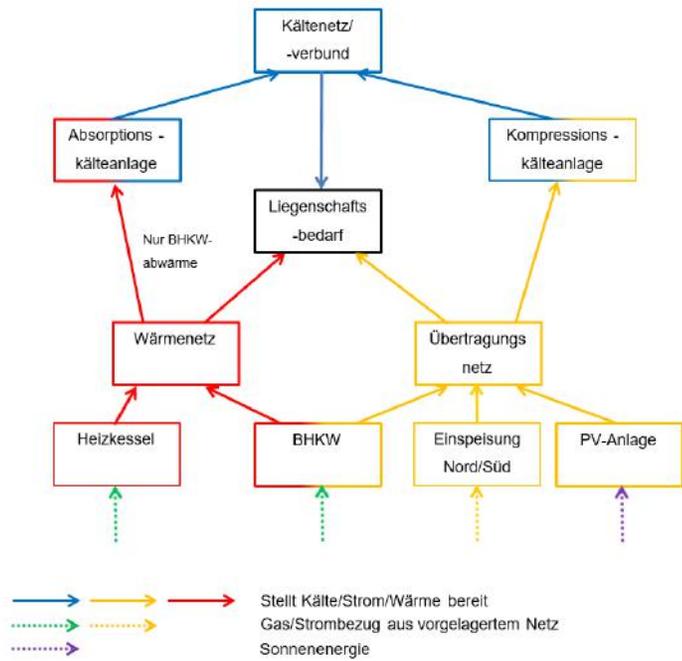


Abbildung 1: Übersicht über die betrachtete Versorgungsstruktur (eigene Grafik)

Für die Untersuchung wurde eigens ein Excel-Tool entwickelt, das die Möglichkeit bietet, die verschiedenen Konzepte in die eingefügten Lastgänge des Flughafens zu

integrieren. Es ist außerdem möglich, die Anlagenleistungen der Konzepte individuell anzupassen. Weiter können auch wichtige Parameter wie beispielsweise der Gaspreis verändert werden, um die Auswirkungen steigender Gaspreise auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Konzepte zu simulieren.

Das erste Konzept, eine Solarthermieanlage, erhöht zwar geringfügig das Potenzial der Kälteerzeugung durch die Absorptionskältemaschinen, reduziert dafür aber auch teilweise die Stromerzeugung durch das BHKW. Dadurch werden zwar die Kosten für den Gasbezug gesenkt, allerdings steigen die Strombezugskosten durch die auszugleichenden Strommengen.

Eine Brennstoffzelle könnte das BHKW mit weiterer Leistung in der Wärme- und Stromerzeugung ergänzen. Neben der größeren Wärmeverfügbarkeit für die Absorptionskältemaschinen wird die Wärmeerzeugung durch die Heizkessel deutlich gesenkt. Die simultane Stromerzeugung reduziert ebenfalls den Fremdbezug von Strom.

Die beiden Wärmepumpen-Konzepte bieten weiteres Potenzial zu Steigerung der Flexibilität. Die Wärmeerzeugung und der damit einhergehende Strombezug der Wärmepumpe wurde von den Strompreisen abhängig gemacht. Das führt allerdings zu geringen Betriebsstunden. Die niedrigen Wärmegestehungskosten der Heizkessel lassen jedoch keinen ausreichenden Energiekostenvorteil zu, um die hohen Investitionskosten der Wärmepumpen zu decken.

Die Ergebnisse der Simulation lassen nur die Brennstoffzelle als wirtschaftliches Konzept dastehen. Der Hauptgrund dafür liegt in bereits erwähnten positiven Auswirkungen auf das Energiesystem und in den niedrigen Gaspreisen. Allerdings sind konkrete Zahlen zu den Investitionskosten und ausreichend Erfahrungsberichte zu laufendem Betrieb noch nicht vorhanden. Prinzipiell lassen sich aber die Ergebnisse auch auf eine Erweiterung der BHKW übertragen.

Kombinierte Ansätze zur Gewässerentlastung auf der Basis emissions- und immissionsspezifischer Maßnahmen am Beispiel der Bocholter Aa

Yannick Tiemann M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Dipl.-Ing. Phillip Rolke

Datum des Kolloquiums:

26. Januar 2018

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Umwelttechnik

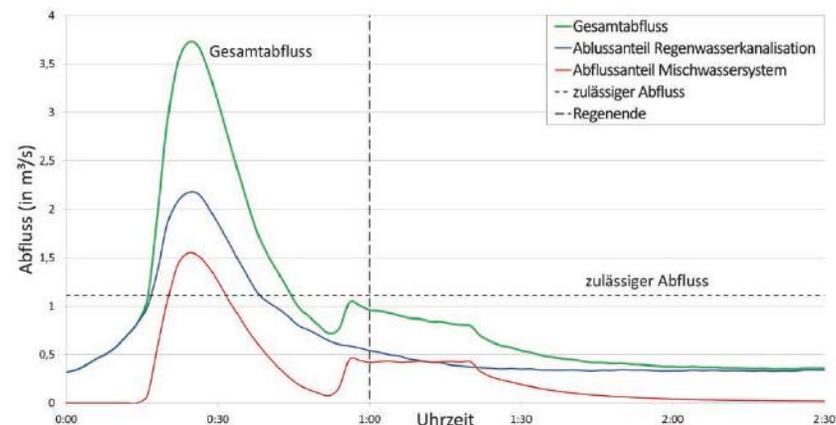
Laborbereich:
In Kooperation mit:

Labor für Hydraulik und Stadthydrologie
Planungsbüro Hahm GmbH, Osnabrück



Bereits Niederschläge die keinem Starkregen entsprechen, führen zu einem Abschlag aus dem Kanalnetz in ein Gewässer. Zum Schutz vor hydraulischen Überlastungen, insbesondere bei stärkeren Regenereignissen, werden häufig Regenüberläufe vorgesehen. Diese leiten bei einem bestimmten Wasserstand verdünntes Abwasser in ein Gewässer ein. Dadurch wird das Kanalnetz entlastet. Gleichzeitig erfährt jedoch das Gewässer zunehmend hydraulische und stoffliche Belastungen, welche die Gewässerqualität maßgeblich beeinflussen können. Durch Vorgaben in Arbeits- und Merkblättern, wie dem ATV-A 128 und BWK-M 3 bzw. 7, sollen daher die Belastungen für Flüsse und Bäche reguliert und überwacht werden. In der Masterarbeit erfolgte die Untersuchung dieses Themas am Beispiel der Bocholter Aa in Ramsdorf (Stadt Velen). Für das Gewässer wurde anhand der Nachweise nach BWK-M 3 und M 7 eine hydraulische Überlastung festgestellt.

Das Ziel war es, die Gewässerbelastung durch Veränderungen in der Mischwasserkanalisation zu reduzieren und abschließend zwei Vorzugslösungen vorzustellen. Zunächst erfolgte dafür die Berechnung des derzeitigen Gesamtabflusses ($3,72 \text{ m}^3/\text{s}$) in die Bocholter Aa sowie des zulässigen kritischen jährlichen Einleitungsabflusses $Q_{E1,zul}$ ($1,1 \text{ m}^3/\text{s}$), welcher als Nachweiskriterium für die hydraulische Belastung definiert ist. Wie die Abbildung zeigt, konnte die Überlastung des Gewässers bestätigt werden.



Abfluss aus der Kanalisation (Regen- und Mischwasser) bei einem Starkregen

Im nächsten Schritt sollte diese Problematik durch verschiedene Maßnahmen an den vorhandenen Regenüberläufen behoben werden. Die Einzelmaßnahmen in

Form von einer Erhöhung der Wehrschwelle bzw. des Drosseldurchflusses, sowie die Berechnungen der Einleitungsabflüsse, wurden dabei anhand eines Kanalnetzmodells durchgeführt. Im Zusammenhang mit der Ermittlung der Gesamteinleitung zeigte sich jedoch bereits deutlich, dass nur durch Maßnahmen in der Mischwasserkanalisation die Vorgaben mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erreicht werden können. Die Simulationsergebnisse für die Einzelmaßnahmen sowie die Kombination dieser, bestätigten die Vermutung. Die Gesamteinleitung in die Bocholter Aa konnte lediglich um höchstens $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden. Infolgedessen erfolgte die Überprüfung weitere Alternativen. Dabei wurde zunächst die Anordnung eines Bodenfilters untersucht, welcher den Transportsammler, dessen Kapazität durch die höheren Drosseldurchflüsse und das steigende Abwasseraufkommen ausgereizt war, entlasten sollte.

ufgrund der topografischen Gegebenheiten war jedoch keine wirtschaftliche Gestaltung eines Notüberlaufs mit Verbindung zu einem Bodenfilter möglich. Anschließend wurde in Kombination mit den Einzelmaßnahmen, der Transportsammler, welcher das Mischwasser zur Kläranlage unterhalb, der Ortslage leitet, deutlich vergrößert. Dadurch war es möglich die Einleitungen, die über die Regenüberläufe in das Gewässer gelangen, auf null zu reduzieren. Das Mischwasser gelangte infolgedessen nur noch über das unterhalb der Ortslage angeordnete Regenüberlaufbecken in das Gewässer. Trotz der großen baulichen Veränderungen konnte der zulässige Grenzwert jedoch weiterhin nicht erreicht werden. Die Ursachen hierfür sind wie bereits vermutet, die Einleitungen aus der Regenwasserkanalisation.

Insgesamt konnte durch keine der vorgestellten Maßnahmen der erforderliche Grenzwert erreicht werden. Dennoch ist zu empfehlen Maßnahmen mit einem geringen baulichen Aufwand umzusetzen sowie eine Gewässeraufweitung unterhalb der Ortslage, welche als Kompensationsmaßnahme für das fehlende Speichervolumen dienen kann, weiterführend zu untersuchen. Weiterhin wurde deutlich, dass es nur eingeschränkt möglich ist, die Untersuchungen auf andere Projekte anzuwenden.

Grund hierfür sind die großen Unterschiede zwischen den örtlichen Gegebenheiten. Ein vorgestelltes Pilotprojekt zeigte, dass trotz vorhandener hydraulischer Überlastung der Zustand des Gewässers gesteigert werden konnte. Somit stellte sich abschließend die Frage, ob die Erreichung des hydraulischen Grenzwertes für einen guten Gewässerzustand zwingend erforderlich ist.

Auswirkungen einer Novellierung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft auf den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit erdgasbetriebener Blockheizkraftwerke

Jens Tröster M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	31. Mai 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Immissionsschutz + Umwelttechnik (LIU) Betreuungsgesellschaft für Umweltfragen Dr. Poppe AG, Kassel



In der Bundesrepublik Deutschland sollen mithilfe des Immissionsschutzes Einwirkungen auf zu schützende Güter, wie z. B. Menschen, Tiere und Pflanzen, reduziert und idealerweise unterbunden werden. Hierbei steht insbesondere die Luftreinhaltung im Fokus. Fortschreitende wissenschaftliche Erkenntnisse in diesem Bereich machen eine stete Anpassung immissionsschutzrechtlicher Bestimmungen sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene unerlässlich, um eingangs erwähnte Güter bestmöglich zu schützen und der Entstehung schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen

Nach § 48 Abs. 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) wird die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates ermächtigt Verwaltungsvorschriften zur Durchführung des BImSchG zu erlassen. Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) richtet sich, da es sich um eine solche Verwaltungsvorschrift zum BImSchG handelt, primär an die zuständigen Behörden, welche die darin festgelegten Maßgaben im Zuge immissionsschutzrechtlicher Verfahren zu beachten haben. Dienen die Festlegungen der Nummern 4 und 5 TA Luft der Normkonkretisierung, dann erstreckt sich die Verbindlichkeit neben Gerichten auch über die Adressaten der konkretisierenden immissionsschutzrechtlichen Vorschriften. Werden also unbestimmte Rechtsbegriffe des Gesetzes konkretisiert, kann die TA Luft rechtliche Außenwirkung entfalten.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit hat angekündigt, dass die TA Luft in ihrer derzeitigen Fassung aus dem Jahr 2002 novelliert werden soll. Zum Zeitpunkt der Entstehung der Masterarbeit lag der Referentenentwurf der TA Luft vom 09.09.2016 vor. Interessensverbände deutscher Blockheizkraftwerk-Betreiber haben Bedenken hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit zukünftiger Anforderungen, resultierend aus einer novellierten TA Luft, geäußert.

Im Rahmen der Masterarbeit wird ein Überblick über mögliche Konsequenzen dieser Entwicklung für Betreiber mittelgroßer, erdgasbetriebener Verbrennungsmotor-Blockheizkraftwerke (BHKW) gegeben. Es wird in Ergänzung dazu erläutert, auf welche Weise neuen Maßgaben, wie z.B. strenger gefasste Grenzwerte von Abgaskomponenten, technisch nachgekommen werden kann.

Anhand der Untersuchung einer konkreten Beispielanlage, wird dies des Weiteren exemplarisch verdeutlicht. Abschließend wird aufgezeigt, welcher Aufwand durch die Erfüllung der neuen Vorgaben entsteht und wie sich dies monetär auf einen BHKW-Betreiber auswirken könnte.

Fazit:

Eine Novellierung der TA Luft in der Fassung von 2002 hat für die Betreiber mittelgroßer, erdgasbetriebener Verbrennungsmotor-BHKW häufigere Emissionsmessungen und insbesondere strengere Grenzwerte diverser Emissionsparameter zur Folge. Die Forderung nach kontinuierlichen Messeinrichtungen, zur Erfassung der Massenkonzentration von Schadstoffen im Abgas von Verbrennungsvorgängen beschränkt sich weitestgehend auf BHKW, welche eine Feuerungswärmeleistung größer als 20 MW aufweisen. Des Weiteren wird die Notwendigkeit zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen, im Zuge von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren oder wesentlichen Anlagenänderungen, bestärkt, indem die Bagatellmassenströme von Stoffen, wie z. B. SO₂ und NO₂, verringert werden. Im Hinblick auf das Ableiten von Abgasen kann festgehalten werden, dass das bestehende Vorgehen der Schornsteinhöhenberechnung erhalten bleibt. Es wird davon ausgegangen, dass die moderneren Berechnungsmethoden zur Ausbreitung von Schadstoffen zu exakteren und damit angemesseneren Ergebnissen führen. In ihrer Gesamtheit werden sich die Ausmaße der Schornsteine von Verbrennungsmotoranlagen jedoch nicht signifikant verändern.

Primäre Maßnahmen der Abgasreinigung eignen sich nur geringfügig dazu, Emissionen von erdgasbetriebenen BHKW in weiterem Umfang zu reduzieren. Anhand der Darstellung diverser sekundärer Abgasreinigungstechnologien, wie z. B. die Thermischen Nachverbrennung (TNV) und die Selektive Katalytische Reduktion (SCR), kann allerdings gezeigt werden, dass die Abgasqualität, welche durch die Anforderungen des Referentenentwurfs der TA Luft definiert wird, durchaus erreicht werden kann. Ergebnisse verschiedener Labortests, Beobachtungen an Forschungsmotoren und Untersuchungen an kommerziell betriebenen BHKW unterstreichen dabei diese Auffassung.

Dennoch scheint es durchaus berechtigt zu sein, die Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen, zur Erfüllung der angepassten Anforderungen gemäß dem Referentenentwurf der TA Luft, infrage zu stellen. Aus der abschließend angestellten beispielhaften Untersuchung der Auswirkungen auf ein 1 MW leistendes BHKW ergeben sich zusätzliche Kosten in Höhe von 14.000 €/a, welche maßgeblich aus dem nachträglichen Einbau eines SCR-Systems und der Einhaltung zusätzlicher Messverpflichtungen resultieren würden. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass auf BHKW-Betreiber unter Umständen hohe finanzielle Belastungen zukommen. Vor allem der Betrieb einzelner BHKW einer geringeren Leistungsklasse dürfte unter diesen Umständen erheblich schwieriger wirtschaftlich zu vertreten sein.

Moritz Wellers B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	28. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich:	Wärmetechnik



Dank fossiler Energieträgern ist in vielen Teilen der Erde der Lebensstandard rasant gestiegen. Jedoch sind die fossilen Treibstoffe die Nachteile endlich und ihnen haften zudem enorme CO₂-Emissionen an.

Nach Aussagen des Weltklimarats erwärmen sich Erdatmosphäre und Ozeane überwiegend auf Grund menschlichen Einflusses. Hauptursache hierfür ist die Verbrennung von Kohle, Gas und Öl. Also ist es an der Zeit nach einem Energieträger für die Zukunft zu suchen. Doch ebenso wichtig wie die Gewinnung dieser zukünftigen Energie, ist ihre Speicherung.

Eine Möglichkeit thermische Energie zu speichern, bilden sogenannte Phasenwechselmaterialien (kurz: PCM). Von PCM spricht man, wenn ein Material seinen Aggregatzustand in einem definierten Temperaturbereich verändert (Phasenwechsel). Die im Phasenwechsel gespeicherte/freigegebene Energie lässt sich energetisch nutzen.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit war die messtechnische Untersuchung eines mit PCM-Elementen gefüllten Energiespeichers. Der hierzu verwendete Versuchsstand wurde bereits in Anlehnung an das Bauvorhaben „Haus der Zukunft“ in Berlin, im Rahmen einer vorangegangenen Bachelorarbeit, konzeptioniert und hergestellt. Der beschriebene Versuchsstand wurde in Erarbeitung dieser Bachelorarbeit zunächst auf seine Funktionalität als Schichtenspeicher überprüft und daraufhin mit PCM-Elementen der Firma Axiotherm® befüllt. Die gemessenen Versuchsreihen wurden mit verschiedenen Massenströmen, Temperaturen und hydraulischen Betriebsarten durchgeführt.

Als Ergebnis der durchgeführten Messungen konnte festgestellt werden, dass der Speicher möglichst langsam durchströmt werden sollte, sowie dass der verwendete Temperaturbereich um eine stoffspezifische mittlere Temperatur maßgeblich für die abgreifbare Enthalpie der PCM-Elemente ist.

Abschließend ließ sich ein Speicherfaktor der verwendeten PCM-Elemente von ca. 2,5 feststellen, was die zweieinhalbfache speicherbare Energiemenge von Wasser bedeutet.

Einsatz von getauchten Membranen zur Filtration von dekantierten Gärresten

Dave-Thomas Werft B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dipl.-Biol. Ulrich Brüß
Datum des Kolloquiums:	03. November 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
In Kooperation mit:	A3 Water Solutions GmbH, Saerbeck



Biogasanlagen leisten heute einen wichtigen Beitrag zur Abkehr von fossilen Energieträgern und versorgen im Jahr 2016 8,4 Millionen Haushalte mit erneuerbarer Energie. Biogas entsteht durch die anaerobe Vergärung von organischem Material. Aus diesem Prozess resultiert ein nährstoffreicher Gärrest, Wasseranteil von >90 %.

Üblicherweise wird er unter Beachtung der Düngemittelverordnung, des Düngegesetzes und der Düngeverordnung nach Richtlinie 2006/96/EG des Europäischen Parlaments auf lokalen Nutzflächen ausgebracht. Hierdurch entsteht ein geschlossener Nährstoffkreislauf. Die Eignung zum Humusdünger verdankt der Gärrest seinem hohen Gehalt an Stickstoff, Phosphor und Kalium. Um die Eutrophierung von Böden zu vermeiden, sind der Ausbringung von Gärrest in den genannten Veordnungen Grenzen gesetzt.

Bei zunehmend knapper werdenden Ausbringungsflächen und in Gebieten mit hohen Bestandsdichten rücken der Prozess der Gärrestbehandlung und seine Wirtschaftlichkeit zunehmend in den Fokus von Anlagenbetreibern. Die Firma A3 Water Solutions GmbH arbeitet in Kooperation mit der Hochschule Osnabrück an der Optimierung von Verfahrensschritten in der Gärrestbehandlung an real existierenden Biogasanlagen.

In diesem Zusammenhang entstand diese Bachelorarbeit. Ihr Ziel war die Evaluierung der Leistungsfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit von getauchten Membranen zur Behandlung von dekantiertem Gärrestzentrat. Hierzu wurden zwei Modultypen in einer Versuchsanlage getestet und mit der vor Ort betriebenen Querstrom-Ultrafiltration verglichen. Bei den getesteten Modulen handelte es sich um ein Referenzmodul der Firma MMF Maxflow Membran Filtration GmbH sowie eine Prototyp Membran mit der Bezeichnung UX-IPC, welche höhere Rückspüldrücke, einen Membranspacer und damit eine effizientere Deckschichtkontrolle erlaubt. Zusätzlich erfolgte die Filtration von ozoniertem Dekanterzentrat. Interessant war hier die Identifizierung von möglichen Leistungssteigerungen.

Die Ergebnisse belegen die Leistungsfähigkeit beider Module zur Filtration von dekantierten Gärresten. Wird allerdings eine Reduktion des Wassergehalts von mindestens 50 % angestrebt, so ist dies mit dem Referenzmodul nur mit vorheriger Ozonierung möglich. Das UX-IPC-Modul erreicht den Betriebspunkt auch mit unbehandeltem Zentrat.

Die Gesamtkosten einer Gärrestbehandlung mit getauchten Modulen liegen um 2 % niedriger als bei der Behandlung mit der Querstrom-Ultrafiltration. Das liegt primär in dem vergleichsweise sehr geringen Energieverbrauch begründet. Nachteilig sind vor allem die hohe Anzahl von 26 benötigten Modulen und die geringere Entwässerung von 50 % im Vergleich zu den 70 % der Querstrom-Ultrafiltration. In Kombination mit der geringen Standzeit von nur 2 Jahren, wird der Vorteil der Energieeinsparungen durch die hohen Kosten des Modultaushes nivelliert.

Die Abbildung 1 zeigt die verwendete Versuchsanlage. Sie ist ein Membranbioreaktor, der ohne aktive Biomasse betrieben wurde. Zentrale Bestandteile waren daher ein Gebläse, die Filtratpumpe zur Erzeugung des nötigen Betriebsdrucks und die Messtechnik zur Erfassung von Filtratfluss sowie erzeugtem Unterdruck. Für den Versuch wurden zusätzlich ein Auffangbehälter für Filtrat und ein Rührwerk installiert. Damit konnten Modulrückspülung und mechanische Schaumzerstörung realisiert werden.

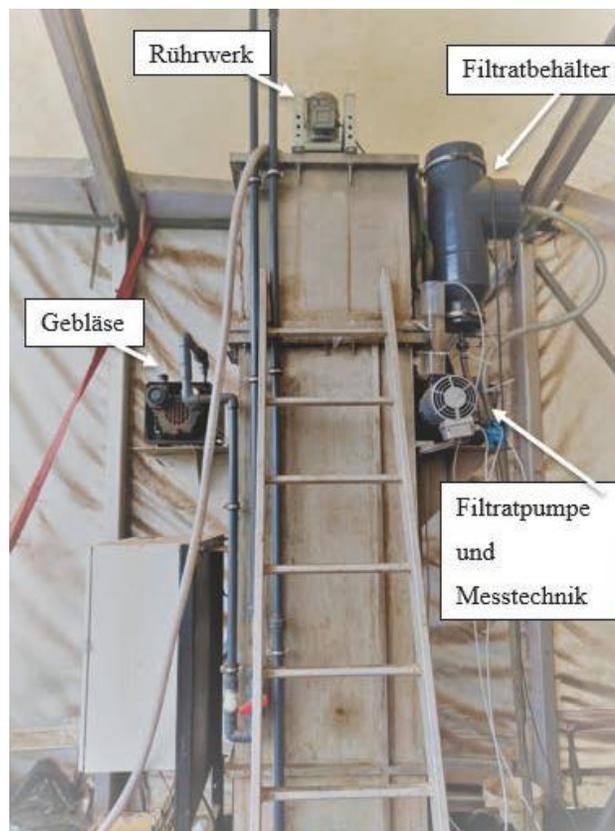


Abb. 1: Versuchsanlage

Marco Wesseling B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Dieter Woltring
Datum des Kolloquiums:	27. Februar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Rheine GmbH, Rheine



Ziel der Bachelorarbeit war die Entwicklung eines Konzeptes zur Sicherstellung der langfristigen Trinkwasserversorgung der Stadt Rheine sowie der Gemeinden Neuenkirchen und Wettringen. Zur langfristigen Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung sind die Gemeinden nach § 38 Absatz 3 des Landeswassergesetzes in Nordrhein-Westfalen dazu verpflichtet, ein Wasserversorgungskonzept aufzustellen. Dieses soll den aktuellen Stand sowie zukünftige Entwicklungen der Wasserversorgung in ihren Versorgungsgebieten beschreiben. Die Stadt Rheine hat die Stadtwerke Rheine GmbH beauftragt, dieses Konzept für sie zu erstellen. Die Stadtwerke Rheine GmbH, tritt als öffentliches Wasserversorgungsunternehmen für die Stadt Rheine auf und ist Wasserlieferant für die Gemeinden Neuenkirchen und Wettringen.

Nach einer Bestandsaufnahme mit der Beschreibung der Wassergewinnungsgebiete und dessen Brunnengalerien, der Trinkwasseraufbereitung durch die Wasserwerke, sowie des Trinkwasserverteilungsnetzes, folgte anschließend eine Zustandsanalyse. Im weiteren Verlauf wurden mögliche Entwicklungen, die für eine Sicherstellung der zukünftigen Trinkwasserversorgung für die Stadt Rheine bedeutsam sind, untersucht. Zur Bewältigung dieser Aufgaben, wurden Auswirkungen, Bewertungen und Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Die Abbildung zeigt exemplarisch eines der Wasserwerke, dass von den Stadtwerken Rheine zur Trinkwasseraufbereitung betrieben wird. Hier werden aus dem Rohwasser gelöste Eisen- und Manganverbindungen sowie mögliche Pflanzenschutzmittel entfernt. Neben qualitativen Kriterien wurde die quantitative Sicherstellung anhand der Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfes untersucht. Der Wasserbedarf ist ein Planungswert und gibt die in der Zukunft vorzuhaltenden Wassermengen an. Er ermittelt sich aus:

- Bevölkerungsentwicklung der Versorgungsgebiete
- Entwicklung des Gewerbe- und Industriebedarfes (Flächennutzungsänderung)
- Entwicklung des Eigenbedarfes (Wasserwerksbetrieb, Leitungsspülungen)
- Entwicklung der Wasserverluste (Leckagen, Schleichverluste)
- Entwicklung der spezifischen Pro-Kopf-Verbräuche (Abnahme, Steigerung oder konstante Bedingungen)



Abbildung 1: Wasserwerk St. Arnold

Weiterhin wurden die Stickstoffsituation und mögliche Eliminationsverfahren für Nitrat thematisiert. Hier wurden präventive Maßnahmen, wie die Schließung von Extensivierungsverträgen und Kooperationen mit der Landwirtschaft, als auch reaktive Maßnahmen z. B. durch eine Verschneidung von Rohwässern oder möglicher Aufbereitungstechnik beschrieben. Die anthropogenen Spurenstoffe im Trinkwasser wie z. B. Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten sowie Xenobiotika wurden beschrieben und bewertet. Ein weiteres Thema war die Desinfektion des Trinkwassers und mögliche Alternativen zu bisherigen Verfahren für die Stadtwerke Rheine. Eine Beschreibung zur digitalen Sicherheit in der Wasserversorgung schließt das Konzept ab. Wasserversorgungsunternehmen gehören zu den kritischen Infrastrukturen, welches als besonders anziehend für Hackerangriffe gelten. Deshalb sind sie bei Erfüllung von Schwellenwerten durch das IT-Sicherheitsgesetz mit der BSI-Kritisverordnung dazu verpflichtet bestimmte Sicherheitsauflagen zu erfüllen.

Sperrvermerk: Diese Bachelorarbeit beinhaltet interne und vertrauliche Informationen. Eine Einsicht, Veröffentlichung und Vervielfältigung - auch in Auszügen - ist nicht gestattet.

Untersuchung der thermischen Behaglichkeit in Bürogebäuden anhand verschiedener Klimatisierungskonzepte

Robin Weßeling M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	28. September 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Raumluft- und Kältetechnik

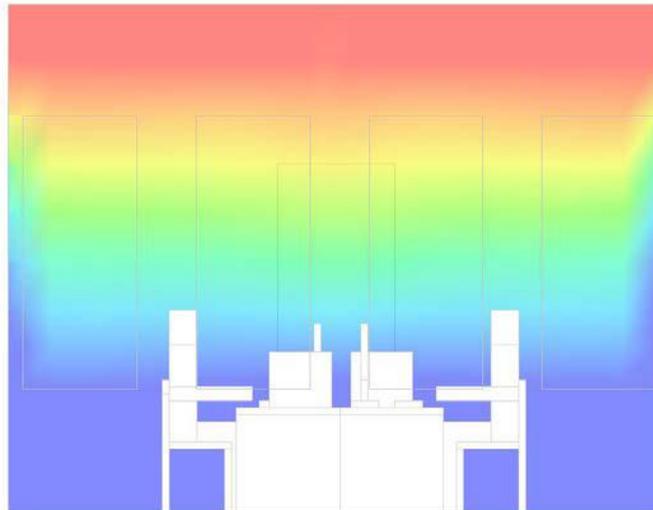


Unter den Hauptaufgaben eines Bürogebäudes zählt es, ein für den dort arbeitenden Menschen angenehmes Umfeld zu schaffen. Dies ist durch die moderne Architektur mit großen Fensterfassaden und den internen Lasten durch Beleuchtung und Medientechnik für die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik eine stetig steigende Herausforderung. Allein die Kühl- und Heizlasten in einem Büroraum abzudecken ist für die heutigen Anforderungen nicht mehr ausreichend. Vielmehr muss ein für den Menschen thermisch behagliches Klima geschaffen werden. Von thermischer Behaglichkeit wird gesprochen, wenn es in einem Umgebungsklima weder zu kalt noch zu warm ist, die Luft weder zu feucht noch zu trocken ist, die am Menschen vorbeiströmende Luft keine zu hohe Geschwindigkeit aufweist und somit Zug erzeugt und die Strahlung von kühlen oder warmen Oberflächen gleichmäßig ist.

Zusätzlich trägt die Wahl der Bekleidung und die Aktivität des Menschen zum Behaglichkeitsgefühl bei. Demnach ist die thermische Behaglichkeit von den nachfolgenden Faktoren abhängig:

- Lufttemperatur
- Strahlungstemperatur
- Luftgeschwindigkeit
- Luftfeuchte
- Bekleidung
- Aktivitätsgrad

Ziel der Arbeit war es für vier verschiedene Klimatisierungssysteme die thermische Behaglichkeit anhand einer Gebäudesimulation zu überprüfen. Durch die thermische Gebäudesimulation wurden die Anforderungen für den Sommer- und den Winterfall des Büroraumes ermittelt. Die Ergebnisse wie Heiz- und Kühllast wurden auf die verschiedenen Klimatisierungssysteme übertragen und für die CFD-Simulation genutzt. Die thermische Behaglichkeit wurde mittels der CFD-Simulation, die die Raumtemperaturen sowie die Luftgeschwindigkeiten im Raum darstellt, ermittelt. Für die Berechnungen wurden Aktivitätsgrad, Bekleidungsgrad und die Luftfeuchtigkeit manuell eingegeben. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Temperaturschichtung beim Einsatz einer Deckenheizung.



Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Beheizung mittels Flächenheizung ein hohes Maß an Behaglichkeit liefern. Aufgrund der großen Wärmeübertragungsflächen können niedrige Temperaturen genutzt werden. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Strahlungsasymmetrie im Raum. Auch für die Kühlung lassen sich Flächensysteme einsetzen. Für eine optimale Temperaturverteilung im Raum ist aufgrund der thermischen Auftriebskraft erwärmter Luft die Position der Flächen ausschlaggebend. Durch die geringen Temperaturen werden ebenfalls sehr niedrige Strömungsgeschwindigkeiten erreicht. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Behaglichkeit.

Bei dem Heizkörper und dem Bodenkonvektor können ebenfalls gute Ergebnisse, bezogen auf die Behaglichkeit, erzielt werden. Durch die Konvektion stellen sich bei diesen Systemen höhere Strömungsgeschwindigkeiten ein. Diese sind jedoch durch die geringe Heizlast immer noch so gering, dass sie keinen nennenswerten negativen Einfluss auf die Behaglichkeit haben.

Da die verschiedenen Gebäude sehr individuell sind, sind für jeden Einzelfall die optimalen Klimatisierungskonzepte zu untersuchen. Durch die Gebäude- und Strömungssimulation können verschiedene Konzepte geprüft und deren Vor- und Nachteile ermittelt werden. Für die Planung der Klimatisierungskonzepte ist es im Vorfeld wichtig, dass die Anforderungen durch den Nutzer klar definiert sind.

Dennis Westhues B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Carsten Plummer
Datum des Kolloquiums:	15. Januar 2018
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumluft- und Kältetechnik Ingenieurbüro IGP Ingenieure, Münster



Diese Arbeit befasst sich mit dem Neubau des Möbelkaufhauses Finke in Hamm aus dem Jahr 2016, bestehend aus zwei getrennten Gebäudekomplexen (Finke + Carré) und den geplanten und verbauten raumlufttechnischen Anlagen.

Kaufhäuser und Einkaufszentren unterliegen generell einem steigenden Wettbewerb, besonders durch marktverändernde Faktoren wie das Internet. Online-Shops ermöglichen den bequemen Einkauf von zu Hause aus, praktisch 24 Stunden am Tag. Diese drastische und dynamische Zunahme der Verschiebung des Käuferverhaltens erfordert erhebliche Anstrengungen der etablierten Markenkettens diesem Trend entgegen zu wirken.

Ein wesentlicher Aspekt liegt also bei der Schaffung verkaufsfördernder Bedingungen in der realen Einkaufswelt. Dazu gehören neben den psychologischen Faktoren die physiologischen Parameter wie Temperatur, Feuchte und Luftqualität (CO₂, Feinstaub, Ozon, Schadstoffe, Aromen, etc.). Betroffen sind davon Kunden und Mitarbeiter praktisch gleichermaßen.

Arbeitszufriedenheit, Gesundheit und damit verbundene Steigerung der Produktivität auf der einen Seite sowie die Schaffung eines komfortablen Raumklimas für die Kunden auf der anderen Seite verbessern gleichermaßen die Rahmenbedingungen für den wirtschaftlichen Erfolg und Erhalt einer realen Einkaufswelt.

Diese Arbeit soll durch technische und betriebswirtschaftliche Bewertungen die Planungs- und Ausführungsprobleme der raumlufttechnischen Anlagen beider Gebäude aufzeigen, Einspareffekte abschätzen und Handlungsempfehlungen für erforderliche Maßnahmen zur konkreten Umsetzung geben, damit die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bewirtschaftung der Immobilien geschaffen werden können.

Entwicklung eines Programms zur Berechnung von witterungsabhängigen Kältebedarfsprofilen in Krankenhäusern

Benjamin Wiefel M.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Dr.-Ing. Michael Schmidt

Datum des Kolloquiums:

12. Februar 2018

Master-Studiengang:
Vertiefungsrichtung:

Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

Laborbereich:
In Kooperation mit:

Raumluft- und Kältetechnik
encadi GmbH, Münster



Kälte-, klima- und raumluftechnische Anlagen nehmen in Krankenhäusern einen wesentlichen Teil der elektrisch bereitgestellten Endenergie ein. Somit werden im Schnitt 35 % des Gesamtstrombedarfs eines Krankenhauses zur behaglich und hygienisch korrekten Klimatisierung bzw. Außenluftbehandlung und Kühlung verbraucht. Auf Grund von gewachsenen und veralteten Strukturen erfolgt in vielen Krankenhäusern keine Messung von Energieflüssen- und Verbräuchen.

Das Ziel der Masterarbeit war es, ein Programm zur Synthetisierung von witterungsabhängigen Kältebedarfsprofilen für Krankenhäuser zu erstellen. Dazu ist jeweils eine Berechnungsmethode für den jährlichen Endenergiebedarf von Kältemaschinen (Strom), für das stündliche Lastprofil der Kältemaschinen, sowie für die Schaffung einer Witterungsabhängigkeit entwickelt worden. Für den jährlichen Kältebedarf sind 3 Berechnungsmethoden entwickelt worden. Die Basis für einige der Berechnungsmethoden bildet die DIN V 18599. Das Programm ist Excel-basiert. Die Berechnungsgrundlagen wurden anhand von Messdaten zweier Krankenhäuser versucht zu validieren. Die Methode zur Berechnung des stündlichen Lastprofils wurde von stündlichen Messwerten eines Industriebetriebs abgeleitet und wird in Abhängigkeit der Außentemperatur synthetisiert (Ergebnis für ein Krankenhaus in Abbildung 17.)

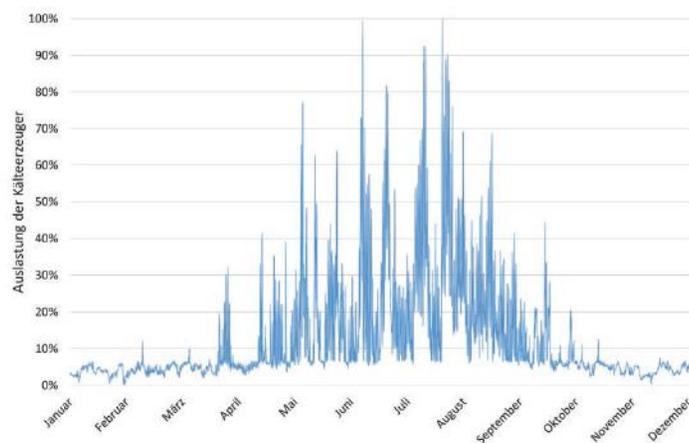


Abbildung 17: Synthetisiertes Kältebedarfsprofil

Mit dem Berechnungsprogramm ist eine Möglichkeit geschaffen worden, Kältebedarfe von Krankenhäusern sowie die Endenergie von

Kompressionskältemaschinen im stündlichen Detail witterungsabhängig zu berechnen und darzustellen. Die Ergebnisse des Programms auf Basis der beiden Krankenhäuser unterliegen je nach Berechnungsmethode geringen bis teils hohen Abweichungen (Abbildung).

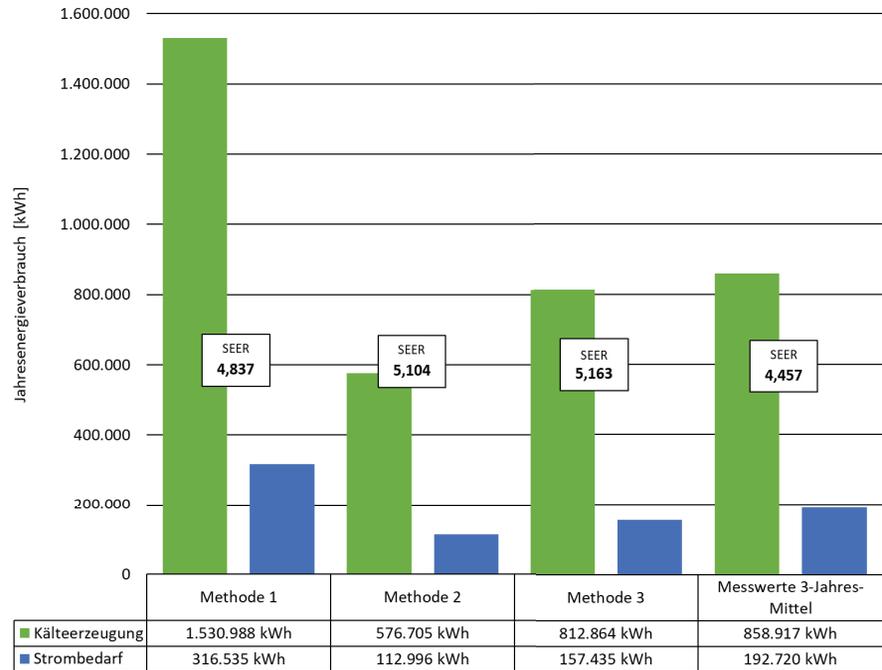


Abbildung 18: Kältebedarf und eines Standortes und Strombezug der Kompressionskältemaschinen durch drei Berechnungsmethoden

Marius Wiesmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	07. April 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Laborbereich Haus- und Energietechnik TECE GmbH, Emsdetten



Auch wenn *Legionella pneumophila* nicht die einzigen pathogenen Mikroorganismen im Trinkwasser sind, haben sie in den vergangenen Jahren für das größte Aufsehen gesorgt und damit eine breite Masse für das Thema Trinkwasserhygiene sensibilisiert. Es darf dennoch nicht übersehen werden, dass auch Erreger wie *Pseudomonas aeruginosa* und *Escherichia coli* für den Menschen ein Gesundheitsrisiko darstellen und im Trinkwasser vorkommen können. Anders als *Escherichia coli* Bakterien, die üblicherweise in der Darmflora von Mensch und Tier zu finden sind, kommen Pseudomonaden und Legionellen natürlicherweise im Wasser vor. Es lässt sich kaum vermeiden, dass diese Erreger in geringer Konzentration ins Trinkwasser gelangen.

Das Ziel von Trinkwasserhygiene ist es nicht, dem Verbraucher steriles Trinkwasser bereit zu stellen – das wäre ohnehin technisch unmöglich – sondern die Vermehrung der krankheitserregenden Bakterien zu verhindern bzw. zu begrenzen. Um das zu gewährleisten, muss von der Entstehung bis zur täglichen Nutzung der Trinkwasser-Installation hygienebewusst gehandelt werden. Das heißt, die Trinkwasser-Installation muss bedarfsorientiert geplant, nach den a.a.R.d.T. errichtet und bestimmungsgemäß betrieben werden. Jedoch kann für die Lebensdauer der Trinkwasser-Installation nicht gewährleistet werden, dass sie immer durch die geplante Nutzung bestimmungsgemäß betrieben wird. Beispiele dafür sind Schulen und Sportstätten während der Ferienzeiten. In diesen Fällen können automatische Spülstationen eingreifen und einen ausreichenden Wasseraustausch sowie die Einhaltung der maximal zulässigen Temperatur im Kaltwasser gewährleisten.

Das Ziel der Masterarbeit war es, Hygienespülfunktionen in Sanitärapparate zu integrieren, sodass auf automatische Spülstationen verzichtet werden kann. Denn Spülstationen sind zusätzliche Bauteile in der Trinkwasser-Installation und müssen somit gewartet, verrohrt und gegebenenfalls in der Rohrnetzdimensionierung berücksichtigt werden. Durch die Integration entfallen diese Nachteile.

Im ersten Schritt wurde geprüft welche Sanitärapparate sich für die Einbindung von Hygienespülfunktionen eignen. Nach Identifikation des Spülkastens und des Duschpaneels als geeignete Verbraucher wurde im zweiten Schritt ein Leistungsumfang definiert, welchen diese beiden Produkte erfüllen müssen, um eine Gleichwertigkeit zu den aktuell auf dem Markt befindlichen Spülstationen zu erreichen.

Mit den Vorgaben des Leistungsumfangs wurden das Duschpaneel und der Spülkasten konstruktiv so verändert, dass sie in der Lage sind, durch Wegspülen von warmen und kalten Wasser den bestimmungsgemäßen Betrieb aufrecht zu erhalten. Zusätzlich sind die beiden Produkte mit einer Elektronik aufgerüstet worden, um ein Programmieren und Protokollieren der Spülungen zu ermöglichen.

Designstudie: Duschpaneel mit Hygienespülfunktionen in einer ebenerdig gefliesten Dusche mit einer Duschrinne.



Abbildung 35: Designstudie Duschpaneel in der Vorderansicht [8-1]

Erarbeiten eines modernen Energieversorgungskonzeptes für einen bestehenden Betrieb in der Möbelindustrie

Mario Wilkening B.Eng.

Erstprüfer:
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

08. Dezember 2017

Bachelor-Studiengang:
Studienrichtung:

Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Energietechnik

Laborbereich:
In Kooperation mit:

Labor für Heizungstechnik
hülsta-werke Hüls GmbH & Co. KG, Stadtlohn



Ziel dieser Arbeit war es, für das in Stadtlohn ansässige Unternehmen Hülsta ein neues Energieversorgungskonzept zu erstellen. Dafür sollten verschiedene Konzepte erarbeitet und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit untereinander verglichen werden.

Die hülsta-werke wurden im Jahr 1940 von Aloys Hüls gegründet und werden nun schon in der dritten Generation von der Familie Hüls geführt. Mit etwa 750 Mitarbeitern werden hier Produkte für den weltweiten Möbelmarkt hergestellt.

Aktuell erfolgt die Wärmeenergieversorgung primär durch den Einsatz von Biomasse. Dabei können die in der Produktion anfallenden Holzabfälle genutzt werden. Eine mit Holzspänen befeuerte 6,5 MW-Kesselanlage aus dem Jahre 1993 versorgt den Betrieb mit der nötigen thermischen Energie. Für Lastspitzen im Wärmebedarf, die nicht von der Holzkesselanlage gedeckt werden können, wird ein 5,25 MW Heizöl-Kessel zugeschaltet. Dieser kommt auch zum Einsatz, falls die benötigte Heizlast der Holzkesselanlage unter 20 % fällt und diese dadurch automatisch abschaltet.

Aufgrund diverser Anforderungen bedingt durch den Auftraggeber, die erforderliche Leistung, gesetzlicher Rahmenbedingungen und den Standort, konnten erste Technologien für das zu erstellende Konzept auf Anhieb ausgeschlossen werden. Außerdem wurden mögliche Förderungen herausgestellt, die eventuell infrage kommen. Diese haben einen Einfluss bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

Unter Beachtung aller genannten Anforderungen wurden drei Konzepte erstellt. Das erste entspricht dem aktuellen Konzept, es würde lediglich erneuert werden. Die Konzepte 2 und 3 beinhalten ein BHKW und einen Biomassekessel. In der zweiten Variante ist das BHKW strom-, in der dritten Variante wärmegeführt. Die bereits vorhandenen Ölkessel werden in jedem Fall beibehalten, um Lastspitzen oder Ausfälle ausgleichen zu können.

Bei der darauffolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung konnte festgestellt werden, dass sich für das Unternehmen am besten ein stromgeführtes BHKW mit einem Biomassekessel für die Spitzenlastabdeckung eignet. Durch eine Investition in ein BHKW können erhebliche Einsparungen der Stromkosten verzeichnet werden.

Lukas Wischnewski B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	25. Oktober 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik



Die Bedeutung der Trinkwasserhygiene ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Die früher fehlende oder mangelhafte Dimensionierung der Trinkwasser-Installation führt heute unter Umständen zu einer Verkeimung der Anlagen. Spätestens seit dem Ausbruch der Legionellose im Januar 2010 im Raum Ulm und der Epidemie 2013 in Warstein sind Legionellen die bekanntesten Krankheitserreger die in der Trinkwasser-Installation auftreten können.

Daher ist heutzutage die Planung der Trinkwasser-Installation mithilfe von Softwareunterstützung Stand der Technik. Ziel dieser Planung sollte immer eine Anlage mit möglichst wenig Wasserinhalt sein. Um die Stagnation des Wassers so weit wie möglich zu reduzieren.

In dieser Bachelorarbeit wurde anhand eines Krankenhauses aus dem Jahr 1985 untersucht ob der bestimmungsgemäße Betrieb gegeben ist. Der bestimmungsgemäße Betrieb einer Trinkwasser-Installation ist zwingend notwendig um die Erhaltung der Trinkwasserhygiene sicherzustellen. Bei Nichteinhaltung ist eine negative Beeinflussung des Trinkwassers in Form von Anreicherung mit Krankheitserregern der Fall.

Um dieses zu untersuchen wurden Volumenströme und Temperaturen der Warmwasserbereitung und des Leitungsnetzes gemessen, die untersuchten Teile der Trinkwasser-Installation nach den aktuell anerkannten Regeln der Technik neu dimensioniert und die Ergebnisse dieser Berechnungen mit der bestehenden Anlage verglichen.

Bei diesem Vergleich ist aufgefallen, dass das Wasservolumen der Warmwasserspeicher sowie der Rohrleitungen verringert werden kann. So kann der regelmäßige Wasseraustausch in der Installation, der für den bestimmungsgemäßen Betrieb notwendig ist, gewährleistet werden. Denn die gemessenen Spitzenvolumenströme gleichen den berechneten Volumenströmen. Daraus lässt schließen, dass die erforderliche Nutzung der Sanitärgegenstände gegeben ist. Zum bestimmungsgemäßen Betrieb gehört auch die Wartung und Instandhaltung der gesamten Installation. Es ist jedoch beim Bearbeiten der Arbeit aufgefallen, dass die Wartungsintervalle, insbesondere der Sicherheitseinrichtungen, nicht eingehalten werden.

Yuzhou Zhang B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	31. August 2017
Bachelor-Studiengang: Studienrichtung:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich: In Kooperation mit:	Raumlufttechnik Firma Damiflex



Die Firma Damiflex hat im Mai 2017 Telefonieschalldämpfer mit verschiedenen Materialien, Dimensionen und Formen zur Prüfung vorgelegt. Schalldämmeigenschaften der neuen Telefonieschalldämpfer sind im Rahmen der Bachelorarbeit zu bestimmen und mit den bekannten Eigenschaften aus bestehenden Katalogen zu vergleichen.

In dieser Arbeit wurden insgesamt neunzehn unterschiedliche Telefonieschalldämpfer untersucht. Das Einfügungsdämpfungsmaß ist nach DIN EN ISO 7235 bestimmt worden. Das Messverfahren ist nach den Forderungen der DIN EN ISO 3741 durchgeführt worden um den Schalleistungspegel zu bestimmen.

In der Auswertung kann man zusammenfassen, dass die Schalldämpfer in den Messungen akzeptable Leistungen in den niedrigen Frequenzen zeigen und für ovale Telefonieschalldämpfer und Telefonieschalldämpfer mit einem speziellen Dämpfungsmaterial, die Dämpfungsspitze bei 2000 Hz liegt. Außerdem ist die Dämpfungsfähigkeit eines ovalen Schalldämpfers und die Dämpfungsfähigkeit mit speziellem Dämpfungsmaterial besser, als die des runden Schalldämpfers mit dem Material Hanf. Die Ergebnisse zeigen weiter auf, dass der neue Telefonieschalldämpfer mit dem Dämpfungsmaterial Hanf, weniger gut als der aktuelle Schalldämpfer aus dem Katalog ist.

Für Telefonieschalldämpfer mit dem Material Hanf, sind die Frequenzkurven mit unterschiedlichem Durchmesser sehr ähnlich. Darüber hinaus gilt, je kleiner der Durchmesser ist, desto besser ist die Dämpfungsfähigkeit. Außerdem zeigt sich, dass je kleiner der Durchmesser ist, desto niedriger liegt die Frequenz der Dämpfungsspitze.

Obwohl die Dämpfungsfähigkeit des Schalldämpfers mit dem Material Hanf nicht so gut ist, werden diese Telefonieschalldämpfer in bestimmten Anwendungsfällen eingesetzt. Denn, das Material Hanf hat viele Vorteile.

Hanf ist ein natürlich nachwachsender Rohstoff und weist durch den geringen Primärenergiebedarf bei der Herstellung eine positive CO₂ Bilanz auf. Die größten Vorteile von Hanf sind eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit sowie die Resistenz gegenüber Schädlingen und Schimmeln. Die Dämmeigenschaft von Hanf ist ebenfalls positiv zu beurteilen.

Die Wärmeleitfähigkeit des Hanfs beträgt lediglich 0,04 - 0,045 W/ (m K). In den aktuellen Anforderungen der EnEV muss bei einer Fassadendämmung ein U-Wert von 0,24 W/(m²K) erreicht werden. Um diesen Vorgaben zu entsprechen, müsste die Dämmung mit Hanf daher z. B. lediglich 16 cm betragen.

Für Telefonieschalldämpfer mit dem Material Riesel ist die Dämpfungsfähigkeit viel besser als mit dem Material Hanf. Unterschiedlich zu Schalldämpfern mit dem Material Hanf, gibt es kaum eine Abweichung der Frequenz in der Dämpfungsspitze. Obwohl die Durchmesser nicht ähnlich sind, ist die Frequenz der Dämpfungsspitze immer bei 2000 Hz.

Für ovale Telefonieschalldämpfer mit dem Material Hanf, sind kaum Zusammenhänge aus den Messungen zu ersehen. Vielleicht gibt es wegen der unregelmäßigen Form des ovalen Telefonieschalldämpfers, eine große Schwankung in der Dämpfungsmessung.

Oliver Zickert M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	28. Juni 2017
Master-Studiengang: Vertiefungsrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik



Für die Auslegung sämtlicher Produkte in der technischen Gebäudeausrüstung bedarf es Fachkenntnisse, die entweder aus Produktkatalogen oder aus produktspezifischer Auslegungssoftware gewonnen werden. Der Trend bei der Planung und Aneignung des produktspezifischen Wissens geht in zunehmenden Maße in Richtung der EDV-technischen Anlagen. Viele Hersteller sind deshalb daran interessiert, ihre Produkte in Planungssoftware und insbesondere in BIM-Anwendungen zu integrieren. Dabei sehen sie sich mit der Herausforderung konfrontiert, ihre Produktdaten einem möglichst breiten Spektrum an unterschiedlichen Softwareapplikationen zur Verfügung zu stellen.

Für diese Zielsetzung zeigt die VDI-Richtlinie 3805 eine Methode auf, die eine Integration der herstellereigenen Daten ermöglichen soll. Mit ihrer Hilfe können normierte Datensatzbeschreibungen geschaffen werden, die es gestatten, für jede Produktgruppe EDV-technisch einheitliche Produktbeschreibungen zu erstellen.

Im Rahmen der Arbeit wurde die Grundlage für die Erstellung eines solchen Datensatzes für einen Luftdurchlass vom Typ DAL359 der Firma Emco geschaffen. Zu diesem Zweck wurde das Produkt in einer CAD-fähigen Umgebung entsprechend der Richtlinienvorgaben konstruiert und in die Struktur des Datensatzes eingeordnet. Hinzukommend sind alle für die Auslegung relevanten Berechnungen in einer von der Richtlinie vorgegebenen Programmiersprache in den Datensatz integriert worden.

Die Integration der parametrisierten Geometriedaten des Luftdurchlasses und seiner Auslegungsgleichungen in die vorgegebene Struktur des Datensatzes konnte erfolgreich umgesetzt werden. Die produktspezifischen Daten und Auslegungsparameter des Drallluftdurchlasses vom Typ DAL359 wurden optimiert und dem Hersteller zur Verfügung gestellt.

Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel. +49 2551 - 962097
Fax: +49 2551 - 962706
www.fh-muenster.de/egu

