FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Akademisches Jahrbuch 2018/2019

EGU

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

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem Abschluss des vergangenen Studienjahres, haben wieder zahlreiche Ingenieurinnen und Ingenieure erfolgreich ihr Studium in unserem Fachbereich absolviert. In einer Zeit des Umbruchs und Neuorientierung, in den Bereichen der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik, ist das ein wichtiger Beitrag für unsere Gesellschaft, um den Wandel mit ingenieurtechnischer Weit- und Umsicht umsetzen zu können.

Diese Jahrbuch zeigt sowohl die Vielfalt der bearbeiteten aktuellen Themen als auch die Breite in den Ingenieurwissenschaften, die von unseren Absolventen beherrscht werden muss. Die Kolleginnen und Kollegen des Fachbereichs Energie · Gebäude · Umwelt vermitteln neben dem neuesten Wissen aus den jeweiligen Fachdisziplinen, grundständiges Ingenieurfachwissen und interdisziplinäre Kompetenzen. Das Studium an unserem Fachbereich befähigt die Absolventinnen und Absolventen nicht nur zur Anwendung ihres erworbenen Wissens, sondern auch zur kontinuierlichen Weiterbildung.
Denn das wissenschaftlich-technische Wissen verdoppelt sich in weniger als zehn Jahren. Wer sich nicht weiterbildet, ist somit nach wenigen Jahren abgehängt und nicht in der Lage sich den dann aktuellen gesellschaftlichen und technischen Anforderungen zu stellen.

Neben der Übersicht erinnert dieses Jahrbuch an eine wichtige Zeit der ingenieurtechnischen Aus- und Weiterbildung und die vielen Kommilitoninnen und Kommilitonen, die erfolgreich mit Ihnen einen akademischen Abschluss erlangt haben.

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 für ihre berufliche und private Zukunft aussprechen möchte.

Steinfurt, im April 2019

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Dekan

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1 **Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit in Bezug auf den Transport von Wasserstoff anhand der BTG 13**
Florian Adämmer M.Eng. *15*

2 **Überprüfung von Entrauchungskonzepten nach DIN 18232 mittels CFAST**
Kim-Tobias Aßmann B.Eng. *17*

3 **Entwicklung eines realen Modells eines Ortsnetztransformators**
Lukas Bakenecker B.Eng. *18*

4 **Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen und autarken Flüssiggas-Brennwertgeräten für Neubauten im Wärme-Contracting der Stadtwerke Münster**
Maik Bartsch B.Eng. *20*

5 **Die Handwerksorganisation im Zeitalter der Digitalisierung - Analyse und Befragung von Ist-Zustand und zukünftigen Entwicklungen des Bauhandwerkes im Verhältnis zur Darstellung ausgewählter Handlungsempfehlungen**
Maximilian Beckert M.Eng. *21*

6 **Automatisierung eines thermischen Versuchsstandes**
Christian Biekmann B.Eng. *23*

7 **Versuche zur Optimierung des Freigabeverfahrens gemäß §29 der Strahlenschutzverordnung durch die Vorbehandlung von Reststoffen**
Cedric Bietmann B.Eng. *25*

8 **Unterschiedliche Varianten der Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern und ihre Auswirkung auf die Trinkwasser-erwärmung**
Michael Brinkhaus B.Eng. *26*

9 **Entwicklung eines Optimierungskonzeptes für das Trinkwasser-Zirkulationsnetz eines Krankenhauses**
Moritz Büning M.Eng. *28*

10 **Technische und wirtschaftliche Betrachtung eines Blockheizkraftwerkes für den Neubau eines Studentenwohnheims an der Schmittingheide in Münster**
Hanna Companie B.Eng. *30*

11 **Nutzungskonzepte für Photovoltaikanlagen in Verbindung mit Elektromobilität am Beispiel der Wessling Gruppe**
Dominik Czwink B.Eng. *32*

12 **Untersuchungen zum hydraulischen Einfluss des Leitungssystems auf Geruchsverschlüsse mit reduzierter Sperrwasserhöhe**
Ruben Dachsel B.Eng. *34*

13 **Validierung einer Probenahmemethode zur Bestimmung von Mikroplastik in Wasser**
Sebastian Dahlhoff B.Eng. 35

14 **Reduktion der Strombezugskosten durch Atypische Netznutzung**
Matthias Dammeyer B.Eng. 37

15 **Konzepte für eine wassersensitive Stadtentwicklung**
Philipp Dentzer B.Eng. 38

16 **Systeme und Strategien zur Instandhaltung von Wasserversorgungsnetzen - eine Analyse am Beispiel des Wasserversorgungsnetzes der münsterNETZ GmbH**
Kristian Dzienus M.Eng. 40

17 **Offshore wind farm jacket defects rectification**
Philip Egan B.Eng. 42

18 **Wertbeitrag eines Asset Management-Systems gemäß DIN ISO 55001 für das Wasserkraftportfolio der innogy SE**
Kevin Erdelkamp M.Eng. 44

19 **Biochar-pellets as substitute for fossil coal in metallurgical processes**
Uwe Eßmann M.Eng. 45

20 **Leistungsprozessanalyse einer realen Blockanlage mit Anbindung an den Strommarkt und anschließende Bestimmung der möglichen Beanspruchbarkeit mit Fokus auf den Volllastbereich**
Jan Marko Frankemöll B.Eng. 47

21 **Erweiterung der Analysemöglichkeiten eines akustischen Leckageüberwachung-Systems in Braunkohle gefeuerten Dampfkesselanlagen als Bewertungsgrundlage für den technisch und wirtschaftlich optimalen Abfahrzeitpunkt**
Benedikt Freermann B.Eng. 49

22 **Development of Pico Hydropower Plants in Colombia**
Robert Fritz B.Eng. 51

23 **Entwicklung von Optimierungskonzepten für die Wärme- und Kälteerzeugung am Beispiel eines Industrieunternehmens**
Christoph Fründ B.Eng. 53

24 **Design of a photovoltaic system for a school in Morris, Minnesota**
Britta Füngers B.Eng. 55

25 **Variantenuntersuchung zur Kälteerzeugung der Kläranlage „Bielefeld Heepen“ unter ökologischen und ökonomischen Aspekten**
Henning Gast M.Eng. 57

26 **Konzeptanalyse zur Umlegung eines Umspannwerks 110/10 kV in Monheim am Rhein**
Philipp Gau M.Eng. 58

27 **Erstellung eines Energiekonzeptes für ein Auflieger- Produktionswerk. Überprüfung der Wirtschaftlichkeit für die Heizung,- Kälte,- und Stromversorgung unter Berücksichtigung der werksspezifischen Anforderungen** *60*
Tobias Gilles B.Eng.

28 **Varianten zur weitergehenden Reinigung des Kläranlagenabflusses und der Mischwasserabschläge in einem Retentionsbodenfilter in Raesfeld** *62*
Lukas Gövert B.Eng.

29 **Validierung unterschiedlicher Testbeispiele aus der VDI 6020 mittels EnergyPlus**
Markus Graf M.Eng. *64*

30 **Erweiterung und Optimierung eines landwirtschaftlichen Betriebes mit Biogasanlage, Gärrestbehandlung und weitgehender Kreislaufführung**
Torben Grell M. Eng. *66*

31 **Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von Brennstoffzellensystemen für Einfamilienhäuser**
Matthias Grotholt B.Eng. *68*

32 **Identifizierung von Optimierungspotentialen für die PARTSLIFE GmbH zum Auf- und Ausbau von Energiedienstleistungen unter Berücksichtigung eines Unternehmenskaufs**
Frederik Haas M.Eng. *70*

33 **Maßnahmen zur Strukturgüteverbesserung und zum Hochwasserschutz im Bereich der Aa in Herford**
Katharina Hahn B.Eng. *72*

34 **Auswahl, Auslegung und Kombination von Speichertechnologien im sektorgekoppelten Betrieb**
Christian Heinrich M.Eng. *73*

35 **Voraussetzungen für ein erfolgreiches Repowering des Bestands-Windparks Reinstedt-Ermsleben**
Matthias Heinrichsmeier B.Eng. *75*

36 **Entwicklung der SAERTEX multiApp zur Optimierung von Kommunikationsprozessen im Unternehmen**
Ivo Hemsing M.Eng. *77*

37 **Optimierter Entwurf und Inbetriebnahme von LC-Filtern bei Oberschwingungsströmen**
Lina Henao Díaz M.Eng. *79*

38 **Verwendung von Kraft-Wärme-Kopplung am Beispiel der Integration einer Mikrogasturbine in Trocknungsprozesse**
Michael Hüger M.Eng. *80*

39 **Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung von Filterqualitäten für zentrale raumlufttechnische Anlagen als Funktion der Außenluftzustände und deren Einfluss auf die Betriebskosten**
David Hülsmann M.Eng. *82*

40 **Wirtschaftlicher Vergleich verschiedener Klimatisierungskonzepte für das neue Konzernhaus der STRABAG AG in Köln Poll**
Kilian Rapahel Jürgens M.Eng. *84*

41 **Produktionsplanung und -steuerung in einem mittelständischen Unternehmen: Analyse und IT-basierte Optimierung**
Luis Alexander Kaufhold B.Eng. *86*

42 **Erstellung eines Systems vorbestimmter Zeiten zur Kalkulation des Fertigungsaufwandes in der Einzelfertigung der Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG**
Sophie Kelker B.Eng. *88*

43 **Konzeption und messtechnische Untersuchung eines Schalldämpfers im RRA-System**
Benedikt Kemler B.Eng. *90*

44 **Technische Systembetrachtung von Wohnungsübergabestationen - Bewertung der Funktionen in Hinblick auf Komfort, Sicherheit und Energieeffizienz**
Dennis Kempkes B.Eng. *92*

45 **Dynamische Deckungsbeitragsrechnung eines Holzheizkraftwerkes**
Tim Kintrup M.Eng. *94*

46 **Untersuchung zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung der Wärmeversorgung einer Kläranlage mit BHKW**
Maik Kleinteich B.Eng. *96*

47 **Entwicklung eines Schlitzauslasses für den Einbau in Fußböden**
Jens Knöpker B.Eng. *98*

48 **Entwicklungsstand der Hochtemperatur-Elektrolyse und Bewertung möglicher Einsatzszenarien im Rahmen von Power-to-Gas auf Verteilnetzebene unter Berücksichtigung vorhandener Wärme- und CO_2-Quellen sowie einer optionalen Methanisierung**
Oliver Knollmann M. Eng. *100*

49 **Vergleich zwischen Ausbreitungsberechnung und dynamischer Fahnenbegehung bei niedrigen Geruchsstoffkonzentrationen anhand einer Pilotanlage**
Marius Koers B.Eng. *102*

50 **Optimierungsstrategien für die Kombination industrieller Versorgungsanlagen**
Xeniya Kosheleva M.Eng. *104*

51 **Erstellung eines Inspektionsprotokolls für die zweistufig biologische Abluftreinigungsanlage eines Schweinezuchtbetriebes**
Kevin Kramer B.Eng. *105*

52 **Risikobasierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Verbundstromnetzes - Dargestellt am Beispiel eines Offshore-Projekts in der Ostsee**
Tobias Künne B.Eng. *107*

53 **Wirtschaftliche Betrachtung eines Blockheizkraftwerks am Beispiel Richard-von-Weizsäcker Berufskolleg**
Wilhelm Lödige B.Eng. 110

54 **Potential der Blockchain-Technologie für die Energiewirtschaft am Beispiel der Gemeinde Saerbeck**
Christopher Lösing B.Eng. 111

55 **Entwicklung eines überörtlichen Konzeptes für die dezentrale Klärschlammverwertung**
Mario Lüchtenborg B.Eng. 114

56 **Konzept und Entwicklung eines Schwerkraftkühlsystems zur Verwendung im industriellen Umfeld**
Alexander Lühn M.Eng. 116

57 **Detaillierte Ausarbeitung von Ablaufprozessen zur Erstellung von Konformitätserklärungen für unterschiedliche Produktgruppen**
Nadine Mallau M.Eng. 117

58 **Machbarkeitsstudie über den Einsatz von Photovoltaik- und Kleinwindkraftanlagen auf dem Hochhausgebäude des DIN e.V. in Berlin**
Arnold May B.Eng. 119

59 **Untersuchung von Filtersubstraten zum Rückhalt von Schwermetallen und Pestiziden in technischen Regenwasserfilteranlagen**
Manuel Messing B.Eng. 121

60 **Umsetzung des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende im Messzugangsmanagement - Strategische und operative Ausrichtung im Rahmen der Einführung intelligenter Messsysteme bei der Netzgesellschaft Düsseldorf mbH**
Johanna Meyer M.Eng. 123

61 **ZUGFeRD im Energiemarkt - Prozessoptimierung beim Energierechnungsprozess**
Leon Meyer M.Eng. 125

62 **Entwicklung eines excelbasierten Simulationstools zur Analyse verschiedener Anlagenkombinationen zur Strom und Wärmeversorgung basierend auf Referenzlastprofilen der VDI 4655 für EFH und MFH**
Richard Mörchen M.Eng. 127

63 **Feasibility Study Crane-Less Cranes**
Janis Mollemeier M.Eng. 128

64 **Calculation of profitability for an energy recovery system of a hazardous waste incineration**
Lars Mutzberg B.Eng. 129

65 **Entwicklung eines Migrationskonzeptes als Standard bei Retrofitmaßnahmen an Raumlufttechnischen Anlagen**
Andreas Neudorf M.Eng. 131

66 **Entwicklung eines Modells zur Vorhersage der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien**
Simon Nießen M.Eng. *133*

67 **Titel der Arbeit: Energieeinsparverordnung 2016 am Beispiel eines Mehrfamilienhauses mit 5 Wohneinheiten**
Lukas Nießing B.Eng. *135*

68 **Entwicklung eines Simulationstools für die technologieoffene Konzepterstellung von gebäudetechnischen Anlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung in büroähnlichen Gewerbebetrieben**
Katharina Oelerich M.Eng. *137*

69 **Notwendigkeit und technische Möglichkeiten zur Vorbehandlung der Zuflüsse in den geplanten Tieftunnel-Speicher der Stadt Shanghai**
Saskia Pape M.Eng. *138*

70 **Tierwohl vs. Immissionsschutz: Zukünftige Herausforderungen für die Schweinehaltung**
Claire Peitzmeier M.Eng. *140*

71 **Entwicklung eines Vertriebskonzepts für das wibutler-System**
Hendrik Plagemann M.Eng. *142*

72 **Erstellung eines Konzeptes zur Durchführung eines studentischen Praktikums zur Umweltakustik im Modul Immissionsschutz**
Sebastian Plätzmüller M.Eng. *144*

73 **Messtechnische Untersuchung und Optimierung eines Kaltwassersystems in einer Kükenbrüterei**
Johannes Quindt B.Eng. *146*

74 **Erstellung eines Instandhaltungskonzeptes für die Versorgungsnetze der Stadtwerke Ahaus GmbH**
Stefan Röschenkemper B.Eng. *147*

75 **Erarbeitung eines tabellengestützten Auslegungsverfahrens für Kaltwasserzirkulationen zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserhygiene**
Christian Röser M.Eng. *149*

76 **Vergleich und Wirtschaftlichkeitsberechnungen verschiedener Wärmepumpensysteme für ein Bürogebäude**
Lukas Rohlf B.Eng. *151*

77 **Trinkwassererwärmung mittels Wärmepumpen? Effizienz und Hygiene am Beispiel eines Mehrfamilienhauses**
Florian Rokitta B.Eng. *153*

78 **Möglichkeiten des Aufbaus und privaten Betriebs eines Wertstoffhofs in Brasilien und Vergleich mit der Situation in Deutschland**
Jonas Rudolph M.Eng. *155*

79 **Konzeptionierung einer elektrischen Nachheizung mit anschließender Untersuchung der Implementierung in eine Wärmeübergabestation im Niedertemperatursystem mit Wärmepumpe**
Alexander Sarg M.Eng. 157

80 **Ausbaupfad für die vollständig regenerative Energieversorgung eines Bestandsquartiers**
Katharina Schäfers M.Eng. 159

81 **Experimenteller Vergleich der Abschirmwirkung verschiedener Türluftschleier unter Windlast**
Jan Schäffer B.Eng. 161

82 **Optimierung des TGA-Systems eines Hotels, mittels thermisch-energetischer Gebäude- und Anlagensimulation**
Tim Schafmeister M.Eng. 163

83 **Strömungsoptimierung einer Räucheranlage**
Benjamin Schierenbeck M.Eng. 164

84 **Planung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes für dynamische Druckhaltestationen**
Christian Schlüter B.Eng. 166

85 **Abwärmenutzung eines Rechenzentrums für ein Bürogebäude**
Raphael Schmidt B.Eng. 168

86 **Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung von sorptiven Feuchterückgewinnungssystemen in Regeneratoren**
Martin Schramm M.Eng. 170

87 **Analyse der Effizienz von Elektro-Wärmepumpen auf Basis von Feldmessdaten**
Sergej Schreiber B.Eng. 172

88 **Auswirkungen auf die Norm-Heizlast durch die Änderung der DIN EN 12831-1**
Andrej Schreiner M.Eng 174

89 **Entwicklung prädiktiver Regelstrategien für Bürogebäude im Systembau**
Marvin Schürmann M.Eng. 176

90 **Concept and Needs for Validation of Bugfixes and Enhancements in Wind Turbine Control Software**
Joshua Seeger B.Eng. 178

91 **Entwicklung und Aufbau eines Prüfstands zur messtechnischen Funktionsprüfung von thermischen Zirkulationsventilen auf Basis der Technischen Prüfgrundlage des DVGW W 554 (P) | März 2011**
Michael Sicking M.Eng. 179

92 **Chancen und Risiken von Energiemodellen auf Basis der multivariaten Regressionsanalyse für einen Industriebetrieb**
Thomas Siebert M.Eng. 181

93 **Untersuchung zur Flexibilisierung von Biogasanlagen versus alternative Energiespeicher**
Piriyanha Sivabalasingam B.Eng. *182*

94 **Konzeptentwicklung und wirtschaftliche Betrachtung der Nutzung des Wasserreservoirs aus Regenwasserrückhaltebecken für die adiabate Raumluftkühlung**
Tom Spring M.Eng. *184*

95 **Analyse der Veränderungen in der Customer-Journey durch die Verwendung vorgefertigter System-Komponenten in der Heizungstechnik**
Lukas Stegemann M.Eng. *186*

96 **Einführung elektrischer Antriebe im Fuhrpark der energielenker GmbH**
Patrick Streiter B.Eng. *188*

97 **Vergleich der Technologien Power-to-Gas, Power-to-Heat und Batteriespeicher als Flexibilitätsoptionen im Stromnetz aus Sicht eines Verteilnetzbetreibers**
Lucie Tebroke B.Eng. *189*

98 **Eine technische und wirtschaftliche Untersuchung drei verschiedener Wärmepumpen bei den Stadtwerken Fife, Schottland**
Gordon Teoh B.Eng. *191*

99 **Einfluss einer inneren Wärmequelle zwischen Hauswand und Dämmschicht, bezogen auf den Energieverlust**
Christopher Tewes B.Eng. *193*

100 **Phosphorrückgewinnung aus kommunalem Klärschlamm durch Optimierung der Struvitkristallbildung**
Martin Thielen B.Eng. *195*

101 **Untersuchung der normativen und hygienischen Anforderungen für die Netztrennung von Trinkwasser-, Prozesswasser- und Feuerlöschwassernetzen am Beispiel von Industrieunternehmen**
Jan Niklas Thiem B.Eng. *197*

102 **Entwicklung eines Konzeptes zur Wärmeableitung aus dem Verpackungs- und Abfüllbereich einer Brauerei**
Gabriel Tietz M.Eng. *199*

103 **Implementierung eines internationalen Kompetenznetzwerkes zur Förderung des Informations- und Wissenstransfers im erweiterten Rahmen des Innovationsprozesses am Beispiel der TECE GmbH**
Andreas Tippel M.Eng. *201*

104 **Optimierung der Betriebsweise der dezentralen BHKW- und Kesselanlagen der Stadtwerke Münster**
Yannick Ulen B.Eng. *203*

105 **Vergleich verschiedener Klimasysteme für ein Hotel**
Jasmin Veismann B.Eng. *205*

106 **Analysen zur Anwendung der VDI 3805 im Produktinformationssystem der GFR mbH**
Dominik Vogt B.Eng. *207*

107 **Optimierung einer Feinseparation für die Aufbereitung von Güllen und Gärresten**
Lukas Wettwer M.Eng.
209

108 **Development of a method to predict the achievable dry matter content by using a screw press**
Damian Wevelsiep B.Eng.
211

109 **Anforderungen an Pumpen in verschiedenen hydraulischen Kreisen einer Heizungsanlage am Beispiel des Application Data Sheet von WILO**
Wiebke Maren Wibbeling B.Eng. *213*

110 **Technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung des Einsatzes von KWK-Systemen zur Optimierung der Energieeffizienz im Freizeitbad Nass in Arnsberg**
Stefan Wiemschulte M.Eng. *214*

111 **Konzepte zur effizienten Energieeinsparung und nachhaltigen Energiebereitstellung von denkmalgeschützten Gebäuden**
Patrick Wierling M.Eng. *216*

112 **Energetische Optimierung des Familienbades Niederheid unter wirtschaftlichen Aspekten**
Jan Winning B.Eng. *218*

113 **Erzeugung von tierischem Protein aus Reststoffen der Biogasproduktion**
Tim Wissel B.Eng. *220*

114 **Optimierung einer Biogasanlage durch Desintegration und Kombination mit einer Holzvergasung**
Yannick Wittor B.Eng. *222*

115 **Wirtschaftlichkeit thermischer Verfahren zur Trocknung von Gülle - Fallbeispiel für einen Evaporations-Trockner am Standort Saerbeck**
Hendrik Wulfert B.Eng. *224*

116 **Spezifische CO_2-Emissionen in der Kalidüngemittelproduktion**
Meiko Wydor M.Eng. *226*

117 **Beschreibung des Berechnungsverfahrens von Zirkulationssystemen nach der nationalen Berechnung (DIN 1988-300) am Beispiel eines Wohngebäudes im Vergleich zur chinesischen Auslegungsmethode (GB 50015)**
Yibing Zhou B.Eng. *227*

1

Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit in Bezug auf den Transport von Wasserstoff anhand der BTG 13

Florian Adämmer M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	19. Dezember 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik

Die Substitution fossiler Energiequellen durch eine nachhaltige, ökologische Energieversorgung wird durch die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung vorgegeben. Die Reduzierung der Treibhausgase um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 und die Steigerung des regenerativen Stromanteils auf 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs geben nur einige der Ziele wieder, deren Umsetzung bis 2050 vorgesehen ist. Die Integration und der kontinuierliche Ausbau regenerativer Erzeuger in unterschiedliche Nutzungsebenen sind zur Umsetzung dieser Ziele essentiell.

Um in Zeiten hoher regenerativer Einspeisung eine neutrale Leistungsbilanz unter Einhaltung der klimapolitischen Ziele gewährleisten zu können, muss ein über mehrere Energieinfrastrukturen integriertes, ganzheitliches System aufgebaut werden. Diese Vernetzung einzelner Sektoren der Energiewirtschaft, wird unter dem Begriff der Sektorkopplung zusammengefasst.

Neben den verschiedenen Power-to-X-Technologien sowie weiteren energietechnischen Ansätzen zur Lösungserarbeitung der formulierten Herausforderung, lag der Betrachtungsschwerpunkt dieser Arbeit auf dem Szenario Power to Wasserstoff. Während sich eine Vielzahl von Literatur mit der Elektrolyse zur Wasserstoffproduktion befasst, konzentrierte sich diese Arbeit auf den leitungsgebundenen Wasserstofftransport. Hierbei sollte die Möglichkeit untersucht werden, ob ein Transport von reinem Wasserstoff in bestehenden Erdgashochdruckleitungen technisch und wirtschaftlich realisierbar ist.
Hierzu wurden in dieser Arbeit die technischen und wirtschaftlichen Potenziale der Umwidmung einer ausgewählten Erdgashochdruckleitung für den Wasserstofftransport analysiert.

In der technischen Analyse wurden die maximalen H2-Permeationsraten der Rohrleitung berechnet. Die Analyse der Materialbeständigkeit erfolgte für den Rohrleitungswerkstoff sowie für die Schweißnähte durch bruchmechanische Berechnungen. Hierzu wurden maximale Defekttiefen im Werkstoff in Abhängigkeit des Betriebsdrucks unter Wasserstoffatmosphäre berechnet. Die Berechnung erfolgte für statische und dynamische Belastungen. Die Ergebnisse der Permeations- und bruchmechanischen Berechnungen zeigten unter statischem Betriebsverhalten keine Beeinträchtigung der Rohrleitung durch Druckwasserstoff in

einem Druckbereich von 1 bis 50 bar. Unter dynamischen Betriebsverhalten sind Anomalien im Werkstoff sowie zulässige Druckschwankungen genauer zu prüfen. Für diese Werkstoffprüfungen wurden in dieser Arbeit Abläufe zur Qualifizierung der eingesetzten Rohrleitungswerkstoffe festgelegt.

Die wirtschaftlichen Potenziale der Umwidmung ergaben sich aus der Berechnung und Bewertung regulatorischer Kapitalkosten und Entgelte der betrachteten Investition. Grundlage hierfür bildete die Bestimmung der kalkulatorischen Kosten. Grundsätzlich ließ sich zeigen, dass sich unter Anwendung des aktuell gültigen regulatorischen Rechtsrahmens die Umwidmung der Rohrleitung durch positive Renditen auszeichnet.

Insgesamt wurde in dieser Arbeit die Eignung der Erdgastransportleitung für den Transport von Wasserstoff auf technischer und ökonomischer Basis festgestellt. Dennoch sind weitere Materialprüfungen erforderlich, um die tatsächliche Wasserstoffbeständigkeit der eingesetzten Rohrleitungswerkstoffe gewährleisten zu können.

2

Überprüfung von Entrauchungskonzepten nach DIN 18232 mittels CFAST

Kim-Tobias Aßmann B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	21. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Es wurde überprüft, inwieweit das Simulationsprogramm CFAST mit der DIN 18232 kompatibel ist. Hierzu wurde der Fokus auf die DIN 18232 Teil 2 gelegt, welche die natürlichen Rauch-/Wärme Abzüge behandelt. Hierzu wurden zunächst die physikalischen Modelle von Norm und Programm verglichen und in Bezug zueinander gebracht. Anschließend wurden die Norm und das Programm näher erläutert.
Zur Veranschaulichung eines Brandes und der Arbeit von CFAST wurde dann ein Fallbeispiel noch ohne Brandschutzmaßnahmen simuliert, welches verdeutlicht, wie wichtig der vorbeugende, bauliche Brandschutz ist.

Den Kern der Arbeit stellt neben der Programmbeschreibung von CFAST das zweite Fallbeispiel dar, in dem eine Halle mit natürlicher Rauch-/Wärme Abzugsanlage nach DIN 18232 Teil 2 simuliert wurde. Hier wurden 3 verschiedene Höhen für raucharme Schichten in eigenen Varianten ausgelegt und berechnet. In den Ergebnissen zeichnet sich eine höhere Deckungsgleichheit bei höheren raucharmen Schichten als bei niedrigen ab. Insgesamt gibt CFAST niedrigere Schichthöhen aus, als die Norm vorgibt. Dies war prinzipiell auch nach der Betrachtung der Modelle zu erwarten, da in durchgeführten Beispielrechnungen die Massenströme nach CFAST höher lagen als nach Norm.

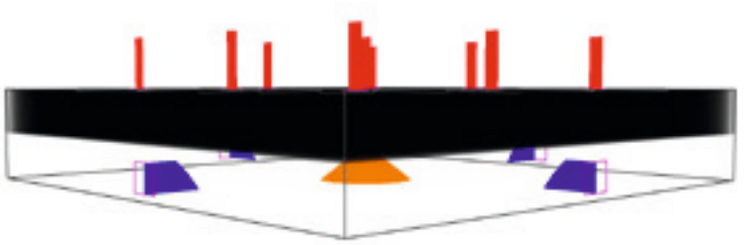


Abb 1: Zeigt die Halle nach 15 Minuten Branddauer. Es wird hier die Verrauchung sowie die Strömungsverhältnisse an den Zu- und Abluftöffnungen für Variante B mit 4m raucharmer Schicht gezeigt.

3 Entwicklung eines realen Modells eines Ortsnetztransformators

Lukas Bakenecker B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Florian Segger M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	28. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

Transformatoren können die Spannungen von Wechsel- und Drehstromnetzen erhöhen oder reduzieren. Regelbare Ortsnetztransformatoren dienen dazu, die Spannungen aus dem Mittelspannungsnetz (10 kV, 20 kV, selten auch 30 kV) für das Niederspannungsnetz (400 V) herunterzutransformieren. Diese Netze sind dreiphasige Drehstromnetze, weshalb auch dreiphasige Transformatoren benötigt werden.

Die im Niederspannungsnetz benötigte elektrische Energie kann stark schwanken. Dies geschieht, da Haushalte z. B. nachts kaum elektrische Energie benötigen, tagsüber aber recht viel für verschiedene Haushaltsgeräte. Ebenso schwankt auch die eingespeiste Energie im Mittelspannungsnetz z. B. durch Photovoltaikanlagen, welche durch Schattenwürfe ein stark schwankendes Einspeiseverhalten haben. Daher müssen die Transformatoren regelbar sein, um diese Spannungsschwankungen ausgleichen zu können.

Transformatoren bestehen aus zwei galvanisch getrennten Spulen, die um einen gemeinsamen Eisenkern gewickelt sind. Die Anzahl der Wicklungen auf der Sekundärseite kann variiert werden, indem durch einen Schalter verschiedene Wicklungen angezapft werden. Das Verhältnis der Wicklungszahlen von Primär und Sekundärspule spiegelt das Verhältnis von Primär- und Sekundärspannung wieder. Da im Zuge der Energiewende in Deutschland die Anzahl elektrischer Energieerzeuger wächst, welche ein schwankendes Einspeiseverhalten haben, werden in Zukunft auch die Netzspannungen voraussichtlich stärker schwanken. Um diese Schwankungen auszugleichen, wird in Zukunft den regelbaren Transformatoren eine noch höhere Bedeutung zukommen und damit auch ein weiterer Ausbau einhergehen.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein für den Laborbetrieb geeignetes funktionstüchtiges Modell eines Ortsnetztransformators zu entwickeln. Das wichtigste Kriterium des neuen Modells ist eine Möglichkeit, dieses unter Last zu schalten, also die Sekundärspannung zu verändern. Die maximale Sekundärspannung soll bei 230 V pro Strang liegen. Das Modell soll über drei Eingänge nahezu stufenlos regelbar mit einem 0...10 V Signal sein, um die Anforderung des Labors zu erfüllen, mithilfe einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) ein Smart Grid aufzubauen. Sowohl der Betrieb per Hand direkt am Transformator soll möglich sein als

auch der Betrieb über eine computergestützte Regelung. Im Handbetrieb soll mit Drehpotentiometern die Sekundärspannung eingestellt werden. Jeder der drei Transformatoren soll einzeln regelbar sein. Ein Schalter, mit dem man zwischen symmetrischem und asymmetrischem Betrieb im manuellen Modus wechseln kann, soll implementiert werden. Auch eine höhere Stromstärke als beim bisherigen Labormodell soll über die Transformatoren fließen können, damit größere Leistungen übertragen werden können.

Für das Projekt werden Ringstelltransformatoren verwendet. Auf diesen kann ein Abgriff hin- und hergedreht werden. So wird die Wicklungszahl der sekundärseitigen Spule verändert. Drei einphasige Transformatoren wurden gekauft, um daraus einen dreiphasigen Transformator zu konstruieren. Die drei Ringstelltransformatoren sollen mithilfe dreier Schrittmotoren in die richtige Position gedreht werden. Diese werden über einen Arduino-Mikrocontroller angesteuert.

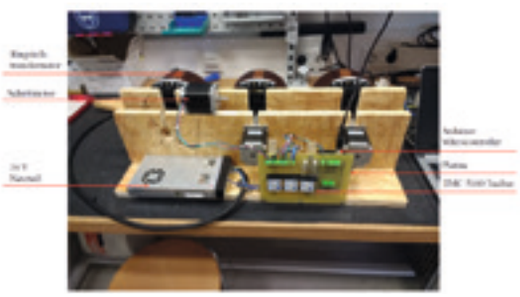
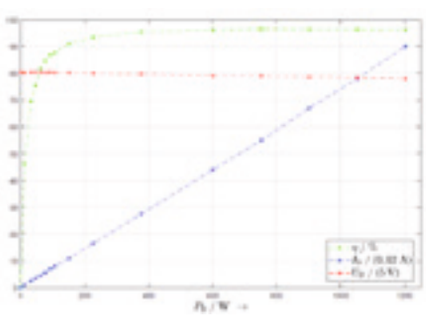
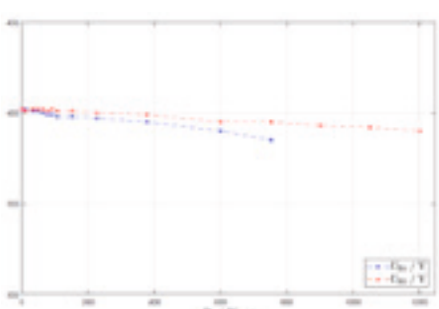


Abb 1: Modell des Ortsnetzfransformators

Das neue Transformatormodell kann gegenüber dem alten eine deutlich höhere elektrische Stromstärke übertragen (3,15 A statt 1,2 A pro Strang), die sekundärseitige Spannung kann zwischen 0...260 V eingestellt werden. Eine Messung mit ohmschen Lasten ergibt einen höheren Wirkungsgrad (ca. 96 % statt 90%).



Der Spannungsfall bei Belastung ist wesentlich geringer. U_{B1} zeigt den Spannungsfall des alten Modells U_{B2} zeigt den Spannungsfall des neuen Modells:



4

Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen und autarken Flüssiggas-Brennwertgeräten für Neubauten im Wärme-Contracting der Stadtwerke Münster

Maik Bartsch B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Marco Fluchtmann
Datum des Kolloquiums:	28. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Münster

Im Jahre 2010 setzte sich die Bundesregierung auf nationaler Ebene das Ziel, die Treibhausgase bis zum Jahre 2050 um 80 bis 95 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Das Bundeskabinett reagierte auf diese Zielsetzung mit dem Klimaschutzplan 2050, der Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen beinhaltet. Diese wurden speziell für die relevantesten Handlungsfelder wie z.B. Industrie, Gebäude und Verkehr konzipiert. Mit Hilfe von energetisch anspruchsvolleren Neubauten, langfristigen Sanierungsstrategien für Bestandsgebäude und der Abkehr von fossilen Energien soll bis zum Jahre 2050 im Handlungsfeld Gebäude die Vision eines klimaneutralen Gebäudebestandes erreicht werden.

Das Geschäftsfeld Wärme-Contracting der Stadtwerke Münster ist von den Veränderungen besonders stark betroffen, da ein signifikant hoher Anteil der Wärmeerzeuger konventionelle Energieträger nutzt. Deshalb ist es von höchster Relevanz zu prüfen, ob ein Umstieg auch ökonomisch vertretbar wäre.

Diese Arbeit beschäftigt sich daher mit dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von erneuerbaren und konventionellen Wärmeerzeugern für Neubauten im Wärme-Contracting der Stadtwerke Münster. Dabei werden stellvertretend Wärmepumpen und Brennwertgeräte in Regionen miteinander verglichen, in denen es keinen direkten Zugang zum öffentlichen Erdgasnetz gibt.

Exemplarisch wurde der wirtschaftliche Vergleich anhand eines fiktiven KfW 55 Haus durchgeführt, an dem die jeweiligen Kosten und Erlöse aufgestellt wurden. Mit Hilfe verschiedener Investitionsberechnungsverfahren konnte die Wirtschaftlichkeit der Contracting-Anlagen ermittelt werden, wobei die Anlage mit Wärmepumpe bei allen Berechnungen deutlich besser abschnitt.
Ursache dafür waren die höheren Anschaffungs- und Betriebskosten der Contracting-Anlage mit Brennwertgerät. Hauptkostentreiber auf Seiten der Investitionskosten war die teure Solarthermieanlage, die auf Grund des EEWärmeG eingebaut werden musste. Bei den jährlich anfallenden Betriebskosten war die Autarkie des Systems entscheidend, da infolgedessen ein kostenintensiver Flüssiggastank gemietet werden musste.

5

Die Handwerksorganisation im Zeitalter der Digitalisierung - Analyse und Befragung von Ist-Zustand und zukünftigen Entwicklungen des Bauhandwerkes im Verhältnis zur Darstellung ausgewählter Handlungsempfehlungen

Maximilian Beckert M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. phil. Frank Striewe
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Andreas Grübel
Datum des Kolloquiums:	17. Mai 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik

Wie dem Titel der Masterthesis zu entnehmen ist beschäftigt sich diese Arbeit mit der Handwerksorganisation im Bauwesen im Zeitalter der Digitalisierung. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft weitreichende Veränderungen mit großer Wahrscheinlichkeit auch im Bauhandwerk bevorstehen werden. Nach der Erarbeitung der für das Verständnis notwendigen Grundlagen der Thematik wurde mit der Masterarbeit der Beantwortung folgender Forschungsfragen nachgegangen:

- Wie ist der derzeitige Zustand von Handwerksbetrieben im Bauhandwerk einzuschätzen?
- Wie könnten zukünftige Entwicklungen in Bezug auf Bauhandwerksbetriebe beschaffen sein?
- Wie schätzen Führungskräfte von Bauhandwerksbetrieben und weitere Akteure des Bauwesens den derzeitigen Zustand und zukünftige Entwicklungen im Bauhandwerk ein?

Die Beantwortung dieser Fragen erfolgte innerhalb der für die Analyse festgelegten Untersuchungsbereiche Markt und Konjunktur, Mitarbeiter und Ausbildung, Netzwerk Bauwesen, Handwerksorganisation, Marketing und Vertrieb sowie Digitalisierung und Disruption. Hierzu wurden zunächst Veröffentlichungen zum Bauhandwerk in Form von Statistiken, Studien, Berichten, Fachartikeln und Büchern analysiert. Ziel war es mit der Beantwortung der Forschungsfragen einen Überblick zum derzeitigen Zustand und der zukünftigen Entwicklungen im Bauhandwerk zu erarbeiten.

Im weiteren Verlauf wurden die Analyseergebnisse über eine innerhalb der Masterarbeit qualitativ durchgeführte Befragung ergänzt und validiert. Zudem wurden stichprobenartig subjektive Meinungen von Befragten des Bauhandwerkes und weiterer Akteure des Bauwesens erfasst. Durch den Ansatz der Methodenkombination einer Daten- und Inhaltsanalyse im Verhältnis einer Befragung wurden Ist-Zustand und bevorstehende Entwicklungen im Bauhandwerk für den Leser umfassend herausgestellt.

Zum Abschluss der Masterarbeit wurde der Frage nachgegangen, welche Handlungsempfehlungen sich im Zeitalter der Digitalisierung in Bezug auf zukünftige Entwicklungen für Bauhandwerksbetriebe ableiten lassen. Hierdurch wurden konkrete Handlungsempfehlungen zur Ausrichtung von Bauhandwerksbetrieben in der heutigen Zeit in Hinblick auf zukünftige Entwicklungen aufgezeigt.

So wurde zum Beispiel deutlich, dass viele Bauhandwerksbetriebe ihre Attraktivität als Arbeitgeber und Ausbildungsbetrieb in Zukunft verbessern, verstärkt Netzwerke und Kooperationen innerhalb des Bauwesens aufbauen, Prozesse optimieren und digitalisieren, sowie sich in Bezug auf Marketing und Vertrieb weiterentwickeln sollten. Außerdem sollten Bauhandwerksbetriebe ihr Leistungsangebot gegenüber den Kunden stets überprüfen und anhand von Bedürfnissen und Trends des Marktes ausrichten. Dieses Vorgehen erfordert seitens der Betriebe eine strategische Unternehmensführung in Bezug auf die eigene Marktposition und einer optimalen Kommunikation zum Kunden.

Die Ergebnisse der Masterarbeit machen ebenfalls deutlich, dass sich viele befragte Handwerksbetriebe sich ihrer derzeitigen Lage zwar durchaus bewusst sind, jedoch kaum Tatkraft für die Lösung derzeitiger Probleme investiert wird und somit keine Verbesserungen stattfinden. Angesichts dieser Ergebnisse liegt die Schlussfolgerung nahe, dass das Bauhandwerk mit mehr Einsatz an der Modernisierung und Weiterentwicklung ihrer jeweiligen Betriebe arbeiten sollte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Digitalisierung mit Ausblick auf die Zukunft einen erheblichen Einfluss auch auf das Bauhandwerk haben wird und ein gesamtwirtschaftlicher bzw. ein gesamtgesellschaftlicher Wandel zu erwarten ist. Bauhandwerksbetriebe ist zu raten sich aktuellen Entwicklungen nicht zu verschließen, gegenüber dem technologischen Fortschritt offen zu sein und in Zukunft verstärkt neu aufkommende Gelegenheiten für den eigenen Unternehmenserfolg zu nutzen.

6 Automatisierung eines thermischen Versuchsstandes

Christian Biekmann B.Eng.

Erstprüfer:	Dr. Prof.-Ing Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Florian Segger M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	29. Mai 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation

In der heutigen Zeit sind eine funktionierende Regelungstechnik und Gebäudeautomation unerlässlich für die Behaglichkeit von Personen in Gebäuden wie z.B. Büros, Krankenhäuser und Schwimmbädern. Durch den Einsatz werden optimale Rahmenbedingungen geschaffen.

Eine gute Gebäudeautomation spart Energie, trägt zum Umweltschutz bei und ist wirtschaftlich. Ziel ist ein intelligentes Gebäudemanagement. Es soll für den Einklang zwischen hochkomplexer Technik und einfacher Bedienbarkeit sorgen. Realisiert wird dies durch eine Visualisierung, welche die Schnittstelle zwischen Nutzer und Hardware, z.B. eine Heizungsanlage, ist. Dabei sind neben dem Kessel und Brenner, die Stellventile ein wichtiger Bestandteil einer solchen Anlage. Ein intelligentes Stellverhalten, durch einen Regler realisiert, nimmt hierbei eine zentrale Rolle ein.

Das Ziel der Bachelorarbeit war somit die Automatisierung und Optimierung des Versuchsstandes und die Ermittlung erster Regelparameter, sowie die Auswertung der dazugehörigen Regelverläufe. Die Aufgabe des Versuchsstandes ist das Verhalten zweier unterschiedlicher Ventile mit verschiedenen Regelparametern zu simulieren und daraus das Regelverhalten zu analysieren.

Abb. 1: Versuchsstand

Ausgangszustand für die Arbeit war der vormontierte Versuchsstand, sodass sofort mit der Inbetriebnahme begonnen werden konnte. Im Rahmen dieser zeigten sich kleinere Fehler, die es zu optimieren galt. Dies waren z.B. unlogische Betriebszustände durch ein falsches Ventil oder fehlende Sicherheitseinrichtungen. Mit dem Umbau des Versuchstandes ließen sich diese Fehler schnell beheben.

Im Anschluss sind verschiedene Betriebsarten und Funktionen programmiert worden, bis ein lauffähiges Programm vorlag. Parallel dazu wurde eine Visualisierung erstellt, welche Anlagenzustände und Prozesse darstellt und dem Bediener einen aktuellen Überblick verschafft.

Mit Hilfe des Programmes ist es möglich, die Sprungantworten für das ESV (elektrisches Stellventil) und PSV (pneumatisches Stellventil) aufzuzeichnen. Die daraus ermittelten Zeitkennwerte nach Chien, Hrones und Reswick dienten zum Bestimmen der Regelparameter. Der Vergleich der aufgezeichneten Regelverläufe macht deutlich, dass der stationäre Zustand vom PSV schneller erreicht wird.

In Zukunft soll der Versuchsstand für Studenten zu Lehrzwecken zur Verfügung stehen, aber auch für Schüler als Anschauungsobjekt dienen.

7

Versuche zur Optimierung des Freigabeverfahrens gemäß §29 der Strahlenschutzverordnung durch die Vorbehandlung von Reststoffen

Cedric Bietmann B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Zweitprüfer:	Frau Prof. Dr. rer. nat. Franzen-Reuter
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	URENCO Deutschland GmbHb

Ziel der Arbeit war es das vorhandene Freigabeverfahren der URENCO Deutschland GmbH durch Versuche zur Vorbehandlung von Reststoffen zu optimieren.

Bei der URENCO Deutschland GmbH fallen, im laufenden Betrieb und auch bei Umbau- und Instantsetzungsmaßnahmen, Reststoffe an, bei denen nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese kontaminiert sind. Diese Reststoffe müssen als radioaktiver Abfall entsorgt werden, wenn nicht nachgewiesen werden kann, dass sie eine Kontamination oder Aktivität unter den Freigabewerten besitzen. Kann eine Unterschreitung der Freigabewerte nachgewiesen werden, können die Reststoffe freigegeben und im Anschluss konventionell entsorgt werden. Diese Freigabewerte und die Möglichkeit der Freigabe sind gegeben durch die Strahlenschutzverordnung.

Um den Nachweis für eine Unterschreitung der Freigabewerte gemäß § 29 der StrlSchV zu erbringen, sind derzeit Wischteste, Materialproben und Direktmessungen mittels Kontaminationsnachweisgerät notwendig. Da solche Messungen, aufgrund der gegebenen Geometrie mancher Reststoffe, nicht möglich oder sehr aufwendig sind, ist für diese Reststoffe eine solche Freigabe derzeit nicht oder nicht effizient durchführbar.
Es wurden daher, zur Optimierung des Freigabeverfahrens von diversen Reststoffen der URENCO Deutschland GmbH, Untersuchungen durchgeführt.

Es wurde geprüft, inwieweit eine Adaption der Prozesse zur Probenvorbehandlung, Probenahme und Probenteilung aus dem konventionellen Recht möglich ist.
Teil dieser Untersuchungen waren Versuche zur Reststoffvorbehandlung, welche zeigen, in wie fern die vorhandenen Reststoffe vorbereitet werden können und müssen, sodass anschließend die vorhandene Aktivität, durch alternative Messverfahren, effizient erfasst werden kann.

Es werden die benötigten theoretischen Grundlagen dargestellt, um dann auf die Vorbereitung, die Ergebnisse und die Bewertung der Versuche zur Reststoffvorbehandlung einzugehen. Abschließend werden die Ergebnisse zur Optimierung der Freigabe in Form eines optimierten Prozesses dargestellt.

8

Unterschiedliche Varianten der Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern und ihre Auswirkung auf die Trinkwassererwärmung

Michael Brinkhaus B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Sandra Ratering M. Eng
Datum des Kolloquiums:	23. Juli 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Ludger Terbrack, Vreden

Für ein neu zu errichtendes Mehrfamilienhaus mit sechs Wohneinheiten soll die Gebäudeversorgung geplant werden. Dies geschieht anhand von verschiedenen Varianten der Wärmeversorgung und Trinkwassererwärmung. Dabei wird jedes System auf die Auswirkung der Trinkwassererwärmung untersucht. Bei der Auswahl der Trinkwassererwärmung wurde besonders auf die Trinkwasserhygiene geachtet.

Folgende Varianten werden im Weiteren untersucht:

1. Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gas-Brennwertgerät
2. Sole-Wasser-Wärmepumpe
3. Gas-Brennwertgerät + Solarthermie
4. Nahwärme mit Wohnungsstationen

Die Gegenüberstellung der vier Varianten erfolgte im Zusammenhang mit der VDI 2067. Hierzu wurden die Kosten nach der VDI 2067 in drei Kostengruppen unterteilt. Diese sind kapitalgebundene, bedarfsgebundene und betriebsgebundene Kosten.

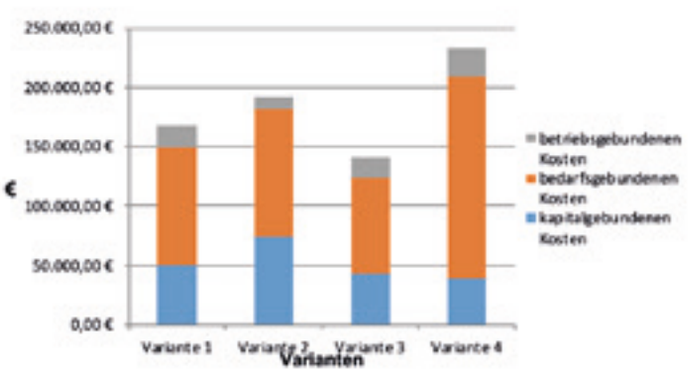


Abb. 1: Kostenzusammensetzung der Varianten

Aus der wirtschaftlichen Betrachtung sind die Varianten 1 und 3 am günstigsten. Die Kosten der Varianten 2 und 4 setzen sich zum Teil aus den höheren Kosten für die Anlagentechnik zusammen, beziehungsweise aus den höheren bedarfsgebundenen Kosten. Die Variante 4 mit dem Nahwärmeanschluss und den

Wohnungsstationen ist am unwirtschaftlichsten, aufgrund der Kosten für jede Wohnungsstation und der hohen bedarfsgebundenen Kosten. Variante 2 mit der Sole-Wasser-Wärmepumpe ist ebenfalls unwirtschaftlich. Ökologisch betrachtet ist Variante 2 die sinnvollste der Varianten, da kein Kohlenstoffdioxid bei der Erzeugung von Wärme entsteht.

Eine andere Betrachtung der Varianten ist die Trinkwassererwärmung im Zusammenhang mit der Hygiene. Bei den zentralen Varianten 1-3 sind die langen Zirkulations-und Warmwasserleitungen bedenklich, da bei dieser Installation das Warmwasservolumen größer und die Temperaturhaltung schwieriger ist. Gerade im Wohnungsbau gewinnt die Hygiene immer weiter an Bedeutung. Bei der dezentralen Variante 4 wird das Warmwasser nicht bevorratet. Hierbei wird das warme Trinkwasser direkt bei einer Entnahme in der Wohnungsstation erwärmt. Da die drei-Liter-Regel in der Warmwasser-Installation in den Wohnungen nicht überschritten wird, kann auf die Legionellen-Untersuchung zusätzlich verzichtet werden. Im Gegensatz dazu muss bei den zentralen Varianten, die Untersuchung auf Legionellen alle drei Jahre stattfinden, wenn zwischendurch keine hygienischen Auffälligkeiten aufgetreten sind. Bei den zentralen Installationsvarianten ist die Verkeimungsgefahr höher, da bei einer Stagnation das gesamte Leitungsnetz mit betroffen sein kann. Bei der dezentralen Installationsvariante wird das Warmwasser nicht in einem Trinkwasserspeicher gespeichert. Sondern die Trinkwassererwärmung findet dezentral in den Wohnungen statt. Es ist immer schwierig zu entscheiden, welche Variante in den jeweiligen Projekten installiert werden sollte. Die Faktoren Hygiene und Wirtschaftlichkeit müssen für jedes Projekt individuell betrachtet werden.

Daher ist festzuhalten, dass der Bauherr sich für die Variante 3 entscheiden sollte. Bei dieser findet die Trinkwassererwärmung zentral durch die Solaranlage statt. Des Weiteren unterstützt diese noch die Heizung. Obwohl bei dieser Variante die hygienische Beschaffenheit durch die zentrale Trinkwassererwärmung nicht optimal ist, wird bei hoher solarer Leistung das Trinkwasser auf Temperaturen größer 60 °C erwärmt. Zusätzlich ist Variante 3 die wirtschaftlichste Installation. Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist, die selbständige Versorgung des Gebäudes. Variante 4 mit Nahwärme und Wohnungsstationen hat zwar den Vorteil der dezentralen Trinkwassererwärmung. Jedoch aber auch den Nachteil, dass diese Variante am unwirtschaftlichsten ist. Außerdem besteht eine Abhängigkeit vom Energieversorger. Mit Preissteigerungen ist stets zu rechnen.

9

Entwicklung eines Optimierungskonzeptes für das Trinkwasser-Zirkulationsnetz eines Krankenhauses

Moritz Büning M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	5. Februar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

In dieser Ausarbeitung sind die Auswirkungen von Legionellen im Trinkwasser erläutert, welche unter gewissen Voraussetzungen bis zum Tode eines Menschen führen können. Aus diesem Grund ist die Aufrechterhaltung der einwandfreien Trinkwasserbeschaffenheit innerhalb einer Installation eines Gebäudes ausschlaggebend für die sichere Nutzung von Trinkwasser.

In dieser Masterarbeit wurde ein Krankenhaus untersucht, welches mit einer hohen und gemäß Trinkwasserverordnung nicht zulässigen Menge an Legionellen befallen ist. Das Ziel dieser Masterarbeit bestand demzufolge in der Entwicklung eines Optimierungskonzeptes für das Trinkwasser-Zirkulationsnetz dieses Krankenhauses.

Zu Beginn der Konzeptentwicklung fanden entsprechende Begehungen des Krankenhauses statt, welche Aufschluss über die Mängel im System geben sollten, die zu diesen Kontaminationen führen. Es stellte sich schnell heraus, dass der Legionellenbefall nicht ausschließlich auf das Zirkulationssystem zurückzuführen ist. Bei diesen Begehungen wurden Fehler im gesamten System aufgedeckt, die sowohl auf die ursprüngliche Trinkwasserinstallation des Krankenhauses, als auch auf den Betrieb der Trinkwasseranlage zurückzuführen sind. Diese Fehler wurden anhand von Fotos und Notizen dokumentiert und im Rahmen dieser Masterarbeit aufgeführt und erläutert. Es kann gesagt werden, dass unter anderen auch diese aufgedeckten Fehler die Ursache für die erheblichen Kontaminationen mit Legionellen darstellen.

Im Anschluss an die Ursachenforschung wurden Maßnahmen beschrieben, welche diese Fehler beheben sollen, einer weiteren Kontamination entgegenwirken und die Entstehung neuer Legionellen vermeiden. Ein Teil der beschriebenen Maßnahmen ist sofort durchführbar und für die Optimierung der Trinkwasserqualität im System zwingend erforderlich. Für die Durchführung anderer, detailliert beschriebener Maßnahmen, sind zusätzliche Berechnungen des Trinkwassersystems notwendig, welche im Rahmen dieser Masterarbeit jedoch aufgrund des Bearbeitungszeitraumes nicht durchgeführt werden konnten.

Als Resultat dieser Masterarbeit kann bei einer konsequenten Durchführung der beschriebenen Maßnahmen mit einer dauerhaft einwandfreien Trinkwasserbeschaffenheit in diesem Krankenhaus gerechnet werden.
Die Schonung von Umwelt und Ressourcen erscheint im Vergleich zu den gesundheitlichen Risiken fast nebensächlich.
Der mit den in dieser Arbeit vorgestellten Maßnahmen einhergehende positive Effekt der Energieoptimierung, soll jedoch an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben.

10

Technische und wirtschaftliche Betrachtung eines Blockheizkraftwerkes für den Neubau eines Studentenwohnheims an der Schmittingheide in Münster

Hanna Companie B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Prof.Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	19. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Eco.Plan GmbH & Co. KG

In Zeiten der Energiewende sind erneuerbare Energien kaum mehr wegzudenken. Bis 2050 sollen 80 % der heutigen Energien durch erneuerbare Energien ersetzt werden.

Um dieses zu erreichen, müssen die erneuerbaren Energien kontinuierlich in das System integriert werden. Hierfür wurden gesetzliche Vorgaben wie die EnEV (Energieeinsparverordnung), das EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) sowie das EEWärmeG (Erneuerbare Energien Wärme Gesetz) geschaffen, die fortlaufend aktualisiert werden. Um das Ganze attraktiver zu gestalten, werden zusätzlich Boni und Zuschüsse gewährt. Darüber hinaus werden günstige KfW Kredite zur Verfügung gestellt.

Zu den erneuerbaren Energien zählen Solar-, Wind- und Bioenergie, Geothermie sowie Wasserkraft. In dieser Abschlussarbeit wurde für die Beheizung eines Studentenwohnheimes in Münster an der Schmittingheide ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ausgewählt. Das geplante Blockheizkraftwerk ist ein Smartblock 33 mit einer thermischen Leistung von 73,4 kW und einer elektrischen Leistung von 33 kW. Es wird über einen Contractor, mit dem ein Stromliefervertrag über 15 Jahre geschlossen wird, betrieben.

Das Studentenwohnheim wird ein Apartmenthaus mit 136 Wohneinheiten. Die Apartments werden Größen von 30 m² bis 124 m² haben. Im Erdgeschoss des Gebäudes wird es neben einem Café auch einen Fitnessraum und einen Gemeinschaftsraum geben. Hier haben die Studenten die Möglichkeit, gemeinsam zu lernen, zu relaxen oder Sport zu treiben. Um das Wohnheim noch ansprechender zu gestalten, soll es als sogenanntes „Boardinghouse“ betrieben werden.

Um der heutigen Zeit gerecht zu werden, hat sich der Bauherr dafür entschieden, das Gebäude als KfW55 Haus ausführen zu lassen. KfW55 bedeutet, dass das Haus nur 55% der Energie des Referenzhauses aus der EnEV benötigt. Um diesen Wert zu erreichen, müssen Komponenten wie Durchgangskoeffizienten der Fenster, Dämmung und vor allem die Wärmeerzeugung genauestens geplant werden. ob die geplanten Komponenten ausreichend sind. Außerdem muss bei der KfW ein Antrag gestellt werden. Diesen Antrag darf nur ein Energieberater stellen. Grundlage hierfür ist die energetische Berechnung, die in der Arbeit berücksichtigt wurde.

Um ein Gebäude als KfW 55 betiteln zu dürfen, muss vorab geprüft werden, ob die geplanten Komponenten ausreichend sind. Außerdem muss bei der KfW ein Antrag gestellt werden. Diesen Antrag darf nur ein Energieberater stellen. Grundlage hierfür ist die energetische Berechnung, die in der Arbeit durchgeführt wurde.

Es wurden zwei Vergleiche durchgeführt. Durch die Anlagenbewertung des Gebäudes nach DIN 4701-10 einmal mit BHKW in Verbindung mit einer Gasbrennwerttherme und einmal nur mit einer herkömmlichen Gasbrennwerttherme wurde nachgewiesen, dass sich die EnEV ohne den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern nicht mehr einhalten lässt und die Verschärfungen dazu führen, dass Bauherren auf erneuerbare Energien zurückgreifen müssen. Zum anderen wurde durch den Wirtschaftlichkeitsvergleich bewiesen, dass erneuerbare Energien wirtschaftlicher als der Einsatz von fossilen Brennstoffen sind.

Um die Anlagenbewertung durchführen zu können, wurde vorab die Heizlastberechnung nach DIN 12831 mit dem Programm Dendrit durchgeführt. Außerdem wurde der Jahresheizwärmebedarf nach DIN 4108-6 ermittelt, da auch dieser Grundlage der Anlagenbewertung ist. Um zu prüfen, ob die EnEV eingehalten wird, wurden die Höchstwerte mit Hilfe der aktuellen EnEV 2016 ermittelt.

Die Wirtschaftlichkeit eines Blockheizkraftwerkes hängt, neben der Betriebsart „Eigennutzung“ oder „Bezug über Dritte“, auch vom erzeugten Strom, der Einspeisevergütung, der EEG-Umlage und der Steuerrückerstattung im Zusammenhang mit dem erzeugten Strom, ab. Mit Hilfe unterschiedlicher statischer Investitionsrechnungsverfahren erfolgte ein Vergleich der Nutzungsarten unter Einbeziehung der Gesetzesänderungen über die EEG-Umlage.

Die anteilige Befreiung von der EEG-Umlage für Anlagenbetreiber wurde in dem Kraftwärmekopplungsgesetz (KWKG) 2014 geregelt. Durch den Bedarf von erneuerbaren Energien und dem Ziel bis 2050 die CO2 Emissionen gravierend zu reduzieren, ändert sich das Gesetz fortlaufend. Ende 2017 wurde ein Gesetzesentwurf vorgelegt, der die Betreiber dazu verpflichten sollte, die volle EEG Umlage abzuführen. Seit dem 01. August 2014 mussten Anlagenbetreiber nach § 61 b Nummer 2 EEG nur 40 % dieser Umlage zahlen. Mit der Einführung des neuen Gesetzes zum 01. Januar 2018 mussten viele Anlagenbetreiber die volle EEG-Umlage zahlen, wodurch die Wirtschaftlichkeit von erneuerbaren Energien teilweise nicht mehr gewährleistet war. Diese Auflage wurde aber zu Mai 2018 wieder abgeschafft und Anlagenbetreiber erhielten die zu viel gezahlte EEG-Umlage für die fünf Monate zurück.

Da das Projekt „Schmittingheide“ aber warm vermietet wird und nicht sicher ist, ob die volle oder reduzierte Umlage gezahlt werden muss, wurden beide Varianten verglichen. Zusätzlich hierzu wurden die Kosten des Contractings, sowie die Kosten einer herkömmlichen Gasbrennwerttherme gegenüber gestellt. Durch diesen Vergleich wurde gezeigt, dass erneuerbare Energien, egal ob Eigenbetrieb oder Contracting, günstiger als konventionelle Energieerzeuger sind.

11

Nutzungskonzepte für Photovoltaikanlagen in Verbindung mit Elektromobilität am Beispiel der Wessling Gruppe

Dominik Czwink B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	B. Eng. Gerrit Körner
Datum des Kolloquiums:	22. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	Wessling GmbH

In dieser Arbeit ist die Thematik einer Kopplung von Photovoltaik mit Elektromobilität behandelt worden. Der Anlass für diese Thematik wurde durch die Situation der WESSLING Gruppe gegeben. Am Standort Altenberge ist eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 7,8 kWp installiert. Zudem ist ein Elektrofahrzeug vorhanden, das jährlich circa 780 kWh verbraucht. Das Ziel ist die Darstellung von Konzepten, wie die Photovoltaikanlage zur klimafreundlichen und kostengünstigen Stromversorgung der Elektromobilität zu nutzen ist.

Bezüglich der Elektromobilität sind neben den Problemen der geringen Reichweite und der noch hohen Anschaffungskosten die wesentlichen Vorteile hervorzuheben. Hierzu zählt zum einen die Klimafreundlichkeit. Wird das Elektrofahrzeug mit erneuerbaren Energien versorgt, kann es als annähernd emissionsfrei bezeichnet werden. Zum anderen fällt der Energieverbrauch gegenüber konventionellen Fahrzeugen geringer aus. Hieraus resultiert eine Reduktion der Kraftstoffkosten.

Ein wesentlicher Punkt ist das Vorgehen, wie der Energieertrag einer Photovoltaikanlage ermittelt werden kann. In die Berechnung geht zum einen die in einem bestimmten Zeitraum eintreffende Strahlungsenergie pro m² ein. Diese Strahlungsenergie wird dann mit der Fläche der Photovoltaikmodule multipliziert. Zudem wird der Globalstrahlungsfaktor, Verluste durch Verschmutzung und Verschattung sowie alle Verluste der technischen Komponenten berücksichtigt. Bezüglich der Nutzung des Photovoltaikstroms sind drei Betriebsweisen untersucht worden. Bei einem Inselsystem wird der Strom ausschließlich eigenverbraucht, bei der Einspeisung ausschließlich eingespeist und bei einem Verbundsystem wird der Strom primär eigenverbraucht und sekundär eingespeist. Da bei einem Verbundsystem 100 % des Photovoltaikstroms verwertet wird und der Strombezugspreis in der Regel größer ist, als die Einspeisevergütung, ist das Verbundsystem häufig am wirtschaftlichsten.

Anschließend sind fünf Konzepte zur Kopplung von Photovoltaik mit Elektromobilität erarbeitet worden, die sich in der Stromabnahme des Photovoltaikstroms beziehungsweise in der Stromversorgung der Elektromobilität unterscheiden. Dabei wurden die Untersuchungskriterien technische Gestaltung, Versorgungssicherheit, Klimafreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit betrachtet.

Bei den Konzepten mit autarker Elektromobilität ist die Einbindung eines Solarspeichers notwendig, da so die Versorgungssicherheit erheblich gesteigert werden kann. Bei dem Insel- und dem Verbundsystem mit nicht autarker Elektromobilität, die bereits eine vollständige Versorgungssicherheit besitzen, kann die Einbindung eines Solarspeichers in Betracht gezogen werden, um den Autarkiegrad und somit die Klimafreundlichkeit zu erhöhen. Die Wirtschaftlichkeit ist jeweils zu prüfen. Für das Konzept der vollständigen Einspeisung in das öffentliche Netz und des vollständigen Bezugs aus dem öffentlichen Netz ist kein Solarspeicher einzubinden.

Anschließend sind die allgemeinen Konzepte auf die Ausgangssituation der WESSLING Gruppe projiziert worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 ersichtlich.

	Problematik der Stromabschaltung der Labore	Versorgungssicherheit der Elektromobilität	Autarkiegrad der Elektromobilität (Klimafreundlichkeit)	Wirtschaftlichkeit		
				Kapitalwert in €	Amortisationszeit in a	Interner Zinsfuß
Inselsystem mit autarker Elektromobilität	Nein	80 – 90 %	100 %	-7.815	> 100 Jahre	
Inselsystem mit nicht-autarker Elektromobilität (mit Speicher)	Nein	100 %	70 – 80 %	-7.536	> 100 Jahre	
Inselsystem mit nicht-autarker Elektromobilität (ohne Speicher)	Nein	100 %	25 %	-4.978	> 100 Jahre	
Verbundsystem mit autarker Elektromobilität	Ja	80 – 90 %	100 %	2.448	14,45	8 %
Verbundsystem mit nicht-autarker Elektromobilität (mit Speicher)	Ja	100 %	70 – 80 %	3.170	12,88	9 %
Verbundsystem mit nicht-autarker Elektromobilität (ohne Speicher)	Ja	100 %	25 %	6.615	5,76	19 %
Eigenverbrauch durch WESSLING und Bezug aus dem öffentlichen Stromnetz	Ja	100 %	0 %	8.615	1,88	57 %

Tab. 1: Analyseergebnisse bezüglich der technischen Umsetzbarkeit der Versorgungseinheit , der Klimafreundlichkeit und der Wirtschaftlichkeit.

Bei der technischen Gestaltung ist eine Besonderheit hervorzuheben. Wenn der Einspeisezähler im Transformatorhaus installiert wird und die Einspeisemöglichkeit eingerichtet wird, können die Labore der WESSLING Gruppe zeitweise nicht mit Strom versorgt werden. Somit müssten wichtige Laborgeräte zeitweise abgestellt werden oder anderweitig mit Strom versorgt werden. Dies könnte lediglich durch die Anwendung eines der Inselsysteme vermieden werden. Die Versorgungssicherheit ist bei allen dargestellten Systemen sehr hoch. Die Systeme mit nicht autarker Elektromobilität, bei denen also neben Photovoltaikstrom auch Netzstrom zum Laden verwendet wird, besitzen sogar eine Versorgungssicherheit von 100 %. Der Autarkiegrad und somit die Klimafreundlichkeit der Elektromobilität variiert stark zwischen den Konzepten. Hier ist festzuhalten, dass der Autarkiegrad durch die Einbindung eines Solarspeichers erheblich gesteigert werden kann. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit ist analysiert worden, dass die Inselsysteme am unwirtschaftlichsten sind und Verluste verursachen. Mit den drei anderen Konzepten können wirtschaftliche Gewinne generiert werden.

Abschließend ist das Inselsystem mit nicht autarker Elektromobilität unter Einbindung eines Solarspeichers mit einer Kapazität von 5,5 kWh empfohlen worden. Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass die Stromabschaltung der Labore vermieden wird. Für den Fall, dass dieses Konzept angewendet wird, ist für die zukünftige Entwicklung von einem Ausbau der Photovoltaikleistung abzuraten. Die Elektromobilität kann jedoch mit zusätzlichen Elektrofahrzeugen erweitert werden.

12

Untersuchungen zum hydraulischen Einfluss des Leitungssystems auf Geruchsverschlüsse mit reduzierter Sperrwasserhöhe

Ruben Dachsel B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Sören Möller M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	11. März 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Haus- und Energietechnik

Aufgrund der geringen Fußbodenaufbauhöhen in vielen Gebäuden müssen immer häufiger, gerade in den Abläufen von Duschen, Geruchverschlüsse mit geringer Sperrwasserhöhe eingesetzt werden. Aufgrund der vielen Einflussgrößen sind Geruchverschlüsse mit geringer Sperrwasserhöhe weder national noch auf europäischer Ebene normativ erfasst. Es finden jedoch zur Zeit Bestrebungen hierzu statt. Hier setzen die im Rahmen dieser Abschlussarbeit durchgeführten Untersuchungen an. Ziel dieser Bachelorarbeit war es, den hydraulischen Einfluss des Leitungssystems und die physikalischen Einsatzgrenzen von Geruchsverschlüssen mit reduzierter Sperrwasserhöhe zu ermitteln.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde im Labor für Haus- und Energietechnik ein praxisnaher, dreistöckiger Versuchsstand geplant und errichtet. Die Untersuchungen sollten vor allem aus Sicht der Systemnorm DIN 1986-100 betrachtet werden. Der Versuchsstand verfügt über Messtechnik zur Druck- und Volumenstrommessung. Neben dem Absaugverhalten der Geruchverschlüsse mit reduzierter Sperrwasserhöhe konnten auch die Druckverhältnisse im System betrachtet werden. Im Rahmen der Versuchsplanung wurden Spülkombinationen aus Dauerdurchflüssen (z.B. Badewannenabfluss) und Impulsdurchflüssen (z.B. Spülkasten) festgelegt. Die Spülkombinationen konnten mit einem Dauervolumenstrom von bis zu 4 l/s und bis zu drei Einzelspülungen von drei Spülkästen beaufschlagt werden. Mit Hilfe der Differenzdrucksensoren konnte die Druckverteilung bei den einzelnen Spülkombination dokumentiert werden. Zusätzlich wurden Belüftungsmaßnahmen der Fall- und Sammelleitungen betrachtet. Aufgrund der hohen Abtastraten bei der Druckmessung wurde eine Auswertematrix erarbeitet. Die großen Datenmengen wurden mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ausgewertet. Zusätzlich wurden zur Auswertung und zur Visualisierung Videosequenzen erstellt.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden eine ganze Reihe von Erkenntnissen zu den Einsatzgrenzen von Geruchverschlüssen mit reduzierter Sperrwasserhöhe erarbeitet. Aufgrund der vielen Einflussfaktoren und diverser physikalischer Effekte konnten jedoch abschließend keine eindeutigen Einsatzgrenzen formuliert werden.

13

Validierung einer Probenahmemethode zur Bestimmung von Mikroplastik in Wasser

Sebastian Dahlhoff B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr. rer. nat. Jens Reiber
Datum des Kolloquiums:	22. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	Wessling GmbH

Unter Mikroplastik werden Kunststoffpartikel verstanden, welche hinsichtlich ihrer größten Abmessung kleiner als 5 mm sind. Mikroplastikpartikel werden durch unterschiedliche Quellen wie zum Beispiel Kosmetikprodukte oder Reifenabrieb freigesetzt und gelangen nicht selten in die Umwelt. Vor allem in Gewässern akkumuliert und verbreitet sich Mikroplastik. Die Partikel gelangen durch diffuse oder punktuelle Eintragspfade in die Gewässer und werden von diesen weiter in die Ozeane befördert. Plastik ist im Allgemeinen chemisch inert und somit im aquatischen Kompartiment äußerst persistent. Folglich kommt Mikroplastik im Wasser ubiquitär vor und wirkt sich auf im Wasser lebende Organismen aus. Über die Nahrungskette reichert sich das Mikroplastik an und kann schließlich auch vom Menschen aufgenommen werden. Ob und wie weit eine Gefährdung besteht, ist bislang nicht untersucht.

Um Maßnahmen zur Reduktion einleiten zu können, müssen zunächst die Haupteintragspfade der Ozeane, die Gewässer und deren aktuelle Situation nähergehend untersucht werden. Dazu gehört unter anderem die Untersuchung der Eintragsquellen der limnischen Ökosysteme. Von diesen Quellen müssen empirische Erfahrungswerte erarbeitet sowie ausreichend Daten gesammelt werden. Um dies durchzuführen und eine angemessene Vergleichbarkeit sicherzustellen, ist die Entwicklung von harmonisierten Probenahmemethoden essenziell. Dieser Aspekt wird aktuell in Forschungsprojekten erarbeitet.

Die Wessling GmbH ist am Forschungsprojekt „MikroPlastiCarrier“ beteiligt und hat eine Probenahmemethode zur Erfassung von Mikroplastik entworfen. Mit dieser trägt Wessling dazu bei, die Findungsphase einer einheitlichen Probenahme voranzutreiben. Das Probenahmegerät hält über eine Druckfiltration im Wasser befindliche Partikel zurück. In der Praxis wird mit dem Probenahmegerät beispielsweise der Mikroplastikeintrag von Kläranlagenabläufen in Gewässer untersucht.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde diese Probenahmemethode umfassend betrachtet und validiert. Das Probenahmegerät wurde hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Eignung für eine Mikroplastik-Probenahme in einem Versuchsstand untersucht. Hierfür wurden zunächst Blindwerte entnommen und anschließend Wiederfindungsraten von definierten Mikroplastikmassen bestimmt. Die

Versuche wurden unter weitestgehend reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt.

Innerhalb der Versuchsreihe wurden einige Optimierungen am Probenahmegerät vorgenommen. Diese vermindern eine Eigenkontamination des Gerätes. Beispielsweise konnte der Pumpensumpf als Kontaminationsquelle ausgemacht werden. Zudem konnte das verwendete Edelstahlkerzen-Filtersystem und die darin befindlichen Filtereinsätze als Kontaminationspfad für Eisenoxid-Partikel identifiziert werden. Entsprechende Maßnahmen zur Minderung wurden aufgezeigt. Die Wiederfindungsraten des Systems waren hoch. Von den drei unterschiedlichen Kunststoffe Polypropylen, Polyethylen und Polystyrol, konnten zwischen 86 und 97 % wiedergefunden werden.

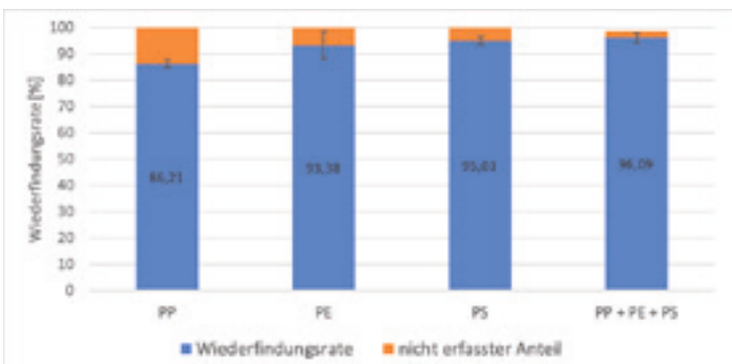


Abb. 1: Wiederfindungsraten der Versuchsreihen: Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polystyrol (PS) sowie eine Versuchsreihe mit der Kombination aus PP + PE + PS

14 Reduktion der Strombezugskosten durch Atypische Netznutzung

Matthias Dammeyer B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christoph Wetter
Datum des Kolloquiums:	29. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Lechwerke AG in Augsburg

Diese Arbeit behandelt die Atypische Netznutzung unter zwei Gesichtspunkten. Zum einen wird allgemein erläutert was die Atypische Netznutzung ist, welche Voraussetzungen diese hat, welche Möglichkeiten es gibt diese zu erreichen und welche finanziellen Vorteile durch sie zu erwarten sind.

Zum anderen wird aus Sicht eines Energieversorgungsunternehmens untersucht, inwieweit die Batteriespeichertechnologie auf ihrem heutigen Stand zur Erreichung der Atypischen Netznutzung eingesetzt und vermarktet werden kann.

Die allgemeine Erläuterung der Atypischen Netznutzung wird mit Hilfe der Gesetzesgrundlage und simplifizierten Beispielen durchgeführt, während die Untersuchung der Batteriespeichersysteme einen konkreten Praxisbezug hat und reale Kundendaten für die Berechnungen herangezogen werden.
Zuerst wird hierzu erschlossen, wie sich die Technik der Batteriespeichersysteme in das Konzept der Atypischen Netznutzung einbinden lässt. Dann werden reale Batteriespeichersysteme untersucht und entsprechende Angebotsdaten für die Filterung von Kundendaten genutzt.
Hierbei werden Kundendaten von mehreren Jahren ausgewertet und gemittelte Amortisationszeiten mit unterschiedlichen Batteriespeichersystemen errechnet, um schließlich Aussagen über die Wirtschaftlichkeit treffen zu können.

Das Ergebnis der Arbeit ist eine Liste mit Kunden, bei denen ein wirtschaftlicher Einsatz von Batteriespeichersystemen, mit ebenfalls in dieser Arbeit erläuterten Geschäftsmodellen, möglich ist, sowie eine Prognose für die künftige Marktsituation in Bezug auf Batteriespeichersysteme zur Erreichung der Atypischen Netznutzung. Hierzu wird auch die Tendenz für die Netznutzungsentgelte und die Investitionskosten der Batteriespeichersysteme angegeben, welche für den wirtschaftlichen Einsatz der Systeme entscheidend sind.

15

Konzepte für eine wassersensitive Stadtentwicklung

Philipp Dentzer B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	31. Oktober 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik

Immer mehr Menschen zieht es in die Städte, was eine Steigerung des Urbanisierungsgrades bedeutet. Diese Tatsache wird eine weitere Erhöhung des Versiegelungsfaktors durch Siedlungs- und Verkehrsflächen mit sich führen. Der steigende Versiegelungsfaktor hat negative Auswirkungen auf das städtische Klima und die Überflutungsgefahr des urbanen Raums. Die zukünftigen Änderungen der klimatischen Bedingungen und der Niederschlagscharakteristik werden diese Probleme weiter verstärken.

Hinsichtlich dieser Problemstellung gilt es, Änderungen der aktuellen Stadtentwässerung in Form neuer Konzepte und Methoden zu finden, damit eine Anpassung an die neuen Gegebenheiten stattfinden kann, da ein konventioneller Ausbau des vorhandenen Kanalnetzes aus finanziellen Gründen nicht immer durchführbar ist. Bei der Auswahl der Maßnahmen bezüglich einer wassersensitiven Stadtentwicklung sind vor allem der zur Verfügung stehende Platz und der dadurch entstehende Flächennutzungskonflikt wesentliche Faktoren.

Abb. 1: Gestaltung eines Gartendachs im urbanen Raum (Optigrün international AG)

Folgende Konzepte und Methoden stehen der Stadtentwicklung dabei zur Verfügung, um diesem Problem entgegen zu wirken:

- Gebäudebegrünung
- Multifunktionale Retentionsflächen
- Veränderungen an urbanen Gewässern
- Dezentrale Versickerung und Verdunstung
- Offene Ableitung
- Rückhalt von Regenwasser in und auf Betonwerken
- Pflanzengruben und Baumrigolen

Sie wurden im Rahmen dieser Arbeit untersucht und ihr Konflikt- und Synergiepotential wurde anhand von bereits in der Praxis umgesetzten Beispielen erörtert.

Es stellte sich heraus, dass sich alle ausgewählten und untersuchten Konzepte positiv auf den Überflutungsschutz und das städtische Klima auswirken können. Sie bieten des Weiteren die Möglichkeit, das Stadtbild aufzuwerten und können zu einer Steigerung der Lebensqualität der Stadtbewohner beitragen.

Hierzulande wurden schon einige Pilotprojekte gestartet und umgesetzt. Jedoch erschwert die rechtliche Lage und die Uneinigkeit über Zuständigkeiten der einzelnen Instanzen die Umsetzung solcher Maßnahmen. Zukünftig stellen solche Methoden jedoch ein großes Potential dar, den Überflutungsschutz und das Stadtklima weiter zu verbessern.

16

Systeme und Strategien zur Instandhaltung von Wasserversorgungsnetzen - eine Analyse am Beispiel des Wasserversorgungsnetzes der münsterNETZ GmbH

Kristian Dzienus M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Robin Kischka M. Eng.
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Technikum:	Hydraulik und Stadthyrologie
In Kooperation mit:	münsterNETZ GmbH

Die Festlegung der Budgetverteilung zur Sanierung von Betriebsmitteln der Infrastruktur kann durch unterschiedliche Herangehensweisen erfolgen. Dabei bedarf es einer nachvollziehbaren Planung, auch hinsichtlich des sich reduzierenden Wassergebrauches der Bevölkerung. Sanierungen werden durchgeführt, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, die durch Störungen in Form von Wasseraustritten an den Rohrmedien gefährdet ist (siehe Abbildung 1). Neben unterschiedlichen Ausmaßen und Detektionsmöglichkeiten unterscheiden sich Schäden an Rohrleitungen je nach Ursprung.

Abb 1: Wasseraustritt an Gehwegoberfläche durch Wasserrohrschaden

Es entsteht ein Zielkonflikt hinsichtlich der Vermeidung von Störungen und einer wirtschaftlichen Betriebsweise von Leitungselementen. Die Sanierungsziele aus dem Merkblatt W 403 vom DVGW führen bei der Verfolgung zu einer Optimierung von Wassernetzen. Um diese Ziele fachgerecht erreichen zu können, ist eine Zustandserfassung der Betriebsmittel vorausgesetzt. In der vorliegenden Arbeit wurde dieses Thema am Beispiel der münsterNETZ GmbH untersucht. Ziel dieser Arbeit war es, die bestmögliche Instandhaltungsstrategie für das Wassernetz sowie mögliche Schwachstellen zu ermitteln. Ebenso sollten Erkenntnisse aus den Simulationen mit einer Netzbewertung gesammelt werden.

Zunächst erfolgte dafür eine Betrachtung der genutzten Rohrmaterialien und eine generationsabhängige Eingruppierung dieser Betriebsmittel mit der in der Literatur genannten Nutzungsdauer. Anschließend wurden möglichen Instandhaltungsstrategien für die Trinkwasserinfrastruktur vorgestellt.

Dabei wurde zwischen einer Steuerung nach Schadensereignissen, der Nutzungszeit, der Zuverlässigkeit und dem Risiko eines Ausfalls unterschieden. Infolgedessen wurde die Materialzusammensetzung des dortigen Trinkwassernetzes genannt. Diese zeigte einen heterogenen Aufbau, der sich aus verschiedenen Materialien seit über 100 Jahren entwickelt hat. Durch die prognostizierte steigende Bevölkerungsentwicklung in Münster ist von einem zunehmenden Wasserbedarf auszugehen. Der danach beschriebene Versorgungsaufbau der Einspeisepunkte und das beobachtete schwankende Gebrauchsverhalten der Einwohner kann durch die derzeitige Netzkapazität langfristig gedeckt werden.

Zudem lagen die ermittelten spezifischen realen Netzverluste in den vergangenen Jahren in einem akzeptablen Rahmen. Die recherchierten Untergrundverhältnisse in Münster, in denen sich die Versorgungsleitungen befinden, können durch Verformungen Kräfte auf die Rohrleitungen auswirken und dadurch beschädigen. Auswertungen der Störungen der vergangenen Jahre ergaben einen Störungsschwerpunkt bei Graugussleitungen der dritten Generation, der besonders häufig zu der kälteren Jahreszeit bemerkbar wurde. Dabei konnte ein Zusammenhang zwischen den baujahrspezifischen Netzlängen und den darauf bezogenen Störungen hergestellt werden. Das beschriebene erhöhte Verkehrsaufkommen in Münster könnte diesen Vorgang verstärken. Außerdem wurde auf Ursachen von Störungsereignissen eingegangen, die genauer analysiert werden könnten. Der Vergleich der untersuchten Instandhaltungsstrategien ergab, dass eine nach der Zuverlässigkeit gerichtete Herangehensweise die meisten zu erhebenden Faktoren berücksichtigt. Dazu wurde eine zu prüfende Vorschlagsliste erstellt.

Durch die kritische Betrachtung der daraus resultierenden Ergebnisse konnten Systemauffälligkeiten identifiziert und verringert werden. Zudem halfen Programmnachbildungen dabei, Resultate aus Rechenprozessen verbessern zu können.

Aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Behebung dieser Anwendungsauffälligkeiten und der Dokumentation der Betriebsmittel sind die daraus erstellten Listen kritisch zu betrachten und gegebenenfalls zu korrigieren. Durch die detaillierte Erfassung von Störungen und Betriebsmitteldaten lassen sich genauere Auswertungen durchführen. Untersuchungen von Rohrelementen in Materiallaboren könnten einen besseren Überblick der Zustandsbeschreibung der unterschiedlichen Rohrmaterialien ermöglichen. Außerdem ist ein Projekt zur Datengrundlage der münsterNETZ GmbH empfehlenswert.

17

Offshore wind farm jacket defects rectification

Philip Egan B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Joachim Schwenzer
Datum des Kolloquiums:	12. April 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Iberdrola Renovables Deutschland GmbH, Sassnitz

Bei der Herstellung der Teile und der Errichtung eines Offshore Windparks entstehen Schäden an der Jacket. Die Reparatur dieser Defekte wird erschwert durch die Offshore Konditionen. Zum Beispiel die Jackets nur bei Wellenhöhen bis zu 1,5 Meter erreichbar. In dieser Arbeit wurden die De-fekte an den Jackets der Wikinger Offshore Wind Farm untersucht.

Dafür wurde die Datenbank der Defekte unter verschiedenen Gesichts-punkten analysiert: des Typs der Defekte, der Lokation, der Verantwortlichkeit und des Einflusses des Inspektor. Aus der Analyse ergab sich, dass circa 42% der Defekte ihren Ursprung in der Herstellung der Jacket haben und weitere 42% Beschichtungsdefekte sind, die während der Errichtung entstanden. Des weiteren wurde festgestellt, dass die Ergebnisse der Inspektoren Berichte menschlichen Fehlern unterliegen und dadurch vom tatsächlichen Zustandsbild abweichen.

Um diesen Aspekten entgegenzuwirken wurden Vorschläge zur Präventi-on von Defekten präsentiert. Unteranderem wurde argumentiert, dass die Teilnahme eines Experten in lokalen Vorschriften, wie der deutschen Arbeitsstättenverordnung, an der Revision des Designs Defekte reduzieren würde. Außerdem wurden Möglich-keiten zur Prävention von Beschichtungsdefekten vorgeschlagen. Diese umfassen die Verwendung von alternativen Baumaterialien anstelle von beschichteten Stahl und von Abdeckungen besonders betroffenen Stellen. Ein Beispiel für Ersteres wären Geländer, welche durch die Arbeiten an den Jackets während der Installa-tion regelmäßig beschädigt wurden. Berechnungen haben ergeben, dass Geländer aus PE-UHMW kosteneffektiver wären, wenn man neben der Materialkosten auch die Reparaturkosten in Betracht zieht. Darüberhinaus wurden Voraussetzungen für Betriebsmittel, um den Offshore Widrigkeiten standzuhalten, festgehalten.

Es wurden zudem Aspekte zur Verbesserung der Reparaturprozesse dar-ge-stellt. In der Wikinger Offshore Wind Farm werden Beschichtungssysteme mit entweder zwei oder drei Schichten genutzt. Da die Schichten trocknen müssen bevor eine Neue appliziert werden kann, müssen die Jackets wiederholt besucht werden. Um die dadurch entstehenden Zusatzkosten zu verringern, könnte man alternative Methoden benutzen, welche bei einem einzelnen Besuch der Jacket die Defekte vollständig beheben. Eine solche Methode wurde präsen-tiert, und stellte sich trotz höherer Materialkosten als kosteneffektiver heraus.

Eine Limitation dieser Arbeit war die Qualität der Informationen der Datenbank. Verbesserungen wurden präsentiert, sowie eine Applikation, welche die Erfassungen der Defekte vereinfacht.

18

Wertbeitrag eines Asset Management-Systems gemäß DIN ISO 55001 für das Wasserkraftportfolio der innogy SE

Kevin Erdelkamp M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Jens Schramm
Datum des Kolloquiums:	8. März 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	innogy SE, Essen

Als Betreiber von 80 Wasserkraftanlagen in sechs europäischen Ländern fokussiert innogy SE in diesem Bereich strategisch auf operative Exzellenz und ökonomische Optimierung der Bestandsanlagen. Im Rahmen der Thesis wurde untersucht, inwieweit die Disziplin Asset Management, und besonders ein damit verbundenes Managementsystem für Asset Management nach DIN ISO 55001, einen Beitrag zur Erfüllung der strategischen Zielsetzungen leisten kann.

Die DIN ISO 55000 beschreibt Asset Management als „koordinierte Aktivitäten einer Organisation, um mit Hilfe von Assets Werte zu schaffen“. Durch eine intensive Literaturrecherche wurden zunächst aktuelle Standards dieser noch jungen Disziplin identifiziert sowie Anwendungsbeispiele für Asset Management-Systeme nach DIN ISO 55001 im Bereich der internationalen Wasserkraft ermittelt.

Mittels einer Gap-Analyse konnten Lücken zwischen bestehenden Management-Praktiken der innogy Wasserkraft und Asset Management-Aktivitäten nach Norm aufgedeckt werden. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten ermittelt, wie die identifizierten Lücken mit Hilfe von Lean-Methoden und agilen Ansätzen eines Veränderungsprogramms der innogy SE geschlossen werden können, um den Anforderungen die an ein Asset Management-System gestellt werden, gerecht zu werden.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass ein Asset Management-System nach ISO 55001 mit verhältnismäßig geringen Aufwand im innogy Wasserkraftbereich implementiert werden kann und dieses zusätzliche monetäre Wertbeiträge liefert, insbesondere durch Unterstützung in den Bereichen Leistungsmanagement, kontinuierliche Verbesserung, Effizienzsteigerung und End-to-End-Prozessoptimierung. Des Weiteren können durch die Zertifizierung des Managementsystems nach ISO 55001 zusätzliche strategische Wertbeiträge erschlossen werden, wie z. B. die Differenzierung vom Wettbewerb und der Beleg für die Anwendung von „Best Practice“ im Unternehmen.

19

Biochar-pellets as substitute for fossil coal in metallurgical processes

Uwe Eßmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	29. August 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Prof. PhD Henrik Kofoed Nielsen, University of Agder, Grimstad, Norwegen

Fossile Kohle ist einer der größten Verursacher von Umweltverschmutzung in Norwegen, da beinahe der gesamte Strombedarf des Landes durch CO2-neutrale Wasserkraft produziert wird. Eines der wichtigsten Klimaziele der norwegischen Klima- und Immissionsbehörde ist es, die Industrieemissionen bis 2020 drastisch zu senken.

Für metallurgische Schmelzprozesse sind Reduktionsmittel mit einem hohen Kohlenstoffanteil sowie weiterer spezifischer Eigenschaften erforderlich. Mit der stetig steigenden Besorgnis um die globale Erwärmung gewinnt die Substitution von CO2-intensiven Rohstoffen wie fossiler Kohle oder Koks an Bedeutung. Biokohle ist ein Sekundärprodukt der Biomasse und stellt eine mögliche, rechnerisch CO2-neutrale Alternative dar. Sie wird aus Pflanzenmasse karbonisiert, wobei das entweichende CO2 zuvor beim Wachstum der Pflanzen der Umgebung entnommen wurde. Das Material weißt jedoch Schwachstellen bei der Festigkeit auf. Während der Thesis wurde ein erstes Screening durchgeführt, um abzusehen, ob ein Pelletieren von Biokohle mit verschiedenen Bindemitteln zu einem Material mit vergleichbaren Eigenschaften der des Koks führen kann.

Analyseergebnisse einer selbst erzeugten Biokohle zeigen ähnliche Ergebnisse für gebundenen Kohlenstoff und flüchtiger Bestandteile verglichen mit üblichen Werten für Kohle und Koks aus fossilen Quellen. Der Kohlenstoff ist das entscheidende Reduktionsmittel bei der Metallproduktion. Nachteile der Biokohle sind die geringere Energiedichte und mechanische Festigkeit. Um diese zu verbessern wurden Bindemittel untersucht und angewandt. In relevanten Literaturquellen wurden verschiedene Materialien, wie bspw. Wasser, Stärke, Lignin und Teer/Öl erwähnt. Ein Vorexperiment diente zur Evaluierung der einzelnen Materialien und deren Verhalten beim Pelletieren mit Holzmehl und Biokohle in verschiedenen Zusammensetzungen. Die Ergebnisse führten zu einer Selektion für das Hauptexperiment mit einer beheizten Pelletiermaschine, um verschiedene Prozessbedingungen zu simulieren. Norwegische Fichte wurde pyrolysiert und als Grundmaterial genutzt, da sie herausragende Eigenschaften aufzeigte.

Bindemittel waren Wasser, Pyrolyseöl und Lignin. Die Ergebnisse waren mit ähnlichen Publikationen aus anderen Fachgebieten vergleichbar. Das Lignin und das Pyrolyseöl bestätigten die Beobachtungen aus dem Vorversuch, während

Wasser hauptsächlich als Schmiermittel diente. Probleme traten auf, sobald der Pressdruck einen bestimmten Wert unterschritt und beim Lignin-Wasser oder Lignin-Öl Gemisch, da dieser Mix zum Verkleben der Maschine neigte.

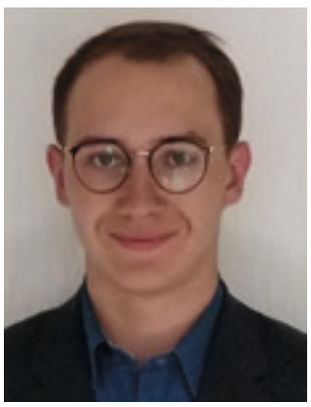
Eine wirtschaftliche Evaluation zeigte, dass die Kosten für Biokohle die der fossilen Alternative weit überschreiten. Der genaue Wert ist stark vom Ursprungsland und Transportweg abhängig. Die beiden Bindemittel Lignin und Pyrolyseöl wurden gewählt, da sie als Nebenprodukte von anderen Prozessen entstehen und somit die wirtschaftliche Plausibilität erhöhen. Gegenwärtig ist nur Biokohle aus Brasilien wirtschaftlich. Jedoch zeigten Untersuchungen, dass durch die Einführung einer CO2-Steuer die Biokohle zu einer sinnvollen Alternative werden kann. Die Versuche zeigen weiterhin, dass Biokohle durch entsprechende Behandlung für die Prozesse der Metallindustrie durchaus geeignet sein kann. Die Thesis begrenzte die Variablen und legte somit den Grundstein für die weitere, detaillierte Forschungsarbeit an der Universität in Agder.

20

Leistungsprozessanalyse einer realen Blockanlage mit Anbindung an den Strommarkt und anschließende Bestimmung der möglichen Beanspruchbarkeit mit Fokus auf den Volllastbereich

Jan Marko Frankemöll B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Michael Olkowski
Datum des Kolloquiums:	31. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	RWE Power AG



Die Bachelorarbeit wurde im Braunkohlenkraftwerk Weisweiler der RWE Power AG durchgeführt und hatte als Ziel, den Prozess der Leistungsbereitstellung zu beschreiben, zu bewerten und die sogenannte maximale Beanspruchbarkeit der Dampfturbinenanlage im Vollastbereich zu bestimmen. Die Beanspruchbarkeit ist ein Maß für die Arbeit, die eine Anlage aufgrund ihres technischen und betrieblichen sowie durch Außeneinfluss beeinflussten Zustandes erzeugen kann.

Für die dazu notwendige Prozessanalyse wurden zunächst Mitarbeiter befragt, Datenbanken ausgewertet und Dokumente untersucht. Zur Beschreibung des Prozessablaufes wurden zusätzlich zwei Diagramme erstellt, um die internen Abläufe und Schnittstellen darzustellen und den Mitarbeitern zu veranschaulichen, wo sie den Prozess selbst beeinflussen. Im weiteren Verlauf wurden Verbesserungspotentiale analysiert und Lösungsmöglichkeiten formuliert.

Abb 1: Turbinenteil im Block „Heinrich“

Im zweiten Teil der Arbeit wurde schließlich die maximale Beanspruchbarkeit unter Berücksichtigung von marktbedingten Rücksetzungen des Lastreglers, der notwendigen Vorhaltung von Primär- und Sekundärregelleistung sowie Minutenreserve als auch Dampfanzapfungen für Fernwärmeauskopplung berechnet.

Daraus ergaben sich dann Hinweise auf Optimierungspotentiale der Fahrweise der Anlage, welche allerdings nur im unteren einstelligen Prozentbereich lagen,

da die Anlage bereits eher nahe am möglichen Maximum der Beanspruchbarkeit gefahren wird.

Als Fazit ergaben sich mehrere Vorschläge zur Optimierung und weiteren Vorgehensweise. Insbesondere das Beheben der Mängel, die im Prozessablauf aufgefallen waren, und die Verbesserung der Kommunikationsabläufe der beteiligten Abteilungen und Mitarbeiter, würden den Prozess jedoch schlanker gestalten, Mitarbeiter entlasten die Motivation der Mitarbeiter somit erhöhen.

21

Erweiterung der Analysemöglichkeiten eines akustischen Leckageüberwachung-Systems in Braunkohle gefeuerten Dampfkesselanlagen als Bewertungsgrundlage für den technisch und wirtschaftlich optimalen Abfahrzeitpunkt

Benedikt Freermann B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Alexander Loup M. Sc.
Datum des Kolloquiums:	28. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	RWE Power AG Kraftwerk Neurath Energiestraße 101 41517 Grevenbroich Abteilung POF-AA Apparate-, Kessel-, Fördertechnik

Das Ziel der RWE Power AG ist es, als zuverlässiger Partner der Energiewende eine stabile und witterungsunabhängige Stromversorgung zu gewährleisten. Dazu ist eine hohe Verfügbarkeit von der Sparte Braunkohle-Kraftwerken erforderlich.

Zur rechtzeitigen Detektion von Kesselschäden, ist an den 1100 MW Blöcken F & G im Kraftwerk Neurath eine akustische Leckageüberwachung installiert worden, welche auftretende Kesselschäden frühzeitig erkennt. Diese besteht aus 51 Mikrofonen, welche über die gesamte Höhe des Kessels angeordnet sind. Bei einem Schadensereignis tritt Wasser oder Dampf mit hoher Geschwindigkeit aus. Dies bewirkt einen Anstieg des Schallpegels im Kessel. Das Medium steht unter einem sehr hohen Druck von bis zu 263 bar.

Das Erkennen und Bewerten von Schäden am Druckteil von braunkohlegefeuerten Kraftwerksanlagen, ist für die Bestimmung des technisch und wirtschaftlich optimalen Abfahrzeitpunktes von großer Bedeutung. Hierzu wurden bereits in vorherigen wissenschaftlichen Arbeiten erste Optimierungsansätze diskutiert

Die Erweiterung dieser Ansätze im Rahmen dieser Arbeit, ermöglichen eine einheitliche Bewertung und somit einen standardisierten Entscheidungsprozess. Dazu erfolgte eine erneute IST-Aufnahme des Überwachungssystems sowie eine Diskussion möglicher Visualisierungssysteme, Bewertungskennzahlen (KPI) und zusätzlicher Bewertungsparameter. Als Ergebnis stehen belastbarere KPIs, die durch optimierte Referenzzeiträume in der Aussagkraft gestärkt wurden. Zur Untermauerung wurde der KPI auf Erweiterung von Daten überprüft und in seiner Aussagekraft bestätigt. Dieser detektiert eindeutig Kesselschäden. Anhand dieser Ergebnisse wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt drei Schäden detektiert. Einer von diesen wurde beobachtet und die Anlage zum optimalen technischen und wirtschaftlichen Abfahrzeitpunkt heruntergefahren. Es konnte ein größerer Schaden verhindert werden.

Durch eine verbesserte Visualisierung in SR::EPOS lassen sich die KPI darstellen. Durch Balkendiagramme ist für jedes Mikrofon eine schnelle und übersichtliche Bewertung umgesetzt.

Diese Visualisierung ist nun ein Bestandteil im SR::EPOS und wird genutzt. Des Weiteren wurden Grundlagen für ein mögliches automatisiertes Alarmierungssystem in SR::EPOS und zukünftig auch in der Meldefolgeanzeige (MFA) in der Siemens T3000 Leittechnik erstellt.
Die weiteren Erkenntnisse in dieser Arbeit zeigen, dass die Frequenzanalysen der Mikrofone weiter zu forcieren sind. Insbesondere kann ein Nutzen dieser in der Schadensermittlung und Bewertung eindeutig identifiziert werden.

Zukünftig sollte die Optimierung des Leckageüberwachung-Systems weiter fortgeführt werden, da noch weitere Potenziale, wie die Ortung von Kesselschäden unter Beeinflussung des Frequenzspektrums, bestehen. Die Daten des Frequenzspektrums aus der Greenbank Software sollten dauerhaft gespeichert und für andere Systeme nutzbar gemacht werden, wie beispielsweise für SR::SPC, um die Aussagkraft der KPI noch zu erhöhen.

22

Development of Pico Hydropower Plants in Colombia

Robert Fritz B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	13. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Energietechnik

Hydropower is an old and well-known technology all over the world and therefore well-developed in the industry and developing countries. It's a nearly inexhaustible power source with a production of zero emissions, but the limit in the large hydropower sector will be reached one day. The concentration should also be focused on smaller and Pico Hydropower Plants (PHPP).

This bachelor thesis gives an overview of the development of PHPP's in Colombia. It was noted that Colombia wants to expand in renewable energies, in on- and off-grid areas. For this purpose, the Colombian government set the goal to increase the amount of renweable energies in the electricity production till 2020 to 6.5 %. Also economic incentives were created to make an investment more attractive in the field of renewable energies and so in pico hydropower.

The thesis begins with an overview of the current situation in Colombia's energy market. Afterwards, it is discussed which impact the weather phenomenon El Niño in Colombia can have, and how strong the influence of this impact is to the national hydropower production. It is also a general overview created, about what components a PHPP consists of. Components like the turbine and generator are rated for there use in a PHPP. And for the optimal operation of such a system, an energy management system is discussed, which allows the inclusion of other renewable energy sources and an energy storage. To install these components, an alternative powerhouse is modulated, to see in the figure. It is shown that a 10 ft. shipping-container could provide sufficient space for the installation.

Fig 1: Pico Hydropower Plant

Furthermore, with a Geographic Information System (GIS) streamlines are created to demonstrate the great potential in Colombia. Because of the lack of maps, only the simulation of a small part of the Antioquia department is possible. But it was nevertheless sufficient to demonstrate the potential in the department and on an example.

Finally, a break-even analysis was carried out which showed that the operation of a PHPP is worth under certain conditions, and tthe return on investist about 5 years and less. That showed that a PHPP is a promising investment in on- and off-grid areas in Colombia.

23

Entwicklung von Optimierungskonzepten für die Wärme- und Kälteerzeugung am Beispiel eines Industrieunternehmens

Christoph Fründ B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Jens Willmes M.-Eng.
Datum des Kolloquiums:	13. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	Ingenieur GmbH Schmidt und Willmes

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung von Optimierungskonzepten für die Wärme- und Kälteerzeugung. Dazu wurde der Bestand aufgenommen und es wurden Grundriss und Schema gezeichnet. Des Weiteren wurden im Bestand Messungen vorgenommen und die Messwerte der Firma ausgewertet, um die bestehende Anlage beurteilen zu können. Im Anschluss wurden zwei Konzepte erarbeitet und wirtschaftlich verglichen. Auf dieser Basis wurde eine Empfehlung abgegeben.

Aus den Messwerten wurden hauptsächlich zwei Erkenntnisse gewonnen: Zum ersten haben die beiden Blockheizkraftwerke einen niedrigen Nutzungsgrad. Bei der erzeugten elektrischen Energie ist die dazu gemessene thermische Energie zu gering. Im Gespräch mit den Technikern der Firma stellte sich heraus, dass die Blockheizkraftwerke notgekühlt werden müssen. Dies ist notwendig da die Blockheizkraftwerke stromgeführt betrieben werden, es muss also notgekühlt werden, wenn die Wärmeenergie nicht abgeführt wird. Dadurch ist die gemessene Wärmeenergie so gering.

Die zweite Erkenntnis ist, dass die im Bestand befindlichen Absorptionskältemaschinen eine geringe Leistungszahl besitzen. Die gemessene Leistungszahl liegt bei 0,3. Bei Absorptionskältemaschinen dieser Bauart ist eine Leistungszahl zwischen 0,6 und 0,8 zu erwarten und der Hersteller gibt eine Leistungszahl von 0,7 an. Das bedeutet, dass ein effizienter Betrieb der Absorptionskälteanlage einer Überprüfung und Einregulierung der Anlage durch den Hersteller bedarf, insbesondere im Zusammenhang mit dem Blockheizkraftwerk.

Das erste Optimierungskonzept sieht vor, dass bis auf das Öl-Blockheizkraftwerk die bestehenden Erzeuger weiter genutzt werden. Es sollen aber vorher der Betrieb und das Zusammenarbeiten der Maschinen angepasst werden. Das Gas-Blockheizkraftwerk soll ganzjährig so betrieben werden, dass nicht notgekühlt werden muss. Die beiden Absorptionskältemaschinen sollen überprüft und vom Hersteller auf die Gegebenheiten eingestellt werden. Der Betrieb von Blockheizkraftwerk und Absorptionskälteanlage wird aufeinander abgestimmt. Die Kompressionskälte unterstützt die Absorptionskälte und wird im Winter einen geringen Anteil der Kälteenergie über passives Kühlen generieren.

Das zweite Optimierungskonzept beabsichtigt, das Blockheizkraftwerk wärmegeführt zu betreiben. Das bedeutet, dass das Blockheizkraftwerk nur im Winter betrieben wird, wenn die thermische Energie benötigt wird, im Sommer jedoch nicht. Der Niedertemperaturkessel soll die restliche Energie erzeugen. Die Kälteenergie wird nur durch Kompressionskältemaschinen erzeugt. Dadurch kann im Winter durch die passive Kühlung elektrische Energie eingespart werden. Durch die Kompressionskälte gibt es keine Abhängigkeit zwischen Wärme- und Kälteerzeugung, das macht das System schlank und einfach.

Empfohlen wird das zweite Konzept, weil die Energieerzeuger nicht voneinander abhängig sind und gut ausbaubar.
In Anbetracht der großen Mengen an elektrischer Energie, die bezogen werden muss, sollte mit dem Energieversorger ein günstigerer Strompreis ausgehandelt werden.

Des Weiteren sollte, um die Energiekosten zu senken, über eine elektrische Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien (z.B. Photovoltaik) nachgedacht werden. Dadurch kann die elektrische Energie, die aus dem Netz bezogen werden muss, gesenkt werden.

24

Design of a photovoltaic system for a school in Morris, Minnesota

Britta Füngers B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	11. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

The burning of fossil fuels leads to the emission of greenhouse gases into the atmosphere which contribute to global warming and thus to the climate change. To counteract this, the expansions of renewable energy sources are necessary. Photovoltaics play an important role in this process as they allow the emission-free conversion of solar energy into electrical energy.

The aim of this thesis is to explain the functionality of a photovoltaic system, the different planning methods and the legal framework, in order to simulate a suitable photovoltaic system for the school in Morris, Minnesota and thus to answer the question of how large the suitable solar potential for the school in Morris, Minnesota is, under consideration of the legal framework and the profitability.

In order to answer the research question, the work is separated into two parts. In the first part the basics of photovoltaics are explained, including the passage of solar radiation through the atmosphere, the functionality of a photovoltaic system based on semiconductor theory, the different planning methods and the legal framework in the state of Minnesota.
In the second part, a photovoltaic simulation program was used to simulate two different photovoltaic options for the school in Morris, Minnesota.

The first option deals with a photovoltaic system where, if possible, the generated electricity is completely consumed by the school itself and the second option deals with a photovoltaic system where, if possible, the entire available roof area is covered. Finally, a profitability calculation was prepared for both options.

In the first option a 120 kWp system and in the second option a 1,473 kWp system was simulated. Figure 1 shows the top view of the school in Morris Minnesota. The dark grey area shows, as an example, the roof coverage of a 120 kWp photovoltaic system.

It is in both options a free standing photovoltaic system. The crystalline silicon modules are directed to the south with an azimuth angle of 180 degrees and an inclination of 15 degrees. The global in-plane irradiation is 1,605 kWh / kWp

Fig. 1: Roof coverage (dark grey) of the school for a 120 kWp photovoltaic system

per year, but it is reduced by system losses of 18.4 %. The system losses are terrain shading, radiation losses, conversion losses, cable losses, maintenance losses and failure losses. After deducting the losses from the global in-plane irradiation, the specific electricity output is 1,310 kWh / kWp per year. Thus, the first option has an annual average electricity production of 157.2 MWh per year, of which 99.5% can be used as self-consumption and the second option has an annual average electricity production of 1,929.3 MWh per year, of which 50.4% can be used as self-consumption. The self-consumption of the generated electricity results in savings of $ 357,519.94 for the 120 kWp system and $ 2,224,573.49 for the 1,473 kWp system after 20 years due to the average electricity procurement costs of approximately $ 0.116 / kWh. The 120 kWp system compensates the overproduction of 0.5% of the average electricity production with a rate equal to the base avoided costs of $ 0.02392 / kWh, resulting in revenues of $ 335.45. On the other hand, the 1,473 kWp system with an overproduction of 49.6% of the average electricity production does not generate any revenues. The reason for this is, the missing net energy billing rate for systems with an installed capacity greater than 1,000 kW. In case of systems with an installed capacity of more than 40 kW, the average retail utility energy rate is $ 0 / kWh and for systems with an installed capacity of more than 1,000 kW, the overproduction is not compensated by a rate equal to the avoided costs.

The results of the profitability calculation show that both systems amortize themselves, but the amortization time for the 120 kWp system is 8.58 years and the 1.473 kWp system needs 5.13 years longer. After 20 years, the 1,473 kWp system makes a profit of $ 577,855.2, which is only $ 398,869.4 more than for the 120 kWp system.

The results of the calculations of the amortization time show that all systems between the 120 kWp system and the 1,473 kWp system amortize themselves. The above mentioned reasons lead to the conclusion that a suitable solar potential for the school is a system with a power of less than 1,000 kWp. However, it must be taken into account that German prices were used for the profitability calculation and possible interest on a loan was not considered in the calculation.

25

Variantenuntersuchung zur Kälteerzeugung der Kläranlage „Bielefeld Heepen“ unter ökologischen und ökonomischen Aspekten

Henning Gast M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Jürgen Ehrenreich
Datum des Kolloquiums:	5. Februar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	Kirchner Gebäudetechnik GmbH

Die Masterarbeit behandelt die wirtschaftliche Untersuchung verschiedener Kälteerzeugungsanlagen nach VDI 2067 sowie einem ökologischen Vergleich. Die untersuchten Varianten unterscheiden sich in zentraler und dezentraler Anordnung der Kälteerzeugungsanlagen speziell zwischen Varianten mit Kompressionskältemaschine und Absorptionskältemaschine in Kombination mit Kompressionskältemaschine.

Bei der Ermittlung des Kältebedarfes wird unter anderem die VDI 2078 / 6007 zur Simulation der Kühllast und der Erstellung des Lastganges des Kältebedarfes herangezogen. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zeigt, dass die dezentrale Kälteerzeugung ohne Fernkälte einer zentralisierten Kälteerzeugungsanlage sowie einer Kälteerzeugungsanlagen mit Absorptionskältemaschinen, unter Berücksichtigung der in der Liegenschaft „Klärwerk Bielefeld Heepen“ herrschenden Parameter, vorzuziehen ist. Der ökologische Vergleich ergibt, dass eine Zentralisierung der Kälteerzeugungsanlage mit Absorptionskältemaschine eine geringere CO_2-Emission hat und einer konventionellen Kälteerzeugung vorzuziehen ist.

26

Konzeptanalyse zur Umlegung eines Umspannwerks 110/10 kV in Monheim am Rhein

Philipp Gau M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	20. März 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Netzingenieur Strom
In Kooperation mit:	MEGA Monheimer Elektrizitäts- und Gasversorgung GmbH, Monheim am Rhein

Die Stadt Monheim am Rhein hat die MEGA beauftragt Konzepte zu ent-wickeln den Netzanschluss von dem übergelagerten Netzbetreiber West-netz GmbH zu verlegen. Durch die wirtschaftlich gute Lage in der Stadt Monheims werden einige Bauprojekte umgesetzt. Dazu gehören insbe-sondere der Glasfaserausbau und die Erschließung vieler Wohn- sowie Gewerbeflächen. Der Verdichtung der Innenstadt Monheims und die Erschließung bisher nicht genutzter Flächen wird hierbei eine große Rolle zugeordnet.

Die zentral gelegene UA hat eine Fläche von 4.154 m² und könnte zum Teil für Stadtentwicklungsmaßnahmen anderweitig genutzt werden. Weiterhin befindet sich die Freileitungstrasse für den Netzan-schluss einer der Umspannanlagen (UA) über bisher landwirtschaftlich ge-nutzten Flächen. Auch diese haben nach städtebaulicher Sicht hohes Entwicklungspotential. Außerdem sollen altersbedingt die Schaltanlagen in der UA in den nächsten Jahren erneuert werden.

Es wurden insgesamt drei Konzepte analysiert. In zwei von drei Konzepten soll die UA an den Stadtrand verlegt werden. Dabei sind einige Kriterien, wie Lage, Größe der Fläche, Genehmigungen, Betrachtung der Wasserschutzzonen oder Hochwasserrisiko bei der Standortwahl zu berücksichtigen. Bei der ersten Variante soll die UA verlegt werden und auf der Fläche der aktuellen UA soll eine Schwerpunktstation errichtet werden. Die Idee sind wenige Kabel vom neuen zum alten Standort zu verlegen und damit einen geringen Planungsaufwand zu haben. Dadurch muss jedoch eine Schwerpunkstation mit insgesamt 26 Schaltfeldern errichtet werden. Am neuen Standort müssen sechs Abgangsfelder zur Anbindung an die Schwerpunktstation errichtet werden.

Das zweite Konzept verfolgt die Idee das 10-kV-Netz vom neuen Standort mit einer Zielnetzplanung an das bestehende Mittelspannungsnetz anzubinden. Dazu ist eine Last- und Kurzschlussberechnung durchgeführt worden. Insgesamt werden ca. 5,3 km Kabel neuverlegt und neue Kabelstränge entstehen. Durch diese Zielnetzplanung konnte von derzeit 19 auf 12 Schaltfelder minimiert werden. An dem alten Standort soll lediglich ein 10-kV-Verteilerschrank verbleiben.

Das Dritte Konzept ist die Erdverkabelung der 110-kV-Freileitung. Dadurch würde die Fläche unterhalb der Freileitung durch eine Bebauung genutzt werden

können. Das Grundstück der UA in der Stadt würde allerdings verbleiben und die Schaltanlagen müssten erneuert werden.
Zu den ganzen Planungen wurde nach heutigem Standard eine Risikobewertung nach dem Informations-Sicherheits-Management-System (ISMS) nach der DIN ISO/IEC 27001 durchgeführt.

Nach einer Wirtschaftlichkeitsrechnung ist die Erdverkabelung der 110-kV-Trasse die günstigste Variante. Sie wird jedoch aufgrund des nicht Er-füllens der Freilegung der Fläche der alten UA und den schwierigen Ge-nehmigungsverfahren, sowie der Herausforderung eine geeignete Trasse zu finden, als keine gute Option angesehen. Die Variante der Zielnetzplanung wird klar favorisiert. Sie ist um etwa 11% günstiger im Vergleich zur Variante mit Schwerpunktstation. Außerdem werden weniger Schaltfelder benötigt.

Als nächsten Schritt werden die Konzepte der Stadt Monheim am Rhein vorgestellt, es werden Handlungsempfehlungen gegeben und es soll die Entscheidung mit der Geschäftsführung MEGA und der Stadt getroffen werden, welches Konzept weiterverfolgt werden soll.
Mein besonderer Dank geht an Herr Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter. Mit sei-ner Vorlesung „Managementtechniken“ hat er mich sehr inspiriert und konnte mich fürs Leben prägen!

27

Erstellung eines Energiekonzeptes für ein Auflieger-Produktionswerk. Überprüfung der Wirtschaftlichkeit für die Heizung,- Kälte,- und Stromversorgung unter Berücksichtigung der werksspezifischen Anforderungen

Tobias Gilles B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	2. November 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH

Ziel der Ausarbeitung war die Analyse der Wirtschaftlichkeit der zu betrachtenden Varianten eines Energiekonzeptes für eine Liegenschaft mit einer gesamten Bebauungsfläche von 42.859m². Schwerpunkt bei den betrachteten Varianten des Konzeptes war die Einbindung einer Biogasanlage eines ansässigen Landwirtes. Durch Zugeständnisse während des Bauvorgenehmigungsverfahrens seitens des Auftraggebers an den Landwirt, seine Fernwärme abzunehmen, galt es dies zu berücksichtigen. Zwei BHKWs werden durch den Landwirt aktuell betrieben, eines mit 360 kW und eines mit 265 kW.

Weiterhin hat sich in der Planung herausgestellt, dass der Landwirt durchaus bereit wäre ein weiteres BHKW mit einer Leistung von bis zu 500 kW zu installieren.
Es galt, die Anforderungen seitens der Gesetzgebung zu erfassen, umzusetzen und nachzuweisen. Dabei von besonderem Interesse war die Erkenntnis, dass eine Gesetzesänderung im Bereich der EEG-Umlage unmittelbar bevorsteht: Die EU-Kommission verabschiedete am 22.08.2018 die Neuregelung der EEG-Umlage auf Eigenstromverwendung in dem Dokument SA.49522 „Reductions on EEG-surcharges for self-supply of electricity in high energy efficient cogene-ration installations that entered into operation after July 2014“. Darin steht, dass für alle Anlagenbetreiber, die KWK-Anlagen unter 1 MW elektrischer Leistung betreiben, für die Eigenstromverwendung wieder eine EEG-Umlage in Höhe von nur 40% zu entrichten sei. Gleiches soll für Betreiber von KWK-Anlagen mit elektrischen Leistung über 10 MW gelten.

Lediglich KWK-Anlagen, die seit dem 01.08.2014 errichtet wurden bzw. zukünftig errichtet werden und eine elektrische Leistung von 1 MW bis 10 MW aufweisen, betreffen die Änderungen gemäß SA.49522. Betreiber solcher KWK-Anlagen entrichten eine 40%-ige EEG-Umlage nur unter der Prämisse, dass die KWK-Neuanlage weniger als 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr läuft. Weist die KWK-Anlage eine höhere jährliche Nutzungsdauer auf, so steigt die durchschnittlich erhobene EEG-Umlage kontinuierlich an. Bei mehr als 7.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr wird die volle EEG-Umlage fällig.

Weiterhin wurden die thermischen und elektrischen Bedarfe der Liegenschaft erfasst und in Form von geordneten Jahresdauerlinien, wie in den Abbildungen ersichtlich, dargestellt.

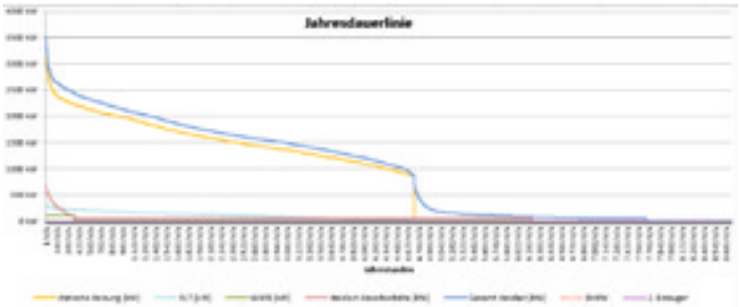


Abb. 1: Der gesamte thermische Bedarf wurde mit 8.437.389kWh/a ermittelt.

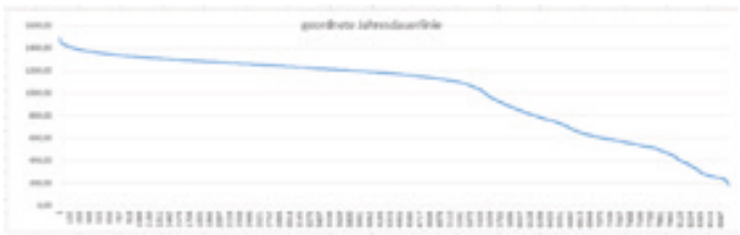


Abb. 2: Der gesamte elektrische Bedarf der Liegenschaft belief sich auf 8.854.907kWh/a.

Die Deckung der Bedarfe sowie die Einhaltung der Anforderungen seitens der Gesetzgebung wurden anschließend in verschiedensten Varianten betrachtet, ausgewertet und im Anschluss einer Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode, gem. der VDI2067, unterzogen.

Dabei stellte sich heraus, dass ein Energiemix wie er in der Variante 2 betrachtet wurde die besten Ergebnisse erzielt.

- Abnahme von 3.329.019kWh Nahwärme durch die KWK-Anlage der Biogasanlage der Landwirtes bei einer angegebenen Spitzenleistung von 1125kW
- Ergänzt durch zwei eigene BHKWs, die mit Erdgas (H) betrieben werden und mit einer Leistung von 1070kW die Grundlast bedienen. Die BHKWs wurden in dieser Variante einer Leistungsreduktion unterzogen und laufen nur bei 91% ihrer ursprünglichen Leistung, um so die Obergrenze von 1MW elektrisch nicht zu erreichen, und somit nur die verminderte EEG- Umlage entrichten zu müssen.
- Als Redundanz und zum Abdecken der Spitzenlast wurden zwei Spitzenlastkessel mit einer gesamten Leistung von 2000kW eingeplant.

Mit dieser Kombination lässt sich ein Primärenergiefaktor von 0,15 erreichen, das EEWärmeG wird durch einen Deckungsanteil KWK von 57,9% erfüllt und es lassen sich 7.193h Stromstunden für die Eigennutzung sowie 1.920h Stromeinspeisung pro Jahr erzielen.

Die Jahresgesamtkosten in dieser Variante belaufen sich auf -969.388€/a und bilden im direkten Vergleich mit den anderen Varianten die kostengünstigste Variante.

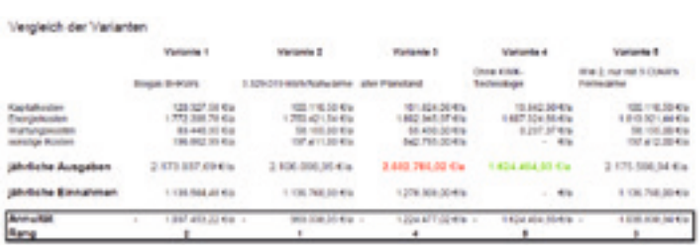


Abb. 3: Vergleich der Varianten

28

Varianten zur weitergehenden Reinigung des Kläranlagenabflusses und der Mischwasserabschläge in einem Retentionsbodenfilter in Raesfeld

Lukas Gövert B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Manfred Rummler
Datum des Kolloquiums:	4. April 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Rummler + Hartmann GmbH, Havixbeck

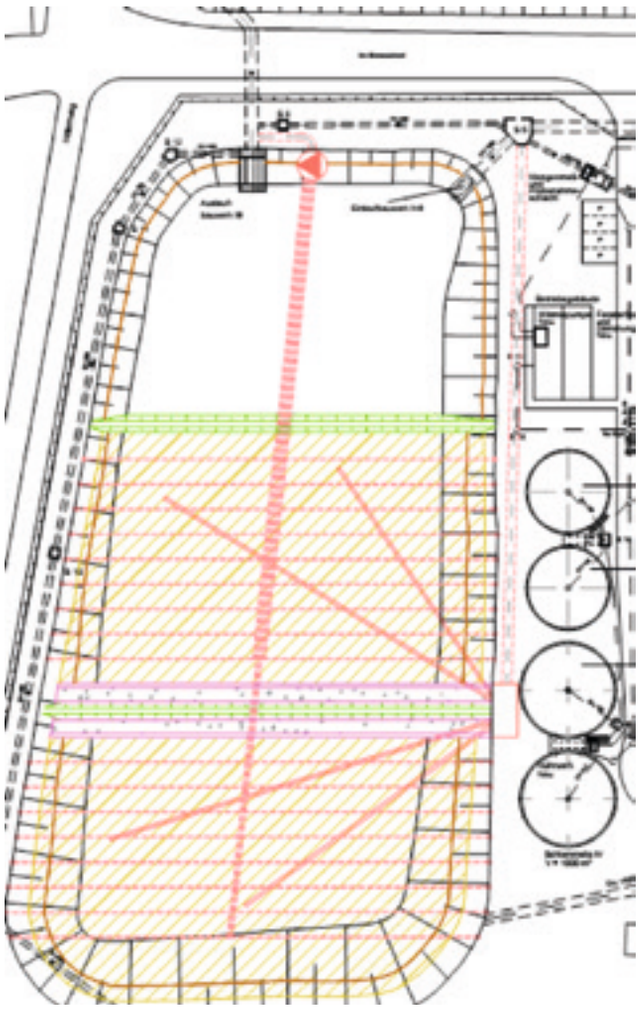
Belastungen von Fließgewässern entstehen wesentlich durch punktuelle Abschläge aus der Trenn- und Mischwasserkanalisation sowie durch Kläranlagenabläufe. Dabei stehen neben Nähr- und Zehrstoffen zunehmend Spurenstoffe im Fokus. Um die Belastung in Gewässern zu verringern, wird in verschiedenen Anwendungsbereichen nach Möglichkeiten zur Reduzierung der Einleitfrachten geforscht.

Damit nachhaltig die Gewässergüte verbessert wird, ist eine Elimination von Nähr- und Zehrstoffen sowie der Spurenstoffe notwendig. Um diese Ziele zu erreichen werden vermehrt Re-tentionsbodenfilter eingesetzt. Retentionsbodenfilteranlagen bieten eine Kombination aus Rückhaltung und weitergehender Behandlung von Mischwasserabschlägen.

Die Gemeinde Raesfeld in Nordrhein-Westfalen ist zu einer Verlängerung der auslaufenden Einleitungserlaubnisse der kommunalen Kläranlage und der Abschläge des Regenüberlaufbeckens in den Löchter Mühlenbach, verpflichtet. Hierbei ist auch eine mögliche Erweiterung der Kläranlage zur weitergehenden Spurenstoffelimination, zu berücksichtigen. Darüber hin-aus, sind geeignete Konzepte zur Behandlung und Retention der Mischwasserabschläge zu erstellen. Die Möglichkeiten der Mischwasserbehandlung durch einen Retentionsbodenfilter ist maßgeblicher Bestandteil der Bachelorarbeit.

Zu Beginn erfolgte eine allgemeine Beschreibung zum Stand des Wissens über die Wirkung von Retentionsbodenfiltern. Anschließend wurde konkret ein Retentionsbodenfilter zur Behandlung der Mischwasserabschläge in Raesfeld geplant. Die Ergebnisse sind die Voraussetzungen für die Bemessung und Auslegung von zwei weiteren Varianten zur kombinierten weitergehenden Behandlung des Kläranlagenabflusses. Zum einen wird der gesamte Kläranlagenabfluss bei Trockenwetter über den Retentionsbodenfilter geleitet. Zum anderen wird der Kläranlagenabfluss über nachgeschaltete Behälter, mit Ferrosorp, ein auf Eisenhydroxid basierendes Fil-tergranulat und Aktivkohle, geleitet. Bei beiden Varianten ist die Elimination von Spurenstoffen aus dem Abwasser das Ziel.

Für die Gemeinde Raesfeld lässt sich eine Umnutzung des Schönungsteiches zu einem Retentionsbodenfilter empfehlen (siehe Abbildung). Über den Retentionsbodenfilter sollten zur weitergehenden Behandlung die Mischwasserabschläge und der Kläranlagenabfluss geleitet werden. Eine nachgeschaltete Behandlung in Adsorptionsbehältern ist vorzusehen.



Durch die geplante Maßnahme erfolgt eine Reduktion der eingeleiteten Frachten in den Löchter Mühlenbach. Die Gewässergüte wird dadurch nachhaltig verbessert. Durch die anteilige Erstattung der Investitionskosten über die Abwasserabgabe, kann so diese innovative vierte Reinigungsstu-fe kostengünstig erstellt werden.

29

Validierung unterschiedlicher Testbeispiele aus der VDI 6020 mittels EnergyPlus

Markus Graf M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	24. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude, Umwelttechnik

Durch den sich stetig weiterentwickelnden Einsatz elektronischer Datenverarbeitung (EDV) ergeben sich Möglichkeiten immer genauerer Berechnungsverfahren für die Planung und Dimensionierung haustechnischer Anlagen, beispielsweise zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden oder auch zur Prüfung der Behaglichkeit. Die Berechnungen erfolgen unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen durch innere und äußere Einflüsse auf das Gebäude. Wer die technische Gebäudeausrüstung plant, hat die Möglichkeit, auf computergestützte Berechnungsverfahren (Simulationsprogramme für die thermische Gebäudesimulation) zurückzugreifen.

Die Richtlinie VDI 6020 „Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation“ legt in Deutschland die Anforderungen an thermisch- energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation fest.
Ziel der Arbeit war es, die Berechnungsergebnisse des amerikanischen Simulationsprogramms EnergyPlus mit den Ergebnissen ausgewählter Berechnungsbeispiele (Testbeispiele) der VDI 6020 zu vergleichen und die Möglichkeit einer Validierung dieser Software zu prüfen.

Die in der VDI 6020 vorhandenen Testbeispiele sind durch detaillierte Angaben und die mitgelieferten Eingabeparameter ausführlich beschrieben. Die untersuchten Testbeispiele lieferten mit EnergyPlus plausible Simulationsergebnisse, jedoch zeigten sich in einigen Testbeispielen geringere oder auch größere Abweichungen zur VDI 6020. Zusammenfassend zeigte sich für die untersuchten Testbeispiele 1 bis 4 (Beurteilung von Raumreaktionen eines Raummodells unter Einfluss einer inneren konvektiven oder strahlenden Wärmequelle für den Typraum S und L der alten VDI 2078 unter konstanter Außenlufttemperatur ohne Sonnenstrahlung), dass die Raumluft- und operativen Temperaturverläufe nahezu äquivalent sind. Jedoch ist der Wärmeverlust über die Außenwand und über das Fenster höher als in der VDI 6020, da der Strahlungsaustausch mit der Umgebung bei EnergyPlus nicht ausgeschaltet werden konnte, was im Ergebnis zu geringeren Raumlufttemperaturen führte.

Für die Testbeispiele 12 und 13 (Ganzjahressimulation für eine maximale Raumlufttemperatur von 24°C mit und ohne Beleuchtung) sowie für die Testbeispiele 16-1 und 16-2 (Ganzjahressimulation mit Fensterlüftung und -kühlung während

der Betriebszeit und einmal Kühlung mit Fensterlüftung auch außerhalb der Betriebszeit) waren die Ergebnisse fast identisch mit der VDI 6020 , was die nachfolgende Abbildung (Raumlufttemperatur am 11. August für Testbeispiel 16-2) zeigt.

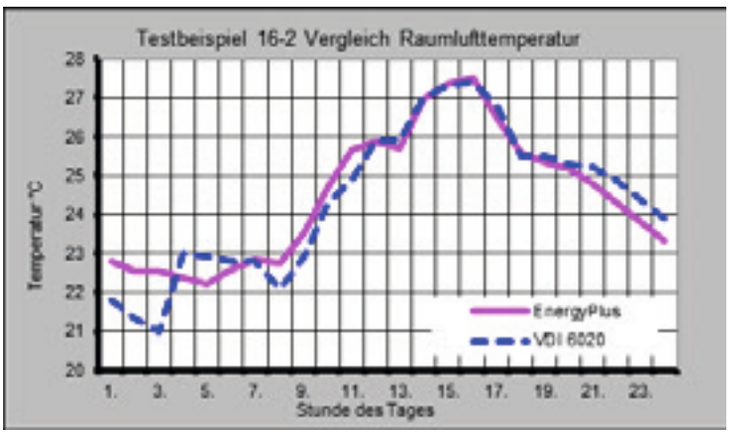


Abb. 1: Testbeispiel 16-2

Diese Testbeispiele konnten im Gegensatz zu den Testbeispielen 1 bis 4 validiert werden, da die Abweichungen innerhalb des zulässigen Grenzbereichs lagen.

30

Erweiterung und Optimierung eines landwirtschaftlichen Betriebes mit Biogasanlage, Gärrestbehandlung und weitgehender Kreislaufführung

Torben Grell M. ENg.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	20. Juli 2018
Master-Studiengang:	Master Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Jörg Nissing (Anlagenbetreiber)

Biomasse zählt zu den wichtigsten erneuerbaren Energieträgern in der BRD. Neben dem positiven Aspekt, der regenerativen Energieerzeugung, ergeben sich vor allem in der Gärresteausbringung Problemstellungen für die Betreiber. Laut Düngeverordnung dürfen nur 170 kg N/ha·a an organischem Stickstoff auf die Felder ausgebracht werden. Da diese Menge für das optimale Wachstum von zahlreichen Pflanzen nicht ausreicht, sind viele Bauern auf den Zukauf von mineralischem Dünger angewiesen. Der überschüssige organische Gärrest muss kostenintensiv sowie umweltbelastend (CO_2) abtransportiert werden.

Um sich dieser Problemstellung zu widmen, wurde ein nachhaltiges Konzept für die Erweiterung eines landwirtschaftlichen Betriebes prognostiziert.
Der untersuchte Betrieb wird seine Milchproduktion erweitern und die dadurch ansteigenden Stoffströme wurden ermittelt.
Besonderes Augenmerk galt dabei der Aufbereitung der Gärreste, um den Nährstoffkreislauf bestmöglich zu schließen und die Transportwürdigkeit der abzutransportierenden Masse zu erhöhen.

Zu Beginn der Arbeit wurde der untersuchte Hof einer Bestandsaufnahme unterzogen. Dabei wurden die betriebs- und prozessrelevanten Daten aufgenommen und evaluiert. Diese Anlagenstruktur ist die Basis für einen fundierten Vergleich mit dem neu erstellten Konzept.

Das vergorene Substrat aus dem Fermenter wurde doppelt mechanisch separiert und die Feststoffe abgetrennt. Die Proben wurden analysiert und die Ergebnisse in Bezug auf die Nährstoffverschiebung im Substrat ausgewertet. Die flüssige Phase der doppelten Separation wurde daraufhin in Kooperation mit dem Hersteller der Strippung, auf deren Einsatzfähigkeit untersucht. Durch die mehrstufige mechanische Separation nach dem Vergärungsprozess gelang es zum einen, die abgeschiedenen festen Phasen mit Nährstoffen (P_2O_5 und N) anzureichern und die Transportwürdigkeit zu steigern.

Zum anderen wird das flüssige Gärendprodukt mit wertvollem Kaliumoxid angereichert und durch den Betrieb der Strippung, ca. 80 % Ammoniak-Stickstoff ausgekoppelt. Da in der DÜV die Ausbringung von organischem Stickstoff begrenzt ist, kann durch das Strippverfahren dementsprechend mehr Masse an

Gärprodukt auf die eigenen Felder ausgebracht werden. Zur vollständigen Nährstoffsättigung der Pflanzen wird der dazu benötigte mineralische Dünger mittels der Strippung selbst hergestellt.

Auf dieser Grundlage wurde eine Prognose für das neue Konzept mit der Erweiterung des tierischen Bestandes erstellt. Dazu wurde eine auf Excel basierende Simulationssoftware erstellt um den dynamischen Betrieb möglichst realitätsnah zu simulieren. Die Ergebnisse dieser Simulation wurden mittels me.sankey, als Stoffstromdiagramme graphisch abgebildet. Die Diagramme enthalten die Massenströme des Substrats, deren Trockenrückstände sowie die im Substrat enthaltenen Nährstoffe, auf Basis der ausgewerteten Proben der durchgeführten Separierungen.

Durch die Erweiterung des tierischen Bestands und dem linearen Anstieg der Ausscheidungen, steigt ebenfalls die Gasausbeute der Biogasanlage. Diese wurde ermittelt und übersteigt die Kapazität des BHKW`s deutlich. Dementsprechend wurde eine neue Wärmeversorgungstruktur mit einem weiteren Wärmeerzeuger erstellt. Die Installation eines weiteren Wärmeerzeugers in der Kombination mit einem Nahwärmenetz ermöglicht die gesamte thermische Energieerschließung des Hofes (Fermenter, Stallreinigung, Wohnhaus und Strippung). Gleichzeitig steigt der Gesamtwirkungsgrad des BHKW`s, da die entstehende Wärme bei der Stromproduktion vollständig abgenommen werden kann.
Um ein ganzheitliches nachhaltiges Konzept zu vervollständigen, wurde mittels der Simulationssoftware PV SOL, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach des neuen Stalls ausgelegt.

Die erwähnten Vorteile des neuen Konzeptes tragen zu einer wesentlichen Reduzierung an CO_2-Emissionen und Betriebskosten bei. In Kombination mit einer PV-Anlage wird der Hof immer unabhängiger von einer externen Versorgungsquelle und äußeren Einflüssen auf den Betrieb. Einerseits wird durch das Nahwärmenetz und die PV-Anlage die Eigenversorgung an Energie stark gesteigert. Anderseits kann mehr Gärprodukt auf die umliegenden Felder ausgebracht sowie die Transportwege und -menge reduziert werden. Die CO_2-Emissionen werden durch die vorgestellten Maßnahmen um ca. 221 Tonnen CO_2 pro Jahr gesenkt.

Zum Abschluss dieser Arbeit wurde die (auf den tierischen Bestand angepasste) Bestandsaufnahme mit dem neuen Konzept wirtschaftlich verglichen. Dabei wurden alle Bereiche, bis auf die PV-Anlage erfasst. Eine dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis der Kapitalwertmethode wurde angefertigt und ergibt eine Amortisationszeit von 5,3 Jahren.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Aufbereitung von anfallenden Gärprodukten einen erheblichen ökologischen sowie wirtschaftlichen Vorteil bedeutet.

31

Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von Brennstoffzellensystemen für Einfamilienhäuser

Matthias Grotholt B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	B.Eng. Michael Sicking
Datum des Kolloquiums:	14. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	BWE Ingenieurgesellschaft mbH

In der heutigen Zeit wächst die Bevölkerung der Erde wie noch nie zuvor und mit ihr schreitet auch die Globalisierung der Länder voran. Mit der Globalisierung steht auch der Komfort der Menschen im Zusammenhang, wodurch der Energiebedarf in den einzelnen Ländern stetig steigt, um dies zu ermöglichen. Dabei sollte die Menschheit angesichts des fortschreitenden Abbaus der endlichen Rohstoffe deutlich gewissenhafter mit den ihr zu Verfügung gestellten Rohstoff-quellen umgehen, wenn diese auf endlichen Rohstoffen beruhen. Zusätzlich spielen auch ökologische Aspekte eine Rolle, um eine Begrenzung des Klimawandels zu erreichen. Angesichts dieser Tatsache setzen Länder wie Deutschland immer mehr auf neue und effizientere Energieerzeuger, sowie eine Energieproduktion aus erneuerbare Quellen, welche zudem durch einzelne Förderprogramme vom Staat gefördert werden.

In der Bachelorarbeit wurde die ökonomische Einsatzfähigkeit zweier unter-schiedlicher Brennstoffzellen in Kombination mit einem Spitzenlastkessel und einem Pufferspeicher anhand eines Einfamilienhauses untersucht, sowie deren Aufbau und Einsatzmöglichkeiten. Diese werden im Zusammenspiel mit einem Spitzenlastkessel als Energiezentrale von namenhaften Herstellern vermarktet. Dabei übernimmt die Energiezentrale die Aufgabe eines Block-heizkraftwerkes zur dezentralen Erzeugung von Strom und Wärme.

In einem Einfamilienhaus soll dieses die Grundlast decken und einen möglichst kontinuierlichen Betrieb vorweisen. Der Vorteil liegt in der effizienten Umwandlung des eingesetzten Brennstoffs in Strom und Wärme. Der Unterschied zu konventionellen Blockheizkraftwerken liegt im Umwand-lungsprozess des eingesetzten Brennstoffs, wobei eine chemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zur Erzeugung von elektrischen Gleichstrom unter Nutzung der anfallenden Abwärme zur Wärmeversorgung zum Einsatz kommt. Dabei besitzt das System einen besseren elektrischen Wirkungsgrad, sowie je nach eingesetzten Brennstoff geringere Emissionen.

Diese neue Technologie wird durch Förderungen wie dem Förderprogramm KfW 433 vom Staat unterstützt und soll den Markteinstieg der Brennstoff-zellentechnologie im Einfamilienhaus fördern. Zur ökonomischen Betrachtung der Brennstoffzelle im Einfamilienhaus wurde ein Excel Tool zur Erstellung variabler Wärme- und Stromlastprofile für ein Einfamilienhaus erstellt.

Mit Hilfe dieser Profile wurden Jahresdauerlinien für den Strom und Wärmeverbrauch des Einfamilienhauses mit unterschiedlichen Parametern erstellt. Mit Hilfe der Jahresdauerlinien für Strom und Wärme wurden die Anteile der Brennstoffzelle am gesamten jährli-chen Wärme- sowie Stromverbrauch des Einfamilienhauses ermittelt. Mit Hilfe der anteiligen Werte der Brennstoffzelle wurde anschließend die Betrachtung der ökonomische Vorteilhaftigkeit ermittelt.

32

Identifizierung von Optimierungspotentialen für die PARTSLIFE GmbH zum Auf- und Ausbau von Energiedienstleistungen unter Berücksichtigung eines Unternehmenskaufs

Frederik Haas M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Andreas Grübel
Datum des Kolloquiums:	22. Februar 2019
Masterstudiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Gebäudetechnik

Die PARTSLIFE GmbH wurde vom freien Autoteilemarkt als Umweltdienstleister gegründet. Das Unternehmen erfüllt gesetzliche Auflagen, die sich u.a. aus der Altautoverordnung, der fachgerechten Werkstattentsorgung und dem Verpackungsgesetz ergeben. In dieser Nische arbeitet der Betrieb sehr erfolgreich und konnte die Basis für eine Ausweitung ihres Dienstleistungsangebots erwirtschaften. Der Einstieg in das Segment Energiedienstleistungen erfolgte.

Seitens der Gesellschafter soll der Ausbau dieses Geschäftsfeldes forciert werden. Die Herausforderung ist unter den vielfältigen Energiedienstleistungen diejenigen zu identifizieren, die zum Unternehmen und seinen Rahmenbedingungen passen, sowie erfolgversprechend sind.

Dazu wurden die vier bestehenden Energiedienstleistungen Energieberatung, Implementierung und Aufrechterhaltung eines Energiemanagementsystems, das Energieaudit, der Verkauf von Energie und Medien, zusätzlich das Energiecontracting, die Errichtung von erneuerbaren Energietechniken sowie die Vernetzung von Energie- und Gebäudetechniken unter dem Aspekt des Smart-Meter Rollout systematisch analysiert und bewertet.

Dabei wurden gängige strategische und operative Verfahren beschrieben und unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile nach einem Punktesystem bewertet. Das ausgewählte Verfahren war die Situationsanalyse, welche durch mehrere Verfahren strukturiert, eine SWOT-Analyse erstellt. Die folgende Grafik verdeutlicht den Ablauf.

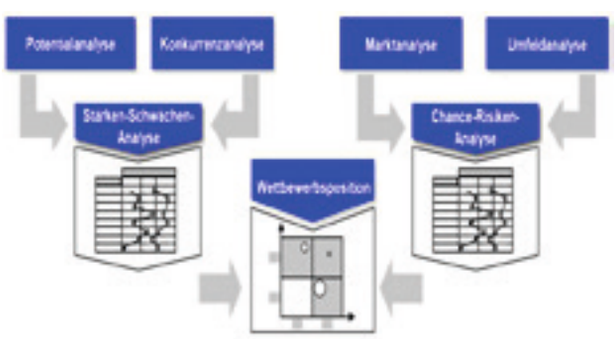


Abb. 1: Situationsanalyse

Im Rahmen der Untersuchung wurden eine Potential- und Konkurrenz-, eine Markt- und Kunden- sowie eine ganzheitliche Umweltanalyse durchgeführt. Die Bewertungen und Ergebnisse ergaben ein Stärken-Schwächen- sowie Chancen-Risiken Profil. Diese Profile wurden in der SWOT-Analyse aggregiert und die Stärken und Chancen der einzelnen Optionen in 12 Handlungsempfehlungen für das Unternehmen eruiert und stellen dabei die größten Potentiale für die Optimierung dar. Zum Abschluss wurden die ausgewählten Energiedienstleistungen in einem Chancen/Risiken-Schwächen/Stärken Diagramm visualisiert.

Abb. 2: Chancen-Risiken und Stärken-Schwächen Diagramm in Bezug auf das Unternehmen

Wachstumspotentiale werden in den drei Bestands-Dienstleistungen gesehen. Positiv bewertet werden die Chancen, die die Digitalisierung durch die Ergänzung bestehender Lösungen bietet. Als Beispiel sind hier die Weiterentwicklung der Entsorgungsplattform „POOL“ durch die sukzessive Einführung von Smart-Meter-Technologie zu nennen und der Nachweis der Energieeffizienz im Energie- und Analgenkataster bei zertifizierten Energiemanagementsystemen. Auch der Bereich der erneuerbaren Energietechniken unter Einbeziehung von Speichertechnologien wird sich weiterentwickeln und stellt ein großes Wachstumspotential dar. Die dezentrale Erzeugung wird zunehmen und die Technologie reifen.

Dasselbe gilt für den An- und Verkauf von Energie und Medien. In diesem Bereich gibt es nur eine Kooperation und kein tieferes Verständnis der Abläufe. Voraussichtlich eine geringe Wettbewerbssituation präferiert das virtuelle Kraftwerk und die Direktvermarktung, jedoch nicht das Energiecontracting. Diesbezüglich sind auch Partnering-Modelle bzw. strategische Kooperationen eine Option.

Die Unternehmensentscheidungen müssen entsprechend der vorhandenen Kompetenzen, den möglichen Ausweitungen durch Entwicklung zusätzlicher Kompetenzen, durch Zukäufe oder Kooperationen die künftigen Schwerpunkte festlegen. Die Schwäche der fehlenden Kapazitäten im Vertrieb kann durch Multiplikatoren wie die Werkstattsysteme, Handelsverbände und Einkaufskooperationen ausgeglichen werden.

Die grundlegenden Voraussetzungen des Unternehmens sind durch sein Netzwerk und die zu erwartenden politischen und gesellschaftlichen Präferenzen für die Sparte Energie positiv zu bewerten. Die PARTSLIFE GmbH und seine Gesellschafter haben ein hohes Interesse an der Entwicklung sowie der Diversifikation durch weitere Dienstleistungen. Insofern sollten die Chancen, die sich durch den Aus- und Aufbau von weiteren Energiedienstleistungen bieten, genutzt werden.

33

Maßnahmen zur Strukturgüteverbesserung und zum Hochwasser-schutz im Bereich der Aa in Herford

Katharina Hahn B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Wolfgang Klein
Datum des Kolloquiums:	10. April 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Wolfgang Klein, Allagen

Die Stadt Herford lud im Herbst 2017 zu der Auslobung „Herford ans Wasser“ ein. Es sollten Konzepte zur Umgestaltung der Innenstadt, im Besonderen entlang der Aa und Stadtgraben erstellt und eingereicht werden. Die Gewässer liegen in vielen Teilen der Stadt einige Meter unterhalb der Gehwege und Straßen, wodurch sie im Stadtbild kaum wahrgenommen werden.

Weiterhin sind sie durch Wehranlagen eingestaut und ökologisch nicht durchgängig. Wie durch den Namen „Herford ans Wasser“ bereits angedeutet, wurde von der Stadt Herford besonders das Ziel verfolgt, ihren Bürgern die städtischen Gewässer näher zu bringen. Aspekte wie die Einhaltung der Wasserrahmenrichtlinie und die Verbesserung des Hochwasserschutzes sollten ebenfalls beachtet werden.

Die wasserwirtschaftliche Problematik stellt sich wie folgt dar: Die stark verbauten und durch zwei Wehranlagen eingestauten Gewässer Aa und Stadtgraben sind durch die innenstadtnahe Lage extrem beengt. An vielen Stellen sind die Ufer durch Betonverschalungen gesichert und das Gewässerprofil als technisches Regelprofil ausgebaut. Die Wehranlagen, die in funktionalem Zusammenhang stehen, verursachen einen etwa 1,5 km langen Rückstau, der bei Hochwasser außerdem zum schnellen Ausufern und zu großflächigen Überschwemmungen im Stadtgebiet führt. Ein Rückbau der sanierungsbedürftigen Wehranlagen ist nicht ohne weiteres möglich, da die Standsicherheit der angrenzenden Bebauung durch das Absinken des Grundwasserspiegels gefährdet wäre. Eine Umbaumaßnahme muss somit auf kleinem Raum gewährleisten, dass die Ausuferungshäufigkeit reduziert wird, ohne den Grundwasserspiegel nachteilig zu beeinflussen.

In der Arbeit wurden drei mögliche Varianten aufgezeigt, und die fachlich beste Variante ermittelt, welche den Hochwasserschutz verbessert und die Durchgängigkeit herstellt, ohne durch einen absinkenden Grundwasserstand die Bebauung zu gefährden. Außerdem wurden die Strukturgüte der Aa sowie die Attraktivität und die Erlebbarkeit des Gewässers und seines Umfeldes verbessert. Die Erarbeitung der Varianten beinhaltete neben den zeichnerischen Darstellungen auch eine Hochwasserbetrachtung und eine erste Kostenermittlung.

34

Auswahl, Auslegung und Kombination von Speichertechnologien im sektorgekoppelten Betrieb

Christian Heinrich M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	8. Juni 2018
Master-Studiengang: Studienrichtung:	Technisches Management der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor Umwelttechnik (Wasserversorgung - Abwasser - Abfall - Immissionsschutz)

Der fortschreitende Ausbau der erneuerbaren Energien ist erforderlich, um das Ziel des Koalitionsvertrages der aktuellen deutschen Bundesregierung mit 65% regenerativer Energie am Bruttostromverbrauch im Jahre 2030 zu erreichen. Durch die zunehmende Anzahl fluktuierender Energieerzeuger wird die Diskrepanz zwischen Erzeugung und Bedarf weiter ansteigen. Die zeitliche Diskrepanz kann durch die Sektorenkopplung mit dem Einsatz von Speichertechnologien ausgeglichen werden.

Das Ziel der Masterarbeit war die Entwicklung eines Lösungsansatzes, der es ermöglicht, verschiedene sektorale und sektorgekoppelte Speichertechnologien unter praxisorientierten Bedingungen wirtschaftlich zu dimensionieren. Die Speicherauswahl in dieser Arbeit umfasste folgende der genannten Verfahren:

- Lithium-Ionen-Batterie (Power-to-Power-Verfahren),
- Redox-Flow-Batterie (Power-to-Power-Verfahren),
- PEM-Elektrolyseur (Power-to-Gas-Verfahren),
- PEM-Elektrolyseur und eine biogene Methanisierung (Power-to-Gas-Verfahren),
- Wärmepumpe (Power-to-Heat-Verfahren).

Der entwickelte Lösungsansatz wurde durch ein Tool zur wirtschaftlichen Dimensionierung (Speichertool) in einer Excel-basierten Applikation umgesetzt. Eine freie Veränderbarkeit der techno-ökonomischen Randbedingungen zeichnet das Speichertool aus. Für den späteren Anwender ist es mit wenigen Eingabeschritten und vordefinierten Randbedingungen möglich, eine wirtschaftliche Dimensionierung durchzuführen.

Zum Nachweis der Funktionsfähigkeit und zur Identifikation von Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit wurden verschiedene Anwendungsszenarien simuliert. Dabei wurde in den Szenarien sowohl die Erzeugungsleistung der Photovoltaik-Anlage als auch die Leistung der Speicher bei einem konstanten Jahresstrombedarf variiert. Die wirtschaftliche Dimensionierung wurde auf Grundlagen von Erzeugungs- und Bedarfsprofilen durchgeführt. Zur Abbildung des Bedarfs wurde das Standardlastprofil für Haushalte verwendet. Die Erzeugung wurde mit einem standortbezogenen Erzeugungsprofil einer Photovoltaik-Anlage abgebildet.

Die Auswertung der simulierten Varianten, unter Betrachtung der Speichergestehungskosten (siehe Abbildung 1), zeigte, dass die Lithium-Ionen-Batterie, mit niedrigen Investitionskosten und einem hohen Wirkungsgrad, unter den gegebenen Randbedingungen wirtschaftlich dimensioniert werden kann.

Die Redox-Flow-Batterie wies eine geringere Anzahl an wirtschaftlichen Varianten auf. Die höheren Installationskosten und der geringere Wirkungsgrad – im Vergleich zur Lithium-Ionen-Batterie – konnten in nur wenigen Varianten kompensiert werden. Ein veränderter Skalierungsfaktor zwischen der Speicherkapazität und -leistung erhöhte in der Folge die jährliche Speichermenge der Batterie und ermöglichte eine Amortisation innerhalb der Betriebsdauer.

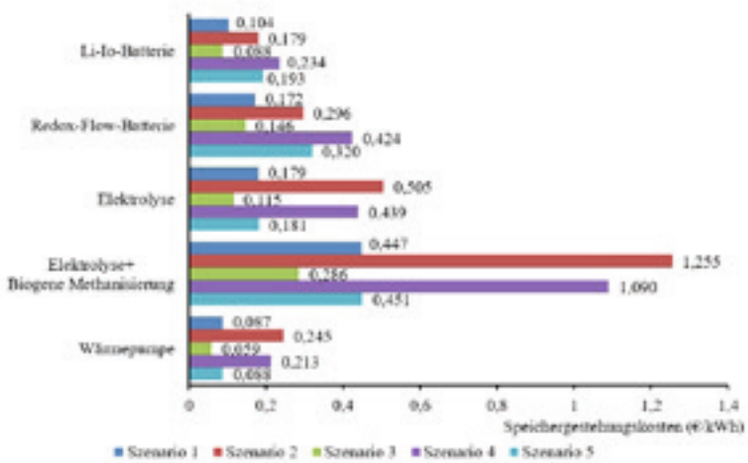


Abb. 1: Auswertung der Speichergestehungskosten je Speichertechnologie und Szenario.

Die Elektrolyse zeigte in den durchgeführten Berechnungen von allen betrachteten Speichertechnologien die höchste Anzahl an wirtschaftlichen Varianten. Die Elektrolyse in Kombination mit der biogenen Methanisierung hingegen brachte keine wirtschaftliche Variante hervor. Zu hohe Speichergestehungskosten konnten durch die Erlösmöglichkeiten nicht gedeckt werden. Eine Wirtschaftlichkeit kann zukünftig bei einer Degression der Investitionskosten und verbesserten Erlösmöglichkeiten erreicht werden. Für die Wärmepumpe zeigten die betrachteten Varianten ebenfalls keine Wirtschaftlichkeit im Einsatz als Speichertechnologie. Eine veränderte Betriebsweise mit Ausrichtung auf den regulären Heizbetrieb und dem ergänzenden Betrieb zur Aufnahme von Residuallasten kann aber eine wirtschaftliche Alternative darstellen.

Das Speichertool liefert zuverlässige Ergebnisse zur wirtschaftlichen Planung und Auslegung von sektoralen und sektorgekoppelten Speichertechnologien. Es besteht die Möglichkeit einer vollständigen Anpassung der techno-ökonomischen Randbedingungen zur Abbildung einer realen Praxissituation. Dennoch wurden bei der Entwicklung und der anschließenden Anwendung des Speichertools Optimierungspotentiale zur besseren Abbildung der realen Randbedingungen ermittelt. Als Optimierungspotential wird konkret die Erweiterung der Datenbasis der Erzeugungs- und Bedarfsdaten, die Aufnahme von Windenergieanlagen als regenerative Erzeugungsquelle und die Berücksichtigung der Stromnebenkosten vorgeschlagen.

35

Voraussetzungen für ein erfolgreiches Repowering des Bestands-Windparks Reinstedt-Ermsleben

Matthias Heinrichsmeier B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Wirt.-Ing. Marko Vogt
Datum des Kolloquiums:	19. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Eventus Wind GmbH

Im Zuge der Energiewende hat der Ausbau der Windenergienutzung über die letzten Jahre zugenommen. Um auch in Zukunft den Anteil der Windenergie am Strommix weiter zu erhöhen, müssen alte, leistungsschwache Windenergieanlagen (WEA) durch neue, leistungsstärkere ersetzt werden. Dieser Vorgang wird als Repowering bezeichnet. Mehr und mehr legen die Länder, Regionen und Kommunen ihre Gesetze, Grundsätze und Regeln auf dieses Konzept aus, um eine strukturierte Entwicklung und eine landschaftliche Entlastung zu erzielen.

In dieser Arbeit wurde untersucht, wie Repowering in Sachsen-Anhalt und konkret im Landkreis Harz gesteuert wird und unter welchen Rahmenbedingungen das Repowering-Vorhaben im Windpark Reinstedt-Ermsleben umgesetzt werden kann.

Anhand der planungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Grundlagen aus Baugesetzbuch (BauGB), Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), sowie der landesspezifischen Bauordnung (BauO) wurden zunächst die allgemein gültigen Bedingungen für Windkraft- bzw. Repowering-Vorhaben aufgezeigt. Als elementares Steuerungselement hat sich dabei der Planvorbehalt nach §35 (3) Satz 3 BauGB herausgestellt, der trotz Privilegierung der WEA im Außenbereich, durch Ausweisung von Vorranggebieten (VG), Eignungsgebieten (EG) und deren Kombination (VG/EG) eine Steuerung des Ausbaus ermöglicht.

Der Windpark Reinstedt-Ermsleben befindet sich innerhalb eines solchen VG/EG im Harzvorland bei der Stadt Falkenstein. Die Standortbeurteilung hat ergeben, dass es sich bei dem Gebiet um eine vom Regionalen Entwicklungsplan (REP) Harz ausgewiesene Konzentrationszone handelt. Sämtliche Schutzgebiete befinden sich dementsprechend in ausreichender Entfernung.

Der Bestands-Windpark besteht derzeit aus 36 WEA, von denen 21 WEA, aufgrund ihres Alters von 16 bzw. 18 Jahren, für ein Repowering-Projekt in Frage kommen. Nach der 2:1-Regel aus dem Landesentwicklungsgesetz (LEntwG) können dafür 10 neue WEA installiert werden. Die Eventus Wind GmbH plant nach einem Teil-Repowering von zunächst sechs WEA auch die restlichen 15 WEA zu ersetzen.

Dazu kommen die GE 5.3-158 und die V150-4.2 MW in Frage, die in etwa die gleichen Ausmaße aufweisen. Bei einem Repowering mit der GE-WEA würde der Energieertrag des gesamten Windparks verdoppelt werden und mit der Vestas-WEA würde er um 85 % steigen. Durch das Repowering sinken die Schallimmissionen, aufgrund langsamer drehender Rotoren, deutlich. Die Immissionsrichtwerte der Technischen Anleitung Lärm (TA-Lärm) können somit weiterhin eingehalten werden. Die maximale Beschattungsdauer wird jedoch häufiger überschritten als bisher, so dass es zukünftig vermehrt zu Schatten-Abschaltungen kommen wird.

Ein Vergleich der beiden WEA-Typen im Rahmen einer groben Wirtschaftlichkeitsberechnung hat dargelegt, dass für die GE-WEA, aufgrund eines höheren Anlagenpreises von 260.000 €, höhere Investitionskosten anfallen, als für die Vestas-WEA, dafür allerdings, bei gleichbleibender Zielrendite, die Marge fast doppelt so hoch ausfällt.

Das Repowering-Projekt bringt neben dem Mehrertrag an Energie auch weitere Vorteile und Nachteile. So wirkt sich zum einen die Reduzierung der Anlagenzahl entlastend auf das Landschaftsbild aus und die Schallimmissionen sinken und zum anderen kann die enorme Höhe der WEA wiederum bedrängend auf die Anwohner wirken.

Bei einem solchen Projekt kann es auch zu einer Reihe von Hindernissen kommen, die z.B. planungsrechtlicher, artenschutzrechtlicher oder wirtschaftlicher Natur sind. Das Fehlen eines aktuellen Flächennutzungsplans (FNP) oder eines REP und die damit einhergehende bedingte Planungsunsicherheit, so wie keine Bezuschlagung im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens oder Neidgedanken unter den Grundstückseigentümern, die ihre Grundstücke verpachten, sind mögliche Szenarien, die das Projekt gefährden können.

Die Auswertungen und Vergleiche der beiden WEA führen zu dem Ergebnis, dass die GE 5.3-158 die für dieses Projekt besser geeignetere WEA ist. Dennoch soll in die weitere Planung des Projektes eine weitere WEA einbezogen werden, die erst Ende des Jahres auf den Markt kommt.

Dieses Projekt kann als Beispiel für den zunehmenden Windenergie-Ausbau im Rahmen eines Repowerings betrachtet werden, da Repowering zukünftig die einzige Möglichkeit sein wird, diesen Ausbau voranzutreiben. Das Repowering des Windparks Reinstedt-Ermsleben zeigt, wie trotz Reduzierung der WEA-Zahl der Energieertrag verdoppelt und somit ein wichtiger Beitrag zur Energiewende geleistet werden kann.

36 Entwicklung der SAERTEX multiApp zur Optimierung von Kommunikationsprozessen im Unternehmen

Ivo Hemsing M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Timo Münstermann M. Sc.
Datum des Kolloquiums:	8. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	SAERTEX multiCom® GmbH, Saerbeck

Das westfälische Familienunternehmen SAERTEX® GmbH & Co. KG hat sich im Bereich der Verarbeitung von Glas-, Carbon- und Aramidfasern zum weltweit führenden Hersteller entwickelt (WirtschaftsWoche 2018). Anfang der 90er Jahre begann SAERTEX® mit der Entwicklung eines Schlauchs aus glasfaserverstärktem Kunststoff für die Kanalsanierung. Aus dieser Vision entstand die Tochtergesellschaft SAERTEX multiCom® GmbH, die heute global zu den führenden Herstellern von GFK-Schlauchlinern zählt. Dieses starke internationale Wachstum stellt interne und externe Kommunikation sowie die Informationsverarbeitung des Unternehmens vor große Herausforderungen. Die aktuell fortschreitende digitale Transformation eröffnet in jenem Bereich der Optimierung von informationstechnischen Prozessen neue Möglichkeiten.

Das Ziel der hier vorgestellten Masterarbeit ist es daher, konkrete Konzepte für die Optimierung von Kommunikationsprozessen im Rahmen der Digitalisierung zu entwickeln. Konkret befasst sich die Untersuchung mit der Frage, inwiefern eine Unternehmens-App – in Anlehnung an die Corporate Identity „multiApp" genannt – als digitale Innovation Chancen zur Verbesserung der Kommunikationsstrukturen im Bereich der Transparenz, Vernetzung und Aktualität von Daten bei SAERTEX multiCom® bieten kann.

Mithilfe einer qualitativen Datenerhebung durch Experteninterviews wird diesbezüglich eine Bestandsaufnahme generiert, deren Ergebnisse in Form eines Flussdiagramms zu den Kommunikationsprozessen im Unternehmen dargestellt werden. Methodisch ermöglicht die Anwendung der Grounded Theory eine zur Datenerhebung und -analyse parallele Entwicklung von Ansätzen zur Optimierung der Kommunikationsstrukturen. Abschließend werden die Experteninterviews mit einem zu diesem Zweck entworfenen Codesystem und einem eigens aufgestellten Prozess zur Theorieentwicklung ausgewertet.

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass sich SAERTEX multiCom® noch in einem Anfangsstadium der Digitalisierung befindet. Durch das schnelle Wachstum des Unternehmens sind Arbeits- und Kommunikationsprozesse nicht mitgewachsen oder wurden nicht auf digitale oder effizientere Lösungen umgestellt. Aus diesem Grund kommt es in jeder Abteilung zu Problemen durch nicht zeitgemäße oder überlastete Arbeits- und Kommunikationsstrukturen. Das Innovationspotential

digitaler Transformation soll hier in Form der multiApp genutzt werden, die eine gemeinsame Plattform für Kunden, Anwender und Mitarbeiter schafft.

Auf Grundlage der Datenerhebung wird das Konzept für eine individuell den Anforderungen des Unternehmens angepasste App entwickelt. In einem Lastenheft werden diese konkreten Anforderungen formuliert – sowohl auf Vorschlägen der Experten als auch vom Verfasser basierend. Im Anschluss wird eine schematische Struktur der Anwendung entworfen. (s.Abb.1)

Abb. 1: Screenflow der multiApp mit Verknüpfungen der Seiten

Aus diesen Vorüberlegungen kann ein Prototyp generiert werden, der im Ergebnis als Web-App bereits zur Verfügung steht. Grundsätzlich gilt es jedoch vor der Entwicklung und Einführung einer solchen Innovation, ihre Umsetzbarkeit gründlich zu prüfen. In technischer Hinsicht sind alle angedachten Funktionen realisierbar – die gelingende Integration in die Kommunikationsprozesse im Alltagsgeschäft fordert darüber hinaus jedoch nicht nur die Innovationsbereitschaft der Mitarbeiter, Anwender und Kunden, sondern verlangt auch die Schaffung von Ressourcen im Bereich der Informationstechnik (IT). Dazu gehört auch, dass technische Umsetzung, Support und Hosting der multiApp ausgelagert werden. Für die technische Umsetzung und Einführung der multiApp wird die vorliegende Arbeit als Leitfaden dienen – laut dem Geschäftsführer als Startpunkt in Richtung einer digitalisierten Zukunft von SAERTEX multiCom®.

37

Optimierter Entwurf und Inbetriebnahme von LC-Filtern bei Oberschwingungsströmen

Lina Henao Díaz M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Tilman Sanders
Datum des Kolloquiums:	07. Mai 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

Eine der bedeutendsten Umgebungsbedingungen für den reibungslosen Betrieb von elektrischen Anlagen ist eine ausreichende Versorgungsqualität. Störungen und Einflüsse, die durch Einschaltvorgänge, Anlaufströme, Dimmer, Schaltnetzteile, Frequenzregler usw. verursacht werden, gefährden Geräte und Systeme in ihrer Betriebssicherheit.

Allerdings werden in den Netzen zur Elektroenergieversorgung zunehmend leistungselektronische Betriebsmittel und andere Verbraucher eingesetzt, die dem Netz einen nichtsinusförmigen Strom entnehmen.

Angesichts der Probleme, die durch die mangelnde Versorgungsqualität bedingt sind, wie z. B. finanzielle Verluste, Produktionsausfälle usw., haben sich im letzten Vierteljahrhundert eine Vielzahl von Methoden zur Verbesserung der Netzqualität entwickelt. Dazu gehören passive Bauelemente wie Kondensatoren, Drosseln, kundenspezifische Leistungsbauelemente, eine Reihe von Netzfiltern und verbesserte AC/DC-Wandler.

Beim Vorhandensein von Oberschwingungen neben anderen Netzqualitätsproblemen werden eine Reihe von Netzfiltern verschiedener Typen als Nachrüstlösungen eingesetzt, wie aktive, passive und hybride Filter in Reihe, parallel oder eine Kombination aus beiden Konfigurationen.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Oberschwingungen wurde ein Praktikumsversuch zum Thema ‚Oberschwingungen' in das Labor-Programm im Fachbereich Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik der Fachhochschule Münster integriert. Der Praktikumsversuch wurde um den Themenbereich „Filterung von Oberschwingungen" erweitert werden, sodass bereits in den Jahren 2014 und 2016 Filterstufen für die dritte, fünfte, siebte und neunte Oberschwingung entwickelt wurden.

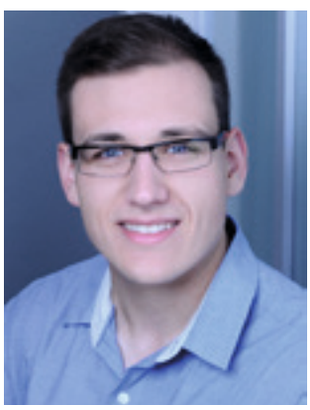
Trotz seiner hervorragenden Leistung im Hinblick auf die Verbesserung der THD (Total Harmonic Distortion) der Last benötigt der Filter ein hohes Maß an Strom. Deshalb ist das Ziel dieser Master-Arbeit, Optimierungsmöglichkeiten zu finden, die einen energieeffizienten Betrieb des Filters ermöglichen.

38

Verwendung von Kraft-Wärme-Kopplung am Beispiel der Integration einer Mikrogasturbine in Trocknungsprozesse

Michael Hüger M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr. Dirk Engelmann
Datum des Kolloquiums:	17. Mai 2018
Master-Studiengang:	Master Ingenieur Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	INEKON, Stuttgart und Brückner Trockentechnik GmbH & Co. KG, Leonberg



Ein Ansatz zur energetischen Optimierung von Trocknungsprozessen ist die Kraft-Wärme-Kopplung. Durch die dezentrale Energiebereitstellung werden Kosten für den Stromfremdbezug vermieden und durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme der Brennstoffausnutzungsgrad deutlich erhöht. Hierdurch bleiben Unternehmen auch bei steigenden Energiepreisen wettbewerbsfähig. Trotz der genannten Vorteile wird die KWK noch nicht standardmäßig für Trocknungsprozesse eingesetzt.

Besonders geeignet für die Anwendung in Trocknungsprozessen sind Mikrogasturbinen. Im Gegensatz zu einem BHKW gibt sie ihre vollständige Abwärme auf einem einheitlich hohen Temperaturniveau ab. Durch die relativ sauberen Abgase eignet sie sich auch zur direkten Nutzung der Abgase.
Im Rahmen der Arbeit wurden Einsatzbereiche anhand der typischen Rahmenbedingungen des betrachteten Trocknungsprozesses für Textilien und Vliesstoffe erörtert und bewertet sowie Wirtschaftlichkeitsrechnungen mit Beispielszenarien durchgeführt. Neu ist hierbei der gesamtheitliche Blick auf die KWK für Trocknungsprozesse unter Berücksichtigung konkreter technischer Prozessbedingungen und gesetzlicher sowie wirtschaftlicher Rahmenbedingungen.

Für den betrachteten Trocknungsprozess ist unter den typischen Prozessbedingungen die Substitution des Gasbrenners durch eine Mikrogasturbine als Grundlastwärmeerzeuger grundsätzlich geeignet. Für hohe Massenströme des zu trocknenden Guts besteht die Möglichkeit der Parallelschaltung von Mikrogasturbinenmodulen, um die benötigte thermische Leistung zu realisieren.

Auf Grund der Vielzahl an Parametern, die die Wirtschaftlichkeit einer Mikrogasturbine beeinflussen, sind scharfe Grenzen nicht formulierbar. In der Arbeit wurden jedoch die wirtschaftlich interessanten Bereiche in Abhängigkeit der Strom- und Gaspreise eingegrenzt, um so eine erste Möglichkeit zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit zu erhalten.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend auf ein Praxisbeispiel angewandt. Die Ergebnisse der erstellten Sensitivitätsanalyse dienen jedoch lediglich als Grundlage zur Risikoabschätzung und nehmen der Geschäftsführung die Investitionsentscheidung nicht ab.

Im besten Fall liegt die Amortisationszeit bei etwa drei Jahren.

Die Ergebnisse der untersuchten Beispiele lassen sich ebenfalls auf andere Einsatzgebiete übertragen.

- Wird eine Mikrogasturbine auf 1.000 m ü.NN aufgestellt, erhöht sich die Amortisationszeit um 35 % – verglichen mit einer Aufstellung auf Meereshöhe
- Wird eine Mikrogasturbine bei 50 °C Umgebungstemperaturbetrieben, erhöht sich die Amortisationszeit ebenfalls um 35 % – verglichen mit dem Betrieb bei einer Umgebungstemperatur von knapp 21 °C
- Bis zu einem Zinssatz von 5 % sind Einbindungskosten in Höhe der Modulkosten einer Mikrogasturbine wirtschaftlich

39

Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung von Filterqualitäten für zentrale raumlufttechnische Anlagen als Funktion der Außenluftzustände und deren Einfluss auf die Betriebskosten

David Hülsmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Volker Miklasz
Datum des Kolloquiums:	7. September 2018
Master-Studiengang:	Master Ingenieur Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH

Kaum ein anderes umweltpolitische Thema ist momentan so stark im Fokus wie die Qualität der Außenluft. Zahlreiche große und namenhafte Medien haben in letzter Zeit über dieses Thema berichtet. Der Druck auf die Politik ist dementsprechend groß und es werden viele Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität oder zum Schutz des Menschen vor Luftschadstoffen eingeleitet.

So hat es auch eine Anpassung der Normierung von raumlufttechnischen Anlagen und deren Filtern zu mehr Gesundheitsschutz gegeben. Diese Masterarbeit geht zunächst auf die Luftschadstoffe und Luftreinigungsmaßnahmen ein, erläutert dann die Neuerung der Normierung und beschäftigt sich schließlich mit der bedarfsgerechten, normenkonformen Filterauswahl von raumlufttechnischen Anlagen.

Eine durch die World Health Organization (WHO) im Juni 2018 veröffentlichte Studie zeigt, dass mehr als 90 Prozent der Menschen verschmutzter Luft ausgesetzt sind. Es sterben nach der Studie etwa 7 Millionen Menschen jährlich aufgrund von Luftverschmutzungen. In Deutschland werden Dieselfahrverbote diskutiert. Die Situation in anderen Ländern ist allerdings weitaus dramatischer. Es sind vor allem mittellose Menschen in den Entwicklungsländern in Afrika oder Asien, die den Luftverschmutzungen ausgesetzt sind. Nach der Studie der WHO stammen etwa 90 Prozent der Todesopfer durch Luftverschmutzungen aus diesen Ländern.

Die normative Klassifizierung der Außenluft am Standort der RLT-Anlage erfolgt anhand von umgebungsnahen Messwerten für Luftschadstoffe. Diese Messwerte werden in Deutschland durch das Umweltbundesamt erhoben und europaweit durch die European Environment Agency (EEA) der europäischen Gesundheitsargentur gesammelt. Auch wenn in Deutschland, im europaweiten Vergleich, ein recht umfängliches Messnetzwerk aufgebaut wurde, ist dieses nicht flächendeckend. Vor allem in ländlichen Bereichen bestehen noch Lücken im Messnetzwerk. In urbanen Bereichen sind die Emittenten der Verunreinigungen sehr heterogen verteilt, sodass es auch hier, trotz der vorhandenen Messtechnik, eine Herausforderung ist, die Konzentrationen der Luftschadstoffe abzuschätzen. Eine treffende Klassifizierung der Außenluftqualität und die daraus resultierende Filterauswahl, bedarf also einer differenzierten Beurteilung der Außenluft.

Die Entwicklung der Normierung der Filtertechnik bezüglich der Klassifizierung und Auslegung hat sich in der letzten Zeit stark weiterentwickelt.
Die alte Normung enthielt ein relativ grobes Klassifizierungssystem. Die Filterklassen wurden dabei unter Rahmenbedingungen getestet, die nicht den Anforderungen der Praxis entsprachen.
Dadurch wurde die Weiterentwicklung der Filter in die falsche Richtung gefördert. Es galt die Mindestanforderung der jeweiligen Klasse mit einem möglichst geringen Kostenaufwand umzusetzen. Die Klassifizierung der neuen Normung unterteilt die Filter in viele Unterstufen. Dabei ist aus der Benennung unmittelbar der partikelgrößenspezifischer Abscheidegrad der Filter erkennbar. Die Klassifizierung der neuen Norm legt damit den Fokus mehr auf die Abscheideleistung der Filter.

Eine einheitliche Klassifizierung für Gasfilter, wie bei den Partikelfiltern, gibt es hier allerdings nicht, sodass es schwierig ist die Gasfilter herstellerübergreifend miteinander zu vergleichen. Gasfilter gibt es in den verschiedensten Bauformen. Vom einfachen mit Pulverkohle beschichteten Faserfiltern, bis hin zum aufwändigen Patronenfilter mit imprägnierter Aktivkohle, gibt es hier eine breite Produktpalette. Diese verschiedenen Arten der Gasfilter unterscheiden sich stark voneinander in ihren Abscheideeigenschaften. Da der Absorptionsprozess bei Aktivkohle sehr komplex ist, lassen sich diese Eigenschaften allerdings nicht so leicht in Werte fassen. Manche Gase lassen sich sehr leicht und manche lassen sich nicht absorbieren.

Die Verfahrensweise zur Auswahl der Filter hat sich in der neuen Normung grundsätzlich nicht verändert. Nach der veralteten Normung wurden allerdings bereits überholte Grenzwerte der WHO verwendet, die nicht mehr auf den Stand der aktuellsten Forschungsergebnisse waren. Dieses wurde in der neuen Normung angepasst. Die Klassifizierung der Außenluft geschieht dabei immer noch nach Luftmesswerten in der Umgebung der Lüftungsanlage. Es bleibt in diesem Zusammenhang weiterhin ungeklärt, was zu tun ist, wenn in der unmittelbaren Umgebung der RLT-Anlage keine Messwerte oder mehrere unterschiedliche Messwerte in gleicher Distanz zu finden sind. Diese Abschlussarbeit entwickelte zu dieser Fragestellung ein Verfahren zur Interpolation der Messwerte.

Dabei trägt die Arbeit Informationen aus der Normung zusammen und eruiert fehlende Detaillierungen und Diskrepanzen in der praktischen Umsetzung. Dabei wurde in Kooperation mit den Herstellern die Umsetzung in der Praxis evaluiert und daraus Lösungsansätze für die Normung entwickelt.

40

Wirtschaftlicher Vergleich verschiedener Klimatisierungskonzepte für das neue Konzernhaus der STRABAG AG in Köln Poll

Kilian Rapahel Jürgens M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ronald Falkenhain
Datum des Kolloquiums:	10. September 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Ed. Züblin AG Köln

Bei Neubauten und im Zuge der Modernisierung von Gebäuden und Anlagen geht es vor allem um Energieeffizienz und Kosteneinsparungen. Dies betrifft sowohl das Heizen als auch das Kühlen von Gebäuden. Dazu gehören die Reduzierung von Emissionen und die Nutzung von erneuerbaren Energien oder zentralen Wärmeversorgungsnetzen statt fossiler Brennstoffe sowie das Umsetzen von Maßnahmen zur Einsparung von Energie, welche die Bundesregierung für Deutschland fordert.

Der Neubau der Konzernzentrale der STRABAG AG in Köln soll ein modernes und auf Dauer effizientes und wirtschaftliches Bürogebäude mit hoher Behaglichkeit für die Mitarbeiter werden. Es umfasst rund 17.500 Quadratmetern Bruttogrundfläche. Das Gebäude gliedert sich in einen eingeschossigen unterirdischen und einen fünfgeschossigen oberirdischen Baukörper, wovon vier Vollgeschosse sind und ein Staffelgeschoss.
Ziel der Arbeit ist es, mehrere verschiedene Möglichkeiten für die Erzeugung der stündlich benötigten Kälte- und Wärmeenergie für das neue Konzernhaus der STRABAG AG am Standort Köln mithilfe eines Exceltools auf Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu prüfen und kritisch zu hinterfragen.

Traditionell werden Kälteanlagen und Wärmepumpen auf Basis eines einzigen Betriebspunktes dimensioniert. Dabei werden extreme Außentemperaturen zum Maßstab genommen, die in durchschnittlicher Lage in Zentraleuropa nur in wenigen Stunden im Jahr erreicht werden. Somit ist zwar gewährleistet, dass die Anlage die maximal erforderliche Last decken kann, beinhaltet aber andererseits wenige Aus-sagen über die Leistung der Anlage in anderen Betriebspunkten. Vor allem in den Übergangszeiten im Herbst oder Frühling wird kein Volllastbetrieb benötigt. Daher soll in der Simulation für diese Zeiten der stündliche Wärme- oder Kältebedarf anhand von Außentemperatur und -feuchte sowie Lasten im Gebäude durch innere und äußere Wärmequellen dargestellt werden.

Die angefertigten Exceltools für die Klimatisierung des neuen Bürogebäudes über die Lüftung und die statischen Heiz- und Kühlflächen, orientieren sich dabei an der stündlichen Außenlufttemperatur sowie der zugehörigen Luftfeuchtigkeit aus den Daten des Testreferenzjahres für den genannten Standort. Für die Jahressimulation werden zudem die gewünschten Betriebstemperaturen und -zeiten

gemäß Funktionsbeschreibung mitberücksichtigt.
Außerdem werden die vorliegende Ausführungsplanung sowie Auslegungswerte für die Luftmengen und Heiz- und Kühlastberechnungen zur Anlagendimensionierung übernommen.
Auch das Konzept der Nutzung von Kühl- und Heizdecken im Umschaltbetrieb bei mechanischer Be- und Entlüftung bleibt bestehen.

Für den Heizbetrieb ergeben sich zusammen 531,21 kW, bestehend aus 256,58 kW nach der Normheizlastberechnung und 274,63 kW bzw. 250 kW bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,9, zur Erwärmung der Zuluft aller RLT-Anlagen. Für den Sommerfall ergibt sich insgesamt eine deutlich höhere maximal benötigte Leistung. Für die Kühlmatten sind 430 kW und zur Kühlung und Entfeuchtung der Außenluft werden 556,2 kW bzw. 500 kW bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,9 Kühlerleistung benötigt. Die Erzeugung von Wärme für die statische und dynamische Heizung erfolgt über zwei wassergekühlte Wärmepumpen, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzen.

Dafür wurden ein Förder- und ein Schluckbrunnen gebohrt. Eine Förderpumpe hängt im Förderbrunnen und drückt das Wasser zum Verdampfer der Wärmepumpen. Während der Kühlperiode wird zur Kälteerzeugung für die Kühldecken selbiges Brunnenwasser über einen Wärmetauscher zur passiven Kühlung genutzt. Hier ist lediglich ein Pumpenumwälzbetrieb im Brunnen notwendig. Den gesamten Kältebedarf für alle Kühler der Teilklimaanlagen in den Sommermonaten, wird ein luftgekühlter Kaltwassersatz decken. Bei beiden Vergleichsvarianten erfolgt die Deckung des Heizwärmebedarfs über den Anschluss an das Fernwärmenetz der RheinEnergie und die Kälteerzeugung mittels luftgekühlter bzw. wassergekühlter Kompressionskältemaschinen mit Trockenkühlern.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der VDI 2067 zeigt den Vergleich der drei Erzeugervarianten in puncto Investitions- und betriebsgebundenen Kosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren:

Die vergleichsweisen niedrigen Betriebskosten in 20 Jahren bei der gewählten Anlagentechnik der Variante 1 erfolgen dadurch, dass die Energie aus dem Brunnenwasser sowohl für das Heizen über die Wärmepumpen als auch durch direkte Kühlung optimal ausgenutzt wird. Dabei spielen die ganzjährlich nahezu gleichbleibenden Brunnenwassertemperaturen eine wesentliche Rolle für eine effiziente Nutzung. Dies kann auch für den zukünftigen Betrieb konstant einkalkuliert werden, trotz zu erwartender steigender Außenlufttemperaturen. Der Bauherr hat trotz der höheren Investitionskosten die wirtschaftlichste Variante gewählt.

41

Produktionsplanung und -steuerung in einem mittelständischen Unternehmen: Analyse und IT-basierte Optimierung

Luis Alexander Kaufhold B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus
Zweitprüfer:	Birgitt Klugermann MBA
Datum des Kolloquiums:	19. Juli 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Wilhelm Kindermann Wellpappen-Verarbeitung GmbH & Co. KG, Hüllhorst

Die Produktion von Sachgütern ist ein Kernpunkt unserer Wirtschaft. In einem sich rasant ändernden Marktumfeld, in dem neue Technologien in stets kürzeren Zyklen hervorgebracht werden, ist eine flexibel und leistungsfähig gestaltete Fertigung essenziell. ?Nicht mit Erfindungen, sondern mit Verbesserungen macht man Vermögen.?, erkannte bereits der Automobilhersteller Henry Ford. Der Eliminierung von Schwachstellen kommt daher große Bedeutung zu. Planerische Arbeit wird dabei immer mehr durch Informationstechnologien entlastet und unterstützt.

Viele Unternehmen stehen vor der Herausforderung, produktionstechnische Planungs- und Steuerungsabläufe zu überdenken und zu optimieren, um weiterhin wettbewerbsfähig zu sein. Forschungsfrage und damit auch Zielsetzung war es aufzuzeigen, wie Schwachstellen in der Produktionsplanung und ?steuerung durch eine geeignete Analyse aufgedeckt und durch entsprechende Maßnahmen behoben werden können. Der Fokus lag dabei auf der Erweiterung von planungsunterstützenden IT-Systemen. Das Vorgehen wurde am Beispiel eines mittelständischen Unternehmens in der Papierindustrie veranschaulicht.

Im Zuge der Analyse konnten in der Firma Kindermann Wellpappen mehrere Schwachstellen aufgedeckt werden. Ein Hauptschwachpunkt neben vielen kleineren war, dass die Produktion durch eine intuitive bzw. erfahrungsgestützte Terminierung sowohl zeitlich als auch räumlich unterschiedlich stark ausgelastet war. Dies führte zu höheren Kosten. Diese entstanden einerseits durch Überstunden, andererseits und eher seltener durch Konventionalstrafen infolge Lieferverzug. Ebenso bestand die Möglichkeit, dass die stark schwankenden Arbeitszeiten auf Dauer die Zufriedenheit der Mitarbeiter beeinträchtigen.

Daraufhin wurde ein neues softwaregestütztes System zur Auftragsterminierung im Rahmen eines Projektes entwickelt und eingeführt, dessen Zielsetzung die Sicherstellung einer gleichmäßigen Kapazitätsauslastung ist. Mit diesem System konnten die Mitarbeiter der Produktion nun selbstständig alle Auftragspositionen zeit- und maschinengenau einplanen. Um bewerten zu können, inwieweit das Ziel eines geglätteten Kapazitätsgebirges erreicht wurde, wurde der Verlauf der Ist-Arbeitszeiten vor und nach Einführung der Softwaresystems analysiert.

Bei der Beurteilung des Projekterfolges zeigte sich der eindeutige Trend, dass das Ziel eines flacheren Kapazitätsgebirges erreicht wurde. Die monatlichen Differenzen zwischen den Arbeitszeiten wurden stets kleiner, was zeigte, dass mit diesem System sowohl Belastungsspitzen als auch generelle kurzfristige Arbeitszeitschwankungen ausgeglichen werden können. Im Besonderen wurden die verfügbaren Kapazitäten gleichmäßiger und damit effizienter in Anspruch genommen.

Ein glattes Kapazitätsgebirge kann allerdings auch bedeuten, dass langfristig gleichmäßig viele Über- oder Unterstunden geleistet werden. In diesem Fall könnte im nächsten Schritt durch eine adäquate Anpassung der kapazitiven Personal- und Anlagenausstattung dafür gesorgt werden, dass diese langfristige Differenz zwischen Soll- und Ist-Arbeitszeit verkleinert bzw. beseitigt wird. Analog kann bei einer langfristig steigenden Auftragslage verfahren werden.

Die Einführung der neuen Softwarelösung führte also insgesamt zu einer erheblichen Verbesserung gegenüber dem alten Zustand.

42

Erstellung eines Systems vorbestimmter Zeiten zur Kalkulation des Fertigungsaufwandes in der Einzelfertigung der Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG

Sophie Kelker B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. pol. Ralf Ziegenbein
Zweitprüfer:	Dipl.-Kauffrau Susanne Föhse-Hiltmann
Datum des Kolloquiums:	11. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG

Die Bachelorarbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG. Als Komplettanbieter für Wasserkraftwerke produziert Voith Hydro Generatoren, Pumpen und Turbinen. Auch elektrische und mechanische Ausrüstung wie Mess-, Regel-und Steuersysteme sind im Produktportfolio enthalten. Die Fertigung der Voith Hydro zeichnet sich durch eine hohe Variantenvielfalt aus.

Für eine ideale Nutzung des am jeweiligen Standort vorhandenen Wasserkraftpotentials ist eine konstruktive Anpassung des Produktes notwendig. Im Falle von Wasserkraftkomponenten müssen die Produkte an die geografischen Bedingungen der jeweiligen Standorte angepasst werden. Die vorhandene Fallhöhe, der Volumenstrom und die zur Verfügung stehende Fläche sind wichtige Einflussfaktoren im Hinblick auf das Design. Durch die individuelle Fertigung weisen die Produkte einen geringen Standardisierungsgrad auf, wodurch Voith Hydro hauptsächlich Einzelteile und Kleinstserien fertigt.

Um die Wirtschaftlichkeit eines solchen produzierenden Unternehmens langfristig aufrechterhalten zu können, ist die Kenntnis über die Höhe und die Aufschlüsselung der Selbstkosten unerlässlich. Die komplexen Zusammenhänge der direkten und indirekten Faktoren, die die Fertigungskosten eines Bauteils bedingen, sind jedoch nicht immer offensichtlich. Besonders die Prognose der Fertigungsdauer bereitet bei der variantenreichen Fertigung erhebliche Schwierigkeiten.

Das Ziel der Bachelorarbeit war die Erstellung eines Systems vorbestimmter Zeiten, mit dem die Fertigungsstunden für ein spezifisches Produkt in der Phase der Angebotserstellung kalkuliert werden können. Folgende Leitfragen sollten im Rahmen der Arbeit beantwortet werden:

- Welche technischen Parameter des Bauteils sind für die Ermittlung und Abbildung der Fertigungsdauer notwendig?
- Wie kann die Planung der Fertigungsstunden global standardisiert werden?
- Wie kann das wirtschaftliche Ausmaß einer Produktivitätssteigerung veranschaulicht werden?

Dazu wurden in einem ersten Schritt die zu beachtenden Rahmenbedingungen genauer analysiert, die sich aus der Unternehmensstruktur und den Charakteristika der Bauteile ergeben. Anschließend wurden Methoden, die zur Lösung ähnlicher Problemstellungen genutzt wurden, betrachtet und miteinander verglichen. Eine daraus resultierende Vorgehensweise zur Erstellung des Systems vorbestimmter Zeiten wurde festgelegt und am des Beispiels des Francis Laufrades dargestellt.

Nachdem durch die Analyse fertiggestellter Projekte die Hauptstundentreiber ermittelt wurden, wurden für diese priorisierten Arbeitsschritte Kennzahlen erstellt. Die Kennzahlen, die den Output der priorisierten Arbeitsschritte im Verhältnis zu dem benötigten Zeitaufwand beschreiben, wurden auf Korrelationen zu technischen Bauteilparametern geprüft. Es zeigte sich, dass die Dauer der priorisierten Arbeitsschritte vom Durchmesser des Bauteils abhängig ist. Beruhend auf den Analyseergebnissen wurde ein Kalkulationstool erstellt, mit dem sich durch die Eingabe der Bauteilparameter die Fertigungsstunden und die daraus resultierenden Fertigungskosten in der Phase der Angebotserstellung kalkulieren lassen.

43

Konzeption und messtechnische Untersuchung eines Schalldämpfers im RRA-System

Benedikt Kemler B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	20. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Emco GmbH, Lingen (Ems)

Die Firma Emco GmbH gehört zu den führenden Unternehmen für Klima- und Lüftungstechnik. Das Unternehmen bietet ein breites Produktangebot. Neben den Lüftungskomponenten, vertreibt der Betrieb auch dezentrale Lüftungssysteme, Kühldecken und ein eigenes Rundrohrsystem. Diese Produktzweige sind in jeweils eigene Produktgruppen unterteilt, welche als Emcoair, Emcovent und Emcocool bezeichnet werden.

In der Produktgruppe Emcoair ist das Rundrohrsystem angesiedelt. Es handelt sich hierbei um einen Komfortauslass, der in Sichtmontage problemlos im Industrie- und Komfortbereich einsetzbar ist. Das Rundrohrsystem ist ein Niederdrucksystem, dass auch besondere Designvorgaben erfüllt.

Die akustischen Emissionen von Raumluftanlagen gewinnen innerhalb der Gebäudetechnik zunehmend an Bedeutung. In der DIN EN 15251 wird beispielsweise bereits ein Schalldruckpegel von maximal 30 bis 40 dB(A) für Konferenzräume vorgegeben. Um die hohen akustischen Anforderungen in raumlufttechnischen Anlagen zu gewährleisten, werden schalldämmende Maßnahmen ergriffen.

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Entwicklung und Untersuchung von Schalldämpfern. Durch die Halterung des Rundrohrsystems sind die Abmaße des einzubringenden Absorptionsmaterials für die Neuentwicklung vorgegeben. Des Weiteren durfte das Design nicht verändert werden. Somit bleiben Varianten, die ihre Funktion durch eine außenliegende Packungsdicke gewährleisten unberücksichtigt. Die Positionierung dieses Schalldämpfers ist nicht auf eine Installation an der Zentralanlage beschränkt. Auch die Einbringung in den Versorgungssträngen oder zwischen Räumen ist nicht nur denkbar, sondern erwünscht.

Im Folgenden werden die untersuchten Varianten eines möglichen Schalldämpfers im Rundrohrsystem der Firma Emco GmbH beschrieben. Wie bereits erläutert, muss der Schalldämpfer neben den technischen Funktionen auch weitere Kriterien im Bezug auf das Design erfüllen. Diese Vorgabe ist durch eine innenliegende Kulisse umgesetzt worden. Somit ist die Kulisse äußerlich nicht sichtbar und das Design bleibt unverändert. Es handelt sich hierbei um eine Auskleidung mit seidenkaschierter Mineralwolle. Dieses Produkt erfüllt die hygienischen Anforderungen an ein Lüftungssystem. Durch die seidenkaschierte

Trennung des Luftweges zur Mineralwolle, entfallen eventuelle weitere hygienische Maßnahmen. Voruntersuchungen haben gezeigt, dass für eine problemlose Montage eine Stabilisierung zwingend erforderlich ist. Alle Prototypen werden mit einer Stabilisierung durch ein Lochblech ausgestattet. Auch eine verbesserte Anströmung wird eingebracht. Dadurch wird nicht nur das Strömungsrauschen reduziert, sondern auch der Druckverlust abgebaut.

Um die technischen Anforderungen des Schalldämpfers sicherzustellen, wird eine Nutzwertanalyse angewandt. Hiermit können positive und negative Eigenschaften der Prototypen aufgezeigt werden. Somit ist es möglich, innerhalb dieser Ausarbeitung, Prototypen zu priorisieren oder auszuschließen.

Die Nutzwertanalyse für einen DN 250 Schalldämpfer zeigt, dass die 20mm Rundrohrkulisse den besten Gesamtnutzen darstellt. Dieser bildet einen gelungenen Kompromiss aus Druckverlust, Strömungsrauschen und der Einfügungsdämpfung. Varianten die neben der Rundrohrkulisse eine zusätzliche Vertikalkulisse beinhalten, konnten aufgrund geringer Effektivität von den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen werden.

Um diese gewonnenen Erkenntnisse weiter zu untersuchen, wird auch eine Dimension von DN 450 betrachtet. Die Nutzwertanalyse bestätigt dieses Ergebnis nochmals. Ein weiteres Resultat betrifft die 60mm vertikal eingebrachte Kulisse. Sie kann in der Analyse nicht überzeugen und wird in den weiteren Untersuchungen nicht betrachtet.

In der letzten Analyse wird das Verhältnis zwischen der eingebrachten Rundrohrkulisse und dem Außendurchmesser des Schalldämpfers untersucht. Der dafür vorgesehene Durchmesser beträgt DN 630. Es wird festgestellt, dass für diese Dimension eine 40mm Rundrohrkulisse am ehesten die erforderlichen Kriterien erfüllt. Somit lässt sich sagen, dass bei steigender Schalldämpfergröße eine Anpassung der Kulissenstärke vorgesehen werden muss.

44

Technische Systembetrachtung von Wohnungsübergabestationen - Bewertung der Funktionen in Hinblick auf Komfort, Sicherheit und Energieeffizienz

Dennis Kempkes B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Alexander Sarg M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	7. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Labor:	Labor Haus- und Energietechnik
in Kooperation mit:	Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen

Eine Wohnungsübergabestation ist eine Apparatur, die dazu dient, im Durchflussprinzip Warmwasser zu erzeugen. Weiterhin ist diese Station auch dafür zuständig die Heizkreisversorgung für ein Einfamilienhaus oder auch eine einzelne Wohnung zu gewährleisten.

Bei der Bachelorarbeit wurde sich auf die Bosch Flow 7000 Wohnungsübergabestation konzentriert. Das Ziel der Arbeit war, zu quantifizieren, inwiefern Funktionen wie ein Warmwasser-Zirkulationskit oder die Warmhaltefunktionen eines verbauten Thermostates, den Warmwasserkomfort einer Wohnungsübergabestation erhöhen können. Parallel wurde zudem geprüft, welchen Mehrverbrauch die Funktionen darstellen und ob, im Falle der Warmhaltefunktion, ein erhöhtes Sicherheitsrisiko in Hinblick auf Verbrühungen entstehen könnte. Hierfür wurden im Rahmen der Arbeit an einem Hydraulik-Prüfstand Versuche durchgeführt. Diese Versuche bestanden daraus, dass mit den Stationen mit und ohne der jeweiligen Zusatzfunktionen Zapfprofile abgefahren wurden.

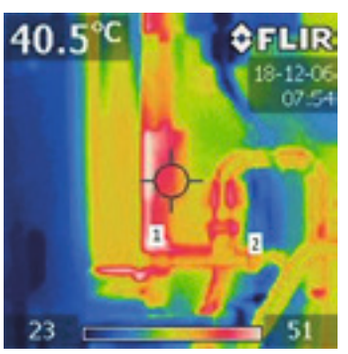


Abbildung 1: Station ohne Abdeckung aus EPP

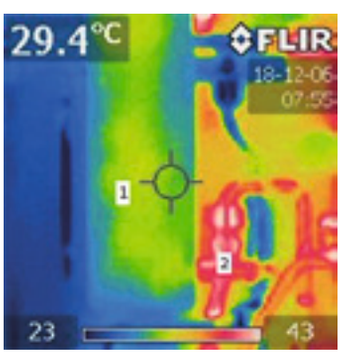


Abbildung 2: Station mit Abdeckung aus EPP

Aus der Arbeit geht hervor, dass durch die Warmhaltefunktion keine Sicherheitsrisiken entstehen können, da durch das stehende Wasser in der Warmwasserleitung verhindert wird, dass das überhitzte Wasser aus dem Plattenwärmeübertrager bis zu einer möglichen Zapfstelle gelangen kann. Weiterführend wurde berechnet, dass bei der Station mit verbautem Zirkulationskit ein 4,4-fach erhöhter Warmwasserverbrauch im Vergleich zum Grundverbrauch anfällt. In Hinblick auf den Komfort der Station konnten die besten Ergebnisse mit der

Station mit verbautem Zirkulationskit erzielt werden. Die Station konnte in einem im Rahmen der Bachelorarbeit durchgeführten Komforttest signifikant besser abschneiden als die Station, welche nur über die Warmhaltefunktion verfügte. Weiterführend konnte bei dem zweiten Versuch, bei welchen das Anfahrverhalten der Station untersucht wurde, die Station mit Warmhaltefunktion im Durchschnitt die Komfortstufe ll nach der VDI 6003 erreichen. Bei einem weiteren Test, in welchem eine Station ohne die Warmhaltefunktion simuliert wurde, konnte im gesamten Test nur die Komfortstufe l erreicht werden.

Das Fazit der Bachelorarbeit ist, dass sowohl Warmhaltefunktion als auch Zirkulationskit, auf Kosten eines erhöhten Warmwasserverbrauchs, bei einer Wohnungsübergabestation für ein merkliches Plus am Komfort beim Endkunden sorgen. Sicherheitstechnisch stellt die Warmhaltefunktion zudem kein erhöhtes Risiko dar.

45

Dynamische Deckungsbeitragsrechnung eines Holzheizkraftwerkes

Tim Kintrup M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr. Stefan Schulze Dieckhoff
Datum des Kolloquiums:	1. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Labor:	Labor für regenerative Strom- und Wärmeerzeugung

Im Rahmen dieser Arbeit ist ein Tool entstanden, das den idealen Betrieb eines Holzheizkraftwerkes berechnet und aus dem dann verschiedene Funktionen realisiert werden. Dabei sind die wesentlichen Funktionen die Folgenden:

- Soll-Ist-Vergleich vergangener Tage
- Ideale Fahrweise für den Folgetag mittels wetter- und tagesabhängiger Lastgangprognose
- Genaue Auswirkungen einer Investition durch einen Jahreslastgang in Stundenform
- Ungefähre Auswirkungen einer Investition durch einen vereinfachten Lastgang

Angepasst wurde das Tool an das Holzheizkraftwerk Horn-Bad-Meinberg. Dieses Kraftwerk besteht aus einer Feststofffeuerung zur Verbrennung von Industrierestholz. Die Netto Heizleistung beträgt etwa 20 MW. Hauptaufgabe des Kraftwerkes ist die Versorgung des Fernwärmenetzes der Stadt Detmold. Ausgelegt ist die Anlage so, dass zunächst die Primär-ORC-Anlage mit Octamethyltrisolaxan als Medium und einer elektrischen Nennleistung von 2,7 MW gespeist wird. Die Versorgung des Fernwärmenetzes erfolgt dann primär aus dem Kondensator mit einer Vorlauftemperatur von 110 °C und einer Rücklauftemperatur von 70 °C im Auslegungspunkt.
Um bei Schwachlastzeiten ein Drosseln der Primär-ORC-Anlage zu vermeiden, ist noch eine Nachverstromungsanlage mit einer weiteren ORC-Anlage verbaut, die im Bedarf zugeschaltet werden kann. Die Vorteile der ORC- Anlage gegenüber eines Dampfprozesses liegen dabei besonders im geringen Personalaufwand für den Betrieb und ein gutes Teillastverhalten der Anlagen. Außerdem kann noch Wärme über V-Kühler an die Umwelt abgegeben werde. Zur Glättung des Lastganges und zur Überbrückung von starken bzw. schwachen Abnahmen des Fernwärmenetzes befinden sich noch 3 Wärmespeicher auf dem Gelände. Eine Besonderheit des Kraftwerkes ist ein Erdgas-BHKW zur Eigenstromerzeugung, durch das etwa 90% des Eigenbedarfes abgedeckt werden.

Mit dem Tool zu überprüfende Änderungen und Vorgänge werden nicht nur über die Bilanz des Kraftwerkes in die Deckungsbeitragsrechnung mit einbezogen, sondern es werden alle Auswirkungen auf die verschiedenen Bauteile und

auf den Gesamtbetrieb mit in die Rechnung einbezogen. Dies erhöht die Genauigkeit einer Investitionsplanung erheblich.

Als Berechnungsgrundlage dienen im Wesentlichen die Realdaten des Kraftwerkes, die durch verschiedene Sensoren im Kraftwerk erfasst und auf einem Server gespeichert werden. Durch kleinere Änderungen der Abfragen und Abfragereihenfolge können die Funktionen des Tools angepasst werden. Das Tool vereinfacht die Planung sowohl innerhalb des betrachteten Kraftwerkes, als auch die Planung neuer Anlagen mit ähnlichem Aufbau. Auf diese Anpassbarkeit des Tools wurde während der Programmierung besonders geachtet. Realisiert wurde das Ganze durch Tabellen, die die Eigenschaften der verschiedenen Bauteile enthalten und auf die in der Hauptabfrage zugegriffen wird. Wird beispielsweise der Bau einer weiteren Nachverstromungsanlage untersucht, muss lediglich die Tabelle der Nachverstromungsanlage auf die neue Situation angepasst werden.
Erste Tests des Tools zeigten Abweichungen von ca. 1-4% zu den real erreichten Werten.

Schwierigkeiten bei der Erstellung des Tools lagen insbesondere beim Zusammenwirken der verschiedenen Anlagenteile, die teilweise in Wechselwirkung stehen, wodurch einige Berechnungsschritte durch Iterationen verwirklicht wurden und sich Abweichungen innerhalb der Berechnungen erklären lassen.

In Zukunft soll noch die Anwenderfreundlichkeit des Programms erhöht und weitere Bauteile sollen hinterlegt werden, Auf die kann dann für einzelne Berechnungen zurückgegriffen werden kann. Dadurch sollen Alternativen zu den aktuellen Bauteilen überprüft werden können.

46

Untersuchung zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung der Wärmeversorgung einer Kläranlage mit BHKW

Maik Kleinteich B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	30. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	v + w ingeniuerplanung

Durch das Wachsen von Gemeinden und Städten kommt es zu einem Anstieg von Abwasser, welches in Kläranlagen behandelt werden muss. Das Endprodukt der Abwasserbehandlung wird als Klärschlamm bezeichnet. Bei kleineren Kläranlagen kann es zu einem Problem werden, die Entsorgungssicherheit des Klärschlammes zu gewährleisten.

Oftmals wird von kleineren Anlagen der behandelte Klärschlamm von Landwirten abgeholt und als Dünger verwendet. Eine zu hohe Nitrat-Belastung der Böden und Verschärfungen der Klärschlammverordnung, lassen die Entsorgung durch landwirtschaftlichen Nutzen nicht mehr sicherstellen. Eine Alternative zu der landwirtschaftlichen Nutzung bieten Müllverbrennungsanlagen zu denen der entwässerte Klärschlamm transportiert werden könnte und verbrannt wird. Dieses ist für Klärwerke, die eine weite Entfernung zu den Verbrennungsanlagen haben, jedoch nicht wirtschaftlich.

Für diese Klärwerke bietet es sich an den Klärschlamm vor Ort zu verwerten. Mit einem Faulturm und einem nachgeschalteten Blockheizkraftwerk lässt sich dieses realisieren. In dem Faulturm wird dazu der vorher zum Teil entwässerte Klärschlamm eingeleitet. Der Klärschlamm wird in dem Faulturm anaerob gelagert und durchgehend durchmischt. Dabei verwerten Bakterien die organischen Stoffe des Schlammes. Es entsteht ein Klärgas. Dieses Klärgas lässt sich thermischen verwerten und stellt Kläranlagen somit einen kostenlosen Energieträger zur Verfügung.

Das Blockheizkraftwerk bietet die Möglichkeit einer optimalen Verwertung des Gases. Das geplante Blockheizkraftwerk nutzt die Technologie der Kraftwärme-Kopplung. Dabei wird in einem Verbrennungsmotor das Klärgas verbrannt. Wodurch die freiwerdende thermische Energie in zweierlei Hinsicht genutzt wird. Zum einen wird die thermische Energie in einem Abgaswärmeübertrager an ein Wärmeverteilungsnetz abgegeben. Zum anderen werden durch den Verbrennungsprozess Zylinder in Bewegung gesetzt. Diese Bewegungsenergie wird in einem Generator verwendet um Strom zu erzeugen.

Mit der von dem Blockheizkraft erzeugten thermischen und elektrischen Energie lassen sich die auf dem Gelände des Klärwerkes notwendige Prozesse betreiben.

Doch wie gelangt die thermische Energie vom Blockheizkraftwerk durch das Wärmeverteilungsnetz bis zu den z.B Heizkörpern. Dafür müssen Pumpen und ein Pufferspeicher dimensioniert werden.
Das Nutzen des Klärgases spiegelt sich auch im Primärenergieverbrauch und in der CO_2-Bilanz wieder. Diese sinken durch den Einsatz des erneuerbaren Energieträgers, das Klärgas.

Soll ein neuer Anlagenbereich errichtet werden, ist auch eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit notwendig. Dabei ist die sogenannte Amortisationsdauer ein ausschlaggebender Faktor. Dafür werden die Investitionskosten den jährlichen Einsparungen gegenübergestellt und somit der Zeitpunkt ermittelt bei dem die Investitionskosten zurückerwirtschaftet wurden.

Als Ergebnis stellt sich heraus, dass durch die Eigennutzung der Energie und gesetzlichen Vergütungen in einem Zeitraum von 10 Jahren die Anlage wirtschaftlich betrieben werden kann. Zukünftige Veränderungen der Gesetzeslage für Umlagen, Steuern oder Vergütungen können das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung beeinflussen. Ob dieses, positive oder negative Auswirkungen hat, kann zu diesem Zeitpunkt nicht bestimmt werden.

47

Entwicklung eines Schlitzauslasses für den Einbau in Fußböden

Jens Knöpker B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	20. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	emco Klima GmbH

In Deutschland gehört die „emco Klima GmbH“ seit 1972 zu den führenden Unternehmen, die verschiedenste Komponenten für die Lüftungs- und Klimatechnik produzieren. Dazu zählen einfache Luftauslässe, dezentrale Lüftungsgeräte oder auch Klimadecken. So haben sich mit der Zeit neben einer breiten Produktpalette von luft- und wasserführenden Systemen und individuellen Problemlösungen auch Servicedienste wie Berechnungen mit eigenen Computerprogrammen und Labortests stetig weiterentwickelt.

Ziel dieser Bachelorarbeit, die in Zusammenarbeit mit der Firma emco Klima geschrieben wurde, ist es, einen Bodenschlitzauslass für die optimale Belüftung eines Raumes zu entwickeln, welcher abschließend in das Produktportfolio der emco Klima aufgenommen werden kann. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der schalltechnischen Optimierung und der strömungstechnischen Untersuchung des zu konzipierenden Bodenschlitzauslasses. Des Weiteren sollen auf Grundlage der strömungstechnischen Betrachtungen Zusammenhänge abgeleitet werden, mit denen sich das Strömungsprofil des Durchlasses simulieren und ein Auslegungstool entwickeln lässt. Ein solches Tool ist für den Kunden eine wichtige Entscheidungshilfe, damit er den für sich geeigneten Luftauslass aussuchen kann.

Die emco Klima GmbH bietet bisher ausschließlich Schlitzauslässe für den Wand- und Deckeneinbau an die SAL-Luftdurchlässe. SAL bedeutet in diesem Zusammenhang Schlitzauslass. In den SAL-Durchlässen sind relativ große Öffnungen für eine optimale Luftführung vorhanden. Im Bodeneinbau können diese Öffnungen jedoch einige Gefahren mit sich bringen und dürfen deshalb keineswegs größer als vier Millimeter sein. Würde diese maximale Größe überschritten, könnten möglicherweise Kinder in die Öffnung fassen oder Gegenstände hineinfallen. Auch das Risiko einer Stolperkante bestände. Aus diesen Gründen kann der SAL-Durchlass nicht als Bodeneinbauvariante angeboten werden.
Durch diese Problematik ist die Idee der Neuentwicklung eines Bodenschlitzauslasses mit der Produktbezeichnung SDA-19 entstanden. SDA-19 bedeutet dabei „Schlitzdüsenauslass mit einer Breite der charakteristischen Luftlenkeinsätze von 19 mm“. In Abbildung 1 ist ein bereitgestellter Prototyp des Durchlasses zu sehen, der für die Untersuchungen verwendet wird.

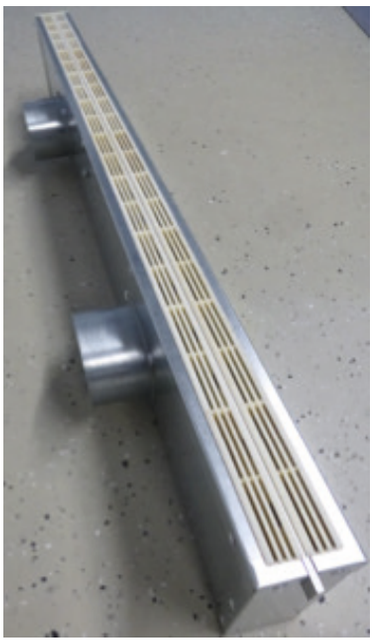


Abbildung 1: Prototyp SDA-19

Die akustische Untersuchung des Prototypens des Durchlasses zeigte, dass dieser großes Potenzial zur Optimierung aufwies. Es stellte sich die Frage, ob die Luftlenkelemente oder der Anschlusskasten des Auslasses akustisch zu verbessern sind.

Die strömungstechnische Untersuchung veranschaulichte die erhoffte Funktionalität des Durchlasses im Kühlfall und im isothermen Betrieb. Der Auslass wurde dabei in einem Büro-Demoraum in den Boden vor einer Fassade eingebaut und konnte hinreichend genau simuliert werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass in dieser Bachelorarbeit ein Teil der möglichen Betrachtungen durchgeführt werden konnte und für die weitere Entwicklung noch weitere Arbeitsschritte nötig sind.

48

Entwicklungsstand der Hochtemperatur-Elektrolyse und Bewertung möglicher Einsatzszenarien im Rahmen von Power-to-Gas auf Verteilnetzebene unter Berücksichtigung vorhandener Wärme- und CO_2-Quellen sowie einer optionalen Methanisierung

Oliver Knollmann M. Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Paul Lückmann M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	11. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Master Technisches Management
Studienrichtung:	Netzingenieur in der Energie- und Wasserversorgung
in Kooperation mit:	Westnetz GmbH

Power-to-Gas-Anlagen schaffen durch die Verknüpfung der Sektoren Strom und Gas wichtige Synergieeffekte im Rahmen der Energiewende. Als Brückentechnologie ermöglichen sie die Umwandlung elektrischer Energie zu synthetischen Gasen, die in die Gasinfrastruktur eingespeist werden können. Die auf Basis der Wasserelektrolyse arbeitenden Anlagen dienen einerseits als Speicherlösung für überschüssigen Strom aus EE-Anlagen. Hierdurch werden Abschaltungen aufgrund von Netzengpässen und daraus folgenden Maßnahmen zum Einspeisemanagement vermieden. Andererseits bietet das Produktgas Wasserstoff vielseitige Anwendungsbereiche in der Industrie oder im Bereich Mobilität.

Ferner kann im Anschluss an die Elektrolyse Synthetic Natural Gas (SNG) aus Wasserstoff und CO2 erzeugt werden, das ohne Einschränkungen in das Erdgasnetz eingespeist werden darf. Andere kohlenwasserstoffbasierte Energieträger sind ebenfalls herstellbar. Sie ermöglichen z. B. als Rohölersatz die Herstellung von E-Fuels.

Der Elektrolyseprozess kann auf Nieder- oder Hochtemperaturniveau durchgeführt werden. Unterhalb einer Betriebstemperatur von 100 °C gelten die alkalische und die Polymerelektrolytmembran (PEM)-Elektrolyse als Vertreter der Niedertemperaturverfahren. Bei ca. 800 °C erzeugt die Hochtemperatur-Elektrolyse (HT-E) auf Basis der Festoxidtechnik aus Wasserdampf Wasserstoff und Sauerstoff. Die HT-E verfügt zwar über den jüngsten Entwicklungsstand, jedoch verspricht die Theorie deutlich höhere Wirkungsgrade im Vergleich zu den kälteren Verfahren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die aufzuwendende Reaktionsenthalpie nicht ausschließlich elektrisch, sondern auch thermisch bereitgestellt werden kann.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der nur geringfügig zunehmenden Reaktionsenthalpie und des deutlich ansteigenden Wärmebedarfs bei steigender Temperatur. Folglich fällt der elektrische Anteil (freie Enthalpie) mit zunehmender Temperatur ab. Darüber hinaus reduziert sich die Reaktionsenthalpie aufgrund der hohen Betriebstemperatur um die Verdampfungsenthalpie. Diese thermodynamischen Gegebenheiten sind ausschlaggebend für die vergleichsweise hohe Effizienz der Technologie.

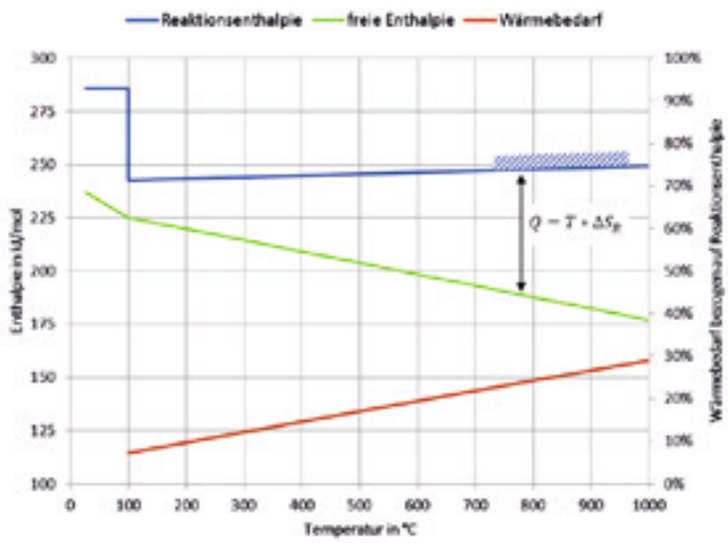


Abb 1.: Wärmebedarf bezogen auf Reaktionsenthalpie

Das Ziel der Arbeit bestand darin, den Einsatz der HT-E im Netzgebiet der Westnetz GmbH zu bewerten. Hierzu wurden Erkenntnisse aus aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten zusammengetragen. Weiterhin wurden Standortfaktoren der HT-E definiert, anhand derer ausgewählte Anwendungsszenarien entwickelt wurden. Die benötigten Energie- und Wärmequellen für die Elektrolyse sowie die CO_2-Quellen für die optionale Methanisierung wurden untersucht. Die Bereitstellung von CO_2 wurde insbesondere hinsichtlich ihrer Herkunft und Verfügbarkeit bewertet.

Im Ergebnis wurden drei Szenarien sowohl technisch als auch wirtschaftlich näher betrachtet. Die Wasserstoff- bzw. SNG-Produktionsleistungen wurden in Abhängigkeit der verfügbaren Wärmemengen mit theoretischen Ansätzen berechnet und anschließend mit Herstellerangaben verglichen. Als potenzielle Wärmequellen wurden ein Fernwärmeheizwerk und eine industriell genutzte Gasturbine berücksichtigt. Eine Empfehlung für die Erprobung der Technologie im Rahmen einer Pilotanlage im Verteilnetz der Westnetz schließt die Arbeit ab.

49

Vergleich zwischen Ausbreitungsberechnung und dynamischer Fahnenbegehung bei niedrigen Geruchsstoffkonzentrationen anhand einer Pilotanlage

Marius Koers B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Dipl.-Phys. Ing. Frank Müller
Datum des Kolloquiums:	14. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	Uppenkamp & Partner GmbH, Ahaus

Im Immissionsschutz ist die Ausbreitungsberechnung das standardisierte Programm, um die Reichweite von Immissionen bei bestimmten meteorologischen Bedingungen zu simulieren. Dies gilt ebenso für die Immissionen von Geruchsstoffen. Es wird allerdings vermutet, dass die Immissionsfahne von Geruchsstoffen bei geringen Geruchsstoffkonzentrationen im Abluftstrom überschätzt wird. Das heißt, es wird angenommen, dass der von einer Anlage ausgehende Geruch nicht in so einer großen Entfernung noch wahrzunehmen ist, wie es das Programm zur Ausbreitungsberechnung annimmt.

Abb 1.: Foto des Versuchsaufbaus mit der Pilotanlage

Um diesen Fall zu simulieren und zu untersuchen, wurde im Zuge dieser Bachelorarbeit eine Pilotanlage konstruiert, die Geruchsstoffe in geringer Konzentration an die Umwelt abgeben soll. Anschließend wurden zwei Messverfahren zum Ermitteln einer Geruchsfahne, die Ausbreitungsberechnung und die dynamische Fahnenbegehung angestellt und verglichen.

Während das Berechnungsprogramm AUSTAL2000 eine rechnerische Prognose auf Basis von meteorologischen Bedingungen und eingestellten Parametern zu der zu überprüfenden Anlage erstellt, wird bei einer Fahnenbegehung die Geruchsfahne von menschlichen Probanden abgeschätzt. Als geruchstragendes Gas wurde Schwefelwasserstoff (H2S) eingesetzt, welches im Immissionsschutz als Referenzgas bei olfaktometrischen Messungen eingesetzt wird.

Es wurden mehrere Versuche mit verschiedenen Geruchsstoffkonzentrationen unternommen. Die verglichenen Ergebnisse der Versuche zeigten, dass die eingangs aufgestellte Hypothese stimmig ist. Das Berechnungsprogramm errechnete eine größere Immissionsfahne, als verschiedene Probanden bei der dynamischen Fahnenbegehung feststellten.

50

Optimierungsstrategien für die Kombination industrieller Versorgungsanlagen

Xeniya Kosheleva M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	14. Februar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	ÖKOTEC Energiemanagement GmbH, Berlin

Die vorliegende Masterarbeit ist im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes EnEffReg® „Ganzheitlichen Energieeffizienzregelung für versorgungstechnische Anlagen der industriellen Produktion“ in der Firma ÖKOTEC Energiemanagement GmbH mit Zuwendungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) entstanden. Das Projekt zielt darauf ab, die Versorgungsanlagen möglichst energieeffizient zu betreiben. Hierfür entsteht ein Regelungs-Framework aus Modellen und Optimierungsalgorithmen.

Das Ziel der Masterarbeit war die Untersuchung und Bewertung von zwei verschiedenen Methoden zur Kombination von industriellen Versorgungsanlagen. Es sollte die effizienteste Kombination von Fahrweisen für verschiedene Arbeitspunkte bestimmt werden. Im Fokus standen die Vorgehensweisen der verwendeten fünfstufigen Methoden zu erörtern und sie anhand von praktischen Beispielen anzuwenden. Exemplarisch wurde ein Pumpensystem eines Kühlwasserkreislaufes gewählt. Die Kennzahlenmethodik und die Norm ISO 50006:2014 lieferten die Basis der beiden Verfahren. Die Vorgehensweise beruft auf Modellen ohne physikalisches Vorwissen. Die Softwarelösung EnEffCo® der ÖKOTEC Energiemanagement GmbH liefert dazu verschiedene Schätzfunktionen.

Die Methoden unterscheiden sich dahingehend, dass bei der Modellbildung das System einmal als Ganzes und einmal als eine Summe der Teilsysteme betrachtet wird. Die Betrachtung als Ganzes lieferte das bessere Ergebnis mit einem Einsparpotential von 26,5 MWh. Die Erwartung, dass die Summe der Teilsysteme ein besseres Ergebnis liefert, wurde nicht bestätigt. Ein Hauptgrund ist ein statistischer Fehler, der aufgrund der Verwendung von Modellen ohne Vorwissen eintritt. Ein Vorschlag zur Verbesserung der Methode ist die Bildung von Modellen auf Grundlage physikalischer Gleichungen.

51

Erstellung eines Inspektionsprotokolls für die zweistufig biologische Abluftreinigungsanlage eines Schweinezuchtbetriebes

Kevin Kramer B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	14. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	Liutec Ing.-GmbH

Die Viehhaltung bildet eine der tragenden Säulen der Landwirtschaft zur Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln. Gleichzeitig bilden die Abluftauslässe großer Viehställe jedoch auch eine bedeutende Emissionsquelle an Geruch, Gasen, Aerosolen und Stäuben, welche zu einer bedeutenden Umweltbelastung führen.

Gesetzliche Anforderungen zum Schutz der Umwelt verlangen deshalb, diesen Umweltbelastungen auf dem Luftweg entgegenzuwirken bzw. sie zu mindern. Hierzu eignen sich Abluftreinigungsanlagen, welche das Rohgas aus den Stallungen weitestgehend von Geruch, Gasen, Aerosolen und Stäuben befreien.

Durch die regelmäßige Beurteilung des Istzustandes von Abluftreinigungsanlagen anhand eines geeigneten Inspektionsprotokolls ist es möglich, Störungen im Betrieb frühzeitig zu erkennen bzw. zu vermeiden. Somit wird die Erhaltung des genehmigungskonformen Zustandes der Anlage und damit der rechtssichere Betrieb der gesamten Tierhaltung gewährleistet sowie Umweltbelastungen gemindert.

In der Bachelorarbeit wird ein solches Inspektionsprotokoll für die zweistufig biologische Abluftreinigungsanlage eines Schweinezuchtbetriebes erstellt.

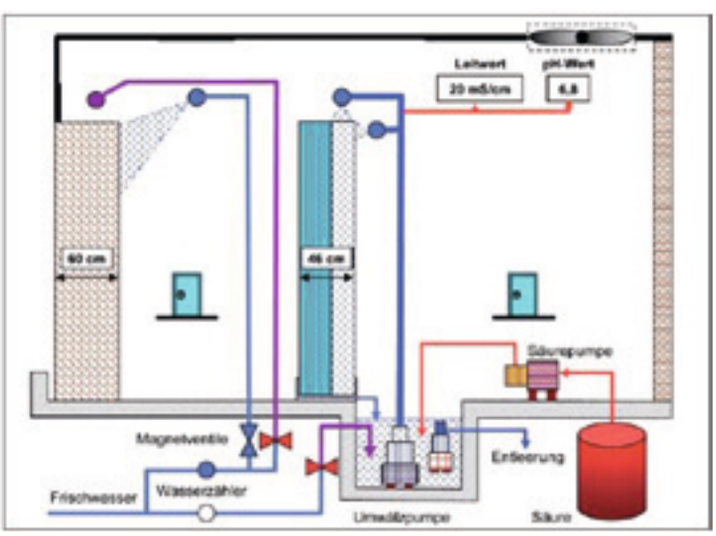


Abb. 1: Schematischer Aufbau der zweistufig biologischen Abluftreinigung

Die Erstellung des Protokolls erfolgt dabei unter Berücksichtigung der vor Ort gegebenen Bedingungen und gesetzlicher Grundlagen sowie eigener Praxiserfahrungen. Es werden für die unterschiedlichen Messpunkte Parameter sowie Arbeitsbereiche und Toleranzen definiert, welche es im Zuge der Inspektion zu überprüfen gilt. Die zu prüfenden Parameter bestehen zum einen aus messbaren Werten, wie z. B. die Ammoniakkonzentration oder die Temperatur des Rohgases. Zum anderen handelt es sich um optische Kontrollen und Einschätzungen, wie beispielsweise die Prüfung auf Durchbrüche oder die Überprüfung des Wassergehalts mittels des Rosenscherentestes.

Außerdem wurde im Sinne einer zielführenden Inspektion und anschließenden Vereinfachung der Kommunikation zwischen allen Beteiligten eine systematische Benennung der verbauten Anlagenaggregate eingeführt.

Durch die regelmäßige Inspektion mit Hilfe des Protokolls hat sich der allgemeine Zustand der Abluftreinigungsanlage gebessert, da die Notwendigkeit dieser erkannt wurde und nun regelmäßige Inspektionen mit gezielter anschließender Wartung und Instandsetzung erfolgen.

52

Risikobasierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Verbundstromnetzes - Dargestellt am Beispiel eines Offshore-Projekts in der Ostsee

Tobias Künne B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. oec. Johannes Schwanitz
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	19. April 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Deutsche Wind Guard GmbH

Der europäische Energiesektor erlebt seit einigen Jahren eine Zeit des Wandels. Ursprüngliche Methoden zur Energiegewinnung, wie das Verbrennen von fossilen Brennstoffen stehen aufgrund des dabei entstehenden CO2 sowie der begrenzten Verfügbarkeit dieser Brennstoffe in der Kritik.

Über den Ausstieg aus diesen Energiegewinnungsmethoden wird deshalb in vielen Staaten zumindest verhandelt. Als alternative Methoden werden bevorzugt erneuerbare Energiebereitstellungsarten gefördert, da diese sowohl frei verfügbar, als auch CO2-ausstoßfrei, beziehungsweise -arm agieren. Eine der effektivsten Technologien stellen Windenergieanlagen dar. Die Nutzung der Windenergie gilt es sowohl offshore, als auch onshore zu optimieren.

Dies ist auf verschiedene Weisen möglich. Zum einen ist eine Weiterentwicklung von Turbinentechnologien möglich, wodurch die Leistungsfähigkeit der einzelnen Anlage gesteigert werden kann. Eine weitere Möglichkeit stellt die effektivere Nutzung der gewonnen Energie dar. Optimierungspotential besteht hier insbesondere in einer effizienteren Netzgestaltung. An jener Stelle setzt das Projekt Baltic InteGrid an.

Das Projekt hat sich der Neugestaltung eines Verbundstromnetzes in der Ostsee verschrieben und stellt die Ausgangsituation der verfassten Bachelorarbeit dar. Das Ziel des Projektes ist es, ein Netz zu planen, das alle angrenzenden Staaten der Ostsee einbindet. Dieses Netz soll hierbei zwei wesentliche Kriterien erfüllen. Einerseits sollen geringe Installations- und Instandhaltungskosten anfallen. Andererseits soll das Netz eine möglichst große Transportkapazität der bereitgestellten Energie besitzen. Auf diese Weise soll der Handel von Energie zwischen den angrenzenden Staaten der Ostsee insofern optimiert werden, dass zukünftig überschüssig produzierter Strom in Regionen transportiert werden kann, in denen ein Bedarf besteht.

Die beschriebene Bachelorarbeit befasst sich in diesem Zuge schwerpunktmäßig mit der Betrachtung der anfallenden Kosten eines solchen Verbundstromnetzes. Das wesentliche Werkzeug dieser Kostenbetrachtung stellt eine Monte-Carlo-Analyse dar. Diese erstellt mittels einer großen Anzahl von gleichartigen Zufallsexperimenten eine Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Im Beispiel des Projekts Baltic InteGrid wird mit Hilfe der Monte-Carlo-Analyse eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der Gesamtkosten von zwei verschiedenen Netzgestaltungszenarien berechnet, die sich vor allem im Integrationsgrad unterscheiden.

53

Wirtschaftliche Betrachtung eines Blockheizkraftwerks am Beispiel Richard-von-Weizsäcker Berufskolleg

Wilhelm Lödige B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	30 November 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Ottensmeier Ingenieure GmbH

Aufgrund des hohen Ausstoßes von CO2-Emissionen, welche durch die Nutzung von fossilen Energieträgern herbeigeführt wird, befindet sich das Klima im Wandel. Bemerkbar macht sich das in der globalen Erwärmung der Erde, sodass es immer häufiger zu extremen Wetterlagen wie Sturm, Hagel und Hochwasser kommt. Diese Umstände lassen erkennen, dass ein Umbruch notwendig ist. Durch die im Sommer 2011 beschlossene Energiewende wurde dieser eingeleitet.

Das langfristige Ziel ist eine Umstellung von den bekannten zentralen Energieträgern, wie Atom- und Kohlekraftwerken, zu mehr alternativen Energien, wie Photovoltaik oder Wind. Damit einhergehend soll eine Umstellung von den zentralen Versorgungen zu einer dezentralen Versorgung durchgeführt werden. Auf dem Weg dahin spielt die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) eine essentielle Rolle. KWK-Anlagen zählen zu den effizientesten dezentralen Versorgungsarten. Der Hauptvorteil von KWK-Anlagen im Vergleich zu anderen herkömmlichen Heizungsanlagen ist, dass diese Art von Anlagen zusätzlich zur Wärme auch Strom produzieren.

Ziel der Bachelorarbeit ist die wirtschaftliche Betrachtung eines Blockheizkraftwerks am Beispiel des Richard-von-Weizsäcker Berufskollegs in Paderborn. Dabei sollen zwei BHKWs miteinander verglichen werden. Die zwei Varianten haben eine unterschiedliche Leistung, welche sich auf die Betriebsstunden auswirkt. Es ist zu prüfen welches der beiden Kraftwerke sich im Hinblick auf das Lastprofil des Berufskollegs am wirtschaftlichsten erweist.

Als Grundlage der Gegenüberstellung soll eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, welche sich an die VDI Richtlinie 2067 orientiert, angestellt werden. Die Lastfälle aus den Jahren 2015 bis 2017 sind heranzuziehen. Hierdurch können die Abschätzungen getroffen werden, um ein geeignetes BHKW auszuwählen. Anhand der gemittelten Verbrauchsdaten über drei Jahre von Wärme entstand die Jahresdauerlinie mit Hilfe von Excel.

Anhand dieser Jahresdauerlinie können die BHKW Betriebsstunden mit der entsprechenden Leitung grob überschlagen (abgeschätzt) werden. Bevor die Berechnung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden kann, ist es wichtig eine Kostenschätzung aufzustellen. Ebenso ist für die Berechnung der Überschuss wichtig, der mit Hilfe eines Excel-Tools ermittelt wurde.

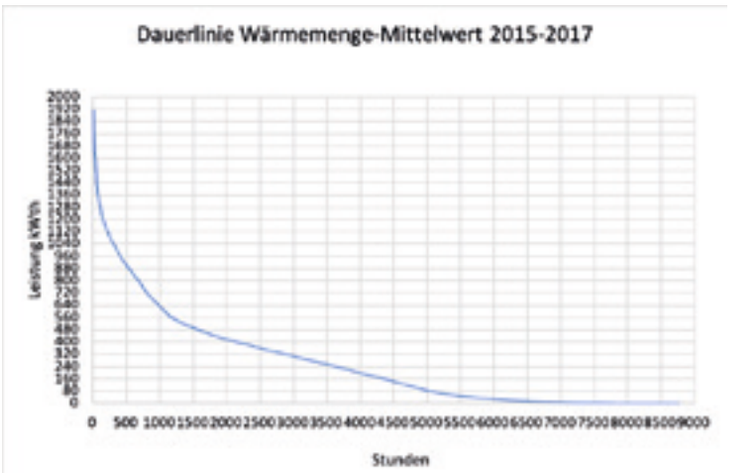


Abb. 1.: Dauerlinie Wärmemenge-Mittelwert 2015-2017

Zum Schluss wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit zwei dynamischen Investitionsrechenverfahren und einer statischen Investitionsrechnung durchgeführt. Beide Varianten haben sich als Positives Ergebnis herausgestellt. Die Anlagen refinanzieren sich nach circa Fünf Jahren und wurden als wirtschaftlich betrachtet

54

Potential der Blockchain-Technologie für die Energiewirtschaft am Beispiel der Gemeinde Saerbeck

Christopher Lösing B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Schinzel
Datum des Kolloquiums:	7. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Gemeinde Saerbeck, Stadtwerke Wuppertal

Deutschland verfolgt mit seiner Klimapolitik ambitionierte Ziele in der Energiewende. Bis 2020 sollen die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 40 % sinken, bis 2022 soll die Abschaltung der letzten Atomkraftwerke erfolgen und bis 2025 sollen 40 bis 45 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Insgesamt soll der Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50 % gegenüber 2008 sinken. Alles mit dem Leitziel, eine umweltverträgliche und wirtschaftliche Energieerzeugung sicherzustellen, die ohne fossile und nukleare Brennstoffe auskommt.

Zur Realisierung dieser Ziele fördert die Bundesregierung den Ausbau der erneuerbaren Energien u.a. mit der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für die Laufzeit von 20 Jahren. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie sich die Zeit nach dem Auslaufen der Förderung gestaltet. Zum einen betrifft dies die Anlagenbetreiber, die nach alternativen und kostendeckenden Vermarktungsmöglichkeiten ihres produzierten Stroms suchen müssen. Zum anderen betrifft es die Energiewende auch als Ganzes, da das Risiko besteht, dass Erzeuger ihre Anlagen nach zwanzigjähriger Betriebs- und Amortisationszeit zurückbauen. Ein Rückgang des Anteils der erneuerbaren Energien am Strommix wäre die Folge und würde eine potentielle Verfehlung der Ziele der Bundesregierung bedeuten.

Eine mögliche Lösung des Problems stellt die Blockchain-Technologie dar, welche alternative Vermarktungsmöglichkeiten für Erzeuger und manipulationssichere Herkunftsnachweise für Endverbraucher verspricht.

Eine Blockchain ist eine Form eines dezentralen, verteilten Softwaresystems in dem Teilnehmer gleichberechtigten Zugriff auf die enthaltenen Daten haben. Sie stellt vereinfacht eine Datenbank dar, die Informationen fortlaufend und unveränderlich speichert und dabei Integrität erreichen kann. Dazu bedient sich das System unterschiedlicher Konsensmechanismen, die in dieser Arbeit diskutiert wurden. Diese Technologie wurde ursprünglich für den Finanzsektor entwickelt und ermöglicht dort Transaktionen zwischen Personen ohne eine zentrale vermittelnde Instanz. Das bekannteste Beispiel dafür ist das Bitcoin-Netzwerk.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurden zunächst die informationstechnischen Grundlagen zu dezentralen Blockchain-Netzwerken erläutert. Darauf aufbauend wurden die möglichen Anwendungsfelder in der Energiewirtschaft beleuchtet. Der Schwerpunkt lag auf einem Vergleich des konventionellen Stromhandels mit Standardlastprofilen und einem Blockchain basiertem Stromhandel mit registrierender Leistungsmessung durch Smart Meter. Dabei sind die Probleme, die eine flächendeckende Markteinführung von Smart Metern erschweren, dargestellt worden. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten zum Betrieb einer Blockchain basierten Handelsplattform für Strom in Saerbeck beleuchtet. Die Gemeinde Saerbeck ist für eine solche Betrachtung geeignet, da sich auf dem gesamten Versorgungsgebiet die erneuerbaren Technologien Windenergie, Photovoltaik und Biomasse befinden. Ein Großteil davon ist im Bioenergiepark Saerbeck angesiedelt.

Das Ziel der Gemeinde Saerbeck ist es, alle Energieströme, die in Zusammenhang mit dem Gemeindegebiet stehen, bis zum Jahr 2030 ausschließlich aus erneuerbaren Quellen zu beziehen. Dabei liegt der Fokus auf der vollständigen Neutralität in Bezug auf Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Die Frage ob eine vollständige Deckung des Saerbecker Strombedarfs durch die erneuerbaren Technologien auf dem Gemeindegebiet in Echtzeit erreicht werden kann, wurde mit einer Analyse der Erzeugungs- und Verbrauchsdaten der vergangen vier Jahre beantwortet.

Das Vorbild für einen potentiellen Saerbecker Online-Handelsplatz ist der Tal-Markt der Stadtwerke Wuppertal, welcher der weltweit erste Online-Handelsplatz für erneuerbaren Strom auf Basis einer Blockchain ist. Als Ergebnis dieser Arbeit kann festgestellt werden, dass der Strombedarf der Gemeinde Saerbeck zurzeit nicht in Echtzeit zu decken ist, was durch die volatile Erzeugungsleistung der Photovoltaik- und Windkraftanlagen bedingt ist. Allerdings bietet eine Online-Handelsplattform das Potential für Erzeuger, einen kostendeckenden Betrieb ihrer Anlagen auch nach der EEG-Förderung zu gewährleisten. Dafür bedarf es aber nicht zwingend einer Blockchain. Erfahrungsberichte des Referenzprojektes Tal-Markt haben gezeigt, dass die Blockchain zum aktuellen Zeitpunkt zunächst als Stromprodukt dient und nicht ein verteiltes System ohne zentrale, kontrollierende Instanz darstellt. Darüber hinaus wurde in dieser Arbeit festgestellt, dass der Konsensmechanismus Proof-of-Work, welcher unter anderem zur Aufrechterhaltung des Bitcoin-Netzwerkes dient, nicht im Sinne der Energiewende sein kann. Der weltweite Strombedarf für das ressourcenintensive Bitcoin-Mining wird für das laufende Jahr 2018 auf 73,12 Terrawattstunden geschätzt. Dies entspricht ca. 14% des Bruttostrombedarfs der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2016

55

Entwicklung eines überörtlichen Konzeptes für die dezentrale Klärschlammverwertung

Mario Lüchtenborg B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	26. Oktober 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Ems-Vechte-Klärschlammverwertung GmbH

Nach dem Gebrauch von Wasser wird dieses als Abwasser in der Regel einer Kläranlage zugeführt und dort behandelt. Das Abwasser wird erst durch Rechen von groben Schmutzpartikeln befreit und anschließend mithilfe mechanischer und biologischer Reinigungsstufen von übrigen Schmutzstoffen gereinigt. Die bei der Abwasserreinigung anfallenden Reststoffe werden als Klärschlamm bezeichnet.
Klärschlamm ist ein Gemisch aus vielen einzelnen Komponenten und kann neben Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoff auch Schadstoffe wie Schwermetalle enthalten. Damit diese nicht unkontrolliert zurück in den Nahrungskreislauf und die Umwelt gelangen, gibt es gesetzliche Regelungen im Düngerecht und in der Klärschlammverordnung.

Die Koalitionspartner der 18. Legislaturperiode haben sich darauf geeinigt, die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Flächen für Düngezwecke zu beenden und die Rückgewinnung des Phosphors voran zu treiben. Hierzu trat am 03.10.2017 die novellierte Klärschlammverordnung als „Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung“ in Kraft. Hauptelement dieser Verordnung ist die Rückgewinnung von Phosphor aus den Klärschlämmen bzw. aus den bei der thermischen Verwertung anfallenden Aschen, die nach Ablauf einer Frist für Kläranlagen verpflichtend ist.
In Betracht der neuen Vorgaben zur hochwertigen Verwertung von Klärschlamm, entwickelt sich in Deutschland ein Notstand der zu Verfügung stehenden Entsorgungswege. Dies hat zur Folge, dass die Kosten der Klärschlammentsorgung stetig steigen. Wird Klärschlamm in einer Monobehandlungsanlage verbrannt, so lassen die Entsorgungskosten minimieren, zugleich werden einige bedenkliche Stoffe zerstört und Nährstoffe wie Phosphor in hohen Konzentrationen in den Aschen gebunden.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Konzept für eine überörtliche, dezentrale Klärschlammverwertung zu entwickeln. Hierzu wurden als Grundlage die maximalen genehmigten Durchsatzleistungen der Ems-Vechte-Klärschlammverwertung GmbH (EVKV GmbH) für eine Trocknung mit anschließender möglichst autarker thermischer Verwertung kommunaler Klärschlämme verwendet. Die Vorgabe der EVKV GmbH war es, einen Drehrohrkessel als Primärenergiequelle für die Trocknung und ein Hochtemperatur-Schneckentrockner als Haupttrocknungsverfahren zu verwenden. Als Nebentrocknungsverfahren standen zwei Niedertemperaturtrockner zur Auswahl.

Zur Entwicklung des Konzeptes wurden Massen- und Energiebilanzen aufgestellt, um rückwirkend über die erzeugte Energie bei der Verbrennung des Klärschlamms und die Verdampfungsleistungen der Trocknungsverfahren eine optimale Kombination zu entwickeln. Als Ausgangspunkt für die Berechnung der Massenbilanz wurde von entwässertem Klärschlamm mit einem Trockenrückstand von 20 % TR ausgegangen und ein Trocknungsziel von 85% TR festgelegt. Die Massenbilanzen verdeutlichten, welche Massenströme bei der Trocknung entstehen. Aus dem Massenstrom des getrockneten Klärschlamms ließ sich durch einen festgelegten Heizwert die mögliche thermische Energie berechnen, die der Drehrohrkessel durch die Verbrennung bereitstellen kann. Auf der Basis dieses Ergebnisses wurden über die Verdampfungsleistungen der Trocknungsverfahren die jeweiligen Durchsatzleistungen errechnet. Dabei ergab sich das Problem, dass sich mit einer Monoverbrennung nicht genügend Energie produzieren lässt, um die geplante Trocknungsdurchsatzleistung zu erreichen. Der Lösungsansatz hierfür war eine Wärmerückgewinnung an mehreren Stellen wie zum Beispiel bei der Brüdenkondensation des Schneckentrockners. Damit ließ sich nicht nur die fehlende Differenz der benötigten Wärmeenergie zum Trocknen der restlichen Klärschlammmengen kompensieren, sondern es konnte auch ein Überschuss an Wärmeenergie generiert werden, was in Abbildung 1 deutlich gemacht wurde.

Abb. 1: Wärmerückgewinnung aus dem Trocknungsprozess des Schneckentrockners

Für die Nutzung der rückgewonnenen Wärmeenergie wurden die beiden Niedertemperaturtrockner miteinander verglichen und zu zwei Konzeptvarianten zusammengestellt. In der ersten Kombinationsmöglichkeit wurde ein Bandtrockner verwendet und in der zweiten wurde der Bandtrockner durch einen Paddeltrockner ersetzt. Da beide Niedertemperaturtrockner eine nahezu identische Verdampfungsleistung aufwiesen, wurde der Vergleich durch die jeweiligen Investitionskosten und jährlichen Betriebskosten gezogen. Ergebnis dieses Vergleiches war es, dass die Variante aus Drehrohrkessel, Schneckentrockner und einem Paddeltrockner der Firma RHS aus wirtschaftlicher Sicht am sinnvollsten ist.

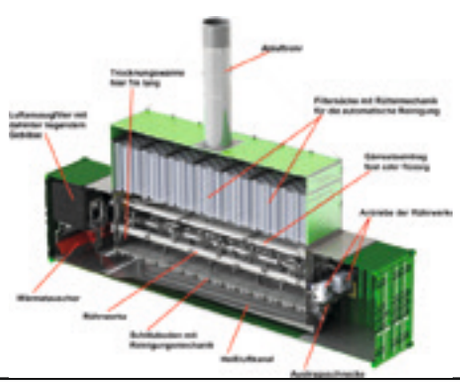


Abb. 2: Paddeltrockner Rhino Kommunal der Firma RHS Maschinen- u. Anlagenbau GmbH

56 Konzept und Entwicklung eines Schwerkraftkühlsystems zur Verwendung im industriellen Umfeld

Alexander Lühn M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	19. Dezember 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	Emco Klima GmbH

Die emco Klima GmbH gehört in Deutschland zu den führenden Unternehmen im Bereich der Klimatechnik. Dabei gehören Luftdurchlässe, Brüstungskonvektoren oder auch dezentrale Lüftungsgeräte zum Produktportfolio von emco Klima. Auch durch die Übernahme von der Kampmann GmbH wurden im Bereich der Heiz- und Kühlsysteme einige neue Produkte dazu gewonnen, wie zum Beispiel Torluftschleier oder Deckenstrahlplatten.

Es ist jedoch zu erwähnen, dass in der großen Produktvielfalt von Kampmann und emco Klima fast alle Systeme mit einer Gebläseeinheit betrieben werden, die Betriebskosten verursachen. Gerade in der heutigen Zeit, in der die CO_2-Einsparung immer wichtiger wird, ist die Entwicklung energieeffizienter Systeme unumgänglich.

Im Hinblick auf große Industriehallen, in denen thermische Verbrennungsprozesse stattfinden können, müssen zum Teil große Luftmenge über Luftdurchlässe dem Raum zugeführt werden, wodurch immense Betriebskosten entstehen. Zudem müssen die Lüftungskanäle so verlegt werden, dass der Arbeitsprozess nicht beeinträchtigt wird.

Um im industriellen Umfeld ein energieeffizientes System zur Kühlung zu entwickeln, wurde deshalb die Kühlung über die Schwerkraft genauer betrachtet. Der Vorteil solcher Systeme ist, dass die Betriebskosten im Gegensatz zu anderen Systemen sehr niedrig sind, da die erzeugte Luftströmung auf Basis der natürlichen Konvektion beruht. Eine Gebläseeinheit ist bei dieser Form der Kühlung nicht notwendig.

Ziel dieser Arbeit ist es, für die Entwicklung und Konzeptionierung eines Schwerkraftkühlsystems alle notwendigen Daten zu erarbeiten, um solche Systeme berechnen und auslegen zu können. Dabei ist es wichtig die rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären und einen Überblick über die aktuelle Umsetzung der Technik in der Praxis zu verschaffen. Es soll im Wesentlichen die Umsetzung eines Schwerkraftkühlsystems im industriellen Umfeld untersucht werden. Hinzu müssen Messungen durchgeführt werden, die die technischen Eigenschaften genauer beschreiben und die eine Berechnung solcher Systeme ermöglichen.

57

Detaillierte Ausarbeitung von Ablaufprozessen zur Erstellung von Konformitätserklärungen für unterschiedliche Produktgruppen

Nadine Mallau M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Ludger Wessendorf
Datum des Kolloquiums:	18. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	DEOS AG

Die Sicherheit von Produkten in Bezug auf Personen wird weltweit als Produktsicherheitsrecht erfasst. Je nach Markt, auf dem das Produkt bereitgestellt werden soll, gibt es eine Vielzahl an möglichen Produkt-Kennzeichnungen und Produkt-Zertifizierungen zum Nachweis der Konformität des Produktes gegenüber geltenden Sicherheitsanforderungen des jeweiligen Landes. Das Produktsicherheitsrecht umfasst alle anzuwendenden Rechtsvorschriften für Sicherheitsanforderungen, die ein Produkt mindestens erfüllen muss, um auf dem Markt bereit gestellt zu werden. Das Produktsicherheitsrecht dient zur Sicherstellung, dass ein Produkt gegenüber Personen, Haustieren und anderen Gütern als „sicher“ gilt. Innerhalb Deutschlands umfasst das Produktsicherheitsrecht diverse Gesetze, Richtlinien und Vorschriften, die zwingend anzuwenden sind. Dazu zählt, das Produktsicherheitsgesetz zur Umsetzung der EU-Produktsicherheitsrichtlinie in nationale Verordnungen, Gesetze und Verordnungen zur Umsetzung einiger CE-Richtlinien und spezielle produktbezogene Gesetze.

Ziel der Arbeit war es Ablaufprozesse zur Erstellung der CE-Konformitätserklärung für die unterschiedlichen Produktgruppen der DEOS AG zu definieren. Die ausformulierten Ablaufprozesse sollen den Mitarbeitern als Leitfäden zur Umsetzung der Anforderungen des EU-Harmonisierungskonzepts dienen. Die CE-Kennzeichnung des Produktes, gemäß dem EU-Harmonisierungskonzept, und die Ausstellung der Konformitätserklärung dient zum Nachweis der Übereinstimmung des Produktes mit den geltenden Sicherheitsanforderungen der europäischen Richtlinien gegenüber Personen, Haustiere und anderen Gütern. Die CE-Richtlinien sind Produktrichtlinien, die die CE-Kennzeichnung des Produktes bei Erfüllung vorschreiben.

Das EU-Harmonisierungskonzept (New Approach) gilt innerhalb der europäischen Union und der Türkei zur einheitlichen Produktsicherheit und Gewährleistung des freien Warenverkehrs innerhalb der europäischen Union und der Türkei. Im Zuge dieses Konzeptes wird die CE-Kennzeichnung („Communauté Européenne“) vergeben und die Konformitätserklärung erstellt. Die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen betrifft nur bestimmte Warengruppen, welche einer CE-Richtlinie zugeordnet werden können. Die CE-Kennzeichnung bestätigt, dass das Produkt den geltenden europäischen Vorschriften in Bezug auf Sicherheit und Gesundheit entspricht und dem Konformitätsbewertungsverfahren

unterzogen wurde. Sowohl Hersteller, Importeure als auch Händler sind verpflichtet, nur sichere (gekennzeichnete) Produkte auf den europäischen Binnenmarkt zu bringen. Die Konformität wird eigenständig von den Unternehmen geprüft und vergeben.

Die folgende Tabelle zeigt den theoretischen Prozess zur Erstellung der Konformitätserklärung, gemäß dem Harmonisierungskonzept der Europäischen Union. Der theoretische Prozess musste für die Ablaufprozesse zur Erstellung der Konformitätserklärung der DEOS AG den einzelnen Produktgruppen angepasst werden.

Schritt	Aufgabe
1	Fällt das Produkt unter die CE-Kennzeichnungspflicht? (Anwendungsprüfung)
2	Zum Produkt passende CE-Richtlinien des Harmonisierungskonzeptes ermitteln (Anwendungsprüfung)
3	Zum Produkt passende harmonisierte Normen der ausgewählten CE-Richtlinien ermitteln
4	Durchführung der Risikoanalyse und Risikobewertung
5	Festlegung des Konformitätsbewertungsverfahrens, gemäß CE-Richtlinie
6	Zusammenstellung der technischen Unterlagen
7	Erstellung der Konformitätserklärung
8	Anbringung der CE-Kennzeichnung am Produkt
9	Zusammenstellung der externen Dokumentation und Bereitstellung auf dem Markt

Abb. 1: Tabelle theoretischer Prozess zur Erstellung der Konformitätserklärung

58

Machbarkeitsstudie über den Einsatz von Photovoltaik- und Kleinwindkraftanlagen auf dem Hochhausgebäude des DIN e.V. in Berlin

Arnold May B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	3. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Winter - Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik Berlin GmbH

Beim Neubau oder bei der Sanierung von Hochhäusern in Innenstadtbereichen wird sehr häufig ein hohes Augenmerk auf ein gutes Aussehen und eine besondere Architektur gelegt. Der Einsatz von erneuerbaren Energien hingegen, findet oft bei dieser Art von Bauwerken, aus meist ästhetischen Gründen, keine solch große Beachtung. Viele potentiell nutzbare Dachflächen bleiben aus diesem Motiv ungenutzt und stattdessen werden viele natürliche Flächen im Umland von Großstädten mit Photovoltaik- und Windkraftanlagen bebaut und der Natur geschadet.

Davon abgeleitet, bestand die Idee dieser Bachelorarbeit darin, die zur Verfügung stehenden ungenutzten Flächen eines Hochhauses in der Innenstadt von Berlin, in diesem Fall das Gebäude des DIN e.V., für die Stromproduktion mit Hilfe erneuerbarer Energien zu nutzen. Da sich dieses Gebäude derzeit in der Planungsphase einer umfassenden Kernsanierung befindet, bot es sich an, den Einsatz von Photovoltaik- (PV) und Kleinwindkraftanlagen auf dem Dach des DIN-Gebäudes auf Umsetzbarkeit und Rentabilität zu untersuchen.

Dafür wurden jeweils geeignete Flächen auf den Flachdächern dieses Gebäudes für die Nutzung von PV-Anlagen und den Einsatz von Kleinwindkraftanlagen (für Gebäudedächer geeignete Typen) ermittelt und anschließend untersucht, ob die gesetzlichen und örtlichen Rahmenbedingungen einen Einsatz der Techniken möglich machen und ob ein wirtschaftlicher Betrieb rentabel ist. Anschließend wurde, nach Abwägung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Photovoltaikmodule (monokristalline, polykristalline und dünnschichtige) sowie der unterschiedlichen Kleinwindkraftanlagenarten (horizontale und vertikale), die jeweils zum Einsatz kommende Technik festgelegt. Des Weiteren wurden die Netzanschlussarten für einen möglichst wirtschaftlichen Betrieb, unter Betrachtung der verschiedenen Einspeisevergütungen, bestimmt.

Nach Ermittlung der zu erwartenden elektrischen Erträge mit Hilfe des Simulationsprogramms „PV*SOL“ (Photovoltaikanlage) bzw. einer Ertragsabschätzung basierend auf den Winddaten des Standortes (Kleinwindkraftanlagen), konnte anschließend die jeweilige Wirtschaftlichkeit beider Anlagentypen bestimmt werden.

Als Ergebnis der Untersuchung wurde gezeigt, dass auf dem DIN-Gebäude, trotz eines geringen Platzangebots, der Einsatz von Photovoltaik umsetzbar und wirtschaftlich sinnvoll wäre. Für Kleinwindkraftanlagen hingegen konnte ermittelt werden, dass die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Aufstellung solcher Anlagen erfüllt wären, jedoch konnte kein positives Ergebnis hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ermitteln werden.

Dieses Ergebnis zeigt, dass die Nutzung erneuerbarer Energien, in diesem Fall mittels Photovoltaik, in urbanen Gebieten eine machbare und rentable Alternativlösung zur Nutzung dieser Anlagen im ländlichen Umland darstellen kann.

59

Untersuchung von Filtersubstraten zum Rückhalt von Schwermetallen und Pestiziden in technischen Regenwasserfilteranlagen

Manuel Messing B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Thorsten Schmitz M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	08. Mai 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Mall GmbH

Die Regenwasserbehandlung gewinnt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Dies führt zu einer Verschiebung der Stoffeinträge in die Gewässer. Moderne Messmethoden können Spurenstoffe genau differenzieren und erfassen. Für den Betonfertigteil-Hersteller Mall Umweltsysteme aus Donaueschingen ist die Forschung für neue Materialien der Abwasserbehandlung unabdingbar, um marktspezifische Produkte anbieten zu können und sich Wettbewerbsvorteile zu sichern.

Der Fokus dieses Projekts lag auf der Behandlung von Niederschlagswasser, das von Dach-, Fassaden- und Straßenflächen abfließt. Das Niederschlagswasser gilt als gering bis mittelmäßig verschmutzt und kann nach einer dezentralen Behandlung dem nächstgelegenen Oberflächenwasser oder dem Grundwasser zugeführt werden. Für diesen Anwendungsbereich bietet die Firma Mall für den deutschen Markt bereits einen Substratfilter zum Rückhalt von Schwermetallen an. Um auch den Schweizer Markt bedienen zu können, wurden anhand einer Leistungsprüfung des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) unterschiedliche Filtersubstrate zum Rückhalt von Pestiziden und Schwermetallen getestet. Diese Versuche wurden als Materialtest in der firmeneigenen Prüfhalle in drei Versuchsreihen durchgeführt. Dieses Projekt sollte dem Unternehmen neue Erkenntnisse zum Rückhalt von Schwermetallen und Pestiziden liefern.

Nachdem alle Materialien für den Säulenversuch geliefert wurden, konnte mit dem Versuchsaufbau begonnen werden. Der Vorlagebehälter wurde oberhalb des Filters und der Sammelbehälter unterhalb des Filters gestellt und die Komponenten mit Schläuchen verbunden. Der Vorlagebehälter wurde mit den Schwermetallen Zink und Kupfer sowie den Pestiziden Diuron und Mecoprop versetzt. Der Filter wurde zum Rückhalt der Stoffe in der ersten Versuchsreihe mit Aktivkohle und Zeolith sowie in der zweiten mit Pflanzenaktivkohle und Zeolith befüllt. Mit Hilfe der Adsorptionstechnik sollten die Aktivkohlen für den Rückhalt der Pestizide und das Zeolith für den Rückhalt der den Schwermetallen sorgen.

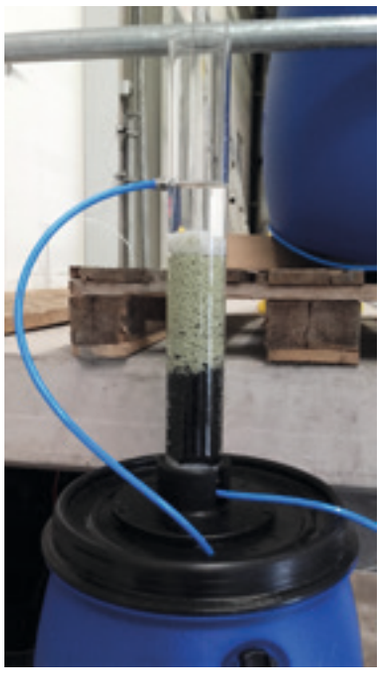


Abb. 1: Versuchsaufbau

Eine Versuchsreihe bestand aus vier Teilprüfungen. In den ersten drei Teilprüfungen wurde die Säule mit drei unterschiedlichen Durchflüssen, nach Vorgaben des Merkblattes, mit dem verunreinigten Wasser versetzt und im vierten mit einer Salzlösung auf die mögliche Remobilisierung der Stoffe durch Tausalz überprüft. Nach Beendigung einer Teilprüfung wurden 2 Proben aus dem Sammelbehälter entnommen. Die Analyse für den Schwermetall-Rückhalt wurde im eigenen Labor durchgeführt und die Pestizidanalytik an ein Labor zur Bestimmung der Stoffkonzentration vergeben.

Nach Auswertung der ersten zwei Versuchsreihen wurde festgestellt, dass die Aktivkohle die Pestizide deutlich besser zurückhält als die Pflanzenaktivkohle. Außerdem war auffällig, dass Zink die größte Konzentration im Sammelbehälter aufwies. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde eine weitere Versuchsreihe mit einem erhöhten Anteil an Zeolith und einem verringerten Anteil an Aktivkohle im Filter durchgeführt. Nach Auswertung dieser Prüfung konnte eine Verbesserung des stofflichen Rückhalts verzeichnet werden. Die Vorgaben des Merkblattes konnten aber noch nicht voll erfüllt werden, sodass weitere Untersuchungen folgen müssen.

60

Umsetzung des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende im Messzugangsmanagement - Strategische und operative Ausrichtung im Rahmen der Einführung intelligenter Messsysteme bei der Netzgesellschaft Düsseldorf mbH

Johanna Meyer M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Johannes Schmidt, MBA
Datum des Kolloquiums:	22. März 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Messzugangsmanagement
In Kooperation mit:	Netzgesellschaft Düsseldorf mbH, Düsseldorf

Smart Grid, Smart Home, Smart Meter. Die Digitalisierung schreitet immer weiter voran und hat nun auch den Energiesektor erreicht. Der Mensch wird sensibilisiert, sich seiner Umwelt und dem Einfluss, den er darauf nimmt, bewusst zu werden. Zudem ist das Prinzip, dass die Stromerzeugung dem Verbrauch folgt, nicht mehr aktuell.

Im Rahmen der Steigerung von Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien und der daraus resultierenden Belastungen für die bestehenden Stromnetze muss eine Veränderung im Handeln und Denken erreicht werden, um Netzstabilität und Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Der Mensch soll seinen Verbrauch der Erzeugung anpassen. Mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende (GDEW) hat der Umschwung im Energiesektor einen rechtlichen Rahmen erhalten. Mit der Energiewende erhalten nun moderne Messeinrichtungen (mM) und intelligente Messsysteme (iMS) Einzug in Alltag und Haushalte, um dem Anschlussnutzern sein Abnahmeverhalten zu verdeutlichen, Einsparmöglichkeiten zu erkennen und eine Anpassung des Verbrauchsverhaltens zu bewirken.

Ziel der Arbeit ist es, im Rahmen der Einführung von mM und iMS eine Zustandserhebung der elektrischen Kundenanlagen im Netz der Netzgesellschaft Düsseldorf mbH (NGD) durchzuführen und daraus Handlungsempfehlungen für das Messzugangsmanagement zu entwickeln, um die neue Messtechnik in Düsseldorf einführen zu können. In Düsseldorf sind 290.000 Anschlussobjekte mit 450.000 Messeinrichtungen betroffen. Auf Grundlage der gesetzlichen Rahmenbedingungen des GDEW, dem Herausarbeiten der strategischen Ausrichtung der NGD sowie der Feststellung und Beurteilung des Zustandes des Messwesens im Netz, können strategische Überlegungen über eine optimale Umsetzung der geforderten gesetzlichen Inhalte gemacht werden.

Im Rahmen der Zustandserhebung wurden 860 Anschlussobjekte angefahren und bezüglich ihres Zustandes dokumentiert. Anschließend folgt auf Grundlage einer Bewertungsmatrix die Klassifizierung der Zählerschränke. Das Ergebnis der Zustandserhebung im Düsseldorfer Netzgebiet zeigt, dass in 27% der Kundenanlagen keine mM installiert werden kann. Die Überschreitung der Lebensdauer der Anlagen und die damit verbundene Notwendigkeit, Anpassungen der elektrischen Kundenanlagen vorzunehmen, um diese dem aktuellen Standard entspre-

chend zu modernisieren, werden mit diesem Ergebnis umso deutlicher.

Um das Ziel und die Verpflichtung des 100%igen Rollouts zu erreichen, wurden aus den wesentlichen Problemen, die negativ auf den Rollout von iMS und mM wirken, Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Die in der Masterarbeit entwickelten Handlungsempfehlungen für das Messzugangsmanagement ebnen den Weg, das Ziel eines 100%igen Rollouts der Messgeräte zu erreichen. Die daraus resultierende strategische Ausrichtung über eine optimale Umsetzung der geforderten gesetzlichen Inhalte wird in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess eingebettet, da es für die Rollout-Umsetzung noch keine optimale strategische Ausrichtung gibt und Umfang, Menge und Auswirkungen des Projektes in der Art noch nicht vergleichbar durchgeführt wurden.
Die Organisation und Ausrichtung werden permanent in Frage gestellt und durchlaufen somit einen andauernden Optimierungsprozess auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse. Dafür wurde der PDCA-Zyklus ausgewählt.

Im Laufe der Projektarbeit wurde deutlich, dass sich nicht nur die Netzbetreiber (NB) und Messstellenbetreiber (MSB) in der neuen digitalen Welt im Energiesektor zurechtfinden müssen. Die fortschreitende Elektrifizierung ist zwar gewünscht, jedoch erkennen Laien den Zusammenhang zur Anpassungspflicht der elektrischen Kundenanlage nicht. Durch das Infragestellen des „Bestandsschutzes“ und der Beleuchtung des § 22 der NAV wurde ein lange geduldeter Missstand beendet. Mit der gesetzlichen Grundlage und der Verankerung der Anpassungspflicht in den ergänzenden Bestimmungen zur TAB wurde eine Handlungsgrundlage geschaffen, auf die sich NB und MSB nun berufen können. Mit dem Gesetz im Rücken können Anschlussnehmer zudem stärker zur Verantwortung gezogen werden. Die Energiewende kann nicht allein von den Unternehmen der Energiebranche gestaltet werden. Jeder Nutzer von elektrischer Energie ist mit verantwortlich und kann nun auch auf gesetzlicher Grundlage dazu aufgefordert werden, die Einführung von mM und iMS voran zu treiben.

61

ZUGFeRD im Energiemarkt - Prozessoptimierung beim Energierechnungsprozess

Leon Meyer M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Andreas Grübel
Datum des Kolloquiums:	14. September 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Apleona HSG GmbH

Die elektronische Rechnung ist der Papierrechnung rechtlich gleichgestellt. Dadurch sollen Prozesse zur Rechnungsverarbeitung beschleunigt werden. Bei der Energierechnung dominiert aber weiterhin der Papierbeleg. Grund für die ungebrochene Dominanz ist die Komplexität der Energierechnungen. Neben den Netto- und Bruttobeträgen werden Verbrauch und Preisbestandteile ebenfalls aufgelistet. Diese Informationen sind beispielsweise zur Erfüllung von Energiemanagementsystemen relevant, können aber mit standardisierten Rechnungsformaten nicht übergeben werden.

Eine Möglichkeit, gedruckte Energierechnungen auf Debitorenseite digital zu bearbeiten bietet eine Softwarelösung mit einer Zeichenerkennung (im Folgenden OCR, aus dem Englischen optical character recognition). Dieser Prozess bildet in dieser Arbeit die betrachtete Ausgangslage zur weiteren Optimierung. Dafür wird der Prozess eingehend an einem Praxisbeispiel beschrieben und anschließend simuliert.

Bei der Prozessbearbeitung mithilfe einer OCR-Software, entstehen so pro Buchung Personalkosten von etwa 24 Euro. Die Analyse des Buchungsprozesses zeigt vor allem in den Prozessschritten lange Bearbeitungs- und Wartezeiten, in denen analoge Rechnungsangaben manuell digitalisiert werden und Freigabeprozesse laufen. Die Freigabeprozesse sollen dabei nicht beschleunigt oder automatisiert werden. Zur Optimierung wird deshalb der Fokus auf die manuelle Digitalisierung gelegt. Um die Papierbelege durch eine OCR-Software auslesen zu können, müssen diese vorher gescannt werden. Das Ergebnis der Texterkennung wird anschließend überprüft, gegebenenfalls korrigiert und bestätigt, ehe es im Workflow zur Verfügung steht. Der Scanprozess und die Kontrolle der OCR-Software nehmen dabei viel Zeit in Anspruch.

Durch die Übergabe der Rechnungen in einem strukturierten oder hybriden Format, das heißt in einem maschinenlesbaren Format, können beide Schwachstellen adressiert werden. Neben anderen bietet auch das ZUGFeRD (Zentraler User Guide des Forums elektronische Rechnung Deutschland)-Format einen solchen strukturierten Rechnungsabschnitt. Darüber hinaus ist auch eine menschenlesbare Ansicht möglich. ZUGFeRD ist also ein hybrides Format. Mit ZUGFeRD werden die Rechnungen digital übergeben und können direkt in

ein Rechnungsprogramm eingelesen werden. Die Rechnungsangaben werden nicht optisch ausgelesen, sondern aus der strukturierten Vorgabe automatisiert übernommen. Somit können Auslesefehler vermieden und die Prozessdauer verkürzt werden. Um diese Verbesserung zu erreichen, wird gemeinsam mit einem Energieversorger ein ZUGFeRD-Format für die speziellen Anforderungen an Energierechnungen entwickelt.

Der ZUGFeRD-Prozess wird simuliert und mit dem Prozess auf OCR-Basis verglichen. Die simulierten Personalkosten und Durchlaufzeiten liegen etwa 20% unter dem OCR-Prozess und zeigen das Potenzial der Digitalisierung im Energierechnungsprozess. Neben den monetären Einsparmöglichkeiten sind weitere positive Effekte im Bereich der Mitarbeiterzufriedenheit und der Ökobilanz zu erwarten. Mit Blick auf die Zukunft bleibt ZUGFeRD vermutlich nur eine Zwischenlösung. Innovationen mit verbesserten Technologien sind bereits in der Entwicklung. Bis diese jedoch eine Marktreife erreichen, dürfte noch einige Zeit vergehen.

62

Entwicklung eines excelbasierten Simulationstools zur Analyse verschiedener Anlagenkombinationen zur Strom und Wärmeversorgung basierend auf Referenzlastprofilen der VDI 4655 für EFH und MFH

Richard Mörchen M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	26. September 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Energielenker Planungs GmbH, Münster

Die Energielenker GmbH ist ein Energiedienstleister, der Energie in Form von Wärme und Strom vom Konzept bis zur Abrechnung erzeugt und verkauft.

Innerhalb der Planungsabteilung kommt es immer mal wieder vor, dass es sich bei potentiellen Aufträgen um die Versorgung von Liegenschaften handelt, von denen keine registrierende Leistungsmessung der stündlichen Wärme- und Stromabnahme vorliegt. In diesem Fall müssen Standardlastprofile erzeugt und für die weiteren verschiedenen Anlagenkonzepte zur Strom- und Wärmeversorgung ausgewertet werden.

Anhand von Referenzlastprofile RLP der VDI 4655 kann ein Energiebedarf für Ein- und Mehrfamilienhäuser in Bezug auf Heizwärme, Warmwasser und elektrische Energie geschätzt werden. Es ist das primäre Ziel Referenzlastprofile für den Einsatz von KWK-Anlagen zu erstellen. Nur so ist es möglich deren Wirtschaftlichkeit zu vergleichen und auszulegen.
Um das zu ermöglichen, wurde ein Excel-Tool entwickelt, welches Datenbank basierte Herstellerprodukte aufruft und folgende Anlagenkombinationen vergleichen lässt:

- KWK-Anlage mit einem weiteren Wärmeerzeuger
- WP (strombetrieben) mit einem weiteren Wärmeerzeuger
- Brennwertkessel mit einem weiteren Wärmeerzeuger

Zudem ist es möglich, Auslegungsergebnisse von einer dynamisch simulierten PV-Anlage mittels der Software PV-Sol in Excel zu importieren und in die Anlagenkombination zu integrieren. Eine KWK-Anlage in Kombination mit einer PV Anlage ist hierbei nicht möglich. In einem gewissen Umfang ist es dadurch schon in der frühen Projektierungsphase möglich, eine Aussage über die Anlagenauslegung und die Wirtschaftlichkeit der Anlage im Betrieb zu treffen.

63

Feasibility Study Crane-Less Cranes

Janis Mollemeier M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Martin Schmitt
Datum des Kolloquiums:	21. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	General Electric Wind Energy GmbH

Seit einigen Jahren zeichnet sich in der Windindustrie, vor allem in Deutschland, eine Tendenz zu immer leistungsstärkeren Turbinen ab. Neben kontinuierlich größer werdenden Rotorblättern, nimmt auch die Nabenhöhe der Turbinen zu. Folglich verlangt der Aufbau der Turbinen nach Kranen mit Mastaufbauten, die sowohl über eine entsprechende Höhe, als auch die entsprechenden Kapazitäten verfügen.

Als Alternative zu konventionellen Kranen, arbeiten eine Handvoll Unternehmen an speziellen und innovativen Kranlösungen, die auf die Bedürfnisse der Windindustrie zugeschnitten sind. Die intern als „Crane-Less Crane“ Technologie bezeichneten Konzepte, nutzen den Turm der Windkraftanlagen als tragende Struktur und übertragen so die Lasten über die bereits vorhandenen Turmstrukturen, anstatt über eine externe Kranstruktur.

Neben Konzepten für die Wartung von Großkomponenten wie Blättern, Generatoren oder Lagern, befinden sich auch Konzepte zur vollständigen Installation einer Windkraftanlage in der Entwicklung, auf die sich die Ausarbeitung fokussiert.

Zur Errichtung einer vollständigen Turbine wird der „Crane-Less Crane“ an bereits vorinstallierten Turmsektionen befestigt. Die Art dieser Befestigung variiert zwischen den einzelnen Konzepten stark. Nachdem der Kran eine zusätzliche Turmsektion auf die bereits vorhandenen gesetzt hat und diese verbolzt wurde, kann der Kran seine Position mit Hilfe eines Klettermechanismus erhöhen und an der zuvor installierten Sektion befestigt werden. Diese Prozedur wird wiederholt, bis die letzte Turmsektion gestellt worden ist. Anschließend hebt der Kran das Maschinenhaus und die Blätter aus seiner finalen Position heraus.

Durch die Verwendung von „Crane-Less Crane“ Technologie, können sowohl die Logistikkosten (für Mobilisierung und Bewegung zwischen den Turbinen) als auch die Kosten für Kranstellflächen reduziert werden und so zur Reduzierung der Windkraft Stromgestehungskosten beitragen.

Da diese Arbeit einer Sperrklausel unterliegt, können keine Ergebnisse der Machbarkeitsstudie, oder Produktbilder veröffentlicht werden.

64

Calculation of profitability for an energy recovery system of a hazardous waste incineration

Lars Mutzberg B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	14. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik

Die Bachelorarbeit wurde im Rahmen des Praxissemesters in Singapur geschrieben und daher auf Englisch verfasst.

Die Firma, die mehrere Standorte in Asien hat, plant, konstruiert und baut Müllverbrennungsanlagen für gefährlichen Abfall. Daher befasst sich die Bachelorarbeit mit dem Energierückgewinnungssystem einer Müllverbrennungsanlage. In Deutschland ist es fast selbstverständlich, ein Energierückgewinnungssystem zu installieren und damit die Verbrennungswärme in Strom umzuwandeln, da der Strompreis vergleichsweise hoch ist. Bedingt durch den niedrigeren Strompreis in Asien, ist vor dem Bau einer Anlage nicht klar, ob Energierückgewinnung überhaupt wirtschaftlich ist. Aus dieser Problematik hat sich das Thema der Bachelorarbeit ergeben.

Ziel der Arbeit war es ein Excel-Tool zu entwickeln, mit dem für verschiedenste Müllverbrennungsanalgen berechnet werden kann, ob die Integration eines Energierückgewinnungssystems wirtschaftlich sein kann oder nicht. Um deutlich zu machen, was mit dem Tool berechnet wird, ist in den ersten Kapiteln der grundsätzliche Aufbau einer Müllverbrennungsanlage für gefährlichen Abfall beschrieben. Dabei werden die einzelnen Komponenten und Vorgänge, die zur Umwandlung der Wärme in Strom notwendig sind, besonders detailliert betrachtet.

Kern der Arbeit ist das Kapitel, in dem das Excel-Tool vorgestellt und erklärt wird. Das Tool besteht aus zwei Hauptreitern. Einer für die technischen Berechnungen und der zweite für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Auf der technischen Seite werden die drei Hauptbereiche einer Müllverbrennungsanlage einzeln berechnet. Dabei handelt es sich um die Verbrennung, die Energierückgewinnung und die Abgasreinigung. Es werden jeweils nur die Bereiche berechnet, die sich von einer Anlage ohne den Energierückgewinnungsteil unterscheiden. Dies beinhaltet die Verbrennung, die komplette Energierückgewinnung und den Kühler und Lüfter aus dem Abgasreinigungsteil.

Um den Energiegehalt des Abgases berechnen zu können, muss der Nutzer Angaben zur Müllzusammensetzung, zur Abgastemperatur und -zusammensetzung machen. Der Massenstrom, gekoppelt mit einer bestimmten Temperatur und Energiemenge, ist die Grundlage für die Dampferzeugung im Energierückgewin-

nungssystem. Abbildung 1 zeigt, wie das Energierückgewinnungssystem im Excel-Tool dargestellt wird und welche Komponenten es beinhaltet.

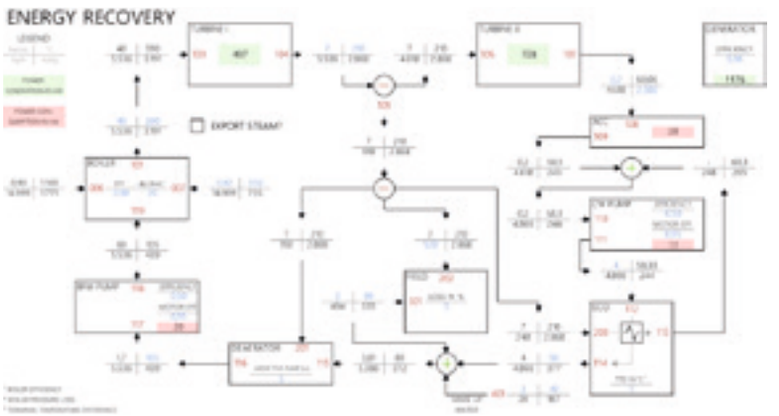


Abb. 1: Benutzeroberfläche des Energierückgewinnungssystems

Es handelt sich bei dem Energierückgewinnungssystem um einen Dampfkreislauf. Der erzeugte Dampf kann entweder verkauft werden indem bei ‚Export Steam' ein Häkchen gesetzt wird, oder der Dampf wird durch die zweistufige Turbine in Strom umgewandelt. Das Kondensat bleibt in diesem Fall im Kreislauf und wird im Kessel wieder verdampft.

Die technischen Berechnungen werden durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung vervollständigt. Es wird die Dauer in Jahren berechnet, bis sich das Energierückgewinnungssystem rentiert. Dazu werden Investitionen und Erlöse, die durch Strom- oder Dampfverkauf erzielt werden, gegenübergestellt und die Rückzahlungsdauer mittels einer dynamischen Methode berechnet.

Beispielhafte Berechnungen anhand realistischer Annahmen für den asiatischen Strommarkt haben ergeben, dass vor allem der lokale Strompreis und die Menge an Wasser, die unter anderem für die Abgasreinigung zugekauft werden muss, darüber entscheiden, ob die Umwandlung der Verbrennungswärme in Strom wirtschaftlich ist oder nicht. Durch die Praxisorientierung und den großen Anwendungsbereich des Excel-Tools ist diese Bachelorarbeit vor allem interessant für Investoren im Waste-to-Heat Sektor.

65

Entwicklung eines Migrationskonzeptes als Standard bei Retrofitmaßnahmen an Raumlufttechnischen Anlagen

Andreas Neudorf M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Florian Segger M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	5. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik

Die Masterarbeit befasst sich mit der Migration der Gebäudeautomation im Bereich von Raumlufttechnischen Anlagen. Die Steuerungstechnik hat bei Anlagen mit einer Betriebsdauer >20 Jahre das Ende ihres Lebenszyklus früher erreicht als der mechanische Aufbau und die darin verbauten Aggregate.

Mit der Einführung und Verbreitung von Gebäudeleitsystemen sind diese Anlagen zu einem Teil eines Systems für Gebäude und Liegenschaften geworden. Bei diesen Bestandsanlagen rückt das Thema der Erneuerung der Steuerungs- und MSR Technik sowie die Migration auf aktuelle Managementsystem verstärkt in den Mittelpunkt.

Der ursprüngliche individuelle und Gewerke orientierte Planungsprozess führte zu individuellen Anlagen hinsichtlich Ausstattung, Funktion und Kennzeichnung. Die proprietären Systeme ließen kaum eine Integrale Planung zu.

Im Rahmen der Masterarbeit wird ein Konzept entwickelt, um die Migration diese Anlagen in einem Standardverfahren abzuarbeiten, zu vereinfachen und dabei einen Mehrwert in Bezug auf Funktion, Effizienz und Sicherheit zu erzielen. Dazu wird ein ganzheitlicher Blick auf die verwendeten Systeme und die Einbindung in das Gebäude und in die Betriebsprozesse geworfen.

Das Migrationskonzept setzt sich zusammen aus einem definierten Ablaufdiagramm des Migrationsprozesses mit festgelegten Hilfsmitteln, ein Kennzeichnungssystem, welches über alle Phasen der Migration genutzt wird und die Modularisierung der Anlagen, um einfache abgrenzbare Einheiten zu erhalten. Jedes Modul für sich bringt alle Informationen hinsichtlich Kennzeichnung, Dokumentation, Hardware und Software mit. Dadurch können die RLT Anlagen mit diesen Modulen nach dem Baukastenprinzip zusammengestellt werden.

Als zentrales Element wird die Struktur eines Kennzeichnungssystem entwickelt, das über alle Phasen der Migration angewendet werden kann. Das Kennzeichnungssystems orientiert sich an der VDI3814, setzt dabei aber entscheidende Akzente, die eine weniger individuelle Kennzeichnung ermöglichen. Dadurch wird eine einfache Interpretation des Kennzeichnungsschlüssels möglich. Das Kennzeichnungssystems bringt Vorteile über den gesamten Lebenszyklus

der Anlagen von der Planung, der Inbetriebnahme bis zum Betrieb, der Wartung und Instandhaltung.

Die Modularisierung der RLT Anlagen und ein an das Umfeld angepasstes Kennzeichnungssystem, in das sich der Gedanke der Modularisierung einfügen lässt, hilft dabei die immer weiterwachsende und komplexer werdende Automatisierungslandschaft innerhalb der technischen Gebäudeausrüstung handhabbar zu machen.

Mit Hilfe des Standards wird ein hoher Grad an Wiederverwendbarkeit bei der Planung und Projektierung erreicht und ein einheitliches Systembild geschaffen.

Migration ist mehr als nur der Austausch von alter Steuerungshardware zu sehen. Migration ist ein Prozess, der sicherstellt, dass die Gebäudeautomation Schritt hält mit dem Lebenszyklus des Gebäudes. Nur Systeme, die den aktuellen Stand abbilden, bringen die Sicherheit für einen zukunftsfähigen Betrieb der RLT Anlagen geeignet zu sein und den Anschluss an neue Technologien zu gewährleisten

66

Entwicklung eines Modells zur Vorhersage der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Simon Nießen M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	17. Juli 2018
Master-Studiengang:	Master Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Umwelttechnik

Die angefertigte Abschlussarbeit entstand im Rahmen des Forschungsprojektes EnerPrax – Energiespeicher in der Praxis am Fachbereich EGU der FH Münster. Ziel des Projektes ist es, einen Beitrag zur Integration des wachsenden Anteils erneuerbarer Energien in den deutschen Strommix zu leisten. Da die Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie nur begrenzt regelbar ist, speisen Windenergie- und Photovoltaikanlagen nicht immer genau die Strommenge in das Netz ein, die von den angeschlossenen Verbrauchern gerade benötigt wird (s. Abb. 1). Das EnerPrax-Projekt untersucht verschiedene Energiespeicher mit dem Ziel, Speicherkombinationen zu ermitteln, die diese zeitliche Diskrepanz aus Stromerzeugung und -bedarf auflösen und so künftig zu einer stabilen Stromversorgung beitragen können.

Für die Steuerung der untersuchten Stromspeicher ist u. a. die Kenntnis der aktuellen und künftigen Erzeugungs- und Bedarfsleistung im Stromnetz von Bedeutung. Die Masterarbeit sollte mit der Entwicklung eines Modells zur Vorhersage der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien einen relevanten Baustein für das Projekt liefern.

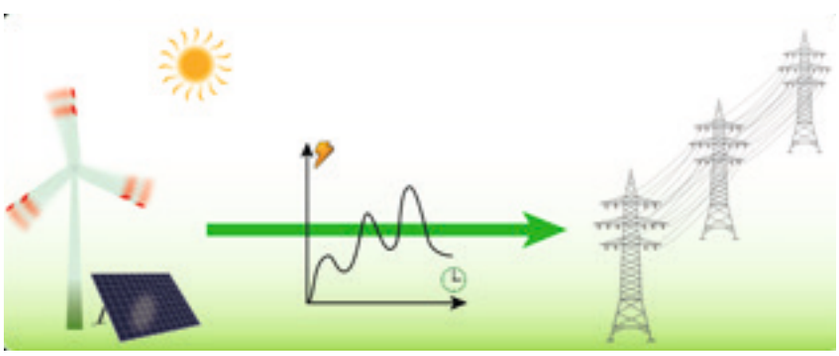


Abb. 1: Schematische Darstellung der Stromeinspeisung durch Windenergie- und Photovoltaikanlagen

Vorgehen

Die Entwicklung eines Verfahrens zur Vorhersage der Einspeiseleistung wurde beispielhaft anhand der Windenergieanlagen im Bioenergiepark Saerbeck durchgeführt. Hierfür wurden zunächst über einen dreimonatigen Zeitraum Windgeschwindigkeitsvorhersagen für den Standort aufgenommen, die anschließend

mit den jeweils zugehörigen Datensätzen der Einspeiseleistung einer Regressionsanalyse unterzogen wurden. Die Wahl eines hierfür geeigneten Funktionsansatzes erfolgte in Anlehnung an die Leistungskennlinie des untersuchten Anlagenmodells (Enercon E 101, 3,05 MW). Da diese einen sigmoidalen (S-förmigen) Verlauf zeigt, wurden als Funktionsansätze eine logistische Verteilung, eine Weibull-Verteilung und eine doppelte Exponentialfunktion gewählt, die jeweils durch die Einführung bestimmter Funktionsparameter erweitert wurden.

Zur Beurteilung des Prognosefehlers wurde für jeden Regressionsansatz die Wurzel des mittleren Fehlerquadrates (RMSE) berechnet. Es wurde angenommen, dass der Ansatz mit dem niedrigsten RMSE die höchste Prognosegüte aufwies. Im untersuchten Beispiel galt dies für die doppelte Exponentialfunktion, die durch die nachstehende Gleichung definiert war:

$$\Pi_{T,\Delta t,exp.} = \begin{cases} P_{max,\Delta t} \cdot \left(1 - e^{-\tau_2 \cdot e^{-\tau_1 \cdot (x - \psi_T)}}\right) - \epsilon, & \psi_T < \kappa_{max} \\ P_{max,\Delta t}, & \kappa_{max} \leq \psi_T < \kappa_{ab} \\ 0, & \kappa_{ab} \leq \psi_T \end{cases}$$

Hierin ist $\prod_T$ die prognostizierte Einspeiseleistung und ψ_T die Windgeschwindigkeitsprognose. Alle anderen in der Gleichung enthaltenen Größen sind konstante Funktionsparameter.

Ergebnisse

Abb. 2 zeigt das Streudiagramm von Windgeschwindigkeitsprognose und gemessener Einspeiseleistung. Außerdem eingezeichnet ist die Regressionsfunktion nach obigem Ansatz. Hiermit konnte ein mit der Anlagen-Nennleistung normierter RMSE von 0,11 und ein Bestimmtheitsmaß von 0,87 erzielt werden.

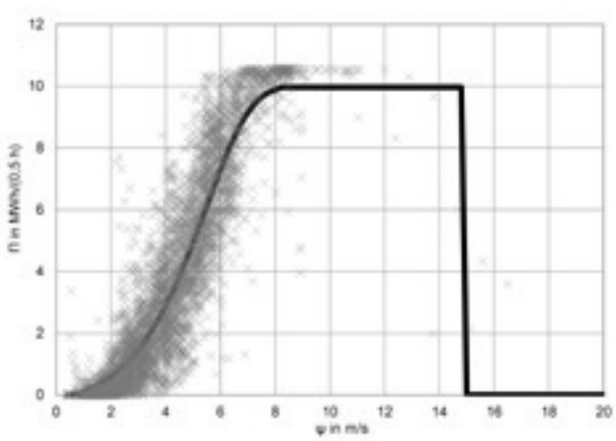


Abb. 2: Regression von gemessener Einspeiseleistung und Windgeschwindigkeitsprognose

Die gebildete Regressionsfunktion kann zugleich zur Vorhersage der Einspeiseleistung der im Bioenergiepark installierten Windenergieanlagen eingesetzt werden. In einem nächsten Schritt müsste das Verfahren auf die dort installierten Photovoltaik-Anlagen übertragen werden. In Kombination mit einer Netzlast- bzw. mit einer Bedarfsprognose wäre dann die Vorhersage der zu erwartenden Residuallast möglich, anhand derer etwa eine Einsatzplanung der Energiespeicher im EnerPrax-Projekt erfolgen könnte.

67

Titel der Arbeit: Energieeinsparverordnung 2016 am Beispiel eines Mehrfamilienhauses mit 5 Wohneinheiten

Lukas Nießing B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	17. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Heizungstechnik

Im Jahre 2016 erfuhr die EnEV große Veränderungen für die Anforderungen an neue Wohngebäude, u.a. die Anpassung des Primärenergiefaktors für Strom von 2,4 auf 1,8. Dadurch gewinnt der Strom in Verbindung mit einer Wärmepumpe an Attraktivität, denn der Primärenergiebedarf sinkt für den EnEV-Nachweis. Strom ist für die Zukunft ein primärer Energieträger, wenn er aus erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind und Wasser erzeugt wird.

Bis Ende 2015 wurde bei Ein- und Mehrfamilienhäusern bevorzugt ein Gas-Brennwertkessel mit solarer Trinkwassererwärmung eingebaut. Die Versorgung nach diesem Anlagenkonzept mit Wärme und Warmwasser geschieht einfach, komfortabel und preiswert. Als Alternative rückt nun die Wärmepumpe in den Vordergrund, die auf Interesse für eine Stromversorgung aus erneuerbaren Energien stößt.
Die Wärmepumpe nutzt einen hohen Anteil an Umweltwärme aus der Außenluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser. Sie arbeitet am effizientesten bei niedrigen Vorlauftemperaturen von 35 - 40 °C in Kombination mit Flächenheizungen. Dagegen nehmen die Heizleistung und die Effizienz bei hohen Vorlauftemperaturen über 50 °C deutlich ab. Warmwassertemperaturen über 60 °C sind durch die übliche Wärmepumpe schon nicht mehr zu erreichen, aber zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene, z.B. zur Vermeidung der Legionellenbildung unumgänglich.

Mit diesen Fragestellungen, konkret der Frage nach einem geeigneten Heizungssystem für das beispielhafte Mehrfamilienhaus und einer dazu passenden Warmwasserbereitung, beschäftigt sich diese Bachelorarbeit. Das Hauptaugenmerk richtet sich auf die Untersuchung von vier verschiedenen Heizsystemen nach den Gesichtspunkten der EnEV und des EEWärmeG.
Die untersuchten Wärmeerzeuger lauten:

- Gas-Brennwertkessel mit Solarthermie
- Luft-Wasser-Wärmepumpe - Standard
- Luft-Wasser-Wärmepumpe - Hocheffizient
- Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden - Hocheffizient

Die zu berücksichtigenden Kriterien für die Beantwortung der Frage nach dem geeigneten Heizsystem für den Bauherrn bzw. später für die späteren Erwerber der Wohnungen sind:

- Prüfung nach der Eignung gemäß EnEV und EEWärmeG
- Bewertung der Heizsysteme
- Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten Auswertung der ökologischen Aspekte
- Analyse der Anforderungen an die hygienische Warmwasserbereitung

Eine letzte Entscheidung zwischen den Varianten kann aus den Untersuchungen dieser Bachelorarbeit nicht getroffen werden. Die Wahl des Bauherrn für die Geothermie mit Erdsonden erscheint nachvollziehbar, insofern dabei die Eingriffe in die Architektur, die Räumlichkeiten und die Außenanlagen gering gehalten werden. Der positive Eindruck der Geothermie in der Allgemeinheit wird zumindest durch gute Jahres-Arbeitszahlen gerechtfertigt. Die Schwächen der Sole-Wärmepumpe bei der Warmwassererwärmung liegen immerhin unter denen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.

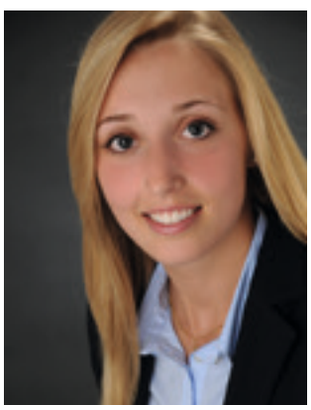
Die vorgestellten Maßnahmen in der Ausführungsplanung zeigen jedoch Möglichkeiten des Ausgleichs auf.

68

Entwicklung eines Simulationstools für die technologieoffene Konzepterstellung von gebäudetechnischen Anlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung in büroähnlichen Gewerbebetrieben

Katharina Oelerich M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Jan Ortmann M. Eng.
Datum des Kolloquiums:	15. Februar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik



Im Zuge dieser Arbeit soll ein Simulationstool zur Energieberatung für gebäudetechnische Anlagen in Gewerbebetrieben entwickelt werden. Die Berechnung beschränkt sich auf büroähnliche Gewerbebetriebe. Der Grund dafür ist die Verwendung von Prozesswärme.

Die Erzeugung von Prozesswärme ist bei jedem Kunden stark individuell geprägt und kann in einem Simulationsprogramm nicht pauschalisiert werden.
Mithilfe weniger Eingabedaten können realistische Ergebnisse der zu simulierenden Strom und Wärmeerzeugern ausgegeben werden. Diese können in vielen unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten miteinander und einzeln simuliert werden. Es können nicht nur Energieversorgungskonzepte mit neuen Anlagen sondern auch mit Bestandsanlagen betrachtet werden. Im Simulationstool enthaltene Anlagen sind beispielsweise eine Photovoltaik- Anlage, Heizungskessel unterschiedlichster Energieträger wie Gas, Öl oder Holz, Wärmepumpen oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Die Berechnung der Strom- oder Wärmeproduktion muss einem Verbrauch gegenübergestellt werden. Da viele Kunden keine registrierende Leistungsmessung besitzen, werden Standardlastprofile vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft für Strom und Gas eingesetzt, um reale Lastgänge ersetzen zu können. Die Simulation verläuft im Stundentakt, so können auch relativ genau Ergebnisse für Anlagen errechnet werden, die sich stündlich ändernde Leistungen haben, da sie von der Lufttemperatur oder der Sonnenstrahlung abhängig sind.
Mithilfe des Programms kann mit wenig Aufwand eine vertretbare Empfehlung für ein Strom- und Wärmeversorgungskonzept in der Energieberatung ausgegeben werden.

69

Notwendigkeit und technische Möglichkeiten zur Vorbehandlung der Zuflüsse in den geplanten Tieftunnel-Speicher der Stadt Shanghai

Saskia Pape M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Max Dohmann
Datum des Kolloquiums:	28. Januar 2019
Master-Studiengang:	Master Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	German Platform for Environmental Planning

Die eingeschränkte hydraulische Kapazität der Entwässerungssysteme und die Auswirkungen extremer Niederschlagsereignisse haben in den letzten Jahren zu einem vermehrten Auftreten von Überflutungen und Gewässerbelastungen in urbanen Gebieten geführt. Man spricht diesbezüglich von urbanen Sturzfluten, die vielerorts bereits zu Sachschäden und Funktionsbeeinträchtigungen des öffentlichen Lebens geführt haben, so auch in Shanghai.

Um dieser Problematik entgegen zu wirken, sind weltweit verschiedenste Konzepte implementiert worden. Eine zentrale Rolle spielen dabei Maßnahmen der Retention und Speicherung von Regen- und Mischwasser. Speicherbecken, Stauraumkanäle oder die multifunktionale Nutzung von Flächen werden dahingehend umgesetzt. In urbanen Gebieten werden zudem tiefliegende Speicherräume eingesetzt. Im Rahmen des Entwässerungskonzepts Sponge City werden auch in Shanghai Maßnahmen der Überflutungsvorsorge und des Gewässerschutzes gefördert. Wesentliches Element dabei ist ein 14,7 km langer und ca. 60 m tiefer Tunnel, der 740.000 m³ Wasser speichern soll. Um Betriebsstörungen und Ablagerungen in dem Tieftunnel zu verhindern, sollen die Zuflüsse im Sinne einer Abtrennung partikulärer Stoffe behandelt werden. Dazu ist eine Kombination von Rechen und Sandfängen an den Einlaufschächten in das System geplant.

Auf Grundlage der Erfahrungen ähnlicher Projekte lässt sich hingegen schlussfolgern, dass eineVorbehandlung nicht zwingend notwendig ist. Nichtsdestotrotz konnten im Rahmen dieser Arbeit folgende Möglichkeiten im Umgang mit partikulären Stoffen abgeleitet werden: Rechen an verschiedenen Einbauorten, vor- oder nachgeschaltete Absetzbecken und Sedimentation im Tunnel. Letzteres erfordert besondere Anforderungen an eine Reinigung des Tunnels. Neben einer hydraulischen Spülung sind manuelle und automatisierte Verfahren der Ausräumung denkbar. Sandfänge im Sinne der geplanten Vorbehandlung wurden bisher nicht eingesetzt.

Im Hinblick auf die Situation vor Ort sollte entsprechend der dargestellten Empfehlungen geprüft werden, ob eine aus den vorgestellten Beispielen abgeleitete Verfahrensweise der geplanten Vorbehandlung vorzuziehen ist. Besonders der verfahrenstechnische, bauliche und finanzielle Aufwand der Sandfänge erscheint im Vergleich zum Nutzen sehr groß. Alternativ bietet sich die Nutzung

des Tunnels selbst als Absetzbecken an. Vor dem Hintergrund der Gegebenheiten vor Ort hinsichtlich Verschmutzungsgrad und Gefälle, erscheinen zudem vorgeschaltete Rechen und eine regelmäßige Spülung sinnvoll. In der folgenden Abbildung ist zusammenfassend dargestellt, wie der Umgang mit partikulären Soffen und eine Reinigung des Tunnels abweichend von der bisherigen Planung aussehen kann.

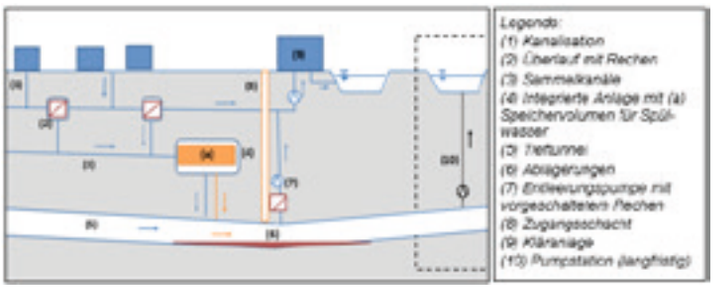


Abb. 1: Übersicht über eine mögliche Alternative zur Behandlung der Zuflüsse (rot) und der Reinigung (orange) des Tieftunnels.

Um detaillierte Empfehlungen ableiten zu können, sollten weitere Untersuchungen und Berechnungen durchgeführt werden. Neben der Machbarkeit sollten dabei sowohl der Nutzen im Hinblick auf den Betrieb als auch die Kosten berücksichtigt werden.

70

Tierwohl vs. Immissionsschutz: Zukünftige Herausforderungen für die Schweinehaltung

Claire Peitzmeier M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Dr. Ralf Both
Datum des Kolloquiums:	21. März 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung	Umwelttechnik

Für eine zukunftsfähige Nutztierhaltung stehen der Branche große Veränderungen bevor: Vor allem durch die steigenden Anforderungen des Umweltschutzes, aber auch durch den gleichzeitigen Wunsch der Gesellschaft nach mehr Tierwohlmaßnahmen.

Die allgemeinen Mindestanforderungen an die Haltungsbedingungen für Nutztiere sind gesetzlich geregelt. Darüber hinaus existieren Tierwohlprogramme (z.B. die „Initiative Tierwohl“) und Bestrebungen zur Einführung einer staatlichen Tierwohl-Kennzeichnung. Für die Genehmigungsfähigkeit von Tierhaltungsanlagen sind derartige Tierwohl-Kriterien nicht relevant, sondern entscheidend sind die vom Stall ausgehenden Emissionen, die auf die Schutzgüter einwirken können. Zu den relevanten Emissionen aus Tierhaltungsanlagen zählen Gerüche als mögliche Belästigung für die umliegende Wohnbebauung und Ammoniak als einwirkende Luftverunreinigung auf stickstoffempfindliche Ökosysteme wie Wälder oder FFH-Gebiete. Darüber hinaus spielen Bioaerosole und Feinstaub eine wichtige Rolle, da hiervon Gesundheitsgefahren für den Menschen ausgehen können.

Ob und wie viel Geruch und Ammoniak freigesetzt werden, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise dem Stallsystem, der Futterzusammensetzung, der Größe der verschmutzten Fläche, oder auch dem Luftvolumenstrom. Für die Genehmigungsfähigkeit ist insbesondere relevant, wieviel von den freigesetzten Stoffen immissionsseitig einwirken. Dies hängt u. a. von der Quellkonfiguration und der Austrittshöhe ab, somit sind bei der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen die Eingangsparameter von entscheidender Bedeutung.

Gibt es einen Zielkonflikt zwischen den Anforderungen an eine tierartgerechte Nutztierhaltung und den Anforderungen des Immissionsschutzes? Mit dieser Frage setzt sich die Masterarbeit auseinander. Dazu wurden die Unterschiede der gängigen konventionellen Tierhaltungssysteme für Mastschweine mit den alternativen Haltungssystemen erläutert. Derzeit existieren am Markt viele verschiedene Ausführungen von Tierhaltungssystemen für die Schweinemast. Es gibt die klassischen konventionellen Systeme und alternative Systeme, wie unter anderem Außenklimaställe. Unterschiede resultieren vor allem aus der Art der Lüftung, dem Entmistungsverfahren und der Bauhülle. Konventionelle

Ställe erfüllen die Anforderungen der artspezifischen und individuellen Bedürfnisse der Schweine nicht vollständig, sondern sind besonders auf einen hygienisch einwandfreien als auch wirtschaftlich profitablen Betrieb ausgelegt. Eine Alternative zu diesen Systemen sind Offenställe, in denen sich das Stallklima an die Außentemperatur weitgehend anpasst. Bei Offenställen wird versucht, den Stall an die natürlichen Bedürfnisse der Tiere anzupassen. Die reizarme Umgebung wird vor allem durch einen Außenklimareiz erweitert.

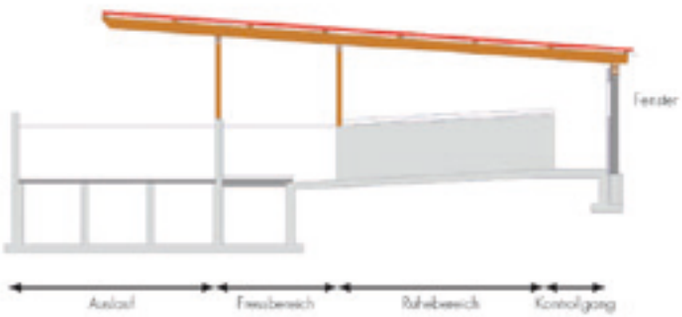


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung eines Außenklimastalles (Quelle: Gillig und Keller, 2017)

Ob diese Art von Stallsystemen wirklich einen positiven Effekt auf das Tierwohl hat, kann nicht so einfach beantwortet werden, da es keine einheitliche Definition des Begriffes „Tierwohl“ gibt. Die verschiedenen Akteure wie Landwirte, Schlachter und Verbraucher, aber auch der Einzelhandel haben unterschiedliche Auffassungen bezüglich dieses Begriffes.

Mit Hilfe von beispielhaften Ausbreitungsrechnungen für unterschiedliche Quellgeometrien wurden die Ausbreitungsfahnen für Gerüche, Ammoniak (NH3) und Stickstoff-Deposition für einen typischen Schweinemaststall mit 1.995 Mastplätzen miteinander verglichen und mögliche Probleme herausgestellt. Für einen konventionellen Stall mit Zwangslüftung wurde eine Punktquelle mit Abluftfahnenüberhöhung modelliert. Im Vergleich dazu sind zwei verschiedene Ansätze für Offenstallsysteme, die Volumen- und die vertikale Flächenquelle, betrachtet worden.

Außerdem wurden die Eingangsparameter bezüglich der Quellmodellierung sowie die Emissionsansätze für alternative Haltungssysteme, die in der gutachterlichen Praxis für Immissionsprognosen angewandt werden, in vorliegenden Ausbreitungsrechnungen diskutiert. Dazu wurde eine stichprobenartige Auswertung der Ansätze durchgeführt.

Aufgrund der immer höheren Anforderungen an den Umweltschutz und der gleichzeitigen Forderung nach mehr Tierwohl befindet sich die Nutztierhaltung im Umbruch. Auf diesen gilt es zu reagieren und entsprechende Grundlagen für einen sachgerechten Ansatz der Emissionen und der Quellkonfiguration von alternativen Haltungsformen zu schaffen und ein einheitliches Vorgehen bei der Erstellung von Immissionsschutzgutachten sicher zu stellen.

71

Entwicklung eines Vertriebskonzepts für das wibutler-System

Hendrik Plagemann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Michael Jüdiges M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	5. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Connectivity Solutions GmbH

Die Digitalisierung verändert nahezu alle geschäftsrelevanten Rahmenbedingungen und hat eine große Auswirkung auf bestehende und neue Branchen. Im Zuge dessen verändert sich auch das Wohnverhalten der Menschen, denn die Vernetzung und Automatisierung digitaler Gebäudetechnik erhält unter dem Begriff Smart Home verstärkt Einzug in Privathaushalte.
Die Connectivity Solutions GmbH hat das Smart-Home-System wibutler auf den Markt gebracht, welches herstellerübergreifend eine intelligente Tiefenintegration in der Gebäudetechnik anstrebt. Hierfür werden vielfältigste Gewerke integriert, um ein möglichst umfassendes Smart Home zu entwickeln. Ein wichtiges Merkmal dieses Systems ist, dass Kooperationspartner aus der Industrie in der sogenannten wibutler alliance vertreten sind und dort ihre Stärken einbringen. Jedes Unternehmen hat andere Schwerpunkte, sodass für individuelle Lösungen ein hochwertiges Produkt angeboten werden kann. Die Komplexität reicht von ein fachen Produktintegrationen bis hin zu Verfahren wie der Heizungsregelung und einem hydraulischen Abgleich.

Der Markt für digitale Gebäudetechnik befindet sich nach wie vor an der Schwelle zum Massenmarkt und erschwert sowohl die Marktpositionierung als auch das Verfolgen von Vermarktungsstrategien. Die Connectivity Solutions GmbH nutzt die wibutler alliance, um die eigenen Vermarktungs- und Vertriebsaktivitäten zu intensivieren. Diese Unterstützung erhält insbesondere vor dem Hintergrund Gewicht, dass die personellen und finanziellen Ressourcen begrenzt sind. Bislang konnte das Potenzial der wibutler alliance jedoch nicht voll ausgeschöpft werden. Aus diesem Grund stellte sich die Frage, welche Möglichkeiten die Connectivity Solutions GmbH ihrerseits hat, die Marke wibutler erfolgreich zu vermarkten. Das Ziel der Arbeit war, Handlungsoptionen aufzuzeigen, die zu einer erfolgreichen Vermarktung des wibutler-Systems führen.

Im ersten Schritt erfolgte eine detaillierte Analyse der Ausgangssituation unter Verwendung der SWOT-Analyse. Die externe Unternehmensanalyse lieferte dabei umfassende Erkenntnisse zu dem Marktpotenzial, den Marktsegmenten, der Wettbewerbssituation und den Stakeholdern des Unternehmens. Die interne Analyse befasste sich wiederum mit den Stärken und Schwächen der Connectivity Solutions GmbH. Die Ergebnisse erlaubten Maßnahmen, die zu einer zielgerichteten Vermarktungsstrategie des wibutler-Systems führen.

Diese Maßnahmen wurden mit Hilfe der vier Marketinginstrumente in einem Vertriebskonzept zusammengefasst. Für die Marke wibutler wird demnach eine selektive Marktbearbeitung in den Marktsegmenten Neubau und Nachrüstung im Bestand empfohlen. Zudem hat die SWOT-Analyse gezeigt, dass insbesondere diejenigen Anbieter Probleme haben, die sich nicht auf ausgewählte funktionale Kernkompetenzen konzentriert haben. Aus diesem Grund wurde mit der fokussierten, selektiven Marktbearbeitung ein Schwerpunkt in dem Vertriebskonzept gelegt, welcher in Zukunft großen Einfluss auf grundlegende strategische Entscheidungen haben wird. Die fokussierte Marktbearbeitung wird bei der Gestaltung der Distributionspolitik durch die Wahl einer Multi-Channel-Strategie unterstützt, welche den dreistufigen Vertriebsweg entlastet.

Als Hauptbestandteil dieser Vermarktungsstrategie erfährt die Kooperation mit den Unternehmen aus der wibutler-alliance eine große Bedeutung. Die SWOT-Analyse hat sich deshalb sehr intensiv mit dem Potential sowie den Barrieren auseinandergesetzt, die im Rahmen einer Kooperation vorhanden sind. So konnte eine große Informationsbasis erarbeitet werden, welche zukünftig die Entscheidungsfindung im Kontext der Vermarktungskooperation unterstützt. Denn neben der distributorischen Bedeutung kommt diesen Unternehmen auch bei dem Ausbau eines fokussierten Produkt-Portfolios eine Schlüsselrolle zu.

Das Vertriebskonzept sowie die vorangegangene Analyse der Ausgangssituation befähigen die Connectivity Solutions GmbH dazu, wissenschaftlich fundierte Maßnahmen im Rahmen einer erfolgreichen Vermarktungsstrategie zu treffen. Das Ergebnis ist, neben einem neuen Bewusstsein für die marktbezogene Situation des Unternehmens, eine wissenschaftlich fundierte Überarbeitung und Konzeption der bestehenden Vertriebsaktivitäten. Zudem wurden notwendige strategische Maßnahmen zu dessen Umsetzung für das Management der Connectivity Solutions GmbH formuliert.

72

Erstellung eines Konzeptes zur Durchführung eines studentischen Praktikums zur Umweltakustik im Modul Immissionsschutz

Sebastian Plätzmüller M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	7. September 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
in Kooperation mit:	uppenkamp + partner Sachverständige für Immissionsschutz GmbH

Im Rahmen meiner Abschlussarbeit wurde ein Konzept zur Gestaltung des Praktikums im Modul „Immissionsschutz II“ im Bachelorstudiengang Umwelttechnik erarbeitet. Das Konzept umfasst drei Praktikumstermine, in denen die Studierenden Kenntnisse und Fähigkeiten in den Grundlagen der Umweltakustik erwerben. Folgende Themen wurden für das Konzept ausgewählt:

- Akustische Grundlagen
- Messtechnische Ermittlung von Geräuschen
- Softwaregestützte Schallausbreitungsrechnung

Die Versuche zu den akustischen Grundlagen finden im schallarmen Raum statt, dessen Umfassungsbauteile durch große Absorber-Elemente Schallreflexion nahezu vollständig unterbinden. Mit den Aufgabenstellungen zu den akustischen Grundlagen wird ein einheitlicher Wissensstand geschaffen, der als Grundlage dazu dient, Geräusche messen und beurteilen zu können.

Abb. 1: Schalltoter Raum

Die Versuche zur messtechnischen Ermittlung von Anlagengeräuschen finden auf dem Campusgelände an drei verschiedenen Stationen statt wie die folgende Abbildung zeigt.

Die Versuche zur softwaregestützten Ausbreitungsberechnung werden mit dem Schallausbreitungsprogramm MAPANDGIS der Kramer Schalltechnik GmbH durchgeführt. Die schalltechnisch zu modellierenden Versuchsbeispiele orientieren sich an Geräuschen und Anlagen, die in der Praxis des Schallimmissions-

Abb. 2: Ermittlung von Anlagengeräuschen auf dem Campus an drei Stationen

schutzes häufig zu beurteilen sind.

Zusätzlich zu den Versuchen der drei Praktikumstermine wurden Aufgabenstellungen zur Nachbereitung der Versuche und ein Akustik-Grundlagenhandout konzeptioniert, welche die gewonnen Kenntnisse vertiefen.

Die Auswahl an Versuchen und Übungen wurde mit der Zielstellung entwickelt, einen breiten Einblick in das Thema Schallschutz zu ermöglichen und das Interesse der Studierenden zu wecken, sich künftig fachlich in diesem Bereich weiter zu entwickeln.

73

Messtechnische Untersuchung und Optimierung eines Kaltwassersystems in einer Kükenbrüterei

Johannes Quindt B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stephan Willers
Datum des Kolloquiums:	23. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Die Modernisierung und Erweiterungen bestehender Gebäudetechnischer Anlagen kann als zentrale Aufgabe der Gebäudetechnikbranche verstanden werden. Durch wachsende Firmen und Gebäude und durch die Änderungen von Normen und Verordnungen, kommt es immer wieder vor, dass bestehende Anlagen geändert, erweitert und angepasst werden müssen.
Thema hierbei ist neben der Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik häufig auch die Versorgung mit Prozesswasser. In Firmen allerlei Branchen wird häufig eine Versorgung mit kaltem Prozesswasser benötigt. Neben dem alltäglichen Betrieb ist es zudem oft erforderlich, einen Notbetrieb einzurichten. Vor allem in Betrieben, in denen mit lebenden Tieren gearbeitet wird, stellt der Notbetrieb ein entscheidendes Merkmal einer gut durchdachten Anlage dar.

In der vorliegenden Arbeit geht es um die Versorgung mit kaltem Prozesswasser. Die Inkubatoren einer Kükenbrüterei müssen mit diesem versorgt werden.
In der Versorgung des Betriebes traten einige Probleme auf. Zudem gab es keine Dokumentation über den aktuellen Bestand. Im Zuge der Arbeit ist es gelungen, den Aufbau des vorliegenden Kaltwassersystems (erstmalig) zu dokumentieren. Die Rohrführung konnte aufgenommen und entsprechende Hydraulikschemata erarbeitet werden. Mithilfe der Schemata ist es zudem gelungen, die Anlagenhydraulik zu analysieren und Lösungsansätze für die vorliegenden Probleme zu erarbeiten.

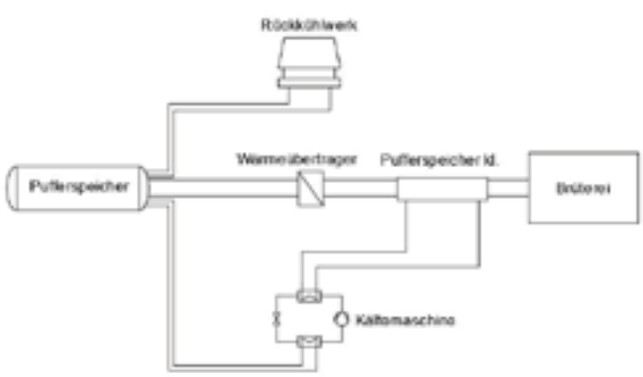


Abb. 1: Verschaltung der Systemkomponenten

74

Erstellung eines Instandhaltungskonzeptes für die Versorgungsnetze der Stadtwerke Ahaus GmbH

Stefan Röschenkemper B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Ralf Haveresch M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	14. Juni 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Ahaus GmbH

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit war es, ein Instandhaltungskonzept für die Versorgungsnetze der SWA zu erstellen. Dies sollte erfolgen, damit
Synergien der Netze besser genutzt werden können. Das bedeutet, dass bei einer Erneuerung eines Netzes die anderen Netze möglichst mit erneuert werden.
Das geplante Instandhaltungskonzept soll die nächsten zehn Jahre gelten. Zur Bewertung wurde ein Ampelsystem erstellt.

Um ein solches Konzept zu entwickeln, war es nötig, eine passende Strategie für die Instandhaltung zu finden. Eine Strategie ist ein genauer Plan für Handlungen, mit denen ein Ziel verwirklicht werden kann. Die gewählte Strategie ist eine kombinierte Form aus zwei Strategien. Primär wird eine präventiv vorrausschauende Instandhaltungsstrategie gewählt, da diese mit den gegebenen Daten am besten übereinstimmt. In dieser Strategie werden potenzielle Störungen oder Schwachstellen schon in Voraus behandelt und beseitigt. Zusätzlich gilt als sekundäre Strategie die reaktive Instandhaltung. Diese ist unausweichlich für die SWA, da ungeplante Unterbrechungen auftreten können. Es muss immer davon ausgegangen werden, dass fehlerhafte Materialien, die Einwirkung Dritter und weitere ungeplante Unterbrechungen die primäre Instandhaltung nicht möglich machen.

Um die präventiv vorrausschauende Instandhaltung umsetzen zu können, ist es nötig, einige Daten der vorhandenen Kabel und Leitungen zu kennen.
Dies erfolgt zum einen durch vorhandene Daten seitens der SWA und zum anderen für die Daten, die nicht vorhanden sind durch Literaturrecherche und Plausibilisierung des Verfassers dieser Arbeit. Die Umsetzung der Strategie erfolgte durch eine Priorisierung der Netze aufgrund des Verlegungsjahrs sowie des Materials. In der Stromsparte wird zudem der Querschnitt der Kabel mit einbezogen. Die Erarbeitung des Konzeptes entstand durch Daten aus dem GIS, diese werden jeder Leitung und jedem Kabel zugeordnet. So können jede Leitung und jedes Kabel einer Straße für sich bewertet werden, im nächsten Schritt kann jede Sparte einer Straße beurteilt werden und als letztes kann jede Straße berechnet werden.

Für die erfolgreiche Ausführung der Prioritätenliste muss eine händische Überprüfung der Daten stattfinden, da zum Teil Unstimmigkeiten bei der Zuteilung

der Straßen aufgetreten sind. Es ist ein Ampelsystem für die Prioritätenliste erstellt worden, dies wurde stichprobenartig auf die Plausibilität sowie die Aussagekraft geprüft und lässt sich in dieser Form abarbeiten. Bis auf kleinere Probleme bei der Datenerfassung lässt sich die Erstellung des Konzeptes als erfolgreich bezeichnen. Das Ampelsystem ließ sich nicht wie erhofft als geografische Grafik darstellen, sondern nur als Kategorisierung der tabellarischen Straßenauswertung. Die grafische Auswertung lässt sich mit dem GIS nicht durchführen. Somit lässt sich das erarbeitete Instandhaltungskonzept wie erhofft durchführen.

75

Erarbeitung eines tabellengestützten Auslegungsverfahrens für Kaltwasserzirkulationen zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserhygiene

Christian Röser M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	5. Oktober 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Labor Haus- und Energietechnik

Während vorwiegend die hydraulische Funktionalität einer Trinkwasseranlage bei der Planung im Vordergrund steht, ist es von enormer Bedeutung für das bestimmungsgemäße Betreiben der Installation, hygienische Faktoren zu berücksichtigen. Die Trinkwassertemperatur ist einer dieser Faktoren, der bei Nichteinhaltung der normativen Vorgaben ein erhebliches Gefahrenpotential birgt. Verschiedene Einflüsse können dafür sorgen, dass die Trinkwassertemperatur Werte annimmt, in denen mikrobielles Wachstum enorm begünstigt wird. Um die Trinkwassertemperaturen innerhalb ihrer vorgesehenen Bereiche zu halten, kann mit einem Zirkulationssystem eine Kreislaufbewegung des Wassers erzeugt werden, wodurch zunächst eine Stagnation vermieden wird. Zusätzlich wird an einer zentralen Stelle des Systems verlorengegangene oder aufgenommene Wärmeenergie wieder zu- oder abgeführt. Mit einem Kaltwasser-Zirkulationssystem ist es zudem möglich, die geforderten Systemtemperaturen ohne manuelle oder automatisierte Spülungen, bei denen Trinkwasser in den meisten Fällen ungenutzt in das Abwassersystem gerät, einzuhalten. Ein solches Zirkulationssystem kann mit dem im Zuge dieser Masterarbeit angefertigten Excel-Tool ausgelegt werden.

Die Grundlage zum Aufbau des Berechnungstools bildete das Arbeitsblatt DVGW W 553, welches die Dimensionierung von Warmwasser-Zirkulationssystemen beschreibt. Durch die Veränderung von Bilanzgrenzen und die Anpassung von Berechnungsparametern konnte ein zum DVGW-Arbeitsblatt analoges Verfahren abgeleitet und erstellt werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Auswahl des Wärmeeintrags, hervorgerufen durch die auf die Kaltwasserleitung einwirkenden Wärmequellen. Mit praxisnahen Annahmen innerhalb einer nachvollziehbaren Berechnung konnte der Wärmeeintrag quantifiziert werden; je nach baulicher Situation hat der Anwender des Berechnungstools somit die Auswahl zwischen drei Werten zur rechnerischen Ermittlung der Wärmelast. An dieser Stelle erhält der Fachplaner der Anlage erste Informationen zur Größe der Wärmelasten und somit auch zur benötigten Kälteleistung, die für den Abtransport der aufgenommenen Wärmelast wichtig ist.

Beide Rechengänge, die Ermittlung des Wärmeeintrags und der hydraulische Abgleich des Systems, werden durch grafische Darstellungen der Resultate in Form von Diagrammen ergänzt, um dem Anwender eine Übersicht über das

dimensionierte Rohrnetz zu liefern. Vervollständigt wird das Berechnungstool durch ein Formblatt, aus dem sich Angaben zum Wärmeübertrager entnehmen lassen, wodurch die Auswahl der zu planenden Komponenten unterstützt wird.

Das tabellengestützte Auslegungsverfahren wurde an einem fiktiven Gebäude angewendet, um die Eignung und Funktion für die Dimensionierung von Anlagen in realen Bedingungen zu überprüfen. Dafür wurde ein Pflegeheim mit 128 Sanitärobjekten, verteilt auf fünf Etagen und ein Kellergeschoss, für die Beispielberechnung ausgewählt. Zehn Steigstränge mit unterschiedlichen Längen und Installationssituationen wurden dabei rechnerisch an ein Zirkulationssystem angeschlossen und mit Regulierventilen und einer Zirkulationspumpe ausgestattet (siehe Abbildung). Die Berechnung der vorgesehenen Rohrleitungen und Überprüfung der Einstellungen der Regulierventile ergab eine in allen Teilen des Systems funktionierende Temperaturhaltung für den stationären Fall. Zur Überprüfung der berechneten Parameter dienen Diagramme innerhalb des Excel-Tools, in denen Volumenströme, Temperaturverläufe und Druckverluste des Systems visualisiert sind.

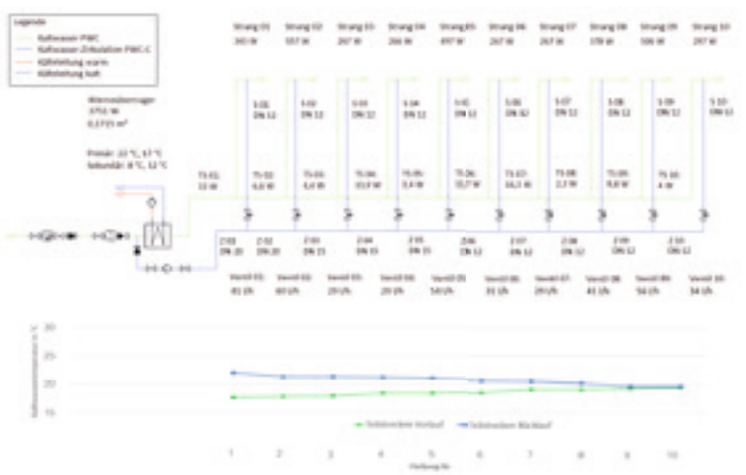


Abb. 1.: Ermittlung des Wärmeeintrags und der hydraulische Abgleich des Systems

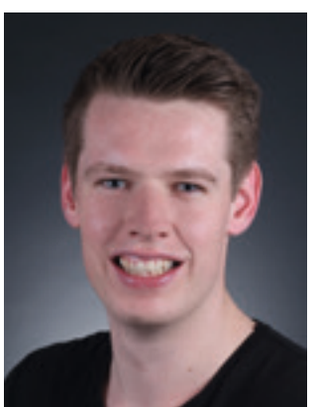
Zukünftig ist die Berechnung der Betriebsparameter von errichtungsfähigen Kaltwasser-Zirkulationssystemen durch Planungs-Softwares denkbar. Darin könnten Rechenschritte verfeinert und mit Herstellerangaben ergänzt werden. Eine Implementierung in bereits bestehende Gebäudetechnik-Software würde die Möglichkeit liefern, ganzheitliche Dimensionierungskonzepte zu erstellen, mit deren Hilfe bereits in der Planungsphase hygienische Probleme ausgeschlossen werden könnten. Darüber hinaus würde ein Arbeitsblatt oder nationales Regelwerk aufkommende Fragen der Fachwelt regionsübergreifend und detailliert beantworten, indem Betriebsparameter und Vorschriften sowie Hinweise festgelegt wären.

76

Vergleich und Wirtschaftlichkeitsberechnungen verschiedener Wärmepumpensysteme für ein Bürogebäude

Lucas Rohlf B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Mhamad Azam
Datum des Kolloquiums:	2. November 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Hoff und Partner GmbH



Durch die immer höher werdenden Anforderungen in Bezug auf die Energieeffizienz von Gebäuden wird die Technische Gebäudeausrüstung (TGA) zur Einhaltung der Energieeinsparverordnung (EnEV), in Zukunft Gebäudeenergiegesetz (GEG), immer wichtiger. Hierbei spielt vor allem eine effiziente Wärmeerzeugung eine große Rolle.

Eine mögliche Schlüsseltechnologie hierfür ist die Wärmepumpentechnik, welche zunehmend vom Staat gefördert wird. Neben Zuschüssen für die hohen kapitalgebundenen Kosten werden die Wärmepumpen in der EnEV immer besser gestellt. Mit Inkrafttreten des GEG soll gebäudenah erzeugter Strom, der zur Wärmeerzeugung genutzt wird (Ausnahme: Stromdirektheizungen), vom Jahresprimärenergiebedarf abgezogen werden dürfen. Somit wird es immer leichter, mit der Wärmepumpentechnologie den KfW 55-Effizienzhausstandart zu erfüllen. Für Nichtwohngebäude bedeutet dies ein Tilgungszuschuss von 50 €/m². Hieraus resultiert meist eine vollständige Deckung der kapitalgebundenen Kosten einer Wärmepumpe.

Die vorliegende Arbeit sollte verschiedene Wärmepumpentechniken anhand eines konkreten Beispiels miteinander vergleichen. Als Referenzgebäude dient ein aktuelles Projekt der Firma HOFF. Für das ca. 5700m² große Bürogebäude wurde ein Gebäudemodell mit dem Computerprogramm Solar-Computer erstellt. Zunächst wurde eine Heizlast nach der DIN EN 12831 von 150 kW ermittelt. Anschließend wurden sieben verschiedene Wärmepumpensysteme ausgelegt und in Solar-Computer eingepflegt. Es erfolgte eine energetische Gebäudebilanzierung nach der DIN V 18599.

Die hieraus ermittelten Endenergiebedarfe wurden zur Auswertung in eine Excel Tabelle überführt, in welcher die Berechnung der Primärenergiebedarfe und spezifischen Primärenergiebedarfe durchgeführt wurden. Außerdem erfolgten Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach der Amortisationsmethode (statisch) und Annuitätsmethode (dynamisch). Es wurden insgesamt sieben Varianten von Wärmepumpen für Fußbodenheizung von verschiedenen Anbietern und unterschiedlicher Bauart und Ausrichtung untersucht.

Die Untersuchungen zeigen, dass Wärmepumpen am effizientesten sind, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke am geringsten ist. Konkret lässt sich daraus schließen, dass eine Warmwasserbereitung möglichst nicht über die Wärmepumpe realisiert werden sollte.

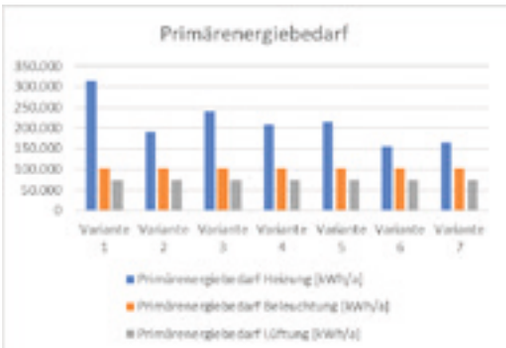


Abb. 1: Primärenergiebedarfe

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7
Investitionskosten Wärmepumpe [€/Einheit]	**55.930**	**42.245**	**42.245**	**42.245**	**42.245**	**51.791**	**56.993**
Kaskadierung [Einheiten]	**3**	**6**	**3**	**3**	**3**	**1**	**1**
Investitionskosten Wärmepumpe [€]	167.790	253.467	126.734	126.734	126.734	51.791	56.993
Kosten Erschließung Wärmequelle [€]	0	0	0	0	0	100.000	201.363
Kosten Brennwertkessel [€]	0	0	7.310	7.310	0	0	0
Kosten Trennwärmetauscher [€]	0	0	0	0	0	6.798	0
Hausanschlusskosten [€]	9.748	3.846	5.160	5.160	1.632	1.022	1.490
Bauförderung [€]	-19.710	-12.000	0	-6.000	-6.000	-14.352	-38.564
Kapitalgebundene Kosten [€]	157.828	245.313	139.203	133.203	122.365	145.259	221.283
Strombedarf Wärmepumpe [kWh/a]	**0**	**97.757**	**122.675**	**99.438**	**99.438**	**78.747**	**83.585**
Stromkosten Wärmepumpe [ct/kWh]	**0,00**	**18,18**	**18,18**	**18,18**	**18,18**	**18,18**	**18,18**
Stromkosten Wärmepumpe [€/a]	0	17.772	22.302	18.078	18.078	14.315	15.196
Strombedarf Hilfsenergie/Heizstab [kWh/a]	**7.900**	**8.228**	**4.637**	**7.906**	**20.279**	**7.581**	**7.581**
Stromkosten Hilfsenergie/Heizstab [ct/kWh]	**23,41**	**23,41**	**23,41**	**23,41**	**23,41**	**23,41**	**23,41**
Stromkosten Hilfsenergie/Heizstab [€/a]	1.849	1.926	1.085	1.851	4.747	1.775	1.775
Gasbedarf [kWh/a]	**273.521**	**0**	**11.608**	**13.109**	**0**	**0**	**0**
Gaskosten [ct/kWh]	**3,83**	**0,00**	**5,51**	**5,51**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
Gaskosten [€/a]	10.476	0	640	722	0	0	0
Bedarfsgebundene Kosten [€/a]	12.325	19.698	24.028	20.651	22.825	16.090	16.970
Wartungskosten [€/(Einheit·a)]	**1.000**	**273**	**273**	**273**	**273**	**1.069**	**1.069**
Wartungskosten [€/a]	3.000	1.635	818	818	818	1.069	1.069
Grundpreis Energie [€/a]	614	143	393	393	143	143	143
Betriebsgebundene Kosten [€/a]	3.614	1.896	1.328	1.328	1.078	1.211	1.211
Laufende Kosten gesamt [€/a]	15.939	21.594	25.358	21.979	23.903	17.302	18.182

Abb. 2: Kosten

Des Weiteren gilt es, hohe Vorlauftemperaturen zu vermeiden. Die Wärmequelle Wasser hat die höchsten Quelltemperaturen, ist jedoch nur bei perfekten Bodenbeschaffenheiten und Wasserqualitäten einsetzbar. Die Wärmequelle Erdreich weist die größten Vorteile auf: Ihre Quelltemperatur ist zwar geringer als die von Wasser, die Erschließung der Wärmequelle ist jedoch mit geringeren Risiken behaftet. Luft-Wärmepumpen hingegen schneiden am Schlechtesten ab.

Dies liegt daran, dass gerade im Winter, wenn die meiste Wärme benötigt wird, die Quelltemperaturen am Niedrigsten sind (Außentemperaturniveau). Aus diesem Grund ist auch eine monovalente Betriebsweise von Luft-Wasser Wärmepumpen auszuschließen. Die untersuchte Gasmotorwärmepumpe erfüllt unter den betrachteten Bedingungen die Anforderungen der EnEV nicht und muss daher ausgeschlossen werden.

77

Trinkwassererwärmung mittels Wärmepumpen? Effizienz und Hygiene am Beispiel eines Mehrfamilienhauses

Florian Rokitta B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	23. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Es werden in Bezug auf Gebäude immer größere Einsparpotenziale durch die EnEV (Energieeinsparverordnung) gefordert. Daraus ergeben sich nach heutigem Standard immer besser gedämmte Gebäudehüllen, die die Anforderungen der Energieerzeugung auch im Bereich der Heizwärme mit strengen Regeln und Auflagen einkreisen. Die Effizienz, gekoppelt mit den Hygieneanforderungen aus dem Trinkwasserbereich, sollen diesen Bereich durch moderne Wärmepumpen (nachfolgend WP), die technisch stets durch Forschung und Weiterentwicklung ihre Leistungsgrenze optimieren und ausschöpfen, nachhaltig und ökologisch abdecken.

Es gibt verschiedenste Kombinationen aus Wärmequellen, mit denen sich WP betreiben lassen.
Abgesehen von Klimaanlagen oder Kühlschränken, in denen die WP schon vor langer Zeit ihren Einsatz gefunden haben, werden WP normalerweise in anderen Themenbereichen aus dieser Größenordnung, wie z. B. für Heizungswärme oder im Industriebereich eingesetzt. Für den Wohnungsbau wurden WP bis dahin, auch wegen der hohen Anforderungen an die Hygiene für die Trinkwassererwärmung, als alleiniger Wärmeerzeuger eher nicht berücksichtigt.
Da allerdings durch ständige Weiterentwicklung der WP höhere Effizienzen erreicht werden, ändert sich dies allmählich. Die WP verrichtet mit einem internen Kreisprozess Arbeit. Dabei muss ihr nur ungefähr ¼ der Wärmeenergie die sie bereitstellt als elektrische Antriebsenergie zugeführt werden. Dieses ist in Abbildung 1 mit den folgenden Prozessschritten grafisch dargestellt.

1. Verdampfen (durch belieferte Primärenergie aus Umweltwärme)
2. Verdichten (Arbeit der Wärmepumpe)
3. Verflüssigen (Kondensieren auf der Sekundärseite durch Wärmeabgabe)
4. Entspannen (durch das Expansionsventil)

Da die Einhaltung von Hygienevorschriften mit besonderer Hinsicht auf Legionellen an oberster Stelle steht, ist es wichtig hierfür verschiedene Systeme zu vergleichen und eine rentable Lösung auf ein individuelles Bauvorhaben abzustimmen. Dabei werden verschiedenste Komponenten eingesetzt.

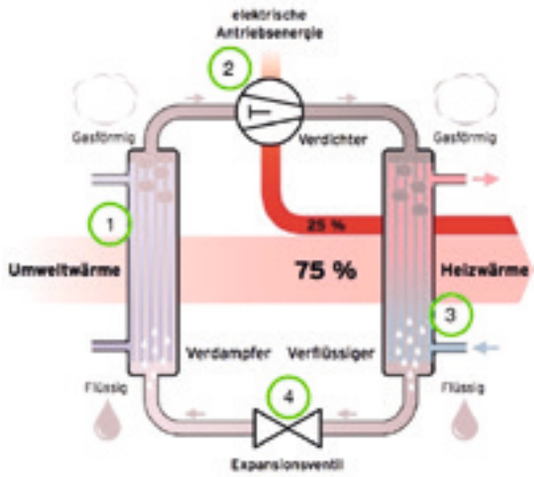


Abb. 1: Darstellung Kreisprozess und Energieverhältnis der WP
Quelle: [Vaillant Planungsinformation Wärmepumpen / Hrsg. KG Vaillant Deutschland GmbH & Co.. - [s.l.] : Vaillant, Mai 2017.]

Dieser Umstand wurde im Rahmen dieser Arbeit als gesamte Anlagenfunktion mit einer Planung von der Umweltquelle bis zum Endverbraucher für ein Referenzgebäude untersucht. Als Größenordnung wurde ein Mehrfamilienhaus, welches aus sechs Wohneinheiten mit jeweils 100 qm besteht, untersucht. Eine mögliche Kombination der Komponenten, welche eine Gewährleistung der Anforderungen erfüllen soll, zeigt die Schemadarstellung Abbildung 2.

Abb. 2: Schemadarstellung möglicher Anlagenkomponenten

Durch die Recherche für diese Arbeit, sind viele Einblicke Entstanden, die immer wieder einen neuen Standpunkt herbeiführen. Dieser ist zum einen wegen der Individualität der Gebäude nicht allgemein gültig. Auch eine korrekte Dimensionierung und eine fachgerechte Planung in Bezug auf das Nutzerverhalten mit vorgegebenen Komfortansprüchen und Normen gehen mit in den Verbrauch ein und sind in Bezug auf einen guten Wirkungsgrad der gesamten Anlage zu berücksichtigen. Im Bereich des Mehrfamilienhauses und diesen Grundlagen, stellt es den Planer und die Technik vor eine große Herausforderung nach der Hygiene einen effizienten und umweltfreundlichen Anlagenbetrieb, nachhaltig zu gewährleisten. Ein möglicher Ausblick hierzu, könnte der Umgang mit Synergieeffekten darstellen, diese sollten immer als Information mit entsprechenden Auswirkungen auf ein Wärmepumpensystem dazu vorgestellt werden.

78

Möglichkeiten des Aufbaus und privaten Betriebs eines Wertstoffhofs in Brasilien und Vergleich mit der Situation in Deutschland

Jonas Rudolph M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Datum des Kolloquiums:	15. Juni 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik

Die brasilianische Entsorgungswirtschaft besitzt weder den Gelben Sack, ein Pfandsystem, Müllverbrennungsanlagen noch Biogasanlagen. Aber wie wird Abfall dann gesammelt, verwertet und gelagert?

Ziel der Arbeit ist die wirtschaftliche und rechtliche Betrachtung zur Gründung einer eigenen Entsorgungsfirma in Brasilien, welche Wertstoffhöfe in den Kommunen aufbaut und sich am Entsorgungssystem neben dem örE mit eigenen Hol- und Bringsystemen beteiligt. Der persönliche Hintergrund war mein Auslandssemester an der UFSC in der Landeshauptstadt Florianópolis von Santa Catarina in dem ich Sprache, Menschen und die Umweltproblematik kennenlernen durfte.

Ausgangspunkt der Arbeit ist die Entsorgungswirtschaft in Deutschland speziell die geschichtliche Entwicklung, aber auch besondere Wertstoffhöfe wie in Mettlach und Hamburg, die aufgrund von ihrer baulichen Gestaltung und Annahmepolitik einzigartig sind, sowie rechtliche Grundlagen in Bezug auf den Wertstoffhof. Es hat sich gezeigt, dass in Deutschland unter 15 % der Siedlungsabfälle einer Kommune auf einem Wertstoffhof entsorgt werden. In Brasilien liegt dieser Anteil unter 10 %. Aus der Abfallzusammensetzung und den lokalen Preisen für PPK, Aluminium, PE etc. ergibt sich die Einnahmen aus einem Verkauf. Prinzipiell liegen die Einnahmen höher, je mehr Material auf dem Wertstoffhof abgeben werden kann. Wertstoffhöfe beziehungsweise die Abgabe von Wertstoffen haben in Deutschland eine lange Tradition speziell in Ostdeutschland mit dem SERO-System. Mittlerweile gibt es neben dem traditionellen Wertstoffhof auf asphaltierten Flächen, Entsorgungszentren welche kundenfreundlich z.B. überdacht, Mülleinwurf von oben in die Container, geplant wurden.

Als Ersatz für den Gelben Sack und das Pfandsystem gibt es Personen, die von der Sammlung dieser Materialien in Brasilien leben. In Brasilien nennt man sie catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. In Brasilien genießen sie aufgrund des nationalen Abfallgesetztes von 2010 eine Sonderstellung. Nach der Überlassungspflicht müssen die Kommunen Abfall sammeln und verwerten, jedoch gestattet das Gesetz dem catador auch die Sammlung neben dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Hinzu kommt, dass in einem Entsorgungsunternehmen catadores eingestellt werden müssen, zu vergleichen ist dies mit

der Frauenquote in Deutschland. Für das eigene Unternehmen bedeutet dies die Chance, Ausbildungsplätze in Kommunen zu schaffen. In Brasilien gibt es auch keine Mülltonnen wie man es aus Deutschland kennt, sondern der Abfall wird in Säcken vor die Tür gestellt. Eine Mülltrennung von Restmüll, Papier, Glas, weitere Verpackungen wird in Brasilien unterschiedlich gehandhabt siehe Abbildung. Es zeigt sich bei der Analyse der Entsorgungswirtschaft, dass in manchen Städten Brasiliens Restmüll und trockenes recyclebares Material von dem örE gesammelt wird. Das nationale Abfallgesetz führte zu Anfang zu einer radikalen Mülltrennung, die von der Bevölkerung nicht umgesetzt wurde. Man geht mittlerweile in manchen Städten zurück zu zwei Depotcontainern im Stadtbild, einen Glascontainer und einen Wertstoffcontainer für trockenes recyclebares Material. Die gesammelten Wertstoffe werden durch den örE an Genossenschaften von catadores weiterverkauft, welche das Material dann händisch sortieren, um es dann an die Industrie weiterzuverkaufen.

Das Ergebnis der Arbeit zeigte, dass nur ein Wertstoffhof nicht wirtschaftlich betrieben werden kann, aufgrund der nicht ausreichenden Menge an Abfall. Im Verlauf der Arbeit wird ein Entsorgungszentrum mit Hol- und Bringsystemen für Hausmüll und Depotcontainer geplant. Das Entsorgungszentrum besteht aus einem Wertstoffhof und angrenzenden Sortierbereich in dem die catadores arbeiten, sowie ein Verkaufsbereich für gebrauchte, reparierte und aufbereitete Gegenstände. Die Wirtschaftlichkeit ist nur gegeben, wenn man ähnlich dem dualen System zuständig für die Wertstoffverwertung ist.

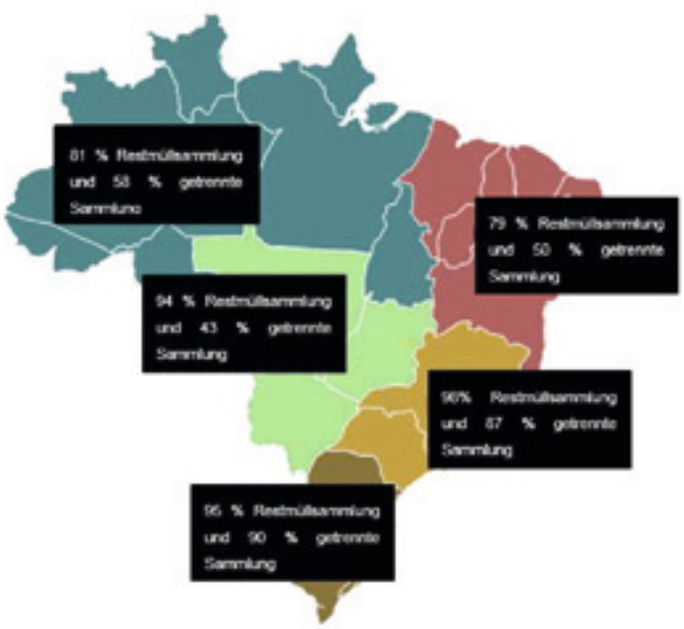


Abb. 1: Abfallerfassung und Getrenntsammlung von Siedlungsabfällen in Brasilien im Jahr 2016

79

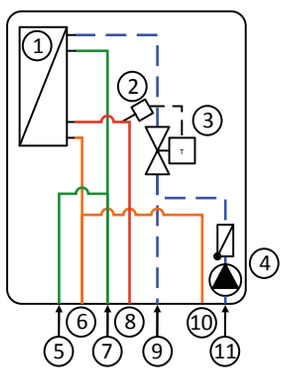
Konzeptionierung einer elektrischen Nachheizung mit anschließender Untersuchung der Implementierung in eine Wärmeübergabestation im Niedertemperatursystem mit Wärmepumpe

Alexander Sarg M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Alexander Neupert M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	11. Juni 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Bosch Solarthermie GmbH

Eine Wärmeübergabestation ist (WÜS) eine Kombination aus einem Frischwassermodul für die Trinkwarmwasserbereitung und einem Heizungsmodul für die Wärmeversorgung der Heizflächen. Ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher bildet den Mittelpunkt dieser Wärmesysteme.
Der Pufferspeicher dient neben dem Ausgleich von Spitzenlasten durch eine stets ausreichend große Menge an Wärmeenergie auch als gemeinsame Wärmequelle für Heizung und Warmwasserbereitung. Das Prinzip einer WÜS gliedert sich in zwei voneinander getrennte Funktionskreisläufe: der Primär- und Sekundärseite.

Sobald an einer Entnahmestelle für Warmwasser eine Zapfung erfolgt, fließt - in Folge des vorherrschenden Druckes im Trinkwassernetz - kaltes Trinkwasser durch die Sekundärseite der WÜS (7). Um ebenfalls innerhalb der Wohnung für kaltes Trinkwasser zu sorgen und darüber hinaus nur einen Wasserzähler zu verbauen, gibt es dementsprechend innerhalb der Station einen gesonderten Abgang (5). Viele WÜS haben in der Kaltwasserzuleitung einen Wasserzähler sowie in der Versorgungsleitung einen Wärmemengenzähler eingebaut, um die Verbrauchswerte pro Wohnung zu ermitteln und entsprechend abzurechnen.



Dabei wird erwärmtes Pufferwasser aus einem Pufferspeicher als sekundärer Energieträger zur Erwärmung des Trinkwassers benutzt. Mittels einer zentralen, sich im Versorgungsraum des Hauses befindlichen Pumpe wird das bereits erhitzte Pufferwasser des Primärkreises über eine Steigleitung bedarfsabhängig über die jeweilige Vorlaufleitung (6) der Wohnung im Gegenstromprinzip durch

einen Wärmeübertrager (1) gefördert. Die Warmwassersolltemperatur wird dabei über ein thermisches Regelventil (3) eingestellt. Anhand eines mit dem thermischen Regelventil verbundenen Temperatursensors im Warmwasser (2) wird der entsprechend bedarfsabhängige primärseitige Volumenstrom geregelt. Anschließend wird der abgekühlte Primärvolumenstrom (9) zurück in den Pufferspeicher geleitet, wo er dann wieder zur Verfügung steht. Das im Wärmeübertrager erwärmte Trinkwasser (8) gelangt über eine Warmwasserleitung zur jeweiligen Warmwasserentnahmestelle.

Für die Versorgung des Heizsystems innerhalb der Wohnung entnimmt die Station die benötigte Wärme aus dem Heizkreisvorlauf (6) und führt diese bedarfsgerecht dem Heizungskreis (10) zu. Im Regelfall erfolgt die heizungsseitige Anbindung hierbei ohne eine weitere Systemtrennung. Die im Heizungsrücklauf (11) integrierte Pumpe (4) sorgt in diesem Fall für einen ausreichenden Volumenstrom für die Wärmeabnahme an der Flächenheizung.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde eine mechanische WÜS betrachtet, die derzeit noch in der Entwicklungsphase bei Bosch Solarthermie GmbH ist. Die WÜS sollte speziell für den Einsatz unter Einbindung von erneuerbaren Energien über eine Wärmepumpe (WP) erweitert werden. Hierzu wurden verschiedene Konzepte ausgearbeitet und geprüft. Hintergrund dabei ist der Umstieg von fossilen hin zu zukunftsfähigeren Heizsystemen mittels erneuerbarer Energien. Das Ziel dieser Masterarbeit war, die notwendige elektrische Nachheizung so zu konzipieren, dass die gesetzlichen und technischen Vorgaben zur Warmwasserbereitung und Hygiene eingehalten werden.

Dabei galt die Anforderung, den bestehenden Komfort und die Funktion der WÜS weiterhin zu gewährleisten. Eine Warmwassertemperatur von 60°C sowie die Realisierung eines Zirkulationsbetriebes und die Einhaltung eines definierten Platzbedarfes waren dabei die Vorgabe dieser Arbeit. Ein effizienter Betrieb der zur Wärmeerzeugung eingesetzten WP stand dabei im Vordergrund.

Nach der Definition von Anforderungen und Rahmenbedingungen an eine elektrische Nachheizung wurden mögliche Konzepte entwickelt. Aus der Gegenüberstellung dieser ging hervor, dass die Kombination einer Wärmeübergabestation mit elektrischem Durchlauferhitzer zielführend ist. Experimentelle Versuche mit einem Muster der Wärmeübergabestation zeigten, dass die Einbindung der elektrischen Nachheizung im Sekundärkreis gegenüber der Einbindung im Primärkreis vorteilhaft ist. Dieser Ansatz wurde im Verlauf der Masterarbeit weiterverfolgt und ein finales Konzept abgeleitet. Im nächsten Schritt wurde ein energetischer Vergleich des Anlagensystems mit WÜS und WP im Niedertemperaturbereich zu einem herkömmlichen Referenzsystemen mit WÜS und Gaskessel durchgeführt und eine Bewertung im gesamten Anlagensystem vorgenommen.

Die Masterarbeit zeigt, dass eine elektrische Nachheizung für eine im Niedertemperaturbereich eingesetzte Wärmeübergabestation technisch umsetzbar ist. Unter Einhaltung der normativen Anforderungen an die Warmwasserbereitung müssen nur geringe bauliche Veränderungen für die Implementierung vorgenommen werden.

80

Ausbaupfad für die vollständig regenerative Energieversorgung eines Bestandsquartiers

Katharina Schäfers M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ralf Klos
Datum des Kolloquiums:	10. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Master Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Planungsbüro Ralf Klos

In der Zeit der Energiewende ist es nicht nur wichtig erneuerbare Energien im großen Stil zu erzeugen, sondern auch kleinen Akteuren Chancen zu geben. Durch den Zusammenschluss mehrerer Gebäude zu einem Quartier, können erneuerbare Energien effizient eingesetzt werden. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der energetischen Optimierung eines kleinen Bestandsquartiers in Rheine, Nordrhein-Westfalen. Dieses umfasst einen großen Gebäudekomplex bestehend aus Wohngebäude mit zwei Wohneinheiten, Laden, Schulungs- bzw. Ausstellungsraum, Büro, Werkstatt und Lager sowie ein separates Mehrfamilienhaus mit drei Wohneinheiten. Ziel der Arbeit ist es, einen Ausbaupfad zu entwickeln, der das Quartier zu 100% regenerativ versorgt. Dafür werden verschiedene regenerative Techniken beschrieben, die sich generell für Quartiersprojekte eignen. Das Projekt soll modellhaft zeigen, was bei der Gestaltung alles möglich ist. Außerdem wurde geprüft, wie es zum Klimaziel der Stadt Rheine beitragen kann. Dieses beinhaltet die CO_2-Reduktionsziele und- fortschritte der Stadt gegenüber dem Jahr 1990.

Zu den betrachteten Technologien zählen:

- 1. Photovoltaik
- 2. Solarthermie
- 3. Wärmepumpe
- 4. Brennstoffzelle
- 5. Elektrochemische Speicher und andere Speichermöglichkeiten
- 6. Thermische Speicher
- 7. PVT & Solar-Luft-Absorber.

Sie wurden zunächst kurz allgemein betrachtet, um sie danach in den Kategorien Wirtschaftlichkeit, zukünftige Entwicklung und CO_2-Bilanzierung zu untersuchen. Bei der CO_2-Bilanzierung wurden Emissionen betrachtet, die beispielsweise für die Herstellung der Technik aufgewendet werden müssen.

Für das Projekt wurden verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Kombinationen der erneuerbaren Techniken geprüft. Dafür wurden u.a. Energieerträge und -verluste ermittelt, die zum Schluss auf das sinnvollste Szenario schließen ließen. Danach wurde die Wirtschaftlichkeit der Technologien betrachtet. Des Weiteren erfolgte ein wirtschaftlicher Vergleich zur Standardsanierung, die

den Austausch der alten durch neue Gaskessel betrachtete. Zum Schluss wurde ein Ausbaupfad erstellt, der die sinnvollste Installationsreihenfolge aufzeigt. Dabei wurde auch die mögliche zukünftige Entwicklung der Techniken berücksichtigt.

Das Ergebnis zeigt, dass es schwierig ist ein 100% regeneratives Quartier im Bestand zu erreichen. Mit einem regenerativen Gas- und Stromnetz kann das ermöglicht werden. Allein mit im Quartier installierten Technologien wird das eine große Herausforderung. Durch eine Reduzierung der Verbräuche kann sich das ändern. Eine bessere Gebäudedämmung kann den Heizwärmebedarf reduzieren. Auch eine Effizienzsteigerung kann das Erreichen des Ziels begünstigen.

81

Experimenteller Vergleich der Abschirmwirkung verschiedener Türluftschleier unter Windlast

Jan Schäffer B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Thomas Abeln
Datum des Kolloquiums:	22. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Labor Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Kampmann GmbH, Lingen (Ems)

Die vorliegende Abschlussarbeit befasst sich mit der Überprüfung der Abschirmwirkung von Türluftschleiern der Firma Kampmann GmbH. Die Messergebnisse und die darauf beruhenden Erkenntnisse sollen dazu dienen ein allgemeines Verständnis der Interaktion von Luftstrahlen in Bezug auf die Türluftschleiertechnik aufzubauen und gleichzeitig eine mögliche Optimierung der bestehenden Technik ermöglichen.

Türluftschleier dienen bei gewerblich und industriellen Gebäuden als Vorhang und sollen den Außenbereich vom klimatisierten Innenraum abtrennen. Dabei werden gerade hochfrequentierte Türöffnungen mit einem Luftschleier ausgestattet, um diese dauerhaft geöffnet zu lassen. Durch den Luftschleier sollen neben der Energieeinsparung auch Verunreinigungen und Zugerscheinungen im Eingangsbereich vermieden werden.
Grundsätzlich ist der Luftwechsel zwischen Innen- und Außenraum auf Druckunterschiede zurückzuführen. Diese werden zum einen durch Dichteunterschiede der verschieden temperierten Luftschichten hervorgerufen und zum anderen durch Druckdifferenzen, die aufgrund von Windströmungen auf die Gebäudeöffnung entstehen. Da diese Windlasten zu deutlich höheren Druckdifferenzen führen als durch Thermik, wurde in dieser Arbeit die Effektivität der Abschirmung eines Türluftschleiers unter Windlast behandelt.

Die Wirkung von Luftschleiern basiert zunächst auf dem Impulssatz und ist somit maßgebend für die Auslegung und Bewertung von Türluftschleiern. Daher wurde auch in diesem Vergleich dem Impulsstrom eine große Bedeutung zugeordnet. Um die eventuellen Auswirkungen der Geometrievariationen von verschiedenen Luftauslässen aufzudecken, galt es jedoch die Trennung zwischen Außenbereich und Innenraum messbar zu machen. Eine Möglichkeit bietet die »Eurovent Prüfnorm 16/1-2016«.
In dieser Arbeit dient der Windtest aus der genannten Prüfnorm als Vorlage für einen experimentellen Vergleich. Da das Zusammenwirken der Bauteile mit der Luftführung betrachtet werden soll, wurden zunächst Gerätekennlinien an einem Kammerprüfstand erstellt. In einem nächsten Schritt wurden die Luftauslässe vermessen, um den Effekt von verschiedenen Austrittsgeometrien aufzuzeigen. Somit sind alle erforderlichen Daten der Prüflinge bekannt.

Der experimentelle Vergleich zur Bestimmung der Abschirmwirkung soll eine Situation nachstellen, in der Wind auf eine Fassadenöffnung strömt und damit eine Windlast darstellt, die einer praxisnahen Einbausituation ähnelt. So werden sämtliche Einflüsse, welche die Abschirmung positiv wie negativ beeinflussen könnten im Messverfahren erfasst.

Ein vereinfachter Ansatz um den Wind zu simulieren, ist den Wind als gleichmäßige Druckdifferenz über eine Öffnung wirken zu lassen. Der dazu konzipierte Prüfstandsaufbau besteht aus zwei Prüfkammern, die nur durch eine Türöffnung miteinander verbunden sind. Durch einen stufenlos angesteuerten Stützventilator sollen Druckdifferenzen zwischen 1 und 4 Pa von Prüfkammer 1 zu 2 eingestellt werden. Prüfkammer 1 ist gegenüber der Umgebung abgedichtet. An dieser ist der Stützventilator saugend angeordnet. Prüfkammer 2 ist gegenüber der Atmosphäre zu einer Seite geöffnet.

Zunächst wird der Versuch ohne den Einsatz eines Luftschleiers durchgeführt. Es wird die aktuelle Druckdifferenz zwischen Prüfkammer 1 und 2, der Volumenstrom am Stützventilator sowie der Umgebungsdruck und -temperatur über einen definierten Zeitraum dokumentiert. Anschließend wird der Türluftschleier eingeschaltet und der Versuch wiederholt. Nachdem sich der Luftschleier aufgebaut und stabilisiert hat, verringert sich die durchströmte Fläche der Türöffnung, der Druckverlust wird also erhöht. Um nun die gleichen Druckdifferenzen einzustellen, wird ein geringerer Volumenstrom am Stützventilator benötigt.

Die Messdaten werden nach Ablauf des Prüfvorgangs gemittelt und können dann auf Grundlage der Prüfnorm ausgewertet werden. Dazu definiert die Eurovent eine Abschirmeffizienz, die auf der Messung der Veränderung des abgeführten Volumenstroms am Stützventilator beruht. Diese Abschirmeffizienz wurde mit verschiedenen Einfluss nehmenden Faktoren in Verbindung gebracht. Damit konnten die wesentlichen Eigenschaften eines Türluftschleiers, die für eine gute Abschirmung benötigt werden, herausgestellt werden. Diese gilt es unter Berücksichtigung des Energieaufwandes in ein vertretbares Verhältnis zu bringen. Des weiteren wurde mit Hilfe der Impulsstrombetrachtung ein theoretisches Verständnis der Interaktion zwischen Windlast und Luftschleier aufgebaut. Eine daraus resultierende Berechnungsgrundlage kann in Zukunft dazu genutzt werden, den Aufwand eines großen Prüfstandes zu umgehen.

Letztendlich konnten wichtige Erkenntnisse über die Einflussgrößen von Türluftschleiern gesammelt werden, welche die Optimierung von Türluftschleiertechnik voranbringen kann.

82

Optimierung des TGA-Systems eines Hotels, mittels thermisch-energetischer Gebäude- und Anlagensimulation

Tim Schafmeister M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Thomas Bischof M. Eng.
Datum des Kolloquiums:	17. Mai 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Temme-Panusch GmbH

Bei dem Betrachtungsobjekt handelt es sich um das „Hotel 2050“ in Rutesheim, circa 17 Kilometer nordwestlich von Stuttgart gelegen. Das im Jahr 2016 fertiggestellte Hotel verfügt über insgesamt 40 Gästezimmer und erstreckt sich über vier Etagen. Die Gästezimmer befinden sich überwiegend im 1. und 2. Obergeschoss, während im Staffelgeschoss ein Panoramaraum mit angrenzender Dachterrasse gelegen ist, der für Schulungszwecke und Veranstaltungen genutzt werden kann. Lobby, Technik- und Nebenräume sowie weitere Gästezimmer befinden sich im Erdgeschoss.

Der Name des Hotels zielt auf die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Bei der Auswahl der Gebäudehülle und der Anlagentechnik wurden die gesetzlichen Mindestanforderungen deutlich übertroffen, sodass der Energiebedarf, auch in der Zukunft, dem von Neubauten entspricht.

Nach Eröffnung im Frühjahr 2016 kam es trotz moderner Konstruktions- und Anlagentechnik zu teilweise erhöhten Energiebedarfswerten. Aufgrund dessen wurde das Hotel detailliert im Simulationsprogramm DesignBuilder abgebildet. Mit Hilfe der thermisch-energetischen Gebäude- und Anlagensimulation wurde das Hotel auf verschiedene Optimierungsmöglichkeiten untersucht.

Es konnte festgestellt werden, dass besonders im Bereich der Lüftungstechnik ein großes Einsparpotential liegt. Da die Gästezimmer bislang über Fenster be- und entlüftet werden, kommt es im Winter zu erhöhten Heizlasten und im Sommer zu einem erhöhten Wärmeeintrag in das Gebäude.

Greift man stattdessen auf eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und freier Nachtkühlung zurück, kann ein erheblicher Teil an Heizenergie eingespart werden. Gleichzeitig wird der Komfort für Gäste und Mitarbeiter durch eine verbesserte Raumluftqualität gesteigert. Daher stellt ein solches Konzept eine interessante Alternative für Neubauten dar. In Bestandsgebäuden ist der Umbau der Lüftungstechnik jedoch mit derart hohem Aufwand verbunden, dass ein solches Vorhaben aus wirtschaftlicher Sicht kaum umsetzbar ist.

83

Strömungsoptimierung einer Räucheranlage

Benjamin Schierenbeck M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	9. Juli 2018
Master-Studiengang: Studienrichtung:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Heißräucheranlagen werden in der Lebensmittelindustrie hauptsächlich für die Produktion von Fleischwaren eingesetzt. Sie ermöglichen eine schnellere und somit wirtschaftlichere Produktion als herkömmliche Räucheröfen. Trotzdem weisen Heißräucheranlagen nach heutigem Stand der Technik weitere Optimierungsmöglichkeiten auf. In dieser Masterthesis und einer zuvor erstellten Projektarbeit wird die Strömungsführung im Bereich des Lebensmittelproduktes näher untersucht. Die daraus gewonnen Schlussfolgerungen werden für die Entwicklung einer strömungsoptimierten Heißräucheranlage verwendet. Eine Optimierung der Luftführung im Bereich der Ware kann zu einer Verringerung der Prozesszeiten, bei gleichzeitiger Energieeinsparung und geringeren Ausschusszahl führen.

In dieser Arbeit wurden Strömungssimulationsmodelle erstellt, Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse anschließend mit Hilfe von Messdaten kalibriert. Die Strömungssimulationen wurden zweidimensional mit Open-FOAM durchgeführt. Hierbei kamen das SST-k-ω-Modell und Standard-k-ε-Modell zum Einsatz. Diese Modelle sind in der Lage unter vereinfachten Annahmen die Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichung zu lösen.
Als Kalibrierdaten dienten PIV-Messergebnisse (Particle Image Velocimetry) aus einer vorangegangenen Projektarbeit. Für die Kalibrierung der Modelle wurden zwei Betriebspunkte einer Heißräucheranlage ausgewählt.

In beiden Modellen fielen die Strömungsgeschwindigkeiten höher aus als in den PIV-Messungen. Dabei weichen die Ergebnisse mit dem SST-k-ω-Modell noch weiter von den Messergebnissen ab, als es mit dem Standard-k-ε-Modell der Fall ist. Eine genaue Untersuchung der Strömungsgeschwindigkeiten ist allerdings mit beiden Modellen nicht möglich. Die Abweichungen sind dafür zu hoch und zu unbeständig. Das Standard-k-ε-Modell eignet sich aufgrund der geringeren Abweichungen jedoch besser für die Simulation von Raumströmungen. Die korrekte Abbildung der Strömungsverläufe ist mit beiden Modellen möglich.
Es ist davon auszugehen, dass die Strömungsgeschwindigkeiten nicht korrekt berechnet werden können, weil das Standard-k-ε-Modell primär für rein turbulente Strömungen gedacht ist. In einer Heißräucheranlage stellen sich jedoch Bereiche ein, in denen die Geschwindigkeiten so gering ausfallen, dass sich eine laminare Strömung einstellt. Diese Bereiche können von dem Standard-k-ε-Modell nicht hinreichend berechnet werden.

Im nächsten Schritt wäre die korrekte Berechnung der Strömungsgeschwindigkeiten vom primären Interesse. Dafür können Simulationen mit weiteren k-ε-Modellen durchgeführt, die auch für nicht vollständig turbulente Strömungen geeignet sind. Sollte auch mit diesen Modellen kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden, kann auf ein LES-Modell (Large-Eddy-Simulation) zurückgegriffen werden. Diese Modelle sind in der Lage, Wirbelstrukturen genauer zu berechnen. Mit dem angepassten Simulationsmodell kann daraufhin eine Bestandsanlage simuliert werden. Die daraus resultierenden gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten sollten als Referenz genutzt werden für die Entwicklung einer optimierten Anlage.

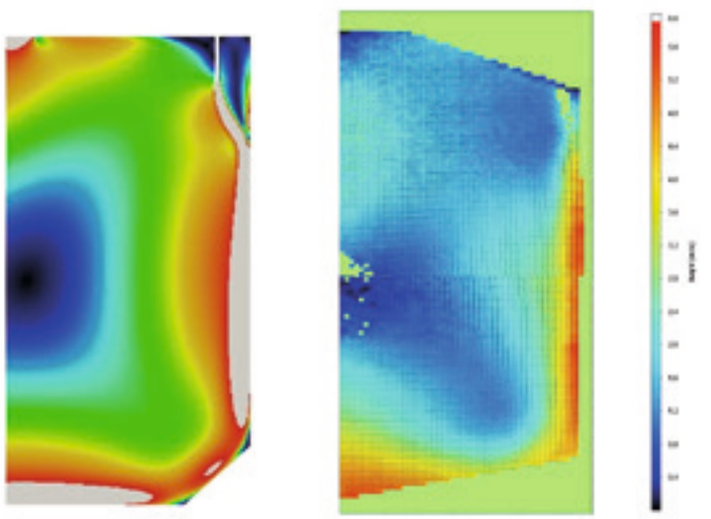


Abb. 1: Gegenüberstellung eines Simulationsergebnisses (links) und einem Messergebnis (rechts)

84

Planung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes für dynamische Druckhaltestationen

Christian Schlüter B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Magnus Braam B.Eng.
Datum des Kolloquiums:	30. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Heizungstechnik
In Kooperation mit:	Reflex Winkelmann GmbH

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit sah einen Prüfstand für pumpengesteuerte Druckhaltestationen vor. Dieser Prüfstand sollte sowohl die Anforderungen aus der DIN EN 12828, der VDI 4708 Blatt 1 als auch die Anforderungen der Reflex Winkelmann GmbH erfüllen. Die Aufnahme von Pumpenkennlinien im eingebauten Zustand, Auswirkungen auf die Druckstabilität, Heißwassertests und eine Prüfungsmöglichkeit der Kennlinie des Überströmventils waren die zu realisierenden Aufgaben seitens Reflex.

Daraufhin wurden Materialien und Messgeräte bestellt. Die Prüfanlage wurde aufgebaut und sowohl mit dem Prüfling als auch dem Vorratsbehälter verbunden. Es wurde eine Bedieneroberfläche erstellt, die die Aktoren ansteuerte und die Messwerte auslaß. Nachdem der gesamte Prüfaufbau mit Messgeräten und Aktoren auf Plausibilität und Funktion geprüft wurde, konnten erste Probemessungen durchgeführt werden.

Abb 1: Aufbau des Prüfstandes

Die ersten Messungen zur Ermittlung der Pumpenkennlinie zeigten Auswirkungen der Öffnungsgeschwindigkeit des Regelmotorkugelhahnes. Diese musste auf die Prüflinge angepasst werden, damit eine genaue Messung möglich war. Bei einer zu geringen Öffnungszeit zeigte die Kennlinie der Pumpe einen ungewöhnlichen stufigen Verlauf.

Die optimierte Geschwindigkeit musste durch weitere Erfahrungswerte mit der Prüfanlage ermittelt werden. Weitere Merkmale waren fehlende Messwerte zu Beginn der Messungen, diese wurden auf Unstimmigkeiten des Datenlogger Bausteines zurückgeführt. Für weitere Prüfungen musste dieser Baustein noch überprüft werden.

Eine Probemessung zur Druckstabilität ergab viel Diskussionsbedarf. Ein zentraler Aspekt war die vorerst zu hoch angesetzte Abtastzeit der SPS, diese machte die Messungen ungenauer. Aussagen zu dem Verhalten bei An- und Auslaufen der Pumpe konnten daher noch nicht getätigt werden. Auffällig war die zeitliche Verzögerung der beiden Druckverläufe, dieser wurde auf die Entfernung der beiden Messeinrichtungen im Fließweg und die Steuerung des Prüflings zurückgeführt. Der Druck, den der Prüfling anzeigte, bestand lediglich aus dem Mittelwert der acht vorher ermittelten Messwerte. Diese Glättung des Druckes hatte ebenso zur Folge, dass der gesamte Druckverlauf abgerundeter als der des Drucksensors der Prüfanlage verlief.

Auf Grund der zeitlichen Begrenzung dieser Bachelorarbeit, konnten nur einzelne Probemessungen durchgeführt und analysiert werden. Diese Ergebnisse zeigten allerdings, dass die Funktionen des Prüfstandes und die Bedingungen der Reflex Winkelmann GmbH erfüllt worden sind. Weitere Messungen mussten durchgeführt werden, um die Erfahrungswerte zu vergrößern und somit diverse Parameter für aussagekräftige Erkenntnisse über den Prüfling einstellen zu können.

85

Abwärmenutzung eines Rechenzentrums für ein Bürogebäude

Raphael Schmidt B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dr. Hans-Joachim Koch
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Heizungstechnik
in Kooperation mit:	Ingenieurbüro Koch + Friedrich, Herford

Mit den gesetzten Klimaschutzzielen wächst die Herausforderung erneuerbare Energien einzusetzen. Dadurch ist das Bewusstsein entstanden, nicht nur Umweltenergie zu nutzen, sondern weitergehend auch Abwärmeenergie effektiv in die Versorgungssysteme einzubeziehen. Abwärme tritt in vielen Formen auf, vor allem in der Industrie als Prozesswärme, im Gewerbe oder im Wohnungsbau. Der Stellenwert der Wärmerückgewinnung nimmt an Bedeutung zu und sollte insbesondere in Betracht gezogen werden.

Im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz wird für Neubauten vorgeschrieben, dass mindestens 50% des Jahreswärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden müssen. Dadurch werden die Wärmeversorgungssysteme noch komplexer. Die Herausforderung besteht darin, die vielfältigen Einflussgrößen aufeinander abzustimmen.

In dieser Bachelorarbeit wurde die Abwärmenutzung eines Rechenzentrums betrachtet. Die Wärmeversorgung für ein Bürogebäude sollte regenerativ durch die Abwärmenutzung unterstützt werden. Es wurde die Heizlast und der Bedarf des Bürogebäudes ermittelt, um danach die Wärmeerzeuger auszulegen. Verschiedene Systemkonzepte wurden erarbeitet und deren Kosten nach der Annuitätsmethode berechnet. Die Konzepte wurden wirtschaftlich sowie technisch nach einigen Kriterien verglichen.

Der Vergleich hat gezeigt, dass unterschiedlich aufgebaute Wärmeversorgungen mit Wärmepumpen und Spitzenlast-Gas-Brennwertkessel wirtschaftlich nahe beieinander liegende Gesamtkosten verursachen. Demzufolge leiten vor allem auch die technischen Aspekte die Entscheidung.

Eine Zweier-Wärmepumpenkaskade und ein Gas-Brennwertkessel zur Wärmeversorgung des Bürogebäudes hat sich als technisch sinnvoll ergeben. Diese Variante ist nicht am günstigsten, lässt aber die optimale Betriebsweise erwarten. Die Wärmepumpen nutzen ausschließlich die kostengünstige vorhandene Abwärme und erzeugen dabei bis zu 90% des Jahreswärmeenergiebedarfs für die Trinkwarmwasserbereitung, die Raumheizung sowie die Lufterwärmung.

Ergänzend zu dem Ergebnis des Systemvergleichs hat sich in dieser Betrachtung herausgestellt, dass die Genauigkeit und das Ergebnis sehr von der Datengrundlage abhängen, die hier auf einem noch frühen Planungsstand basiert. Des Weiteren können die unregelmäßigen Energiepreisänderungen sowie schwerkalkulierbare Risiken die Schlussfolgerungen verzerren. Die Auswahl liegt beim Entscheidungsträger, der von den Fachplanern beraten wird. Die Umsetzung von Energie Monitoring liefert die Daten zur Auswertung der Anlage, um sie gegebenenfalls nachgehend dem Gebäude anzupassen.

Die Gesetzesvorgaben durch die Energiewende bringen neue Herausforderungen mit sich und vergrößern die Vielfalt von Lösungsmöglichkeiten auf dem Markt. Die Auftraggeber stehen vor komplexerer Entscheidungsvielfalt und brauchen umso mehr fachliche und kaufmännische Sondierungen.

86

Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung von sorptiven Feuchterückgewinnungssystemen in Regeneratoren

Martin Schramm M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Daniel Meierhöfer, M.Eng
Datum des Kolloquiums:	3. Juli 2018
Master-Studiengang:	Master Energie · Gebäude · Umwelt
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Labor Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Menerga GmbH, Mülheim an der Ruhr

Im Winter kommt es bei Einsatz von Lüftungsgeräten oft zur Unterschreitung einer behaglichen relativen Luftfeuchtigkeit. Gerade bei Geräten mit hohem Außenluftanteil neigt die Raumluft dazu sehr schnell auszutrocknen. Die Folge davon sind trockene Schleimhäute, welche ein Unbehagen auslösen. Zudem enthält trockene Luft mehr Staubpartikel, wodurch auch mehr Bakterien, Viren und andere Mikroorganismen transportiert werden können. Durch Austrocknung der Schleimhäute werden diese vom menschlichen Körper schneller aufgenommen, das Krankheitsrisiko steigt.

Mit einer sorptiven Feuchterückgewinnung kann das Wohlbefinden im Winter gesteigert und das Krankheitsrisiko gesenkt werden. In der DIN EN 16798-1wird eine untere Grenze von 30 % relativer Feuchte als Richtwert vorgegeben.

Aus energetischer Sicht kann eine Feuchterückgewinnung eine geringere Aufnahmeleistung eines Befeuchters im Winter und eine geringere Antriebsleistung einer Kälteanlage im Sommer im Falle einer Entfeuchtung bewirken.

In dieser Arbeit wurden mögliche Techniken zur sorptiven Feuchterückgewinnung als Erweiterung des regenerativen Wärmerückgewinnungssystems Resolair der Fa. Menerga betrachtet.

In diesem System werden feste Speichermassen abwechselnd in die verschiedenen Luftwege eingebunden. Die Speichermassen bestehen aus Polypropylen-Doppelstegplatten. Über ein System aus speziellen Lamellenklappen können die Luftwege über die Speichermassen in sehr kurzer Zeit gewechselt werden, ohne dass dabei hohe Leckagen entstehen. Üblicherweise wird ein Luftstrom dabei etwa 40 Sekunden über ein Paket geleitet. Anschließend wird das Paket in der entgegengesetzten Richtung durchströmt.

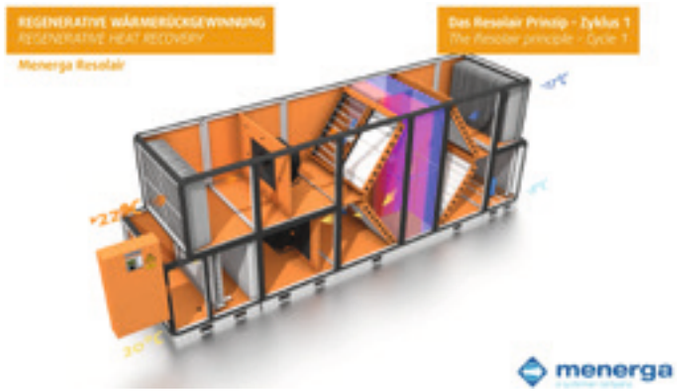


Abb. 1: Prinzip des Wäremerückgewinnungssystems Resolair von Menerga

In der Arbeit wurde die mögliche Einbringung von Zeolith-Wabenkörpern und einer Zeolith Kugelschüttung untersucht. Aus konstruktiver Sicht fiel die Wahl auf die Zeolith Kugelschüttung, welche mittig in die Speicherpakete eingebracht wird. Dazu werden die Speichermassen in Luftrichtung mittig durchtrennt und gekürzt, sodass der erforderliche Raum für die Schüttung entsteht.

Für dieses System wurde ein Rechenmodell entwickelt, um den Einsatz der Technik unter verschiedenen klimatischen Bedingungen berechnen zu können. Um das Modell entwickeln zu können, wurden Messungen an einer solchen Schüttung durchgeführt. Mit Hilfe dieser Messungen konnte das Verhalten des Zeoliths in Bezug auf verschiedene Luftkonditionen näher beschrieben werden. Das entwickelte Modell wurde an einem Prüfstand einer realen Anlage validiert. Damit konnten verschiedene Betriebspunkte simuliert werden, um den Nutzen dieser Erweiterung erkennen zu können. Das Modell ist flexibel gehalten, sodass sowohl Menge als auch Einbringposition des Zeoliths verändert werden können.

Die Auswertung der verschiedenen Betriebspunkte zeigt, dass die Funktion durch den Einsatz dieser Technik durchaus gegeben ist. Bei den typisch angenommenen Auslegungsbedingungen für Sommer und Winter bringt die Erweiterung der Speicherpakete aber keinen nennenswerten Vorteil, bzw. ist im Sommerfall sogar leicht kontraproduktiv. Sinnvoll ist der Einsatz da, wo zwischen Abluft und Außenluft hohe absolute Feuchtedifferenzen vorhanden sind, der Taupunkt im Normalfall in einer Wärmerückgewinnung aber nicht unterschritten wird. Ein Beispiel für einen solchen Anwendungsfall wäre ein Tropenhaus, welches feucht gehalten werden muss, oder ein Fertigungsprozess, in der die relative Luftfeuchtigkeit stets sehr niedrig sein muss. Bei einem Wohn- oder Bürogebäude ist der Einsatz nur bei sehr feuchten oder sehr trockenen Außenluftkonditionen sinnvoll. Aufgrund des hohen spezifischen Druckverlustes der Schüttung, lohnt sich dieses System allerdings nur, wenn ganzjährig eine Feuchtedifferenz zur Verfügung steht, die ansonsten mit einem Befeuchter oder einer Kälteanlage ausgeglichen werden müsste. Könnte der spezifische Druckverlust gesenkt werden, wäre der Einsatz dieser Technik auch bei geringeren Feuchtedifferenzen lohnenswert.

87

Analyse der Effizienz von Elektro-Wärmepumpen auf Basis von Feldmessdaten

Sergej Schreiber B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.- Wi.-Ing. (FH) Danny Günther
Datum des Kolloquiums:	19. Juni 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Fraunhofer ISE

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf 17 Luft-Wärmepumpen mit dem Ziel, anhand von bei realen Betriebsbedingungen im Feld ermittelten Messdaten und daraus resultierenden Jahresarbeitszahlen die Effizienz verschiedener Wärmepumpenanlagen aufzuzeigen und miteinander zu vergleichen.

Der Vergleich der Effizienzkennzahlen und Betriebsbedingungen sowie Anlagentechnik der ausgewerteten Anlagen soll darlegen, dass es gut angepasste Wärmepumpenlösungen gibt, die für die Energieversorgung von Bestandsgebäuden nach individuellen Sanierungsmaßnahmen effizient arbeiten können.
Darüber hinaus werden die quantifizierbaren Einflüsse auf den effizienten Betrieb der Wärmepumpe spezifiziert und analysiert. Anschließend wird relativ zu der erreichten Effizienz der Beitrag zur CO_2-Emissionsminderung und Primärenergieeinsparung gegenüber den fossilen Heizungsanlagen vorgestellt, um damit den möglichen Beitrag zur Energiewende zahlenmäßig hervorzuheben.

Für die Erreichung der oben beschriebenen Ziele müssten Messdaten sowie Anlagenstammdaten von den Feldanlagen gesammelt und gepflegt werden. Die Datenbasis wurde mithilfe von Excel-Tools ausgewertet. Die Excel-Tools weisen eine benutzerfreundliche Funktionalität und können dynamisch mit täglich anfallendem Datenstrom arbeiten.

Sie gestatten eine variable Betrachtung der Effizienz und die Untersuchung der Einflussnahme verschiedener Betriebsbedingungen auf die Arbeitszahl in beliebigen Zeiträumen. Damit wurde in dieser Arbeit die Grundlage für tiefgehende Analysen der Wärmepumpen für das am Fraunhofer ISE durchgeführten Projekt „WPsmart im Bestand“ geschaffen.

Als Hauptergebnis der Auswertung wurde festgestellt, dass alle 17 Luft-Wärmepumpenanlagen vollwertig fossil betriebene Heizungssysteme in Bestandsgebäuden ersetzen können und dabei ökologische Vorteile haben.
Damit ist bestätigt, dass die Luft-WP einen bedeutsamen Beitrag zu Umweltschutz und Ressourcenschonung im Gebäudesektor leisten können.

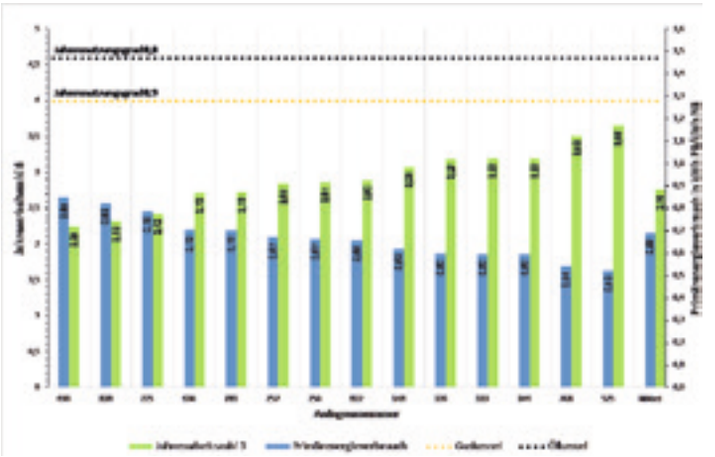


Abb 1: Primärenergiebedarf nach Jahresarbeitszahlen und Jahresnutzungsgraden

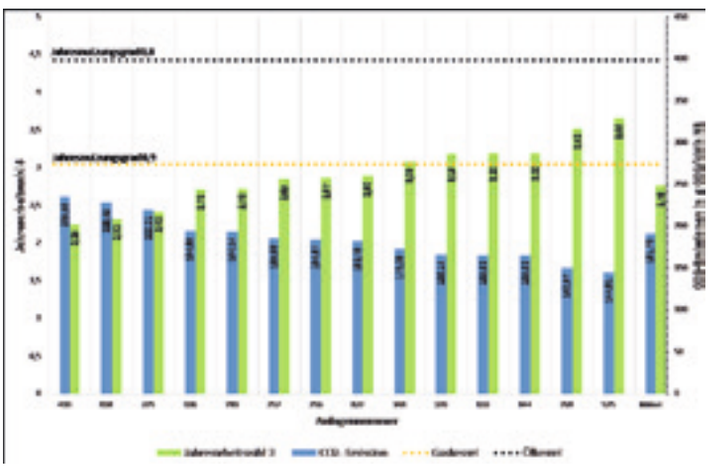


Abb 2: CO^2-Emmissionen nach Jahresarbeitszahlen und Jahresnutzungsgraden

Noch wichtiger ist die Erkenntnis, dass der mögliche Beitrag angesichts der großen Bandbreite in der erreichten Effizienz noch nicht ausgeschöpft ist.

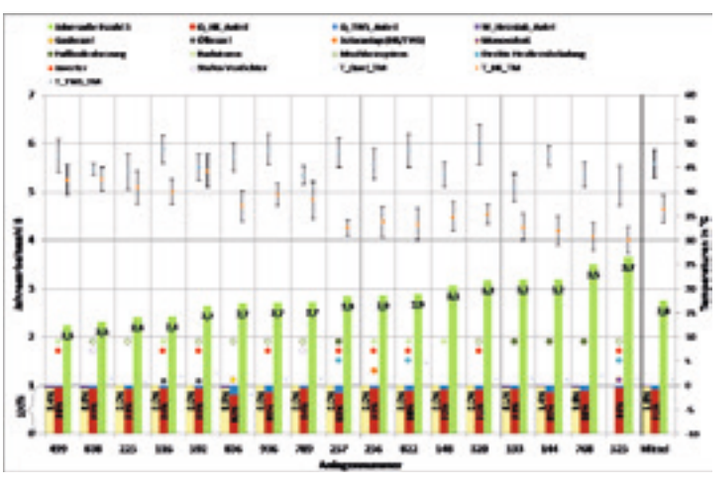


Abb 3: Jahresarbeitszahlen und Betriebsbedingungen

Es zeigt sich ein großes Potenzial zur Verbesserung der Effizienz, vor allem durch Senkung der Vorlauftemperatur im Heizkreis. So kann durch Umbau des Wärmeabgabesystems und/oder Sanierungsmaßnahmen eine deutliche Verbesserung der Effizienz von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden herbeigeführt werden.

88

Auswirkungen auf die Norm-Heizlast durch die Änderung der DIN EN 12831-1

Andrej Schreiner M.Eng

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	4. Oktober 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	Data Design System GmbH

Der technologische Fortschritt führt dazu, dass sich neue Standards entwickeln. Daraus erwächst die Notwendigkeit, bestehende Regelwerke regelmäßig zu überarbeiten und auf den aktuellen Stand zu bringen.

Mit der Erhöhung der Anforderungen an die Gebäude durch die Energieeinsparverordnung wurde der Stand der Technik wesentlich verändert. Die Anforderungen an höhere Isolierung und Dichtheit der Gebäudehülle führen dazu, dass Rechenverfahren sowie definierte Parameter zur Ermittlung des Wärmebedarfs überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht werden müssen.

Seit September 2017 gilt an Stelle der alten DIN EN 12831-1 die neue DIN EN 12831-1. Dieses bedeutet nicht, dass alle neuen sowie derzeit bestehenden Projekte nur noch nach der neuen Heizlast-Norm durchgeführt werden müssen. Für die Anwendung der europäischen Norm sind die nationalen Eingabedaten erforderlich. Diese werden in dem nationalen Anhang (NA) festgelegt. Da die nationalen Eingaben zu der DIN EN 12831-1 aus September 2017 nicht zeitgleich mit der europäischen Norm veröffentlicht wurden, empfiehlt der Arbeitsausschuss des NHRS während der Übergangsphase auf die aktuell verfügbaren Beiblätter zur DIN EN 12831-1 von 2003 zurückzugreifen.

Im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit soll zunächst ein Vergleich zwischen der alten und der neuen Heizlast-Norm aufgestellt werden. Dieser Vergleich erfolgt anhand definierter Beispielsituation sowie unterschiedlicher Gebäudestandards. Außerdem soll die Heizlast-Berechnung des Programms DDS-CAD überprüft werden.

Die Arbeit beschränkt sich im Wesentlichen auf die Änderungen der Heizlast-Norm. Neuerungen, die kein Pendant in der alten Heizlast-Norm finden, werden lediglich angesprochen, jedoch nicht im Detail behandelt.

Anhand der Heizlast für die unterschiedlichen Gebäudestandards soll gezeigt werden, wie sich die Verteilung zwischen den Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten über die Jahre entwickelt hat. Dazu soll eine Gegenüberstellung zwischen der alten und der neuen Heizlast-Norm einen Überblick darüber geben, wie sich die Änderungen bei unterschiedlichen Gebäudestandards auf die Heizlast auswirken.

Die Gegenüberstellung der alten und der neuen Heizlast-Normen hat gezeigt, dass es bei den Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten zu Änderungen gekommen ist. Außerdem können gemäß der neuen Heizlast-Norm auch Wärmegewinne in der Heizlast berücksichtigt werden.
Im Rahmen der Arbeit konnten nicht alle Änderungen genau berücksichtigt werden, da der nationale Anhang für die neue Heizlast-Norm zum Bearbeitungszeitpunkt der Arbeit nicht veröffentlicht war. Dazu gehören vor allem die Außentemperaturkorrektur und die Wärmegewinne.

Insgesamt betrachtet, konnte im Rahmen der Untersuchungen abgeleitet werden, dass die Norm-Heizlast nach der neuen Heizlast-Norm höher ist. Die Abweichungen fallen in den meisten Situationen gering aus. Unter bestimmten Voraussetzungen kann es aber zu einer Erhöhung der Norm-Heizlast eines Raumes um mehr als 30 % kommen. Die Auswirkungen der Änderungen auf die Norm-Heizlast des Gebäudes fallen stattdessen gering aus. Weitestgehend sind die Änderungen der Heizlast-Norm, bis auf die Unterschiede zwischen den Normen bei den Wärmeverlusten durch die Undichtheiten über die Gebäudehülle nachvollziehbar. Wärmeverlusten durch die Undichtheiten über die Gebäudehülle fallen gemäß der neuen Heizlast-Norm grundsätzlich höher aus. Somit bleibt die Frage offen, welches Verfahren näher an den tatsächlichen Werten liegt.

89

Entwicklung prädiktiver Regelstrategien für Bürogebäude im Systembau

Marvin Schürmann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Florian Segger M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	19. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Der Arbeitswelt steht ein großer Umbruch bevor. Sowohl die Arbeitszeiten, als auch die Arbeitsstätten werden zunehmend flexibler in ihrer Nutzung und Ausgestaltung. In Kombination mit architektonischen Trends, wie immer größeren Fensterflächen und den höheren, individuellen Komfortansprüchen der Nutzer, entstehen daraus neue Herausforderungen für die Gebäudetechnik. Gleichzeitig fordern Politik und Gesellschaft immer niedrigere Energieverbräuche und der Wechsel zur Nutzung regenerativer Energien hat im Wärmesektor, der in Gebäuden einen maßgeblichen Anteil des Energiebedarfs trägt, gerade erst begonnen. Resultat ist eine zunehmende Komplexität der technischen Gebäudeausrüstung, um den steigenden Anforderungen gerecht werden zu können.

Um die heutige und zukünftige Anlagentechnik ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll betreiben zu können, ist ein Gebäudeautomationssystem unverzichtbar. Diese Erkenntnis spiegelt sich auch in der neuen EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) 2018 wieder. Durch Forderung von Gebäudeautomationsfunktionen in allen bestehenden und zukünftigen Zweckgebäuden wird die Relevanz der Thematik untermauert.

Die GOLDBECK GmbH ist ein Generalunternehmer im Bereich des schlüsselfertigen Zweckbaus und beschäftigt sich seit einigen Jahren auch mit dem Themenfeld der Gebäudeautomation.

Es bestehen stets Bestrebungen zukunftsträchtige Themen zu sondieren und entsprechendes Knowhow zu generieren. Dies gilt auch für das Feld der Bürogebäude, einer der Kernkompetenzen des GOLDBECK Systembaus. Die industriell vorgefertigten Systembauelemente bringen dabei hohe Wärmekapazitäten in das Gebäude ein. In Verbindung mit trägen Wärmeübertragern resultiert dies in Totzeiten, welche durch aktuelle Regelstrategien nicht immer optimal bedient werden können. Prädiktive Systeme haben das Potential diese Herausforderungen zu bewältigen.

Die Untersuchungen zeigen, dass einige prädiktive Regelstrategien zu signifikanten Verbesserungen der Regelgüte führen. Dafür sollten die für den Betrieb maßgeblichen Störgrößen bekannt sein, anhand derer der Anlagenbetrieb optimal ausgerichtet werden kann. Während die Betriebsstrategien heutzutage noch

primär an den Witterungseinflüssen orientiert, stellen zukünftige Gebäude neue Anforderungen. Die Ausrichtung nach den tatsächlichen Bedarfen aus der Raumebene wird unerlässlich. Als besonders interessant ist die modellprädiktive Regelung (kurz MPC, engl.: Model Predictive Control) einzustufen. Zwar verwehrt der hohe Entwicklungsaufwand aktuell noch den Einsatz im Massenmarkt, dennoch führten erste Untersuchungen zu eindrucksvollen Ergebnissen, die ein weit größeres Potential andeuten. Der Wandel der Planungsprozesse durch BIM (Building Information Modeling) kann an dieser Stelle Chancen für wichtige Vorleistungen schaffen und den Weg in die Zukunft ebnen.

90

Concept and Needs for Validation of Bugfixes and Enhancements in Wind Turbine Control Software

Joshua Seeger B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Borkert
Datum des Kolloquiums:	5. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	General Electrics Wind GmbH

In this thesis, concepts for software validation of wind turbine control software are developed after the needs are analyzed. The current procedures of software development and operation did not adapt in the last period of time.

At first, the impact of the software quality is described. A historical collection of fault examples shows the impact of software faults in wind turbines. An overview of the software validation methods is given. The applicability of the several validation methods is assessed with regards to the complexity and need for reliability of wind turbine control systems. Furthermore, the current procedures within General Electrics are analyzed. It is shown how the software development and operation procedures work, to understand the scope of software validation that is currently done. The conclusion is, that the current procedures are not valid any more. Much experience is gained and not reflected in the procedures, as well as rising requirements and complexity of the control software. Therefore, the procedures need to adapt similar to the requirements.

Consequently, a process has been developed consisting of three categories of validation. The categories are dealing with the validation of bug fixes in the turbine control software, validation of the wind turbines performance and with individual wind farm specifications. Furthermore, the Issue Handling Procedure was developed to handle and communicate issues in a standardized way. The process was successfully applied to the software update of two wind farms. Issues in the software version were detected in an early stage and communicated to prevent further usage of the faulty software version. Unnecessary downtime and possible damage of the wind turbines were prevented. Nevertheless, the quality of software cannot be improved by the developed process. Further teams need to adapt their work flows in order to improve the wind turbine control software quality.

91

Entwicklung und Aufbau eines Prüfstands zur messtechnischen Funktionsprüfung von thermischen Zirkulationsventilen auf Basis der Technischen Prüfgrundlage des DVGW W 554 (P) | März 2011

Michael Sicking M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Sören Möller M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	23. November 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Labor Haus- und Energietechnik

Der Einhaltung der Trinkwassertemperaturen wird zur Verminderung der Wachstumsrate von Legionellen in Trinkwasserinstallationen besondere Bedeutung zugemessen. Die DIN EN 806-2 fixiert auf der europäischen Ebene zusammen mit der deutschen Ergänzungsnorm DIN 1988-200 die Grundlagen zur Planung von Trinkwasserinstallationen. Die planerischen Anforderungen bilden die Basis zum Erhalt der Trinkwassergüte und geben konkrete Vorgaben für einen bestimmungsgemäßen Betrieb unter Beachtung der hygienischen Anforderungen an das Trinkwassersystem.

Die Bemessung von Trinkwassererwärmungs-, Verteilungs- und Zirkulationsanlagen erfolgt nach der DIN 1988 Teil 300 und den DVGW-Arbeitsblättern W 551 und W 553. Die Dimensionierung von Zirkulationsanlagen hat nicht nur unter Berücksichtigung von funktionalen und wirtschaftlichen, sondern auch unter trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten zu erfolgen.

Ein Zirkulationsnetz kommt zum Einsatz, wenn die Einzelzuleitung der Warmwasserversorgung zur Entnahmestelle vom Trinkwassererwärmer einen höheren Wasserinhalt als 3 Liter aufweist oder die Ansprüche des Nutzers an den Komfort es erfordern, innerhalb weniger Sekunden Warmwasser an der Entnahmestelle bereitzustellen. Sind die zuvor genannten Bedingungen gegeben, muss in der Planung eine Zirkulationsleitung, beziehungsweise in Gebäuden mit größerer Ausdehnung der Trinkwasserinstallation ein Zirkulationsleitungsnetz, berücksichtigt werden. Hinsichtlich der geforderten Temperaturen gilt es, die Warmwasseraustrittstemperatur am Trinkwassererwärmer von 60 °C stetig einzuhalten oder diese lediglich kurzfristig zu unterschreiten. Die Temperatur von mindestens 55 °C darf in der gesamten Installation des Trinkwarmwassernetzes nicht unterschritten werden. Die Funktion und der Aufbau eines Zirkulationssystems sind somit ein wesentlicher Baustein in der Trinkwasserinstallation, um die Trinkwassergüte zu schützen.

Bei Zirkulationssystemen, die von der Hauptzirkulationsleitung abgehende Zirkulationsstränge aufweisen, ist die Hydraulik entsprechend zu betrachten. Voraussetzung für die Funktion und den damit einzuhaltenden Parametern ist der hydraulische Abgleich des Zirkulationssystems. Mit dem hydraulischen Abgleich der Zirkulationsstränge kann sichergestellt werden, dass bei einem

richtig bemessenen Zirkulationssystem die Temperatur an keiner Stelle des Rohrleitungssystems unter 55 °C abkühlt.

Eine Möglichkeit, um den hydraulischen Abgleich von Zirkulationssystemen technisch umzusetzen, ist der Einsatz von thermischen Zirkulationsventilen. Thermische Zirkulationsventile regeln den Volumenstrom in Abhängigkeit zur Zirkulationstemperatur.

Die Masterthesis verfolgte das Ziel, thermische Zirkulationsventile auf Basis der Technischen Prüfgrundlage des DVGW W 554 (P) | März 2011, auf ihre Einsatzfähigkeit zu prüfen. In Kooperation mit der FH Münster, Abt. Steinfurt – Labor für Haustechnik, erfolgte der Aufbau eines Prüfstands zur messtechnischen Funktionsprüfung von thermischen Zirkulationsventilen. Der Prüfstand soll dem Prüflaboratorium der FH Münster zur Fremdüberwachung des Herstellers dienen. Darüber hinaus ist eine Nutzung des Prüfstandes zu Zwecken der Forschung und Lehre innerhalb der Fachhochschule angedacht.

Der entwickelte Prüfstand wurde nach den Vorgaben der genannten Prüfgrundlage gebaut und durch umfangreiche messtechnische Untersuchungen auf seine Funktion und Verwendbarkeit geprüft. Das nachstehende Diagramm zeigt beispielsweise eine Messreihe zur Fremdüberwachung eines thermischen Zirkulationsventils der Nennweite DN15.

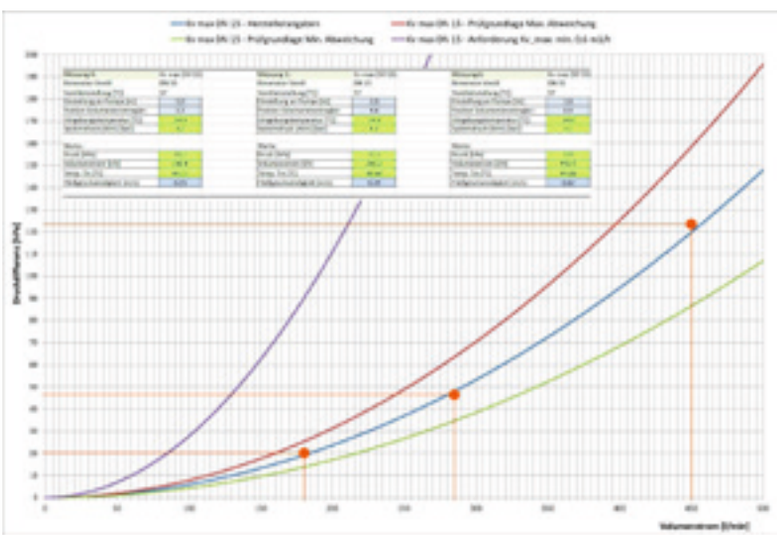


Abb. 1.: Messreihe Kv_ max am KEMPER MULTI-THERM Zirkulationsventil DN 15

Um den Prüfstand in der Forschung und Lehre einsetzen zu können, sind die Einbauten im Hinblick auf die Anforderungen an zukünftige Messanforderungen dimensioniert und konstruktiv vorbereitet. Zu nennen ist die Möglichkeit über den verbauten Rohrwendel-Wärmetauscher, Temperaturen des Betriebswassers unter 25 °C im Prüfstand zu ermöglichen, um zukünftig Kaltwasser-Zirkulationsventile zu untersuchen. Darüber hinaus können mit den statischen Strangregulierventilen, unter Berücksichtigung der Leistungsgrenzen, beliebige Volumenströme über die Prüfstrecke geführt werden. Dies ermöglicht es, Betriebsparameter aus dem Feld am Prüfstand nachzustellen und messtechnisch zu betrachten.

92

Chancen und Risiken von Energiemodellen auf Basis der multivariaten Regressionsanalyse für einen Industriebetrieb

Thomas Siebert M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Franz Beckmann
Datum des Kolloquiums:	23.April 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Müller Beckmann GmbH, 48157 Münster

Ziel der Masterarbeit war die Identifikation der Chancen und Risiken von Energiemodellen auf Basis der multivariaten Regressionsanalyse für einen Industriebetrieb.

Sowohl im Zuge der verstärkten Umweltbelastungen durch die steigende Nutzung fossiler Energieträger als auch der angestrebten Energiewende sind rechtliche Rahmenbedingungen erforderlich, die diesen Entwicklungen gerecht werden. Davon ist auch der industrielle Sektor als wesentlicher Verursacher der Umweltbelastungen betroffen, da der Gesetzgeber die Einführung von Energiemanagementsystemen zur Überwachung und Verbesserung der energiebezogenen Leistung des Unternehmens fordert.

Die Betrachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen verdeutlicht verschärfte gesetzliche Anforderungen an Unternehmen: Der Betrieb eines zertifizierten Energiemanagementsystems und der Nachweis über eine Verbesserung der energiebezogenen Leistung sind verpflichtend, um für finanzielle Vorteile qualifiziert zu sein.

Da die energiebezogene Leistung eine schwer zu begreifende und vielen Einflüssen unterworfene Größe ist, haben Unternehmen Schwierigkeiten, diese zu erfassen und ursachengerecht bewerten zu können. Deshalb wurde das Energiemodell entwickelt, welches mithilfe der multivariaten Regressionsanalyse die relevanten Einflussfaktoren für verwendete Energieträger rechnerisch berücksichtigt und geeignet ist, den Zusammenhang verschiedener Einflüsse auf eine Zielgröße rechnerisch zu ermitteln.

Dabei sind Voraussetzungen zu beachten, unter denen ein gültiges statistisches Modell erstellt werden kann. Mithilfe von Energiemodellen können, über die Überwachung der energiebezogenen Leistung hinaus, Maßnahmen zur Verbesserung abgeleitet und bewertet sowie der Umgang mit Energie ganzheitlich verbessert werden.

93

Untersuchung zur Flexibilisierung von Biogasanlagen versus alternative Energiespeicher

Piriyanha Sivabalasingam B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Energethik Ingenieurgesellschaft mbH, Osnabrück

Mit wachsendem Anteil der erneuerbaren Energien in der Stromversorgung, werden konventionelle Kraftwerke immer weniger ausgelastet. Dies führt zum Anstieg der Volatilität in der Stromversorgung. Um diese Schwankungen der Energienachfrage und des Energieangebots auszugleichen werden Flexibilitätsoptionen benötigt. Dazu gehören die intelligente Verteilung, die flexible Energieerzeugung, die Energiespeicherung und das Lastmanagement.

Eine Technologie die sowohl als flexible Energieerzeugung als auch als Speicher fungiert ist die flexibilisierte Biogasanlage. Seit dem EEG 2012 werden Biogasanlagen durch eine Flexibilitätsprämie gefördert, die durch eine Leistungsreduzierung oder einen Leistungszubau regelbar Strom produzieren können. Die Voraussetzung für die Prämie ist, dass die Höchstbemessungsleistung nicht überschritten wird. Das heißt, trotz Leistungszubau bleibt die durchschnittliche Jahresstromproduktion unverändert, um die installierte Leistung bedarfsorientiert produzieren zu können. Zur Flexibilisierung werden zusätzliche Gasspeicher errichtet, welche das kontinuierlich produzierte Biogas einspeichern.

Dadurch können die Blockheizkraftwerke für eine gewisse Zeit stillstehen und bei Stromdefiziten im Netz gezielt hochfahren. Die Leistung der Blockheizkraftwerke wird mit dem Zubau weiterer Aggregate erhöht, um mit geringeren Betriebsstunden die gleiche Jahresstromproduktion zu erzielen. Während der Ruhezeit werden die Motoren der Blockheizkraftwerke über einen Wärmespeicher warmgehalten. Diese nehmen die entstehende Abwärme zu den Betriebszeiten auf und können so zu den Ruhezeiten die Wärmeversorgung sicherstellen. Auf diese Weise werden Biogasanlagen von Grundlastversorgern zu bedarfsorientierte Stromversorger und Speicher modifiziert.

Die Flexibilitätsprämie wird seit 2014 durch eine Obergrenze von 1,35 GW insgesamt zulässigem Leistungszubau begrenzt. Nach Überschreiten dieser Grenze wird keine Prämie mehr ausgezahlt. Laut Ermittlungen der Bundesnetzagentur sind im Juli 2018 rund 53 % des Flex-Deckels ausgeschöpft. Der maximal zulässige Wert für die Leistungserhöhung wird bei einem exponentiellen Wachstum vermutlich Ende 2019 erreicht werden. Alle Projekte zur Flexibilisierung von Biogasanlagen müssen vor Erreichen der Obergrenze die Flexibilitätsprämie angemeldet haben. Wenn bis dahin keine gesetzlichen Änderungen

vorgenommen werden, ist die Folge, dass die Flexibilisierung von Biogasanlagen nach 2019 ein Ende haben wird.

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Potenzial der flexiblen Biogasanlagen zum Einsatz als Energiespeicher im Stromnetz untersucht, um daraus die Folgen durch das Ende der Flexibilitätsprämie zu ermitteln. Dafür wird die technische Effizienz von flexibilisierten Biogasanlagen mit ausgewählten Speichertechnologien aus dem Stromsektor verglichen.

Im Vergleich stellt sich heraus, dass flexible Biogasanlagen mit den Pumpspeicherkraftwerken, die einzigen aktuell kommerziell eingesetzten Langzeitspeicher im Stromsektor sind. Je nach Auslegung des Gasspeichers können die flexiblen Biogasanlagen die Energie von wenigen Stunden bis hin zu mehreren Tagen hin speichern. Der bislang konstant eingespeiste Bioenergieanteil im Stromnetz wird über die Flexibilisierung zeitlich verschoben und bei Energiebedarf aufgerufen. Dadurch werden die Lastspitzen im Stromnetz gesenkt. Des Weiteren kann diese Speichertechnologie auch als saisonaler Speicher fungieren. Über die Fütterungsmenge wird der Biogasertrag gesteuert, welcher entsprechend des jahreszeitlichen Energiebedarfs variiert werden kann. So besteht die Möglichkeit, die Stromproduktion gezielt zu Wintermonaten mit höherem Biogasertrag zu steigern und zu Sommerzeiten zu senken.

Neben der Stromproduktion ist die Wärmeerzeugung ein wesentlicher Aspekt der Biogastechnologie. Sie entspricht ca. der selben Energiemenge, wie die erzeugte Strommenge und wird gezielt zur Wärmeversorgung der Energieumwandlungsprozesse, angeschlossene Wärmenetze und Wärmeabnehmer eingesetzt. Daher ist die Wärmeerzeugung eine essentielle Größe, die zur Ermittlung des Potenzials von flexiblen Biogasanlagen berücksichtigt werden sollte.

Abb 1: Externer Gasspeicher

94

Konzeptentwicklung und wirtschaftliche Betrachtung der Nutzung des Wasserreservoirs aus Regenwasserrückhaltebecken für die adiabate Raumluftkühlung

Tom Spring M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Jens Willmes, M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	ISW Ingenieur GmbH Schmidt & Willmes

Diese Masterarbeit umfasst die Konzeptentwicklung und wirtschaftliche Betrachtung der Nutzung des Wasserreservoirs aus Regenwasserrückhaltebecken für die adiabate Raumluftkühlung anhand eines Referenzobjektes. Bei diesem Kühlkonzept wird Wasser in der Abluft des Lüftungsgerätes versprüht, welche sich daraufhin abkühlt. Die gekühlte Abluft wird durch eine Wärmerückgewinnungseinheit vorbei an der Außenluft geführt, sodass die Zulufttemperatur sinkt. Durch das ausgewählte Logistikzentrum und dessen Außenanlagen werden insgesamt ca. 16.500 m² Oberfläche versiegelt, sodass eine Regenwasserrückhaltung notwendig ist. Der Gebäudekomplex verfügt außerdem über zwei Büroetagen, welche maschinell be- und entlüftet werden sollen. Um im Sommer Raumlufttemperaturen gemäß den Vorgaben der ASR A3.5 zu erfüllen, muss die Zuluft gekühlt werden. Die Sektoren Sanitärtechnik und Raumlufttechnik sollen für die Erzielung von Synergieeffekten gekoppelt werden.

Auf Basis der technischen Grundlagen und der gültigen Normen und Regelwerke wurde ein Gesamtsystem für die adiabate Abluftkühlung mittels Regenwasser konzeptioniert und dimensioniert. Das Regenwasser muss für die Verwendung gefiltert und biologisch aufbereitet werden, sodass keine Mikroorganismen mehr enthalten sind, obwohl es nur in der Abluft versprüht und eventuell mit der Fortluft in die Umwelt emittiert wird. Dazu werden Grobfilter, Membranfilter, UV-Desinfektionsanlagen und Desinfektionsmitteldosiereinrichtungen benötigt. Die entsprechenden normativen Vorgaben sind nicht klar definiert. Solch eine aufwendige Wasserbehandlung wird an keiner Stelle gefordert. Dennoch verzichtet in der Praxis kein Systemhersteller darauf, weil bei Menschen bei einer Infektion durch verunreinigte Aerosole schwerwiegende gesundheitliche Konsequenzen drohen, die im schlimmsten Fall tödlich enden. Das benötigte Regenwasser wird dem Regenrückhalteraum entnommen und mit Hilfe der zuvor aufgeführten Komponenten und über die Zwischenspeicherung in einem Reinwasserbehälter der adiabaten Befeuchtung in der Abluft des Lüftungsgerätes zur Verfügung gestellt.

Anhand dieses spezifischen Systems wurden in einem Tabellenkalkulationsprogramm auf Basis der stündlichen Temperatur- und Feuchtewerte des Deutschen Wetterdienstes aus dem Jahr 2017 die Luftzustände jeder Betriebsstunde der Anlage ermittelt. Die Betriebszeit wurde, entsprechend den Arbeitszeiten der

Büromitarbeiter, auf montags bis freitags von 8 bis 18 Uhr festgelegt, falls die Außentemperatur über der gewünschten Raumtemperatur von 22 °C liegt. Mit dem Berechnungstool wurden durch Summierung der stündlichen Werte die Jahreswerte für den Wasserverbrauch (2.464 kg), die Kältemenge (5.406 kWh) und die Betriebsstunden (455 h) der adiabaten Kühlung mit Regenwasser ermittelt.

Anschließend wurde für eine dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die Annuitätenmethode gemäß der VDI 2067 ausgewählt und für drei Varianten der Kälteerzeugung durchgeführt. Die adiabate Abluftkühlung mit Regenwasser (Variante 1) wurde der adiabaten Abluftkühlung mit Trinkwasser (Variante 2) und der Kompressionskältemaschine als Direktverdampfer (Variante 3) gegenübergestellt. Bei dem gewählten Referenzobjekt ist Variante 2 am wirtschaftlichsten, gefolgt von Variante 3 und Variante 1. Die adiabate Kühlung mit Trinkwasser verursacht aufgrund des schlichten Anlagenaufbaus die geringsten Kosten. Bei der adiabaten Kühlung mit Regenwasser entstehen hohe Ausgaben für die Wartung und Instandhaltung des umfangreichen Regenwassernutzungssystems. Daher ist die Kompressionskältemaschine trotz ihrer hohen Investitionskosten unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gegenüber Variante 1 zu bevorzugen.

Aktuelle Entscheidungsprozesse unterliegen jedoch nicht reinen ökonomischen Betrachtungen. Auch ökologische Aspekte oder das Image einzelner Konzepte sind entscheidend. Dieser Umstand wurde berücksichtigt, indem eine Bewertungsmatrix erstellt wurde. Dabei wurden die Anlagenvarianten in den drei zuvor genannten Kategorien bewertet. Unter Berücksichtigung einer unterschiedlichen Gewichtung der Bewertungskriterien entstand eine Gesamtnote. Demnach ist Variante 1 knapp gegenüber Variante 2 und deutlich gegenüber Variante 3 zu bevorzugen. Die Festlegung der Bewertungskategorien, deren Gewichtung und die Benotung ist subjektiv und muss in der beruflichen Praxis in Abstimmung mit dem jeweiligen Bauherrn spezifisch festgelegt werden.

Die Nutzung des Regenwasserreservoirs aus Regenwasserrückhaltebecken für die adiabate Raumluftkühlung ist aktuell zwar nur mit einer aufwendigen Wasseraufbereitung möglich, aber unter Berücksichtigung und Bewertung anlagenspezifischer Aspekte empfehlenswert. Diese Parameter sind individuell für jede Anlage und in Abstimmung mit dem Bauherren festzulegen, sodass an dieser Stelle keine allgemeingültige Aussage getroffen werden kann. Die zukünftigen Entwicklungen werden voraussichtlich die Nutzung von Regenwasser für die adiabate Kühlung begünstigen.

95

Analyse der Veränderungen in der Customer-Journey durch die Verwendung vorgefertigter System-Komponenten in der Heizungstechnik

Lukas Stegemann M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Holger Bode
Datum des Kolloquiums:	25. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Heizungstechnik

Statt auf der Baustelle Einzelteile zu einer Anlage handwerklich zusammenzubauen, werden Anlagen heute immer öfter als Systeme aus vorgefertigten System-Komponenten zusammengesetzt. Unter vorgefertigten System-Komponenten werden Komponenten verstanden, die zu einem System zusammengesetzt werden können und im Werk des Herstellers vorgefertigt werden. In vielen Branchen sind die Herstellung und der Vertrieb vorgefertigter Produkte bereits heute Stand der Technik. Aufgrund des immer stärker ausgeprägten Fachkräftemangels in vielen Bereichen ist der Trend der Vorfertigung nicht aufzuhalten und wird auch in anderen Branchen Einzug finden.

In der Heizungsbranche gibt es bis auf die Herstellung von Kompaktgeräten, die aber nur einen Teil der notwendigen Integration von Komponenten abdecken, nur wenig Erfahrung auf dem Themengebiet der Vorfertigung. Aus diesem Punkt leitet sich die Motivation für die Masterarbeit ab und führt zur Definition des primären Ziels: Herausarbeitung der Änderungen, die in der Customer-Journey durch die Einführung vorgefertigter System-Komponenten entstehen, um daraus Handlungsempfehlungen für und Anforderungen an einen Hersteller von Heizungstechnik abzuleiten.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden die Customer-Journey-Phasen Informationsbeschaffung, Planung, Installation / Inbetriebnahme, Betrieb und Service untersucht, um so die Unterschiede zwischen konventionellen und vorgefertigten Systemen zu ermitteln. Um das Potenzial der anderen Branchen auf die Heizungstechnik zu übertragen, werden die Untersuchungen in dieser Masterarbeit auf Basis einer Markterhebung durchgeführt. Neben dem primären Ziel soll die Arbeit ermitteln, ob sich die Entwicklung vorgefertigter System-Komponenten in der Heizungstechnik bereits lohnt und aus welchen Gründen diese Komponenten in den anderen Branchen eingeführt wurden. Die Umsetzung der Produktion der vorgefertigten System-Komponenten wird in dieser Arbeit nicht betrachtet.

Änderungen auf die Customer-Journey können durch den Aspekt der Vorfertigung und den Aspekt der Systemtechnik entstehen. Die zu erwartenden Vorteile, die aus diesen vorgefertigten System-Komponenten resultieren, sind beispielsweise die Zeiteinsparung bei der Endmontage und die Vereinfachung dieser. Dadurch

wird erwartet, dass weniger qualifiziertes Personal eingesetzt werden kann. Ein weiterer Vorteil, der durch den Aspekt der Systemtechnik erwartbar ist, ist die abgesicherte System-Konstellation. Hierdurch wird gewährleistet, dass alle Komponenten des Systems aufeinander abgestimmt sind und so zu weniger Störungen bei Inbetriebnahme und im Betrieb der Anlage führen. Die erwarteten Vorteile sollen ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden.

Die Auswertung der Markterhebung hat bestätigt, dass die Vorfertigung in der Heizungsbranche im Vergleich zu anderen Branchen einen eher niedrigen Entwicklungsstand aufweist. Aus dem niedrigen Entwicklungsstand und einem starken allgemeinen Wachstum der industriellen Vorfertigung resultiert ein hohes Entwicklungspotenzial. Wie zu Beginn der Arbeit vermutet, wurde der Fachkräftemangel als wichtiger Wachstumsfaktor für die Vorfertigung identifiziert. Da vorgefertigte Systemtechnik in der Sanitärbranche bereits erfolgreich gegen den Fachkräftemangel eingesetzt wird, wurde dem Hersteller der Heizungstechnik empfohlen sich frühzeitig mit dem Thema „Vorfertigung von System-Komponenten“ zu beschäftigen. Durch die vorgefertigte Systemtechnik werden die Fachkräfte sowohl in der Planungs- als auch in der Installationsphase entlastet. Somit wirkt diese Technik dem Fachkräftemangel entgegen. Negative Aspekte, wie eine sinkende Flexibilität in der Planung, konnten durch die Markterhebung nicht bestätigt werden.

Insgesamt sind durch die Einführung der vorgefertigten System-Komponenten zwar einige Änderungen in der Customer-Journey erkennbar, eine komplette Umstrukturierung der Journey findet jedoch nicht statt. Die größte Änderung erfolgt durch eine kundenspezifische Vorfertigung, da der Hersteller dabei selbst Teil der Customer-Journey wird.

96

Einführung elektrischer Antriebe im Fuhrpark der energielenker GmbH

Patrick Streiter B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christoph Hanrott
Datum des Kolloquiums:	5. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	energielenker GmbH

Können elektrisch betriebene Fahrzeuge konventionelle Verbrennungsmotoren gleichwertig ersetzen? Diese Frage rückt seit den letzten Jahren zunehmend in den Wahrnehmungsbereich einer größer werdenden Öffentlichkeit. Die Anforderungen an elektrische Fahrzeuge sind enorm: CO2-Emissionen sollen auf ein Minimum reduziert werden, aber die Mobilität soll in keiner Weise Einschränkungen erfahren.

Die vorliegende Bachelorthesis prüft die Möglichkeit, elektrische Antriebe im Fuhrpark der energielenker GmbH zu integrieren und soll als Leitfaden zur Umsetzung dienen. Dabei beschränkt sich die Untersuchung auf den Bürostandort Münster sowie auf eine Integration im Jahr 2019. Angestellte sollen künftig zwischen konventionell und elektrisch angetriebenen Dienstwagen wählen können.

Um diese Fragestellung zu beantworten, wird der gegenwärtige Kenntnisstand mit Definition der relevanten Antriebsarten erarbeitet und Grundlagen im Bereich marktführender Fahrzeuge geschaffen.
Das Thema Ladeinfrastruktur wird ausführlich in Bezug auf technische Grundlagen, Installationsbedingungen und Abrechnungs- und Messkonzepte dargestellt.
Anschließend wird eine Übersicht relevanter Fördermöglichkeiten geschaffen. Mit einer Umfrage wird die generelle Umsetzbarkeit anhand selbst konzipierter Bewertungskriterien geprüft. Die Umfrage soll die Einstellung der Mitarbeiter gegenüber der Elektromobilität sowie Informationen zum alltäglichen Fahrverhalten erfassen. Aufgrund dieser Ergebnisse werden ausgewählte Fahrzeuge einem Kostenvergleich unterzogen. Abschließend wird auf diesen erarbeiteten Grundlagen eine Ladeinfrastruktur am Standort Münster mit entsprechender Anzahl an Ladepunkten geplant und eine Übersicht der Gesamtkosten gegeben.

97

Vergleich der Technologien Power-to-Gas, Power-to-Heat und Batteriespeicher als Flexibilitätsoptionen im Stromnetz aus Sicht eines Verteilnetzbetreibers

Lucie Tebroke B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ulrich Martin Poth
Datum des Kolloquiums:	12. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Westnetz GmbH

Aufgrund der Energiewende wird die gesamte Energiebranche vor neue Herausforderungen gestellt. Durch den erhöhten Anteil an erneuerbaren Energien treten vermehrt Lastschwankungen im Stromnetz auf, wodurch durch eine deutliche Flexibilitätssteigerung des Stromnetzes nötig ist. Diese Lastschwankungen sollen möglichst ohne die Abregelung von Stromerzeugungsanlagen, sondern durch den Einsatz von Energiespeichern bzw. mittels Sektorenkopplung ausgeglichen werden. Diese Problematik zwingt die Verteilnetzbetreiber zum Umdenken.

Ziel dieser Arbeit ist, die drei Flexibilitätstechnologien Power-to-Gas (PtG), Power-to-Heat (PtH) und Lithium-Ionen-Batteriespeicher hinsichtlich der technischen Eigenschaften, der rechtlichen Rahmendbedingungen für einen netzdienlichen Einsatz und der Wirtschaftlichkeit vom Standpunkt eines Verteilnetzbetreibers aus zu prüfen und aus den gewonnen Erkenntnissen eine Bewertungsmatrix zu entwickeln. Diese Bewertungsmatrix soll das Auswahlverfahren von flexibilitätsschaffenden Technologien in zukünftigen Projekten erleichtern.

Im Hinblick auf die technischen Eigenschaften gibt es einige Unterschiede zwischen den Technologien. Insbesondere im Hinblick der Ausspeichermöglichkeiten bietet PtG die meisten Möglichkeiten. Während die Lithium-Ionen-Batterie lediglich als Stromspeicher fungieren kann und für PtH-Systeme bisher nur die Umwandlung in Wärme als sinnvoll betrachtet wird, kann das erzeugte Gas der PtG-Anlage neben dem Einsatz als Kraftstoff und Rohstoff sowohl für den Strom- als auch für den Wärmesektor genutzt werden. Die Ausspeicherung in Form von Gas bietet einen weiteren Vorteil gegenüber den anderen Technologen: Wasserstoff bzw. Methan besitzt eine sehr hohe gravimetrische Energiedichte.

Zwar liegt die Energiedichte bezogen auf das Volumen bei Normzustand deutlich unter den Energiedichten des PtH-Systems und des Lithium-Ionen-Batteriespeichers, jedoch lassen sich diese Werte durch Kompression des Gases deutlich überbieten. Durch die kompakteren Bauweisen der Lithium-Ionen-Batterien und der PtH-Systeme erreichen diese Technologien eine höhere Leistungsdichte als das PtG-System. Auch im Punkt Gesamtwirkungsgrad lässt sich die PtG-Technologie von dem PtH-System und der Lithium-Ionen-Batterie übertrumpfen. Durch die vielen Systemkomponenten ist der Wirkungsgrad deutlich niedriger. Der Lithium-Ionen-Batteriespeicher punktet besonders durch seine Reaktionszeit und die

niedrige Selbstentladerate. Bei der allgemeinen Betrachtung der Technologieeigenschaften liegt aufgrund der aufgelisteten positiven Aspekte die Power-to-Gas Technologie vorne. Je nach Schwerpunktsetzung der Bewertungskriterien kann ein abweichendes Ergebnis erreicht werden.

Bei der Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen wurde deutlich, dass sowohl der eigenständige Bau als auch der eigenständige Betrieb von flexibilitätsschaffenden Anlagen aufgrund des Unbundlings nicht möglich ist. Dafür wurde ein Lösungskonzept aufgezeigt, wie ein netzdienlicher Einsatz für einen Verteilnetzbetreiber möglich sein kann. Ein netzdienliches Nutzen ist über einen Nutzungsvertrag zwischen Energieversorger, also dem Anlagenbesitzer, und dem Verteilnetzbetreiber realisierbar. Im Hinblick auf die Genehmigungserfordernisse der Anlagen ergaben die Recherchen, dass die Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzrecht für eine Power-to-Gas Anlage eindeutig das aufwendigste, umfangreichste und langwierigste Verfahren ist. Dagegen gestaltet sich die Genehmigung von Power-to-Heat Anlagen unkompliziert. Sie sind in der Regel genehmigungsfrei, gegebenenfalls wird eine Baugenehmigung benötigt. Für den Bau eines Batteriespeichers wird eine Baugenehmigung und die Einhaltung der 26. BImSchV gefordert.

Aufgrund der rechtlichen Situation wurde keine klassische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Stattdessen wurde ein Vergleich der Nutzungsgebühren, die in dem Nutzungsvertrag für netzdienliche Einsätze anhand des Maschinenstundensatzes festgelegt werden, gewählt. Dieser Vergleich der Maschinenstundensätze ergab, dass die niedrigsten Nutzungsgebühren bei Power-to-Heat Anlagen anfallen.

Die Vergleichskategorien und die Vergleichskriterien wurden eigenständig ausgewählt und die Bewertung mithilfe einer selbsterstellten Bewertungsskala durchgeführt. Die erworbenen Kenntnisse und die Bewertungsskala wurden genutzt, um ein Bewertungstool zu entwickeln. Dieses Tool soll bei der Auswahl geeigneter Technologien zukünftiger Projekte innerhalb der Westnetz GmbH unterstützen. Mithilfe eines Anwendungsbeispiels wurden die Vorgehensweise und die Funktionsweise des Tools demonstriert.

98

Eine technische und wirtschaftliche Untersuchung drei verschiedener Wärmepumpen bei den Stadtwerken Fife, Schottland

Gordon Teoh B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Senker
Datum des Kolloquiums:	27. September 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Fife, Schottland

Das Ziel der Arbeit war es, drei verschiedene Wärmepumpen bei den Stadtwerken Fife, Schottland, technisch und wirtschaftlich zu bewerten. Besonderer Fokus der Ermittlung lag auf der tatsächlich geleisteten Wärmeerzeugung und der Bestimmung des dafür benötigten Stromverbrauches. Zudem wurde die Genauigkeit der Kostenprognosen überprüft. Anschließend wurden der 20-jährige Barwert und die CO2-Emissionen der jeweiligen Wärmepumpensysteme berechnet und mit gas- und elektrobasierten Wärmeerzeugern verglichen.

Abb 1: VisitorCenter der Stadtwerke Fife

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Messdaten zur Wärmeerzeugung und zum Stromverbrauch mussten einige Werte durch Berechnungsverfahren ermittelt und an das reale Nutzerverhalten angepasst werden. Diese ermittelten Werte wurden den tatsächlichen Messwerten gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die erste Wärmepumpe, eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Wärmequelle im Erdreich, die vom Ingenieur erwartete Leistung vollständig erfüllt. Die überprüfte Leistungszahl von ca. 2,5 führte zu den niedrigsten Betriebskosten und somit war die Entscheidung für die Wärmepumpe berechtigt.

Die zweite Wärmepumpe ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Außenluft als Wärmequelle. Diese zeigte eine zwölf-prozentige Deckung des Heizbedarfs,

obwohl nach Herstellerangeben eine Deckung von mindestens 60% prognostiziert wurde. Aus diesem Grund wurde eine sofortige Inspektion der Anlage empfohlen.

Abb 2: Kollektoren

Bei der letzten Wärmepumpe, einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Wasser als Wärmequelle, wurden 75 % des Wärmebedarfs von der Wärmepumpe gedeckt. Allerdings konnte aufgrund des extrem hohen Stromverbrauches keine endgültige Aussage zur Leistungszahl getätigt werden. Die Berechnung der CO_2-Emissionen hat die Entscheidung gegen ein elektrobasiertes System bestätigt.

Die Ermittlung erbrachte in allen drei Projekten die Erkenntnis, dass sich die hohen Investitionskosten einer Wärmepumpe nur rentieren, wenn die Betriebskosten sehr niedrig sind. Diese Arbeit soll vor allem den Mitarbeitern bei den Stadtwerken Fife, die noch unschlüssig bezüglich der Effektivität von Wärmepumpen sind, einen praxisnahen Einblick in die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe anbieten.

99

Einfluss einer inneren Wärmequelle zwischen Hauswand und Dämmschicht, bezogen auf den Energieverlust

Christopher Tewes B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	17. Januar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
in Kooperation mit:	Ottensmeier Ingenieure GmbH

Der Einsatz von erneuerbaren Energien in Privathaushalten kann einen großen Teil zum Klimawandel beitragen. Durch die Nutzung von Umweltenergie in Verbindung mit Wärmepumpen kann dies mühelos erreicht werden. Durch die stetig wachsende Strommenge aus erneuerbaren Energien, wächst auch der Anteil an fluktuierender Energie. Damit dieser Anteil effektiv genutzt werden kann, müssen Speichermöglichkeiten erschaffen werden, um die Abregelung bei Spitzenlasten zu verhindern. Eine Speichermöglichkeit besteht aus der Kombination von Wärmepumpen und dem thermisch aktiviertem Haus. Die thermische Aktivierung erfolgt durch Aufbringen einer Flächenheizung auf die Außenwand, welche anschließend durch ein Holzständerwerk mit Einblasdämmung abgeschlossen wird.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es zu überprüfen, wie sich eine Wärmequelle zwischen Hauswand und Dämmschicht auf den Energieverlust auswirkt. Als Grundlage der Berechnungen wurden Daten eines Pilotprojektes, sowie stündliche Temperaturwerte des Jahres 2017 herangezogen. Anhand dieser Daten erfolgte eine Berechnung der Transmissionswärmeverluste über die mit einer Flächenheizung versehenden Außenwände. Hierbei gibt es drei Varianten (Raumtemperatur > Wandheizungstemperatur, Raumtemperatur = Wandheizungstemperatur, Raumtemperatur < Wandheizungstemperatur) des Betriebs, welche unterschieden werden können. Nach der Ermittlung der Transmissionswärmeverluste über die Außenwände sowie die daraus resultierenden Wärmeeinträge wurden alle sonstigen Verlust- sowie Gewinngrößen berechnet um am Ende den gesamten Wärmebedarf zu erhalten.

Um Vergleiche anzuführen, wurden die Transmissionswärmeverluste über die Außenwände bei einem identischen Wandaufbau nur ohne den Betrieb der außenliegenden Flächenheizung ermittelt. Damit die Werte ebenfalls mit der EnEV vergleichbar sind, wurden die Transmissionswärmeverluste über die Außenwände unter Verwendung des Wärmedurchgangskoeffizienten der EnEV und einer identischen Wandfläche berechnet.

In dieser Arbeit lag das Hauptaugenmerk auf den Transmissionswärmeverlust über die Außenwände. Nebenher wurden die berechneten gesamten Wärmemengen mit den gemittelten realen Wärmemengen (aufgrund fehlender

messtechnischer Einrichtungen in Form von Wärmemengenzählern bzw. Strommengenzählern) verglichen, weshalb wie eben erwähnt die gesamt benötigte Wärmemenge berechnet wurde.

Zum Ende der Arbeit erfolgte eine energetische Gegenüberstellung der dargelegten Varianten. Im Anschluss wurde eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit vorgenommen, welche die Ergebnisse der energetischen Gegenüberstellung unterstrichen haben. Abgerundet wurde die Arbeit durch ein Fazit mit möglichen Verbesserungs- und Optimierungsvorschlägen.

100

Phosphorrückgewinnung aus kommunalem Klärschlamm durch Optimierung der Struvitkristallbildung

Martin Thielen B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Maria Dittmann M.Eng
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor Umwelttechnik
In Kooperation mit:	ELIQUO STULZ GmbH; Stadtentwässerung Lingen (Ems)

Die Novellierung der Klärschlammverordnung vom 02.10.2017 verpflichtet kommunale Kläranlagen nach gestaffelten Übergangsfristen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen und Klärschlammaschen. Der als Phosphat zurückgewonnene Phosphor kann zur pflanzlichen Düngung eingesetzt werden, was den natürlichen Phosphorkreislauf schließen würde.

Somit müssen Betreiber von Kläranlagen von mehr als 50.000 Einwohnerwerten innerhalb der nächsten 15 Jahre (bzw. zwölf Jahre bei mehr als 100.000 Einwohnerwerten) nach Lösungen suchen, wie eine Phosphorrückgewinnung am effizientesten und am wirtschaftlichsten in die eigene Kläranlage zu integrieren ist.
Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine seit kurzem bestehende Phosphorrückgewinnungsanlage auf der Kläranlage in Lingen (Ems) zu optimieren. Es handelt sich hierbei um eine Anlage namens „EloPhos“, die von der ELIQUO STULZ GmbH entwickelt wurde.

Das grundsätzliche Funktionsprinzip besteht darin, dass dem ausgefaulten Klärschlamm direkt nach dem Ablauf aus den Faulbehältern in zwei mittels Rezirkulation durchmischten Reaktoren ein Fällmittel (Magnesiumchlorid) zugesetzt wird, wodurch das enthaltene Phosphat zu Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) ausfällt, was dann in Form von Kristallen vorliegt und aufgrund der im Vergleich zum Schlamm höheren Dichte auf die Reaktorsohle absinkt und ausgewaschen wird.

Neben der Rückgewinnung des Phosphors wirkt sich die Anlage außerdem noch positiv auf die Entwässerbarkeit des Schlammes aus und verringert darüber hinaus noch die Emissionen von klimaschädlichem Methangas.

Die Optimierung der Anlage im Rahmen dieser Arbeit konzentrierte sich auf die Kristallabscheidung am Ablauf der Anlage, welche die MAP-Kristalle im Reaktor halten soll, damit diese nicht in die nachfolgende Schlammentwässerung gelangen. Die Abscheidung erfolgt mithilfe eines Hydrozyklons, in dem durch die seitliche Einleitung der Schlamm in eine Drehbewegung versetzt wird, wodurch sich schwerere Bestandteile an den Außenwänden ansammeln und schließlich nach unten absinken, während im Oberlauf die leichteren Bestandteile den Zyklon verlassen.

Da diese Abscheidung jedoch noch keine zufriedenstellende Funktion erfüllte, wurden mehrere Versuche in halbtechnischen Maßstab mit einem speziellen Gegenstromzyklon gefahren, bei dem anstatt einer Querschnittsverjüngung im unteren Segment ein zugeschalteter Gegenstrom die Abscheidung von schwereren Partikeln bewirken sollte. Der Gegenstromzyklon ist in Abbildung 1 zu sehen. Um breit gefächerte Ergebnisse zu erlangen, wurden bei den Versuchen die Zulaufmengen variiert und stellenweise die Abläufe gedrosselt.

Abb. 1: Der Gegenstromzyklon

Die Ergebnisse zeigen hierbei, dass im Vergleich zum vorhandenen Hydrozyklon deutlich höhere Abscheidegrade und Aufkonzentrationen von MAP-Kristallen erreicht werden können, was dafür spräche, den alten Hydrozyklon zu ersetzen. Allerdings sind hierbei noch weitere Aspekte zu beachten, die in der Arbeit erläutert werden.

Zusätzlich wurden zudem die Eigenschaften verschiedener Fällmittel experimentell untersucht. Ziel war hier, einen Vergleich der einzelnen Fällmittel unter nahezu identischen Bedingungen zu schaffen. Im Vergleich zu anderen Fällmitteln, wie beispielsweise Magnesiumoxid, schnitt das bereits in der Anlage eingesetzte Magnesiumchlorid insgesamt unter Berücksichtigung von Fällleistung und generelle Eigenschaften wie Aggregatzustand oder Einsetzbarkeit in der Praxis am besten ab.

101

Untersuchung der normativen und hygienischen Anforderungen für die Netztrennung von Trinkwasser-, Prozesswasser- und Feuerlöschwassernetzen am Beispiel von Industrieunternehmen

Jan Niklas Thiem B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stephan Willers
Datum des Kolloquiums:	27. April 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Gebr. Willers GmbH & Co. KG, Rheine

In Industrieunternehmen ist das Thema Sicherheit eines der zentralen Leitbilder, denn dort gibt es viele Gefahrenquellen. Ein Jeder denkt dabei bestimmt direkt an große Maschinen, sich bewegende Bauteile oder heiße Werk- und Betriebsstoffe.

Doch im produzierenden Gewerbe gibt es weitaus intrigante Gefahrenpotentiale. In die Jahre gekommene Trinkwassernetze, welche meist durch Umnutzungen der Produktion oder geändertes Verbraucherverhalten weder die aktuellen hygienischen noch normativen Anforderungen erfüllen, stellen ein großes Gesundheitsrisiko für die Mitarbeiter im Unternehmen dar.

In dieser Arbeit wurden in einem Beispielobjekt die Missstände bzgl. der Trinkwasserhygiene aufgezeigt und ein Lösungskonzept zur Netztrennung anhand der hygienischen und normativen Vorgaben auf aktuellem Stand erstellt.
Stagnierendes Trinkwasser in zu groß dimensionierten Versorgungsleitungen und Totstecken in Verbindung mit warmen Umgebungstemperaturen bieten Krankheitserregern wie z.B. Legionellen ein ideales Umfeld für Wachstum und Verbreitung. Durch den Einsatz von Dampf- und Sprühnebenanlagen werden diese über die Atemwege der Mitarbeiter unwissentlich aufgenommen.
Berechnungen haben gezeigt, dass die kritische Temperatur des Trinkwassers, ab welcher von einem erhöhten Wachstum von Krankheitserregern auszugehen ist, bereits nach wenigen Stunden erreicht sein kann.

Wird eine Trinkwasser-Installation so betrieben, ist eine Sanierung zwingend durchzuführen. Einen Bestandsschutz gibt es nicht. Auch wenn die Sanierung aufwendig und kostenintensiv ist, steht die Gesundheit der beschäftigten Menschen an erster Stelle. Industriebetriebe werden aufgrund ihrer Größe und Komplexität normativ meist als Sonderbauten mit „nicht häuslichem Gebrauch“ eingestuft, sodass zur Beurteilung des Gefahrenpotentials das komplette, bestehende Trinkwassernetz aufgenommen, analysiert und punktuell sowie gesamtheitlich betrachtet werden muss. Nur unter Einbezug des Nutzerverhaltens und des Brandschutzkonzeptes können die hygienischen, normativen und brandschutztechnischen Anforderungen sichergestellt werden.

Die ursprünglich zusammenhängende Trinkwasserversorgung des Industrieunternehmens wurde in drei Bereiche aufgeteilt.

- Das Feuerlöschwassernetz, welches vom übrigen TW-Netz durch ein Löschwasserübergabestation (LWÜ) hydraulisch getrennt wurde und ausschließlich Wandhydranten Typ F versorgt

- Das Prozesswassernetz, welches die Versorgung mit Trinkwasser im Produktionsprozess für Maschinen und Nebentätigkeiten sicherstellt

- Das Trinkwassernetz zur Versorgung der Bürotrakte und Sanitärbereiche

Eine intensive Zusammenarbeit mit dem Betreiber im Vorfeld und bei der Umsetzung ist für den Erfolg der Sanierungsmaßnahmen von großer Bedeutung.

Eine Sensibilisierung für die Problemstellung bei bei Fachplanern, ausführenden Unternehmen und Betreibern würde nicht nur beim Beispielobjekt, sondern auch nachhaltig eine Verbesserung der Trinkwasserqualität in Industrieunternehmen bewirken.

102

Entwicklung eines Konzeptes zur Wärmeableitung aus dem Verpackungs- und Abfüllbereich einer Brauerei

Gabriel Tietz M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Sören Möller M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	19. Dezember 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Labor:	Labor Haus- und Energietechnik

Die Menschen in Deutschland verbringen einen Großteil des Tages in geschlossen Räumen. Sich dort wohlzufühlen, konzentriert zu arbeiten oder zu lernen, hängt stark von dem Raumklima ab. Zu den Behaglichkeitskriterien für ein angenehmes Raumklima zählen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftqualität. Abhängig vom Außenklima empfinden wir eine Temperatur zwischen 18 °C und 24 °C in Verbindung mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 30-65 % als angenehm. Der CO2-Gehalt sollte 1000 ppm nicht überschreiten, andernfalls wirkt sich die schlechte Luftqualität in Form von Müdigkeit bis hin zu Kopfschmerzen auf den Körper aus. Klimaanlagen versorgen den Raum mit frischer, aufbereiteter Außenluft und können so ein behagliches und gesundes Raumklima gewährleisten. Bei der Wahl des richtigen Systems gibt es vieles zu beachten. Das wichtigste Kriterium ist es, die Anforderungen an das Raumklima zu gewährleisten.

Heute ist es Stand der Technik, die erforderlichen Randbedingungen wie die Heizlast und die Kühllast mittels Softwareunterstützung zu ermitteln. Innere sowie äußere Stofflasten sind projekt- und standortbezogen zu ermitteln.

In dem Verpackungs- und Abfüllbereich einer Brauerei entstehen hohe Wärmelasten. In dieser Bachelorarbeit wurde ein funktionales sowie wirtschaftliches Konzept zur Wärmeableitung dieser Lasten entwickelt. Speziell geht es um den Neubau der Carlsberg-Brauerei in Hamburg. Das Konzept wurde auf Basis der allgemein anerkannten Regeln der Technik erstellt.

Bei der Bearbeitung wurde schnell klar, dass der Wunsch des Bauherrn, ein System ohne den Einsatz von Kältetechnik zu entwickeln, nach deutschen Richtlinien technisch nicht möglich ist. Der Grund dafür ist eine zu hohe Auslegungstemperatur im Sommer. Seit einigen Jahren zählt zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik eine Methode zur dynamischen Kühllastberechnung des amerikanischen Ingenieurverbands ASHRAE. Die dabei verwendeten Wetterdaten basieren im Gegensatz zur VDI 2078, bei der Deutschland in 4 Kühllastzonen unterteilt wird, auf standortbezogene Wetterstationen. Durch die daraus resultierende niedrigere Auslegungstemperatur konnte ich dem Wunsch des Bauherrn nachkommen.

Aufgrund der dennoch geringen Temperaturdifferenz zwischen der Raumlufttemperatur und der Außenlufttemperatur ist für diese Systemvariante (SV 1) ein hoher Volumenstrom erforderlich der, wie sich im Verlauf bewiesen hat, mit ebenso hohen Kosten verbunden ist. Um die Kosten zu senken, wurden zwei weitere Systemvarianten mit dem Einsatz von Kältetechnik ausgearbeitet. Im Vergleich zu Systemvariante 2, bei der mit gekühlter Zuluft die gesamte Halle auf einer vorgegebenen Temperatur gehalten wird, nutzt die dritte Systemvariante das Prinzip der Spotkühlung. Hierbei werden nur die Bereiche mit Anforderungen an die Raumlufttemperatur gekühlt. Im Verlauf der Arbeit wurden die Systemvarianten technisch berechnet, detailliert beschrieben und nach der Annuitätsmethode wirtschaftlich miteinander verglichen.

Für die Berechnungen sowie die Auslegung der Anlagen waren zahlreiche Normen und Richtlinien zu berücksichtigen. Unter Anderem konnte nach der VDI 3802 Blatt 1 der erforderliche Erfassungsluftstrom ermittelt werden, um die aufsteigende Spitzenwärmelast einer Maschine mithilfe von Ablufthauben direkt abzuführen. Letztlich konnte der erforderliche Zuluftvolumenstrom von 480.000 m^3/h (SV 1) auf 100.000 m^3/h (SV 3) gesenkt werden.

Dies spiegelt sich in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wieder. Schon bei den Investitionskosten hebt sich Systemvariante 1 im Vergleich zu den Varianten mit Kältetechnik deutlich ab. Auch in Verbindung mit den Betriebskosten und der daraus resultierenden Gesamtannuität ist ein Verhältnis zwischen Volumenstrom und Kosten erkennbar.

Durch meine Arbeit komme ich zu dem Schluss, dass es bei der Entwicklung eines Konzeptes zur Wärmeableitung durch raumlufttechnische Anlagen sinnvoll ist, Kältetechnik mit einzubeziehen. Des Weiteren können Kosten durch Reduktion des Volumenstroms gesenkt werden. Bei der Kostenermittlung nach der Annuitätsmethode ist die Auswahl der Randbedingungen von großer Bedeutung. Die aktuelle Wirtschaftslage macht dies nicht leicht. In den vergangenen Jahren sind die Zinssätze für Investitionen stark gefallen. Bei den Preisänderungsindizes für kapitalgebundene Kosten, verbrauchsgebundene Kosten, betriebsgebundene Kosten sowie den Kosten für Instandhaltung und Bedienen ist kein lineares Verhalten erkennbar. Das macht es umso wichtiger, standortbezogene und plausible Annahmen zu treffen und diese mit dem Bauherrn abzustimmen. Anhaltspunkte hierfür liefert das statistische Bundesamt (Destatis).

103

Implementierung eines internationalen Kompetenznetzwerkes zur Förderung des Informations- und Wissenstransfers im erweiterten Rahmen des Innovationsprozesses am Beispiel der TECE GmbH

Andreas Tippel M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr. phil. Frank Striewe
Zweitprüfer: Prof. Dr. Markus G. Schwering

Datum des Kolloquiums:

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

Das Ziel der Masterthesis ist ein konzeptioneller Entwurf zur Implementierung eines internationalen Kompetenznetzwerkes am Beispiel der TECE GmbH. Die Überlegung ist die Schaffung eines internationalen Expertennetzwerkes, in dem technisch versierte Kolleginnen und Kollegen aus dem In- und Ausland zusammenkommen und gezielt Informationen und Wissen von außen, also aus den Märkten, in die Zentrale transferieren. Auf Grundlage von standardisierten Interviews und unter Berücksichtigung von unternehmensspezifischen Hintergründen gilt es folgende Forschungsfrage zu beantworten:

„Wie verläuft eine prozesshafte Implementierung eines internationalen Kompetenznetzwerkes in der TECE Unternehmensgruppe und welche Schritte, Maßnahmen sowie Instrumente sind für eine erfolgreiche Umsetzung sinnvoll und hilfreich?“

Zwecks Institutionalisierung wurde ein erstes Konzept zur Initialisierung der Kompetenzteams im Vertrieb entworfen. Es definiert die einzelnen Schritte, die für den Aufbau des Netzwerks von Bedeutung sind. Zur Überprüfung des Konzepts und zum Abgleich der Anforderungen an das Kompetenznetzwerk sowie deren Mitglieder wurden Interviews anhand standardisierter Fragebögen mit den Produktmanagern durchgeführt. Basierend auf dem Konzept und unter Berücksichtigung der Anforderungen aus dem PM haben Kompetenzcluster Meetings stattgefunden. Diese dienten sowohl als Informationsveranstaltung als auch zum Abfragen der Erwartungshaltung auf Seiten der Netzwerk Mitglieder. Im Mai vergangenen Jahres hat anschließend das erste Kompetenznetzwerk in Emsdetten getagt. Die Mitglieder des Netzwerks wurden aus der Zentrale heraus auf Basis von Erfahrungen und Einschätzungen benannt.

Diese qualitative Forschung zeigt, dass die Erwartungshaltung der Mitglieder zu den Anforderungen und Erwartungen des Produktmanagements passen und das Konzept zur Durchführung des Kompetenznetzwerks funktioniert. Das Netzwerk muss in Zukunft weiterentwickelt und ausgebaut werden, um auf effiziente und effektive Weise den unternehmerischen Erfolg von TECE sicher zu stellen. Als Instrument zur weiteren Vernetzung und Förderung des Informations- und Wissens-ransfer kann bspw. eine gemeinsame Onlineplattform aufgebaut werden. Darüber hinaus könnten zukünftig diverse Kreativitätstechniken zur gezielten

Entwicklung von Ideen eingebunden werden. Ebenso ist zu bewerten, wie die Einbindung von Kunden noch intensiver vorgenommen werden kann. Der Aufbau eines systematischen Wissensmanagements innerhalb der TECE Gruppe könnte dies perspektivisch abdecken und leisten.

104

Optimierung der Betriebsweise der dezentralen BHKW- und Kesselanlagen der Stadtwerke Münster

Yannick Ulen B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Marco Fluchtmann
Datum des Kolloquiums:	22. Februar 2019
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
in Kooperation mit:	Stadtwerke Münster

Mit Blick auf die Energiewende und steigende Strompreise gewinnt die dezentrale Stromerzeugung mehr und mehr an Bedeutung. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird eine wichtige Ergänzung zu zentralen Kraftwerken sein. Bei der Erzeugung von Strom entsteht Wärme, die in zentralen Kraftwerken in der Regel als Abwärme verloren geht. Da KWK-Anlagen die Abwärme für die Heizung und die Trinkwassererwärmung nutzen, erreichen sie einen Gesamtwirkungsgrad, der doppelt so hoch ist wie bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden 51 Anlagen aus dem Thermokonzept der Stadtwerke Münster zur Optimierung ausgewählt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Betriebsweise der BHKW- und Kesselanlagen. Dabei werden ausschließlich die Mini-BHKW-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 50 kW in Betracht gezogen. Diese BHKWs sind wärmegeführt und werden mit Erdgas L betrieben.

Aktuell werden die BHKW- und Kesselanlagen der Stadtwerke Münster nicht optimal betrieben, daher soll untersucht werden, woher Wirkungsgradeinbußen und Störungen der Blockheizkraftwerke kommen. Ein Großteil des Erlöses wird durch den vom BHKW erzeugten Strom erwirtschaftet, deshalb sollte eine möglichst lange Laufzeit das Ziel sein.
Für einen Vergleich der Effizienz der Anlagen werden die Wirkungsgrade von gleichen Monaten über die Anlagenlaufzeit miteinander verglichen. Dabei werden verschiedene Anlagen zur Ausarbeitung herangezogen. Mit Hilfe der Gradtagszahl sollen die Wärmemengen des Blockheizkraftwerks und des Heizkessels für die ausgewählten Anlagen miteinander verglichen werden. Zum Schluss wurden noch mehrere Möglichkeiten zur Realisierung einer Fernübertragung von Zählerwerten aufgelistet.

Darauf aufbauend werden praxisrelevante Möglichkeiten zur Steigerung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit der BHKW-Anlagen aufgezeigt. Die Ergebnisse wurden schließlich zu allgemein anwendbaren Handlungsempfehlungen zur Verbesserung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit bestehender BHKW-Anlagen zusammengefasst.

Generell sollten Blockheizkraftwerke als Grundlastwärmeerzeuger für einen Dauerbetrieb bei Nennlast ausgelegt werden, da der vom BHKW erzeugte Strom zum Großteil des Erlöses beiträgt. Um den optimalen Betrieb zu gewährleisten, muss häufiges Takten möglichst vermieden werden. Diese speziellen Anforderungen sind von der Heizungsregelung zukünftig zu berücksichtigen. Die Auslegung eines Blockheizkraftwerks geschieht generell über die Jahresdauerlinie. Um zu vermeiden, dass das Heizwasser im gesamten System so stark erwärmt wird, dass der Überhitzungsschutz des BHKWs auslöst, sollte die maximale Vorlauftemperatur des Heizkessels kleiner als der maximale Vorlauf des BHKW gewählt werden.

Bereits bei der ersten Anlage ließ sich erkennen, dass die Laufzeit des BHKWs deutlich zu niedrig war und auch der thermische Wirkungsgrad nicht stimmen kann, was auf einen menschlichen Fehler bei der Ablesung der Zähler oder eine Störquelle im Inneren der Anlage hinweist. Hauptsächlich lassen sich nur Vermutungen anstellen, da in das Innere der Anlage nicht eingesehen werden kann. Zudem ließ sich feststellen, dass das BHKW in einigen Monaten sehr viele Startversuche und geringe Laufzeiten hatte. Es kann jedoch sein, dass das BHKW zum Erstbezug korrekt ausgelegt wurde und sich im Laufe der Jahre der Wärmebedarf bedingt durch Umbauarbeiten geändert hat.

Überlegenswert ist eine Erweiterung des Contracting-Vertrages, die festlegt, welche Aufbereitungsanlagen und Speicher eingebaut werden dürfen, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Auch die notwendige Transparenz gegenüber mitwirkenden Abteilungen und Dienstleistern sollte gegeben sein, um Missverständnisse auszuschließen oder neue Lösungswege für ein bestehendes Problem zu finden.

Einige Probleme ließen sich aber auch auf einen defekten Rückflussverhinderer zurückführen. Bei einem nicht ordnungsgemäß funktionierenden Rückflussverhinderer könnten theoretisch die Wärmemengen des Heizkessels über den BHKW-Wärmemengenzähler geflossen sein und so die Anlagen-Wirkungsgrade verfälschen. Alles in allem müssten Änderungen an den Anlagen über einen Kontrollzeitraum beobachtet werden, um ein Problem sicherzustellen und dauerhaft zu lösen.

105

Vergleich verschiedener Klimasysteme für ein Hotel

Jasmin Veismann B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Michael Kellinghaus
Datum des Kolloquiums:	25. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

In Bürogebäuden oder in Hotels sind die Anforderungen an die Luftqualität hoch. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass viele Menschen von einer Anlage mit Frischluft versorgt werden müssen. Da jeder Mensch ein anderes Temperaturempfinden hat, kann es dazu kommen, dass in einem Raum eine Temperatur von 24 °C gewünscht ist und im danebenliegenden Raum zum Beispiel eine geringere Temperatur von 20 °C. Das ist über eine Lüftungsanlage schwierig zu regeln, da die Temperaturregelung dort direkt in der Anlage stattfindet. Deshalb sind für eine individuelle Temperaturregelung zusätzliche Klimaanlagen sinnvoll. Mit Klimaanlagen ist die Regelung im Winter und im Sommer verhältnismäßig einfach, da entweder überall gekühlt oder geheizt wird. In den Übergangszeiten hingegen wird es oft schwieriger. So kann der Fall eintreten, dass durch die Sonneneinstrahlung die Südseite eines Gebäudes gekühlt und die Nordseite geheizt werden muss, um angenehme Temperaturen zu generieren.

Eine Lösung für diese Anforderung ist die VRF-Technik. VRF steht dabei für Variable Refrigerant Flow (variabel geregelter Kältemittelfluss). Dabei werden Innengeräte, die in den einzelnen Räumen installiert sind, von einem Außengerät (Wärmepumpe), je nach Bedarf des Raumnutzers, mit Kälte oder Wärme versorgt. Bei einigen Ausführungsarten ist es möglich, dass jeder Raum individuell gekühlt oder beheizt werden kann.

Der Auftragsbestand der MBN Bau AG ist im Bereich Hotelbau und Bürogebäuden hoch. Damit gegenüber Kunden in zukünftigen Projekten, sowohl die wirtschaftlichen, als auch die technischen Vor- und Nachteile verschiedener VRF-Systeme dargestellt werden können, werden die Systeme in der Arbeit verglichen.

Der Vergleich beinhaltet die theoretischen Grundlagen. Dazu gehören die Lüftungstechnik und die Kältetechnik. Auf diesen Grundlagen aufbauend, wird die Wärmepumpe erklärt. Im Anschluss werden drei verschiedene VRF-Systeme vorgestellt und verglichen. Diese Systeme sind das Y-System, das R2-System und das Hybrid VRF-System von Mitsubishi Electric. Das Y-System und das R2-System sind kältemittelgeführte Systeme. Bei dem HVRF-System wurde ein kältemittelgeführtes mit einem wasserführten System kombiniert. Der Vergleich bezieht sich auf die technischen Vor- und Nachteile der Systeme, sowie auf die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten.

Ziel der Arbeit war es, durch eine Gegenüberstellung verschiedener Systeme, das geeignetste System für ein Hotel und Bürogebäude zu ermitteln.

In der Arbeit hat sich herausgestellt, dass das HVRF-System in Zukunft als beste Option empfohlen werden sollte. Der größte Vorteil ist die deutlich geringere Kältemittelmenge, die benötigt wird. Das kommt insbesondere der Umwelt zu Gute. Auf Grund der F-Gase Verordnung ist es zusätzlich sinnvoll, zukünftig Systeme mit einer niedrigeren Kältemittelmenge zu nutzen. In diesem Punkt ist das HVRF-System dem R2-System deutlich vorzuziehen, da es trotz der Quotenregelung der F-Gase Verordnung auch nach 2030 möglich sein wird, dieses System mit dem Kältemittel R410 A weiter zu betreiben.

Darüber hinaus werden bei dem HVRF-System weniger Außengeräte benötigt. Das führt zu Platzersparnis auf dem Dach oder im Außenbereich. Außerdem ist das wassergeführte System im Bereich der Hotelzimmer geräuschärmer als die kältemittelgeführten Systeme, da dort keine Einspritzventile verwendet werden.

Nachteilig bei diesem System ist, dass die Rohrdurchmesser größer sind und auch die HVRF BC-Controller größer sind als die des R2-Systems. Einen höheren Komfort bringt sowohl das HVRF-System, als auch das R2-System, im Gegensatz zum Y-System, mit sich. Insbesondere für den Nutzer ist es möglich ganz individuell die Temperatur zu regeln.

Darüber hinaus ist ein großer Vorteil der Systeme die Energieverschiebung. Auf Grund der geringeren Menge an Kältemittel, die eingesetzt werden muss, ist das HVRF-System dem R2-System vorzuziehen. Geht es dem Kunden nur um den Kostenfaktor, sollte dieser das R2-System wählen, da es sowohl in der Anschaffung, als auch im Betrieb günstiger ist. Da die Gesamtkosten pro Jahr bei dem R2-System nur geringfügig niedriger sind, als bei dem HVRF-System, sollten den anderen Vorteile des HVRF-Systems mehr beachtet werden.

Das Y-System ist durch den geringeren Komfort und die höheren Gesamtkosten am ungeeignetsten. Der einzige Vorteil ist die Platzersparnis durch die deutlich geringeren Leitungslängen und -mengen.

Es wird auch in Zukunft schwierig den Kunden von einem System zu überzeugen, das in der Investition deutlich teurer ist. Besonders große Probleme treten auf, wenn der Investor nicht der Betreiber des Gebäudes ist. Den Investor interessieren meistens nur niedrige Investitionskosten, da die Betriebskosten auf den Betreiber zurückfallen. Durch diesen Vergleich ist es jedoch möglich, den Investor von dem HVRF-System zu überzeugen.

106

Analysen zur Anwendung der VDI 3805 im Produktinformationssystem der GFR mbH

Dominik Vogt B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Steffen Eckardt
Datum des Kolloquiums:	10. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude-, und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	GFR - Gesellschaft für Regelungstechnik und Energieeinsparung mbH

Im Zuge der Digitalisierung stehen die bisherigen Geschäftsprozesse unter disruptiven Veränderungen, denn über intelligente Netze (Cloud-Computing) können immer umfassendere IT-Infrastrukturen und Dienste bereitgestellt werden.
Dadurch verschmelzen die physikalische und virtuelle Welt zu sogenannten Cyber-Physical Systems. Insbesondere durch das Internet der Dinge bzw. Internet of Things (IoT) und Big Data findet ein branchenübergreifender Wandel von Prozessen und Absatzwegen statt, die große Wachstums- und Effizienzpotentiale versprechen.

Die Digitalisierung wird in der Branche der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) über die Building Information Modeling (BIM) Methodik umgesetzt. Da dieses Thema immer mehr Anklang findet, analysiert die Bachelorarbeit Umsetzungsstrategien für die Gesellschaft für Regelungstechnik und Energieeinsparung mbH (GFR mbH). Im Fokus stehen die Voraussetzungen eines Herstellers, um die digitale Verfügbarkeit der Produktinformationen zu gewährleisten. Ausgangspunkt ist die bestehende Richtlinie vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) mit der Bezeichnung VDI 3805. Diese beschreibt den Produktdatenaustausch in der TGA.

Um ein gewerkeübergreifendes BIM-Modell eines Gebäudes erstellen zu können, müssen die einzubringenden Komponenten der verschiedenen Hersteller digitalisiert darstellbar sein. Dadurch können bereits virtuelle Kollisionsprüfungen von Bauteilen und Leitungen durchgeführt werden. Hinsichtlich dieser Funktionen bekommen die Geräte einen Montageort und Medienanschlüsse zugewiesen, wodurch eine ganzheitliche Systembetrachtung ermöglicht wird.
Um die Voraussetzungen der BIM-Methodik zu schaffen, müssen die Produktdaten von den Herstellern klassifiziert werden. Dies wird durch den Aufbau einer einheitlichen Semantik geschaffen und dient der vernetzten Kommunikation von internen wie auch externen Geschäftsprozessen.

Eine Betrachtung der theoretischen Grundlage, im Bereich des elektronischen Produktdatenaustausches in der TGA, bezieht sich auf die entsprechende VDI Richtlinie 3805. Darauf basierend erfolgt eine grundlegende Einschätzung der Arbeitsmethodik BIM, insbesondere hinsichtlich der digitalen und schnittstel-

lenübergreifenden Datenaustauschformate. Im Anschluss wird das bestehende „Product Information Management-System“ (PIM-System) der GFR mbH analysiert.

Es werden Beschreibungen dargestellt, die zur Umsetzung eines neuen Klassifikationsstandards in der Produktdatenbank der GFR mbH dienen. Dieser gewährleistet eine Bereitstellung der Produktdaten über die Softwaregrenze hinaus. Den Abschluss bildet eine Analyse zum Austausch zwischen dem PIM-System, den Lieferantendaten und dem zu erstellenden VDI 3805 Datensatz. Anschließend erfolgt eine theoretische Betrachtung der Wandlung der Prozesse der GFR mbH im Hinblick auf den Einzug der fortschreitenden Digitalisierung. Im Detail wird die ist-Situation der Abwicklung eines Projektauftrages begutachtet und mit zukünftig möglichen Prozessen verglichen.

Diese Analyse der bestehenden marktüblichen Klassifizierungssysteme ergab, dass die gängigen Strukturen in die Produktdatenbank der GFR mbH implementierbar sind, sodass ein Schritt in die Digitalisierung möglich ist. Die Klassifizierung nach der VDI 3805, ist im Zuge dieser Ausarbeitung anhand einer Beispieldatei im Produktinformationsmanagement-System dargestellt worden.
Die systemübergreifende Kommunikation konnte anhand der Klassifizierung durchgeführt werden, sodass die Produktdaten untereinander digital ausgetauscht werden können. Das Angebot der GFR mbH kann aufgrund der VDI 3805 durch elektronisch verfügbare Produkte und deren Informationen erweitert werden. Dies könnte dem Planer die Projektierungsphase erleichtern, indem herstellergenaue Objekte benutzt werden können. Infolgedessen ist eine Vergabe an die GFR mbH wahrscheinlicher.

Marketingtechnisch können die dreidimensionalen Produkte kundenwirksam platziert werden. Zusätzlich bietet die genormte Struktur im PIM-System einen erleichterten Austausch mit anderen Plattformen an. Festzuhalten ist, dass die VDI 3805 eine geeignete Klassifizierung für die GFR mbH darstellt, da diese seit Jahren in der TGA-Branche etabliert ist und die entsprechenden Komponenten zukünftig in produktspezifischen Blättern charakterisiert werden.

107

Optimierung einer Feinseparation für die Aufbereitung von Güllen und Gärresten

Lukas Wettwer M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Elmar Brügging
Datum des Kolloquiums:	14. Dezember 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Umwelttechnik
Labor:	Labor Umwelttechnik
in Kooperation mit:	BETEBE GmbH, Vreden

Die Aufbereitung von Güllen und Gärresten zur Rückgewinnung von Nährstoffen, insbesondere von Phosphor, ist erforderlich, um die Nährstoffüberschüsse der viehveredelungsstarken Regionen in Deutschland wirtschaftlich umverteilen zu können. Der hohe Anfall an Wirtschaftsdüngern wird durch die Novellierung der Düngeverordnung zusätzlich verschärft. Das Ziel dieser Arbeit war es, das Anwendungsspektrum des Separators zu erweitern und eine Effizienzsteigerung in den Bereichen Verschleiß, Wartungsaufwand, Strombedarf und Betriebsstabilität zu generieren. Darüber hinaus sollte ein Konzept zur weiteren Aufbereitung der flüssigen Phase nach der Separation entworfen werden.

Separationstechniken sind darauf spezialisiert, das zu behandelnde Eingangssubstrat in eine feste und eine flüssige Phase aufzuteilen. Es gibt verschiedene Techniken, die sich bereits in der Praxis bewährt haben. Hierzu gehören beispielsweise Pressschnecken, Dekanterzentrifugen oder Bandfilterpressen. Diese Techniken haben Durchsätze im Bereich von 4 – 100 m^3/h und Phosphorabscheidegrade zwischen 20 % und 80 %. Die Investitionskosten für diese Technologien sind mit deutlich über 25.000 € anzusetzen.

Die Separationstechnologie, die in dieser Arbeit optimiert und erweitert wurde, ist ein kontinuierlich betriebenes Kleinanlagensystem, das zur Separation von Wirtschaftsdüngern eingesetzt wird. Die Basis dieser Anlage (VakuSep) ist eine Feinfiltration mit einem Wendelfilter, die eine Separation im Bereich von 100 µm bis 400 µm realisiert.

Die Optimierung und Erweiterung des Anwendungsspektrums des VakuSep waren das erklärte Ziel dieser Arbeit. Um den erhöhten Anforderungen an die Separation von faserhaltigeren Wirtschaftsdüngern gerecht zu werden, wurden Versuchsreihen im Bereich der Grobseparation, Störstoffabscheidung und Feinseparation durchgeführt.

Die Ergebnisse der Versuche ergaben, dass eine Separation von Rindergülle aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar ist. Die Separation von Gärresten hingegen kann ohne vorgeschaltete Techniken direkt mit dem VakuSep durchgeführt werden. Im Laufe der Arbeit wurde eine Reihe an Optimierungen durchgeführt, wovon nachfolgend die wichtigsten aufgelistet sind:

- Verbesserung der Abscheidegrade durch die Auswahl des 100 µm Siebes
- Verlängerung der Laufzeit der Siebe von 2.000 auf bis zu 3.000 Stunden durch die Modifizierung des Siebkorbes
- Senkung der Materialkosten und des Wartungsbedarfs und die Generierung höherer Durchsätze und Abscheidegrade durch den Austausch der Vakuumpumpe gegen eine Seitenkanalpumpe
- Verbesserung der Abscheidegrade und Durchsätze bei geringerem Strombedarf durch den Einsatz von 3-zügigen Wendeln
- Verlängerung der Laufzeit der Abstreifflippen von 200 auf bis zu 1.300 Stunden durch diverse Optimierungen

Im Vergleich mit den in der Praxis bereits bewährten Separationstechnologien stellt sich der VakuSep mit einem Durchsatz von ca. 2 m^3/h, einer Phosphorabscheidung von bis zu 50 % und Investitionskosten von 25.000 € als konkurrenzfähig dar. Darüber hinaus ergab die wirtschaftliche Betrachtung des VakuSep, dass eine Separation bei einer Auslastung der Anlage von 60 % (Durchsatz: 10.000 m^3/a) mit 1,16 €/m^3 anzusetzen ist.

Die Entwicklung eines Konzepts, um das anfallende Filtrat des VakuSep weiter aufzubereiten, war ein weiteres Ziel dieser Arbeit. (s. Abb. 1)

Dieses wurde über Versuchsreihen im Bereich der Flockung mit biologisch abbaubaren Flockungsmitteln entwickelt. Die Ergebnisse der Flockungsversuche wiesen Abscheidegrade für Phosphor bei Schweinegülle von 85 % und bei Gärresten von 100 % auf. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde die Entwicklung eines Konzepts für eine nachgelagerte Reinigungsstufe realisiert.

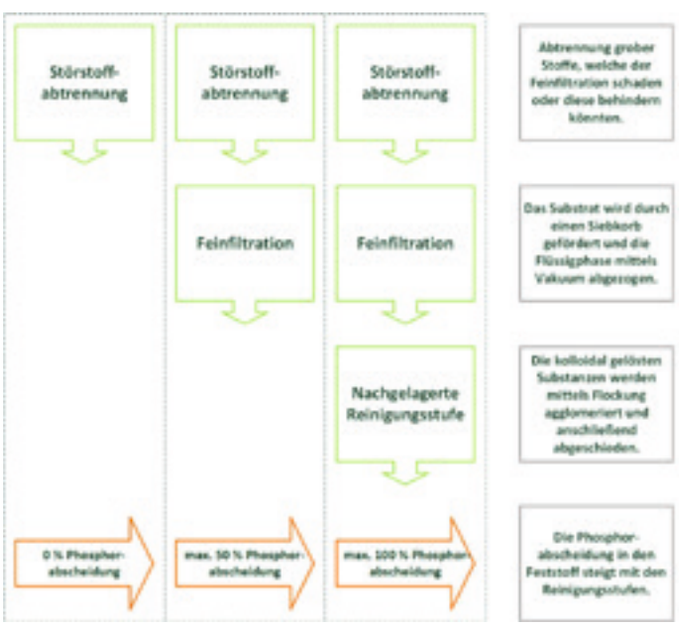


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer möglichen Vollseparation von Gärresten mit dem VakuSep und anschließender Flockung in der nachgelagerten Reinigungsstufe

Der VakuSep konnte in dieser Arbeit für den Einsatz bei der Gärrestaufbereitung erfolgreich optimiert werden. Eine deutliche Reduzierung des Wartungsaufwands und über den gesamten Verlauf der Arbeit kontinuierlich gesenkte Verschleißkosten sind in Kombination mit einer Aufkonzentration des Phosphors auf über 50 % bei einem Durchsatz von 2 m^3/h und einem Strombedarf von 1 kWh/m^3 erkennbare Verbesserungen. Die vorliegende Arbeit hat außerdem gezeigt, dass ein Konzept zur weiteren Aufbereitung entwickelt werden konnte.

108

Development of a method to predict the achievable dry matter content by using a screw press

Damian Wevelsiep B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Isabelle Franzen-Reuter
Datum des Kolloquiums:	5. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Nijhuis Industries, Doetinchem (NL)

Wastewater treatment in European countries produces more than 9.2 million tons of dry matter sludge per year, which is disposed of at high costs for the operators. A method to decrease these costs is to reduce the volume of the sludge by separating the water from the sludge.

Nijhuis Industries is a dutch company offering mechanical processes that reduce the volume of sludge by separating the sludge water. This thesis deals with a question concerning the mechanical dewatering of the screw press. The basic principle of screw presses is the continuous transport of sludge through a cylindrical filter basket using a rotating screw shaft. During the transport of sludge, forces in the screw press act on the sludge due to the mechanical design. The forces press the sludge water through the filter basket.

The aim of this thesis is to develop a laboratory method that can predict the achievable dry matter content by using a Nijhuis Industries screw press. To meet this goal, a thorough literature research was carried out. The water in sludge can be classified into two types. The free water type and the bound water type. Only the free water can be removed by the screw press, because contrary the bound water, it is not bound to sludge particles by forces. The method constructed within the framework of this thesis is based on the theory of being able to measure bound water by removing the free water. For this purpose, a piston is lowered onto the pre-treated sludge sample by air pressure and the pressure is increased. The free water is pressed through a filter medium. A part of the designed method is shown in Figure 1.

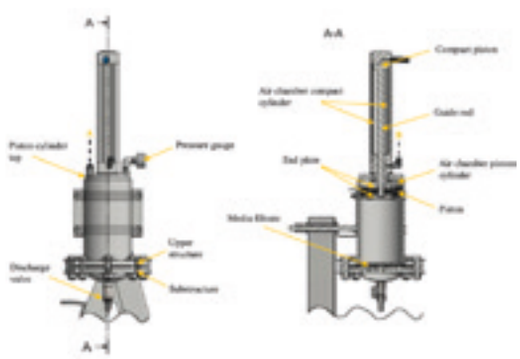


Figure 1: Expression test

The tests with the developed laboratory method yield higher dry matters than with the screw press, so that further investigations beyond this thesis are necessary in order to check whether the goal can be achieved or not. Nevertheless, the first important steps have been taken and trend-setting results have been achieved.

109

Anforderungen an Pumpen in verschiedenen hydraulischen Kreisen einer Heizungsanlage am Beispiel des Application Data Sheet von WILO

Wiebke Wibbeling B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Jörg Keller
Datum des Kolloquiums:	27. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Heizungstechnik
In Kooperation mit:	WILO SE in Dortmund

Bei WILO gibt es immer wieder Fragen zu den Anforderungen von Pumpen in verschiedenen hydraulischen Kreisen in einer Heizungsanlage. Diese treten in den Projekten, zwischen den Kunden, dem Vertrieb, der Entwicklung und dem Produktmanagement auf.

Das Application Data Sheet soll eine gemeinsame Verständnisbasis für die verschiedenen Bereiche schaffen. Die Anwendungsfragen werden im Projekt immer wieder diskutiert. Über das Application Data Sheet werden diese Fragen nun anwendungsbezogen generalisiert beantwortet.

Die WILO SE wurde 1872 als Kupfer- und Messingwarenfabrik in Dortmund von Caspar Ludwig Opländer ‚genannt Louis, gegründete. Die WILO SE ist ein Europäische Aktiengesellschaft und einer der weltweit führenden Hersteller von Pumpen und Pumpensystemen im Hightech-Bereich mit über 60 Produktions- und Vertriebsgesellschaften und mehr als 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf der ganzen Welt.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Anforderungen an Pumpen in verschiedenen hydraulischen Kreisen einer Heizungsanlage zu untersuchen. Es wurden die hydraulischen Kreise Erzeugerkreis, Verteilkreis und Verbraucherkreis genauer betrachtet und ein Application Data Sheet wurde für jeden hydraulischen Kreis erstellt. Dafür mussten die Grundlagen dieser drei hydraulischen Kreise erarbeitet werden. Am Beispiel von drei verschiedenen Wärmeerzeugertypen, sowie für die Verbraucherkreise Heizkörperheizung und Fußbodenheizung wurde je eine Pumpe ausgelegt. Die Ergebnisse der hydraulischen Anforderungen der Pumpen wurden verglichen und die Unterschiede in verschiedenen hydraulischen Kreisen einer Heizungsanlage wurden aufgezeigt.

110

Technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung des Einsatzes von KWK-Systemen zur Optimierung der Energieeffizienz im Freizeitbad Nass in Arnsberg

Stefan Wiemschulte M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Jens Willmes M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	20. Juli 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Im Rahmen meiner Masterarbeit wurde der Einsatz von verschiedenen KWK-Systemen zur Optimierung der Energieeffizienz im Schwimmbad Nass in Arnsberg betrachtet. Es erfolgte eine technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung. Neben dem Einsatz eines Organic-Rankine-Cycles (kurz: ORC) zur Nutzung der Wärme aus der vorhandenen geothermischen Tiefenbohrung, wurden mit Erdgas und alternativ mit Holz betriebene BHKW-Anlagen untersucht. Das gesetzte Ziel dieser Arbeit war es, dem Betreiber mögliche Potentiale zu offenbaren und ihm zugleich konkrete Entscheidungshilfen für zukünftige Investitionen aufzuzeigen.

Für das Jahrbuch werden nicht die projektspezifischen Untersuchungen detailliert erläutert, anstatt dessen werden im Folgenden Erkenntnisse und der gewählte Ansatz zur Bewertung der KWK-Systeme geteilt:

- Grundlegend für den Einsatz eines ORC sind die vorhanden Systemtemperaturen der Geothermie. Vor dem Hintergrund, dass die Gebäudeleittechnik zu niedrige primärseitige Vorlauftemperaturen offenbart hat, besteht am Schwimmbad Nass kein Potential.

- Die Dimensionierung der optimalsten KWK-Leistung bedarf einer individuellen und detaillierten Betrachtung.

Dazu wurden im Rahmen einer Vorauswahl potentiell wirtschaftliche BHKW-Anlagen ausgewählt, die mindesten 5.000 Vollbenutzungsstunden erreichen. Für die potentiellen Leistungsklassen wurden Angebote bei verschiedenen Herstellern eingeholt. Anhand der zugehörigen technischen Daten konnten im weiteren Verlauf die Eigenschaften der jeweiligen Varianten berücksichtigt werden. Zusammen mit den vorliegenden historischen, stündlichen Energieverbräuchen wurde dann der ganzjährige Betrieb für die ausgewählten BHWK-Anlagen einzeln simuliert. Die Simulation hat wichtige Erkenntnisse über den Brennstoffbedarf, die Anzahl an Betriebsstunden sowie die Wärme- und Stromerträge ergeben. Bei den Stromerträgen konnte zusätzlich zwischen dem Eigenverbrauch und der Netzeinspeisung unterschieden werden. Die Ergebnisse einer solchen Simulation bieten eine Grundlage für eine annähernd realistische ökologische und wirtschaftliche Bewertung der Varianten.

- Die Investitions- und Wartungskosten von mit Biomasse betriebenen Anlagen sind fast doppelt so hoch wie für die mit Erdgas befeuerten Anlagen.

- Zur Kompensation der höheren Investitions- und Wartungskosten der Biomasse-Anlagen bedarf es niedrigerer Brennstoffkosten. Vermutlich ist der Einsatz in holzverarbeitenden Unternehmen, die günstigere Beschaffungskosten für den Brennstoff Holz besitzen, der typische Einsatzort für solche Anlagen.

- Für den Vergleich von KWK-Varianten ist es zu empfehlen, neben der Amortisationszeit, auch die zusätzlich mögliche Einsparung nach der Amortisation zu betrachten. Eine höhere Investition und eine spätere Amortisation, kann trotzdem mit einem größeren wirtschaftlichen Vorteil verbunden sein. Zur Bewertung dieser Sachlage wurde im Rahmen der Arbeit ein Verhältnis zwischen Investitionssumme und zusätzlicher Einsparung nach der Amortisation bis zum 10. Betriebsjahr betrachtet.

- Aus ökologischer Sicht ermöglichen alle in Betracht gezogenen Varianten eine Einsparung der CO2-Emissionen. Das größte Einsparpotential bieten die mit Biomasse betriebenen Anlagen, da Holzhackschnitzel und Holzpellets nur einen geringen Emissionsfaktor besitzen. Erdgas betriebene Anlagen bieten hauptsächlich den Vorteil, den Bezug von CO2 belastetem Strom aus dem Netz zu vermeiden.

- Der Einsatz einer KWK-Anlage ermöglicht bei der Eigenversorgung die maximale Strombezugsleistung der Liegenschaft zu senken. Mit der Senkung des sogenannten Peaks, muss der Stromversorger nicht mehr die sonst benötigte hohe elektrische Leistung vorhalten. In diesem Zusammenhang besteht zusätzlich das Potential, die Kosten für den zu zahlenden Leistungspreis zu senken

111

Konzepte zur effizienten Energieeinsparung und nachhaltigen Energiebereitstellung von denkmalgeschützten Gebäuden

Patrick Wierling M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Florian Altendorfner
Zweitprüfer:	Hendrik Fedtke, M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	16. Januar 2019
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik

Im Rahmen eines integrierten energetischen Quartierskonzeptes nach dem KfW-Förderprogramm 432, wurde das Jugendhaus Hardehausen sowie die katholische Landvolkshochschule Anton Heinen in der Stadt Warburg untersucht. Die denkmalgeschützten Gebäude in diesem Quartier, werden ausschließlich über heizölbefeuerte Niedertemperaturkessel mit Wärme versorgt. Der wärmeverursachte CO2-Ausstoß beträgt dabei rund 1.200 Tonnen. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen, war es der Geschäftsführung Anlass ein solches Quartierskonzept zu erstellen, wobei Möglichkeiten aufgezeigt werden sollen, diese Treibhausgasemissionen zu verringern bzw. ganz zu vermeiden.

Da es sich um eine Einrichtung in der Trägerschaft des katholischen Erzbistums Paderborn handelt, liegt der Fokus der Geschäftsführung unter anderem auf der Bewahrung der Schöpfung. Dies bedeutet, dass der Energieträger Heizöl unter ökologischen Aspekten in Zukunft durch Erneuerbare Energien ersetzt werden muss. Damit das Jugendhaus und die Landvolkshochschule auch in der Zukunft wettbewerbsfähig bleibt, waren ferner auch die wirtschaftlichen Aspekte von zentraler Bedeutung und daher nicht zu vernachlässigen.

Im Rahmen der Arbeit wurden Möglichkeiten und Chancen zur Effizienzsteigerung der gesamten Liegenschaft untersucht. Da die Gebäude aus dem 17. und 18. Jahrhundert stammen, ist an vielen Stellen keine Dämmung vorhanden. Weiterhin steht der Großteil der Gebäude unter Denkmalschutz, was bedeutet, dass eine bauliche Veränderung an der Gebäudehülle oder sonstige bauliche Veränderungen, die den Baukörper betreffen, einer Genehmigung der zuständigen Denkmalschutzbehörde bedürfen.

Im Verlauf der Arbeit hat sich gezeigt, dass die Möglichkeiten zur Reduzierung des Nutzenergiebedarfes in den Gebäuden aufgrund der denkmalschutzrechtlichen Bestimmungen, als gering einzustufen sind. Daher wurde der Fokus auf die effiziente Wärmebereitstellung gelegt. Dafür wurde zunächst die Fortführung der dezentralen Wärmeversorgung durch alternative Brennstoffe untersucht. Da dies jedoch keine Vorteile ergab und aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht umgesetzt werden kann, wurde anschließend eine Variante zur zentralen Wärmebereitstellung erarbeitet. Dabei hat sich herausgestellt, dass dies vom Investitionsaufwand zwar die teuerste Variante ist, langfristig gesehen jedoch die meisten Vorteile bietet.

Zusammenfassend konnte als Ergebnis festgehalten werden, dass das Zusammenspiel aus Denkmalschutz und Energieeffizienz für die Zukunft noch viel Ausbaupotenzial bietet. Es sind eine Vielzahl von Abwägungen zu treffen, die zwangsläufig zu Kompromissen auf beiden Seiten führen werden, denn denkmalgeschützte Gebäude können nur langfristig betrieben werden, wenn sie mit dem Komfort und der Wirtschaftlichkeit moderner Gebäude mithalten können.

112

Energetische Optimierung des Familienbades Niederheid unter wirtschaftlichen Aspekten

Jan Winning B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing Toivo Schönborn
Datum des Kolloquiums:	31. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Vertiefungsrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Bädergesellschaft Düsseldorf mbH

Das Familienbad Niederheid ist eines der 19 städtischen Bäder in Düsseldorf, die durch die Bädergesellschaft Düsseldorf mbH betrieben werden. Der Betrieb der Schwimmbäder ist ein Verlustgeschäft, da jeder Badegast mehr Geld kostet als er für den Eintritt bezahlt. Für eine solidere Aufstellung gilt es also, die Einnahmen zu erhöhen oder die Kosten zu reduzieren.

Genau hier sollte diese Arbeit ansetzen und die folgende Fragestellung beantworten:

- Wie kann das Familienbad Niederheid wirtschaftlich und energetisch optimiert werden?

Eine Anhebung der Eintrittspreise stellt keine realistische Option dar, da die Eintrittspreise sozialverträglich sein sollen.
Es bleibt also zu untersuchen:

- Welche Neuerungen in der Schwimmbadtechnik gibt es, durch die sich der Energieverbrauch verringern kann? Welche alternativen Energiequellen kommen in Frage?

Um langfristig gegen steigende fossile Energieträger bestehen zu können, gilt es zum einen neue regenerative Energiequellen zu erschließen und zum anderen den Energiebedarf zu senken. Für das Familienbad Niederheid wurde in diesem Zuge eine Potenzialanalyse für den Strombezug durch eine Photovoltaikanlage erstellt. In Bezug auf die Energieeinsparungsmöglichkeiten wurden neue Pumpen- und Saunatechnologien vorgestellt und einer Wirtschaftlichkeitsrechnung unterzogen. Zudem wurden Fehlauslegungen und deren Auswirkungen beleuchtet.

Die Idee, ein Schwimmbad auf Energieeinsparungsmöglichkeiten hin zu untersuchen, ist nicht neu. Das Ingenieurbüro INCO GmbH hat sich bereits ausgiebig mit dieser Thematik beschäftigt. So wurden die Carolus Thermen Aachen auf Energiesparmaßnahmen, zwei Bäder in Köln hinsichtlich der Verbesserung der Stromeffizienz und das Familienbad Niederheid in Bezug auf die energetische Auswirkung der Beckenwassertemperatur untersucht.

In Bezug auf die Energiequellen und Energiesenken wurde zunächst ein Überblick über den Stand der Technik geschaffen. Als zweites folgte die Vorstellung der eingesetzten Technik, die im Anschluss mit dem Stand der Technik verglichen wurde. Mithilfe von Wirtschaftlichkeitsrechnungen konnten Handlungsempfehlungen bestimmt werden.

Die Analyse hat gezeigt, dass das Familienbad Niederheid zum einen durch die Einrichtung einer Photovoltaikanlage und zum anderen durch den Einsatz neuer Pumpen und die Umrüstung auf Gas für die Aufgusssauna wirtschaftlich optimiert werden könnte. Messungen haben zudem ergeben, dass sowohl bei der Nachtabsenkung als auch bei den Auslegungspunkten für die Pumpen eines Wasserkreislaufes Optimierungsbedarf herrscht.

Bezüglich der Neuerungen gibt es beispielsweise komplett beschichtete Kreiselpumpen für den Einsatz in den Wasserkreisläufen von Schwimmbädern. Diese Beschichtung sorgt aufgrund der viel niedrigeren Reibung für eine Verringerung der Druckverluste. Außerdem ist diese Beschichtung resistent gegen das aggressive Beckenwasser. Somit wird auch eine Oxidation verhindert, mit der viele Badewasserpumpen zu kämpfen haben. Der Einsatz von Permanentmagnetmotoren gehört ebenfalls dazu. Diese zeichnen sich durch höhere Wirkungsgrade aus. Bei diesen Motoren wird das Magnetfeld des Stators nicht durch eine Erregerwicklung, sondern durch einen Magneten erzeugt.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Familienbad Niederheid über Energieeinsparpotentiale verfügt. Voraussetzung für die Umsetzung der erarbeiteten Ergebnisse ist die Bereitschaft der Bädergesellschaft Düsseldorf mbH zur Investition in neue Technologien.

113

Erzeugung von tierischem Protein aus Reststoffen der Biogasproduktion

Tim Wissel B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. oec.troph. Guido Ritter
Datum des Kolloquiums:	26. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Institut für nachhaltige Ernährung (iSuN), FH Münster

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden die Einsatzmöglichkeiten von Insekten auf Reststoffen der Biogasproduktion zur Erzeugung von tierischem Protein untersucht.

Die Produktion von Biogas stellt in Deutschland ein wichtiges Standbein für die Erzeugung erneuerbaren Stromes und Wärme dar. Durch Ausschreibungsverfahren nach Ablaufen der EEG-Förderung sinken die Förderungen pro erzeugter kWh. Dadurch wird die Rentabilität vieler Anlagen gefährdet. Eine mögliche Folge ist die Einstellung der Produktion von Biogas durch diese Anlagen. Dies ist besonders kritisch zu sehen, da damit die einzige Form erneuerbarer Energien reduziert wird, die grundlastfähig ist, flexibel eingesetzt werden kann und deren Gas durch bereitstehende Infrastrukturen in großen Mengen gespeichert und transportiert werden kann, sodass Schwankungen zwischen Angebot und Nachfrage ausgeglichen werden können.

Um dieser Problematik entgegenzusteuern, wurden theoretische und praktische Überlegungen angestellt, inwieweit die Larven der Hermetia illucens (Soldatenfliege) in der Lage sind die düngebegrenzenden Nährstoffe aus dem Gärrest einer Biogasanlage zu verringern. Durch eine Verringerung der Nährstoffe könnten kostenintensive Entsorgungsfahrten verringert werden.

Es bestünde darüberhinausgehend der Vorteil die Larven aufgrund ihrer hohen Protein- und Fettgehalte als Futtermittel an die Tierveredelung zu verkaufen. Die Insekten könnten die Nährstoffe aufnehmen und einlagern und die organischen Anteile durch Stoffwechselaktivitäten zu Fetten und tierischen Proteinen umwandeln. Dieses regional erzeugte tierische Eiweiß wäre in der Lage das importierte pflanzliche Eiweiß zu substituieren. Somit könnten die Importmengen an pflanzlichen Eiweißen reduziert werden.

Die am 01.07.2017 geänderte EU-Verordnung 2017/893 konkretisiert die rechtlichen Rahmenbedingungen der Nutzung von Insekten. Mit ihr wurden die rechtlichen Voraussetzungen für die Verwendung von verarbeitetem tierischen Protein aus Nutzinsekten als Futtermittel für die Aquakultur geschaffen. Insgesamt sieben verschiedene Insektenarten wurden für die Verfütterung in verarbeiteter Form zugelassen, darunter auch die Soldatenfliege (Hermetia illucens) und die

Stubenfliege (Musca domestica). Aufgrund der Definition der Insekten als Nutztiere unterliegen die für die Fischzucht gezüchteten Insekten den gleichen Futtermittelvorgaben wie andere Nutztiere. Demnach ist die Fütterung der Insekten mit Wiederkäuer-Proteinen oder vielversprechenden organischen Reststoffen wie Gülle, Mist und Speiseabfällen weiterhin verboten.

Der praktische Versuchteil steht im Mittelpunkt der Arbeit. Ziel war die Untersuchung, inwieweit die Larven in der Lage sind Nährstoffe aus dem Gärrestsubstrat aufzunehmen und die Beurteilung der Larven hinsichtlich ihrer Eignung als Futtermittel. Die Ergebnisse sollen mit den Aufzeichnungen aus der Aufzucht von Insektenlarven mithilfe eines optimalen Futtersubstrates in Form einer Sechskornflockenmischung verglichen werden. Um den Erfolg des Versuchs zu beurteilen, wurden einerseits die Wachstumsraten der Larven auf den verschiedenen Substraten miteinander verglichen und andererseits die Ergebnisse der Nährstoff-, Schwermetall- und Futtermittelanalysen verglichen und ausgewertet.

Anhand der Analysen konnten eine Reihe an Erkenntnissen gewonnen werden. Es wurde deutlich, dass die Larven in der Lage sind, die düngebegrenzenden Nähstoffe anzureichern. Darunter fallen beispielhaft die Nährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kalium, die durch die Düngemittelverordnung reglementiert werden, mit Ausnahme des Ammoniums. Die Hermetia illucens scheint insbesondere fähig zu sein Calcium zu akkumulieren. Ebenfalls wurden Schwermetalle zur Nutzung als Futtermittel in unzulässigen Mengen angereichert. Des Weiteren zeigen die erhöhten Protein- und Fettgehalte der Larven des Vergleichsubstrates das generelle Potential der Larven als Futtermittel auf.

Die enthaltende Energiemenge des Gärrestes oder dessen Zusammensetzung scheint für die Larven der Hermetia illucens jedoch nicht ausreichend zu sein, um ein vergleichbares Wachstum der Larven der Sechskornflocken zu erreichen.

Der Grundgedanke, dass Larven als Nährstoffakkumulatoren auf Gärresten und gleichzeitig als Futtermittel dienen könnten, lässt sich nicht ohne weitere Versuche verwirklichen. Durch die Veränderung einiger Versuchsparameter und die Kombination mit einer Biogasanlage, könnte die Insektenzucht auf Reststoffen der Biogasproduktion jedoch zu einer Entlastung der Dünge- und Eiweißproblematiken in bestimmten Regionen führen.

114

Optimierung einer Biogasanlage durch Desintegration und Kombination mit einer Holzvergasung

Yannick Wittor B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	26. September 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Energethik Ingenieurgesellschaft mbH

Die Arbeit behandelt zusammengefasst die Optimierung des Betriebes von Biogasanlagen. Um dieses Ziel zu erreichen, soll eine betrachtete Beispielanlage um ein Holzheizkraftwerk und ein Pumpsystem zur mechanischen Desintegration des Gärsubstrates erweitert werden. Holzheizkraftwerke bedienen sich des Prinzips der Vergasung, wodurch der Energieträger Holz vor der Verbrennung in einen gasförmigen Sekundärenergieträger überführt wird.

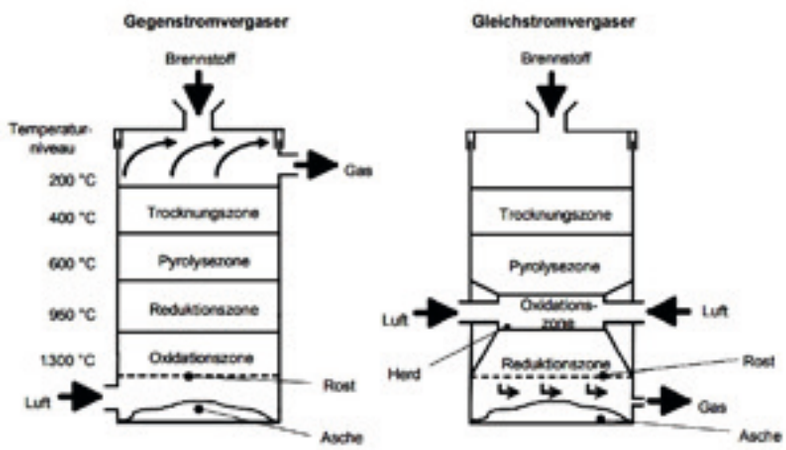


Abb 1: Gleichstrom und Gegenstrom

Wenngleich dieser einen vergleichsweise geringen Heizwert aufweist, ist der Umgang mit diesem wesentlich flexibler, wovon bei der Konzipierung der Anlage profitiert werden soll. In der Arbeit wird betrachtet, inwieweit es möglich ist, Biogas durch dieses Holzgas zu substituieren und welche Betriebsparameter Einfluss auf die Steigerung des Heizwertes des erzeugten Holzgases nehmen könnten. Vergasungsreaktoren können mit verschiedenen Oxidationsmitteln betrieben werden (Luft, O_2, CO_2, Dampf,...).

In diesem Zuge würde die Nutzung von O_2 zu einer Steigerung des Heizwertes führen. Da die meisten Vergaser heutzutage aus wirtschaftlichen Gründen mit Luft betrieben werden, soll zusätzlich eine Idee gegeben werden, wie reiner

Sauerstoff künftig und mit Relevanz bereitgestellt werden könnte. Als Desintegration bezeichnet man grob gesagt eine Aufspaltung.

Durch die Aufspaltung von Gärsubstrat parallel zum Gärprozess wird eine zehnprozentige Steigerung der Biogasproduktion erreicht. Infolgedessen können bei gleicher Gasproduktion Substrate eingespart und zum Beispiel landwirtschaftliche Flächen anderweitig genutzt werden. Die angewandte Methodik bei der Erstellung der Arbeit besteht aus einer vorausgreifenden umfassenden Literaturrecherche deutscher und englischer Quellen. Es schließt sich die Konzipierung des Anlagenausbaus mit Dimensionierung der einzelnen Komponenten an. Basierend auf Betreiber- und Herstellerinformationen sowie Annahmewerten erfolgt schließlich eine Gewinn- und Verlustrechnung. Abschließend werden die vorstehenden Erkenntnisse und Berechnungen kritisch bewertet.

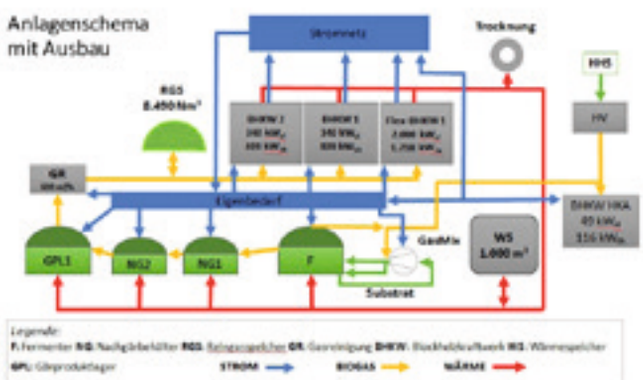


Abb 2: Anlagenschema Ausbau

Fazit ist, dass sich ein Anlagenkonzept wie dieses durchaus finanziell rechnen kann. Trotz der eingeschränkten Wirtschaftlichkeit einer Holzkraftanlage sollte diese aufgrund der Flexibilität des Gases und des kostengünstigen Brennstoffes in Betracht gezogen werden.
Desweiteren bedingt die mechanische Aufspaltung von Gärsubstrat nicht nur eine Kostenreduzierung, sondern auch eine Möglichkeit zur nachhaltigen Flächennutzung und -optimierung.

115

Wirtschaftlichkeit thermischer Verfahren zur Trocknung von Gülle - Fallbeispiel für einen Evaporations-Trockner am Standort Saerbeck

Hendrik Wulfert B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	11. Juli 2018
Bachelor-Studiengang:	Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude-, und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik

In dieser Arbeit wird die Wirtschaftlichkeit thermischer Trocknungsverfahren untersucht. Ziel ist es, die Wirtschaftlichkeit eines Evaporationstrockners für den Standort Saerbeck zu prüfen.

Der Anstoß hierfür ist der Gülleüberschuss, den einige Landwirte, in Regionen mit großer Tierdichte, haben. Die Düngeverordnung legt klare Grenzwerte fest, wie viele Nährstoffe in kg/(ha a) aufgebracht werden dürfen. Landwirte setzen Gülle als Düngemittel ein, sind aber durch die Düngeverordnung dazu gezwungen überschüssige Gülle auf anderen Wegen zu Entsorgung. In anderen Regionen besteht ein Düngemittelbedarf. So kann die Gülle an diese Landwirte als Dünger abgegeben werden. Dafür wird die Gülle über lange Strecken unter hohen Kosten transportiert. Trocknungsanlagen können den Wasseranteil in der Gülle verringern und die Transportwürdigkeit steigern. Es gibt bereits viele Trocknungsanlagen, die zur Trocknung von Gülle oder Gärresten eingesetzt werden. Bei den meisten Anlagen wird die Gülle vor der Trocknung separiert. Nur wenige Anlagen trocknen sowohl die feste als auch die flüssige Phase aus der Separation. Über die Trocknungsanlagen hinaus gibt es weitere Techniken, die für eine Wasserreduktion im Substrat sorgen.

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit wird in dieser Arbeit die Kapitalwertmethode gewählt. Das ist ein dynamisches Investitionsrechnungsverfahren, das Zeitpunkt der Ein- und Auszahlungen berücksichtigt. Die Kapitalwertmethode wird so umgeformt, dass nicht der Kapitalwert, sondern die zu erzielenden Erlöse, die für eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden müssen, bestimmt werden. Die verschiedenen Parameter, die für die Kapitalwertmethode notwendig sind, werden beschrieben und ihr Wert quantifiziert.

In dieser Arbeit wird ein Diagramm erstellt, das eine wirtschaftliche Beurteilung von Trocknungsanlagen ermöglicht. Da die Rahmenbedingungen für den Betrieb einer Trocknungsanlage unterschiedlich ausfallen können, werden drei verschiedene Szenarien betrachtet, in denen auch der Standort Saerbeck eingeordnet werden kann. Die zu erzielenden Erlöse lagen bei allen Betrachtungen über den möglichen Erlösen.

Auf der Kostenseite spielen vor allem die Wärmekosten eine große Rolle. Einnahmen können durch die Annahme von Gülle, den Verkauf von Gülle als Düngemittel und den Verkauf von produzierten Pellets erzielt werden.

Es wurde festgestellt, dass die Transportwürdigkeit der Gülle verdoppelt werden muss, um überhaupt Gülle als Dünger rentabel verkaufen zu können. Eine Verdopplung der Transportwürdigkeit kann mit einer Halbierung des Volumens erreicht werden. Das Ergebnis ist, dass für kein Szenario und somit auch nicht für den Standort Saerbeck, ein EVA-Trockner wirtschaftlich betrieben werden kann.

116

Spezifische CO_2-Emissionen in der Kalidüngemittelproduktion

Meiko Wydor M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Steffen Niebergall
Datum des Kolloquiums:	26. November 2018
Master-Studiengang:	Technisches Management der Energie-, Gebäude-, Umwelttechnik
In Kooperation:	K+S Aktiengesellschaft

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit spezifischen CO2-Emissionen in der Kalidüngemittelproduktion. Im Speziellen bezogen auf die zur Produktion eingesetzten Energien Strom und Wärme, welche dann nach VDI Richtlinie 4660 als zielbezogene spezifische CO2-Emissionen bezeichnet werden.

Betrachtet wird der Geschäftsbereich Kalidüngemittelproduktion der K+S Aktiengesellschaft (K+S).
K+S betreibt als energieintensives Unternehmen zur Bereitstellung von Strom und Wärme nahezu ausschließlich Kraftwärmekopplung (KWK). Ausnahme bildet zum heutigen Stand ein im Jahr 2017 neu in Betrieb genommenes Werk in Kanada. Für die Zukunft sind jedoch dort, und an deutschen Standorten, KWK-Ausbauten geplant.

Für die Ermittlung der zielbezogenen spezifischen CO2-Emissionen für Strom und Wärme ist für diese Arbeit besonders die Berücksichtigung der KWK von Bedeutung. Aus dem zugehörigen Brennstoffeinsatz resultierende CO2-Emissionen sind hierbei sinnvoll auf die Koppelprodukte Strom und Wärme aufzuteilen. In dieser Arbeit wird hierfür die sogenannte energetische Methode, welche in der VDI 4660 Blatt 2 beschrieben ist, verwendet.

Aus der Absicht heraus, Nachhaltigkeitsziele mit einer Kennzahl zu versehen, hat die K+S AG einen festen Zielwert für eingesetzte Elektroenergie, zu erreichen bis 2030, gesetzt. Untersucht wird mit dieser Arbeit unter anderem, ob sich für den Bereich Kaliproduktion dieser Wert erreichen und unterschreiten lässt.

Bestimmt werden die spez. CO2-Emissionen der Jahre 2010 - 2016 und, beginnend mit dem Jahr 2017, der prognostizierte Verlauf bis 2030 unter Einbeziehung geplanter KWK-Ausbauten. Hinzukommend werden produktspezifische CO2-Emissionen und Energieverbräuche ermittelt.
Ferner erfolgt eine Wettbewerberanalyse. K+S wird hierbei mit mehreren ausgewählten Wettbewerbern des Geschäftsbereiches hinsichtlich der Kennzahlen in einem Benchmarking verglichen. Als Datengrundlage werden hierbei größtenteils die Nachhaltigkeitsberichte der Unternehmen verwendet. KWK-Anteile werden ebenfalls nach der energetischen Methode berücksichtigt.

117

Beschreibung des Berechnungsverfahrens von Zirkulationssystemen nach der nationalen Berechnung (DIN 1988-300) am Beispiel eines Wohngebäudes im Vergleich zur chinesischen Auslegungsmethode (GB 50015

Yibing Zhou B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Frank Kasperkowiak
Datum des Kolloquiums:	27. August 2018
Bachelor-Studiengang:	Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Viega Technology GmbH & Co. KG

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, die erforderlichen Berechnungsschritte zur Ermittlung der Rohrdurchmesser von Zirkulationsleitungen zu beschreiben. In einem ersten Schritt wurden die Normen und Arbeitsblätter, die für die Dimensionierung von Zirkulationsleitungen wichtig sind, genauer betrachtet. In diesen Regelwerken werden die Rahmenbedingungen genannt, die für die Auslegung von Zirkulationsanlagen eine entscheidende Rolle spielen. Dazu wurden auch die Anforderungen und Hinweise in dem chinesischen Regelwerk betrachtet.

Im zweiten Schritt wurde ein Beispielgebäude erstellt. Als Gebäudetyp wurde eine Villa gewählt, mit mehreren im Gebäude verteilten Sanitärräumen (Bäder), die mit verschiedenen Steigleitungen angeschlossen wurden. Das Beispielgebäude Villa bestand aus drei Geschossen (KG, EG und OG). Es wurden zwei Badezimmer, eine Küche, zwei Gäste-WC und ein Gästebad mit entsprechenden Entnahmestellen eingeplant.

Für die Berechnung der Trinkwasser-Installation kalt (PWC) und warm (PWH) sowie für die Zirkulation (PWH-C) wurde die DIN 1988-300 sowie die darin beschriebenen Auslegungsparameter verwendet. Die Berechnungsdurchflüsse und Mindestfließdrücke der Entnahmestellen die sich in dem Beispielgebäude befinden, wurden gemäß DIN 1988-300 verwendet.

Als Trinkwasserleitungssystem wurde das Viega System Profipress (Kupferrohrleitungssystem) mit den Rohrleitungen und Form- und Verbindungsstücken aus Kupfer/Rotguss verwendet. Ein zentraler Trinkwassererwärmer wurde als Warmwassererzeuger vorgesehen.

Im Kapitel 4 erfolgte dann die Berechnung der Trinkwasser-Installation kalt (PWC) und warm (PWH).
Die Berechnung der Trinkwasser-Leitung Zirkulation (PWH-C) mit den Erklärungen der einzelnen Schritte erfolgte im Kapitel 5.

Neben den Ansprüchen an die Trinkwasser-Hygiene, gibt es höhere Anforderungen an den Komfort bei der Warmwassernutzung. Eine entscheidende Bedingung des Komforts ist die Ausstoßzeit. In dem Beispielgebäude wurden die Ausstoßzeiten für die jeweils entferntesten Entnahmestellen (Warmwasser)

ermittelt. Zusätzlich wurden die Ausstoßzeiten mit und ohne Zirkulationsleitung verglichen. Vor der Berechnung wurde die Notwendigkeit einer Zirkulationsanlage mittels der „3-Liter Regel“ überprüft.

Bei der Ermittlung der Rohrdurchmesser der Zirkulationsleitungen wurde darauf geachtet, dass die Strömungsgeschwindigkeiten in den Zirkulationsleitungen mit 0,5 m/s nicht überschritten wurden.

Bei der Verteilung der Zirkulationsvolumenströme auf die einzelnen Teilstrecken, ist besonders auf die Berechnung der Wärmeverluste im jeweiligen Durchgangsweg und Abzweigweg zu beachten. So besteht der Wärmeverlust in einem Durchgangsweg aus dem Wärmeverlust aller vom Zirkulationsumlauf betroffenen Warmwasser- und Zirkulationsleitungen, die an einer Stromtrennung durchgehen.

Nachdem die Rohrdurchmesser der Zirkulationsleitungen für das Beispielgebäude berechnet wurden, erfolgte der „Hydraulische Abgleich mit Regulierventilen“. Da sowohl statische Regulierventile als auch thermostatische Regulierventile zum Einsatz kommen, wurden in Kapitel 5.7.1 und in 5.7.2 für beide Varianten die Voreinstellung rechnerisch ermittelt. Als Zirkulationsregulierventile wurden Ventile aus dem Viega System Easytop verwendet.

Nach der Beschreibung des Berechnungsverfahrens für Zirkulationsleitungen nach der DIN 1988-300 erfolgte die Betrachtung der Auslegungsmethode nach GB 50015. Bei der Durchsicht der chinesischen Norm wurde festgestellt, dass sich hier nur ein Hinweis zum Wärmeverluste für Warmwasserleitungen befindet.

Eine ausführliche Beschreibung der Ermittlung des Wärmeverlustes der Warmwasserleitung befindet sich in einem chinesischen Fachbuch. In Kapitel 7.1.1 wurde die chinesische Methode mit dem sogenannt „Flächenverhältnis Temperaturabfall Verfahren“ beschrieben. Der Wärmeverlust wurde dann in Kapitel 7.1.2 ermittelt.

In einem Vergleich der Summe der Wärmeverluste der DIN 1988-300 mit der chinesischen Auslegungsmethode wurde festgestellt, dass die Berechnungsergebnisse der beiden Verfahren nicht sehr verschieden sind. Allerdings ist erkennbar, dass die Wärmeverluste in einigen Teilstrecken verschieden sind. Die Gründe für die unterschiedlichen Wärmeverluste in den Teilstrecken liegen in der Anwendung der auswählbaren Faktoren, wie z.B. der Wärmeübertragungskoeffizient K und Dämmungsfaktor η nach der chinesischen Auslegungsmethode. Ein weiterer Unterschied ist die Verwendung der „mittleren Temperatur des Warmwassers im Rohrabschnitt“ die im Gegensatz zur DIN 1988-300 berechnet wird.

In der chinesischen Norm GB 50015 wird beschrieben, dass Zirkulationsleitungen bei zentralen Warmwasserversorgungssystems im Gebäude mit dem Tichelmann Rohrführungssystem ausgestattet sein können. Das Tichelmann-Prinzip besteht darin, dass die Differenz von Druckverlusten in Zirkulationsumläufe durch zusätzliche Rohre und Formstücke kompensiert wird. In dem Kapitel 7.2 wird der Leitungsverlauf bildlich dargestellt.

Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel: +49 2551 - 962097
Fax: +49 2551 - 962706
www.fh-muenster.de/egu