

ABWASSER- UND ENERGIEMANAGEMENT IM HZHG



WiSe 22/23

Abgegeben am
21.02.2023

Leicht redaktionell bearbeitet in
Absprache mit der Erstprüferin
28.03.2023

BACHELORTHESIS

**ABWASSER- UND
ENERGIEMANAGEMENT IM
HOSPITAL ZUM HEILIGEN
GEIST HAMBURG**

ausgeführt an der HafenCity Universität Hamburg

unter Anleitung von

Prof. Dr. Irene Peters

und

Dr.-Ing. Joachim Behrendt

durch

Hjördis-Sophia Eggers

und

Emma Uelsmann

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchten wir uns herzlich bei Prof. Dr. Irene Peters für die engagierte Betreuung dieser Bachelorarbeit bedanken. Wir danken für die motivierenden Worte, das Feedback, konstruktive Hilfestellungen und auch das Vertrauen in unsere Arbeit.

Des Weiteren gilt unser Dank Dr.-Ing. Joachim Behrendt, der uns als Zweitbetreuung vor allem mit seiner fachkundigen Expertise zum Abwassermanagement zur Seite stand. Wir danken zudem Dipl.-Ing. Petrit Vuthi.

Auch danken wir dem Hospital zum Heiligen Geist für die Möglichkeit, durch die Zusammenarbeit direkte Einblicke in das Neubauprojekt am Standort Poppenbüttel zu erhalten. Dieser Umstand ermöglicht, dass die vorliegende Bachelorarbeit nicht nur auf theoretischer Grundlage beruht. Der praktische Bezug, welcher während der Zusammenarbeit mit dem Hospital zum Heiligen Geist hergestellt werden konnte, bildet das Fundament, auf dem diese Forschungsarbeit aufbaut. Insbesondere danken wir Herrn Müller für die engagierte und aufgeschlossene Zusammenarbeit.

Darüber hinaus gebührt unser Dank allen Interviewpartner*innen für die umfassenden und erkenntnisreichen Interviews. Dank gilt auch allen weiteren unterstützenden Personen.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichern wir eidesstattlich, dass die vorliegende Bachelorthesis von uns eigenständig und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Quellen angefertigt wurde. Alle Stellen, die wörtlich oder annähernd aus Veröffentlichungen entnommen sind, haben wir als solche kenntlich gemacht. Eigens erhobene Daten sind ebenfalls entsprechend gekennzeichnet. Die Bachelorthesis wurde bisher nicht in gleicher oder ähnlicher Form, auch nicht in Teilen einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt oder veröffentlicht.

Hamburg, den 20. Februar 2023



.....
Unterschrift (Hjördis-Sophia Eggert, 6067917)



.....
Unterschrift (Emma Uelsmann, 6067526)

ZUSAMMENFASSUNG

Energie- und Abwasserinfrastrukturen sind Grundlage einer funktionierenden Stadt. Das Neubauprojekt des Hospitals zum Heiligen Geist Hamburg bietet Anlass, diese Thematiken aus Sicht der Stadtplanung zu untersuchen. Als Altersheim ist das Hospital ein großer Stromverbraucher und ein Hotspot für pharmazeutische Reststoffe im Abwasser. Die Bandbreite an möglichen Technologien für eine Reduzierung dieser Emissionen ist groß.

Für das Abwassermanagement sehen wir die Implementierung der Grauwasseraufbereitung durch die Kombination aus Nanofiltration und Festbettreaktor sowie die Wärmerückgewinnung vor. Wird auch das Gelbwasser damit behandelt, werden die Mikroschadstoffe im Abwasser weiter wesentlich reduziert. Durch den *POWERSTEP* und eine dezentrale Kläranlage können die Emissionen im letzten Schritt noch stärker eingeschränkt werden. Durch den Einsatz von „Building-Applied PV“ und „Building-Integrated PV“ (Photovoltaik auf dem Gebäude und Bauwerksintegrierte Photovoltaik) wird Strom erzeugt, der bilanziell und – in Kombination mit Batterie und entsprechendem Zähler und Steuereinheit – auch physisch als Eigentstrom genutzt werden kann. Für die physische Nutzung sehen wir ein agentenbasiertes Energiemanagementsystem mit Peer-to-Peer-Kommunikation vor.

Die angedachten Infrastruktursysteme stehen mit den jeweils greifenden Gesetzen nicht in Konflikt. Gesetzliche Regelungen motivieren jedoch auch nicht zur Etablierung der innovativen Technologien. Deshalb sehen wir die Eigenverantwortung als einen Schlüsselaspekt, um den Arzneimittelbeitrag im Abwasser sowie den Verbrauch fossil erzeugter Energie zu reduzieren.

ABSTRACT

Energy and wastewater infrastructures are the basis of a functioning city. The new construction project of the “*Hospital zum Heiligen Geist Hamburg*” provides an opportunity to examine these issues from the perspective of urban planning. As an old people’s home, the *Hospital* is a large electric power consumer and a hotspot of pharmaceutical residues in the wastewater. There is a range of technologies for reducing these emissions and the consumption of electric power from fossil sources.

For wastewater management, we envision implementing graywater treatment using a combination of nanofiltration and fixed-bed reactor and heat recovery. In an additional step, the urine-containing yellow water will be treated with the same combination, further reducing the micropollutants. The *POWERSTEP* and a decentralized wastewater treatment plant are intended to limit emissions even more in the final step. Through the use of Building-Applied and Building-Integrated Photovoltaics, electric power is produced that can be used as own electricity, either on-grid or – with battery and special meter and control unit – also off-grid, i.e. in stand-alone mode. For the latter, we envision an agent-based. For physical use, we envision an agent-based energy management system with peer-to-peer communication.

The envisaged infrastructure systems do not conflict with the respective applicable laws. However, legal regulations do not motivate the establishment of innovative technologies either, there are other legal means. Therefore, we see individual responsibility as a key aspect to reduce the discharge of pharmaceuticals in wastewater as well as the reduction of fossil-based electricity consumption.

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	7
Abbkürzungsverzeichnis	9
1. Einleitung	10
1.1 Herleitung des Themas und der Forschungsfrage	11
1.2 Methoden	12
2. Bestandsanalyse	14
2.1 Planungen für den Neubau	15
2.2 Rechtsgrundlage	17
2.3 Klimatische Bedingungen HzHG	18
3. Ressourcenschonendes und schadstoffarmes Abwassermanagement	20
3.1 Schritt 1: Status quo	24
3.2 Angewandte Technologien	25
3.3 Schritt 2: Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung	33
3.4 Schritt 3: Trenntoilette	34
3.5 Schritt 4: Dezentrale Kläranlage	35
3.6 Konzept: Schritte hin zum schadstoffarmen und ressourcensparenden Abwassermanagement	37
3.7 Zwischenfazit	39
4. Gebäudeintegriertes Energiemanagement	41
4.1 Schritt 1: Beschreibung des existierenden Gebäudekomplexes	42
4.2 Photovoltaik	43
4.3 Schritt 2: Netzeinspeisung	47
4.4 Energiemanagementsystem	50
4.5 Schritt 3: physischer Eigenstromverbrauch	51
4.6 Konzept: Schritte hin zum Gebäudeintegrierten Energiemanagement	52
4.7 Zwischenfazit	53
5. Fazit, Reflexion und Ausblick	54
Literaturverzeichnis	58
Anhang	66

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Verortung Hospital zum Heiligen Geist Hamburg. In Anlehnung an GoogleMaps (o.J.). Abgerufen am 10. Januar 2023, von <https://www.google.de/maps/@53.6398122,10.0771496,12.75z>.

Abb. 2: Masterplan Hospital zum Heiligen Geist Hamburg. WRS Architekten & Stadtplaner GmbH. (o.J.). Abgerufen am 08. Januar 2023, von <https://www.wirsind.net/hospital-zum-heiligen-geist/>.

Abb. 3: Sonnenstunden für Hamburg, durchschnittliche Jahreswerte. In Anlehnung an Klimatabelle und Klima weltweit (o.J.). Abgerufen am 08. Januar 2023, von <https://www.klimatabelle.de/klima/europa/deutschland/klimatabelle-hamburg.htm>.

Abb. 4: Regentage für Hamburg, durchschnittliche Jahreswerte. In Anlehnung an Klimatabelle und Klima weltweit (o.J.). Abgerufen am 08. Januar 2023, von <https://www.klimatabelle.de/klima/europa/deutschland/klimatabelle-hamburg.htm>.

Abb. 5: Haupteintragswege für Humanarzneimittel. In Anlehnung an Umweltbundesamt (2014). Abgerufen am 20. Januar 2023, von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf.

Abb. 6: Übersicht über die im Jahr 2012 in Deutschland meistverbrauchten Humanarzneimittelwirkstoffe mit Umweltrelevanz. In Anlehnung an Umweltbundesamt (2014). Abgerufen am 20. Januar 2023, von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf.

Abb. 7: Schritt 1: Status quo. Eigene Darstellung.

Abb. 8: Zentrale Kläranlage. In Anlehnung an Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (o.J.). Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/klaeranlage.html>.

Abb. 9: Kombination Nanofiltration und Festbettreaktor. In Anlehnung an Büning, B. (2021). Abgerufen am 08. Januar 2023, von https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/10014/3/Buening_Bastian_Dissertation_2021.pdf.

Abb. 10: POWERSTEP. In Anlehnung an CORDIS (2018). Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://cordis.europa.eu/project/id/641661/reporting/de>.

Abb. 11: Wärmerückgewinnung. In Anlehnung an Buri, R., Kobel, B. (2004). Abgerufen am 13. Januar 2023, von https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf.

Abb. 12: Schritt 2: Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung. Eigene Darstellung.

Abb. 13: Schritt 3: Trenntoilette. Eigene Darstellung.

Abb. 14: Trenntoilette. In Anlehnung an eawag (2023). Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://www.eawag.ch/de/forschung/menschen/abwasser/dezentrale-ressourcengewinnung-aus-abwasser/trennung-an-der-quelle/>.

Abb. 15: Schritt 4: Dezentrale Kläranlage. Eigene Darstellung.

Abb. 16: Dezentrale Kläranlage. Eigene Darstellung.

Abb. 17: Ressourcenschonendes und schadstoffarmes Abwassermanagement. Eigene Darstellung.

Abb. 18: Schritt 1: Beschreibung des existierenden Gebäudekomplexes. Eigene Darstellung.

Abb. 19: BIPV-Fenster. Guardian Industries (o.J.). Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.guardianglass.com/eu/de/why-glass/build-with-glass/applications-of-glass/glass-for-facades/bipv>.

Abb. 20: BIPV-Fassade. Frontini, F. (o.J.). Abgerufen am 15. Februar 2023, von https://www.dbz.de/artikel/dbz_Strategien_zum_Aufbau_Building-integrated_Photovoltaic_BiPV_-3419193.html.

Abb. 21: Farbliche Gestaltung BIPV. Wild, E. (2014). Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv/>.

Abb. 22: BIPV Balkonbegrenzung. Beilhammer, M. (o.J.). Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.architektur-welt.de/bipv/>.

Abb. 23: Schritt 2: Netzeinspeisung. Eigene Darstellung

Abb. 24: Stromertrag BAPV. Müller, H.-S. (o.J.). Abgerufen am 12. Februar 2023, von <https://energie-m.de/tools/pv-ertrag.html>.

Abb. 25: BIPV-Fassaden HzHG. In Anlehnung an WRS Architekten & Stadtplaner GmbH (o.J.). Abgerufen am 15. Februar 2023, von <http://www.wirsind.net/hospital-zum-heiligen-geist/>.

Abb. 26: Schritt 3: physischer Eigenstromverbrauch. Eigene Darstellung.

Abb. 27: Gebäudeintegriertes Energiemanagement. Eigene Darstellung.

ABBKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BIPV	Building Integrated Photovoltaics
BAPV	Building Applied Photovoltaics
BHKW	Blockheizkraftwerk
CdTe	Cadmiumtellurid
C	Kohlenstoff
CRI	Colour Rendering Index
EEG	Erneuerbare Energien-Gesetz
EMS	Energiemanagementsystem
FA	Fettabscheider
FBR	Festbettreaktor
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HSE	Hamburger Stadtentwässerung
HzHG	Hospital zum Heiligen Geist
KNF	Kombination Nanofiltration und Festbettreaktor
mono-Si	monokristallines Silizium
MSS	Mikroschadstoffe
NF	Nanofiltration
öV	örtliches Verteilnetz
PV	Photovoltaik
SM	Smart Meter
StromNZV	Stromnetzzugangsverordnung
UBA	Umweltbundesamt
WP	Wärmepumpe
WR	Wechselrichter
WT	Wärmetauscher
WRG	Wärmerückgewinnung

1. EIN LEITUNG

1.1 HERLEITUNG DES THEMAS UND DER FORSCHUNGSFRAGE

Vor 50 Jahren war das Bauen noch einfach, so jedenfalls scheint es dem Betrachter heute. Im Jahre 2023 macht der Gesetzgeber viel weitgehendere Vorgaben als in den 1970er Jahren, bpsw. auf Bundesebene im Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Form von Anforderungen an die Effizienz der Gebäudehülle und an die Energieträger fürs Heizen, auf Landesebene bspw. mit der Solardachpflicht in Hamburg und anderen Bundesländern (Hamburgisches Klimaschutzgesetz). Baustoffe sind teuer geworden (vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., 2023)) und zeitweise sogar Mangelware, schon vor dem Ukraine-Krieg (ZDF, 2021). Der Klimawandel bringt besondere Herausforderungen mit sich: Häufigere Starkregenereignisse, Stürme und Hitzeperioden.

Das Hospital zum Heiligen Geist in Hamburg Poppenbüttel, eines der größten Altersheime der Hansestadt, muss aufgrund veralteter Bausubstanz einen großen Teil der Gebäude neu bauen und sieht hier die Chance sowie die Verantwortung, mit einem besonders umweltfreundlichen und ressourcenschonenden Bau wichtige Akzente zu setzen, die zur Nachahmung anregen. (vgl. Hospital zum Heiligen Geist, o.J.). Hierfür stellt das Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend Fördergelder in Höhe von 300.000 Euro zur Verfügung, damit eben jene Verantwortung sogar mit einer positiven Außenwirkung mittels einer Ausstellung zum Thema getragen werden kann. Als Gesundheitseinrichtung sind die Gebäude des Hospitals besonders emissionsreich. In der Bachelorarbeit soll beleuchtet werden, wie die Emissionen der neuen Gebäude anhand zwei verschiedener technischer Ansätze verringert werden können.

Der erste Ansatz umfasst ein ressourcenschonendes und schadstoff-reduzierendes Abwassermanagement. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist das Abwassersystem, so wie wir es kennen, Bestandteil der städtischen Infrastruktur. Seit über hundert Jahren hat sich dieses nur unwesentlich in seiner Funktionsweise weiterentwickelt. (vgl. Keogh, 2018) Allein die Tatsache, dass 2050 circa 70 Prozent der Menschen in Städten leben werden (vgl. Statista, 2022), lässt erkennen, dass das Abwassersystem vor Herausforderungen steht. Die teilweise vor mehr als hundert Jahren entwickelte Infrastruktur ist in Zeiten großen Wasserreichtums und geringer Schadstoffvolumina konzipiert worden. Inzwischen ist das Abwasser mit vielen Schadstoffen belastet, und Wasser wird auch in Deutschland knapp. Die Kanalsysteme, die seitdem stetig ausgebaut wurden, benötigen heutzutage große Mengen an Wasser, um Urin und Fäkalien zu den Klärwerken zu transportieren. (vgl. Keough, 2018) Die mangelnde Ressourceneffizienz der Abwasserinfrastruktur wird zunehmend untragbar. (vgl. ebd.) Mit Blick auf den demographischen Wandel wird ersichtlich, dass neben dem überlasteten Abwassersystem eine weitere Problematik auftritt. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass der demographische Wandel mit einem Anstieg des Arzneimittelverbrauchs einhergeht (vgl. Umweltbundesamt, 2022). Von den rund 2.500 in Deutschland erhältlichen Arzneimittel sind circa 1.250 für eine „vertiefte Umweltprüfung“ (Umweltbundesamt, 2022) relevant. Wichtig sind diese Umstände deshalb, weil „gut zwei Drittel der [...] Wirkstoffe von Arzneimitteln“ (Udert et al., 2019) durch den Urin ausgeschieden werden. Durch das Abwasser gelangen diese häufig in die Umwelt, da viele Arzneimittelwirkstoffe unzureichend durch die derzeitigen Kläranlagen filtriert und abgebaut werden können. (vgl. Alfonso-Muniozgueren et al., 2021) Eine Verdichtung dieser Problematiken findet an Orten statt, an denen besonders viele Menschen mit hohem Arzneimittelbedarf/-verbrauch leben. Dazu zählen neben Krankenhäusern unter anderem auch Altersheime wie das Hospital zum Heiligen Geist.

Es stellt sich die Frage, wie diese Probleme durch eine Anpassung der Abwasserinfrastruktur bewältigt werden können. In dieser Arbeit soll anhand der Grauwasseraufbereitung, der damit einhergehenden Wärmerückgewinnung und der Technologie der Trenntoilette ein Lösungsansatz für die genannten Sachverhalte gefunden werden.

Der zweite Ansatz beschäftigt sich mit möglichen Maßnahmen zum gebäudeintegrierten Energiemanagement. Menschen im hohen Alter stellen während Extremtemperaturen

eine besonders vulnerable Gesellschaftsgruppe dar. Der demographische Wandel impliziert eine verstärkte gesellschaftliche Verantwortung der Stadtplanung, Möglichkeiten zum Schutz dieser Bevölkerungsgruppen vor extremen Wetterereignissen zu schaffen. Dazu erweist sich neben der Planung für die Außengelände- und Grünraumflächen des Hospitals ebenfalls der Einsatz der Technologie der Building Integrated Photovoltaics und das daran geknüpfte Energiemanagementsystem als eine aussichtsreiche Planung. Neue Heizsysteme könnten ressourcensparend auch für die Kühlung genutzt werden.

Die Technologien des Abwassermanagements und der Temperaturregulation sollen in aufeinanderfolgenden Schritten miteinander verknüpft werden. Dabei werden verschiedene Ausführungen und Arbeitsweisen einer Technologie betrachtet und bewertet. Letztendlich stellt sich uns die Forschungsfrage: *„Wie können die Emissionen des Hospitals durch den Einsatz von Technologien des Abwasser- und Energiemanagements verringert werden?“*. Die Eingriffe in die Abwasser- und Energieinfrastruktur sind mit vielen rechtlichen Vorschriften auf Landes- und Bundesebene verbunden, sodass diese zusätzlich unter der Fragestellung *„Inwieweit bieten rechtliche Vorschriften die Möglichkeit, Innovationsprozesse zu fördern?“* betrachtet werden. Die Weiterentwicklung der Technologie, die dazugehörigen rechtlichen Vorschriften sowie die zur Verfügung gestellten Fördermittel gehen mit dem Einsatz der Technologie einher. Daher ist es für die Implementierung der Maßnahmen im HzHG wichtig, die zusätzliche Forschungsfrage mit einzubeziehen.

1.2 METHODEN

Die erste Arbeitsphase stellt die Themenfindung inklusive der Exposéerstellung vor offizieller Anmeldung dar. Das Thema der Arbeit ist maßgeblich von der Möglichkeit, bei der Planung des Neubaus vom Hospital zum Heiligen Geist in Hamburg mitzuwirken, beeinflusst. Der Arbeitstitel ist wie folgt gewählt: *„Abwasser- und Energiemanagement im Hospital zum Heiligen Geist“*. Dieser soll einen Spielraum für mögliche innovative bauliche Technologien und Konzepte lassen, die während des weiteren Arbeitsprozesses zu ermitteln sind. Der Entstehungszeitraum der weiteren Arbeit beläuft sich auf drei Arbeitstage pro Woche vor Ort sowie auf die Recherche außerhalb des Hospitals im Zeitraum von Mitte November 2022 bis Mitte Februar 2023. Der für die Projektarbeit strukturgebende Arbeitsprozess kann in folgende Arbeitsphasen untergliedert werden: Am Anfang steht die ausführliche Recherche- und Erhebungsphase. Das Ziel ist es, das Themenfeld intensiver kennenzulernen und einzugrenzen. Für den Einstieg ist sowohl die Literatur- als auch die Internetrecherche der Ausgangspunkt. Die verwendete Literatur findet sich zum Großteil auf Internetdatenbanken wieder. Zur Analyse und Auswertung hilft ein Fragenkatalog zur gelesenen Literatur, der für jede auszuwertende Quelle gleich ist. Die enge Zusammenarbeit mit den Mitarbeiter*innen vor Ort ist neben der klassischen Literaturrecherche die Informationsgrundlage für die Bestandsaufnahme. Einen weiteren relevanten Baustein für die Eingrenzung des Themenfeldes stellt die fachliche Beratung von Prof. Dr. Irene Peters, Dr.-Ing. Joachim Behrendt und Dipl.-Ing. Petrit Vuthi dar. Diese ist entscheidend für den letztendlichen Entschluss für die darauffolgenden Untersuchungen zu den Themen des Abwasser- und Energiemanagements. Abschließend zur Themeneingrenzung wird die zuvor erwähnte Forschungsfrage formuliert.

EXPERT*INNENINTERVIEWS

Der letzte Bestandteil der Erhebungs- und Recherchephase ist die Durchführung der Expert*inneninterviews im Rahmen der explorativen Forschung. In Hinblick auf die Forschungsfrage wird diese Methodik ergänzend zu vorausgehender Literaturrecherche genutzt. Der erste gewählte Interviewpartner ist Klaus Papsch, der Bauherrenvertreter des Hospitals. Die fachliche Expertise zur laufenden Planung des Neubaus, des Bebauungsplans und des städtebaulichen Vertrags ist entscheidend für die Bestandsaufnahme. Daneben ist das erlangte Wissen aus dem Interview mit Birte Stricker, einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin des Instituts für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz

sowie dem Interview mit Erwin Nolde von Nolde – innovative Wasserkonzepte GmbH ausschlaggebend für das Kapitel „ressourcenschonendes und schadstofffreies Abwassermanagement“. Das Interview mit Herrn Kuck von Hamburg Wasser gibt besonders über die rechtlichen Vorschriften des Abwassermanagements Aufschluss. Dazu wurde ein abstimmdendes Interview über die erarbeiteten Konzepte mit Axel Winckler von WRS Architekten und Stadtplanern geführt. Die Auswahl der Interviewpartner*innen soll eine breit gefächerte fachliche Expertise sowie eine standortbezogene Einschätzung zur Realisierung der untersuchten Maßnahmen geben.

Mit den durchgeführten Expert*inneninterviews wird der Fokus auf das Erfassen qualitativer Daten gelegt. Bei dieser Interviewform handelt es sich um leitfadengestützte Interviews, bei denen Expert*innen zu einem spezifischen Thema befragt werden. Dazu werden für die einzelnen Interviews spezifische, aber vergleichbare Fragebögen erstellt, die mitunter Informationen für die folgende Analyse liefern. (vgl. Heisteringer, 2006, S.6) Zur Vorbereitung auf die Interviews werden Fragensammlungen erstellt, die in einem halbstrukturierten Leitfaden (vgl. ebd.) zusammengetragen sind. Ergänzend zu den erarbeiteten Fragestellungen bleibt bei den halbstrukturierten Leitfäden Raum für Fragen, die während des Interviews auftreten. Die angefertigten Leitfäden fungieren somit als eine Orientierung, die als Grundlage der Interviews dient.

Die Dauer der Gespräche beläuft sich in der Regel auf circa eine Stunde. Die Interviewpartner*innen haben uns bestätigt, dass die Aufnahme und deren Auswertung sowie deren namentliche Erwähnung in unserer Bachelorarbeit genehmigt sind. Nach den durchgeführten Expert*inneninterviews ist die Auswertung erfolgt. Das Transkribieren der durchgeführten Interviews dient als Grundlage für die weitere Auswertung der Erkenntnisse, welche aus den Aussagen der Interviewten Personen abgeleitet werden. (siehe Anhang) Eine Transkription gibt die wissenschaftliche Grundlage für die Verwertung der Daten und gewährleistet dadurch die Transparenz der Interviews. Somit kann im Verlauf der Forschungsarbeit Bezug zu den Daten der Expert*innenaussagen genommen werden. (vgl. Fuß, Karbach, 2019, S.17) Die Methode der geglätteten Transkription unterscheidet sich von der Wort-zu-Wort-Transkription insofern, dass Dialekt, klangsprachliche non-verbale Ausdrücke oder hörbare Handlungen nicht mit in die Verschriftlichung einfließen (vgl. ebd.). Im Rahmen der Arbeit wird eine Codierung in abgeschwächter Form für die folgende Analyse und Konzeptausarbeitung durchgeführt. In der Auswertung der Expert*inneninterviews wird eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse hergestellt (vgl. Gläser, Laudel, 2009, S.143), denn es werden Themenkomplexe zur besseren Kategorisierung und Übersicht gebildet. Für diese Forschungsarbeit werden sowohl induktive als auch deduktive Kategoriebildungswege genutzt. Für diesen Prozess wird auf die Nutzung einer unterstützenden Software wie beispielsweise „MAXQDA“ verzichtet, da die händische Codierung für die Gruppe mehr Sicherheit bei der Ausarbeitung gibt.

ANALYSE- UND KONZEPTPHASE

Den nächste zentralen Arbeitsabschnitt stellt die Analysephase dar. Hierbei werden die Ergebnisse der Literaturrecherche, der Interviews und der Bestandsaufnahme durch eine Analyse differenziert und ausgewertet, sodass diese auf den Standort des Hospitals übertragen werden können. Dabei werden die Themen des Abwassermanagements und des Energiemanagements zunächst in zwei einzelnen Analysen betrachtet. Aufbauend darauf werden in der Konzeptphase zwei einzelne Schemata zum empfohlenen Vorgehen der Umsetzung der Techniken erstellt. Diese werden im letzten Schritt zusammengeführt. Ebenso wie die Analyse werden die Schemata letztendlich zur Beantwortung der Forschungsfrage genutzt. Die Ergebnisse der Bachelorarbeit werden nach Abschluss an das Hospital zum Heiligen Geist herangetragen und dienen damit als Grundlage für eine geplante Ausstellung. Diese Ausstellung hat zum Ziel, genauso wie unsere Forschungsarbeit, den Menschen die Möglichkeiten zum nachhaltigen Planen, Bauen und Wohnen nahezu legen. Letztendlich ist unsere Hoffnung, dass die aufgezeigten Maßnahmen für den Neubau in die Planung mit einfließen werden.

2.

BESTANDS ANALYSE

Seit 800 Jahren besteht das Hospital zum Heiligen Geist und ist damit die älteste Stiftung Hamburgs. Aufgrund der langen Historie ist das Hospital eng mit der hamburgischen Stadtgeschichte verbunden. Der Schwerpunkt der Stiftung liegt auf der Altenpflege, wobei es an dem Standort Poppenbüttel sowohl stationäre Altenpflegeplätze als auch Wohnungen für alte Menschen gibt, die flexibel Pflegedienstleistungen dazu buchen können. Seit 1950 befindet sich das Hospital am heutigen Standort in Poppenbüttel. Die Gebäude wurden im Rahmen des Wiederaufbaus nach dem Zweiten Weltkrieg errichtet. (vgl. Anhang 3 Interviewtranskript. Papsch)

2.1 PLANUNGEN FÜR DEN NEUBAU

Bisher wurden einzelne Gebäude bei Bedarf geplant und realisiert. Dabei sind ressourcenschonendes Planen und Bauen nicht vordergründig in die Planung einbezogen worden. Vielmehr sind die geltenden gesetzlichen Vorschriften als leitender Rahmen für die Realisierung betrachtet worden. Der Großteil der Gebäudesubstanz besteht allerdings seit den 1960er Jahren aus der Zeit, als das Hospital am neuen Standort in Poppenbüttel neu errichtet wurde (vgl. Abb. 1). (vgl. Anhang 3 Interviewtranskript. Papsch) Die dort verbaute Gebäudetechnik ist mittlerweile veraltet. Zudem sind vor gut 60 Jahren die Grundrisse der Wohneinheiten nicht nach heutigen Standards der Barrierefreiheit geplant worden. Laut Aussage des Bauherrenvertreters des Hospitals, Herrn Papsch, sind die bestehenden Wohneinheiten aufgrund der Zuschnitte nicht nachträglich den aktuellen Vorschriften anzupassen. Die derzeitigen Vorschriften sehen ein Verbot für die Vermietung von „Seniorenwohnungen und Pflegeplätze [...]“ vor, „die nicht Mindeststandard an Barrierefreiheit gewährleisten“ (Anhang 3 Interviewtranskript. Papsch). Deshalb hat sich die Stiftung dazu entschlossen, ein großes Neubauprojekt auf dem Gelände in Poppenbüttel anzustoßen. Anders als bisher sollen die Gebäudekörper im Zusammenhang geplant werden, wobei auch die Frei- und Grünraumplanung miteinbezogen werden. Nach derzeitigem Stand der Planung soll insgesamt Raum für 1200 Menschen realisiert werden. Dabei entstehen 800 Wohnungen sowie 400 stationäre Pflegeplätze. Im Jahr 2016/17 wurden im Rahmen eines Wettbewerbs fünf Architekturbüros eingeladen. Die Entscheidungsträger*innen, bestehend aus dem Vorstand des Hospitals, dessen Verwaltungsrat sowie der Politik (Bezirk und Stadtentwicklung), haben dem Architekturbüro WRS Architekten letztlich den Auftrag erteilt. (vgl. Anhang 3 Interviewtranskript. Papsch) Der Bebauungsplan sowie der städtebauliche Vertrag befinden sich seit 2018/19 in Abstimmung und sollen 2023 beschlossen werden. (vgl. ebd.) Die Planung ist in fünf Bauabschnitte eingeteilt. Aktuell ist der erste Bauabschnitt bereits in den letzten Zügen der Fertigstellung. Die anderen vier Bauabschnitte befinden sich an unterschiedlichen Planungspunkten, sodass die Forschungsergebnisse dieser Bachelorarbeit theoretisch in die Planung einzelner Gebäude miteinbezogen werden könnten. Aus dem Interview mit dem Bauherrenvertreter des Hospitals (Hr. Papsch) ging hervor, dass die thematischen Schwerpunkte dieser Thesen als wichtige und interessante technische Lösungen erachtet werden. Der Leitfaden sowie der städtebauliche Vertrag wurden aus dem Impuls dieser Forschung heraus entsprechend angepasst, sodass eine eventuelle Umsetzung von beispielsweise der BIPV rechtlich möglich wäre.

15

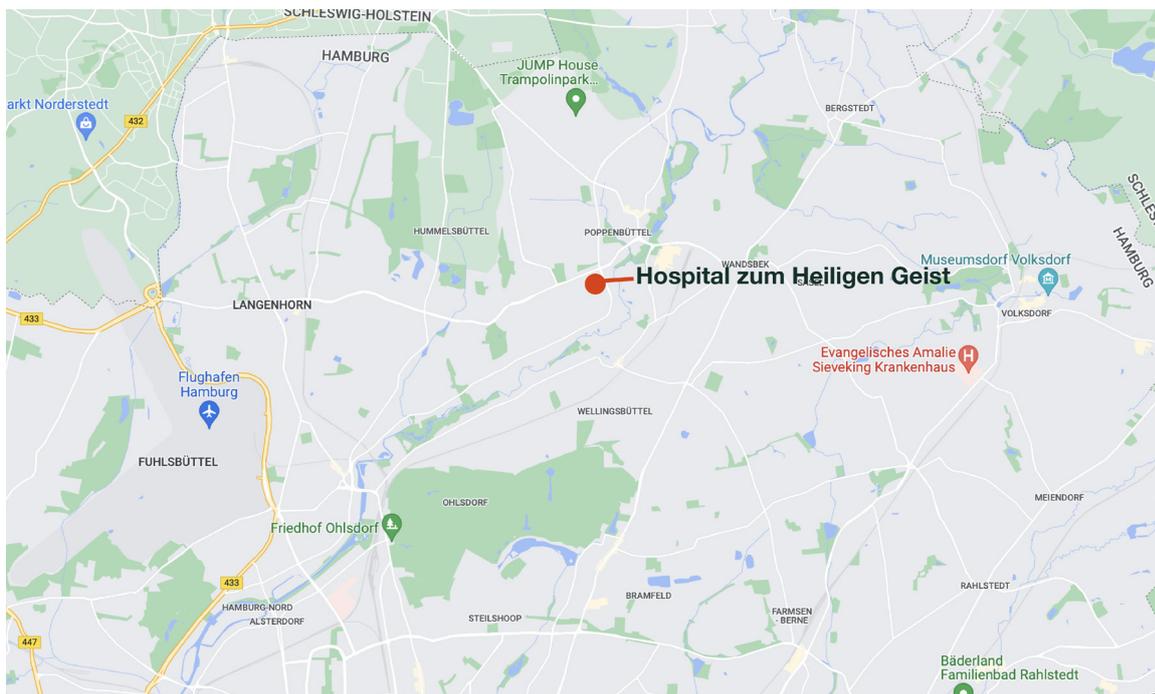


Abb. 1: Verortung Hospital zum Heiligen Geist Hamburg. In Anlehnung an GoogleMaps, o.J..

DER MASTERPLAN

Das beauftragte Architekturbüro Architekturbüro WRS Architekten und Stadtplaner GmbH BDA hat zusammen mit dem Landschaftsarchitekturbüro HUNCK+LORENZ Freiraumplanung einen Gestaltungsleitfaden ausgearbeitet (vgl. Abb. 2). Dieser beinhaltet freiraumplanerische Gestaltungsvorstellungen sowie Planungsleitlinien für die einzelnen Gebäude der Neuplanung. Dabei sind verschiedene Leitsätze formuliert worden, die als Orientierung der Planungsidee verstanden werden. (vgl. WRS Architekten und Stadtplaner GmbH BDA, 2022) Die Planung soll unter dem Grundsatz einer naturnahen Gestaltung sowohl von den Gebäuden als auch den Grünflächen her erfolgen. Das Motto „Wohnen im Park“ lässt erkennen, dass die Grünflächen eng mit den Wohneinheiten der Gebäude geplant und verstanden werden. Diese enge Verbindung zwischen dem Innen- und Außenbereich wird im Gestaltungsleitfaden vor allem deshalb angestrebt, da alte Menschen „aufgrund ihres eingeschränkten Bewegungsradius“ für das Erleben von Natur und Umwelt auf ihre nächste Wohnumgebung angewiesen sind“. (WRS Architekten und Stadtplaner GmbH BDA, 2022) Der bestehende Baumbestand soll erhalten bleiben. Zudem ist das Außengelände „gemäß Vorgaben aus dem Funktionsplan (Anlage 3 zum Städtebaulichen Vertrag) Bepflanzungen vorzunehmen. Es sind mindestens 30 neue Bäume zu pflanzen, diese Bäume sollen überwiegend heimisch, standort- und klimagerecht sein und sollen in ihrer vielfältigen Auswahl an den Bestand im Umfeld angepasst werden.“ (ebd.). Die Grünflächen sollen durch verschiedene Nutzungen ausdifferenziert werden. So ist beispielsweise ein Demenzgarten angedacht worden.

Die Grünflächen sollen zukünftig vorrangig als Raum der Begegnung fungieren. Dabei ist nicht nur die Begegnung der Bewohner*innen gemeint, sondern auch der Kontakt zu Menschen außerhalb des Quartiers. Entsprechend sind neben den Pflegediensten und Wohnungen des betreuten Wohnens auch Dienstleistungs-, Versorgungs- und Kultureinrichtungen als Nutzungen vorgesehen.

Auch die Gebäudeausgestaltung ist auf die Themen „Begegnung“, „Transparenz“, „Natur“ und „Orientierung“ ausgerichtet. Die Foki „Begegnung“ und „Transparenz“ werden durch eine offene Gestaltung der Erdgeschosszonen angestrebt. Die zum Park ausgerichteten Gebäudeseiten werden laut des Gestaltungsleitfadens als „Kontaktflächen“ zu den Grünräumen verstanden. Gemäß des formulierten Leitbildes der „Grünen Wanne“ sollen zu dieser Seite Begrünungssysteme an die Fassade integriert werden. Diese Systeme dienen nicht nur als optisches Verbin-



Abb. 2: Masterplan Hospital zum Heiligen Geist Hamburg. WRS Architekten & Stadtplaner GmbH., o.J..

dungsstück zwischen der Natur und den Gebäudekubaturen, sondern bieten vor allem im Sommer als schattenspendene Ausgestaltungsoption der Außenanlagen.

Neben einer intensiven Dachbegrünung der Tiefgaragen ist zudem der Leitsatz formuliert worden, dass „alle begehbare und befahrbare Flächen [...] nicht vollversiegelt werden“ dürfen (ebd.).

2.2 RECHTSGRUNDLAGE

Für die Unterfrage „Inwieweit bieten rechtliche Vorschriften die Möglichkeit, Innovationsprozesse zu fördern?“ behandelt dieses Kapitel die Rechtsgrundlage des Abwasser- und Energiemanagements. Auf diese Bestandsaufnahme wird im Fazit zurückgegriffen.

ABWASSERMANAGEMENT

Mit Blick auf die Agenda 2030 der Vereinten Nationen und der daraus abgeleiteten SDGs ergibt sich besonders mit dem sechsten Ziel (Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen) eine Verantwortung für den Wasserverbrauch sowie dessen Aufbereitung und wieder Nutzbarmachung (vgl. BMU, o.J.). Das Hamburgische Abwassergesetz (HmbAbwG) umfasst alle landesrechtlichen Regelungen bezüglich der Abwasserwirtschaft für das Bundesland Hamburg (vgl. Landesrecht Hamburg, 2001). Der §3a des HmbAbwG regelt zwischenstaatliche Vereinbarungen. Dort ist unter anderem die rechtliche Grundlage für die Umsetzung von EU-Vorgaben verankert (vgl. Landesrecht Hamburg, 2001). In §2 HmbAbwG wird der Hamburger Stadtentwässerung (HSE) das Hoheitsrecht für die Abwasserbeseitigung zugesprochen. Die HSE ist Teil des Doppelkonzerns Hamburg Wasser. (vgl. ebd.). Die Hamburger Stadtentwässerung ist Teil des Doppelkonzerns Hamburg Wasser. Dieses Hoheitsrecht der Stadtentwässerung wird ebenfalls in §6 HmbAbwG deutlich. Dort ist ein rechtlicher Anschlusszwang festgeschrieben. Anschlusszwang bedeutet in diesem Fall, dass „jeder der Abwasser produziert [...] dieses grundsätzlich“ zum öffentlichen Klärwerk Hamburg Wasser ableiten muss (Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Demnach ist die Stadtentwässerung der zentrale Akteur der Abwasseraufbereitung sowie -beseitigung. Zwar ist auch auf privatrechtlichem Grund eine Abwasserbehandlung erlaubt, doch wird dies meist nur im Industriebereich umgesetzt. Unsere Abwasserinfrastruktur ist ein zentrales System. Um das geklärte Abwasser in öffentliche Gewässer abzuleiten, ist eine Einleitgenehmigung von der Umweltbehörde einzuholen (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Eine Einleitgenehmigung wird erst dann erteilt, wenn ein entsprechender Reinigungsgrad erreicht ist, sowie die Schadstoffbelastung innerhalb der Richtlinien liegen (vgl. ebd.). Rechtlich werden diese Regelungen in den „Allgemeine Einleitbedingungen für das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen“ geregelt (vgl. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 2009). Dort sind zudem spezifische Auflagen für Phosphorwerte festgelegt (vgl. ebd.). Die Eintragung von Arzneimittelrückständen ist bisher nicht explizit reglementiert.

Eine Grauwasseraufbereitung beziehungsweise Vorklärung auf privatem Grund ist zulässig, sofern die zuvor genannten Richtwerte für eine Einleitung erfüllt sind sowie eine Einleitgenehmigung erteilt ist. Soll das aufbereitete Grauwasser für beispielsweise Waschmaschinenanschlüsse wiederverwendet werden, sieht das Wasserhaushaltsgesetz eine Notwendigkeit eines zusätzlichen Trinkwasseranschlusses vor. Die Notwendigkeit eines Trinkwasseranschlusses basiert auf §50 WHG und Art.2 Abs.2 GG (vgl. Bundesministerium der Justiz, o.J.a; Bundesministerium der Justiz, o.J.b).

ENERGIEMANAGEMENT

Mit der Novelle des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) 2023 soll der Ausbau von erneuerbaren Energien beschleunigt werden, um bis 2030 mindestens 80 Prozent des

Bruttostroms aus erneuerbaren Energieträgern zu gewinnen. Wichtige Punkte für diese Arbeit sind zum einen die höhere Vergütung für das Einspeisen von Solarstrom in das Netz und der Wegfall der Umlagen für Strom-Eigenversorgung. (vgl. Die Bundesregierung, 2022) Dabei können PV-Anlagen ab dem 1. Januar 2023 13,4 ct/kWh mit dem produzierten Strom erhalten, wenn dieser ins Verteilnetz eingespeist wird (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022). Durch den Wegfall der EEG-Umlage liegt der Strompreis im Januar 2023 durchschnittlich bei 48,12 ct/kWh für Endkunden. Damit ist der prozentuale Anteil der Umlagen am Gesamtpreis zwar geringer geworden, der tatsächliche Strompreis ist jedoch in den letzten Jahren auf Grund der erhöhten Beschaffungs- und Vertriebskosten deutlich gestiegen. (vgl. BDEW, 2023) Auf den Verbrauch von selbstständig produziertem Strom von beispielsweise PV-Anlagen und der Direktvermarktung (§10b EEG 2023) hinter dem Netzverknüpfungspunkt (§8 EEG 2023) fallen generell keine Umlagen mehr an (vgl. Bundesministerium der Justiz, 2023). Das umfasst in dem Fall ebenfalls die Umlage für das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und die Offshore-Netzumlage (vgl. Die Bundesregierung, 2022).

In Hamburg gilt nach dem Hamburgischen Gesetz zum Schutz des Klimas von 2020 die Solardachpflicht. Ab dem 1. Januar 2023 müssen alle Neubauten in Hamburg mit einer Bruttodachfläche über 50 m² mit PV-Anlagen ausgestattet werden (vgl. Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, 2022).

Wenn PV-Strom bilanziell in das Netz eingespeist wird, ist der Bilanzkreis nach § 4 Abs. 1 StromNZV essentiell. *„Innerhalb einer Regelzone sind von einem oder mehreren Netznutzern Bilanzkreise zu bilden. Bilanzkreise müssen aus mindestens einer Einspeise- oder einer Entnahmestelle bestehen.“* (Bundesministerium der Justiz, 2021). Der Bilanzkreis des Hospitals wird mit dem Verteilnetzbetreiber „Hamburg Stromnetz“ gebildet. Es können nach § 4 Abs. 1 Satz 4 StromNZV Unterbilanzkreise gebildet werden, die einem übergeordneten Bilanzkreis zugeordnet werden (vgl. ebd.). Demnach können für die einzelnen Gebäude des Hospitals Unterbilanzkreise gebildet werden, die zu einem Bilanzkreis zusammengeschlossen werden. Durch diese Aufgliederung ist es gesetzlich möglich, den PV-Eigenstrom eines Gebäudes für ein anderes zu nutzen.

2.3 Klimatische Bedingungen HzHG

Hamburg befindet sich in der feucht-gemäßigten Klimazone. Dort scheint im Durchschnitt des gesamten Jahres 4,2 Stunden die Sonne pro Tag. Dabei steigt die Stundenanzahl von Mai bis August auf 7 Stunden pro Tag und sinkt bis auf 1 Stunde im Dezember sowie im Januar. (vgl. Abb. 3) Damit ist die Sonnenstundenzahl etwas geringer als der Durchschnitt Deutschlands. Im Gegensatz dazu ist die Zahl der Tage, an denen es regnet, höher als der Bundesdurchschnitt. Hamburgs durchschnittliche Zahl der Regentage beläuft sich auf 15,8 Tage pro Monat. Dabei gibt es über die Monate keine großen Abweichungen vom Durchschnitt. (vgl. Abb. 4) (vgl. Klimatabelle und Klima weltweit, o.J.)

Anlässlich des Klimawandels ist das Auftreten von Extremwetterereignissen immer wahrscheinlicher. Das betrifft auch die Stadt Hamburg, sodass im Sommer mit längeren sowie stärkeren Hitzeperioden zu rechnen ist. Ebenfalls wird es gehäuft zu Starkregenereignissen kommen, wodurch zugleich die Gefahr von Überschwemmungen gesteigert ist.

Technische Infrastrukturen reagieren auf jene Extremwetterereignisse entsprechend. Die Abwasserinfrastruktur kann bei großen Regenmengen überlastet werden. Auf das vermehrte Auftreten muss die Infrastruktur vorbereitet werden. Im Gegensatz dazu kann die intensive Sonneneinstrahlung mittels Einsatzes von Photovoltaik zum Vorteil genutzt werden, um mehr Energie zu gewinnen.

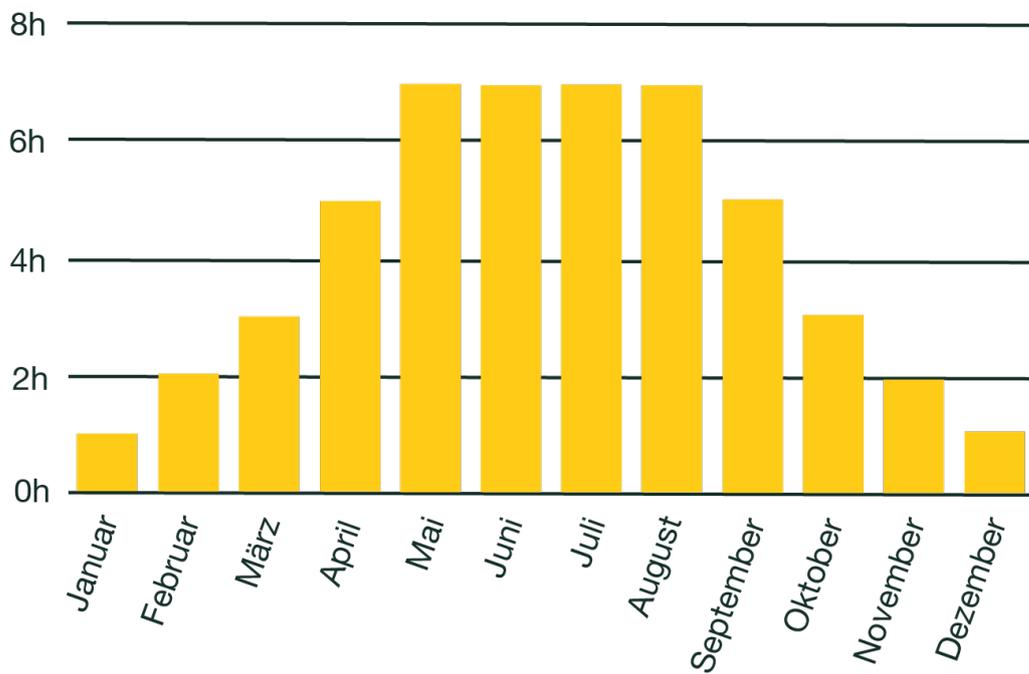


Abb. 3: Sonnenstunden für Hamburg, durchschnittliche Jahreswerte. In Anlehnung an Klimata-
belle und Klima weltweit, o.J..

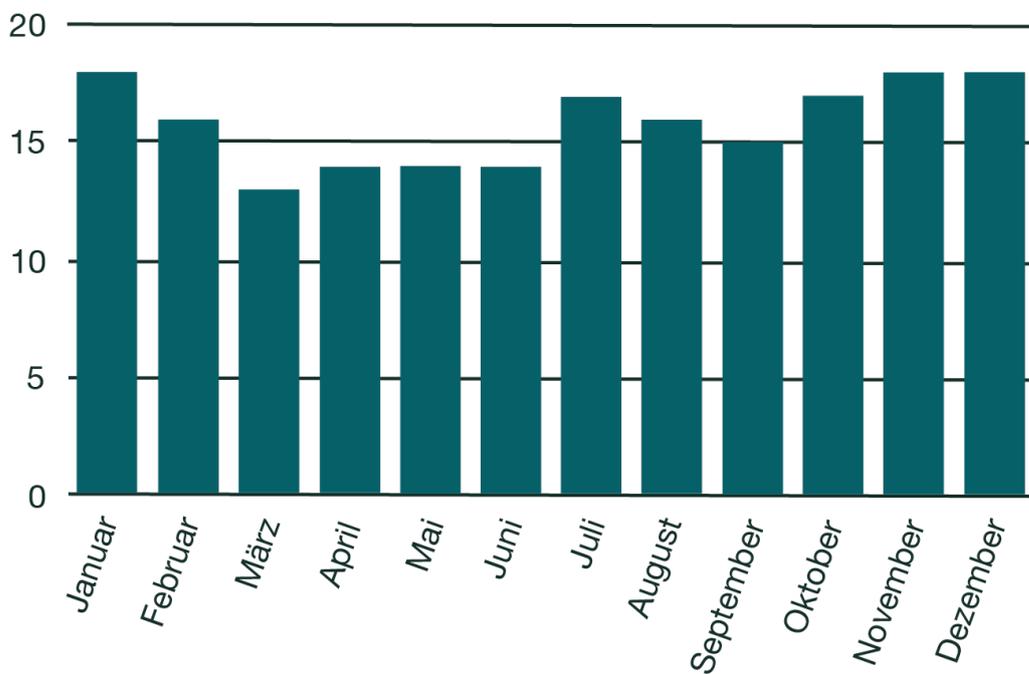


Abb. 4: Regentage für Hamburg, durchschnittliche Jahreswerte. In Anlehnung an Klimata-
belle und Klima weltweit, o.J..

3.

ABWASSER MANAGE MIENT

RESSOURCENSCHONEND & SCHADSTOFFARM

Im folgenden Kapitel sollen verschiedene Technologien auf ihren Beitrag für eine ressourcenschonende und schadstoffarme Abwasserwirtschaft hin untersucht werden. Dabei werden die jeweiligen Methoden nicht nur getrennt voneinander betrachtet, sondern es wird auch nach Möglichkeiten für eine Kombination dieser gesucht. Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen werden anschließend auf das Hospital zum Heiligen Geist übertragen. Bestehend aus vier aufeinander aufbauenden Schritten wird ein Schema entwickelt, welches die technischen Möglichkeiten sowie die Potentiale des Hospitals zusammenfasst.

Arzneimittel sind Teil unserer Lebensrealität. Ob in der Human- oder Tiermedizin, täglich werden unterschiedliche Wirkstoffe verabreicht. Dabei wird nur ein kleiner Prozentanteil der Arzneimittel im Körper selbst abgebaut (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Rund 80 Prozent der Wirkstoffe werden über den Urin ausgeschieden. Über das Abwassersystem werden die Stoffe in die zentralen Kläranlagen geleitet. Das Klärungsverfahren ist jedoch nicht darauf spezialisiert, die Arzneimittelrückstände zu filtrieren oder zu behandeln. „Deshalb werden Rückstände von Humanarzneimitteln nahezu flächendeckend und ganzjährig im Bereich von Kläranlagenabläufen sowie in Bächen, Flüssen und Seen, aber auch im Grund- und vereinzelt im Trinkwasser nachgewiesen.“ (Umweltbundesamt, 2014). Oftmals wird der im Klärungsprozess entstehende Klärschlamm in der Landwirtschaft als Dünger verwendet (vgl. ebd.). Auch in dem Klärschlamm können Arzneimittelrückstände enthalten sein. Laut des Umweltbundesamts gelangen diese Wirkstoffe durch vermehrt auftretende Starkregenereignisse häufiger und in größeren Mengen in das Grundwasser. Es zeigt sich, dass auf unterschiedlichen Wegen die verschiedenen Stoffe in den Wasserkreislauf gelangen (vgl. Abb. 5). In der Landwirtschaft sind diese Einträge bekannt. Nicht nur die Problematik von Antibiotikaeinträgen, sondern auch die Nährstoffeinträge von Düngemitteln in das Grundwasser sind ein akutes Problem, was es zu behandeln gilt. Mit Blick auf die Arzneimittel der Humanmedizin erfährt diese Thematik allerdings kaum über Fachkreise hinaus Beachtung. Und das, obwohl aktuell allein im humanmedizinischen Bereich Deutschlands circa 2.500 „verschiedene Wirkstoffe auf dem Markt sind, wovon etwa die Hälfte nach den aktuellen Bewertungskriterien relevant für eine vertiefte Umweltprüfung wären.“ (Umweltbundesamt, 2022) (vgl. Abb. 6). Laut Umweltbundesamt (2014) gibt es seit 2009 in Deutschland kein „einheitlich kommuniziertes Rücknahmesystem für nicht verbrauchte Arzneimittel“. Die Entsorgung der Arzneimittelreste ist aktuell über den Hausmüll zulässig. Allerdings ergaben Untersuchungen, dass jede*r siebte Deutsche diese Reste über die Toilette entsorgt (vgl. JenaWasser, o.J.). Wie die Arzneimittel in den Wasserkreislauf gelangen, ist zuvor be-

ARZNEIMITTEL

„Unter Arzneimitteln versteht man Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die zur Heilung, Linderung, Erkennung oder Verhütung menschlicher oder tierischer Krankheiten bestimmt sind. Arzneimittel bestehen in der Regel aus den arzneilich wirksamen Bestandteilen, den eigentlichen Wirkstoffen, sowie aus Hilfsstoffen. Sie werden am oder im menschlichen oder tierischen Körper in unterschiedlichen Darreichungsformen wie Tabletten, Tropfen, Injektionen, Salben, Sprays oder Säften angewendet. Einige arzneiliche Wirkstoffe wie Pflanzenextrakte werden seit Jahrtausenden genutzt. Die modernen Arzneimittel werden von der Pharmaforschung gezielt entwickelt und industriell hergestellt.“ (Umweltbundesamt, 2014)

21

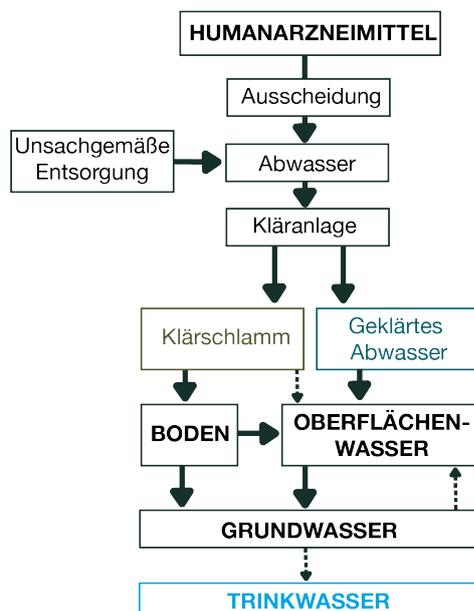


Abb. 5: Haupteintragswege für Humanarzneimittel. In Anlehnung an Umweltbundesamt, 2014.

ZENTRALE KLÄRANLAGE

In einer zentralen Kläranlage werden die Abwässer einer gesamten Region gesammelt behandelt.

schrieben worden. Doch warum stellt eine Eintragung der Wirkstoffe ein Umweltrisiko dar? Hierfür ist die Betrachtung der physikalisch-chemischen Eigenschaften relevant (vgl. Umweltbundesamt, 2014). Diese Eigenschaften sind unter anderem: „Wasserlöslichkeit, Metabolisierung im Körper, Verhalten in der Umwelt sowie die Ökotoxizität“ (Ebert, I. et al., 2014). Bei

KLÄRSCHLAMM

Der Klärschlamm ist jener Schlammanteil, der nach dem Abwasserbehandlungsprozess entsorgt werden muss.

der Herstellung von Arzneimitteln stehen diese Eigenschaften vor allem im Zusammenhang mit der Reaktion im (menschlichen) Körper im Vordergrund. Eine hohe Wasserlöslichkeit ist eine hilfreiche Eigenschaft für die Einnahme von Arzneimitteln. Als Ausscheidungsprodukt im Abwasser kann dieser Umstand jedoch nachteilig sein (vgl. ebd.).

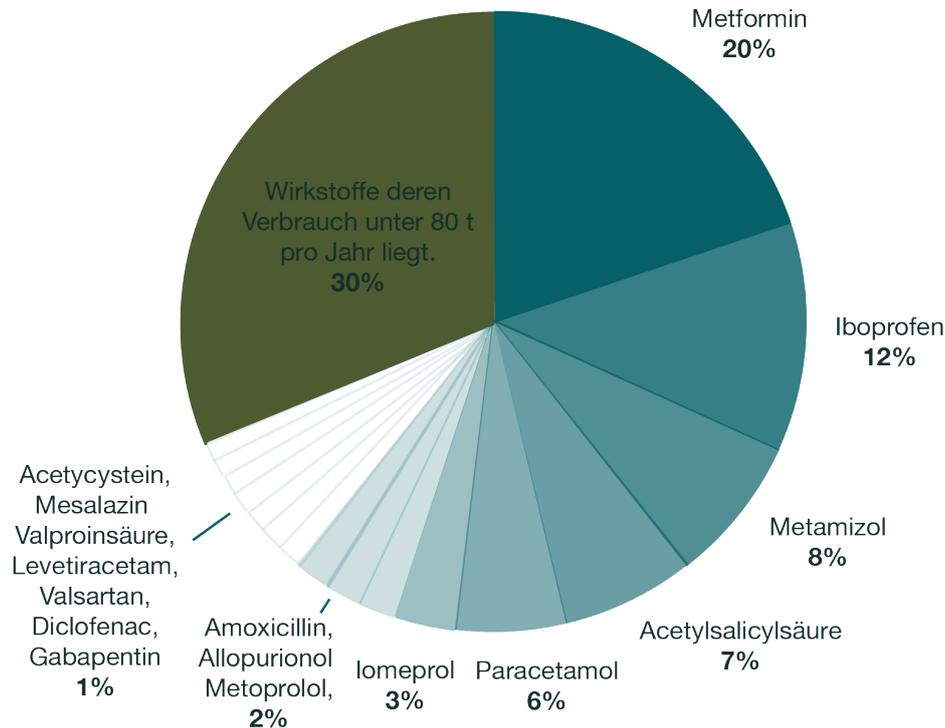


Abb. 6: Übersicht über die im Jahr 2012 in Deutschland meistverbrauchten Humanarzneimittelwirkstoffe mit Umweltrelevanz. In Anlehnung an Umweltbundesamt, 2014.

DEMOGRAPHIE DER ARZNEIMITTELEINNAHME

Der Anteil der alten Menschen steigt in Deutschland im Zuge des demographischen Wandels weiter an. Relevant ist diese Tatsache vor allem unter dem Gesichtspunkt, dass „Daten der gesetzlichen Krankenversicherung zeigen, dass etwa 30 bis 40 Prozent aller Bundesbürger, die älter als 65 sind, täglich mindestens 4 Arzneimittel einnehmen. Ab 75 Jahren nimmt jeder Dritte sogar mehr als 8 Arzneimittel ein.“ (Deutsche Seniorenliga, o.J.) Es ist erkennbar, dass der demographische Wandel im Umkehrschluss mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Anstieg des Arzneimittelverbrauchs führen wird (vgl. Umweltbundesamt, 2022). Folglich „ist in Zukunft auch mit einem Anstieg der Umweltbelastung durch Arzneimittelrückständen zu rechnen“ (ebd.). Die Notwendigkeit für einen verantwortungsvollen Umgang mit dieser Thematik und progressiven Lösungen liegt auf der Hand. Insbesondere medizinische Einrichtungen sowie Pflegestätten, wie Krankenhäuser oder Altenpflegeheimen, sollten diesbezüglich eine besondere Verantwortung erkennen. Schließlich sind diese Orte Ballungspunkte, an denen sehr konzentrierte Mengen an Arzneimittelrückständen in das Abwasser geleitet werden.

HANDHABUNG VON ARZNEIMITTELN

Derzeit ist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) dafür zuständig, jährlich eine Übersicht der verschiedenen Arzneimittel sowie eine Einschätzung zu den jeweiligen Wirkstoffen zu veröffentlichen (vgl. ebd.). Laut dem Umweltbundesamt (2022) sind in Deutschland etwa 414 Arzneimittelwirkstoffe in der Umwelt nachgewiesen. „Sie wurden meist in Flüssen, Bächen oder Seen gemessen. In den meisten Fällen liegen die Konzentrationen im Bereich bis 0,1 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$)“ (ebd.). Das Umweltbundesamt (UBA) berücksichtigt „im Rahmen des Zulassungsverfahrens“ (ebd.), welche Auswirkungen die jeweiligen Wirkstoffe auf die Umwelt haben. Bemerkenswert ist, dass diese Prüfung lediglich auf Grundlage der Daten der Antragssteller*innen erfolgt. Folglich ist hier die Frage, inwieweit diese Bewertung objektiv sein kann, nicht ganz ungerechtfertigt.

HERAUSFORDERUNGEN DER WASSERWIRTSCHAFT

Die Ressource Wasser ist endlich. Im Zeitalter des anthropogenen Klimawandels ist ein verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen jeglicher Art essentiell. Hierfür müssen Prozesse optimiert und angepasst werden. Alte Strukturen und Handlungsweisen müssen auf Verbesserungs- und Einsparungspotentiale hin untersucht werden. Mit Blick auf die Wasserwirtschaft sind hier vor allem die Kanalinfrastuktur, die Klärwerke sowie die verbaute Infrastruktur in Häusern von Belang. Wie bereits in Kapitel 1.1 skizziert, besteht die Kanalinfrastuktur, wie wir sie heute kennen, seit Ende des 20. Jahrhunderts, teilweise schon seit des 19. Jahrhunderts (vgl. Keough, 2018). Seitdem hat sich an der Funktionsweise der Technologie kaum etwas verändert. Mit wachsender Zahl an Haushalten hat sich das Kanalsystem lediglich größentechnisch mitentwickelt. Dies führt heute zu dem Problem, dass das Abwasser zum Teil über große Distanzen und Zeiträume von bis zu zwei Tagen zu einer zentralen Kläranlage geleitet werden muss (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Für den Transport hin zur Kläranlage werden große Mengen Wasser benötigt, was einem ressourcenschonenden Umgang widerspricht (vgl. Keough, 2018). Es zeigt sich, das Abwassersystem steht vor Herausforderungen. Der Ansatz einer zentralen Reinigung und Aufbereitung des Abwassers im Zusammenhang mit der wachsenden Haushaltsanzahl kann den Herausforderungen der Ressourcenknappheit auf Dauer nicht gerecht werden.

VERBRAUCHSRECHNUNG HOSPITAL

Laut dem Umweltbundesamt werden 27 Prozent des Trinkwasserbedarfs einer

Person pro Tag in Deutschland für die Toilettenspülung verwendet. Die restlichen 73 Prozent sind mit anderen Nutzungen, wie der Körperpflege (36 Prozent), dem Wäsche waschen (12 Prozent), dem Geschirrspülen (6 Prozent), der Raumreinigung (6 Prozent), dem Essen und Trinken (4 Prozent) und genutzten Kleingewerbe (9 Prozent) verbunden. (vgl. Umweltbundesamt, 2022) Dieser Anteil geht als Grauwasser in die Kanalisation.

Das Hospital hat einen jährlichen Trinkwasserverbrauch von 47.000 m³, was 47.000.000 Litern und **128.767 Litern pro Tag** entspricht. In diese Berechnung sind alle Gebäude mit einbezogen, unter anderem auch die Verwaltung oder das Restaurant vor Ort. Derzeit bewohnen etwa 1.200 Personen das Hospital, was einen täglichen Wasserverbrauch von 107 Liter pro Person ergibt. Diese Zahl ist mit dem vom Umweltbundesamt angegebenen Wert von 128 Liter täglich pro Person vergleichbar, weshalb mit den vom Amt ermittelten Anteilen des Wasserverbrauchs weitergerechnet wird. Die Prozentangaben des Umweltbundesamts werden auf den gesamten Wasserverbrauch, also alle Nutzungsbereiche des Hospitals angewendet, da unser Konzept alle Nutzungsbereiche umfasst. Einfachheitshalber wird angenommen, dass die prozentuale

Zusammensetzung des Abwassers der des Trinkwassers gleicht, das heißt 27 Prozent Schwarzwasser und 73 Prozent Grauwasser. Damit ergibt sich eine Schwarzwassermenge von 12.690.000 Liter pro Jahr beziehungsweise **34.767 Liter pro Tag**. Die Grauwassermenge beläuft sich auf 34.310.000 Liter pro Jahr und somit auf **94.000 Liter pro Tag**.

Im Durchschnitt konsumiert eine Person in Deutschland täglich 40 Liter erwärmtes Trinkwasser (vgl. thermondo GmbH, 2022). Im Hospital entspricht das 48.000 Litern erwärmtem Trinkwasser pro Tag. Der Energieverbrauch für das Erhitzen des Trinkwassers beläuft sich auf 1,65 bis 2,2 kWh pro Tag pro Person (vgl. ebd.). Nach dieser Rechnung verbraucht das Hospital 1.980 bis 2.640 kWh pro Tag allein durch die Bereitstellung von Warmwasser. Es wird weiter mit dem Durchschnittswert von **2.310 kWh pro Tag** gearbeitet. Anhand der Hochrechnung auf 843.150 kWh pro Jahr und verglichen mit dem Gesamtenergieverbrauch des Hospitals im Jahr 2022 von 13.153.292 kWh entspricht der Energieverbrauch für das Erhitzen des Trinkwassers 6,41 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs.

SCHWARZWASSER

Schwarzwasser umfasst das gesamte Abwasser aus der Toilette.

GRAUWASSER

Grauwasser umfasst das gesamte Abwasser ausgenommen des Abwassers der Toilette.

Ziel ist es, den aktuellen Trinkwasserverbrauch sowie den Energieverbrauch zur Trinkwassererwärmung des Hospitals zu senken. Aus diesem Grund wird nachfolgend ein analysebasiertes Konzept aus vier aufeinanderfolgenden Schritten aufgezeigt, welches ein ressourcenschonendes und schadstoffarmes Abwassermanagement skizziert. Dabei beinhalten die späteren Schritte ebenfalls die Technologien der vorangegangenen Punkte.

3.1 SCHRITT 1: STATUS QUO

Schritt eins beschreibt die konventionelle Abwasserentsorgung und -klärung. Pro Tag werden die 94.000 Liter Grauwasser aus Spülmaschine, Waschbecken, Dusche und Waschmaschine zusammen mit den 34.767 Litern Schwarzwasser der Toilette in die zentrale Hamburger Kläranlage abgeleitet (vgl. Abb. 7). Dort wird das Grau- und Schwarzwasser des Hospitals mit dem Abwasser anderer Haushalte sowie dem Regenwasser vermischt und anschließend anhand mehrerer Arbeitsschritte (vgl. Abb. 8) nach den Anforderungen von § 3 AbwV gereinigt. Das Abwasser darf nach der Abwasserverordnung nur in ein Gewässer abgeleitet werden, wenn die Schadstofffracht unter Einbezug der

Standortverhältnisse möglichst gering gehalten wird. Die Anforderungen an die Konzentrationswerte der Schadstoffe müssen mit dem Stand der Technik einhergehen. (vgl. Bundesministerium der Justiz, o.J.c) Die Technik, mit der derzeit in Kläranlagen gearbeitet wird, ist nicht in der Lage, komplett schadstoffreies Wasser nach Durchführung des Reinigungsprozesses zu gewinnen. Die mehrstufigen Reinigungstechniken sind darauf ausgerichtet, Stoffe wie Stickstoff oder Phosphor anhand bio-

MIKROSCHADSTOFFE (MSS)

„Als Mikroverunreinigungen bezeichnen wir Stoffe, die in der Regel in geringen Konzentrationen (meist µg-ng/l) in den Gewässern vorkommen und in diesen Konzentrationen negative Auswirkungen auf Mensch, Umwelt oder die Trinkwassergewinnung haben können. Dies schließt auch Transformations- und Abbauprodukte (Metaboliten) der Ausgangssubstanzen mit ein.“ (Umweltbundesamt, 2018, S.9)

logischer Reinigungsstufen oder durch Anreicherung in Klärschlämmen zurückzuhalten. Die Elimination von Arzneimitteln steht bei diesen Reinigungsstufen nicht im Fokus. (vgl. ABFALLMANAGER MEDIZIN, 2016) Viele Mikroschadstoffe, zu denen Arzneimittelwirkstoffe gehören, können nicht zufriedenstellend reduziert werden. Das Wasser, das den Klärungsprozess durchlaufen hat, wird in umliegende Gewässer zurückgeleitet. Das führt zu einer Konzentration der Arzneimittelwirkstoffe von etwa 100 Nanogramm pro Liter bis zu 1 Mikrogramm pro Liter in jenen Gewässern. (vgl. ebd.) Schon eine geringe Konzentration wie diese wirkt bei Fischen gesundheitsgefährdend. Auch für Menschen kann diese Konzentration gesundheitsgefährdende Auswirkungen haben. (vgl. ebd.)

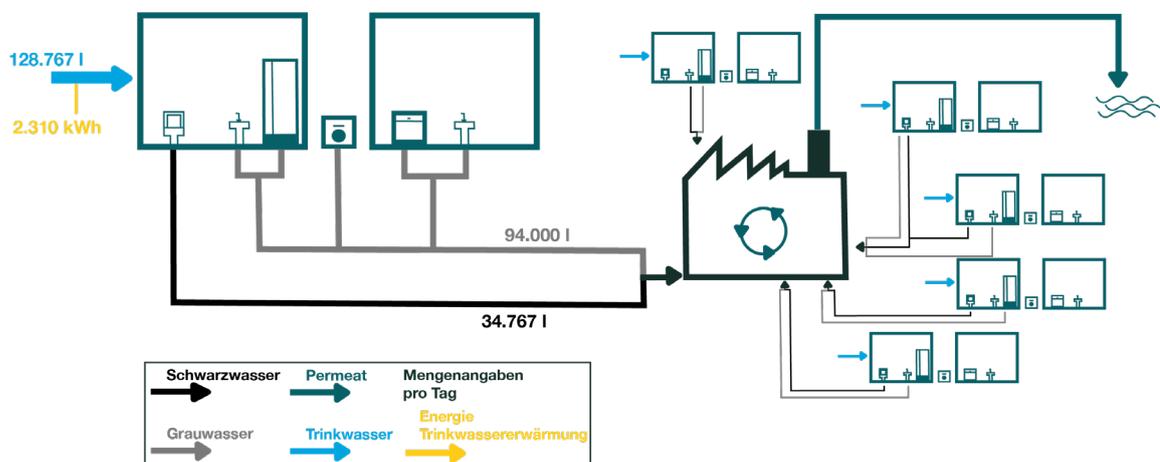


Abb. 7: Schritt 1: Status quo. Eigene Darstellung.

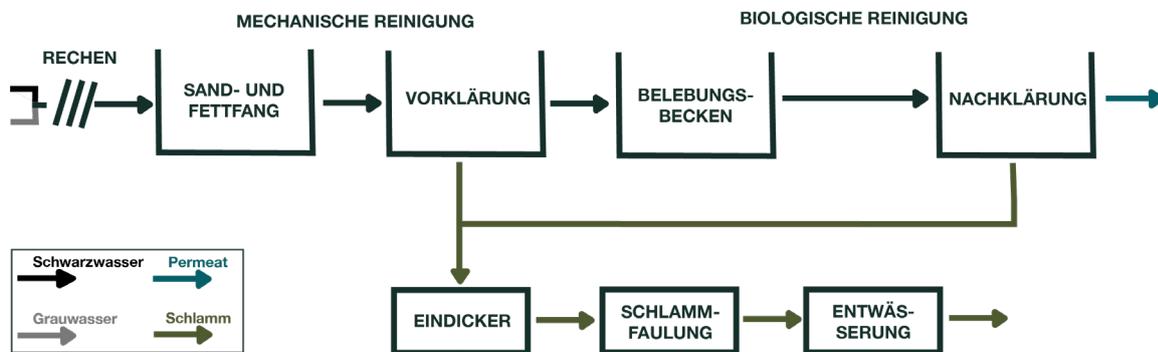


Abb. 8: Zentrale Kläranlage. In Anlehnung an Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, o.J..

3.2 ANGEWANDTE TECHNOLOGIEN

Im folgenden Abschnitt werden die in den nächsten Schritten angewandten Technologien auf Grundlage von Literaturrecherche und Expert*inneninterviews erläutert.

3.2.1 GRAUWASSERAUFBEREITUNG

Wasser ist Grundlage allen Lebens. Der Mensch sollte am Tag durchschnittlich zwei Liter Wasser trinken. Doch nicht nur für den körpereigenen Bedarf spielt Wasser eine wichtige Rolle. Im alltäglichen Bedarf verbraucht jeder Mensch in Deutschland rund 130 Liter Trinkwasser pro Tag (vgl. Umweltbundesamt, 2022). Alle Wasser-Anwendungen im Haus werden mit Trinkwasser gespeist. Mit Blick auf die Agenda 2030 der Vereinten Nationen und der daraus abgeleiteten SDGs ergibt sich besonders mit dem sechsten Ziel (*Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen*) eine Verantwortung für den Wasserverbrauch sowie dessen Aufbereitung und wieder Nutzbarmachung (vgl. BMU, o.J.). Bei genauer Betrachtung zeigt sich, dass Einsparungspotenziale bisher weitestgehend ungenutzt bleiben. Dies liegt nicht etwa daran, dass Technologien keine alternative Anwendungsmöglichkeiten bieten würden, sondern vor allem an rechtlichen Grundvoraussetzungen sowie der auf gesellschaftlicher Ebene verankerten Denk- und Handlungsmustern bezüglich Trinkwasserthematiken. So ist beispielsweise laut Nolde für Verbrauchsstellen wie „die der Garten- und Gründachbewässerung, aber auch für die WC-Spülung und das Wäschewaschen [...] keine Trinkwasserqualität erforderlich. Allein die beiden letzteren machen jedoch nahezu 50 % des täglichen Haushaltswasserbedarfs aus.“ (Nolde, 2021). Es zeigt sich, dass verschiedene Stellen ein enormes Einsparungspotential bieten. Durch die Technik der Grauwasseraufbereitung ist es möglich, einen Teil des anfallenden Abwassers wiederzuverwenden und somit den Trinkwasserverbrauch zu reduzieren. Um möglichst effizient in der Aufbereitung zu sein, wird eine Teilstromtrennung empfohlen (vgl. Nolde, 2021). Durch eine separate Leitung fließt das graue Abwasser aus Dusche, Waschmaschine, Spülmaschine und Waschbecken durch einen eigenen Klärprozess. Wichtig ist an dieser Stelle, dass das Küchenabwasser zuvor gesiebt und durch einen Fettabscheider (FA) behandelt wird, bevor dieses mit dem restlichen Grauwasser zusammen behandelt wird. Das hat zum Grund, dass das Küchenabwasser viele Feststoffe in Form von Küchenabfällen und Fette beinhaltet. Durch die Trennung an der Quelle von Grau- und Schwarzwasser wird ein aufwendiger Trennungsprozess der Abwässer vermieden, sodass auch an dieser Stelle Ressourcen gespart werden können. Weiterhin bietet die Teilstromtrennung die derzeit sicherste Variante, um das Grauwasser qualitativ hygienisch zu reinigen (vgl. ebd.).

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)

„Die Agenda 2030 mit ihren 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) ist ein globaler Plan zur Förderung nachhaltigen Friedens und Wohlstands und zum Schutz unseres Planeten. Seit 2016 arbeiten alle Länder daran, diese gemeinsame Vision zur Bekämpfung der Armut und Reduzierung von Ungleichheiten in nationale Entwicklungspläne zu überführen. Dabei ist es besonders wichtig, sich den Bedürfnissen und Prioritäten der schwächsten Bevölkerungsgruppen und Länder anzunehmen - denn nur wenn niemand zurückgelassen wird, können die 17 Ziele bis 2030 erreicht werden.“ (Vereinte Nationen, o.J.)

GRAUWASSERAUFBEREITUNG IM HOSPITAL

Am Beispiel des Hospitals zum Heiligen Geist soll die Grauwasseraufbereitung durch die KNF-Methode vollzogen werden. Diese wird im Kapitel 3.2.2 erläutert. Sollte eine Grauwasseraufbereitung im Haus vorhanden sein, besteht nach derzeitiger Praxis eine Pflicht, dass im gesamten Haus ausgenommen der Toilette durch entsprechende bauliche Maßnahmen die Möglichkeit gegeben sein muss, zwischen Trinkwasser- und aufbereitetem Grauwasseranschluss wählen zu können. Die Notwendigkeit eines Trinkwasseranschlusses basiert auf §50 WHG und Art.2 Abs.2 GG (vgl. Bundesministerium der Justiz, o.J.a; Bundesministerium der Justiz, o.J.b). Zum anderen wird hier die Problematik des gesellschaftlich verankerten Denkens sichtbar, dass ausschließlich Trink-

wasser als qualitativ hochwertig und für den Haushaltsgebrauch angesehen wird. Dabei ist nach entsprechender Aufbereitung des Grauwassers dessen Verwendung für WC sowie Waschanschlüsse hygienisch unbedenklich (vgl. Nolde, 2021). Um ein Umdenken zu erwirken, ist eine konsequente Handhabung der Abwasserthematik notwendig. Ein erster Schritt wäre, das Einsparungs- und Recyclingpotential der Ressource Wasser ebenso

KREISLAUFWIRTSCHAFT

„Die Kreislaufwirtschaft ist ein Modell der Produktion und des Verbrauchs, bei dem bestehende Materialien und Produkte so lange wie möglich geteilt, geleast, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und recycelt werden. Auf diese Weise wird der Lebenszyklus der Produkte verlängert.“ (Europäisches Parlament, 2022)

wie andere Güter verstärkt anzugehen. Hierfür bieten gesetzliche Vorgaben eine wichtige Möglichkeit, um Handeln und Denken anzupassen. Nolde weist beispielsweise auf die Lücke des Kreislaufwirtschaftsgesetzes hin, welches bisher nur für Abfälle Anwendung findet. Dabei sind die Grundsätze *Abwassermeidung* sowie *Abwasserrecycling* wichtige Ansatzpunkte, um Einsparungspotentiale wahrzunehmen. Weiterhin sieht Nolde die politische Verantwortung darin, für Neubauten von vornherein eine Teilstromtrennung verpflichtend zu machen. Damit würde das Potential der Grauwasseraufbereitung von Beginn an konsequent baulich implementiert werden, sodass eine aufwendige Nachjustierung diesem Verfahren an späterer Stelle nicht mehr im Weg steht (vgl. Nolde, 2021). Aus 16 Jahren praktischer Erfahrungen hat sich laut Nolde ergeben, dass das Grauwasserrecycling von den Bewohner*innen gut angenommen wird (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Die Betriebskosten einer solchen Grauwasseraufbereitungsanlage werden *„über einen Quadratmeter umgelegt“* (Nolde, 2023). Diese Abrechnungsweise ergibt Sinn, da das Betriebswasser für eine Toilettenspülung nicht häufiger benutzt wird, nur weil es nicht über den Verbrauch abgerechnet wird (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde).

3.2.2 KOMBINATION NANOFILTRATION UND FESTBETTREAKTOR (KONZEPT „MICROSTOP“)

Die Technische Universität Hamburg erforscht mit dem Konzept *„MicroStop“* die KNF anhand zwölf verschiedener Schadstoffarten, die mittels eines Screeningverfahrens des Wassers, welches für die Versuche verwendet wird, nachgewiesen sind. Ziel ist es, diese weitestgehend zu eliminieren.

NANOFILTRATION

Die Nanofiltration ist Teil der Membranfiltrationsverfahren. Es wird mit verschiedenen Membranschichten gearbeitet, die großes Modifikationspotential aufweisen (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Die Porengröße des Filters beziehungsweise die minimale Größe der Teilchen, die herausgefiltert werden kann, beträgt 10^{-3} bis 10^{-2} Mikrometer. (vgl. Büning, 2021, S.9) Im Gegensatz zum Verfahren der Ozonung findet keine Transformation in weiterhin schädliche Stoffe statt (vgl. ebd., S.13). Daneben kann die Nanofiltration im Durchschnitt mehr als 93 Prozent der MSS vom Permeat absondern. Anderen Verfahren (zum Beispiel der Aktivkohlefiltration), die zum Ziel haben, nur etwa 80 Prozent

herauszufiltern, ist sie damit klar im Vorteil (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Somit wirkt die NF als Barriere für Mikroschadstoffe. (vgl. Büning, 2021, S.1)

FESTBETTREAKTOR

Der Festbettreaktor (FBR) ist für den biologischen Abbau der Mikroschadstoffe zuständig. Der Abbau wird von spezifischen Mikroorganismen, die im Gegensatz zum Belebtschlammverfahren in dem Biofilm verwachsen sind, übernommen. Dadurch können auch langsam wachsende Bakterien gefördert werden. Diese Bakterien sind ebenso für die Nitrifikation und Denitrifikation verantwortlich. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) Wie schnell dieser Prozess vonstattengeht, hängt von der Durchsatzmenge, den spezifischen MSS sowie dem Zustand der Bakterien ab. Wenn die Mikroorganismen länger keine Schadstoffe zum Verarbeiten haben, können sie diese wiederum im Anschluss schneller abbauen. Allerdings muss die Induktionsschwelle, eine bestimmte Mindestmenge an MSS, überschritten werden, um das Abbauen der Stoffe durch die Mikroorganismen zu garantieren. (vgl. ebd.) Der Biofilm des FBR kann ein hohes Alter erreichen, wodurch der Abbau von MSS noch effizienter wird, da sich die Bakterien mit der Zeit auf die spezifischen Schadstoffe einstellen. Ein weiterer Vorteil des FBR ist die Belüftung von unten, wodurch diese besser geregelt werden kann. Dazu ist der Reaktor kompakt gebaut, damit stabil sowie sehr rudimentär im technischen Aufbau. (vgl. ebd.)

PERMEAT

Das Permeat (lat. das Durchdringende) ist das durch ein Membranfiltrationsverfahren aufbereitete, reine Wasser (vgl. GROSS Wassertechnik GmbH, o.J.).

RETENTAT

Das Retentat sind die Stoffe, die bei einer Membranfiltration zurückgehalten werden (vgl. LUMITOS AG, o.J.).

NITRIFIKATION

„Die Nitrifikation ist die Umsetzung von Ammoniak bzw. Ammonium zu Nitrat. Sie wird im natürlichen Gewässer und bei der biologischen Abwasserreinigung von Nitrifikanten durchgeführt.“ (Wasser-Wissen, o.J.b)

DENITRIFIKATION

Die Denitrifikation ist „der Abbau von Nitrat zu molekularem Stickstoff durch spezielle Mikroorganismen [...]. Das Verfahren wird technisch u.a. in der biologischen Abwasserreinigung als Folgeschritt nach der Nitrifikation für den Abbau von Stickstoffverbindungen genutzt.“ (Wasser-Wissen, o.J.a)

PROZESSABLAUF

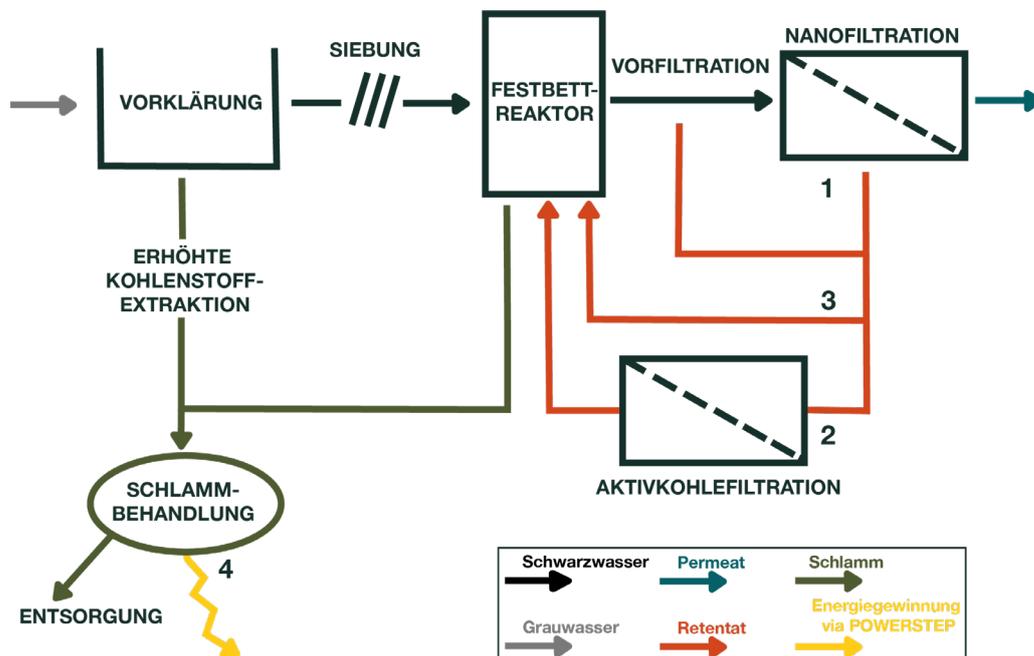


Abb. 9: Kombination Nanofiltration und Festbettreaktor. In Anlehnung an Büning, B., 2021.

Das bei der Nanofiltration entstehende Retentat wird in den FBR zurückgeleitet (vgl. Abb. 9, Schritt 1), in dem durchschnittlich 78 Prozent der im Abwasser enthaltenen MSS abgebaut werden können (vgl. Büning, 2021, S.1). Die persistenten Schadstoffe, die nicht im FBR abgebaut werden können, sollen durch einen zwischengeschalteten Aktivkohlefilter (vgl. Abb. 9, Schritt 2) zurückgehalten werden. Das Zurückhalten von 100 Prozent der MSS durch den Aktivkohlefilter ist nicht gewährleistet. Eine Ozonung wird an dieser Stelle trotzdem nicht in Betracht gezogen, da für den Prozess Ozon hergestellt werden muss. Über den Aktivkohlefilter soll jedoch nur ein Teil des Retentats laufen. Der restliche Teil wird direkt in den FBR geleitet (vgl. Abb. 9, Schritt 3). (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) An dieser Stelle ergeben sich laut Birthe Stricker die Fragen „[...] Welche Schadstoffe möchte ich in der Biologie belassen, weil ich weiß, die haben eine Chance, abgebaut zu werden? Ab welcher Menge werden sie nicht mehr abgebaut? Können diese an einem Aktivkohlefilter absorbiert werden? [...] Wie groß ist der Teilstrom, den ich [...] weggleiten müsste?“ (Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) Der Versuch, so viele MSS wie möglich zurückzuhalten beziehungsweise zu eliminieren, erweist sich hier als äußerst komplex. Dazu kommt, dass die Schadstoffe lediglich von den Membranen des Aktivkohlefilters zurückgehalten werden. Die Stoffe können sich demzufolge auf der Membran ansammeln, sodass potentiell ein zu hoher Substanzdruck die Schadstoffe durch die Membran passieren lässt. Trotz alledem ist für das Erreichen des Ziels einer maximalen MSS Zurückhaltung ein zwischengeschalteter Aktivkohlefilter als sinnvoll zu erachten. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker)

Wie auf der Abbildung 5 zu sehen ist, wird der Festbettreaktor sowie eine Vorfiltration der Nanofiltration vorgeschaltet. Damit wird das Verstopfen der Membran des Nanofilters durch Feststoffe und biologisch aktive Substanzen vorgebeugt (vgl. Büning, 2021, S.12). Aus dem Schlamm der Vorklärung und dem Festbettreaktor kann durch das Einsetzen der Technologie „POWERSTEP“ (vgl. Abb. 9, Schritt 4), die in Kapitel 3.2.2.1 weiter erläutert wird, eine signifikante Menge an Energie durch Biogas erzeugt werden (vgl. ebd., S.31). Für die Anwendung im Hospital ist vorerst das Ziel, anhand des POWERSTEPS den Klärprozess energieneutral zu gestalten. Ein Energieplus zu generieren, ist erst dann realistisch, wenn die Weiterentwicklung der Technologie voranschreitet.

KOSTENSCHÄTZUNG

Die gewonnene Energie wird für die Durchführung des Verfahrens verwendet, da besonders die Nanofiltration energieaufwendig ist. Der Energieverbrauch unter Einsatz einer NF liegt bei etwa 1 kWh/m³ (vgl. ebd., S.12), da eine Druckdifferenz von 10 bis 30 bar als treibende Kraft für die Filtration benötigt wird (vgl. ebd., S.9). Die damit verbundenen Kosten liegen bei 0,3 bis 0,7 Euro pro Kubikmeter Wasser (vgl. ebd., S.29). Durch den Einsatz der gewonnenen Energie aus dem Überschussschlamm kann der Verbrauch von externer Energie und die damit verbundenen Kosten gesenkt werden. Für weitere Kostenschätzungen der KNF können allein Faktoren aufgezählt werden, die die Kosten beeinflussen. Zum einen kommt es auf die Durchflussmenge an, das heißt, wie viel Schwarz- und Grauwasser durch die KNF geleitet wird und ob dies zusammen oder getrennt passiert. Demnach muss der gesamte Prozess dimensioniert werden. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) Besonders die Größe der Pumpe, die das Abwasser zum Zirkulieren bringt, ist ausschlaggebend für die Investitionskosten. Die Betreuung der Pumpen macht ebenso einen Großteil der Betriebskosten aus, wobei die Nanofiltration durch den aufzubauenden Druck (siehe oben) dort nicht zu vernachlässigen ist. Die Membranen des Nanofilters sowie deren Reinigung sind auch ein zu beachtender Investitionspunkt. Die Steuer- und Regelungstechnik kann je nach System ziemlich teuer werden, insbesondere wenn mit einem Onlinesystem gearbeitet werden soll, welches anhand von Messsonden den Zu- und Abfluss steuern kann. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass sich die Instandhaltungskosten einer vernünftig aufgebauten KNF in Maßen halten werden. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker)

Das Konzept „MicroStop“ ist für die Klärung des Grauwassers und Urins aus dem Hospital besonders geeignet, da die meisten Mikroschadstoffe sowie Nährstoffe komplett

eliminiert werden. Damit ist der Schadstoffeintrag durch das Permeat in die Gewässer erheblich gelindert. Für das bestmögliche Ergebnis im Hospital wäre es durchaus sinnvoll, vor der Inbetriebnahme ein Screeningverfahren des Abwassers vor Ort zu machen, um alle Schadstoffe zu berücksichtigen. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker)

Neben dem speziellen Verfahren der KNF ist eine Grauwasseraufbereitung auch mittels eines Wirbelbetts möglich (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Der Vorteil dieser Anlagen besteht darin, dass die Betriebskosten geringer gehalten werden können. Die Wirbelbetten sind weniger anfällig für Störungen, sodass die Anlage auch mit unvorhersehbaren Nutzungsverhalten der Bewohner*innen, ohne größeren Schaden zu nehmen, zurechtkommt (vgl. ebd.). In den Wirbelbetten können sich unter Umständen ebenfalls spezielle Mikrobiologien ansiedeln, welche auch als nicht abbaubar geltende Stoffe zersetzen (vgl. ebd.). Aufgrund der zuvor thematisierten Induktionsschwelle scheint die Verwendung einer KNF für die Grauwasseraufbereitung für das Hospital jedoch sinnvoll. Die Möglichkeit der Grauwasseraufbereitung durch den Einsatz von Wirbelbetten sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber aber erwähnt.

3.2.2.1 POWERSTEP

Das EU finanzierte Forschungsprojekt „POWERSTEP“ wurde mit Hintergrund des steigenden Energiebedarfs Europas, den schwankenden Energiepreisen, auftretenden Versorgungsengpässen sowie den negativen Umweltauswirkungen des Energiesektors im Jahr 2015 gestartet und im Jahr 2018 beendet. Die Forschung setzt an dem Energieeinsparungspotential von Kläranlagen an. Die Prozesse einer Kläranlage sollen energie-neutral oder sogar energieerzeugend ablaufen. Derzeit gehört die kommunale Abwasseraufbereitung mit zu den größten Energiekonsumenten einer Kommune. (vgl. Loderer, C. et al., 2016, S.1) Es wird geschätzt, dass durch den Ansatz der Energiegewinnung durch Klärungsprozesse eine jährliche Energiemenge, die der jährlichen Produktion von 12 Energiekraftwerken entspräche, erzeugt werden könnte (vgl. CORDIS, o.J.). Damit ist der Abwasseraufbereitungsprozess eine vielversprechende erneuerbare Energiequelle.

PROZESSABLAUF

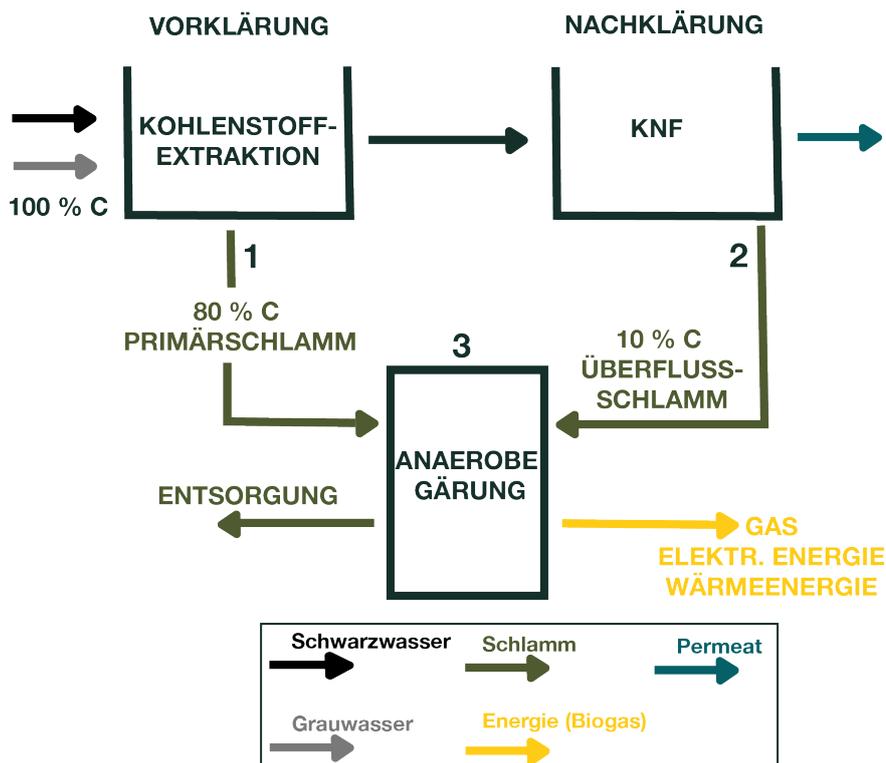


Abb. 10: POWERSTEP. In Anlehnung an CORDIS, 2018.

PRIMÄRSCHLAMM

„Primärschlamm fällt in der mechanischen Abwasserreinigungsstufe an. [...] Vor allem aber wird der Schlamm als Primärschlamm bezeichnet, der sich im Vorklärbecken nach der Räumung im Pumpensumpf sammelt. Die Zusammensetzung dieses Schlammes ist von den Besonderheiten des Einzugsgebietes abhängig. [...] Die Konsistenz ist dickbreiig mit einem Wasseranteil zwischen 93 % und 97 %.“ (Lenntech, o.J.)

ÜBERFLUSSSCHLAMM

„Die nicht benötigte Biomasse wird als Überschussschlamm dem System entnommen, um die vorgeählte Biomassenkonzentration bzw. das Schlammalter konstant zu halten. Der Überschussschlamm setzt sich zusammen aus nicht hydrolysierbaren partikulären Stoffen und Bakterienmasse infolge Stoffwechsel.“ (Lenntech, o.J.)

Der Energieträger des Verfahrens „*POWERSTEP*“ ist der Klärschlamm. Üblicherweise wird bei der Vorklärung ein Primärschlamm extrahiert, der 30 Prozent des anfänglichen Kohlenstoffgehalts trägt. Beim Verfahren des *POWERSTEPS* wird der Primärschlamm, der 80 Prozent des anfänglichen Kohlenstoffgehalts trägt, vom restlichen Schlamm abgetrennt (vgl. Abb. 10, Schritt 1), da sich der kohlenstoffreiche Primärschlamm für die Biogasproduktion am besten eignet. Die Biogasproduktion wird dadurch deutlich erhöht. Durch die Reduzierung der weiterzuleitenden Schlammmenge haben die nachfolgenden Klärstufen einen kleineren Flächenbedarf als in konventionellen Kläranlagen. (vgl. Loderer, C. et al., 2016, S.3) Der weitergeleitete Schlamm wird in den nächsten Stufen der Klärung, hier in der KNF, von den übrigen Schadstoffen, Nährstoffen, Kohlenstoff-

fen, Stickstoffen sowie Phosphaten befreit (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). In der KNF wird ebenfalls Überflussschlamm, der einen sehr viel geringeren Kohlenstoffanteil als der Primärschlamm aufweist, abgetrennt (vgl. Abb. 10, Schritt 2). Mittels des Prozesses der anaeroben Gärung in einer Biogasanlage (vgl. Abb. 10, Schritt 3) entsteht Biogas aus dem eingeleiteten Primär- und Überflussschlamm. Das entstandene Biogas wird anhand der Ansätze „power-to-gas“ durch biologische Methanisierung sowie „heat-to-power“ durch den Einsatz von thermoelektrischen Generatoren je nach Bedarf in Gas, elektrische Energie und Wärmeenergie umgewandelt. (vgl. Loderer, C. et al., 2016, S.4) Das Verfahren besteht darüber hinaus aus weiteren Prozessschritten, die an dieser Stelle nicht weiter beleuchtet werden.

AKTUELLER STAND

„*POWERSTEP*“ ist an sechs Standorten in Europa in Form von case-studies erprobt worden. Die Erprobung zeigt, dass das Prinzip in der Praxis funktioniert. (vgl. Loderer, C. et al., 2016, S.6) Trotzdem steht die Forschung weiterhin vor Herausforderungen. Die geplante Extraktion von 80 Prozent des Kohlenstoffs im Primärschlamm liegt derzeit zwischen 30 und 50 Prozent. Das hat folglich negative Auswirkungen auf die gewonnene Menge an Biogas. (vgl. CORDIS, 2018) Die erhöhte Extraktion von Kohlenstoff erweist sich weiterhin als sehr schwierig und hat ebenfalls Einfluss auf den nachfolgenden Schritt der biologischen Reinigung, hier auf die Funktionsweise des Festbettreaktors. Durch die niedrigere Kohlenstoffkonzentration im Schlamm, der im Festbettreaktor ankommt, ist das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff sowie Phosphor im Vergleich zu dem üblichen Verhältnis verändert. Infolgedessen liegen die Mikroorganismen in der biologischen Stufe nicht im richtigen Verhältnis vor. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) Es gibt allerdings Mikroorganismen, sogenannte Anammoxbakterien, die zumindest die Stickstoffverbindungen ohne den Verbrauch von Kohlenstoff abbauen können (vgl. Loderer, C. et al., 2016, S.3). Für die restlichen Nähr- und Schadstoffe muss entweder das Schlammalter oder die rezirkulierte Schlammmenge angepasst werden, wodurch erhöhter Stickstoff- und Phosphatabbau und weniger Kohlenstoffabbau stattfinden kann. In diesem Prozess der Nitrifikation und Denitrifikation können ebenfalls MSS anhand substratunspezifischer Enzyme eliminiert werden. Diese müssen nicht nur genau ein Substrat haben, sondern können auch andere Substrate, wie Mikroschadstoffe, abbauen. Dieser Prozess nennt sich Co-Metabolismus. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker)

ZUKUNFTSPLÄNE

Der Plan des Projekts für die Zukunft ist es, die Kohlenstoffextraktion auf 60 bis 80 Prozent zu erhöhen. An „POWERSTEP“ findet derzeit weitere Forschung statt, sodass andere Prozessschritte ebenso im Verlauf optimiert werden. (vgl. CORDIS, 2018) Das Projekt ist weiterhin äußerst aussichtsreich. Die Annahme baut darauf auf, dass bei Biogas aus Klärschlamm im Gegensatz zu Biogas aus Energiepflanzen keine nachteiligen Nebenwirkungen, wie beispielsweise Monokulturen oder Nährstofffreisetzung, auftreten. Ebenso trägt „POWERSTEP“ maßgeblich zur Kreislaufwirtschaft bei. Für die Umsetzung im Hospital sind die Bemühungen des Forschungsteams, ein Netz aus kleinen Kläranlagen unter Einsatz der POWERSTEP-Technologien aufzubauen, äußerst relevant. (vgl. CORDIS, o.J.) Die kleinmaßstäbliche Umsetzung der Technologie ist demnach möglich.

3.2.3 WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Auf kommunaler Ebene ist die Wasserwirtschaft eine der größten Energieverbraucher (vgl. Nolde, 2021). Der Wassersektor muss entsprechend Potentiale zur Einsparung erkennen und nutzen. Daher scheint es bizarr, dass Abwasserrohre meist ungehindert die Wärmeenergie des Abwassers an den Boden abgeben, ohne diese weiter zu nutzen. *“Durch das Abwasserrohr [...] geht mehr Energie in die Umwelt als durch mehrere 1.000 Quadratmeter Gebäudehülle”* (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Eine Möglichkeit, die Wärmeenergie des Abwassers nutzbar zu machen, ist die Wärmerückgewinnung.

Es gibt zwei Varianten der Wärmerückgewinnung. Entweder es wird eine Abwasserwärmepumpe (Abwasser-WP) verwendet oder nicht (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Bei der Variante ohne Abwasser-WP kann weniger Wärmeenergie zurückgewonnen werden. Allerdings wird mit *“wenig Energie [...] doch einen ganz beachtlichen Teil von Wärme”* gewonnen (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Die gewertete Energie wird in einem Pufferspeicher eingelagert. Nach der Klärung wird das

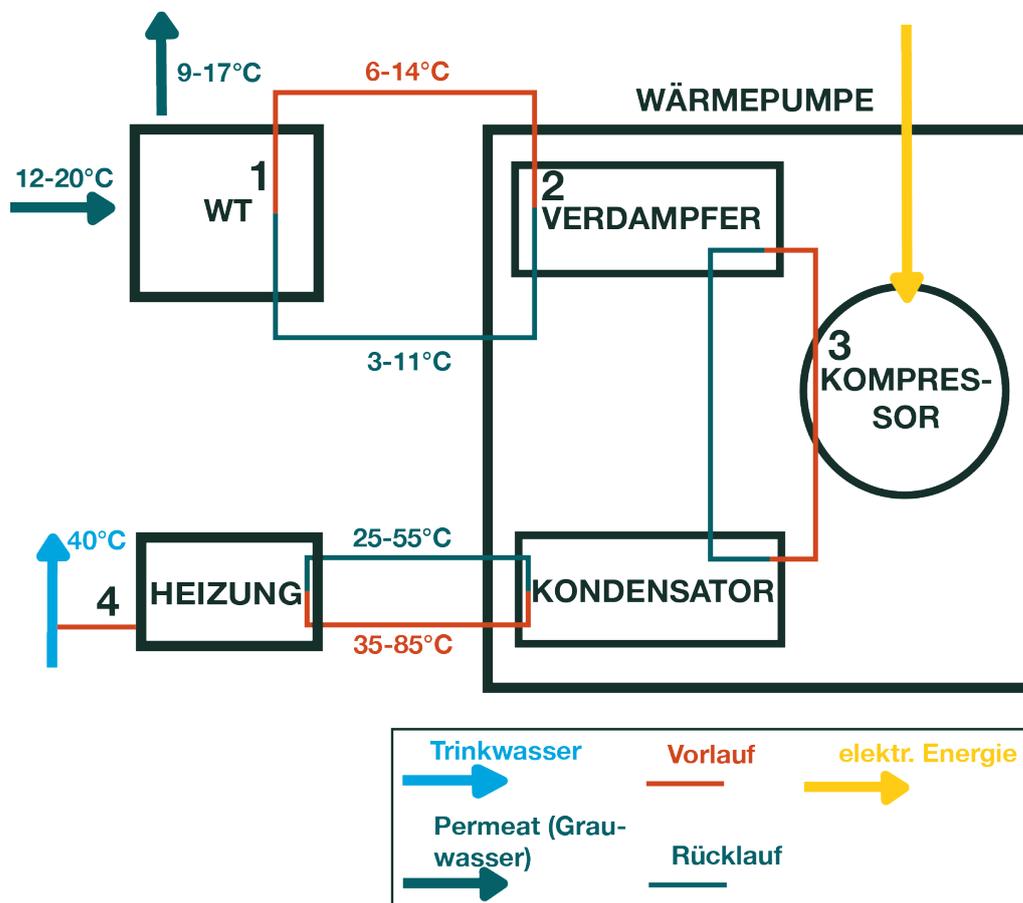


Abb. 11: Wärmerückgewinnung. In Anlehnung an Buri, R., Kobel, B., 2004.

aufbereitete Grauwasser durch einen Wärmetauscher geleitet. Das Grauwasser hat zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich zehn Grad Celsius (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Nach Durchlauf durch den Wärmetauscher kann die Temperatur des Grauwasser bis zu 25 Grad Celsius betragen. Folglich ist an dieser Stelle keine Erwärmung von zehn auf 60, sondern lediglich von 25 auf 60 Grad Celsius notwendig.

Bei der Variante mit einer Abwasserwärmepumpe entzieht diese dem warmen Abwasser Wärmeenergie (vgl. Buri, Kobel, 2004). Diese Wärmeenergie wird durch Industrie oder Privathaushalten in das Abwasser geleitet, sodass hier das Potential für eine Rückgewinnung dieser liegt (vgl. Nolde, 2021). Der Wärmetauscher (WT) bildet auch hier das Schlüsselmedium der Technologie. Dieser entzieht dem Abwasser dessen Wärmeenergie und überträgt diese auf ein im Wärmetauscher befindliches flüssiges Medium (vgl. Abb. 11, Schritt 1) (vgl. Buri, Kobel, 2004). In der Abwasser-WP befindet sich ebenfalls ein flüssiges Medium, welches in der Regel ein Kältemittel mit einem tiefen Siedepunkt ist (vgl. ebd.). In der Abwasser-WP ist ein Verdampfer verbaut. Dessen Funktion ist es, durch den Verdampfungsprozess die vom WT-Medium zuvor aufgenommene Wärmeenergie an das Kältemittel der Abwasser-WP abzugeben (vgl. Abb. 11, Schritt 2). Mittels Kompressionsdruck wird das Kältemittel anschließend erwärmt (vgl. Abb. 11, Schritt 3). Die Wärmeenergie des Kältemittels wird im Kondensator der Abwasser-WP mittels einer Heizung auf das zu erwärmende aufbereitete Grauwasser übertragen (vgl. Abb. 11, Schritt 4).

Im Betrieb kann eine Abwasser-WP für mehrere Gebäude genutzt werden. Das aufbereitete Grauwasser kann unter Einsatz dieser Technologie das Wasser auf 40 Grad Celsius vorheizen. Diese Variante ist mit einem deutlich höheren Strombedarf verbunden (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde).

“Nach den gesetzlichen Regelungen bei der zentralen Warmwasserbereitung [sind] immer über 60 Grad Celsius” verlangt (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Diese Temperaturen werden durch die Wärmerückgewinnung nicht erreicht. Deshalb muss das vor erhitzte Grauwasser durch eine Gastherme auf die geforderten 60 Grad Celsius erhitzt werden.

KOMBINATION WRG UND GRAUWASSERAUFBEREITUNG

Wird die Wärmerückgewinnung mit der Grauwasseraufbereitung kombiniert, ist die Teilstromtrennung für eine größtmögliche Energierückgewinnung notwendig (vgl. Nolde, 2021). Anders würde die Wärmeenergie des Grauwassers durch die kalte Toilettenspülung gemindert werden. Weiterhin weist Nolde darauf hin, dass für die „Betriebssicherheit, Wartungsaufwand und Wärmeertrag“ (Nolde, 2021) die WRG des Grauwassers durch die Abwasser-WP erst nach einer entsprechenden Aufbereitung erfolgen sollte. Die WRG ist grundsätzlich effizienter, wenn kurze Wege zwischen dem Abwasser und der Abwasser-WP liegen. Kurz bedeutet in diesem Zusammenhang eine Distanz von wenigen Hundert Metern. Ist die zu überwindende Strecke möglichst gering, wird weniger Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben. Ein Verlust der Wärmeenergie könnte durch den Einsatz von isolierten Rohrleitungen ebenfalls reduziert werden. Es liegt auf der Hand, dass Neubauprojekte an dieser Stelle eine Möglichkeit haben, dieses Potential direkt bei Beginn der Projektplanung zu berücksichtigen.

Das Hospital zum Heiligen Geist kann auch an dieser Stelle Verantwortung im Umgang seines Verbrauchs übernehmen. Auf gesamtgesellschaftlicher Ebene kann der Einsatz der Wärmerückgewinnung im Zusammenhang der Teilstromtrennung sowie der Grauwasseraufbereitung ein wichtiges Signal für zukünftiges Handeln ähnlicher Einrichtungen sein. Durch die Kombination der verschiedenen Technologien werden die Potentiale eines umweltbewussten und -schonenden Umgangs nicht nur im einzelnen Rahmen beachtet und umgesetzt. Die technischen Möglichkeiten werden durch die Kombination so eingesetzt, dass durch einen zirkulären Ansatz gleich mehrere Ressourcen gespart werden können. Hier wird nicht nur auf wirtschaftlicher Ebene das vorhandene Einsparungspotential genutzt.

3.3 SCHRITT 2: GRAUWASSERAUFBEREITUNG UND WÄRME-RÜCKGEWINNUNG

Der Prozess der Schwarzwasseraufbereitung verändert sich gegenüber dem ersten Schritt nicht. Dieses wird wie zuvor mit den Abwässern der restlichen Haushalte in einer zentralen Kläranlage gereinigt (vgl. Abb. 12, Schritt 1). Das Küchenabwasser wird vor Zusammenführung mit dem restlichen Grauwasser gesiebt und durch einen FA behandelt (vgl. Abb. 12, Schritt 2). Das gesamte Grauwasser wird dezentral vom Hospital durch die KNF aufbereitet (vgl. Abb. 12, Schritt 3) und soll nach der Klärung für die Toilettenspülung, den Waschmaschinen- sowie den Geschirrspülanschluss bereitgestellt werden (vgl. Abb. 12, Schritt 5). Aus verschiedenen Untersuchungen ist hervorgegangen, dass die Behandlung und Filtration von Mikroschadstoffen durch diese hybride Behandlung sehr gute Ergebnisse bei der Mikroschadstoffbehandlung erzielt. (vgl. Bühning, 2021) Die MSS Konzentration ist im Grauwasser jedoch deutlich geringer als im Schwarzwasser. Hier ist es sinnvoll, das Grauwasser über eine Membrantechnologie aufzukonzentrieren, um die Induktionsschwelle nicht zu unterschreiten. (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker) Die KNF wird durch den eingebauten *POWERSTEP* beziehungsweise die Biogasanlage autark betrieben. Die Schließung des Grauwasserkreislaufes bewirkt eine Reduzierung des Wasserbedarfs um 40 Prozent (51.506 Liter pro Tag im Hospital) (vgl. Nolde, E., 2021). Überschüssiges Grauwasser kann nach der Klärung durch die KNF aufgrund der guten Aufbereitung auch für die Bewässerung genutzt werden (vgl. Abb. 12, Schritt 6). Nach dem Aufbereitungsprozess wird die Wärmerückgewinnung (WRG) geschaltet (vgl. Abb. 12, Schritt 4). Die gewonnene Wärme aus dem abgeleiteten Grauwasser wird für die Erhitzung des Trinkwassers genutzt (vgl. Abb. 11). An dieser Stelle können 25 Prozent der eingesetzten Energie für die Erhitzung gespart werden (578 kWh pro Tag im Hospital).

UMGANG MIT DEM KLÄRSCHLAMM

Der nach dem *POWERSTEP* überbleibende Klärschlamm wird von Hamburg Wasser entsorgt. Diese haben die bestehende Infrastruktur, den Schlamm zu entwässern und damit die Menge des Schlammes zu reduzieren. Der Flüssigkeitsanteil wird in einer zentralen Kläranlage geklärt und in Gewässer abgeleitet. Früher wurde die Trockensubstanz, die etwa fünf bis sechs Prozent des Schlammes ausmacht, als Dünger benutzt. (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck) Die Schadstofffracht in der Substanz ist über die Jahre jedoch angestiegen und auch die Rahmenrichtlinien haben sich diesbezüglich geändert. Heutzutage wird die Trockensubstanz in Klärschlammmanlagen verbrannt. Durch den Verbrennungsprozess wird Energie gewonnen, die zur Erzeugung von Fernwärme genutzt wird. Die bei der Verbrennung entstehenden 20.000 Tonnen Asche werden auf Spezialdeponien entsorgt. (vgl. ebd.)

33

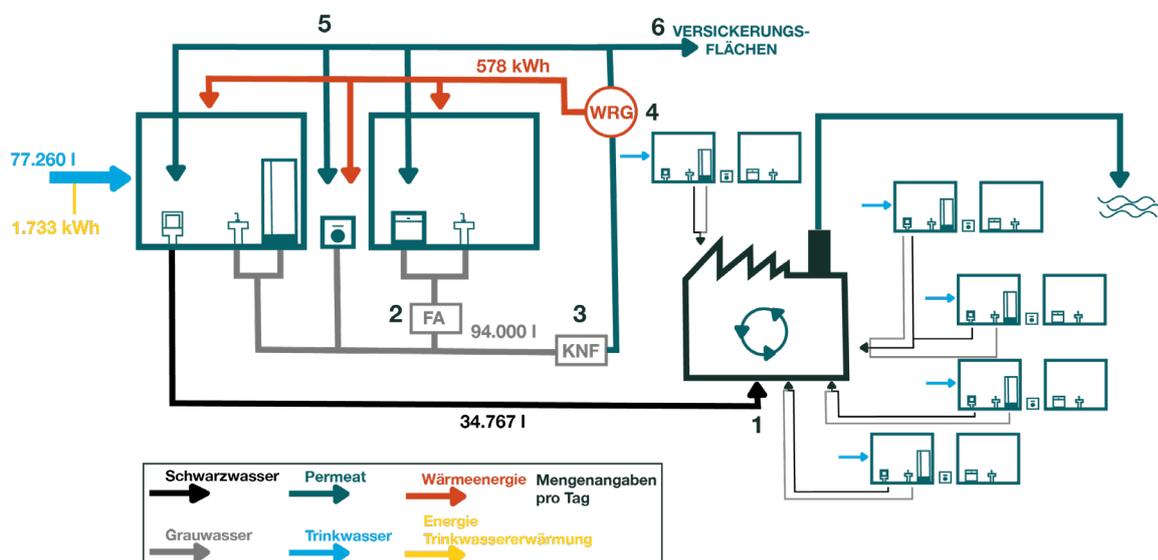


Abb. 12: Schritt 2: Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung. Eigene Darstellung.

Nach der Verbrennung des Klärschlammes findet eine Nährstoffrückgewinnung statt, die ebenso von Hamburg Wasser durchgeführt wird. Dabei ist die Phosphorrückgewinnung bis 2029 per Gesetz für den Betrieb jeder großen Kläranlage verpflichtend. Die Nährstoffe, insbesondere Phosphor, können auf diesem Wege recycelt und zu Düngerprodukten verwertet werden. (vgl. Veolia, o.J.) Dieser Rückgewinnungsprozess ist Teil der Kreislaufwirtschaft, die im 12. SDG als ein Ziel formuliert ist (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, o.J.).

3.4 SCHRITT 3: TRENTOILETTE

Im dritten Schritt wird eine Trenntoilette verbaut. Diese separiert Fäkalien und Urin an der Quelle. Es müssen zwei separate Leitungen für Braun- beziehungsweise Gelbwasser verbaut werden. Das Gelbwasser wird mittels der „Kombinierten Nanofiltration Festbettreaktor“ (KNF) behandelt (vgl. Abb. 13, Schritt 1), sodass die Mikroschadstoffe vor dem Einleiten in das zentrale Abwassersystem eliminiert werden. Hier fließt ebenfalls das Gelbwasser der Urinale aus den öffentlichen Sanitäranlagen mit ein. Dieser Vor-

gang ist in der Praxis mit einer enormen Geruchsbelastung verbunden, die nicht zu unterschätzen ist (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Gelb- und Braunwasser gelangen auf konventionelle Weise in das zentrale Klärwerk (vgl. Abb. 13, Schritt 2) und werden dort in die Aufbereitungsprozesse integriert. Durch diese Vorgehensweise wird das durch die KNF vorbehandelte Gelbwasser mit ungeklär-

GELBWASSER

Gelbwasser umfasst jenes Abwasser, welches Urin enthält.

BRAUNWASSER

Braunwasser umfasst jenes Abwasser, welches die Fäkalie enthält.

3. ABWASSERMANAGEMENT

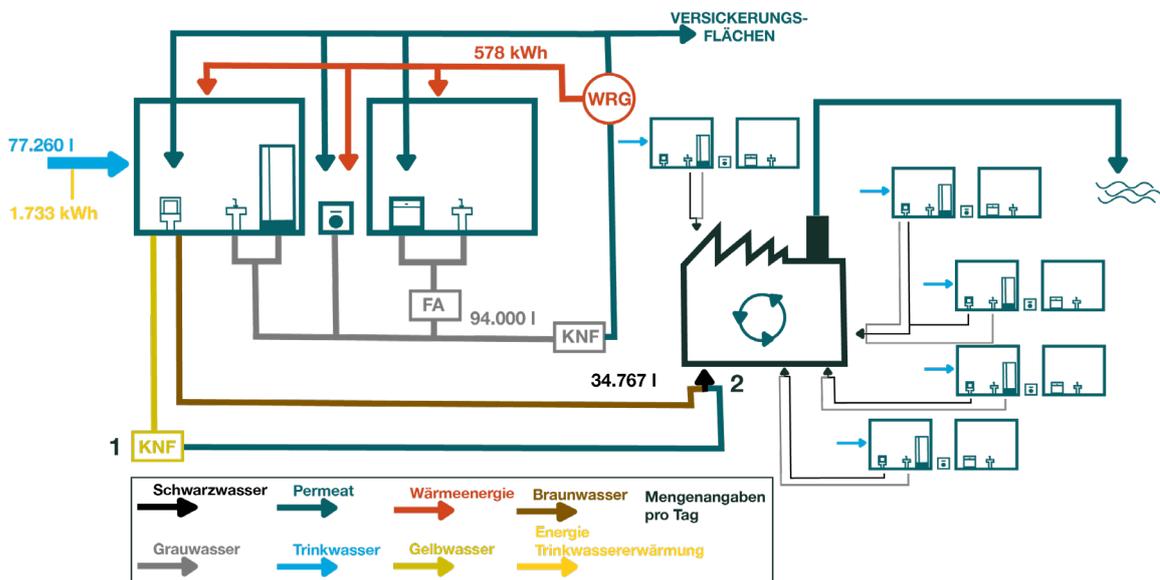


Abb. 13: Schritt 3: Trenntoilette. Eigene Darstellung.

tem Abwasser anderer Haushalte vermischt. Die Mikroschadstoffbelastung fällt bei Ankunft im zentralen Klärwerk lediglich geringer aus, als es ohne Vorklärung der Fall wäre.

3.4.1 TRENTOILETTE

Wie in den vorangegangenen Schritten erläutert, ist die Teilstromtrennung eine wichtige Schlüsselfunktion, um an verschiedenen Stellen ressourcenschonend das Abwasser so aufzubereiten, dass es schadstoffarm in die Umwelt geleitet werden kann. So ist es

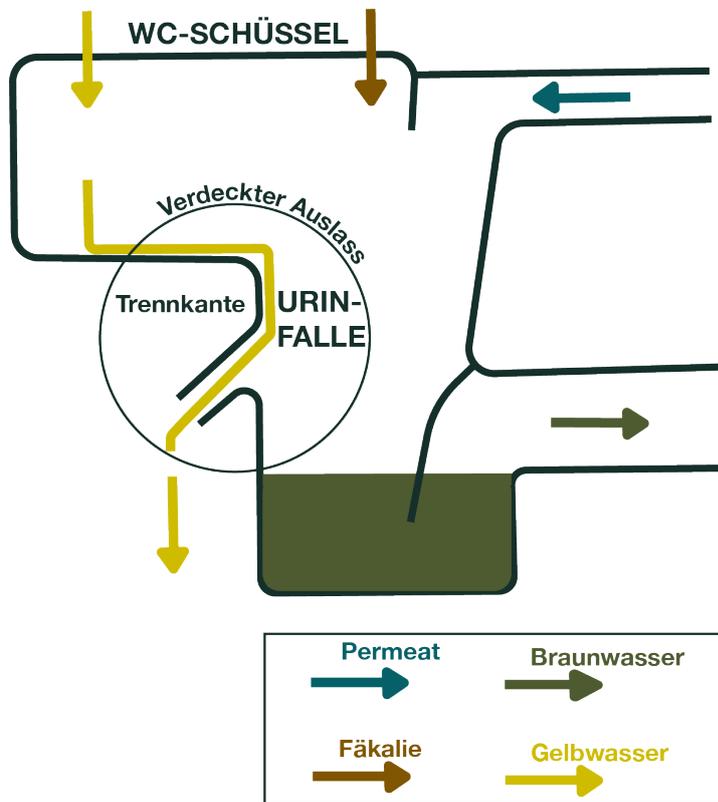


Abb. 14: Trenntoilette. In Anlehnung an eawag, 2023.

sinnvoll, das Grauwasser vom Schwarzwasser getrennt abzuleiten, da das Grauwasser weniger stark belastet ist als das Schwarzwasser (vgl. Larsen, Gruendl & Binz, 2021). Ähnlich wie in der Abfallwirtschaft ist es auch bei der Abwasserbewirtschaftung praktikabel, die Abwasserströme der Toilette, also Gelb- und Braunwasser, voneinander zu trennen (vgl. eawag, 2023). Um dies zu bewerkstelligen, ist der Einsatz einer Trenntoilette notwendig. Durch die bauliche Vorrichtung der Trenntoilette können Urin und Fäkalien getrennt voneinander aufgefangen werden, sodass die Abwasserströme nicht aufwendig voneinander separiert werden müssen (vgl. Abb. 14). Für die Gelb- beziehungsweise Braunwasserströme müssen zwei unterschiedliche Leitungen im Haus verbaut werden. Entsprechende Tanks können Urin und Fäkalien im Keller sammeln, sodass weitere Behandlungsschritte für die jeweiligen Abwasserströme vorgenommen werden können (vgl. eawag, 2020). Das Schweizer Forschungsinstitut Eawag forscht seit mehreren Jahrzehnten an der Teilstromtrennung und insbesondere an der Trenntoilette. Seit Beginn der Forschung hat sich die Technologie erheblich weiterentwickelt. Larsen, Gruendl und Binz (2021) stellen fest, dass durch ein verändertes Design der Trenntoilette nach 2010 die Technologie näher an die Markttauglichkeit gerückt sei. Allerdings gilt es weiterhin, sowohl auf marktwirtschaftlicher als auch juristischer Ebene Hürden zu überwinden. So ist unter anderem bisher rechtlich keine Normierung der Technologie erfolgt (vgl. ebd.). Dies führt zu Schwierigkeiten auf dem Investitionsmarkt, da herkömmliche Toiletten üblicherweise einer Vielzahl an Normierungen unterliegen. Große Toilettenhersteller scheuen das Risiko, auf diesem relativ unbeschriebenen Gebiet der Trenntoiletten zu investieren.

3.5 SCHRITT 4: DEZENTRALE KLÄRANLAGE

Im vierten und letzten Schritt wird ein dezentrales Klärwerk in das Abwassersystem des Hospitals integriert. Das anfallende Schwarzwasser wird weiterhin mittels der Trenntoilette direkt an der Quelle in Urin und Fäkalien separiert. Das Gelbwasser wird

DEZENTRALE KLÄRANLAGE

In einer dezentralen Kläranlage werden die Abwässer einer bestimmten Institution, eines bestimmten Gewerbes oder eines Quartiers gesondert behandelt. Das hat den Vorteil des nun möglichen Einsatzes von spezifischen Behandlungsmaßnahmen sowie eines kurzen und ressourcenschonenden Abwassertransports zum Behandlungsort.

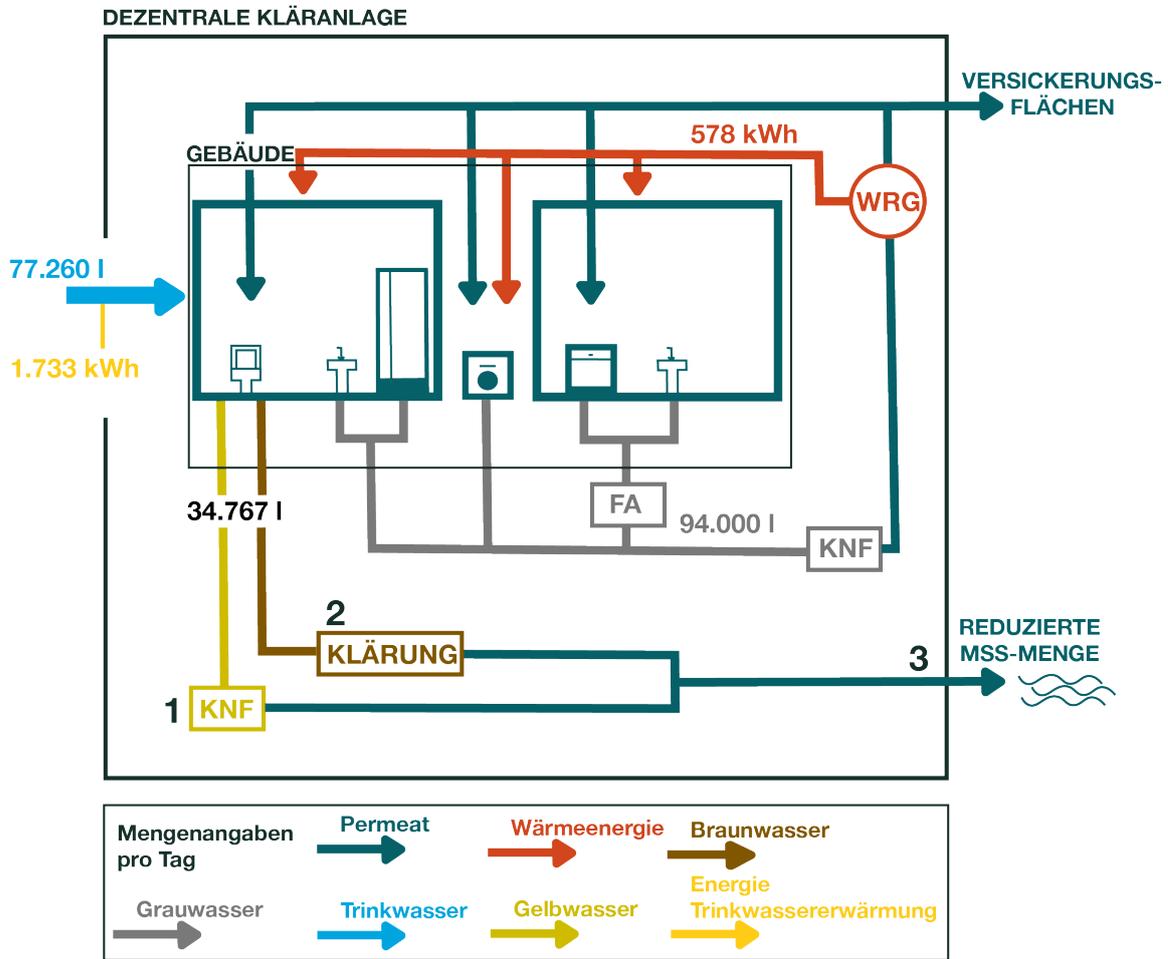


Abb. 15: Schritt 4: Dezentrale Kläranlage. Eigene Darstellung.

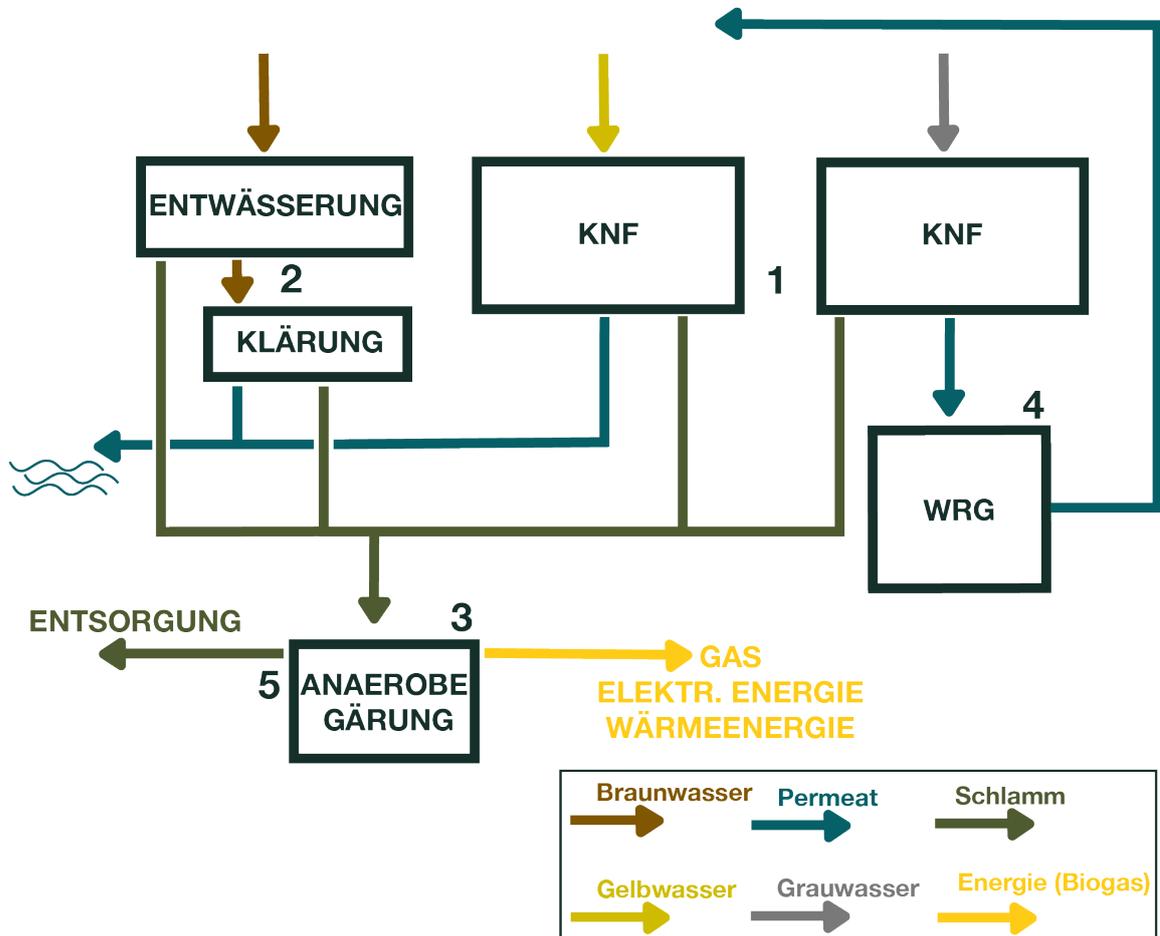


Abb. 16: Dezentrale Kläranlage. Eigene Darstellung.

durch eine KNF behandelt (vgl. Abb. 15, Schritt 1) und das Braunwasser aufgrund der geringen Schadstoffbelastung durch einen konventionellen Klärungsprozess (vgl. Abb. 15, Schritt 2). Anschließend werden die Permeate mit reduzierter MSS-Menge zusammen in Gewässer eingeleitet (vgl. Abb. 15, Schritt 3). Das Grauwasser wird getrennt vom Schwarzwasser in die dezentrale Kläranlage geleitet, entsprechend aufbereitet und wiederverwendet.

In der dezentralen Kläranlage finden die Prozesse der KNF, also der Gelb- und Grauwasseraufbereitung (vgl. Abb. 16, Schritt 1), die Entwässerung und Klärung des Braunwassers (vgl. Abb. 16, Schritt 2), der *POWERSTEP* (vgl. Abb. 16, Schritt 3) sowie die Wärmerückgewinnung des Grauwassers (vgl. Abb. 16, Schritt 4) statt. Anschließend wird der Klärschlamm vom Hospital aus von Hamburg Wasser entsorgt (vgl. Abb. 16, Schritt 5).

Auf diese Weise wird das zentrale Abwassersystem entlastet, Ressourcen noch weiter gespart und doppelte Arbeitsschritte vermieden. Durch die Entkopplung vom zentralen Klärsystem wird sichergestellt, dass die im Abwasser befindlichen Mikroschadstoffe so weit behandelt werden, dass das Abwasser bedenkenlos in die Umwelt geleitet werden kann. Das ist besonders für das Hospital oder vergleichbare Einrichtungen von Bedeutung, da somit die in Menge anfallenden, spezifischen MSS entsprechend spezifisch behandelt werden können. Der *POWERSTEP* ermöglicht eine autarke Funktionsweise der dezentralen Kläranlage. Um das zu erreichen, ist es an der Zeit, dass Forschungsprojekte auf einer größeren Ebene umgesetzt werden. Nur so können betriebsreife Situationen ausgetestet und letztlich als gängige Praxis etabliert werden. "Die Politiker zu überzeugen ist sehr schwer [...]. Sie müssen einfach die Macht des Faktischen nehmen [...]. Und wenn das nicht verboten ist, müssen wir bauen und zeigen, wie es funktioniert. [...] Dann haben wir vielleicht eine Chance." (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde).

Sollten dennoch Schwierigkeiten während des Reinigungsprozesses auftreten, gibt es die Möglichkeit, das Abwasser in das zentrale Klärwerk einzuleiten.

Generell lässt sich festhalten, dass dezentrale Systeme auch einen Kostenvorteil für zentrale Kläranlagen bieten (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Kosteneinsparungen im Klärprozess sowie Entlastung durch dezentrale Abwasserbehandlung sind zwei wichtige Aspekte. Durch den Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen kann die dezentrale Kläranlage unter Umständen sogar ein energiepositives System sein (vgl. ebd.).

3.6 KONZEPT: SCHRITTE HIN ZUM SCHADSTOFFARMEN UND RESSOURCENSPPARENDEN ABWASSERMANAGEMENT

Die Abbildung 17 beschreibt vier verschiedene Handlungsmöglichkeiten bezüglich des Abwassermanagements.

1. Die erste Variante zeigt den aktuellen Stand der Planung, welche beim Neubau des Hospitals zum Heiligen Geist keine Möglichkeit berücksichtigt, um Wasserkreisläufe zu schließen. Die anfallenden Mikroschadstoffrückstände werden ohne Spezialklärung auf konventionelle Weise in die Kanalisation geleitet. Ein zentrales Klärwerk übernimmt den Klärungsprozess. Mikroschadstoffe können aufgrund der unzureichenden Klärung in die Umwelt gelangen.
2. Bei der zweiten Variante wird das Grauwasser vom Schwarzwasser getrennt durch eine KNF behandelt. Das geklärte Grauwasser wird beispielsweise für die Toilettenspülung wiederverwendet. Auf diese Weise wird der Grauwasserkreislauf im Hospital geschlossen, wodurch Wasser eingespart werden kann. Zudem werden die im Grauwasser anfallenden Mikroschadstoffe (zum Beispiel durch medizinische Cremes) direkt vor Ort behandelt, sodass diese aus dem städtischen Abwassersystem und der Umwelt ferngehalten werden. Des Weiteren kann der Prozess der Grauwasseraufbereitung für die Wärmerückge-

winnung genutzt werden, wodurch der Ressourcenverbrauch ebenfalls sinkt.

- Als Ergänzung zum zweiten Schritt werden Urin und Fäkalien durch eine Trenntoilette direkt an der Quelle voneinander getrennt. Rund zwei Drittel der Mikroschadstoffe werden über den Urin abgesondert (Udert et al., 2019). Durch die Verwen-

dung einer Trenntoilette kann der aufwendige Trennungsprozess des Schwarzwassers in Urin und Fäkalien umgangen werden. Die im Gelbwasser befindlichen Mikroschadstoffe werden gezielter behandelt, wodurch das zentrale Klärsystem entlastet wird.

CONTAINMENT

dt.: Eindämmung einer unerwünschten Entwicklung, einer Gefahr; hier: Isolierung der Umwelt von Schadstoffen

Die Vorklärung des Gelbwassers wird an dieser Stelle vom Hospital übernommen.

- Durch die Ergänzung des dezentralen Klärwerks im vierten Schritt können Ressourcen eingespart und Prozesse verkürzt werden. Die im Abwasser befindlichen Mikroschadstoffe werden im dezentralen Klärwerk vor Ort behandelt, sodass Abwasserkreisläufe geschlossen werden. Der Mikroschadstoffeintrag in die Umwelt kann hier kontrolliert und vermieden/minimiert werden. Zudem werden Ressourcen durch das Ausbleiben doppelter Arbeitsschritte gespart. Der Klärungsprozess kann energieautark durchgeführt werden. Die vier Varianten zeigen verschiedene Möglichkeiten auf, um die Abwasserentsorgung und -aufbereitung schrittweise zu einem geschlossenen System zu führen. Die Verantwortung zur Beseitigung/Behandlung der MSS im Abwasser nimmt mit jedem Schritt zu. Gleichzeitig werden das zentrale Abwassersystem sowie deren Klärwerke entlastet.

Generell wird mit den verschiedenen Varianten das Ziel des "Containments" verfolgt. Wie eingangs beschrieben, kann durch die Übernahme von Eigenverantwortung die Menge an Mikroschadstoffen, die durch das Abwassersystem in die Umwelt gelangen, stark verringert werden. Die Mikroschadstoffe werden an dem Ort, an dem sie in das Abwasser geleitet werden, behandelt, sodass die Verantwortung nicht auf die gesamtgesellschaftliche Ebene (in dem Fall den zentralen Klär-

3. ABWASSERMANAGEMENT



Abb. 17: Ressourcenschonendes und schadstoffarmes Abwassermanagement. Eigene Darstellung.

werken) übertragen wird. Durch die Schließung des Abwasserkreislaufes werden die Mikroschadstoffe innerhalb dessen identifiziert und entsprechend behandelt.

Probleme bezüglich der Realisierbarkeit sind neben dem finanziellen Aufwand auch die rechtlichen Grundlagen sowie die Forschung und Entwicklung von neuen Technologien. Diese Prozesse stehen in einem wechselseitigen Wirkungsgefüge und können Innovationsprozesse verlangsamen. Aufgrund fehlender rechtlicher Vorgaben, welche den Einsatz der Technologien vorschreiben, können die Motivation und die zur Verfügung gestellten Fördermittel für eine Umsetzung gering sein. Dies kann Innovationsprozesse der Technologien verlangsamen, sodass diese, wenn sie auf dem Wirtschaftsmarkt vorhanden sind, entsprechend teuer sind. Der Kreis schließt sich damit, dass sich rechtliche Vorschriften nach dem Stand der Technik richten. Problematisch für die Etablierung neuer Systeme sei unter anderem die Lobbyindustrie (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Diese sei daran interessiert, bestehende Produkte möglichst lang auf dem Markt zu halten. Um dies zu erreichen, werden unter Umständen Forschungserkenntnisse kaum an die Öffentlichkeit getragen. Berichterstattungen sollen den Status quo unterstützen.

3.7 ZWISCHENFAZIT

Das Kapitel hat gezeigt, dass derzeit viele Technologien auf dem Markt sind, welche sich mit der Behandlung von MSS und deren Containment beschäftigen. Auch wenn es nach dem Stand der Technik möglich wäre, diese für den alltäglichen Gebrauch zu nutzen, fehlt es bisher an der nötigen Aufmerksamkeit. Marktwirtschaftliche Mechanismen behindern die Etablierung der beschriebenen Technologien. Dies hat zur Folge, dass diesen Thematiken gesellschaftlich außerhalb der Fachkreise nur wenig Aufmerksamkeit zu Teil wird. Aus Expert*inneninterviews wurde die Notwendigkeit regulatorischer Vorgaben mehrfach deutlich (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Ohne entsprechende Vorgaben stehen der Etablierung systemischer Innovationen große Hürden entgegen. Der Anreiz, für Forschungen auf diesem Gebiet zu investieren, bleibt gering, wenn die Aussicht für die Etablierung in der freien Marktwirtschaft nicht absehbar ist (vgl. ebd.). Ohne Forschungsgelder können die Technologien nur langsam oder unzureichend unter verschiedenen Einflüssen untersucht werden.

39

Mit Blick auf die Abwasserwirtschaft zeigt sich, dass sich diese in Bezug auf die Aufbereitungsverfahren stetig weiterentwickelt. Mit eingehender Forschung sind Erkenntnisse bezüglich im Abwasser befindlicher Stoffe in die Klärungssysteme etabliert worden. Wurde sich zu Beginn hauptsächlich mit der Beseitigung der Feststoffe befasst, so ist die Technik um die Kohlenstoffbehandlung und später auch die Beseitigung von Stickstoff und Phosphate erweitert worden (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Das Bewusstsein für einen verantwortungsvollen Umgang des Abwassers sowie den enthaltenen MSS ist vorhanden. Die Bemühungen für die Etablierung technischer Lösungen müssen jedoch gesamtgesellschaftlich angenommen werden. Um das zu erreichen, ist es an der Zeit, dass Forschungsprojekte auf einer größeren Ebene umgesetzt werden. Nur so können betriebsreife Situationen ausgetestet und letztlich als gängige Praxis etabliert werden. *“Die Politiker zu überzeugen ist sehr schwer [...]. Sie müssen einfach die Macht des Faktischen nehmen [...]. Und wenn das nicht verboten ist, müssen wir bauen und zeigen, wie es funktioniert. [...] Dann haben wir vielleicht eine Chance.”* (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde).

NEUBAU: POTENTIAL UND CHANCEN

Vor allem bei Neubauprojekten besteht die Chance, die Potentiale für ein ressourcenschonendes und schadstoffarmes Abwassermanagement direkt bei Beginn der Planung zu berücksichtigen. So können aufwendige Umbaumaßnahmen bei einer späteren Nachjustierung vermieden werden. Die in Kapitel 2.2 geschilderten rechtlichen Grundlagen erlauben die Nutzung der hier beschriebenen Anlage, wobei sich die Zulassung

der Biogasanlage als schwierig erweisen kann (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Zudem haben die Ausführungen in Kapitel 3 deutlich gemacht, dass durch die Kombination der Technologien (Grauwasseraufbereitung, Wärmerückgewinnung, Teilstromtrennung, Nährstoffrückgewinnung, *POWERSTEP*) viele Potentiale der Ressourceneinsparung sowie Rückgewinnung nutzbar machen. So hat der/die Bauherr*in letztlich auch den Vorteil, langfristige Kosteneinsparungen generieren zu können. Weiterhin wird das Hospital zum Heiligen Geist durch die Umstellung auf eine dezentrale Abwasseraufbereitung unabhängiger von städtischen Infrastrukturen. Durch die Möglichkeit, Energie durch die Wärmerückgewinnung einzusparen und/oder durch den *POWERSTEP* zusätzlich zu generieren, kann das Hospital unabhängiger vom globalen Energiemarkt agieren. Um die Technologien in der hier beschriebenen Kombination bedarf es einer praxisnahen Pilotanlage. Die Größenordnung einer solchen Anlage würde sich schätzungsweise auf 1.000 Quadratmeter belaufen (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Bei der Realisierung sollte vorausschauend geplant werden. Wünschenswert wäre eine wissenschaftliche Begleitung des Projekts sowie die Möglichkeit für Um- oder Rückbaumaßnahmen der Anlage (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Das Hospital würde sich als Forschungsort aufgrund der Abwasserzusammensetzung eignen.

4.

ENERGIE MANAGE MENT

GEBÄUDEINTEGRIERT

Im folgenden Kapitel sollen BAPV und BIPV auf die Anwendungsmöglichkeiten im HzHG hin untersucht werden. Dabei wird die emissionsmindernde Implementierung der PV-Anlagen in drei aufeinanderfolgenden Schritten erläutert.

Wie die meisten Länder der Erde verfolgt Deutschland eine Politik der Reduktion von Treibhausgasen. Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, bis 2030 mindestens „80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien zu gewinnen“ (Die Bundesregierung, 2022). Im Jahr 2022 wurden rund 44 Prozent der deutschen Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gewonnen, davon der größte Teil durch Windkraft (22 Prozent des Strommixes), gefolgt von Photovoltaik (10,4 Prozent) und Biomasse (7,5 Prozent) (vgl. AG Energiebilanzen, 2022). Der Stromverbrauch wird Schätzungen zufolge von 595 TWh (im Jahr 2018) auf 658 TWh im Jahr 2030 steigen, ein Anstieg von rund 11%. (Prognos AG, 2021).

Damit diese Ziele rechtzeitig erfüllt werden können, sollte der Ausbau von erneuerbaren Energien gefördert werden. Ab dem 1. Januar 2023 müssen alle Neubauten in Hamburg mit einer Bruttodachfläche über 50 m² mit PV-Anlagen ausgestattet werden (vgl. Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, 2022). Das gilt demnach auch für die neuen Gebäude des HzHG.

Aus diesem Grund wird nachfolgend ein Konzept aus drei aufeinanderfolgenden Schritten aufgezeigt, welches den Ausbau von PV-Anlagen auf dem Gelände des HzHG skizziert. Dabei beinhalten die späteren Schritte die Technologien der vorangegangenen Punkte.

4.1 SCHRITT 1: BESCHREIBUNG DES EXISTIERENDEN GEBÄUDEKOMPLEXES

Schritt eins beschreibt den derzeitigen Stand der Energieversorgung im Hospital zum Heiligen Geist. Im Jahr 2022 verbrauchte das Altenheim rund 2.916.000 kWh Strom, was einem **Tagesbedarf von 7.989 kWh** entspricht. Derzeit wird der Strom überwiegend aus dem Hamburger Stromnetz bezogen. Es sind nur wenige, sehr vereinzelte Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Bestandsgebäude installiert. Es bestehen zudem zwei Blockheizkraftwerke, die im Jahr 2022 zusammen 148.000 kWh Strom im Jahr erzeugten, also **405 kWh pro Tag**. Der größte Anteil des durch die BHKWs erzeugten Stroms wird ins örtliche Verteilnetz (öV) gespeist, also nur bilanziell vor Ort verbraucht. (vgl. Abb. 18) Ein kleiner Teil wird physisch vor Ort verbraucht. Derzeitiges grund-

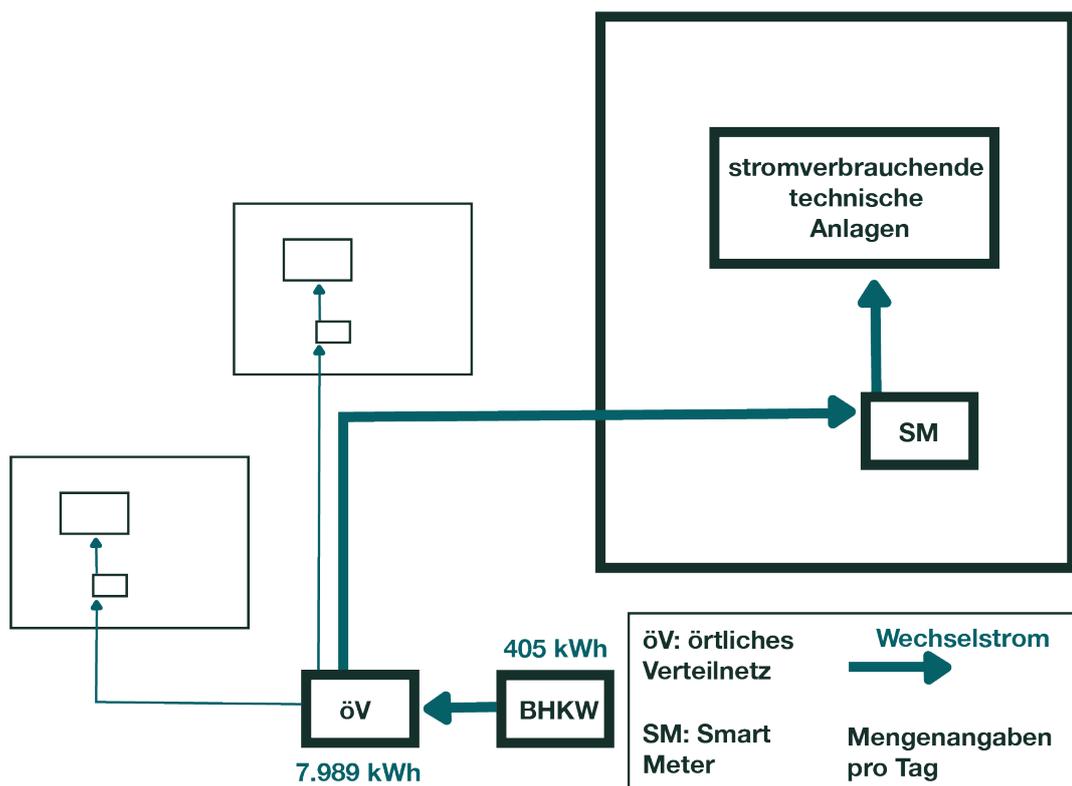


Abb. 18: Schritt 1: Beschreibung des existierenden Gebäudekomplexes. Eigene Darstellung.

gendes Problem, nach dem Bauherrenvertreter Herr Papsch, ist, dass der gewonnene Strom des einen Gebäudes per Gesetz nicht für den Verbrauch eines anderen verwendet werden darf. Demnach muss überschüssig produzierter Strom eines Gebäudes ins Netz eingespeist werden, da noch keine entsprechenden Speichermedien vorhanden sind. (vgl. Anhang 5 Interviewtranskript. Winckler) Ertrags- und Einspeisezähler sind in Form von Smart Metern in einigen Häusern verbaut. Die meisten Häuser verfügen noch über gewöhnliche Stromzähler. Der Prozess der Umstellung auf Smart Meter erfolgt im Hospital in Kooperation mit „ZP- Zuhause Plattform“. Diese bieten zudem die Dienstleistung eines Verwalterportals für eine übersichtliche Darstellung aller Daten des Smart Meters an (vgl. ZP Zuhause Plattform, o.J.).

SMART METER

„Ein intelligentes Messsystem – auch Smart Meter genannt – besteht aus zwei Elementen: einem digitalen Stromzähler und einem Kommunikationsmodul, das die Datenübertragung ermöglicht. Das intelligente Messsystem ermittelt den Stromverbrauch, speichert und verarbeitet die Daten.“ (Verbraucherzentrale, 2022) Das Kommunikationsmodul oder auch Gateway genannt, speichert die Daten der letzten Tage bis Woche und gibt diese an den öV-Betreiber weiter.

4.2 PHOTOVOLTAIK

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Photovoltaiktechnologien erklärt. Dabei wird auf die Funktionsweise sowie Unterschiede der einzelnen Ausführungen eingegangen.

Eine Photovoltaikanlage besteht aus verschiedenen Komponenten. Dabei ist die Solarzelle der Ort, an dem die Sonnenenergie durch den photoelektrischen Effekt in Halbleitern in elektrische Energie umgewandelt wird (vgl. Quaschnig, o.J.a). Eine einzelne Solarzelle produziert vergleichsweise wenig Strom, darum werden mehrere Zellen zu einem Solarmodul zusammengeschlossen. Die gesamte Anlage wird als PV-Modul bezeichnet. Während ihrer Lebensdauer kommt es zu Leistungseinbußen, weshalb wir mit einem Degradationsfaktor von 0,9 über zwei Jahrzehnte rechnen. Wir nehmen demnach an, dass die Module nach 20 Jahren nur noch mit 90 Prozent ihrer Anfangsleistung arbeiten. Die nächsten beiden Kapitel unterscheiden BAPV und BIPV, wobei nur das Thema der BIPV vertiefend behandelt wird.

43

4.2.1 BAPV

Building Applied Photovoltaics (BAPV) werden heutzutage auf Grund des Gesetzes zur Solardachpflicht in Hamburg bei entsprechenden Neubauten auf dem Dach verbaut. Die eingesetzten Materialien beschränken sich meist auf die erste Generation der Solarzellen, welche auf Silizium basieren und zu den Dickschichttechniken gehören. Dabei wird zwischen einkristallinem oder monokristallinem Silizium (mono-Si) und poly- sowie multikristallinem Silizium unterschieden. (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.4) In der weiteren Arbeit gehen wir von BAPV mit mono-Si Solarzellen aus, wobei eine Moduleffizienz von 21,5 Prozent angenommen wird (vgl. Müller, o.J.). Typischerweise werden die PV-Module auf dem Dach im Winkel von 30° bis 35° und nach Süden hin ausgerichtet (vgl. Quaschnig et al., 2014).

BUILDING APPLIED PHOTOVOLTAICS (BAPV)

Building Applied Photovoltaics bedeutet, dass PV-Module nach der Fertigstellung der Gebäude auf existierenden Flächen montiert werden. Diese dienen nicht als essenzielles Gebäudeelement. (vgl. ASCA GmbH, 2019)

BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV)

Building Integrated Photovoltaics dient im Gegensatz zu Building Applied Photovoltaics als essenzielles Gebäudeelement, beispielsweise als Fassadenelement oder Fenster, wodurch konventionelle Bauelemente ersetzt werden. Damit ist BIPV sowohl eine Energiequelle durch die Technik der Photovoltaik als auch ein Bauelement. (vgl. Dabija, 2020, S.3)

4.2.2 BIPV

Building Integrated Photovoltaics (BIPV) sind mit das vielversprechendste Energiesystem für den urbanen Raum der Zukunft. Durch die Multifunktionalität der Technik können Materialien und Energie eingespart werden. Die Vielseitigkeit von BIPV umfasst die thermische Isolation, den Lärmschutz, die Witterungsbeständigkeit, die Produktion von Energie, langzeitige Kostenersparnisse sowie die Möglichkeit zur ästhetischen Gestaltung. (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.2)

Die Ausprägungen dieser Faktoren hängen von den eingesetzten Materialien der BIPV ab. Dafür muss als erstes zwischen den drei Generationen der PV-Technologien unterschieden werden. Auf die erste Generation wurde bereits im vorherigen Kapitel eingegangen. Für BIPV kommen Materialien aus der zweiten und dritten Generation in Frage. In dieser Arbeit konzentrieren wir uns auf die zweite Generation, da die dritte kommerziell noch nicht verfügbar ist (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.5).

DÜNNSCHICHTTECHNIKEN DER ZWEITEN PV-GENERATION

Dünnschichtmodule sind in ihrer Beschaffenheit flexibel und halbtransparent. Mittels dieser Eigenschaften können die Module auf Fenstern (vgl. Abb. 19) sowie auf Fassaden (vgl. Abb. 20) angebracht werden. Die Halbleitermaterialien für die Dünnschichtmodule verbrauchen im Gegensatz zur ersten PV-Generation weniger Materialien und sind somit günstiger (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.5). Hier ist wichtig zu erwähnen, dass die PV-Module der ersten Generation, die für BAPV verwendet werden, einen höheren Wirkungsgrad haben. Damit jedoch die Gesamtperformance eines PV-Moduls bestimmt werden kann, sollten die optische-, thermische- sowie die energetische-Performance einbezogen werden (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.7). Im Folgenden sollen verschiedene Dünnschichtmaterialien unter Einbezug der optischen, thermischen und energetischen Eigenschaften betrachtet werden. Konkrete Vergleichswerte stellen hier der Wirkungsgrad, der Parameter Colour Rendering Index (CRI), der Wärmedurchgangskoeffizient (U-value) und die Marktanalyse dar. Die Halbleiter Cadmiumtellurid (CdTe), Amorphes-Silizium (a-Si) sowie Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) werden dahingehend miteinander verglichen.

Der mittlere Wirkungsgrad beträgt bei a-Si 6 Prozent, bei CdTe 10 Prozent und bei CIGS 12 Prozent (vgl. ipv, iswa, 2012). Einige kürzlich veröffentlichte Quellen stellt CdTe mit einem Wirkungsgrad bis zu 22 Prozent auf ein gemeinsames Niveau mit CIGS (vgl. Resalati et al., 2022, S.3). Grund dafür kann sein, dass in den letzten Jahren besonders an der Effizienz der CdTe-PV geforscht wurde. Demnach kann bei gleichen Standortbedingungen mit CIGS und CdTe im Vergleich zu a-Si deutlich mehr Energie gewonnen werden.

Die Lichtqualität eines Raumes wird unter anderem mit der Messgröße CRI bestimmt. Dieser Wert ist besonders wichtig zu beachten, wenn BIPV im Fenster verbaut wird. Ein wichtiger Faktor, um den CRI zu bestimmen, ist die Proportion des transparenten Bereichs zum mit Solarzellen bedeckten Bereich. Es ist davon auszugehen, dass der CRI bis zu einem 50/50-Verhältnis nicht signifikant beeinflusst wird und damit gute Farbwiedergabeeigenschaften gewährleistet sind. (vgl. Liu et al., 2019, S. 3089 ff.) Durch die halbtransparente Eigenschaft der Dünnschichttechnologie werden die licht- und aussichtsspendenden Funktionen eines Fensters nicht maßgeblich beeinflusst.

WIRKUNGSGRAD

„Mithilfe des Wirkungsgrads vergleichst du die Menge an Energie, die für einen Vorgang aufgewandt wird, mit der Menge an nutzbarer Energie, die der Vorgang hervorbringt. Der Wirkungsgrad beschreibt also, wie effizient die zugeführte Energie in einem Prozess genutzt wird.“ (Studyflix, o.J.)

Zudem kann durch den Verschattungseffekt der PV-Module der Wärmegewinn, der durch den Wärmedurchgangskoeffizienten gemessen wird, erheblich reduziert werden. Dadurch kann für eine angenehme Raumtemperatur gesorgt und ebenso Heiz- und Klimatisierungskosten gespart werden. (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018,

S.15) Das spielt besonders bei BIPV-Fenstern eine Rolle, dieser Effekt kann jedoch genauso bei BIPV-Fassaden erzielt werden.

Die Herstellung von allen drei Dünnschichttechnologien erfolgt auf industriellem Maßstab. Dabei hat CdTe momentan die geringsten Herstellungskosten. Der Markt für Dünnschichttechnologien wird in Zukunft aufgrund der Materialknappheit mit aller Wahrscheinlichkeit stark wachsen. (vgl. Sittinger, Diehl & Szyszka, 2010, S.32)

WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT

Der Wärmedurchgangskoeffizient beschreibt „die Wärmeübertragungsrate durch eine Struktur [...], geteilt durch den Temperaturunterschied in dieser Struktur. Je besser eine Konstruktion isoliert ist, desto niedriger ist der Wärmedurchgangskoeffizient.“ (NBS Enterprises, o.J.)

COLOUR RENDERING INDEX

Bei dem Farbwiedergabeindex handelt es „sich um eine sogenannte photometrische Größe, welche die Farbwiedergabe verschiedener Lichtquellen vergleichbar macht. Eine Einheit hat die Maßzahl nicht.“ (Isolicht, o.J.)



Abb. 19: BIPV-Fenster. Guardian Industries, o.J..



Abb. 20: BIPV-Fassade. Frontini, F., o.J..

ENERGIEEFFIZIENTER EINSATZ VON BIPV

Aufgrund der oben genannten Parameter entscheiden wir uns für den Einsatz von CdTe-PV. Die CdTe-Materialschicht wird auf Glas angebracht. Wichtig für die Entscheidung, welche Funktion das BIPV-Element am Gebäude übernehmen soll, ist der Transparenzgrad des Elementes. Wenn viele Solarzellen in dem Gebäudeelement integriert sind, eignet sich dieses als Fassade, die auch farblich gestaltet werden kann (vgl. Abb. 21). Bei einer höheren Transparenz des Glases, mit weniger Solarzellen, kann das Element die Funktion eines Fensters übernehmen. Ebenfalls können BIPV-Glaselemente als Begrenzung der angedachten Balkone eingesetzt werden, wobei der Transparenzgrad in diesem Fall keine erhebliche Rolle spielt (vgl. Abb. 22).

Bei CdTe-PV-Fenstern beziehungsweise Fassaden ist die Art der Verglasung entscheidender Einflussfaktor für die Energieeffizienz beziehungsweise die thermische-Performance. Hier gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Eine davon ist die hybride Vakuumverglasung. Dies ist eine Kombination aus einer Vakuumverglasung und einer Einfachverglasung, die durch einen Luft- oder

ENERGIEEFFIZIENZ

„Energieeffizienz beschreibt allgemein das Verhältnis eines bestimmten Nutzens – zum Beispiel die Bereitstellung von Licht oder Wärme – zu dessen Energieeinsatz. Je weniger Energie eingesetzt werden muss, umso energieeffizienter ist ein Produkt oder eine Dienstleistung.“ (Umweltbundesamt, 2013)

anderen Gasspalt getrennt sind. Dabei besteht die äußere Schicht aus CdTe-PV-Glas und die innere Verglasung aus einer Vakuumglas-Einheit. Diese Kombination kann den Gesamtenergieverbrauch anhand der verbesserten thermischen Isolation senken. (vgl. Uddin et al., 2022) Die beiden Glasschichten können mithilfe von geschraubten Profilen miteinander verbunden werden (vgl. Ertex Solar, o.J.).

Das Verhältnis von BIPV-Glasfläche zu restlicher Wandfläche ist für die Energie-Performance entscheidend. Je größer die Fläche, auf der PV-Module angebracht werden, desto mehr Energie wird produziert. (vgl. Sun et al., 2019, S. 3014) Demnach ist die produzierte Energiemenge durch BIPV-Elemente von der Architektur des Gebäudes abhängig.



Abb. 21: Farbliche Gestaltung BIPV. Wild, E., 2014.



Abb. 22: BIPV Balkonbegrenzung. Beilhammer, M., o.J..

4.3 SCHRITT 2: NETZEINSPEISUNG

Im zweiten Schritt sollen PV-Elemente im HzHG verbaut werden. Dafür bieten sich vor allem im geplanten Neubau die Dachflächen an. Der Masterplan sieht entsprechende Maßnahmen für eine Umsetzung bereits vor (vgl. Interviewtranskript, Papsch). Da Photovoltaik im Vergleich zu anderen Technologien, wie die des Abwassermanagements, relativ einfach nachzurüsten ist, kann zudem auch auf den Dächern der Bestandsgebäude BAPV verbaut werden. Zudem soll BIPV vor allem in Fassaden- und Fensterelementen und optional auch in Balkonbegrenzungen integriert werden. Der Betrieb der derzeit bestehenden BHKWs wird, außer zu Spitzenverbrauchszeiten, eingestellt, da die Verbrennung von fossilen Ressourcen nicht dem angestrebten Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung entspricht. Daher beziehen wir die BHKWs in den weiteren Berechnungen und Abbildungen nicht mit ein.

47

Dabei ist die Möglichkeit der Speicherung von elektrischem Strom elementar für den Gebrauch von Strom aus PV-Anlagen. PV-Anlagen generieren nur bei Tageszeiten mit genügend Sonneneinstrahlung Strom, wobei der Stromverbrauch eines Haushalts nicht auf diese Zeiten beschränkt ist. Die Koordinierung der flexiblen Stromverbräuche durch PV-Anlagen stellt unter anderem die größte Herausforderung des Themengebiets dar.

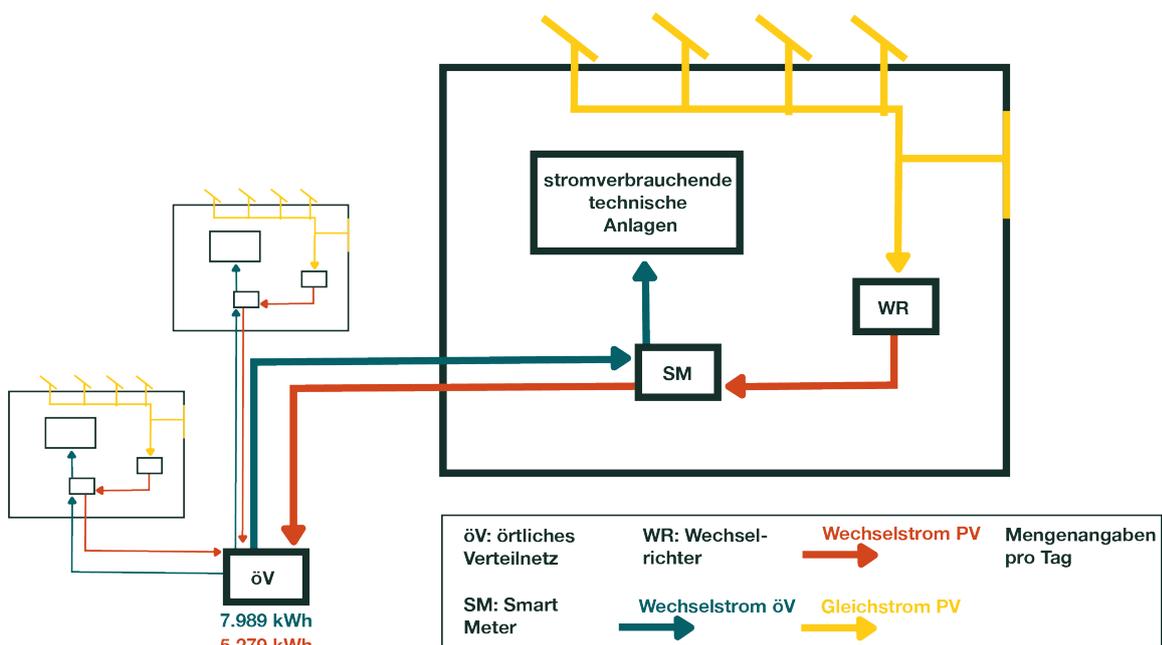


Abb. 23: Schritt 2: Netzeinspeisung. Eigene Darstellung

In diesem Schritt wird der gewonnene Strom aus BAPV und BIPV in das örtliche Verteilnetz (öV) des Betreibers „Stromnetz Hamburg“ eingespeist. Über diesen Prozess muss der öV-Betreiber im Vorhinein aufgrund der großen Strommenge informiert werden. Es wird ein passender Vertrag über die Vergütung des eingespeisten Stroms abgeschlossen. Das Stromnetz übernimmt hier die „Speicherfunktion“, indem sich durch die Ein- und Ausspeisung des Stroms ein glättender Effekt ergibt (vgl. Abb. 23). Dieses Arrangement wird auch als „grid connected Netz“ bezeichnet (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.6). Für das Hospital würde das bedeuten, dass der gesamte produzierte Strom in das öffentliche Netz geht und der Eigenstromverbrauch somit bilanziell gerechnet wird. Dafür wird der Gleichstrom vor Einspeisung von einem Wechselrichter (WR) in Wechselstrom umgewandelt (vgl. Hemm, 2018, S.9). Der Einspeisezähler, der in einem Smart Meter (SM) integriert ist, zählt die ins Netz eingespeiste Energiemenge und ist damit Grundlage der Abrechnung mit dem Netzbetreiber (vgl. Hemm, 2018, S.4).

VERBRAUCHSRECHNUNG HOSPITAL

In der folgenden Berechnung werden nur die neu geplanten 23 Gebäude des Masterplans beachtet. Die Berechnungen beinhalten ungefähre Werte, wobei wir die jeweiligen Flächenberechnungen mithilfe des Masterplans geschätzt haben. Der jeweilige Ertrag der PV-Anlagen wurde mittels eines Rechners nach DIN V 18599-9 [2018-09] (vgl. Müller, o.J.) ermittelt. Als Klimaregion wählen wir Hamburg, weshalb wir eine Performance Ratio von 80 Prozent annehmen. Die Performance Ratio beschreibt das Leistungsverhältnis zwischen dem möglichen maximalen Ertrag und dem tatsächlich erreichten Ertrag (vgl. SMA, o.J.).

Für BAPV auf dem Dach wird angenommen, dass die Grundfläche der Dachfläche entspricht. Das Dach hat eine Fläche von 17.564 m², wobei 60 Prozent der Gesamtfläche für PV ausgenutzt werden. Damit entspricht die mögliche Aufstellungsfläche der BAPV-Anlagen etwa **10.538 m²**. Diese Zahl wird für die Kollektorfläche aller mono-Si-Module (DIN 18599-9 [2018-09], ab 2017) weiterverwendet. Ein Modul hat eine Kollektorfläche von 1,80 m², sodass **5.854 Module** mit einem Wirkungsgrad von 18,2 Prozent (ohne den Degradationsfaktor von 0,9 liegt der Wirkungsgrad bei 21,5 Prozent) sowie einer Ausrichtung nach Süden mit einer Neigung von 30° auf der Fläche von 10.538 m² verbaut werden können. Die Performance Ratio beträgt 80 Prozent, was der eines stark belüfteten mono-Si-Modul entspricht. Daraus ergibt sich ein jährlicher Ertrag von 1.456.660 kWh, was **3.991 kWh pro Tag** bedeutet (vgl. Abb. 24). Die Einheit $Q_{f,prod,PV}$ (produzierter PV-Gesamtertrag) „teilt sich auf in die Menge, die im Gebäude genutzt werden kann ($Q_{f,nutz,PV,a}$) und die Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist wird ($Q_{f,out,PV,a}$)“ (Roos, 2017).

Monat	Tage d_{mth}	Strahlung I_{sol}	Stahlungsangebot E_{sol}	Ertrag $Q_{f,prod,PV}$
Januar	31	30 W/m ²	22,3 kWh/m ²	30.819 kWh
Februar	28	47 W/m ²	31,6 kWh/m ²	43.611 kWh
März	31	104 W/m ²	77,4 kWh/m ²	106.840 kWh
April	30	188 W/m ²	135,4 kWh/m ²	186.904 kWh
Mai	31	215 W/m ²	160,0 kWh/m ²	220.872 kWh
Juni	30	201 W/m ²	144,7 kWh/m ²	199.829 kWh
Juli	31	188 W/m ²	139,9 kWh/m ²	193.135 kWh
August	31	187 W/m ²	139,1 kWh/m ²	192.107 kWh
September	30	113 W/m ²	81,4 kWh/m ²	112.341 kWh
Oktober	31	101 W/m ²	75,1 kWh/m ²	103.758 kWh
November	30	41 W/m ²	29,5 kWh/m ²	40.761 kWh
Dezember	31	25 W/m ²	18,6 kWh/m ²	25.683 kWh
Gesamtertrag p.a.			1.054,9 kWh/m²	1.456.660 kWh

Abb. 24: Stromertrag BAPV. Müller, H.-S., o.J..

Wir gehen davon aus, dass BIPV nur an die Süd- und Westfassaden angebracht wird. Dabei wird die Implementierung in die Balkonbegrenzung für die Rechnung nicht mit einbezogen. Die Fassaden sind zusammengenommen 1068 Meter lang (vgl. Abb. 25). Die Durchschnittshöhe der Gebäude liegt bei 16 Meter. Dies ergibt sich aus der Durchschnittsgeschossanzahl von 5 und einer Geschosshöhe von 3,2 Metern. Damit liegt die Süd- und Westfassadenfläche bei 17.088 m², wobei 50 Prozent der Gesamtfläche ausgenutzt werden. Damit entspricht die Fläche der BIPV-Anlagen etwa **8.544 m²**. Diese Zahl verwenden wir für die Kollektorfläche aller CdTe-Module (DIN 18599-9 [2011-12]) weiter. Ein Modul hat eine Kollektorfläche von 1,80 m², sodass **4.746 Module** mit einem Wirkungsgrad von 9 Prozent (ohne den Degradationsfaktor/Leistungsverlust im Laufe der Zeit von 0,9 liegt der Wirkungsgrad bei 10 Prozent) sowie einer Ausrichtung nach Süd-West mit einer Neigung von 90° auf der Fläche von 8.544 m² verbaut werden können. Die Performance Ratio beträgt 80 Prozent, was der eines stark belüfteten CdTe-Modul entspricht. Daraus ergibt sich ein jährlicher Ertrag von 361.718 kWh. Bei der Annahme des mittleren Wirkungsgrades von CdTe-Modulen aus Kapitel 4.2.2 von 14,4 Prozent (ohne den Degradationsfaktor von 0,9 liegt der Wirkungsgrad bei 16 Prozent) ergibt sich ein jährlicher Ertrag von 578.748 kWh. Wir rechnen mit dem Durchschnittswert von 470.233 kWh im Jahr beziehungsweise **1.288 kWh pro Tag** weiter.

Zusammengenommen erbringen die PV-Anlagen einen Ertrag von 1.926.893 kWh im Jahr und **5.279 kWh pro Tag**, was 66,08 Prozent des Stromverbrauchs des HzHG von **7.989 kWh pro Tag** entspricht.



Abb. 25: BIPV-Fassaden HzHG. In Anlehnung an WRS Architekten & Stadtplaner GmbH, o.J..

4.4 ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM

Im Gegensatz zu Schritt 2 der Netzeinspeisung wird in diesem Kapitel ein Energiemanagementsystem (EMS) erläutert, welches den physischen Eigenstromverbrauch hinter dem Netzverknüpfungspunkt voraussetzt. Der Strom wird also vor dem Zähler, der ins Stromnetz geht, im HzHG verbraucht. Dafür ist ein Energiemanagementsystem notwendig, das „Einspeisung und Verbrauch von Strom innerhalb des Mieterstromobjektes mittels der Flexibilität vorhandener dezentraler Anlagen im Gleichgewicht“ (Chantrel et al., 2019) hält. In diesem Fall muss vor Ort die nötige Technik zur Steuerung der bidirektionalen Stromflüsse verbaut werden. Bidirektionale Stromflüsse kommen bei der Einspeisung in oder aus dem Netz zustande. Die Einspeisung ins Netz findet Anwendung, wenn die Kapazität der verbauten Batterie ausgereizt ist und der überschüssige Strom in das Verteilernetz eingespeist werden muss. Der Strom muss aus dem Netz ins Hospital eingespeist werden, wenn die Stromversorgung nicht mittels der PV-Anlagen abgesichert ist. Damit steigt die Residuallast des HzHG-Stromnetzes. Für diese Fälle muss das elektrische Hausnetz des Mieterstromobjekts einen Anschlusspunkt nach §8 EEG 2023 zum öffentlichen Netz besitzen.

RESIDUALLAST

„Der Begriff Residuallast beschreibt den Teil des Stromverbrauchs in Deutschland, der nach Abzug der Einspeisung von fluktuierenden Erneuerbaren Energien ins Stromnetz übrig ist. Es geht also um den Restbedarf an Strom, der nicht durch Wind- und Solarenergie abgedeckt werden kann. Zu einem Großteil wird die Residuallast mithilfe der Leistung von konventionellen Energiequellen gedeckt.“ (Interconnector, 2020)

BATTERIE

Beim physischen Eigenstromverbrauch gelingt die Speicherung des PV-Stroms vor Ort in einer Batterie. Diese Variante ist vor allem sinnvoll, wenn der Strom aus der PV-Anlage für den Eigengebrauch vorgesehen ist. Durch die Speicherung kann der Strom unabhängig von der verfügbaren Sonnenenergie genutzt werden. Zudem dient die Batterie als Speicher, sobald mehr Strom

generiert wird als verbraucht. Derzeit sind hauptsächlich Lithium-Ionen Batterien auf dem Markt erhältlich. Diese zeichnen sich durch eine vergleichsweise lange Lebensdauer von bis zu 15 Jahren sowie einen hohen Wirkungsgrad aus (vgl. Verbraucherzentrale, 2022).

Eine Batterie für die Speicherung von PV generiertem Strom besteht, neben Lithium-Ionen, aus einem Batteriemanagementsystem, gegebenenfalls einem Wechselrichter sowie Elektronik, welche für die digitale Steuerung des Stromverbrauchs notwendig ist (vgl. ebd.).

Die Verbraucherzentrale empfiehlt für die Skalierung des Batteriespeichers als Richtwert „1 kWh Batteriespeicherkapazität pro 1.000 kWh Jahresverbrauch“ (Verbraucherzentrale, 2022). Eine Skalierung der Speicherkapazität für das Hospital nehmen wir in Kapitel 4.5 vor. Die Berechnung der Batteriespeicherkapazität ist deshalb von Bedeutung, da bei zu großer Kapazität die Lebensdauer der Batterie leidet (vgl. ebd.).

Es gibt Gleichstrom- und Wechselstrom-gekoppelte Batteriesysteme. Die Gleichstrom-gekoppelten Batteriesysteme nutzen den Wechselrichter der PV-Anlage mit. Dies hat den Vorteil, dass der Anschaffungspreis meist günstiger und die Systeme effizienter sind (vgl. ebd.). Für die Nutzung im Hospital zum Heiligen Geist sind die Gleichstrom gekoppelten Systeme daher sinnvoll.

FUNKTIONSWEISE DES AGENTENBASIERTEN ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM

Ein EMS berechnet den Überschuss beziehungsweise das Defizit an PV-Strom und koordiniert mit diesen Daten freie Speicherkapazitäten oder die anfallende Residuallast (vgl. Hemm, 2018, S.33). Das hier betrachtete EMS besteht aus einem Agenten Netzwerk. Jedes Haus besitzt eine Recheneinheit, die aus einem Smart Meter sowie einem angekoppelten autonom agierenden Agenten besteht. Dieser ist für den Betrieb

der technischen Anlagen des Hauses zuständig. Jeder Agent verfolgt definierte, dezentrale Ziele, wobei das Agentennetzwerk die einzelnen Agenten durch Peer-to-Peer (Echtzeit) Kommunikation miteinander verbindet. Das Netzwerk soll anhand der Abstimmung der einzelnen Agentenziele das übergeordnete Netzziel koordinieren. Die einzelnen Agenten übertragen die jeweiligen Last- und Erzeugungsprognosen der haus-eigenen PV-Anlagen an das Agentennetzwerk, wobei ein gemeinsames Optimum das übergeordnete Ziel darstellt. (vgl. Chantrel et al., 2019) Das Optimum beschreibt zum einen die „Entlastung der übergeordneten Netzinfrastruktur durch Minimierung der Residuallast [...] der Mieterstromobjekte“, zum anderen „eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit von [...] Mieterstromobjekten durch eine Maximierung des Autarkiegrads und der Eigenverbrauchsquote“ (ebd.). Bei maximalem Autarkiegrad und maximaler Eigenverbrauchsquote von 100 Prozent liegt die Residuallast bei null. Aus der Verbrauchsrechnung aus Kapitel 4.3 wird ersichtlich, dass eine gewisse Residuallast-Deckung aus dem öV im HzHG nicht zu vermeiden ist. Die Mieterstromobjekte sind in diesem Fall die Gebäude des Hospitals und der Mieterstrombetreiber ist das HzHG, wobei es entsprechende Angebote von Dienstleistern gibt, die diese Aufgabe übernehmen.

4.5 SCHRITT 3: PHYSISCHER EIGENSTROMVERBRAUCH

Der Gleichstrom aus BAPV und BIPV wird durch den Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt, sodass dieser vor dem SM in die stromverbrauchenden technischen Anlagen des HzHGs fließen kann. Wenn ein Überschuss an PV-Strom da ist, kann dieser im Gleichstrom gekoppelten Batteriesystem gespeichert werden. (vgl. Abb. 26) Dafür muss das Batteriesystem nach dem Richtwert „1 kWh Batteriespeicherkapazität pro 1.000 kWh Jahresverbrauch“ (Verbraucherzentrale, 2022) dimensioniert werden, also wird hier eine Speicherkapazität von 2.916 kWh benötigt. Ebenso kann Strom durch den Einsatz von Wärmepumpen in Form von thermischer Energie gespeichert werden. Für diese Form der Speicherung muss die Wärmepumpe entsprechend dimensioniert werden. Die eingesetzten Wärmepumpen generieren neben Wärme auch Kälte. Im Sommer ist eine Kühlung der Gebäude des HzHGs aufgrund der Altersstruktur der Bewohner*innen dringend notwendig. Die Zeit, in der am meisten gekühlt werden muss, ist genau dann, wenn in der die PV-Anlagen am meisten Strom generieren. An dieser Stelle ist die Speicherung der Energie mittels der Wärmepumpe vorteilhaft und wird demnach vom EMS angeordnet.

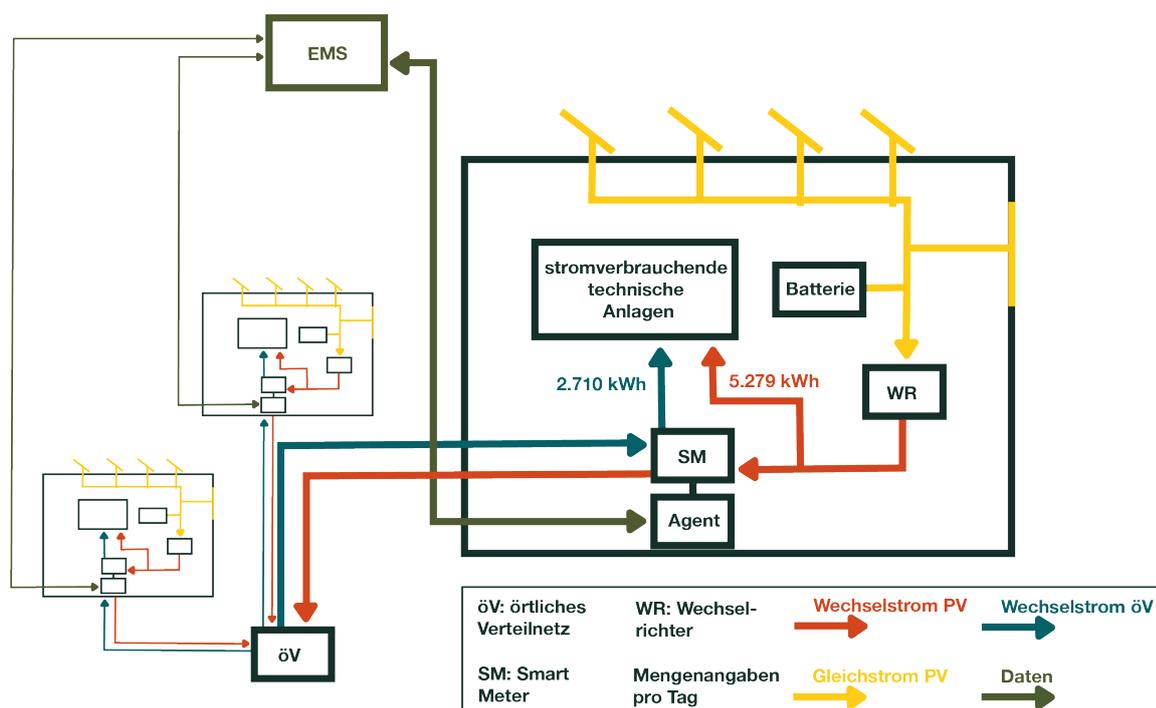


Abb. 26: Schritt 3: physischer Eigenstromverbrauch. Eigene Darstellung.

Die Recheneinheiten und das übergeordnete EMS steuern die Einspeisung in und aus dem öS. Die interne Stromübertragung kann durch Unterbilanzkreise gesetzlich geregelt werden (siehe Kapitel 2.2).

4.6 KONZEPT: SCHRITTE HIN ZUM GEBÄUDEINTEGRIERTEN ENERGIEMANAGEMENT

Die Abbildung 27 zeigt drei verschiedene Handlungsmöglichkeiten im Rahmen des gebäudeintegrierten Energiemanagements.

1. Der erste Schritt zeigt den Status quo. Es wird kaum Photovoltaik für die Erzeugung von Strom genutzt. Der jährliche Strombedarf wird hauptsächlich durch das öV gedeckt. Ein kleiner Teil wird durch das BHKW im HzHG selbst generiert und bilanziell genutzt.
2. Im zweiten Schritt wird BAPV auf den Dachflächen sowie BIPV in den Fassadenflächen des Neubaus installiert. Aufgrund der vergleichsweise unproblematischen Nachrüstung von BAPV-Anlagen, kommen auch die Dachflächen der Bestandsgebäude für eine Nutzung in Frage. Der gesamte produzierte Strom wird ins Netz eingespeist, sodass sich nur ein bilanzieller Eigenstromverbrauch ergibt. Der Autarkiegrad hinsichtlich der Stromversorgung des HzHG hat sich damit rein bilanziell erhöht.
3. Dergenerierte Strom von BAPV und BIPV wird physisch vor Ort eingesetzt. Für die Speicherung der gewonnenen Energie ist ein Batteriespeichersystem notwendig, welches mit dem Wechselrichter der PV-Anlage gekoppelt werden kann. Smart Meter und das Agentennetzwerk stellen zusammen das Energiemanagementsystem dar. Durch dieses erhöht sich der Autarkiegrad hinsichtlich der Stromversorgung des HzHG reell.

Die drei Schritte zeigen unterschiedliche Möglichkeiten der Nutzung von PV-Technologien auf. Dabei steigert sich mit jedem Schritt der Autarkiegrad der Stromversorgung des HzHG. Die Eigenverantwortung des Hospitals für die Deckung des eigenen Strombedarfs nimmt mit jedem Schritt zu. Das HzHG kann auf diese Weise Kosten senken, unabhängiger vom Energiemarkt agieren und gleichzeitig einen wichtigen Beitrag für die entcarbonsierte Stromerzeugung leisten. Der Umstand, dass die Netzeinspeisung von PV generierten Strom nicht nach marktaktuellen Preisen vergütet wird,



Abb. 27: Gebäudeintegriertes Energiemanagement. Eigene Darstellung.

macht es außerdem aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll, den PV-Strom selbst zu nutzen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die verfügbaren Dachflächen nicht ausreichen, um den jährlichen Stromverbrauch des HzHG allein durch den Einsatz von PV zu decken. Auch die vorgesehene Kombination von BAPV mit BIPV wird dieses Ziel nicht erreichen. Dennoch bietet die Technologie der BIPV eine wichtige Möglichkeit, den Anteil des aus PV gewonnenen Stroms zu steigern.

Die PV-Technologie ist dank Bundesförderungen allgemein bekannt und auf dem Markt etabliert. Im Vergleich zu BAPV ist BIPV derzeit noch nicht auf demselben Stand. Die Technologie ist aktuell nicht im selben Maße auf dem Markt integriert, sodass die Preise entsprechend höher sind. Allgemeine Probleme bezüglich der Realisierbarkeit der PV-Anlagen sind, neben dem finanziellen Aufwand, auch die Forschung und Entwicklung von PV-Technologien mit höherem Wirkungsgrad.

4.7 ZWISCHENFAZIT

Das Gebäude wird durch den Einsatz von BIPV sowie BAPV vom Energiekonsumenten zum Erzeuger erneuerbarer Energie transformiert. Der verantwortungsvollere Energiekonsum, veranlasst durch steigende Strom- und Gaspreise, macht sich im Hospital zum Heiligen Geist Hamburg, wie auch auf gesamtgesellschaftlicher Ebene, bemerkbar. Dieses Phänomen kann durch den Einsatz von PV und damit eigenständiger Erzeugung von Strom zusätzlich verstärkt werden. Das gewisse Maß an Energieautonomie kann die Mieter*innen des Hospitals zur Senkung des Energieverbrauchs und der damit einhergehenden Kostenersparnissen animieren. (vgl. Dabija, 2020, S.10 f.).

Die aussichtsreiche Forschung macht rapide Fortschritte in der Effizienzweiterentwicklung der einzelnen Solarzellen, sodass neben der Effizienzerhöhung der Energieproduktion ebenfalls mit einer kontinuierlichen Kostensenkung zu rechnen ist. Zudem begünstigt die intensive Fortentwicklung antreibende Maßnahmen von Seiten der Politik. (vgl. Zhang, Wang & Yang, 2018, S.2)

Für das HzHG wird derzeit ein Energiegutachten von Sumbi Ingenieuren erstellt, das im Laufe des Jahres weitere Aussagen und Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudekomplexes bringen wird. Bis dahin empfehlen wir, die Etablierung von BAPV sowie BIPV in den Bebauungsplan mit einzuplanen.

Ebenso ist die Technologie der Solarthermie mit im Planungsverfahren des Bebauungsplans zu berücksichtigen. Der Kollektor der Solarthermieanlage wandelt Solarstrahlung, im Gegensatz zur PV-Anlage, in Wärme um. Dabei wird diese Wärme in Deutschland meistens zur Trinkwassererwärmung verwendet. (vgl. Quaschnig, o.J.b) Der in Kapitel 3.2.3 beschriebene Prozess der Wärmerückgewinnung kann im letzten Schritt ebenfalls durch die Wärme der Solarthermie ergänzt werden. Die Kollektoren der Solarthermie können mit den PV-Anlagen zu Photovoltaisch-thermischen (PVT)-Kollektoren gekoppelt werden. Mit diesen kann sowohl Wärme als auch Strom produziert werden (vgl. Energiewendebauen, 2023).

5.

FAZIT

AUSBlick

REFLEXION

Im Folgenden werden die in Kapitel drei und vier gewonnenen Erkenntnisse der Konzepte des Abwassermanagements sowie des Energiemanagements zusammenfassend dargestellt. Mit den Beobachtungen der Forschungsarbeit werden anschließend die Forschungsfragen beantwortet.

GESAMTKONZEPT

Grundsätzlich haben wir festgestellt, dass das Neubauprojekt des HzHG eine große Chance bietet, von konventionellen Herangehensweisen abzurücken und über die üblichen Planungs- und Bauweisen hinaus Lösungen für einen bewussten Umgang mit umweltrelevanten Themen zu verfolgen. Zu diesen Themen gehören unter anderem auch das Abwasser- sowie Energiemanagement. Vor allem das Abwassermanagement ist im HzHG, aufgrund des Hotspots für Arzneimittleintragung ein bedeutendes Thema. Für beide Aspekte haben wir im Verlauf der Arbeit ein Verantwortungspotential erkannt, welches durch die Infrastrukturmanagementsysteme vom HzHG anerkannt und ausgefüllt werden können. Energie- und Abwasserinfrastrukturen sind wichtige und komplexe Infrastrukturen. Deshalb war es wichtig, diese einzeln zu betrachten, sodass die verschiedenen Technologien auch tiefergehend beleuchtet werden konnten. Die Energieinfrastruktur ist mit der Wärmeinfrastruktur eng verbunden, wodurch wir Letztere ebenso in der Arbeit mit einbezogen haben.

Als Ergebnis funktionieren die für das HzHG erarbeiteten Infrastrukturmanagementsysteme unabhängig voneinander. Für das Abwassermanagement ist ein teilstrom-orientiertes Abwassersystem entstanden, welches durch den Einsatz des *POWERSTEPs* seinen Energiebedarf decken kann. Falls der Arbeitsschritt des *POWERSTEPs* ausfällt, sodass die Abwasseraufbereitung nicht energieautark arbeitet, kann der PV-Eigenstrom für den Prozess eingesetzt werden. Zudem ist die Nutzung des PV-Eigenstroms ebenso für die Wärmeinfrastruktur in Form der geplanten Wärmepumpe möglich. Somit ist der Autarkiegrad der Energieversorgung des Hospitals sehr hoch. Für die tatsächliche Implementierung in der Praxis müssen beide Systeme zusammen im Kontext des Bauvorhabens des HzHG betrachtet werden.

WIE KÖNNEN DIE EMISSIONEN DES HOSPITALS DURCH DEN EINSATZ VON TECHNOLOGIEN DES ABWASSERMANAGEMENTS UND BIPV VERRINGERT WERDEN?

Einfach gesagt kann das Hospital seine Emissionen durch die erläuterten Technologien mindern, wobei jeder weitere Schritt der jeweiligen Konzepte mehr Emissionen einspart.

Für die eingesetzten Technologien des Abwassermanagements gilt es mit der Zeit zu gehen. In Deutschland werden immer mehr dieser Technologien an bestehender Abwasserinfrastruktur nachgerüstet, wobei folglich mehr über jene gesprochen und daran weitergeforcht wird (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Das Hospital sollte den Neubau diesbezüglich als Potential sehen, um die Abwasserströme konsequent zu trennen und somit spezifischer auf die anfallenden Mikroschadstoffe des HzHG eingehen zu können (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck). Dabei ist zu beachten, dass die Anlagen mit einer Möglichkeit des Zurückbauens oder einer Erweiterung gebaut werden, falls sich die erste Konfiguration in dem Maße nicht bewährt. Wichtig ist eine Betreuung von fachkundiger Seite über den Zeitraum des Betriebs. Hier können Unternehmen, die die Technologien verbauen, in Verantwortung gezogen werden. (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck)

Erfahrungswerte haben gezeigt, dass das aufbereitete Grauwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit auf keine Akzeptanzprobleme der Mieter*innen treffen wird, da sich dieses mit bloßem Auge nicht vom Trinkwasser unterscheiden lässt (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Die Grauwasseraufbereitung und Wärmerückgewinnung sowie die Separierung der Abwasserströme vermindern die Trink- und Abwasserkosten, aber auch die Energiekosten mittels des *POWERSTEPs* bei der Klärung des Grauwassers und Urins durch die Kombination Nanofiltration und Festbettreaktor. Die Kosten werden demzufolge durch einen gezielten und ressourcenschonenden Prozess gemindert. Das zentrale Abwassersystem wird durch das dezentrale System des HzHG entlastet. (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde)

Die PV-Anlagen auf dem Dach sind bereits gesetzlich vorgeschrieben. Den Schritt hin zu BIPV zu gehen ist folglich nicht mehr groß. Wie eingangs beschrieben, werden Technologien stetig weiterentwickelt. PV ist bereits bekannt und wird in der Praxis genutzt. BIPV ist eine Weiterentwicklung der PV-Technologie und daher momentan noch nicht im selben Maß bekannt. Das Hospital hat an dieser Stelle durch das Neubau-

projekt die Möglichkeit von vornherein an dieser Weiterentwicklung teilzunehmen. Die Komplexität der Thematiken, wie die hier behandelten Infrastrukturen sie aufweisen, dürfen nicht dazu führen, dass die Verantwortung abgegeben und letztlich gar nicht gehandelt wird. Auch wenn die Problematik nicht abschließend gelöst werden kann, ist es wichtig, einen Beitrag zu leisten. Diesen Schritt im Neubau zu gehen und von konventionellen Verfahren Abstand zu nehmen, eröffnet die Möglichkeit darauf aufzubauen. Wenn Technologien weiterentwickelt werden, ist die Grundlage für eine Nachrüstung bereits einen Schritt weiter in Richtung der Emissionsverringerung, als es beim derzeitigen Status quo der Fall ist.

Das Hospital darf nicht darauf warten, dass eine Lösung etabliert wird, welche die Problematiken abschließend beseitigt. Stillstand ist keine Option, um Emissionen zu verringern und einen Beitrag für das Klima zu leisten. Durch die Berücksichtigung dieser Thematiken kann das HzHG einen gesellschaftlichen Beitrag leisten und eine Vorbildfunktion einnehmen. Informationstafeln oder auch eine entsprechende Berichterstattung können den Menschen im Quartier und darüber hinaus aufzeigen, was möglich ist (vgl. Anhang 4 Interviewtranskript. Stricker). Der Aufklärungsaspekt, der eine Umsetzung insbesondere des Abwassermanagementsystems bieten würde, ist vor allem deshalb wichtig, da viele Menschen über die Abwasserproblematiken kaum Bescheid wissen. Erst kürzlich hat sich die Berichterstattung bezüglich des Wasserhaushaltes verändert. Diesen Wechsel in der Gesellschaft deutlich zu machen, ist ein langwieriger Prozess. Das HzHG kann hier einen Beitrag leisten, um einen bewussten Umgang mit dem Trinkwasser zu vermitteln. (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde)

INWIEWEIT BIETEN RECHTLICHE VORGABEN DIE MÖGLICHKEIT, INNOVATIONS-PROZESSE ZU FÖRDERN?

Die EU gibt Richtlinien zur Abwasser- und Energieinfrastruktur vor, die in den Mitgliedsstaaten zeitnah im nationalen Recht verankert werden sollten (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). In der Praxis ist dieser Prozess jedoch oftmals langwierig und hängt eng mit der jeweils amtierenden Regierung zusammen (vgl. Anhang 5 Interviewtranskript. Winckler). Wie sich dieser Umstand auf die Innovationsprozesse auswirkt, soll nachfolgend betrachtet werden.

Als ersten Schritt zur Beantwortung dieser Frage unterscheiden wir den aktuellen Stand der gesetzlichen Regelungen zu PV-Anlagen und Technologien des Abwassermanagements.

Die gesetzlichen Regelungen für den Einsatz von Photovoltaik können als Vorbild für die des Abwassermanagements gesehen werden. Gesetze zur PV sind weit fortgeschritten und fördern und motivieren eine Umsetzung. Die Tatsache, dass die Bundesländer unterschiedliche Regelungen zur Verpflichtung von PV-Anlagen beim Neubau haben, stellt die Problematik der Wechselwirkung von gesetzlichen Ausgestaltungen im Zusammenhang mit den gewählten Regierungen dar. Eine ambitionierte bundesweite Regelung wäre hier wünschenswert.

Die EU-Richtlinien zu den Technologien des Abwassermanagements, insbesondere der Grauwasseraufbereitung, sind in Deutschland noch nicht zur Genüge im nationalen Recht verankert. „[...] Die EU hat eigentlich auch schon den Weg aufgezeigt, nämlich die Verwendung von Abwasser. Die haben Qualitätsanforderungen für die Wiederverwendung von Abwasser aufgestellt. Das ist eine Verordnung aus dem Jahr 2020, die dieses Jahr in nationales Recht umgesetzt werden soll. Die Deutschen finden das alles nicht so gut, aber sie müssen es machen. Und das ist schon der richtige Weg.“ (Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Dies spiegelt das beschriebene Wirkungsgefüge von gesetzlichen Vorgaben und dem Handlungsspielraum wider. Ohne diese Vorgabe ist es derzeit schwierig, entsprechende Technologien weiterzuentwickeln und in der Praxis zu erforschen. Dafür muss die Bereitschaft des Staates, entsprechende Fördergelder zu stellen und technische Vorgaben zu Verfahren oder zu Grenzwerten im Abwasser aufzustellen, steigen. Die gesetzlichen Vorgaben bewirken einen Handlungsdruck, welcher wiederum die Aufmerksamkeit für die Thematik steigert. Auch auf gesellschaftlicher Ebene werden diese Thematiken dadurch letztlich diskutiert. Der Handlungsdruck führt dazu, dass die Forschung vorangetrieben wird, sodass Technologien eine höhere Nachfrage erfahren. Der Markt für diese wächst folglich. Durch eine tatsächliche Umsetzung wird das The-

ma präsenter. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses auch gesetzlich genormt wird, steigt. Für das Hospital bedeutet das, dass nicht nur PV-Anlagen aufgrund der gesetzlichen Vorschriften gebaut werden sollten, sondern auch die Technologien des Abwassermanagements. Solange der Einbau und Betrieb solcher Anlagen technische Vorgaben nicht widerspricht, sollten diese realisiert werden. Die Einleitung des geklärten Abwassers ist per Gesetz nicht verboten, da die Schadstoffbelastung gering ist. Für die Erstellung des Bebauungsplans sind Gesetze, mit denen der Plan ausgestaltet wird, notwendig. Langfristig muss die Bauordnung dahingehend novelliert werden (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Hier können zunächst privatrechtliche Kaufverträge zur Ausgestaltung der Abwasserstromtrennung aufgesetzt werden. (vgl. Anhang 1 Interviewtranskript. Kuck) Es sollte nicht auf ein Gesetz gewartet werden, das die Umsetzung vorschreibt, da sich dies sehr lange hinziehen kann (vgl. Anhang 2 Interviewtranskript. Nolde). Die Umsetzung von Pilotanlagen kann der erste Schritt sein. Anschließend können Forschungsgelder zur Realisierung beantragt werden. Das Gesetz stellt für die Etablierung der Technologien grundlegend kein Problem dar, da alle Anforderungen erfüllt werden. Es motiviert jedoch auch nicht, da von Gesetzesgeberseite nicht genügend Fördergelder für die Umsetzung innovativer Technologien bereitgestellt werden.

REFLEXION

Am Anfang unserer Bachelorarbeit haben wir uns gefragt, was das Themenfeld Stadtplanung eigentlich alles umfasst. In vergangenen Projekten hat uns immer die Komponente von greifbarem Fachwissen gefehlt. Diese Forschungsarbeit hat uns gezeigt, dass die Verantwortung von Stadtplaner*innen auch darin liegt, sich mit verschiedenen Fachplanungen vertieft auseinanderzusetzen. Energie- und Abwasserinfrastrukturen sind Grundlage einer funktionierenden Stadt. Oft werden diese als gegeben angesehen und demnach nicht in den Fokus von stadtplanerischem Handeln gerückt. Uns erscheint es darum umso wichtiger, diese aus unserer Sicht, der Sicht einer Stadtplanerin, zu betrachten. Nicht nur auf der gesamtstädtischen Ebene, sondern auf der Ebene der konkreten Eingriffsmöglichkeiten. Der Austausch mit Expert*innen für Abwassertechnologien und PV hat uns den aktuellen Stand der Technik für eben jene Infrastrukturen aufgezeigt. Wir haben unsere Aufgabe darin gesehen, die Technologien in einfacher Sprache zu erläutern und auf Praxisanwendung im Hospital zu prüfen. Dafür war es sehr hilfreich, im regelmäßigen Austausch mit den Mitarbeitenden des Hospitals durch unsere Werkstudentinentätigkeit vor Ort zu stehen. Wir hoffen, dass diese Infrastrukturen vermehrt in den Blick der Stadtplaner*innen fallen, um damit eine Etablierung der emissionsmindernden Technologien auch rechtlich in Bebauungsplänen häufiger festsetzen zu können.

57

AUSBLICK

Wenn die beschriebenen Technologien umgesetzt werden, kann das HzHg die Emissionen verringern. Der PV-Eigenstrom kann mit den Smart Home/Building Adaptern der „Zuhause Plattform“ gekoppelt werden. Diese erlauben eine übersichtliche Darstellung von Wasser- und Wärmeverbräuchen. Zudem gelingt dadurch eine Automatisierung von anfallenden alltäglichen Handlungen, wie beispielsweise Öffnungsmechanismen der Fenster. Auf den ersten Blick erscheint der Aspekt als kleiner Punkt, jedoch kann durch smartes Lüften der Gebäude eine optimale Temperaturregulation stattfinden. Dadurch können zusätzlich noch mehr Emissionen eingespart werden. Wir erhoffen uns eine Umsetzung der von uns vorgestellten Technologien für ein eigenverantwortliches Handeln des HzHGs im Sinne des „Containments“.

LITERATUR VERZEICHNIS

ABFALLMANAGER MEDIZIN (2016, 31. August). Medikamente im Abwasser. [online]. Abgerufen am 20. Oktober 2022, von <https://www.abfallmanager-medizin.de/themen/medikamente-im-abwasser-mehr-als-150-arzneimittel-in-deutschen-gewaessern-nach-gewiesen/>.

AG Energiebilanzen (2022). Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern. [online]. Abgerufen am 14. Februar 2023, von https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/09/STREERZ22_Abgabe-12-2022_inkl-Rev-EE.pdf.

Alfonso-Muniozguren, P., et al. (2021, August). A review on pharmaceuticals removal from waters by single and combined biological, membrane filtration and ultrasound systems. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2012(76). [online]. Abgerufen am 16. November 2022, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041772100198X>.

ASCA GmbH (2019, 14. November). BAPV versus BIPV: Wie unterscheiden sie sich?. [online]. Abgerufen am 08. Dezember 2022, von <https://www.asca.com/de/aktuelles/bapv-versus-bipv-wie-unterscheiden-sie-sich/>.

Ahting, M. et al. (2018, April). Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. [online]. Abgerufen am 20. November 2022, von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf.

BDEW (2023, Februar). Strompreis. [online]. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://www.bdew.de/presse/pressemappen/strompreis/>.

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2009). Allgemeine Einleitbedingungen für das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen. [online]. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://www.hamburg.de/contentblob/150742/875ca5f59d0417ad6e16f3b8599ea8fe/data/ae.pdf>.

Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (2022, Oktober). Photovoltaik ist Pflicht in Hamburg. [online]. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://www.hamburg.de/energielotsen/beratung/15147914/faqs-photovoltaikanlagen-pflicht/>.

Bundesministerium der Justiz (2021). Stromnetzzugangsverordnung. [online]. Abgerufen am 16. Februar 2023, von <https://www.gesetze-im-internet.de/stromnzv/BJNR224300005.html#BJNR224300005BJNG000100000>.

Bundesministerium der Justiz (2023). Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. [online]. Abgerufen am 16. Februar 2023, von https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/.

Bundesministerium der Justiz (o.J.a). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) § 50 Öffentliche Wasserversorgung; Ermächtigung zum Erlass von Rechtsverordnungen. [online]. Abgerufen am 20. Januar 2023, von https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_50.html.

Bundesministerium der Justiz (o.J.b). Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland Art 2. [online]. Abgerufen am 20. Januar 2023, von https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_2.html.

Bundesministerium der Justiz (o.J.c). Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer. [online]. Abgerufen am 19. Dezember 2022, von <https://www.gesetze-im-internet.de/abvw/index.html#BJNR056610997BJNE000510118>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (o.J.). 17 Nachhaltigkeitsziele - SDGs. [online]. Abgerufen am 11. Januar 2023, von <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/17-nachhaltigkeitsziele-sdgs>.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022, 29. Juli). Erste Regelungen des neuen EEG 2023 treten in Kraft: Vorfahrt für erneuerbare Energien und mehr Vergütung für Solarstrom. [online]. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220729-erste-regelungen-des-neuen-eeeg-2023-treten-in-kraft.html>.

Buri, R., Kobel, B. (2004). Wärmenutzung aus Abwasser – Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von ARA und Kanalisationen. [online]. Abgerufen am 11. Januar 2023, von https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf.

Büning, B. (2021). Elimination von Mikroschadstoffen im kommunalen Abwasser durch Nanofiltration in Kombination mit dem biologischen Schadstoffabbau in einem Festbettreaktor. [online]. Abgerufen am 14. Dezember 2022, von https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/10014/3/Buening_Bastian_Dissertation_2021.pdf.

Chantrel, S. P. M. et al. (2019, Mai). Agent- and Blockchain-based Energy Management System for Multifamily Housing. [online]. Abgerufen am 11. Februar 2023, von https://www.researchgate.net/profile/Simon-Albrecht-6/publication/332834848_Agent-and-Blockchain-based-Energy-Management-System-for-Multifamily-Housing/links/5d3eba9b92851cd0468fadd6/Agent-and-Blockchain-based-Energy-Management-System-for-Multifamily-Housing.pdf.

CORDIS (2018). Periodic Reporting for period 2 - POWERSTEP (Full scale demonstration of energy positive sewage treatment plant concepts towards market penetration). [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://cordis.europa.eu/project/id/641661/reporting/de>.

CORDIS (o.J.). Abwasseraufbereitung mit Netto-Selbstversorgung durch aktuelle Technologien. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://cordis.europa.eu/article/id/241019-towards-net-energy-wastewater-treatment-using-current-technology/de>.

Dabija, A.-M. (2020). Energy Efficient Building Design. Cham, Deutschland: Springer International Publishing.

Deutsche Senioren Liga e.V. (o.J.). Medikamente im Alter. [online]. Abgerufen am 20. Januar 2023, von <https://www.medikamente-im-alter.de/medikamente-im-alter>.

Die Bundesregierung (2022, 23. Dezember). Ausbau erneuerbarer Energien massiv beschleunigen. [online]. Abgerufen am 10. Februar 2023, von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novelle-eeeg-gesetz-2023-2023972>.

eawag (2022). Separierung und Aufbereitung von Urin. [online]. Abgerufen am 14. November 2022, von <https://www.eawag.ch/de/abteilung/eng/schwerpunkte/trennung-dezentralisierung/>.

eawag (2023). Ressourcen aus Abwasser - Trennung an der Quelle. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://www.eawag.ch/de/forschung/menschen/abwasser/dezentrale-ressourcengewinnung-aus-abwasser/trennung-an-der-quelle/>.

Ebert, I. et al. (2014, April). Arzneimittel in der Umwelt - vermeiden, reduzieren, überwachen. [online]. Abgerufen am 20. Oktober 2022, von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf.

Energiewendebauen (2023, 14. Februar). Mit Sonnenenergie effizienter Strom und Wärme erzeugen. [online]. Abgerufen am 19. Februar 2023, von https://www.energiewendebauen.de/projekt/de/effizienter_strom_und_waerme_erzeuge.

Ertex Solar (o.J.). Isolierende Fassade. [online]. Abgerufen am 12. Februar 2023, von <https://www.ertex-solar.at/angebot/isolierende-fassade/>.

Europäisches Parlament (2022, 12. Mai). Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile. [online]. Abgerufen am 14. Januar 2023, von <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20151201STO05603/kreislaufwirtschaft-definition-und-vorteile>.

Fuß, S., Karbach, U. (2019). Grundlagen der Transkription. Eine praktische Einführung (2. Auflage). Opladen, Toronto, Deutschland, Kanada: Verlag Barbara Budrich.

Gebäudeenergiegesetz (GEG) (2020). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden vom 08. August 2020. [online]. Abgerufen am 28. März 2023, von <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>.

Gläser, J., Laudel, G. (2009). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse (3. Auflage). Wiesbaden, Deutschland: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.

GROSS Wassertechnik GmbH (o.J.). Permeat(ion): Das Wichtigste kompakt erklärt. [online]. Abgerufen am 19. Dezember 2022, von <https://wassertechnik-shop.com/wissen/permeat>.

Hamburgisches Klimaschutzgesetz (HmbKliSchG) (2020). Hamburgisches Gesetz zum Schutz des Klimas (Hamburgisches Klimaschutzgesetz - HmbKliSchG). [online]. Abgerufen am 28. März 2023, von <https://www.landesrecht-hamburg.de/bsha/document/jlr-KlimaSchGHA2020rahmen>.

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (2023, 20. März). Bauindustrie auf den Punkt gebracht. Baumaterialpreissteigerungen. [online]. Abgerufen am 28. März 2023, von https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Auf_den_Punkt_gebracht/230217_BI_auf_den_Punkt_gebracht_-_Baumaterialpreissteigerungen_01.pdf.

Heisteringer, A. (2006). Qualitative Interviews - Ein Leitfaden zu Vorbereitung und Durchführung, inklusive einiger theoretischer Anmerkungen. [online]. Abgerufen am 07. Januar 2023, von https://www.uibk.ac.at/iezw/mitarbeiterinnen/senior-lecturer/bernd_lederer/downloads/durchfuehrung_von_qualitativen_interviews_uniwien.pdf.

Hemm, R. (2018). Modellierung möglicher Blockchain-Applikationen im Kontext erneuerbarer elektrischer Einspeisung. [online]. Abgerufen am 12. Februar 2023, von https://web.archive.org/web/20220130112441id_/https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/7273/2/Hemm%20Regina%20-%202018%20-%20Modellierung%20moeglicher%20Blockchain-Applikationen%20im%20Kontext...pdf#page9.

Hospital zum Heiligen Geist (o.J.). Aufbruch in die Zukunft. Das Hospital zum Heiligen Geist in Hamburg baut neu: Heilig Geist am Alsterlauf. [online]. Abgerufen am 13. Oktober 2022, von <https://www.hzhg.de/ueber-uns/neubauprojekte.html>.

Interconnector (2020, 14. Oktober). Residuallast. [online]. Abgerufen am 11. Februar 2023, von <https://www.interconnector.de/wissen/residuallast/>.

Isolicht (o.J.). Definition der Farbwiedergabeindex CRI (Ra). [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von <https://www.isolicht.com/led-farbwiedergabeindex>.

ipv, iswa (2012, 18. Juli). Photovoltaikmodule – Umweltfreundlichkeit und Recyclingmöglichkeiten. [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von <https://docplayer.org/15787996-Vorhabenbezeichnung-photovoltaikmodule-umweltfreundlichkeit-und-recyclingmoeglichkeiten.html>.

JenaWasser (o.J.). Medikamentenreste im Abwasser. [online]. Abgerufen am 20. Oktober 2022, von <https://www.jenawasser.de/startseite/abwasser/informationen/medikamente-im-abwasser>.

Keogh, L. (2018, September). Flows of Science: Source Separation Technology at the Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). [online]. Abgerufen am 14. November 2022, von https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/News/2018/09/07/flow_of_science.pdf.

Klimatabelle und Klima weltweit (o.J.). Klima und Klimatabelle für Hamburg. [online]. Abgerufen am 08. Januar 2023, von <https://www.klimatabelle.de/klima/europa/deutschland/klimatabelle-hamburg.htm>.

Landesrecht Hamburg (2001). Hamburgisches Abwassergesetz (HmbAbwG). In der Fassung vom 24. Juli 2001. [online]. Abgerufen am 16. Februar 2023, von <https://www.landesrecht-hamburg.de/bsha/document/jlr-AbwGHArahmen>.

Larsen, T. A., Gruendl, H. & Binz, C. (2021). The potential contribution of urine source separation to the SDG agenda – a review of the progress so far and future development option. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, 2021(7), 1161-1176. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ew/d0ew01064b>.

Lenntech (o.J.). Schlammarten. [online]. Abgerufen am 08. Januar 2023, von <https://www.lenntech.de/bibliothek/schlamm/arten/schlammarten.htm>.

Liu, D. et al. (2019). Evaluation of the colour properties of CdTe PV windows. *Energy Procedia*, 2019(158), 3088-3093. [online]. Abgerufen am 14. November 2022, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219310525>.

Loderer, C. et al. (2016). POWERSTEP– Die Kläranlage als Kraftwerk. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <https://docplayer.org/29342860-Powerstep-die-klaeeranlage-als-kraftwerk.html>.

LUMITOS AG (o.J.). Retentat. [online]. Abgerufen am 19. Dezember 2022, von <https://www.chemie.de/lexikon/Retentat.html>.

Müller, H.-S. (o.J.). Berechnung des Ertrags von PV-Anlagen. [online]. Abgerufen am 12. Februar 2023, von <https://energie-m.de/tools/pv-ertrag.html>.

NBS Enterprises (o.J.). What is a U-value? Heat loss, thermal mass and online calculators explained. [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-u-value-heat-loss-thermal-mass-and-online-calculators-explained>.

Nolde, E. (2021). Grauwasser. Eine Ressource mit sehr viel Potential. fbr - wasserspiegel Zeitschrift des fbr - Bundesverband für Betriebs- und Regenwasser e. V., 2021(4). [online]. Abgerufen am 11. Januar 2023, von https://nolde-partner.de/wp-content/uploads/fbr_Wasserspiegel4_21.pdf.

Prognos AG, Fraunhofer ISI und Öko-Institut e.V. (2021). Entwicklung des Bruttostromverbrauchs bis 2030. Im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). [online]. Abgerufen am 28. März 2023, von https://www.prognos.com/sites/default/files/2021-11/20211116_Kurzpaper_Bruttostromverbrauch2018-2030.pdf.

Pushkar, S., Yezioro, A. (2022). Life Cycle Assessment Meeting Energy Standard Performance: An Office Building Case Study. Buildings, 2022(12). [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/157/htm>.

Quaschnig, V. et al. (2014, 12. März). Einfluss des Standorts und des Nutzerverhaltens auf die energetische Bewertung von PV-Speichersystemen. [online]. Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.volker-quaschnig.de/downloads/Staffelstein-2014-Tjaden.pdf>.

Quaschnig, V. (o.J.a). So funktioniert eine Solarzelle. [online]. Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.volker-quaschnig.de/artikel/pv-grundlagen/index.php>.

Quaschnig, V. (o.J.b). Solarthermie-FAQ. [online]. Abgerufen am 16. Februar 2023, von <https://www.volker-quaschnig.de/FAQ/ST/index.php#ST-001>.

Resalati, S. et al. (2022). Life cycle assessment of different chalcogenide thin-film solar cells. Applied Energy, 2022(313). [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261922003154>.

Roos, M. (2017, 14. März). Anrechnung von PV in der nächsten EnEV. [online]. Abgerufen am 15. Februar 2023, von https://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2016-06/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2016-06-s028-Solares_Bauen-Anrechnung_von_PV_in_der_naechsten_EnEV.pdf.

Sittinger, V., Diehl, W. & Szyszka, B. (2010, 04. Oktober). Dünnschicht-Photovoltaik in Deutschland. Vakuum in Forschung und Praxis, 2010(22), 28-34. [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/vipr.201000439?saml_referrer.

SMA (o.J.). Performance Ratio. [online]. Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://www.everto.at/wp-content/uploads/2017/07/Performance-Ratio.pdf>.

Statista (2022). Anteil der Bevölkerung in Städten weltweit von 1985 bis 2015 und Prognose bis 2050. [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37084/umfrage/anteil-der-bevoelkerung-in-staedten-weltweit-seit-1985/>.

Studyflix (o.J.). Wirkungsgrad. [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von <https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/wirkungsgrad-3673>.

Sun, Y. et al. (2019). Integrated CdTe PV glazing into windows: energy and daylight performance for different window-to-wall ratio. Energy Procedia, 2019(158), 3014-3019. [online]. Abgerufen am 14. November 2022, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219310288>.

thermondo GmbH (2022, 08. Februar). Warmwasserverbrauch – welchen Einfluss hat das Warmwasser auf meinen Energieverbrauch?. [online]. Abgerufen am 09. Januar 2023, von <https://www.thermondo.de/info/rat/heizen/sparpotenzial-warmwasserverbrauch/>.

Uddin, M.M. et al. (2022). Investigating the energy-saving performance of a CdTe-based semi-transparent photovoltaic combined hybrid vacuum glazing window system. Energy, 2022(253). [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222009227>.

Udert, K. et al. (2019, März). Fact sheet Urinseparierung. [online]. Abgerufen am 14. November 2022, von https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Beratung/Beratung_Wissenstransfer/Publ_Praxis/Faktenblaetter/fb_urinseparierung_maerz_19_d.pdf.

Umweltbundesamt (2013, 03. August). Was bedeutet „Energieeffizienz“?. [online]. Abgerufen am 07. Dezember 2022, von <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-bedeutet-energieeffizienz>.

Umweltbundesamt (2021, Dezember). Arzneimittel und Umwelt. [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arszneimittel/humanarzneimittel/arszneimittel-umwelt>.

Umweltbundesamt (2022, 14. Juni). Arzneimittelrückstände in der Umwelt. [online]. Abgerufen am 20. Oktober 2022, von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/chemikalien/arszneimittelrueckstaende-in-der-umwelt#zahl-der-wirkstoffe-in-human-und-tier-arsneimitteln>.

Umweltbundesamt (2022, 14. Oktober). Wassernutzung privater Haushalte. [online]. Abgerufen am 09. Januar 2023, von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wassernutzung-privater-haushalte#direkte-und-indirekte-wassernutzung>.

Veolia (o.J.). Phosphorrückgewinnung. [online]. Abgerufen am 20. Januar 2023, von <https://www.veolia.de/phosphorrueckgewinnung>.

Verbraucherzentrale (2022, 24. März). Smart Meter: Was Sie über die neuen Stromzähler wissen müssen. [online]. Abgerufen am 12. Februar 2023, von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/smart-meter-was-sie-ueber-die-neuen-stromzaehler-wissen-muessen-13275>.

Verbraucherzentrale (2022, 21. Dezember). Lohnen sich Batteriespeicher für Photovoltaikanlagen? [online]. Abgerufen am 05. Februar 2023, von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohnensich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589>.

Vereinte Nationen (o.J.). Ziele für nachhaltige Entwicklung. [online]. Abgerufen am 09. Januar 2023, von <https://unric.org/de/17ziele/>.

Wasser-Wissen (o.J.a). Denitrifikation. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/d/denitrifikation.htm>.

Wasser-Wissen (o.J.b). Nitrifikation, Nitrifizierung. [online]. Abgerufen am 13. Januar 2023, von <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/n/nitrifikation.htm>.

WRS Architekten & Stadtplaner GmbH (o.J.). Hospital zum Heiligen Geist. [online]. Abgerufen am 13. Oktober 2022, von <http://www.wirsind.net/hospital-zum-heiligen-geist/>.

ZDF. Zweites Deutsches Fernsehen (2021, 10. Juni). Bauwirtschaft beklagt Materialmangel. [online]. Abgerufen am 28. März 2023, von <https://www.zdf.de/nachrichten/wirtschaft/bauen-immobilien-rohstoffe-preise-100.html>.

Zhang, T., Wang, M. & Yang, H. (2018). A Review of the Energy Performance and Life-Cycle Assessment of Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) Systems. *Energies*, 2018(11). [online]. Abgerufen am 17. November 2022, von <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/3157>.

ZP Zuhause Plattform (o.J.) Der ZP-Hausserver. [online]. Abgerufen am 15. Februar 2023, von <https://zuhause-plattform.de/views/hausserver.html>.

ANHANG

1. INTERVIEWTRANSKRIPT, KUCK

Interviewtranskription

<u>Datum:</u> 16.01.2023	<u>Uhrzeit:</u> 10:50
<u>Interviewende:</u> I+H = Hjördis-Sophia Eggers	<u>Interviewpartner*innen</u> P+ K = Herr Kuck
<u>Einverständnis zur Aufnahme/Dokumentation</u> Ja <u>Verantwortlich für die Aufnahme:</u> Emma Uelsmann	<u>Kontakt Interviewte</u> E-Mail: <u>Anonymisierung im Bericht? Wünsche zur Dokumentation des Kontakts?</u> Ja, namentliche Erwähnung ist erlaubt.
<u>Adresse/Ort des Interviews:</u> Teams Meeting	<u>Ggf. Besonderheiten:</u> Interesse an Endbericht Evtl. Nachfragen zu bst. Fragen, die nicht geklärt werden konnten

<u>Alle Interviewenden</u>	Vorstellung der Interviewenden und des Projekts
I+H	Können Sie sich kurz vorstellen, was Sie so machen?
P+K	Also mein Name ist Wolfgang Kuck. Ich bin jetzt mittlerweile 66 Jahre alt und ich habe 40 Jahre, fast 40 Jahre lang bei der Hamburger Stadtentwässerung gearbeitet. In allen möglichen Bereichen, angefangen bei den Klärwerken, dann zum letzten und zum Schluss die letzten elf Jahre an dem Projekt Jenfelder Au. Das ist ein sehr spezielles Projekt in Hamburg und für Hamburg Wasser. Selbst ich bin nicht in der Lage, komplett Ihre Fragen zu beantworten. Dazu müssten Sie mit mehreren Leuten aus Hamburg Wasser sprechen, die das dezidiert sagen können. Sie könnten natürlich, um allgemeine Informationen zu bekommen, immer an die Konzern Kommunikation treten und Anfragen stellen. Ich gebe Ihnen ganz allgemein Information. Ansonsten, wenn ich die Frage so richtig verstehe, [...]wenn sie da in die Tiefe wollen, was ich vermutlich aber jetzt mal nicht annehme, dann müssten sie echt Spezialisten ansprechen. Dafür ist Hamburg Wasser und dafür ist das Thema in Hamburg, was Abwasser betrifft auch zu groß. [...]
I+H	Dankeschön.
P+K	[...] Naja, und jedenfalls wenn ich so Ihre Fragen so lese, dann bin ich ein bisschen verwirrt in Bezug auf ein privates Projekt in Hamburg, bezogen auf diese Fragen. Ich kann mir das gar nicht vorstellen, dass Sie irgendwie in irgendeine Rechte das überhaupt irgendwie angehen könnten. Das Thema als Privatperson ist es scheinbar so ein bisschen. Ich verstehe nicht ganz, was Sie da eigentlich machen im Heiligen Geist Hospital, was das Projekt eigentlich sein soll. Also haben Sie da vor, tatsächlich was zur Trennung durchzuführen? Haben Sie davor Brauchwasser

<p>I+H</p>	<p>Nutzungsanlagen zu bauen oder oder einfach nur ermitteln das Feld, um zu gucken, was steckt da drin?</p> <p>Genau. Wir sind quasi durch so eine Bundesförderung, die für das Hospital akquiriert wurde, ja so ein bisschen reingerutscht durch die Partei Die Grünen. Und sind dann ja ganz offen quasi rangelassen worden, wo man das Bauen nachhaltiger gestalten könnte, wo es neue Sachen gibt, die es jetzt vielleicht noch nicht so gängig gibt. Und da wurden wir dann natürlich einmal auf dieser Seite, also von der Praxis Seite ganz frei erst mal rangelassen und dann natürlich von der theoretischen Seite von unseren Professoren, Irene Peters und Joachim Behrendt, die sich dann natürlich noch mal fachlich ein bisschen mehr damit auskennen. Und sicherlich ist so eine Bachelorarbeit jetzt nicht unbedingt zu 100 % umzusetzen. Von daher gehen natürlich viele Sachen auch mehr in diese theoretische Forschung. Bloß dieser Ansatz, dass man dahin denkt, dass Mikroschadstoffe, die natürlich besonders in so einem Altersheim durch Arzneimittel, durch erhöhten Arzneimittel Einsatz anfallen, dass die mitbedacht werden und dass man dort schaut, wie man am besten damit umgehen kann. Und haben uns auch schon mit einigen Expert*innen auseinandergesetzt, die halt auch sagen, dass sowas natürlich realistisch ist und besonders wenn man neu baut, sowas natürlich auch bedacht werden sollte: Eine Teilstromtrennung oder auch bestimmte Wasseraufbereitung, was es alles gibt. In dem Rahmen bewegen wir uns, sage ich mal ja.</p>
<p>P+K</p>	<p>Okay. Also, um das komplett wegzunehmen: [...] Ich finde es immer sehr spannend und finde es gut, dass Leute vorangehen und auch junge Leute vorangehen. [...] Mit der Mikroschadstoffbelastung bezüglich oder den Medikamenten Belastung oder auch was Sie wahrscheinlich auch haben werden, sind pathogene Keime das Thema. Das ist natürlich gerade bei solchen Hotspots sehr interessant und sehr wichtig, auch in Bezug auf die Reinigungsfähigkeit der Klärwerke.</p>
<p>I+H</p>	<p>Genau. Ja, ja, ich weiß nicht. Vielleicht können wir dann einfach einmal kurz anfangen. Ganz allgemein. Da Sie ja bei Hamburg Wasser arbeiten, können Sie uns vielleicht in ein paar Sätzen einmal die aktuelle Leitlinie, wenn es so was gibt, das Abwassermanagements, die gerade in Hamburg gefahren wird, vorstellen?</p>
<p>P+K</p>	<p>Aktuelle Leitlinie des Abwassermanagements. Das klingt nach einer Äußerung von der Konzernleitung für die Öffentlichkeit. Wenn Sie solche allgemeinen Statements lesen wollen, dann können Sie auch gerne bei uns auf der Homepage gucken. Da stehen solche allgemeinen Statements. Das ist mir jetzt nicht so geläufig im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung, die Hamburg Wasser hat. Natürlich hat Hamburg Wasser, als der Ver- und Entsorger in Hamburg, die ganz normalen Aufgaben. Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, in erster Linie, den Hamburger Wasserwerken und natürlich Sicherstellung der Abwasserableitung. Und im öffentlichen Bereich ist auch Hamburg Wasser der einzige der Abwasser ableiten darf und Abwasser behandeln darf, in Hamburg. Und von daher gesehen Leitlinien natürlich. [...]</p>
<p>I+H</p>	<p>Ja, nur zum Reinkommen. Einmal ganz kurz. Sie hatten ja gesagt, dass Hamburg Wasser als öffentliche Institution auch die einzigen Befugten sind, die das Wasser reinigen dürfen. Heißt das umgekehrt, dass private Personen Wasser reinigen können? Oder dass das was, wenn man jetzt zum Beispiel so eine dezentrale Kläranlage im ganz kleinen Maßstab hier vorsehen würde? Nur mal kurz angefragt.</p>
<p>P+K</p>	<p>Ja, klar, können Sie auf privaten Grund, Abwasserbehandlung durchführen. Im Industriebereich ist das normal, dass größere Industrieanlagen eigene Kläranlagen</p>

	<p>haben, um das Wasser vorzureinigen. Das passiert dann alles auf privatem Grund [...]. Und die brauchen dann genauso Genehmigungen zum Einleiten in Gewässern, wie wir auch. Das Ableiten im öffentlichen Grund unterliegt grundsätzlich der Stadt und dann entsprechend als Aufgabenleitung an uns, Hamburg Wasser. Oder als juristisches Unternehmen natürlich die Stadtentwässerung. Und ich sage das deshalb, weil das öffentliche Klärwerk zum Beispiel, das kann auch nur öffentlicher Betreiber sein. Es kann in Deutschland eigentlich kein privater Betreiber sein. [...] Auch in Hamburg wird es immer wieder probiert, dass man versucht Stoffstromtrennung, was Grundwasser betrifft und dementsprechend als Brauchwasser Nutzung im eigenen Bereich auch im privaten Bereich zu organisieren. Dann gibt es immer wieder Versuche und auch Anlagen die laufen. Es gibt auch Leute, die haben auf ihrem eigenen Grundstück, Pflanzen-Kläranlagen zum Beispiel, um das Wasser, das Abwasser dann zu einem Reinigungsgrad zu bekommen, bzw einleitfähig zu mache, um in Vorflutern überhaupt einlaufen zu dürfen. Vorfluter sind immer öffentliche Gewässer. Dafür braucht man eine Einleitgenehmigung von der dementsprechenden Umweltbehörde. Bei uns ist das die BSU, die die Erlaubnis erteilt einzuleiten in öffentlichen Gewässern. Und da gibt es bestimmte Vorgaben, die eingehalten werden müssen. Was den Reinigungsgrad betrifft, was die Schadstoffbelastung betrifft und und und. Wenn die das einhalten, kriegen die eine Genehmigung und können das einleiten. Also, so was gibt es durchaus in Hamburg [...]. Es gab auch schon immer wieder in den letzten Jahrzehnten Anlagen bzw auch Projekte, die zum Beispiel Trockentoiletten aufgestellt haben und damit den Schwarzwasser Bereich abgedeckt haben und dann den Grundwasser Bereichen nicht mehr. Also unterschiedliche Kombination. Ich wüsste jetzt in Hamburg nicht, dass jemand absolut autark ist, was das Abwasser betrifft. Das habe ich noch nicht gehört. Und dass das groß flächendeckend gemacht wird, habe ich auch noch nicht gehört. Aber wie gesagt, es gibt immer das eine oder andere, was gemacht werden muss, probiert werden muss. Ja.</p>
<p>I+H</p>	<p>Und jetzt nochmal zu dieser Schadstoffbelastung, mit der das Abwasser dann - der höchste Grad der Schadstoffbelastung [...] Welche Rahmenrichtlinien gibt es denn dazu und in welchem Rahmen? Also, welche Faktoren spielen da mit rein, neben den Schadstoffen und welche Werte gibt es da? Können Sie uns da vielleicht einmal ein Gesetz an die Hand geben, auf das man sich so speziell beruft?</p>
<p>P+K</p>	<p>Müsste ich jetzt tief graben. Das sind so Sachen, damit beschäftigen sich bei uns die Klärwerker, die mit den Einleitbestimmungen zu tun haben. Inwieweit? Es gibt die Standardparameter wie CSB [...] Und die sind da Parametriert und die sind auch in der Genehmigung letztendlich festgelegt. Das wäre wahrscheinlich eine Frage an diejenigen, die eine Einleitgenehmigung erteilen. Und das wäre die Umweltbehörde. Ich sag mal einfach vereinfacht Umweltbehörde, nennt sich hier bisschen anders. Die erteilen die Genehmigung. Der Hintergrund ist in Abwassergesetz zu finden. Aber es gibt dann auch noch Bestimmungen, Einleitbestimmungen, die die Umweltbehörde selber herausgegeben hat und die sie konkretisiert hat. Für Hamburger Vorfluter, ich weiß nicht, ob sie das dezidiert auch trennt. Wenn wir jetzt zum Beispiel in die Alster einreiten würden, ist das was anderes, als wenn man in die Elbe einleiten würde. Und dann hängt es wahrscheinlich auch ab, wie groß der Vorfluter ist, ob das ein dauerfließender Vorfluter ist oder nicht. Um konkrete Einleitbestimmungen zu bekommen, die man einhalten müsste allgemein, stehen die grundsätzlich im Hamburger Abwassergesetz drin. Da können Sie einfach das Abwassergesetz nehmen. Das heißt auch tatsächlich Hamburger Abwassergesetz. Auch Hamburg Wasser muss für seine Anlagen, sobald es Abwasser einleitet, in den Vorfluter, eine Genehmigung beantragen.</p>

I+H	Okay.
P+K	Und dann kriegen wir vorgegeben, welche Einleitbedingungen wir einzuhalten haben, welche Parameter wir einzuhalten haben, wieviel CSB oder Sauerstoff oder was auch immer gibt.
I+H	Und würde es für Privatpersonen, wie zum Beispiel das Hospital zum Heiligen Geist als Stiftung, da theoretisch andere Richtlinien geben oder belaufen die sich auf das Gleiche?
P+K	Es ist alles das Gleiche. Wir sind im Prinzip, wenn Sie so wollen, gleichgestellt mit jedem anderen, der versuchen würde, irgendetwas irgendwie in die Abwässer oder in die Vorfluter einleiten zu wollen. Wir unterliegen genau den gleichen Bestimmungen wie jeder andere, der einleiten wollte.
I+H	Dann haben wir so eine optionale Frage. Da wussten wir nicht genau, ob sie Bescheid wissen. Wir haben gesehen, dass Hamburg Wasser, ein Projekt mit dem UKE führt zum Krankenhausabwasser und wie man dort die Mikroschadstoffe am besten beseitigt. Das läuft gerade, ist noch nicht abgeschlossen. Da wollten wir Sie fragen, ob Sie zu dem Projekt irgendwas wissen, wie der aktuelle Stand aussieht. Da findet man leider nicht so viel im Internet.
P+K	Da gebe ich Ihnen nachher Kontakt. Oder Sie können sich jetzt schon aufschreiben. Dr. Thomas Werner [...].
I+H	Super, dankeschön. [...] Dann vielleicht mehr zu Ihrem Themengebiet Jenfeld oder auch dem Thema Hamburg Water Cycle. Wir haben das jetzt so aufgefasst, dass die Jenfelder Au sich besonders mit Grauwasseraufbereitung beschäftigt, aber auch so ein bisschen darüber hinaus. So wie gesagt, dieser Hamburg Watercycle basiert ja auf der Kreislaufwirtschaft bzw dass man alle Ressourcen irgendwie mit beachtet und versucht so schonend wie möglich zu behandeln. Beziehungsweise vielleicht noch mal ganz kurz davor gestellt. Wie geht man zurzeit mit dem Klärschlamm, der bei so einer zentralen Kläranlage anfällt, um und vielleicht dagegen gestellt, wie will man vielleicht in Zukunft damit umgehen?
P+K	Vielleicht erstmal zu dem Thema Klärschlamm. Also Hamburg hat ja grundsätzlich eine zentrale Kläranlage, das heißt, das gesamte Abwasser von 2,4 Millionen Einwohnern geht zum Köhlbrandhöft. Das sind dann pro Tag um die 450.000 Kubikmeter, die ankommen. Und der gesamte Klärschlamm entsteht im Köhlbrandhöft. Früher, aus der Tradition heraus, war das so gewesen, dass man ganz am Anfang, in den 60er Jahren, als das Klärwerk erst einmal gegründet wurde, den anfallenden Klärschlamm verklappt hat. In der Nordsee dann in der Elbmündung zum Beispiel. Und dann entwickelte sich langsam nach und nach, dass die Schadstoffbelastung, vor allen Dingen die Nährstoffbelastung immer mehr und mehr ein Problem wurde und das verklappen nicht mehr durfte. Die haben dann früher auch sehr viel Klärschlamm durch Landwirte abholen lassen. Die haben das genutzt, als Nährstoff. Und da aber die besonderen Belastungsstoffe, andere Schadstoffe und andere Belastungsstoffe größer wurden und die Umweltbedingungen oder Einleitbedingungen sich verändert haben, Rahmenrichtlinien sich verändert haben, musste das auch eingestellt werden, so dass Hamburg Wasser irgendwann mal angefangen hat zu überlegen: "Was können wir mit dem Klärschlamm machen?". Wir haben dann versucht, den Klärschlamm zu trocknen, erstmal zu stabilisieren, um dann die Menge zu verringern, weil der größte Anteil am Klärschlamm ist natürlich Wasser. Trockensubstanzgehalt hat was von fünf, sechs Prozent gehabt. Der Rest war

Wasser. Man hat das versucht zu verringern und dann zu verbrennen. Dann hatten wir als die DDR noch aktuell, da war, hatten wir es dann an die DDR verkauft und auch auf der Deponie Schönberg verklappen oder kippen lassen. Also alles unschöne Geschichten, die dann alle aufgegeben wurden. Nach und nach, so dass Hamburg in den 90er Jahren angefangen hat, die Entwicklung der Klärschlammverbrennung zu etablieren. Und wir mittlerweile jetzt die zweite Generation einer Klärschlammverbrennungsanlage haben. Und wir verbrennen komplett unseren Klärschlamm.

Und die zurückbleibende Asche sind nur 20.000 Tonnen pro Jahr, die wir dann in Spezialdeponien versorgen. Dass wir über eine Verbrennung den Klärschlamm entsorgen. Der Vorteil, der dabei ist, für uns selber, wir haben eine relativ geringe Menge, zwar mit einer hohen Schadstoffbelastung zu verbringen und gewinnen natürlich aus dieser Klärschlamm Verbrennung Energie. Das wird momentan ja auch genutzt für das Projekt "Mega", heißt das glaube ich. [...] In Moorburg ist die große Anlage, die gebaut wird zur Erzeugung von Fernwärme, Fernwärmenetz und dann das Kraftwerk Wedel außer Betrieb nehmen zu können oder ersetzen zu können. Der HWC selber hat die Idee, dass wir von vornherein anders agieren. Normal ist es ja so, dass die Abwässer zusammengeführt werden. Jede Art von Abwasser oder verunreinigtes Wasser muss man sagen, wird zusammengeführt zu einem Strom, der dann abgeleitet wird zum Klärwerk. In dem befindet sich dann alles, was man reingekippt hat. Der HWC sagt, wir machen das nicht mehr, sondern wir gucken, dass wir das trennen. Und diese Idee der sogenannten Trennstoffsysteme, die gibt es seit ungefähr 30, 35 Jahren. Und die führt dazu, dass man sich anguckt, welche Stoffströme gibt es und wie kann man die sinnvoll trennen. Wenn man sich damit auseinandersetzt, kommt man schnell dabei und merkt, das ist ja im wissenschaftlichen Bereich angesiedelt - noch im Wesentlichen. Dass sie natürlich sehr dezidiert das untersucht haben. Und was gibt es da für Stoffe? Und wie gesagt, es gibt schon seit Jahrzehnten die Untersuchung dazu, sodass auch in dem Bereich auch die Bildung oder die Schulbildung mittlerweile soweit ist, dass wir das etabliert haben. Dass es Braunwasser, Gelbwasser, Schwarzwasser und Grauwasser gibt, mit verschiedenen Parametern, die das genau beschreiben. In der Umsetzung dann in so einem Projekt, in der Umsetzung, wie wir das hier versucht haben und gemacht haben in Hamburg, muss man natürlich gucken. Wir haben im Vorfeld Untersuchung durchgeführt, als wir ja mitbekam, dass wir eine Möglichkeit bekommen, in Jenfeld so was zu bauen. Was kann man da machen? Was wird das für eine Siedlung? Das ist ein ganz normales Wohngebiet. Das ist doch die Bebauung ein sogenanntes "gehobenes Wohngebiet" werden sollte. [...] Dementsprechend hat man in Anführungsstrichen relativ einfaches Abwasser, wo man sich das genauer angucken. Und der HWC ist explizit ja auch gedacht gewesen als Stofftrennsystem, das im Prinzip von dem häuslichen Abwasser zwei Ströme ableitet. Einmal nämlich Grauwasser und einmal Schwarzwasser. Hinzu kommt bei dem HWC noch ein belasteter Wasserstrom der eher natürlicher Art ist, das Regenwasser, Oberflächenwasser. Und dass wir diese drei Ströme sozusagen im HWC definiert haben Regenwasser Grauwasser und Schwarzwasser. Und in der Beschreibung des HWC dann dementsprechend genannt haben und als Projekt durchgesetzt haben, im Quartier. Das bedeutet natürlich letztendlich, dass wir uns im Wesentlichen darum kümmern mussten, dass das auch umsetzbar wird. Das fängt an mit der Beschreibung der Systeme bis hin zur rechtlichen Bedingung, Begleitforschung, was wir alles organisieren mussten, um das tatsächlich dann auch in einem öffentlich-rechtlichen Rahmen hinzubekommen. Weil das Gebiet wird ganz normal bebaut. Da kommen also ganz normale Bauinvestoren und halten sich an Bauvorschriften und an Genehmigungen. Und man muss mit Genehmigungsbehörden vorher sprechen. Wir haben das Hamburger Abwassergesetz ändern müssen, damit sozusagen wir überhaupt die Erlaubnis haben, so ein Trennsystem etablieren zu dürfen. Weil es gibt

	<p>in Hamburg ja den sogenannten Anschlusszwang. Das heißt, jeder der Abwasser produziert hat den grundsätzlich bei uns abzuleiten. Außer er behandelt ihn theoretisch selber beim privaten Grundstück und kann das gereinigte Wasser dann ableiten und hält die Bestimmungen grundsätzlich ein. Es gibt spezielle Projekte oder große Unternehmen, die sowas machen, sind spezialisiert auf ihr Problem. Die chemische Industrie zum Beispiel, die hat eine Vorreinigungsstufe vorweg. Die Einleitgenehmigung in das Abwassernetz ist auch eine Genehmigungspflicht der Behörde. Ob wir selber, wenn wir unser eigenes Netz einleiten, Jenfeld zum Beispiel leitet Betriebsstoffe oder in bestimmten Situationen Abwasser in das öffentliche Netz ein. Wir selber mussten für unsere eigene Anlage eine Genehmigung einholen und ein Genehmigungsverfahren durchlaufen. Jeder, der ins Hamburger Abwassernetz einleitet, braucht eine Genehmigung dafür und für die Stoffe dementsprechend. Das war jetzt abgeschweift.</p>
I+H	Nein.
P+K	Sie müssen mich bremsen, wenn es zu viel wird.
I+H	Nein, das ist super interessant, weil genau das brauchen wir auch. Und genau diese rechtlichen Vorgänge interessieren uns gerade auch von Ihnen. Von daher.
P+K	Von daher gesehen ist es so, dass wir in Jenfeld aber die rechtlichen Voraussetzungen schaffen mussten, in Absprache mit den Genehmigungsbehörden, in Absprache, aber auch mit der Politik. Das Quartier Jenfeld ist ja ein Bauprojekt der Stadt Hamburg, explizit durchgeführt vom Bezirksamt Wandsbek. Und da gibt es dann stadtplanerische Entwicklung und Ausschreibung. Und die legen im Prinzip fest, wie was gebaut werden darf. Und so haben wir dann auch über dieses Projekt festlegen lassen, dass in diesem Gebiet ein Stopstromtrennsystem eingeführt wird. Das heißt, jeder, der bauen wollte, musste Stopstromtrennsystem einbauen. Und das war eine rechtliche Vorgaben.
I+H	Das wurde in den Bebauungsplan mit eingebracht?
P+K	Jetzt wird es ein bisschen kompliziert. Normalerweise ist das in den Bebauungsplänen genannt oder in den Flächennutzungsplänen, also in den behördlichen Grundlagen genannt und festgelegt. Aber die weisen eigentlich immer auf die allgemein rechtlichen Festlegungen hin. Und wir sprachen ja über Abwasser, Abwasserpflicht, Abwassergesetz. Es gibt ja das Hamburger Abwassergesetz. Darauf wird hingewiesen, dass das einzuhalten ist. In diesem Hamburger Abwassergesetz, wenn man da genau reinguckt, steht da drin, dass die Hamburger Stadtentwässerung oder die Stadt vorgeben kann, wie sie entwässert. Sie können sagen: "Wir haben ein Siel in der Straße liegen, das ist ein Gefällesiel, und Sie müssen an diesem Siel anschließen. Und dementsprechend haben Sie alles zu bauen, dass Sie an dieses Siel anschließen können. Das nennt man Anschlusszwang. In manchen Gebieten in Hamburg haben wir zum Beispiel Druckentwässerung. Das heißt für die Einwohner, sie müssen auf ihrem privaten Grund ein Schacht zulassen, in dem wir technische Einrichtungen einbauen, wo sie dann das Abwasser einleiten dürfen. Das ist auch im Hamburger Abwassergesetz festgelegt. Jetzt wollten wir ja dort in Hamburg, hier in Jenfeld, das Stoffstromtrennsystem - das Schwarzwasser und Grauwasser getrennt definieren. Wir haben ein Siel in der Straße liegen, an dem nur Grauwasser eingeleitet werden darf. Und wir haben in der Straße ein Vakuumnetz liegen, wo nur Vakuumtoiletten angeschossen werden dürfen. Da wir aber das Gesetz, die Novellierung des Gesetzes, noch nicht hinkamen, im Laufe des Projektes, wurde diese Aufforderung in einer sogenannten Anlage zum Kaufvertrag der Grundstücke mitgegeben. Sodass

<p>I+H</p>	<p>die rechtliche Grundlage eigentlich eher privatrechtlicher Natur ist und nicht allgemein rechtlicher Natur. Deswegen sage ich immer, an der Stelle wird es ein bisschen kompliziert. Wenn man formal, rechtlich genau guckt, ist das noch nicht die Grundlage im Hamburger Abwassergesetz, sondern ist eine Grundlage, die praktisch formuliert wurde in einem Anhang zu einem privatrechtlichen Kaufvertrag.</p> <p>Sie hatten ja jetzt schon gesagt, dass Sie versucht haben oder auch jetzt geschafft haben, das Abwassergesetz dementsprechend zu ändern. Wie war da so der Prozess? Weil wir ja auch eine Teilstromtrennung, also eine Trennung von Grau- und Schwarzwasser auf jeden Fall vorsehen und auch eine Trennung von dem Schwarzwasser in Gelb- und Braunwasser. Von daher finde ich das sehr interessant, wie so ein Prozess abläuft und was es da für Möglichkeiten gibt. Auch vielleicht in Zukunft das Ganze noch weiter in Richtung mehr Trennung und mehr Nährstofftrennung, Rückgewinnung usw. Wie kann sowas aussehen?</p>
<p>P+K</p>	<p>Kann ich eigentlich gar nicht so genau sagen. Ich kann nur sagen, Sie müssen jetzt anfangen anders zu denken. Wenn Sie mit Hamburg Wasser sprechen oder mit uns reden, dann formulieren wir unsere Ansprüche gegenüber demjenigen, der bei unseren Anlagen einleiten will über das Hamburger Abwassergesetz. Sie wollen das ja im privaten Bereich machen. Sie haben ein privates Grundstück. Da haben Sie dann ein großes Hospital drauf. Oder das UKE: Die haben ein privates Grundstück, die haben eine eigene Anlagen. Und die wollen jetzt, bevor sie überhaupt in öffentlichem Grund gehen, ihr Abwasser behandeln und trennen. Da gibt es auch verschiedene andere gesetzliche Grundlagen, die zu berücksichtigen sind. Das ist dann ja nicht im Hamburger Abwassergesetz zu finden. Aber Abwassergesetz ist im Prinzip der rechtliche Rahmen für das Handeln von Hamburg Wasser in Bezug auf Abnahme von Abwasser in unseren Anlagen. Und Sie sprechen ja über eine Einleitgenehmigung. Es gibt da gesetzliche Grundlagen. Ich könnte jetzt aber nicht genau formulieren, nach welchen rechtlichen Richtlinien oder Gesetzen Sie handeln müssten, um so etwas durchführen zu können. Der Ansprechpartner wird immer für Sie die Umweltbehörde sein, die Einleitgenehmigungsbehörde. Sie müssen ja eine Baugenehmigung durchführen oder Veränderungsbaugenehmigung durchführen. Und in diesem Verfahren wird grundsätzlich dann diese Behörde mit eingesetzt und schreitet mit ein. Und die würde Ihnen Vorgaben machen, wie Sie zu handeln haben, wie Sie damit umzugehen haben. Und die würde Ihnen auch sagen mit welchen Rechten oder nach welchen gesetzlichen Grundlagen Sie das zu machen haben. Grundsätzlich bin ich mir sicher, dass Sie eine Genehmigung bekommen. Auf jeden Fall für eine Teilstrombehandlung, wie auch immer. Aber wie Sie damit letztendlich umgehen -da geht es um Emissionsschutzgesetze, verschiedene allgemeine Gesetze, die dann greifen, die dann vorgelegt werden. Da hilft Ihnen wahrscheinlich mehr ein Gespräch mit der Einleitgenehmigungsbehörde.</p>
<p>I+H</p>	<p>Aber wenn wir das wissen, dass es jetzt in die Richtung geht und das ist ja gut, dann können wir uns vielleicht eher auf die anderen Fragen konzentrieren. Jetzt noch mal zu der, zu der in Jenfeld das Projekt. Sie haben ja jetzt von der Trennung von Schwarz- und Grauwasser geredet. Gibt es denn auch Ambitionen dorthin, dass man vor der Einleitung eine Rückgewinnung oder noch eine andere Vorklärung vorsieht? Oder ist das vielleicht auch schon umgesetzt?</p>
<p>P+K</p>	<p>Also der HWC hat ja jetzt erst mal die Voraussetzung geschaffen, dass in einem Wohnquartier eine Prüfung der gesetzlichen Vorgaben Rahmen geschaffen wird, dass eine Trennung stattfinden muss. Das gesamte Abwasser, was dort erzeugt wird, in diesem Wohnquartier, wird getrennt. Die haben also zwei Abwassersysteme, und wenn Sie so wollen. Ein System, wo sie ihr Grauwasser, also ihr nicht mit den</p>

	<p>Schadstoffen belastetes Abwasser ableiten. Und einmal haben sie ein System, wo sie nur fäkal belastetes Abwasser ableiten dürfen. Das heißt also, wir sind hingegangen, haben ein System etabliert in Hamburg, in einem Wohnquartier, das von vornherein eine Stofftrennung vorsieht. Nicht der Bürger macht das so, sondern es wird ihm vorgegeben, dass er das zu machen hat. Dementsprechend haben die Leute dort auch alle Vakuumtoiletten zum Beispiel. Weil der Trennstoff Schwarzwasser ist von seiner physikalischen Zusammensetzung oder physischen Zusammensetzung, so dass er wenig Wasser beinhaltet und wir natürlich überlegen mussten, mit welchem Transportsystem kann man Schwarzwasser überhaupt über größere Strecken transportieren? Und da sind wir dann draufgekommen, ein Vakuumsystem in dem Quartier zu bauen. Mit einer großen Vakuumanlage, großen Vakuumsystemen und circa vier Kilometer Leitungsnetz.</p>
<p>I+H</p>	<p>Okay.</p>
<p>P+K</p>	<p>Das haben wir dann sozusagen als Auflage für die Bauherren vorgegeben, dass sie in ihrem Haus auch ein Vakuumnetz zu verlegen haben, mit Vakuumtoiletten. Und dementsprechend holen wir aus den Häusern in den einzelnen Wohnungen, einmal getrennt über Vakuumanlage, das Schwarzwasser und einmal über ein ganz normales Gefällesystem das Grauwasser. Beide Stoffströme werden abgeleitet über die technischen Systeme direkt zum Betriebshof der Jenfelder Au und werden dort dann zentral, für das Quartier zentral, weiter behandelt und bearbeitet.</p>
<p>I+H</p>	<p>Und diese Weiterbehandlung wie sieht die aus? Kann man sich das vorstellen, wie jetzt die konventionelle Kläranlage, die große zentrale Kläranlage in Hamburg, in Harburg? Oder werden da noch weitere Schritte eingeleitet? Wie gesagt, so eine Nährstoffrückgewinnung?</p>
<p>P+K</p>	<p>Der HWC als Idee hatte diese drei Kreisläufe. Vorweg zum Verständnis.[...] Schwarzwasser ist vom Volumen her ein sehr kleiner Stoffstrom nur noch. Wenn Sie die Vakuumtoilette benutzen, haben Sie ungefähr ein Liter Wasser mit dem gesamten Urin, Fäkalien, was Sie haben zusammen vermischt und der wird abtransportiert. Das sind dann pro Tag pro Einwohner und ungefähr sieben acht Liter Abwasser. Vorher hatten wir bei dem gemeinsamen System keine Trennung. Das heißt, wir haben grundsätzlich ein fäkal belastetes Abwasser. Und da haben die Leute in Hamburg so im Durchschnitt 120 Liter pro Person. Jetzt haben wir nur noch sieben Liter fäkal belastetes Abwasser. Das bringt uns dazu, dass wir im Prinzip keine Aufwendung mehr leisten wollen für das Trennen der fäkalen Abwasserstoffe oder der Fäkalienstoffe aus dem Abwasser, die in der zentralen Kläranlage sind. Das heißt, so eine ganzen klärtechnischen Einrichtungen, die Nachklärung, Vorklärung, Belebungsanlage, Denitrifikation [...], das alles machen wir gar nicht mehr. Dann haben wir das fäkale Abwasser schon direkt eingesammelt. Das belastete Abwasser ist reines Grauwasser. Da ist aber kein fäkaler Einfluss mehr drin. Und dementsprechend haben wir auf unserer Anlage selbst gar keine klärtechnischen Einrichtungen in dem Sinne mehr. Sondern wir nehmen das Schwarzwasser an, sammeln das und geben das direkt einer weiteren Verwertung zu, ohne das weiter zu behandeln. Was das Grauwasser betrifft, das wir dezentral sammeln oder zentral sammeln. Das führen wir natürlich einer klassischen Reinigung zu, dass wir jetzt aber im Prinzip nur noch geringe Mengen oder geringen Reinigungsaufwand haben, weil der Hauptbestandteil der Reinigung im Klärwerk ist das trennen des fäkalen Abwassers. Den haben wir ja gar nicht mehr. Das heißt, wir haben eine kleine Rechneranlage, eine leichte Belebung der Anlage und das war's schon. Ansonsten haben wir ein bestimmtes Verfahren ermittelt für Jenfeld. Was kann man am besten mit dem Abwasser machen und welche Ergebnisse sind zu erwarten? Was auch die</p>

	<p>Belastung von Mikroschadstoffe betrifft, sodass wir zu einem Testwerk kommen werden mit einer Nanofiltration. Das ist aber erst möglich, weil wir das fäkale Abwasser rausgelassen haben. Sonst wären wir da gar nicht hinbekommen. Da kommt man erst hin, wenn man am Ende der Reinigungsstufe in einem normalen Klärwerk ist. So wie das auch in Hamburg gemacht wird. In Hamburg wird momentan die vierte Reinigungsstufe gebaut. Dort wird man versuchen mit einer weiteren Filtration und einem Nanofiltersystem oder Makrofiltersystem noch weitere Schadstoffbelastungen, wie gerade Medikamentenbelastungen oder Mikroschadstoffe weiter rauszufiltern. Das findet da aber in einem riesen Stadium statt, also das ist dann eine Größenordnung, die man sich gar nicht so richtig genau vorstellen kann. Wir haben das im kleinen Stadium oder kleinen Format sozusagen schon. Hier haben wir insgesamt bei einer Einwohnerzahl von 2000 Einwohner, die an das System angeschlossen sind. Das ist aber jetzt nicht besonders groß, wenn man sich überlegt, Hamburg hat 2,4 Millionen Einwohner. Da ist das von der Menge her natürlich deutlich unterschiedlich.</p>
<p>I+H</p>	<p>Hier vielleicht noch mal eine Frage zu der Größe von diesem Betriebshof, wo das gemacht wird, weil das Hospital ja von der Einwohnerzahl sehr vergleichbar ist mit der in Jenfeld. Wie groß ist dieser Betriebshof, also wie groß kann man sich diese Kombination vorstellen? [...] Ja, wie gesagt, die ganzen Häuser sollen neu gebaut werden und demnach müssen natürlich auch die Anschlüsse gegebenenfalls verlegt werden. [...] Aber genau daher würde es uns sehr interessieren, wie groß so diese Kläranlage bzw. diese Filtration ist.</p>
<p>P+K</p>	<p>Wir haben eine Anlagenfläche von 2500 Quadratmetern.</p>
<p>I+H</p>	<p>Okay.</p>
<p>P+K</p>	<p>Jetzt muss man wissen, befindet sich auf dieser Fläche zum Beispiel auch das Nahwärmenetz. Wir betreiben einen sogenannten Fermenter. Der wird zur Stabilisierung und Denitrifizierung Schwarzwassers benötigt. Da wird Gas erzeugt. Mit dem Gas betreiben wir Block-Heiz-Kraftwerke. Das erzeugt Wärme und Strom. Den nutzen wir für uns selber und den Teil, den wir nicht für uns nutzen geben wir ab. Einmal die Wärme in das Nahwärmenetz und den Strom ins öffentliche Netz, ohne das zu verkomplizieren. Nur mit Schwarzwasser selbst kann man keinen (?) betreiben. Dafür ist der Energieinhalt in Schwarzwasser zu gering. Wir heben das dadurch auf, dass wir Hamburg Wasser sind und die Möglichkeiten haben, zum Beispiel Fettabwässer zu nutzen. Rein theoretisch könnte man sich das mal überlegen, indem man sagt okay, die ganzen Küchenabwässer die wir haben, das sind Fettabwässer. Wir betreiben ja auch Fettabscheider. Wir leiten die Abwässer aus dem Fettabscheider auch mit ein und da kann man dann auch in irgendeiner Form einen Reaktor bauen, der Gas produziert und mit den Gaskammern dann dementsprechend umwandelt in andere Energieträger. Das kann man sich grundsätzlich auch vorstellen. Mehr machen wir ja auch nicht. Von daher könnte man sich das schon vorstellen, dass man so eine Art autarke Anlagen, die mit zwei Stoffströmen arbeitet, auch im größeren Kontext, wie so einem Hospital oder auch zum Beispiel einem Krankenhaus arbeitet. Der Vorteil daran wäre ganz bestimmt, man könnte gezielter - und das ist übrigens jetzt auch der Versuch, den Dr. Thomas Werner betreut, mit der Versuchsanlage im UKE - dass man gezielt die Abwässer des Hauptemittenten behandelt und sich nicht erst das vermischen lässt, so wie wir das hier machen. Wir vermischen das mit dem riesengroßen Strom und da muss man das am Ende der Anlage aus diesem riesengroßen Strom rausfischen wieder. Was natürlich schwer ist. Es wäre natürlich günstiger direkt - und das ist der Punkt beim UKE - direkt beim Hauptemittenten zu reinigen. Und wenn man sich vorstellt, so ein</p>

	<p>Hospital würde das wahrscheinlich auch im Sinne der Gesamtabwasserbehandlung sinnvoller sein. Solche, ich sag mal solche Hotspots, gerade was die Medikamentenrückstände betrifft oder was besonders die pathogenen Keime betrifft, dass man dort direkt filtert. Also, man kann das machen, man kann sich das vorstellen, unsere Anlagengröße, wenn Sie sagen, Sie haben auch so circa 2000 Einwohner, die da direkt wohnen und leben auch, dementsprechend auch das Abwasser da konstruieren und darstellen können. So Schwarzwassergrößenordnung. Ich vermute mal, da Sie bestimmte Einrichtungen nicht brauchen, die wir haben, die wir aus anderen Gründen betreiben, ist so eine Größenordnung wahrscheinlich 1000 Quadratmeter vorstellbar. Die Reinigung des Grauwassers selber ist eine relativ kleine Anlage. Wir haben einen Tagesstrom, bei uns in Jenfeld, rechnen wir von 160 Kubikmetern. Ich vermute mal, dass würde wahrscheinlich erheblich kleiner sein bei Ihnen oder vielleicht auch nicht. Es ist so, dass wir von den normalen Wasserverhalten ausgehen. Das meiste Abwasser kommt tatsächlich aus der Küchennutzung und aus der Waschmaschinennutzung und der Spülmaschinennutzung. Da kommt das meiste verschmutzte Abwasser her. Das ist natürlich in solchen Einrichtungen ein bisschen anders. Die Abwasserzusammensetzung und dementsprechenden Ströme. Das sind Sachen, die man da einfach wissen muss. Das ist dann im Detail nachher im Einzelnen. Aber vorstellbar ist das, dass man das tatsächlich trennen kann und auch getrennt behandeln kann mit solchen Anlagen. Die Grauwasseranlage selber, die dürfte auch genehmigungstechnisch kein großes Problem darstellen. Mit der Schwarzwassernutzung, wenn man also Schwarzwasser und Grauwasser trennen würde, das würde glaube ich schon ein bisschen schwieriger werden. Weil wenn Sie einen Biogasreaktor betreiben wollen mitten im Wohngebiet, damit wird es schon emissionsrechtlich und auch sonstigen rechtlichen Rahmenbedingungen ein bisschen schwierig werden. Aber wie gesagt, ich sag immer, probiert das einfach aus. Warum soll so was nicht gehen? Also sinnvoll wär's.</p>
<p>I+H</p>	<p>Ja, genau das dachten wir uns auch.</p>
<p>P+K</p>	<p>Es gibt genug Techniken dafür und wir haben genug Erfahrung mittlerweile. Und es gibt auch genügend Leute, die sich auch wissenschaftlich damit beschäftigen. Und es wird in ganz vielen Bereichen in Deutschland gemacht, unterschiedlichster Art auf Nährstoffrückgewinnungssysteme.</p>
<p>I+H</p>	<p>Ja. Jetzt haben Sie schon mit dieser Anfrage ganz viele andere Fragen beantwortet. [...] Von daher würde ich einfach mal so zum Abschluss gehen und noch mal an Sie fragen, wie solche rechtlichen Vorschriften, die Sie jetzt beschrieben haben, sei es das Abwassergesetz oder auch Einleitungsvorschriften, wie die verändert werden müssten, damit man ein ressourcenschonendes und auch schadstoffminimiertes Abwasser bekommen kann, dass man quasi von Seiten der Vorschriften motiviert wird, das auch als Institution oder als Hamburg Wasser im großmaßstäblichen Sinne umzusetzen. Was fehlen da noch für Schritte, warum wird das noch nicht zu 100 Prozent gemacht?</p>
<p>P+K</p>	<p>Also Hamburg Wasser ist da ganz außen vor. Und das Hamburger Abwassergesetz ist, im Prinzip, ist das Gesetz, wie wir uns gegenüber den Bürgern, also der Staat sich gegenüber den Bürgern und sich die Bürger gegenüber dem Staat regelt. Das hat mit dem, was Sie da haben, gar nichts zu tun. Sie würden in Berührung kommen, wenn Sie sagen: "Ich will belastetes, verschmutztes Wasser in euer System einleiten, in das öffentliche System einleiten." Dann kämen Sie mit Hamburger Abwassergesetzen in Berührung. Ansonsten eher nicht. Ansonsten sind Sie in anderen Gesetzesfolgen unterwegs. Von daher gesehen ist das eigentlich eher eine Frage, die Sie der</p>

	<p>Umweltbehörde stellen können. [...] Es ist ja so, dass sich das permanent weiterentwickelt hat. Und es gibt in Deutschland in vielen Bereichen Anlagen die Nährstoffrückgewinnung, die mehr auf dezentrale Systeme guckt und auf Stoffstromtrennsysteme guckt. Solche Gesetzesentwicklungen sind natürlich extrem komplex und von Einzelpersonen eigentlich nicht möglich. Das kommt entweder aus dem wissenschaftlich forschenden Bereich heraus, dass die Sachen angestoßen werden, eben über solche Projekte und dann kriegt man in diesem Projektbereich dementsprechende Möglichkeiten der rechtlichen Gestaltung. Haben wir ja auch bekommen für unsere Anlage. Bestimmte gesetzliche Regeln gab es ja gar nicht, als wir das angegangen sind. Und die haben wir aber trotzdem die Erlaubnis bekommen, das zu machen. In dem Raum kann man sich das vorstellen. Die Gesetzesänderungsverfahren sind höchst komplex, dauern Jahrzehnte. Als Privatperson überhaupt nicht möglich. Von daher gesehen geht es eigentlich eher darum zu gucken, inwieweit oder nicht solche Anlagen oder solche Ideen, die Sie haben, bestimmten Rechten oder Rahmenrichtlinien unterliegen. Welche sind das konkret und welche Möglichkeiten der Sonderregelungen für bestimmte Projekte gibt es vielleicht noch. Aus dem Bauchgefühl heraus könnte ich mir vorstellen, dass Sie im Prinzip da gar keinen Regelungsbedarf haben für sich. Sie können da versuchen eine Anlage umzusetzen oder sich überlegen, was können wir machen und in welchem Rahmen soll das stattfinden. Was Sie auf jeden Fall brauchen, ist in irgendeiner Form wissenschaftlichen Rat und Begleitung. Also jeden Fall. Da gibt es keine Privatfirma. [...] Das kommt eher aus dem wissenschaftlichen Bereich heraus, universitären Bereich. Ich wunder mich auch, warum da noch keiner dran ist, Forschungsgelder zu beantragen. [...]</p>
I+H	<p>Also, ich meine, so Pilotanlage umzusetzen ist ja immer wünschenswert, um diese theoretische Forschung oder die jetzt praktisch in ganz kleinen Maßstab umgesetzt wurde, auch auf realistische Ebene umzusetzen. Von daher, eigentlich müsste man da ja irgendwen einen finden, der das mit seinen Forschungen auch wissenschaftlich begleitet.</p>
P+K	<p>Erstmal das. Und ganz unter uns, Grauwasser ist wirklich schon fast Täglich Brot. [...] Trennsysteme, was Grauwasser betrifft, muss ich "nur" überlegen, was mit den Rest passiert. Wir waren bisher die einzigen, die es geschafft haben, tatsächlich in einem Wohnquartier ein Trennsystem einzubauen, das den gesamten Abwasserstrom betrifft. Deswegen trennen wir in Schwarzwasser und Grauwasser und haben damit den gesamten Abwasserstrom in einem Projekt beschrieben, benannt und umsetzen können. Das ist das Ungefähre, das ähnlich dem Krankenhausbereich und auch dem Hospital. Man kann natürlich nicht sagen: "Ich mach Grauwasser und um den Rest kümmert sich jemand anders". [...]</p> <p>Gelbwasser ist ein schwieriges Thema. Das ist aus Forschungsgründen total toll. Vor allen Dingen, wenn man hinsichtlich Medikamentenbelastungen das Thema angeht. Nutzungstechnisch ist das extrem blöd.</p>
I+H	<p>Warum?</p>
P+K	<p>Haben Sie schonmal eine Anlage mit Gelbwasser gefunden?</p>
I+H	<p>Nicht direkt.</p>
P+K	<p>Wir haben das mal probiert, forschungsreise. Da haben wir unser eigenes Klärwerk. Weil wir Gelbwasser brauchten, für unsere Forschungszwecke. Wir haben die Anlage nachher versucht einzustellen, weil die Kollegen, alle Kollegen das nicht mehr ausgehalten haben, die da gearbeitet haben, weil das eine dermaßen große</p>

	<p>Belastung war. Können Sie sich ja vorstellen, was Sie da erzeugen, Ammoniumnitrat. Das heißt also, da geht es wirklich hoch her. Also, ich sage mal, wer sich mit Gelbwasser anlegt, die Leute von der TUHH, die wissen das, die haben eine Gelbwasser-Toilette im hamburgener Hauptbahnhof. [...]. Ich komme aus der Forschung. Ich komme aus dem Betrieb. Und dann sage ich immer: "Ihr müsst euch mal vorstellen, die müssen damit die nächsten 70 Jahre arbeiten. Unsere ganz normalen Mitarbeiter, müssen damit umgehen können. Wenn die ein Problem haben, dann kriegen wir wirklich ein Problem. Da möchte keiner mit arbeiten mit diesen Urinanlagen. Und wenn wir bei uns die Anlage aufmachen, da müssen wir ganz genau belüften. Damit kannst du nicht arbeiten. Das sind hochgefährliche Stoffe, teilweise auch, die dabei entstehen, weil sie halt so konzentriert sind. Und wenn ich dann überlege, man macht da eine Stoffstromanlage hin mit hohen Konzentrationen von zum Beispiel pathogenen Keimen oder Medikamentenrückständen, die sich in bestimmter Weise chemisch miteinander verhalten oder wie gesagt Gelbwasser zum Beispiel, damit nachher weiter zu arbeiten... Da braucht es spezialisierte Umsetzung für die Betrieblichkeiten. Wo ich auch zu den Professoren sage: Ihr müsst halt auch die nächsten 30 Jahre nicht damit arbeiten. Ihr werdet die Anlage nach zehn Jahren nicht mehr anpacken, wenn die zehn Jahre lang in Betrieb war." Ganz davon abgesehen, dass wir jetzt schon sehen, dass das große Probleme sind, bei solchen Anlagen. Gerade wenn du kleinere Mengen hast, hochkonzentriert hast, führt das dazu, dass Ablagerungen entstehen. Die Ablagerung von solchen stoffgetrennten Systemen ist wahnsinnig hoch. Gelbwasser zum Beispiel. Da müssen Sie ganz genau überlegen, welches Rohrmaterial verwendet wird. Diese Ablagerungen kriegt man nachher gar nicht mehr sauber, dementsprechend bekommt man auch Geruchsemissionen nicht mehr weg aus solchen Systemen. Extrem schwierige Sache. [...]</p>
<p>I+H</p>	<p>Okay. Also es ist sehr schwer in der Umsetzung. Merken wir uns auf jeden Fall. Diesen praktischen Zugang hatten wir da bisher noch nicht.</p>
<p>P+K</p>	<p>Das wird auch das UKE erfahren. In der Anlage, die sie da machen. Unterhaltet euch mit Dr. Thomas Werner.</p>
<p>I+H</p>	<p>[...] Ja, jetzt zum Abschluss. Gibt es Ihrerseits noch weitere Ideen oder Input, den wir Ihrer Meinung nach beachten sollten?</p>
<p>P+K</p>	<p>Wir haben ja gerade gesagt, wenn man sich Systeme überlegt, für eine konkrete Umsetzung, da muss man tatsächlich realistisch gucken, dass die auch auf Dauer umsetzungsfähig sind. Denn es bringt nichts, wenn man aus einem Forschungsstand oder aus einem Prototyp heraus, sagt, das haben wir erstmal eine Zeit lang laufen, das funktioniert, das geht so, wir erzielen die Ergebnisse, die wir wollen. Sondern man muss solche Anlagen, wenn man das so plant, auch langfristig betreuen und bereit sein, auch langfristig zu begleiten und Entwicklungen auch in Zukunft mitzuführen. Und das ist natürlich wichtig, sich so etwas vorher zu überlegen. Was kann denn eigentlich kommen, was kann passieren? Ich sage mal ganz platt, wenn ihr Rohrsystem habt, die ihr verlegt und ihr habe so eine Anlage, wo was passieren könnte. Dann ist es praktisch, wenn man an das Rohrsystem wieder rankommt. Also auch ganz praktisch überlegen, wie kann so was weiterentwickelt werden, so eine Anlage. Wie kann man so eine Anlage auch wieder zurückbauen? Es kann ja auch sein, dass sie nicht funktioniert.</p>
<p>I+H</p>	<p>Ja.</p>

<p>P+K</p>	<p>Wir sehen das jetzt bei unserer Anlage. Da gab es mal so den Wunsch von Anfang an, dass die Anlage zurückgebaut wird. Kann gar nicht. Weil wir aber die Gesetzeslage verändert. Wir haben die Anlage draußen liegen, da gibt den Anschlusszwang. Wenn jetzt aber ein Unternehmer sagt: "Ja, aber es gibt ja gar kein System, was wir bauen können, was das kann.", dann kann es passieren, dass wir in Regressansprüche genommen werden und dass ein Rückbauzwang entsteht. Da muss man immer gucken. Eine rückbaufähige Anlage wäre immer günstig oder eine Anlage so zu konzipieren, tatsächlich im Gebäudebau, so zu konzipieren, dass sie umbaubar ist. Wenn man sich zum Beispiel Flächen überlegt und sich sagt, auch da passt jetzt die Anlage drauf, die wir uns überlegt haben, dass sowas auch ausbaufähig ist, dass es nicht daran scheitert, dass man sagt: "Ja, wir bräuchten eigentlich noch eine Vorreinigungsstufe, aber wir kriegen die gar nicht mehr hingebaut, weil wir haben gar kein Platz mehr für." [...] Aber wie gesagt, ich bin da auch Betriebsmensch. Man merkt sofort, ich denke immer daran, die Anlagen zu betreiben.</p>
<p>I+H</p>	<p>Ist aber im Endeffekt das, was damit passiert. [...] Ja, Dankeschön. Das hat uns auf jeden Fall noch mal eine Einsicht in den praktischen Umgang gebracht. Was man noch beachten müsste und auch die Vergleichbarkeit von dem haben wir gerade auch zu unserem Projekt.</p>
<p><u>Alle Interviewenden</u></p>	<p>Abschluss</p>

2. INTERVIEWTRANSKRIPT, NOLDE

Interviewtranskription

<u>Datum:</u> 23.01.2023	<u>Uhrzeit:</u> 17:00 Uhr
<u>Interviewende:</u> I+H = Hjördis-Sophia Eggers	<u>Interviewpartner*innen</u> P+N = Erwin Nolde
<u>Einverständnis zur Aufnahme/Dokumentation</u> Ja	<u>Kontakt Interviewte</u> E-Mail: e.nolde@nolde-partner.de <u>Anonymisierung im Bericht? Wünsche zur Dokumentation des Kontakts?</u> Ja, namentliche Erwähnung ist erlaubt.
<u>Verantwortlich für die Aufnahme:</u> Emma Uelsmann via Zoom	<u>Adresse/Ort des Interviews:</u> Zoom Meeting
	<u>Ggf. Besonderheiten:</u> Interesse an Endbericht Evtl. Nachfragen zu bst. Fragen, die nicht geklärt werden konnten

<u>Alle Interviewenden</u>	Vorstellung der Interviewenden und des Projekts
I+H	Genau jetzt zu unseren Fragen. Wir hatten Sie natürlich schon ein bisschen früher angefragt und haben währenddessen auch ein bisschen weitergearbeitet. Logischerweise sind wir noch mal auf neue Erkenntnisse gekommen. Es kann sein, dass sich ganz bisschen was geändert hat. Aber erst mal können Sie sich einmal vorstellen, was Sie tun?
P+N	Also ich bin von der Ausbildung her Elektroingenieur und hab dann noch mal technischen Umweltschutz in Berlin an der Uni studiert, war dann zehn Jahre lang wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Hygiene, wo wir uns um dezentrale Systeme, Regenwassernutzung gekümmert haben. Da kam das Grauwasserrecycling dazu. Wir haben dann da auch mithilfe von Studienarbeiten die Ideen, die damals aufgeschlagen sind, eigentlich immer so ein bisschen weiter verfeinert und so nach zehn Jahren gesehen, dass in Berlin das eigentlich ein gefragter Sache sein müsste. Und hab gedacht, jetzt gehst du weg von der Uni und machst dich selbstständig und baust solche Sachen. Das hat sich jetzt nicht so ganz bewahrheitet. Wir haben viel Wind von vorne bekommen. Man hat gesehen, dass zumindest jetzt in Berlin die Wasser, Abwasser, Ver- und Entsorgung - das ist ein gutes Geschäft - und diese ganze Abwassertechnik ist sehr sehr konservativ halt die so was nicht grade mit "Hurra" aufnehmen. Mittlerweile sieht es besser aus. Ich weiß, wenn Sie bei uns auf der Internetseite waren, da gibt es auch einen kleinen Film über das studentische Wohnen. Haben Sie den gesehen? [...] Im Moment durch Fridays For Future oder auch, dass wir hier in Berlin wirklich die Trockenheit spüren, weil wenig Wasser runterkommt, die Seespiegel gefallen sind, scheint sich das so ein bisschen weiter zu verändern.

I+H	Doch genau den Film hatte ich gesehen, auch super interessant, was die Größe so einer Anlage angeht. Auch wenn natürlich jetzt das Hospital drei mal so groß ist. Dann vielleicht einmal zur ersten Frage. Wir hatten Ihnen diese Kombination Nanofiltration Festbettreaktor auch zugeschickt. Sie benutzen natürlich jetzt in Ihrer Grauwasseraufbereitung eine andere Methode und trotzdem haben wir uns für die entschieden, weil das war mit die neueste Veröffentlichung an der TUHH und wir hatten auch ein Gespräch mit einer Person, die das mit betreut, dieses Forschungsprojekt. Und diese Methode ist einfach supergut, dafür geeignet, so viele Schadstoffe zu eliminieren wie möglich. Und da wollten wir fragen, ob es nach Ihrer Meinung sinnvoll ist, diese KNF für die Grauwasseraufbereitung zu nutzen?
P+N	In dem Grauwasser selbst sind ja, was Medikamentenrückstände betrifft, ist da weniger zu erwarten als in dem Schwarzwasser. Also die Medikamentenrückstände, wenn es nicht gerade Salben sind, die dann ja auch beim Duschen oder beim Baden da abgewaschen werden können, ist es eigentlich nicht viel, was da an Schadstoffen in dem Grauwasser zu erwarten ist. Und ansonsten denke ich mir schon, ich hatte die Dissertation von Herrn Bühning auch mal überflogen. Find ich interessant. Und ich glaube mal qualitativ werden Sie da kein Problem haben. Aber die Frage ist nur, ob man eventuell damit übers Ziel hinausschießt. Wasserqualität ist eine Sache, aber letzten Endes müssen wir immer sehen, dass wir niedrige Betriebskosten haben. Investition ist auch noch mal eine Sache, aber das tut einmal weh. Betriebskosten tun ständig weh, wenn die hoch sind und irgendwie einfach insbesondere der Wartungsaufwand gering ist. Und ich sage mal hier mit der Umkehrosmose, mit diesen Technologien, das ist schon Energie aufwendig. Also wir selber haben mit dieser Membrantechnik eben nicht so gute Erfahrungen gemacht, eben gerade wegen Wartung und Energie, so dass wir auf dieses Wirbelbett umgestiegen sind.
I+H	Und dieses Wirbelbett [...] funktioniert so, dass es die Schadstoffe im Grauwasser zurückhält?
P+N	Ja, also wir haben ein mehrstufiges Wirbelbett. Das wäre bei Ihrer Anlage ja auch so. Ihre Anlage ist ja noch größer. Da kommt man nicht mit einer Stufe Wirbelbett hin. Das ist auch verfahrenstechnisch eh keine optimale Lösung. Wir haben mehrere Stufen hintereinander geschaltet, das könnten Sie auch machen. Und dann wird man sehen, dass in diesem Wirbelbett sich in den einzelnen Stufen auch ganz spezielle Mikroorganismen ansiedeln oder ausbilden. Und wir haben dann gesehen, also bei uns hatten wir mal in der alten Anlage neun Behälter hintereinander geschaltet und haben dann gesehen, dass bestimmte Stoffe, die in der Literatur als nicht abbaubar galten, beispielsweise Acesolfan - das ist jetzt nichts Schlimmes, das ist ein ein Süßstoff, der in diesem Coca Cola light, in den Limonaden, in Joghurt, Zahnpasta überall ist. Und Wissenschaftler haben gesagt, in Kläranlagen wird es nicht abgebaut. Da kam jemand von der TU Berlin, weil das in diesem Projekt so vorgesehen war, dass die Proben von uns analysieren. Wir als Büro können das nicht selber machen, nicht diese Analytik. Haben die Proben weggegeben, haben alle Stufen hintereinander beproben lassen und haben gesehen, ab der siebten Stufe war das Acesolfan weg. Alles andere, was leicht abbaubar ist, war schon abgebaut. Und dann gibt es nichts mehr anderes zu futtern als diese Stoffe, die nicht so gut abbaubar sind. Und dadurch, dass die dann sehr viel sind, also wie in dem Schaumstoffkörper, Sie haben jetzt ein anderes Material genommen, aber ich glaube, das ist nicht das Wesentliche. Dann kriegt man da wirklich eine spezielle Mikrobiologie, die eine ganze Menge mehr kann, auch solche Stoffe reduzieren. Also müsste man einfach ausprobieren, um eventuell niedrige Betriebskosten oder vielleicht auch Investitionskosten zu haben. Aber im Umkehrosmose ist nicht so ganz ohne. Sie müssen eine ganze Menge Druck aufbringen, kostet eine ganze Menge Strom.

I+H	Ja, also Umkehrosiose ist es ja gar nicht. Es ist ja eine Nanofiltration aber der Druckaufbau ist auch erheblich.
P+N	Ja, also wir haben mit Mikrofiltration gearbeitet und auch gesehen, dass das dann irgendwie diese Membranen, die haben bei uns nie länger als ein Jahr gehalten und dann muss man die wieder rausnehmen und muss die mit Chemikalien spülen. Wir haben eigentlich den Ansatz, dass wir irgendwie an keiner Stelle Chemikalien oder sonst was zu dosieren oder auch verbrauchen. Das sind ziemliche Sauerei. Diese Membranen wieder zu regenerieren. Aber da muss man wissen und entscheiden.
I+H	Und dieses Verfahrens was Sie jetzt vorgestellt haben, das basiert also rein auf einer biologischen [...]
P+N	Das ist rein biologisch. [...] Wir haben einfach unseren Filter genommen, kriegen die Partikel raus und haben da auch deutlich unter einer Trübungseinheit. Also, man erfüllt in diesem Parameter auch die Trinkwasserverordnung.
I+H	Okay.
P+N	Also das heißt nicht, dass es Trinkwasser ist, aber für diesen Parameter, was Trübstoffe betrifft, kriegt man das hin. Also wie gesagt, da war meine Überlegung, dass mit dem KNF, das wird funktionieren. Ist vielleicht wegen dem Betriebsaufwand nicht die beste Lösung.
I+H	Aber gut, dass wir da jetzt auch noch eine Alternative haben.
P+N	Für das Schwarzwasser müsste man gucken, ob man das mit diesem Wirbelbett auch hinbekommen. Das weiß ich nicht, weil wir das nie gemacht haben. Eventuell macht man, wenn man diese Trennung hat für das Schwarzwasser ein bisschen mehr, um mehr auf Sicherheit zu gehen. Die Frage ist auch für was wollen wir das Wasser wiederverwenden? Wenn es danach in die Kläranlage geht, dann müssen wir gucken, was kommt rein und wie sind die Anforderungen. Wir haben das auch schon über die Umkehrosiose gemacht und dann hatten wir fast destilliertes Wasser und Abwasser mit Färbemittel von Friseurabwässern. Man kriegt das alles hin. Aber wie gesagt, man muss immer mit dem Aufwand schauen.
I+H	Das war auch unsere nächste Frage. In Ihrem Beispiel haben wir gelesen, dass aus Dusche - also, das Grauwasser - aus Dusche und Waschbecken aufbereitet wird und jetzt nicht unbedingt das Küchenabwasser oder das aus der Waschmaschine.
P+N	Wir haben an anderer Stelle in dem Blog sechs, das müsste eigentlich auch da sein. Da gibt es auch Referenzen, auch ein Bild mit dieser mehrstufigen Anlage oder wenn man Roofwater Farm googelt, da haben wir alles Grauwasser drin. Also, alles außer der Toiletten. Und auch das kann man machen und das machen wir auch mit dem Wirbelbett.
I+H	Und müsste man dann für das Küchenabwasser noch einen Fettabscheider dazwischen schalten oder wie läuft das dann ab?
P+N	Wir haben in dem Sinne keinen richtigen Fettabschneider. Wenn man Fettabscheider dimensioniert, muss der irre groß sein. Und in diesem Fettabschneider kommt auch definitionsgemäß keine Duschwasser mit rein. Also, wir haben da einfach so einen Schacht, der war schon da und eine Mauer in der Mitte reingesetzt. So, dass da

	wirklich ein Teil von dem Fett abgeschieden wird und ein bisschen was geht dann immer noch rüber und das wird dann wieder abgebaut.
I+H	Ah, okay.
P+N	Also das, was man leicht entfernen kann von Fetten und von Schwebstoffen kann man über diese Sedimentation, bzw. über das was oben schwimmt, schon zurückhalten und der Rest wird mit abgebaut.
I+H	Also braucht man gar keinen extra Fettabscheider. Gut zu wissen. Und dann hatten wir noch, wofür man dann das Grauwasser einsetzt. Wir haben jetzt vorgesehen, dass man das natürlich für die WC-Spülung nimmt, aber auch für Waschmaschine und Spülmaschine.
P+N	Spülmaschine haben wir noch nicht gemacht. Waschmaschine ist gut, kann man machen. Natürlich für Bewässerung von Grünflächen. Wo ich noch mal hinweisen müsste, in in diesem Projekt was wir da in Berlin haben, wo auch die Küchenabwässer und die Waschmaschinen mit reingehen. Also das Nutzerverhalten.. Ich bin da schon manchmal hin gekommen und alles sah weiß aus. [...] Aber das war keine Milch, da hat jemand die Wohnung gestrichen und hat die weiße Deckenfarbe mit entsorgt. Was ich damit sagen will ist, dass dieses Nutzerverhalten unvorhersehbar ist. Da kommen immer Sachen rein, mit denen rechnen Sie nicht. Und damit muss die Anlage klarkommen. Unsere Anlage, wo die Küchen und Waschmaschinen mit dran sind, die ist 16 Jahre lang gelaufen, ist immer damit klar gekommen. Das ist öfter passiert, dass da Sachen reinkommen, die da nicht hingehören. Wenn wir da ein Membranverfahren gehabt hätten, da bin ich mir ganz sicher, wäre die Membran sofort hingewiesen. Wir haben so eine im Studentenwohnheim gehabt, [...] da haben die Studenten Katzenstreu über die Dusche entsorgt. Das setzt den Leitungen zu, das kann auch die ein oder andere Anlage gleich kaputt machen. Da muss man ein robustes Systeme haben.
I+H	Die Katzenstreu hat das System auch ausgehalten?
P+N	Die Leitungen waren verstopft. Also mussten die Leitungen gespült werden. Aber der Anlage hat das jetzt nichts gemacht. Wenn wir eine Membran eingebaut hätten, wär die hin angewesen. Weil dann die Poren verstopft gewesen wären.
I+H	Ist das natürlich ein wichtiger Hinweis, dass man vielleicht überlegt, dass man für die Grauwasseraufbereitung wirklich nicht mit so einer Membran arbeitet.
P+N	Ich meine, bei dem Schwarzwasser ist es ja ganz ähnlich. Also ich habe da Hühnerknochen drin gefunden. Wir haben da Olivenkerne drin gefunden. Also es muss eine robuste Technik sein.
I+H	Ja, also wir hatten jetzt bei der KNF auch vorgesehen, dass vor dem Festbettreaktor noch eine Siebung ist. Das hier diese großen Partikel auch bevor sie in die Nanofiltration kommen natürlich auch rausgefiltert werden. Es ist es trotzdem noch ein Problem mit der Membran oder ist es dann schon weniger risikoreich?
P+N	Naja, ich sage mal hier zum Beispiel die die Wandfarbe würde durch das Sieb sicherlich durchgehen, oder ich weiß von anderen Fällen, wo eine KiTa mit dran war, wo die Kinder da mit Gips gespielt haben [...].

<p>I+H</p>	<p>Dann zu dieser Akzeptanzfrage oder Nutzungsfrage. Das hatten Sie ja auch ganz viel auf Ihrer Webseite behandelt, das so auf gesamtgesellschaftlicher Ebene für die Weiterentwicklung von der Grauwasseraufbereitung auch wichtig ist, dass die Leute mitmachen. Und zurzeit ist es auch noch so, dass man jetzt außer bei der Toilette noch zwei Anschlüsse braucht. Gesetzlich. Wenn wir es richtig verstanden haben.</p>
<p>P+N</p>	<p>Für die Waschmaschine und für die Spülmaschine. Man darf niemand zwingen, dass er dafür nicht Trinkwasser nimmt, sondern das muss der Nutzer selber entscheiden. Also wir haben Akzeptanz. Also ich habe ja schon gesagt, das was reingeht, da haben wir wenig Einfluss auf das, was die Leute tun. Da zieht auch mal jemand aus [...]. Und da kann man nichts machen. Da muss die Anlage mit Anlage klarkommen. Wir haben keine Akzeptanzprobleme, weil das Wasser sehr weitgehend gereinigt wird und die Menschen das eigentlich nicht vom Trinkwasser unterscheiden können. [...] Seit 16 Jahren hat sich keiner beschwert.</p>
<p>I+H</p>	<p>Und wie funktioniert so was? Muss man dann, wenn man anzieht, aktiv entscheiden? "Okay, ich kreuz an, für die Waschmaschine will ich Trinkwasser oder besser aufbereitetes Grauwasser." Wie wird das entschieden?</p>
<p>P+N</p>	<p>[...] Da, wo die Waschmaschine ist da müssen dann zwei Leitungen sein und zwei Wasserhähne. Und dann kann man entscheiden, an wen man sich da anschließen will. Wir machen das so, dass wenn man dann Trinkwasser nehmen will, dann läuft das über einen eigenen Wasserzähler. Und mit dem Betriebswasser, da muss man eigentlich keinen eigenen Wasserzähler haben. Die Betriebskosten, also Strom und Wartung wird dann über einen Quadratmeter umgelegt. Zu viel zählen oder zu viel da machen, das kostet einfach nur Geld und bringt nichts. Nur, weil das Betriebswasser in Anführungsstrichen umsonst ist, nicht verbrauchstechnisch abgerechnet wird, geht ja keiner einmal mehr auf die Toilette. Wenn es um Duschwasser gehen würde, okay, wenn das Wasser durch Warmwasser umsonst ist, kann ich vielleicht länger duschen. Aber bei der Toilettenspülung ist das nicht der Fall.</p>
<p>I+H</p>	<p>So ganz doof gefragt, das aufbereitete Wasser hat ja schon eine gewisse Qualität. Wäre es auch realistisch, dass es in Zukunft, wenn es noch geläufiger wird, es auch fürs Duschen oder für das Händewaschen oder ist das komplett ausgeschlossen?</p>
<p>P+N</p>	<p>Na ja, mit Ihrer Methode, mit diesem KNF Grauwasseraufbereitung. Glaube ich mal, dass man der Trinkwasserqualität sehr nahe kommt. Wir sind der Qualität ja auch ganz nahe. Aber es ist einfach so, dass der Gesetzgeber sagt, dass das Wasser für den menschlichen Gebrauch Trinkwasserqualität haben soll und nimmt damit auch das Duschen mit rein. Und Sie dürfen, auch wenn Sie jetzt Ihren eigenen Hausbrunnen haben, der die Trinkwasserverordnung erfüllt, dürfen sie keine Querverbindung zwischen Ihrem Hausbrunnen und der städtischen Wasserversorgung haben. Und wenn Sie jetzt eine Dusche haben, dann haben Sie Warmwasser und Kaltwasser. Das wird dann gemischt. Und das Warmwasser hätte dann ja vielleicht aus Trinkwasser gemacht und das andere, das Betriebswasser eben nicht. Und dann würde über diese Armatur quasi eine Querverbindung sein und die ist rein vom Gesetzgeber nicht erlaubt. Und das heißt, man kann dann prinzipiell duschen, aber dann müsste die Warmwasserbereitung auch extra getrennt sein. Also möglich ist alles. Das ist auch eine Entwicklung. Wir haben ja auch als das mit dem Wasserrecycling angefangen hat, haben wir erst mal nur für die Toilettenspülung betrachtet. Dann haben wir gesehen, dass die Akzeptanz langsam wächst. Dann haben wir viele Untersuchungen an der Uni gemacht und haben gezeigt, dass es auch zum Waschen genauso gut ist. Man konnte eigentlich keinen Unterschied erkennen, ob die jetzt mit Trinkwasser gewaschen wurde oder mit dem Betriebswasser, was ja</p>

<p>I+H</p>	<p>dann auch schon sehr hochwertige Qualität hat. Danach haben wir das auch für die Nahrungsmittelproduktion genommen. Haben damit Gemüse angebaut und Fischzucht damit gemacht. Aber eventuell gibt es ja immer noch den Gesetzgeber, der das noch nicht vorgesehen hat. Und auch so was kann man ja ändern, wenn man irgendwie gezeigt hat, dass das langfristig funktioniert. Aber das ist denke ich mal auch die Zeitachse, die dann da steht und die Erfahrungen, die man gewonnen hat. Im Moment würde ich das nicht machen zum Duschen.</p>
<p>P+N</p>	<p>Okay. Wird es vielleicht in naher Zukunft gesetzliche Änderungen geben? Zu dieser Bedingung, dass zwei Anschlüsse vorliegen. Dass es da gesetzliche Änderungen gibt oder wissen Sie, dass es dahingehend Ambitionen gibt?</p>
<p>I+H</p>	<p>Definitiv. Also einfach Geduld haben und weiterführen?</p>
<p>P+N</p>	<p>Also wir fordern das eigentlich seit 30 Jahren. Legen wir das den Politikern und sonst was nach. Aber an die Bauordnung wollte bislang noch keiner so richtig ran, weil man gesagt hat, Deutschland hat Wasser im Überfluss und das brauchen wir alles nicht. Das ändert sich ja gerade. Und wir werden auch weiterhin darauf drängen, dass das zweite Leitungsnetz - getrennte Grauwassererfassung und Betriebswassernutzung - sollte eigentlich in die Bauordnung mit rein. Und auch gerade mit dem Nährstoffrecycling und Energierückgewinnung macht es schon Sinn. Also das ist so. Bei den festen Abfällen haben wir es ja auch. Wir schmeißen ja nicht nur Papier, Kompost und auch ein Glas in eine Tonne. Weil wenn man das macht, kann man nicht mehr recyceln. Also keiner will den Kompost haben, wenn da Glas drin ist, keiner will das Papier haben, wenn da Kompost drin ist. Wir müssen also im Gebäude anfangen zu trennen. Und in dem Augenblick, wo wir anfangen zu trennen, haben wir eine ganze Menge Chancen, da diese Kreislaufwirtschaft ein Stück voranzubringen.</p>
<p>I+H</p>	<p>Die Politiker zu überzeugen ist sehr schwer heute. Sie müssen einfach die Macht des Faktischen nehmen, muss einfach bauen. Und wenn das nicht verboten ist, müssen wir bauen und zeigen, wie es funktioniert. Und dann haben wir vielleicht eine Chance.</p>
<p>I+H</p>	<p>Gut, vielleicht jetzt noch mal zur Wärmerückgewinnung. Also wenn man das aufbereitete Grauwasser hat, dann ja, wie gesagt, die Wärmerückgewinnung. Wir haben uns das angeschaut und auch größtenteils verstanden. Wir hatten eine Verständnisfrage, diese zurückgewonnen Energie. Wie wird es also auf das Trinkwasser direkt übertragen? [...]</p>
<p>P+N</p>	<p>Es gibt zwei Möglichkeiten. Entweder man arbeitet mit Wärmepumpe oder ohne Wärmepumpe. Wenn man jetzt ohne Wärmepumpe arbeitet, kann man nicht so viel Wärme zurückgewinnen wie mit Wärmepumpe. Aber man braucht fast keine Energie oder nur ganz wenig Energie, um doch einen ganz beachtlichen Teil von Wärme zu gewinnen. Also entweder das Grauwasser, so wie es gerade reinkommt, an höherer Stelle läuft, über einen Wärmetauscher und die Wärme, die wir aus dem Grauwasser gewonnen haben, wird in einem Pufferspeicher eingespeichert. An dem Projekt mit dem studentischen Wohnen haben wir zwei Wärmetauscher, einen Anfang, um die hohen Temperaturen, die höheren Temperaturen zu ernten. Weil die um etwas über 30 Grad, reinkommt. Und ganz zum Schluss haben wir noch mal einen Wärmetauscher, einen Plattenwärmetauscher. Da wird die Restwärme rausgenommen, die vorne in der ersten Stufe lagern wir oben rein, die andere Wärme lagern wir unten rein. Und dann ist da nachher eine Schlange - ein Wärmetauscher, wieder ein Rohr. Durch den läuft das kalte Trinkwasser durch und das wird dann von unten nach oben immer weiter erwärmt, sodass es dann fast die Temperatur erreicht, die die oberste Schicht hat. Also das warme Wasser ist immer oben, weil es leichter</p>

	<p>ist als das kalte. Das kalte Trinkwasser kommt dann jetzt im Moment mit zehn Grad rein und geht dann mit 20 bis 25 Grad raus aus diesem Pufferbehälter. Wo der Wärmetauscher drin ist. Und dann müssen wir nicht mehr von zehn auf 60 erwärmen, sondern wir erwärmen dann von 20 oder 25 auf 60. Das ist dann die Wärmerückgewinnung ohne Wärmepumpe. Wenn man das mit Wärmepumpe macht, braucht man einiges mehr an Strom. Aber man kann dann das Wasser dann nicht nur auf 20 25 Grad erhitzen. Sondern auch 35 mal 40.</p>
I+H	<p>Von der Wärmepumpe geht das direkt auf das Trinkwasser?</p>
P+N	<p>Es komme darauf an, wie viel Wärme man ernten kann. Wir müssen nach der Trinkwasserverordnung oder nach den gesetzlichen Regelungen bei der zentralen Warmwasserbereitung immer über 60 Grad kommen. Wenn das dann nicht reicht, wird diese noch mal entweder über eine Wärmepumpe, die so hoch geht oder aber was bislang eher der Fall war, dass man die letzten Grad noch mit einer Gastherme erhitzt. [...]</p>
I+H	<p>Ja, wir haben gelesen, dass man dann ungefähr an der Stelle, um das Trinkwasser zu erwärmen, dass man durch diese Wärmerückgewinnung etwa 25 % der Energie für die Erhitzung einsparen kann.</p>
P+N	<p>Wo man drauf achten soll: Das, was man auf dem Weg zur Anlage verloren hat, kann man nicht mehr zurückgewinnen. Das heißt, man sollte noch sehen, dass die Rohre dann nicht durch ein ganz kaltes Umfeld laufen oder dass die isoliert sind, und dass man Rohre hat, die wenig Wärme abgeben. Und dann ist die Ausbeute größer.</p>
I+H	<p>Und so ganz grob die Einschätzung, so eine Wärmerückgewinnung ist in jedem Fall lohnend, auch wenn man diese Wärmepumpe natürlich auch Energie einsetzen muss?</p>
P+N	<p>Das hat sich ja auch gerade geändert. Auf unserer Internetseite gibt es auch das [...] Praxisbeispiel. Da haben wir dann in der Anlage, also mit den damaligen Preisen, so im Jahr 5.000 € für Wasser eingespart und 1.000 € für Wärme. Mit Wärme hat man damals nicht so viel eingespart, aber jetzt sind gerade die Gaspreise durch die Decke gegangen. Insofern wird das noch nochmal anders bewertet. Das spielt uns natürlich im positiven Sinne zu. Und das andere ist, wir wollen CO2 frei werden und dann müssen wir schon was machen. Und ich glaube, das ist ein relativ einfacher Weg im Vergleich zu anderen Möglichkeiten, die man hat, um den CO2 Footprint zu reduzieren. Und natürlich auch das Gebäude noch mehr einpacken mit Dämmung. Dann müssen Sie umweltschädliches Styropor verwenden. Da haben Sie ein Entsorgungsproblem. Und durch das Abwasserrohr geht, gerade wenn man schon gut gedämmt hat, geht eigentlich mehr Energie in die Umwelt rein als durch mehrere 1000 Quadratmeter Gebäudehülle. Wenn das schon gut gedämmt ist. Insofern ist es eigentlich völlig falsch, wenn man das mit dem Abwasser nicht entsprechend berücksichtigt.</p>
I+H	<p>Sie hatten jetzt davon geredet, dass man die Rohre auch dämmt. Das ist ein normaler Prozess?</p>
P+N	<p>Früher, bzw teilweise noch heute, nimmt man Gusrohre, die im Haus verlegt werden, meistens rot angemalt. Die geben dann schon einiges an Wärme an die Umgebung ab, weil das Gus gut leitet. Wenn man jetzt Kunststoff nimmt, das ist da circa um den Faktor 100 [...]. Aber Kunststoff leitet die Wärme deutlich schlechter. [...] Der Vorteil der Gusrohre war, dass die Geräusch bindend sind. Und mittlerweile gibt es</p>

	Kunststoffrohre, die genauso gut sind. Was Geräuschdämpfung betrifft, die aber viel viel besser sind. Die lassen sich einfacher verarbeiten und geben auch weniger Wärme ab.
I+H	Wir hatten ja diese Schritte. In dem vierten Schritt war dann auch eine dezentrale Kläranlage vorgesehen für das Hospital als Hotspot. Wir haben jetzt schon verschiedene Meinungen zu dezentralen Kläranlagen gehört. Wir haben gehört, dass das eigentlich schon sehr sinnvoll ist. Besonders für Hotspotregionen wie Krankenhäuser oder Altenheime. Da wollten wir Ihre Meinung einmal zu hören, wie sich das, wenn man in Kreisläufen denkt und Aufbereitung, wie weit sich das von einer zentralen Kläranlage abhebt und auch Vorteile hat.
P+N	Vor Jahren war es schon so, dass ein Großteil der Wasserversorgung aus der Nordheide kommt. Und damals waren die Leute auch nicht so glücklich darüber, dass die Städte sich da so aus dem Umland bedienen. Und da muss man immer fragen, welche Möglichkeit hat man denn in der Stadt? Also noch mehr Wasser da weg pumpen, da wird die Bevölkerung nicht mitmachen. Also muss man sehen, mit seinen eigenen Ressourcen klarzukommen. Und wenn man jetzt an Richtung Wirtschaftlichkeit denkt [...] früher hat man das so gesehen, dass man das allein mit den Einsparungen vergleicht. Wie man jetzt weniger Trinkwasser und weniger Abwasser bezahlt. Aber eigentlich muss man die Rechnung schon noch weiter machen. Also auch zu gucken, was spart sich eigentlich der Wasserversorger ein? Weil die Wasserversorger haben das Problem, dass gerade die Spitzenlast, also im Sommer, wenn dann noch mal bewässert wird. Oder aber das typische Beispiel Fußballweltmeisterschaft in der Pause, wo viele Menschen auf Klo gehen und dann bricht die ganze Wasserversorgung zusammen, weil die Pumpen dann nicht mehr funktionieren. Und wenn Sie jetzt dezentrale Systeme haben, merkt, dann hat das überhaupt keine Rückwirkungen auf das andere System. Also die sparen sich da auch was ein. Und für das Gesamtsystem, die Energie, die wir jetzt hier für das dezentrale System aufgebracht haben, müssen die dort nicht mehr machen. Und wenn wir die Wärme noch zurückgewonnen haben, haben wir sogar ein energiepositives System. Da muss man mal ein bisschen genauer rechnen. Also nicht nur Trink- und Abwasserkosten.
I+H	Ich hab grad gesehen, ich habe eine Frage zu der Wärmerückgewinnung, die sehr wichtig ist, einfach vergessen. Und zwar wie werden Wärmebedarfsspitzen abgedeckt?
P+N	Wir haben einen Puffer, einen großen Wasserbehälter, in dem die Wärme eingelagert wird. Und die Schlange und der Wärmetauscher, die gehen dadurch. Und der muss dann entsprechend groß sein.
I+H	Okay.
P+N	Bei dem Projekt mit den Studente fällt mehr Grauwasser an, als sie tatsächlich für die Toilettenspülung brauchen. Früher haben wir eigentlich immer nur so viel Wasser aufbereitet, wie nach hinten auch gebraucht wird, weil die Aufbereitung natürlich auch Energiekosten kostet. Wenn ich jetzt aber sehe, dass ich, wenn ich das Wasser in die Anlage nicht ableitet, das, was ich nicht brauche, sondern trotzdem noch durch die Anlage durchdringe, auch wenn ich es reinige, dadurch mehr Energiegewinn habe, macht das auch Sinn, noch mehr Wasser zu reinigen als ich überhaupt brauche. Wir werden das ein bisschen erweitern, so dass wir noch mehr Wärme zurückhalten können. Es fällt ja mehr Grauwasser an als ich Warmwasser [...], weil das Wasser ja

	nicht mit 60 Grad gebraucht wird, sondern auf 40 Grad beim duschen ausbalanciert sein wird.
I+H	Sie hatten das noch mal angesprochen. Manchmal wird einfach auch mehr Grauwasser aufbereitet, als wirklich gebraucht wird für die Toilettenspülung. Was wird mit dem restlichen Grauwasser gemacht? Wo wird das hingeleitet?
P+N	Wenn man das dann in den Untergrund versickern will braucht man eine rechtliche Genehmigung. Das kann man nicht so einfach machen. Wir finden es gut, wenn man das für die Bewässerung nimm, Fassadenbegrünung oder aber auch wenn teilweise kleine Schilfbeete im Garten sind. Schilf verdunstet sehr viel Wasser. Unsere Städte sind in der Regel überhitzt, durch die Verdunstung von Wasser schafft man ein besseres Wohnumfeld. [...] Das Schilf hat eine große Blattoberfläche. Mit dem Schilf kann man pro Quadratmeter Schilffläche in den Sommertagen mehr als 20 Liter auf einen Quadratmeter verdunsten. Das eine ganze Menge.
I+H	Okay.
P+N	Wenn man das auf die Grundfläche trifft, verdunstet das Schilf mehr als Bäume.
I+H	[...] Welche Schritte sind notwendig, um das Abwassermanagement nach dem Stand der Technik, so nachhaltig wie möglich zu gestalten? [...]
P+N	Man muss immer unterscheiden, ob man jetzt in der Stadt, im Innenstadtbereich ist oder in den Außenbereichen, wo wir Einfamilienhäuser haben. Man kann im Prinzip mit ein bisschen Technik aus dem Regenwasser Trinkwasserqualität machen. Wenn man sich die Kosten anschaut, dann sind im ganzen Wassersektor die größten Kosten die Leitungen die in die Straßen verlegt werden sollen. Und wenn man jetzt Neubaugebiet, da muss man immer gucken, wenn man auf diese Infrastruktur in den Straßen drauf verzichten kann, auf diese langen Wege. Da kann man sehr viel Geld einsparen. Wir können je nachdem, wie viel Dachfläche man zur Verfügung hat, also sagen wir in einem mehrgeschossigen Wohnungsbau hat man pro Person anteilig weniger Dachfläche zur Verfügung. Dann reicht es eventuell mit dem Regenwasser nicht aus. Grauwasser ist eine kontinuierliche Quelle. Fällt jeden Tag neu an. Man könnte im Prinzip das Regenwasser zu Trinkwasser aufbereiten. Dafür brauche ich fünf, sechs Liter. Irgendwann mal in der Zukunft, kommen wir auf das, was Sie ja schon angesprochen haben, dass man das Grauwasser, das Betriebswasser auch zum Duschen nehmen kann. Dann haben wir schon mal gar nicht mehr diese Querverbindung, weil wir das nur noch haben. Und die Fäkalien beispielsweise über Trenntoiletten oder auch über sehr wassersparende Maßnahmen. Die werden getrennt gesammelt und dann gehen die Fäkalien nicht in eine Kläranlage, sondern gehen direkt in die Düngemittelfabrik, werden da dann gesondert behandelt und dann haben wir diese Kreislaufwirtschaft und das ist alles machbar. Das muss man einfach mal in die Praxis umsetzen, ein vernünftiges Monitoring machen, sehen, wo kann man vielleicht beim nächsten Mal noch mal ein bisschen besser werden und sich das entwickeln? Man muss es wollen. Das ist eigentlich der Punkt.
I+H	Wo sind Ihrer Meinung nach die Herausforderungen, um das in die Praxis umzusetzen?
P+N	Das sind die Lobbyisten, also die Leute, die in diesem Sektor ihr Geld verdienen. Die wollen das sie ihre Produkte auf Ewigkeit so weiterverkaufen können und dass alles so bleibt. Ich weiß nicht, wie das in Hamburg ist, aber in Berlin ist es so, dass die Berliner Wasserbetriebe jedes Jahr einen Überschuss von 200 Millionen € haben.

	<p>Unsere Forderung ist, dass dieses Geld, dieser Überschuss, nicht im kommunalen Haushalt verschwindet. Da gibt es überall Begehrlichkeiten, für Bildung, für Verkehr, für Abfall oder sonst was. Alle wollen dieses Geld haben. Und die Politiker, die sagen "Never touch a running system". Also dieses Wasserthema ist noch nicht so gut bekannt, war nicht so vertreten, weil letzten Endes haben die uns ja auch über Jahrzehnte eingebläut Deutschland ist ein wasserreiches Land, das braucht man alles nicht. Und ich selbst habe auch die Erfahrung gemacht, schlechte Erfahrungen mit den Lobbyisten gemacht. Beispielsweise der BDEW. Können Sie auch mal googeln. Wenn Sie BDEW, Grauwasser und Mittelalter eingeben. Die haben dann 2017 zum Weltwassertag eine Pressemitteilung mit der Überschrift gemacht "Das Grauwassercycling ist ein Schritt zurück ins Mittelalter." Und würden Sie eingeben: "Berliner verschwendet mehr Wasser" [...] Das war bislang gang und gebe. Mittlerweile ändert sich das mal, wenn Sie gucken von dem Potsdamer Institut für Klimaforschung. Die haben das jetzt erkannt, dass ein anderer Umgang mit Wasser wichtig ist. Wir brauchen mehr Bodenfeuchte, die Stadtbäume leiden, die brechen zusammen, weil die kein Wasser mehr haben. Und gerade die alten Bäume sind die wichtigen, weil die sehr viel CO2 fixieren, viel Wasser verdunsten, die spenden Schatten. Wir müssen wirklich sehen, dass wir die Bestände an Grünflächen gut bewirtschaften und die brauchen alle Wasser. Ich bin im Sommer mit einem Infrarotthermometer durch den Park. Und dann sieht man, da wo es ein bisschen grün ist, haben wir bei praller Sonne 25 Grad Oberflächentemperatur gehabt. Und da, wo der Rasen verbrannt ist oder die blanke Erde sieht, da habe ich Oberflächentemperatur von über 50 Grad. In dem Park fühlt sich keiner wohl. Und einige Leute überlegen zu sagen: "Ja, wir müssen gucken, dass wir hier in unseren Parks Pflanzen haben, die mit wenig Wasser auskommen." Ich meine, das ist nicht der richtige Weg. Wir müssen sehen, dass wir viel verdunsten, dass wir viel kühlen. Und dafür brauchen wir Wasser. Und dieses Wasser werden wir nicht in unbegrenzter Menge aus dem Grundwasser entnehmen können, sondern dafür müssen wir das Wasser recyceln. Und die EU hat eigentlich auch schon den Weg aufgezeigt, nämlich die Verwendung von Abwasser. Die haben Qualitätsanforderungen für die Wiederverwendung von Abwasser aufgestellt. Das ist eine Verordnung aus dem Jahr 2020, die dieses Jahr in nationales Recht umgesetzt werden soll. Die Deutschen finden das alles nicht so gut, aber sie müssen es machen. Und das ist schon der richtige Weg. Und die EU Linie sagt dann auch nicht nur für Gewässer, sondern auch für andere Zwecke. Das muss jetzt alles ausgestaltet werden. So normale Kläranlagen kann man durchaus ertüchtigen, indem man da noch eine Stufe, wie zum Beispiel so ein Wirbelbett, nach schaltet. Und dann kann auch die Wasserqualität viel besser sein, so dass man das verwenden kann. Mittlerweile kümmern die sich ja in der Regel nicht um, beispielsweise die Hygiene. Beispielsweise darf nach der Trinkwasserverordnung in 100ml kein einziger e.coli drin sein. Nach der EU-Richtlinie für Badegewässer dürfen 100 Milliliter so fast 1000 drin sein. Wir sind mit unserem Betriebswasser bei irgendwas zwischen null und zehn. Könnten null hinbekommen. Da aber ist der Aufwand zu groß. Es war nicht erforderlich. Und so eine Kläranlage, was da rauskommt ist nicht null, das ist nicht zehn. Das ist auch nicht tausend, das ist eher 100.000. Und da muss man ein bisschen mehr machen, da, wo man nicht dezentral gearbeitet hat, um das Wasser dann wieder zurück auf die Felder zu bringen, zusammen mit den Nährstoffen, das muss das Ziel sein.</p> <p>I+H Ja, definitiv. Genau das ist auch unsere Ambition, dass die Leute im Hospital eine eigene Verantwortung sehen, dass Abwasser so schadstofffrei wie möglich abzuleiten.</p> <p>P+N Nein, ich würde sagen, dass die das Abwasser wirklich als Ressource anerkennen.</p>
--	--

<p>I+H</p>	<p>[...] Haben Sie vielleicht noch weiteren Input oder weitere Ideen? Jetzt auf das Hospital bezogen? Was konkret an diesem Ort für Abwasser noch gemacht werden kann?</p>
<p>P+N</p>	<p>Ich denke, wir haben das eigentlich angesprochen. Also wir haben jetzt die Erfahrung gemacht, die Anlagen müssen professionell betreut werden. Und gerade über Digitalisierung mit entsprechender Messtechnik kann man den Wartungsaufwand sehr reduzieren. Und das ist ein wichtiger Punkt. Vor 20 Jahren, als wir die ersten Anlagen gebaut haben, da haben wir bestimmte Sachen noch gar nicht zur Verfügung gehabt. Jetzt kann ich von meinem Laptop oder auch von meinem Handy die Anlage steuern. Ich weiß zu jedem Zeitpunkt Bescheid, was in der Anlage passiert oder nicht passiert. Und wenn irgendwas anders ist als geplant, kann ich beispielsweise über eine Email eine Message und muss dann entscheiden, ob ich da jetzt hinfahren muss. Und dadurch spart man dann eine ganze Menge Geld.</p>
<p>I+H</p>	<p>Also Sie betreuen auch die Anlagen?</p>
<p>P+N</p>	<p>Das ist zumindest das, was wir hier für Berlin planen. Wir haben keine Lust, da kreuz und quer durch die Republik zu fahren. Aber alles was hier in unserem Kreis ist, das wir dann auch von uns gewartet und betreut. Da muss man immer mitdenken. Da sind wir wieder am Anfang. Energiekosten, Wartung und Betrieb sind ganz wichtig. Technik ist eine Sache. Gute Wasserqualität ist die Voraussetzung. Aber es muss einfach und nachhaltig sein. Die Anlagen sollen lange leben.</p>
<p><u>Alle Interviewenden</u></p>	<p>Abschluss</p>

3. INTERVIEWTRANSKRIPT, PAPSCH

Interviewtranskription

<u>Datum:</u> 29.11.2022	<u>Uhrzeit:</u> 15:00 Uhr
<u>Interviewende:</u> I+H = Hjördis I+E = Emma	<u>Interviewpartner*innen</u> P+P = Klaus Papsch
<u>Einverständnis zur Aufnahme/Dokumentation</u> Ja <u>Verantwortlich für die Aufnahme:</u> Emma	<u>Kontakt Interviewte</u> E-Mail: papsch@hzhg.de <u>Anonymisierung im Bericht? Wünsche zur Dokumentation des Kontakts?</u> Ja, namentliche Erwähnung ist erlaubt.
<u>Adresse/Ort des Interviews:</u> Hospital zum Heiligen Geist	<u>Ggf. Besonderheiten:</u> Interesse an Endbericht Evtl. Nachfragen zu bst. Fragen, die nicht geklärt werden konnten

<u>Alle Interviewenden</u>	Vorstellung der Interviewenden und des Projekts
I+H	Wie sieht Ihre Rolle im Hospital aus als Bauherrenvertreter?
P+P	Seit drei Jahren in der Rolle als Bauherrenvertreter und Geländeentwicklung geschlüpft. Das ist ein Schnittpunkt zwischen Hospital, externen Architekten, Ingenieuren, Fachplanern und versuche quasi die Wünsche und Anliegen des Hospitals den externen Planern verständlich zu machen, sodass das entsprechend umgesetzt wird.
I+H	Wie hat das angefangen? Wenn man sich das so vorstellt: Ein Neubau wird geplant, Sie sind der Ansprechpartner für alle extern und intern.
P+P	Die Vorstände sind genauso mit Ansprechpartner. Die Erfahrung, die wir letztendlich gemacht haben: Wir haben relativ schlank angefangen. Unser Gebäude Pfingstrose ist ja auch schon ein Neubau. Der wurde vor sechs Jahren fertiggestellt. Das hat damals der Vorstand, da war noch ein anderer Vorstandsvorsitzender, die haben das damals beauftragt, und ein Generalübernehmer. Das ist ja inklusive Planung. D.h. da hatte man das gar nicht groß ausgeschrieben. Man kannte die Firma, man wusste das funktioniert. Man hat dann über deren Preise und Plausibilitätsprüfungen festgestellt, die Preise sind in Ordnung und dann hat man die beauftragt. Und dann haben die einfach ein Haus geplant, so wie sie es immer bauen. Wohnen mit Service war das. Das ist auch gut angekommen. Mit der Firma kann man auch sehr gut arbeiten. Dann haben die als nächstes einen Auftrag bekommen, unser Haus Grevenau, das ist hier jetzt nicht drauf. [...] Da hat man denen auch gesagt, baut uns nochmal so ein Haus,

	<p>gleicher Standard. Was aber eigentlich nicht so funktioniert. Und wir haben festgestellt, dass das schwierig ist. Das Haus 6 hat man ähnlich gebaut, was eigentlich dazu führt, dass unsere eigenen Vorstellungen, unsere eigenen Wünsche gar nicht so richtig berücksichtigt werden. Das Gleiche ist jetzt auch in diesem Gebäude [...]. Hier haben wir gesagt, dass müssen wir anders angehen. Das sind tatsächlich Architekten und Fachplaner, das läuft nicht über den GÜ, weil es dann auch irgendwann schwierig wird mit Vergaberichtlinien und Vergaben, wenn das immer in die gleichen Kreise geht, ohne klare Ausschreibung. Aber auch da ist es schwierig, weil wir im Rahmen dieser ganzen Geschichten vorher für uns keine Lastenhefte erstellt haben, aus denen hervorgeht, was wir eigentlich erwarten und wollen. Wir haben uns immer sehr stark angelehnt, an das, was uns angeboten wurde. Das ist natürlich nicht der richtige Weg. Wir werden jetzt bei diesen Gebäuden hinten für uns Lastenhefte aufstellen, wo wir für uns ganz klar ausformulieren, was wir wollen und uns vorstellen. Welche Räume, welche Qualitäten, wie das alles aussehen soll. Und werden dann, zumindest für den Bereich hier oben, einen GÜ holen, der dann auch planen kann und auch eine beschränkte Ausschreibung, mit vielleicht zwei bis fünf GÜS. Wissen wir noch nicht. Aber dann in die Richtung, dass wir sagen, was wir haben wollen. Das merkt man dann doch im Nachhinein, dass das dann schwierig wird, wenn man dann ständig mit Mehr- und Minderkosten und Nachträgen agieren muss.</p>
I+H	<p>Und jetzt bei den Gebäuden, die der GÜ oder auch die Fachplaner, Architekten geplant haben, Sie haben von einem bestimmten Standard geredet. Worauf war der Standard gelegt? Weil es gibt ja diese Fördermittel, für die wir quasi auch arbeiten, forschen und neue Standards herausfinden wollen, wurde das in der Planung schon berücksichtigt?</p>
P+P	<p>Das wurde berücksichtigt. Das war hier damals KFW70, KFW 40 Standard. Die hat man schon versucht, soweit einzuhalten. Aber letztendlich [zeigt: hierfür gab es Fördermittel, hierfür auch noch. Pro Wohnung und pro Pflegeplatz. Hier gibt es im Moment keine.] Die Maßnahmen sind ausgelaufen. Es sei denn, bis der Bauantrag gestellt wird, gibt es dann wieder irgendwelche Programme. Aber was dann gefordert wird an Energiestandards wissen wir nicht. Also im Prinzip ist der Energiestandard 40 wird dann zur Regel und Zuschüsse gibt es nur noch, wenn es noch besser ist. Aber irgendwann rechnet es sich dann auch nicht mehr. Das Thema ist dann ja auch immer die Wirtschaftlichkeit.</p>
I+H	<p>Es wird sich bei der aktuellen Planung an den Vorgaben vom Bund und der Stadt Hamburg entlang gehandelt?</p>
P+P	<p>Ja. Und irgendwelchen ganz neuen und innovativen Ideen, so wie hier [zeigt auf unser Expose] das eigentlich überhaupt noch nicht.</p>
I+H	<p>Diese Fördermittel, von denen auch Hr. Müller gesprochen hat, diese 300.000 Euro vom Bundesministerium, die sind ja genau dafür, um so innovative Dinge mit in die Planung einzubringen. Und dafür auch die Mittel zu haben, um sich damit auch beschäftigen zu können, wenn wir das denn richtig verstanden haben. Da wollten wir auch fragen, wofür sind die genau? Sind die für konkrete Gebäude gedacht oder sind</p>

	die wirklich für diese Ausstellung?
P+P	Wenn ich ehrlich bin weiß ich das gar nicht genau.
I+H	Achso. Ein wenig hat er uns schon dazu erzählt. Sie haben nur eben von bestimmten Förderungen von einigen Häusern erzählt, deswegen hab ich mich gefragt, ob das auch damit zusammenhängt.
P+P	Wir haben in dem Haus "SmartHome" und ARL Systeme. Dafür gab es Fördermittel. Die sind auch teilweise verbaut in den Häusern. Das ist aber soweit auch erledigt.
I+H	Jetzt nochmal generell zu dem Wettbewerb. Wir haben gehört, dass es ursprünglich auch zwei Architekturbüros gab. Und da haben wir uns gefragt, wie dieser Wettbewerb abgelaufen ist. Warum wurde sich für diesen Masterplan entschieden, welche Qualitäten hat das Hospital da herausgestellt. Vor allem auf die Grünraumplanung bezogen.
P+P	Das war im Jahr 2016/17. Das war ein Wettbewerb mit fünf Architekturbüros für diesen Masterplan oder diesen Bebauungsplan. Die Entscheider, das war ein Gremium aus Vorstand, von unserem Verwaltungsrat, aber auch aus der Politik - Bezirk und Stadtentwicklung. Die waren alle beteiligt. Da hat man sich dann irgendwann zu entschieden, dieses Modell mit viel Grün und Park zu realisieren.
I+H	Das war quasi auch das ausschlaggebende Kriterium, dass die Grünraumplanung im Fokus stand?
P+P	Ja.
I+H	Da hatten wir generell auch nochmal eine Frage, ob Sie vielleicht da einen konkreten Ansprechpartner von WRS Architekten haben für das Projekt?
P+P	Unser Hauptansprechpartner ist der Hr. Röhr-Kramer (?). Das ist einer der Partner. [...] Und eine der Architektinnen ist Fr. Hildebrandt, die das mitbearbeitet.
I+H	Wir würden natürlich gerne die Planung, so wie sie jetzt besteht, mit einbeziehen. Damit das ganze realistisch wird. Könnten wir den Kontakt über Sie herstellen [...]?
P+P	Natürlich. Das macht auch Sinn. Es gibt als Anlage zum Bebauungsplan einen Gestaltungsleitfaden, in dem drin steht, wie die Fassaden aussehen sollen. Das ist alles in der Abstimmung mit denen.
I+H	Der Bebauungsplan ist noch nicht öffentlich?
P+P	Nein. Es gibt auch immer einen städtebaulichen Vertrag, der noch in der Abstimmung ist. Da geht es um Details. Dann gibt es hier die Anlagen. Und das ist der Gestaltungsleitfaden. Der wird dann auch öffentlich sein. [...]
I+H	Nochmal zur Grünraumgestaltung. Ich weiß nicht, inwieweit Sie sich da konkret auskennen. Aber hier sieht man ja Qualitäten wie Wasser, ich weiß gar nicht genau,

	<p>was das darstellen soll.</p>
P+P	<p>Das sind so kleinere Innenhöfe oder so Themengärten. Das ist auch in dem Gestaltungsleitfaden beschrieben.</p>
I+H	<p>Wir wollen uns auch ein bisschen damit beschäftigen, wie Grünraum Begegnung fördern kann. Jetzt nicht nur innerhalb des Hospitals, sondern auch ein bisschen nach außen. Weil es ja eine große Fläche ist, die ins Quartier einwirkt. Die man theoretisch, was bei Altersheimen immer ein Problem ist, dass es öffentlich zugänglich ist, aber trotzdem auch öffnet. Was da für Qualitäten vorliegen, die das fördern könnten?</p>
P+P	<p>Die Fläche soll geöffnet werden. Die ist ja auch jetzt schon offen. Hier können auch Bewohner aus der Nachbarschaft spazieren gehen. Letztendlich ist hier in dem Gebäude () geplant, in dem Gebäude unten eine Begegnungsstätte zu schaffen. Da kann Hr. Müller mehr zu sagen. Dann wird es auch hier in dem nächsten Bauabschnitt () einen Nahversorger über 800 qm geben. Was auch das gesamte Umfeld hier nachfragt. Hier werden auch andere Geschäfte drin sein, Dienstleistungen. Und dann wird es hier eine Art Marktplatz geben. Wir haben heute unseren Festsaal, der von der Hennebergbühne bespielt wird. [...] Nachher wird dieser Festsaal, mit bis zu 250 Personen, hier vorne sein. Hier soll ein Festsaal mit Außenbühne und Einkaufsgelände usw. geschaffen werden, um Leben zu schaffen.</p>
I+H	<p>Wir hatten am Anfang mal mit Hr. Müller geredet, dass die Straße hier eine Autostraße ist und auch relativ viel zum Parken benutzt wird [...], aber dass von hier hinten eine Veloroute kommt. Uns wurde gesagt, dass die Planung schon soweit abgeschlossen ist. Dass das eine Autostraße bleibt.</p>
P+P	<p>Das ist auch von der Verkehrsbehörde und Polizei besprochen. Die würden sie auch gerne weiter ausbauen, dass sie breiter wird. Das wollen wir nicht. Und Parkstände und Wendehammer. Das ist hier hinten. Ab da geht nur noch eine Stichstraße weiter. Der Plan selbst sieht momentan vor, dass wir hier vier Tiefgaragen bauen. [zeigt] Hier ist gerade eine im Bau. Die hat um die 70 Plätze, die sind für die Bewohner hier [zeigt]. Ob man die noch vermieten kann, muss man auch mal schauen, weil wir haben die Tiefgaragenplätze bisher immer zu günstig vermietet. Wenn man wirtschaftlich da ran geht, dann weiß ich nicht, ob da die Nachfrage noch so groß ist. Wobei die Bewohner, die hier bei uns einziehen, i.d.R. nicht die ärmsten sind, das muss man auch dazu sagen. Auf der anderen Seite haben wir die Feststellung gemacht, dass sowohl hier Pflingstrose [zeigt] und Grevenau, die ziehen hier ein, haben teilweise noch zwei Autos und nach zwei Jahren haben sie gar kein Auto mehr. Das wird dann abgebaut. Wir haben hier auch [zeigt], neben der Vorschrift, dass wir zehn Prozent der Autoparkplätze mit Ladestationen ausstatten müssen und nach den neuesten Regeln auch vieles mit Fahrrad-/ Lastenfahrradstellplätze schaffen müssen, hatten wir aber, muss ich dazu sagen, aus eigenem Antrieb vorher schon geplant. Die Vorschrift ist ja jetzt geändert worden. Aber wir hatten vorher schon entsprechend viele Fahrradstellplätze geplant, weil wir festgestellt haben, gerade im Bereich "Wohnen mit Service" pro Bewohner ein Fahrrad ist eigentlich die Regel und werden auch genutzt.</p>

I+H	Das wollte ich auch gerade fragen. Die Leute, die hier wohnen, sind auch noch in der Lage Fahrrad zu fahren?
P+P	[...] Ja. Was wir auch haben ist hier in der Tiefgarage, das war so ein Plan. Ich hab das jetzt ein paar Mal angestoßen. Ich habe aber keine klare Entscheidung, ob das gemacht wird oder nicht. [...] Dass wir aus meiner Sicht in dieser Tiefgarage so zwei oder drei Carsharing Autos vorhalten sollten, die wir dann über diese digitalen Systeme anbieten, sodass man die dann reservieren kann. Sodass man letztendlich von da zum Einkaufen fahren kann. Dass man das Auto auf eine bestimmte Weise nutzen kann. Oder auch, dass wir sagen wir haben zwei Parkplätze, die kann man nur tageweise mieten. Weil es durchaus Bewohner gibt, die sagen, sie haben kein Auto, haben noch ein Wohnmobil. Das steht woanders oder wenn sie in den Urlaub fahren, dann mieten sie sich ein Auto. Dann wollen die aber mal beladen oder zumindest die letzte Nacht das Auto da stehen haben. Oder wenn sie am Wochenende mal Besuch von der Familie aus Süddeutschland [...], dann können die sagen, wenn das frei ist, dann buchen die den Parkplatz für 15 Euro am Tag oder wie auch immer. [...] Solche Angebote müssen wir aus meiner Sicht anbieten. Entweder Kooperationen oder tatsächlich eigene Autos. Wenn wir sagen, wir stellen drei kleine Elektroautos da hin, die kann man sich dann auch mieten.
I+H	Vielleicht nochmal eine generelle Einschätzung zu der neuen Planung. Wir haben ja jetzt schon über die Energiestandards geredet, die jetzt von der Stadt eingehalten werden. Und Sie haben schon darüber geredet, dass Sie für die nächsten Häuser hier gerne im Vorhinein Anforderungen stellen wollen. Und da habe ich mich gerade auch gefragt, wie diese Anforderungen genau aussehen sollen, bezogen auf Nachhaltigkeitskriterien. Wie vielleicht auch weitergedacht, können nicht nur Energieeffizienzvorschriften eingehalten werden können. Ganz offen gestellt jetzt erstmal. Stehen da schon ein paar Sachen fest?
P+P	Nein, die stehen noch nicht fest. Aber wir versuchen möglichst viele Erkenntnisse mal einfließen zu lassen. Auch wohl wissend, dass das ein oder andere in der Erstellung etwas teurer wird. Aber es kann ja in der Unterhaltung, Pflege, Rückbau viel günstiger sein. So "Life-Cycle-Cruise" (?). Die muss man hier alle mit berücksichtigen. Da sind wir bis jetzt noch nicht so wirklich stark drin. Wenn man dann doch, wie es bei den meisten Unternehmen so ist, dann auf die Finanzierungskosten und auf die Herstellungskosten guckt und dann sagt, der Rest ist dann "für später". Das ist dann nicht unbedingt der richtige Weg.
I+H	Klar. Aber wenn man jetzt schon sagt, es ist schwer die Gebäude zu finanzieren und da dann noch höhere Standards, ist das dann noch realistisch aus finanzieller Sicht, da überhaupt [...]. Es gibt natürlich auch günstigere nachhaltige Technologien. Die, die wir uns rausgesucht haben, haben meist gar nicht so einen krass wirtschaftlichen Aufwand. Aber andere Sachen wie PV-Platten sind natürlich super teuer.
P+P	Aber das ist ja vorgeschrieben. Das ist ja das Problem. Wir haben ja mit wirtschaftlich Bauen und den Vorschriften, die wir hier haben, das widerspricht sich zum Teil. Wir haben auch ganz klar einen städtebaulichen Vertrag, der sagt, alle Dächer sind mit PV

	<p>auszustatten, alle Dächer sind mit Gründächern auszustatten. Das finde ich prinzipiell auch gut. Es gibt ja auch eine Gründachförderung. Aber die gibt es nur, wenn das nicht im Bebauungsplan sowieso schon vorgeschrieben ist. Hier möchte man aber gerne die Zuschüsse haben. Und letztendlich auch für die Fassadenbegrünung. Deswegen ist auch der städtebauliche Vertrag und der Bebauungsplan noch nicht fertig. Weil man ständig an solchen Dingen rum diskutiert und sich da im Kreis dreht. Aber letztlich ist so ein Gründach auf einem Gebäude für das gesamte Finanzvolumen uninteressant. [...]</p>
I+H	Seit 2017 wurde das gestartet [der städtebauliche Vertrag]?
P+P	Seit 2018/2019 und 2023 soll er dann fertig sein.
I+H	Die alten Gebäude bestehen jetzt schon 50, 60 Jahre. Und nur so generell gesagt: Die Bausubstanz ist jetzt einfach "abgelaufen". Die Lebenszeit ist jetzt vorbei und es lohnt sich nicht mehr die zu erhalten. Und da haben wir uns gefragt, wie das beim Neubau geplant wurde. Wie die Lebenszeit der Gebäude ungefähr aussehen soll und wie das erreicht werden soll.
P+P	Bei den alten Gebäuden ist das eigentlich nicht die Bausubstanz an sich. Mauerwerk und Decken, das ist durchaus stabil. Das Problem ist, dass die Flächenzuschnitte nicht passen, wegen Barrierefreiheit. Es ist ja die Vorschrift, es dürfen keine Seniorenwohnungen und Pflegeplätze angeboten werden, die nicht min. Barrierefreiheit gewährleisten. D.h. die Türbreiten, Schwellenlosigkeit. Und die sind in den alten Gebäuden teilweise nicht realisierbar. D.h. wir können die Bäder, die da drin sind nicht so umbauen, dass es dann ein barrierefreies Bad ist und das darf dann nicht mehr vermietet werden. Das ist im Wesentlichen auch mit ein Punkt. Und die Gebäudetechnik ist tatsächlich auch marode. Die alten Kupferleitungen haben Lochfraß, die alten Kunststoffleitungen haben die Weichmacher verflüchtigt. Wenn man die im dritten Obergeschoss ein bisschen andreht haben wir einen Riss unten im Erdgeschoss. Von daher macht es keinen Sinn sich damit noch weiter zu beschäftigen. Und man wird dann halt auch die Energiestandards auch nicht mehr reinbringen. Deswegen kommt der Neubau.
I+H	Die Wohnungszuschnitte, wenn die jetzt nicht mehr so alltagsgerecht sind, gibt es da konkrete Vorstellungen, wie auch Wege optimiert werden sollen. Ist das hier in dem Masterplan schon mit drin?
P+P	Nein, im Masterplan ist das nicht mit drin.
I+H	Nochmal einen kleinen Faktencheck. Wie viele Wohnungen bzw. wie viele Pflegeräume werden insgesamt auf diesem Gelände angestrebt?
P+P	Das steht auch in diesem Programm drin. Momentan wird so geplant, dass wir rund 1200 Senioren hier haben. Im Moment sind es circa 800 Pflegeplätze und 400 Wohnungen. Wenn wir fertig sind, haben wir 800 Wohnungen und 400 Pflegeplätze. Es wird eine Verschiebung geben von der stationären Pflege zu Wohnen mit Service und ambulanter Pflege. D.h. jeder der dann dort wohnt kann sich einen ambulanten

	<p>Pflegedienst dazubuchen etc. Und hat dann darüber die Möglichkeiten, weil die politische Vorstellung ist ja, dass man möglichst lange in seinen eigenen Vier-Wänden wohnt. Merken wir jetzt auch schon, dass Bewohner tatsächlich nur für zwei, drei Monate hier leben und dann versterben.</p>
I+H	<p>Also ist das auch von den Bewohner gewünscht? Wurden die da mit einbezogen?</p>
P+P	<p>Das kann ich nicht sagen. Das sind ja so politische Vorgaben. Da muss man auch sagen, das sind Vorgaben und für das Hospital als Träger ist es letztendlich auch wirtschaftlicher. Bei ambulanter Pflege hat man nicht diese sogenannten Pflegeschlüssel. D.h. man braucht auch nicht die Pflegefachkraftquote vorhalten. Das ist da alles ein bisschen einfacher. Man hat insgesamt sehr viel weniger Personal, was heute auch ein Thema ist. Und in Summe über Miete und abgerechnete Betriebskosten, was hier [bei Wohnen mit ambulanter Pflege] der Fall ist, bei dem anderen ist das ja alles inklusive. Da sind die ganzen Energiesteigerungen von uns [dem Hospital] zu tragen. [...] Die Summe der Umsätze, die ein Betreiber mit einem Bewohner im Bereich "Wohnen mit Service" machen kann, über die Ansätze: die Wohnung, ambulanter Pflegedienst, Menüservice, Nutzung der zustehenden Tagespflege [...] oder wenn man krank ist, kann man in die kurzzeit Pflege. Es gibt da unterschiedliche Modelle. Wenn man die Summe der Angebote nimmt, die ein Bewohner in Anspruch nehmen kann und die über die Pflegekassen bezahlt werden, zumindest ist das mein letzter Informationsstand, ist die Summe der Umsätze, die ein Betreiber dann machen kann, dann höher, als wenn einer fest in die Pflege geht. [...] Solche Dinge stecken dann auch mit dahinter für den Betreiber, wenn es darum geht, ob ich mehr Wohnungen habe oder stationäre Pflegeplätze.</p>
I+H	<p>Man merkt auch immer wieder, wie Wirtschaftsfaktoren mit in eine Planung einfließen und wie viel das auch verhindern kann. [...] Wir hatten ja auch zwei Technologien vorgeschlagen. Einmal das BIPV. Und dafür wäre auch wichtig zu wissen, inwieweit das ganze gerade an Fernwärme angeschlossen ist.</p>
P+P	<p>Wir haben ja ein eigenes Nahwärmenetz. Wir haben eine Gasheizung. Das Ganze ist auch zehn, fünfzehn Jahre alt. Das steht hier hinten [zeigt]. Alle alten Gebäude sind über ein Tunnelsystem miteinander verbunden. Da läuft die Wärme. [zeigt weiter] Das läuft mit Gas. Im Moment ist es auch noch so, dass wir bis Ende nächsten Jahres einen super Gaspreis haben. Aber nichtsdestotrotz ist das jetzt auch nicht die Zukunft. Und wir haben hier auch noch Gasheizungen und PV [zeigt] drin. Bei dem Gebäude wird man schon eine andere Lösung suchen [zeigt]. Wir haben jetzt gerade ein Projekt gestartet unter dem Namen "Effiziente Wärmenetze- BEW". Dafür haben wir auch die Förderung bekommen, das ist ja so ein Bundesförderprogramm. Da haben wir eine Machbarkeitsstudie über Einrichtungen von Kaltenwärmenetzen und Wärmepumpen. Das startet jetzt. Da werden wir bis Mitte nächsten Jahres Ergebnisse haben. Letztendlich sind "Kaltenetze": Das Ganze geht in Richtung Wärmepumpe. Luftwärmepumpen machen bei den Größenordnungen keinen Sinn. Also es macht letztlich nur eine Erdwärmepumpe Sinn. Und da hat man ein sogenanntes "Kaltes Netz" durchs Erdreich laufe. D.h. das sind nicht isolierte Leitungen, die in etwa einem Meter, 1,5 m Tiefe durchs Gelände laufen. Und an die werden an irgendwelchen</p>

	<p>Stellen, wo es gut geht, werden die an Erdsonden angeschlossen. D.h. das Medium für die Wärmepumpe muss nicht direkt am Gebäude gebohrt werden. Und durch Gleichzeitigkeitsfaktor oder Verschiebungen brauche ich in Summe nachher weniger Pumpen, als wenn ich für jedes Haus den Höchstwert berechnen muss. Und in diese Richtung geht das jetzt. Damit können wir natürlich nur auf die Vorlauftemperatur von 35-40 Grad, was wiederum fürs Trinkwasser nicht ausreicht. Da muss man jetzt schauen, wie man das nachheizen kann. Ich hatte bis vor ein paar Monaten die einfache Vorstellung, dass man da einen Durchlauferhitzer hin hängt. Das kann man bei einem Einfamilienhaus mit kleinem Wohnungsbau auch so machen. In dem Mehrfamilienhaus, habe ich gehört, ist das ab nächstem Jahr nicht mehr zulässig. Wenn da alle zur gleichen Zeit den Durchlauferhitzer starten, dann sind die Stromspitzen zu hoch und dann geht das Licht aus. Das muss man jetzt noch alles prüfen. Aber das ist jetzt Aufgabe und Ziel dieses Projektes, was jetzt startet. Da sind Fachplaner und Fachingenieure mit dabei.</p>
<p>I+H</p>	<p>Das soll auch noch vor der Fertigstellung der meisten Gebäude hier stattfinden?</p>
<p>P+P</p>	<p>Ja, das ist ja für nächstes Jahr. Und die Ergebnisse sollen dann hier schon miteinfließen [zeigt]. Hier [zeigt] wird es so sein, dass auf jeden Fall eine Wärmepumpe kommt. Wie das mit unserer eigenen PV gekoppelt wird, das muss man alles noch sehen. Es soll dann aber möglichst viel verwendet werden. Die Wärme für zumindest für die Heizung kann man damit gut erzielen. Und dann haben wir ja das Problem, wie kommen wir jetzt bei der zentralen Wasserversorgung, auf die 60, 70 Grad der Trinkwasserversorgung? Da haben wir es uns erstmal einfach gemacht. Es gibt Möglichkeiten, im ersten Moment, wo dies hier [zeigt] gebaut wird, läuft unser vorhandenes Nahwärmenetz läuft hier ziemlich nah am Gebäude vorbei und wird irgendwo hier hinten gekappt. Und diese Heizung wird mit Sicherheit noch die nächsten acht bis zehn Jahre noch in Betrieb sein, weil die alten Gebäude noch beheizt werden. Und dann haben wir gesagt, dass wir im ersten Schritt, weil hier irgendwo die Heizzentrale ist [zeigt], einen kleinen Anschluss und schließen das Gebäude für die Nachheizung des Trinkwassers an das vorhandene Netz an. [...] Der Anschluss ist sehr nah, das sind zwei Meter. Da bauen wir noch eine kleine Übergabestation. Damit ist das halbwegs wirtschaftlich zu realisieren. Und in diesen acht bis zehn Jahren, bis das dann wegfällt, wird sich die Technik weiterentwickelt haben. [...] Und dann gibt es in dem Zusammenhang dann auch sogenannte Exergiemaschinen. Das sind Wärmepumpen. Wie eine Wärmepumpe in einer Wärmepumpe. [...] Die zapft dann das quasi vorgewärmte Wasser nochmal ab und heizt das nach. Dadurch bekommt man dann Wassertemperaturen von 70, 80 Grad. Wobei ich jetzt nicht weiß, wie viel Strom die brauchen. Aber das sind jetzt die Fragen, die im Rahmen dieses Projekts geklärt werden.</p>
<p>I+H</p>	<p>Das ist super interessant für unsere Forschung für die PV-Bauelemente.</p>
<p>P+P</p>	<p>Gibt es diese Fenster denn schon?</p>
<p>I+H</p>	<p>Ja, die gibt es. [...] Es gibt ganz viele Studien. Die wurden meistens in Südostasien gemacht, wo ganze Bürogebäude, die eine komplette Glasfassade haben, mit solchen Beschichtungen ausgestattet. Das ist wie eine Folie, die nicht ganz transparent ist.</p>

	<p>Das Licht fällt auch ein wenig anders ein. Aber dafür gibt es auch verschiedene Indikatoren dafür, dass das die Lebensqualität nicht verschlechtert. [...] Und die funktionieren wie PV, nur halt auf Bauelementen. Und das können nicht nur Fenster sein, sondern auch Fassadenelemente.</p>
P+P	<p>Also wie Fassadenplatten?</p>
I+H	<p>Genau. Und die elektrische Energie, die dann in der PV-Beschichtung transformiert wird, läuft in einen Speicher, der dann im Gebäude verbaut ist. Woraus man dann speisen kann. Und es gibt wie gesagt schon Studien dazu, dass bei einem bestimmten Fensteranteil Gebäude komplett autark davon geheizt werden können.</p>
P+P	<p>Ich find das schon wahnsinnig interessant. Ich würde sowas auch durchaus in einem der Gebäude hier mit vorsehen.</p>
I+H	<p>Daran wollen wir wie gesagt auch noch ein wenig forschen und noch mehr weiterbilden, wie das technisch funktioniert. Aber wir fanden den Gedanken so gut, dass nicht noch mehr Rohstoffe auf dem Dach für die Platten verwendet werden muss. Rohstoffknappheit auch bei so technischen Dingen ist genauso aktuell. Oder CO2 Emissionen, die dadurch entstehen. Dass sich das im kurzfristigen Zeitraum gar nicht aufwägt. Das fanden wir ganz interessant. Und das spielt auch mit der Erdwärme zusammen.</p>
P+P	<p>Ich glaube, wenn man das irgendwie zusammenbringt, da kann man wirklich gute Lösungen finden.</p>
I+H	<p>Also halten Sie das auf den ersten Blick für realistisch?</p>
P+P	<p>Ja. Mein persönlicher Ansatz: Ich würde gerne das Gebäude 11, das soll ja geförderter Wohnungsbau werden, aber ich würde es gerne in Holzbauweise bauen lassen. Da gibt es ja auch zertifizierte Hölzer. Es gibt natürlich auch da den finanziellen Aspekt. Wenn man in Hamburg sozial gefördert baut, gibt es eine Förderung, wenn man im Holzbau baut. Die sogenannte Holzbauförderung. Da gibt es pro Kilogramm Holz, das man da verbaut 80 oder 90 Cent. Das ist schon eine Summe, auch gedeckelt nach oben bei 200.000 Euro. [...] Da gibt es eine Firma, die sowas baut. Da braucht man fast gar keine Heizung mehr. Je nachdem, wie man das baut, was für Holz oder wie man die Dämmung macht. Da würde sich das schon anbieten [BIPV], weil das Objekt auch von der Größe überschaubar ist. Deswegen frag ich auch, ob es sowas wirklich schon gibt. Auch in dem Leitfaden und dem städtebaulichen Vertrag gab es auch Vorgaben für die Fassaden. Da hab ich jetzt auch noch reinbringen lassen, dass wir tatsächlich auch offen sind für solche Solarelemente. Da geht ja kein Weg dran vorbei. Wir werden da irgendwas anders machen müssen, sodass das auch von dieser Seite her möglich wäre.</p>
I+H	<p>Das ist auf jeden Fall gut zu hören! Das ganze Thema Holz ist ein bisschen, ich sag mal in unserem Studium, eine aktuelle Sache, aber es wird schon viel gemacht. Und da gibt es schon viel Forschung. Darum dachten wir ist das für unsere Bachelorarbeit nicht so innovativ. Aber für die Ausstellung wollten wir uns auch damit beschäftigen.</p>

	[...]
P+P	Ja, das kann ich auch alles nachvollziehen. Wo ich mehr Probleme mit hätte wär mit einer Trenntoilette.
I+H	Okay. Also Trenntoilette ist ja erstmal bezogen auf diese Teilstromtrennung. Dass man aus dem Urin, wo hauptsächlich Medikamente vertreten sind, die gezielt herausfiltern kann. Bevor man in die Kläranlage geht, wo das gesammelt wird. Es geht um diese Vorabfiltration und mit dieser Trennung ist das einfacher möglich, das zu machen. Und das UKE forscht da auch gerade dran.
P+P	Wir haben unsere Entwässerungsplanung ja schon, unsere Entwässerungsvorschriften, wo ganz klar gesagt wird, wir dürfen nur maximal so und soviel Liter ins Regensiel einleiten und den kompletten Rest müssen wir irgendwie versickern lassen oder zwischenspeichern. Und ich meine, bei Schmutzwasser ist es ja ähnlich. Die Abflussleitungen haben nur eine gewisse Kapazität. Und das wird ja vorgeschrieben. Und genau so müsste man bei solchen Systemen [Teilstromtrennung] aus meiner Sicht, müsste der Gesetzgeber vorschreiben "Ihr dürft Schmutzwasser bis zu der Menge einleiten, aber maximal in dem Verschmutzungsgrad" [mit Arzneimittelrückständen]. Dann ist es für mich nachvollziehbar. Aber so, wenn wir jetzt sagen, wir bauen sowas ein, für viel Geld. Auch unabhängig von Fördergeldern, aber wenn es nicht allgemein gemacht wird, dann nützt es der Gesellschaft nicht so wirklich viel. Wenn nebenan ein anderes Pflegeheim ist oder wir haben durch die überalternde Bevölkerung die ganzen Einfamilienhäuser, die nehmen genauso viele Arzneimittel und da wird es dann nicht gemacht. Darum weiß ich nicht, ob sich das lohnt. Bloß weil man das zentral bei einzelnen Gebäuden, die dann Seniorenwohnheime sind, macht, ob sich das so wirklich auswirkt. Sonst, prinzipiell kann ich mir schon vorstellen, ist ja das ganze Thema mit Grundwasser und Düngemittel, das hängt ja auch irgendwie alles miteinander zusammen. Und wenn man das irgendwie vorher raus filtert, dann ist das ok.
I+H	Unser Gedanke war, dass vor allem ältere Menschen einfach am meisten Arzneimittel nehmen und da hier nur ältere Menschen wohnen, das natürlich besonders belastet ist. Einfach aus diesem Fakt heraus. Und da war auch dieser Gedanke hinter, das ist auch eine Unterfrage bei uns, durch was diese gesetzlichen Vorgaben beeinflusst werden. Also, wie kommen diese gesetzlichen Vorgaben zustande und in welche Richtung wirkt das? Also wirkt es, indem man was umsetzt und die Stadt merkt, das ist sinnvoll, wir sollten das mit in die gesetzlichen Vorgaben aufnehmen. Oder wird es von vornherein vorgeschrieben und dann wird es umgesetzt. Hier ist nochmal die Frage konkret: "Inwieweit bieten rechtliche Vorgaben eine Möglichkeit, Innovationsprozesse zu fördern?" und das spielt ja genau da mit rein. Dass dieser Anreiz natürlich viel höher ist, wenn man das Gefühl hat, wenn es auf einer gesamtgesellschaftlichen Ebene wirkt.
P+P	Das ist der typische Fall für Lobbyistenarbeit. Wo dann einer, der so ein Filtersystem entwickelt hat, vermarkten will und das dann über die politische Schiene das als allgemeinverbindlich irgendwo als Stand der Technik erklären lässt und dann muss es jeder einbauen. Aber ich glaube, das geht nur über diese Schiene. PV, das wo ich

	<p>direkt gesagt habe, dass mir das gefällt, sagen wir mal so, wo ich meine eigenen Bewirtschaftungskosten senken kann, das würde man auch aus eigenem Antrieb machen. Aber Dinge wie mit Abwasser, das wird glaub ich nur passieren, wenn das wirklich vorgeschrieben ist.</p>
I+H	<p>Man kann Trenntoiletten so auch relativ gut an das bestehende Infrastrukturnetz anbinden.</p>
P+P	<p>Aber dann muss ich im Prinzip doch auch Abflussleitungen oder wie werden die denn überhaupt [...]</p>
I+E	<p>Es gibt tatsächlich verschiedene Modelle. Es gibt eine Art Hybridsystem, was ganz praktisch ist, weil wir jetzt natürlich auch Abwasserinfrastruktur haben, die besteht und die auch genutzt wird. Und wenn man jetzt diesen Schritt geht und sagt man führt eine Teilstromtrennung ein, in dem Bereich jetzt hier, bei den Häusern, die zum Hospital gehören, das man eine Hybridlösung macht. Dass in den Häusern selber eine Teilstromtrennung verbaut wird und man dann einen Sammelpunkt, von dem aus das an die Klärwerke transportiert wird.</p>
P+P	<p>Und das, was übrig bleibt, wird dann zurückgeleitet?</p>
I+E	<p>Das kommt zum Klärwerk.</p>
P+P	<p>Aber da würde es ja sonst auch ankommen.</p>
I+E	<p>Ja, allerdings muss es dann nicht aufwändig herausfiltriert werden. So kann das Klärwerk die Arzneimittelrückstände gezielt behandeln, sodass sich die Rückstände bis zu einem bestimmten Grad auflösen, sodass es bedenkenlos ins Abwasser zurückgeleitet werden kann.</p>
P+P	<p>Okay, das kann ich mir noch vorstellen. Und die Feststoffe, wo landen die denn?</p>
I+H	<p>Die werden normal ins Abwassersystem geleitet. Nach Studien sind in den Feststoffen kaum Arzneimittelrückstände vorhanden. Die sind hauptsächlich im Urin.</p>
I+E	<p>Es gibt viele Methoden und Modelle und es kommt auch immer auf den Einzelfall an, wie das letztendlich umgesetzt wird. An einem Ort, wo die Infrastruktur des Abwassersystems noch gar nicht richtig etabliert ist, ist es viel einfacher so eine neue Technologie von Grund auf aufzuziehen, als hier, wo es ein Abwassersystem gibt.</p>
P+P	<p>Ja, deswegen müsste das ja woanders getrennt und gefiltert werden.</p>
I+E	<p>Genau, deswegen gibt es diese hybride Lösung, dass man nicht diesen Abschreckungsmoment hat, dass man ein komplett neues Abwassersystem verbauen muss.</p>
I+H	<p>Der Gedanke dahinter war auch noch der, dass gerade super viel daran geforscht wird. Es gibt auch staatlich geförderte Projekte, z.B. vom UKE, die auch genau in das Thema gehen, dass man Arzneimittel auch aus Krankenhäusern, dass man da die</p>

	<p>Abwässer vorfiltriert. Und solche Prozesse zeigen, dass das Thema ist. Und es kann ja auch in naher Zukunft zu einer Auflage werden. Und da vorausdenken, dass man dann nicht hinterher aufwändig nachrüsten muss.. Und das ist auch der Gedanke dahinter, dass es gerade so ein aktuelles Thema ist. Es gibt auch von der UNO super viele Forschungsprojekte. Auch die generelle Abwasserverunreinigung, auch in der Landwirtschaft, wo es auch diese Vorlagen gibt. Dass es dann auch nicht so unrealistisch ist, dass das auch später für Gesundheitseinrichtungen, wo super viele Arzneimittel anfallen, die gleichen Auflagen gibt. [...]</p>
<p>P+P</p>	<p>Sagen wir mal so, ich finde das auch sehr interessant. Ich würde das jetzt auch nicht ausschließen, dass man in einem Lastenheft auch auf sowas geht. Ich kann mir auch vorstellen - ich muss es ja auch nicht bezahlen - man nimmt mal ein Gebäude und versucht da wirklich was anderes zu machen. Und darum geht es ja eigentlich auch.</p>
<p>I+H</p>	<p>Das ist auch der Anreiz bei uns, dass wir da forschen und das so nachvollziehbar an Menschen transportieren kann, dass es als sinnvoll und auch als wirtschaftlich sinnvoll angesehen wird. Aber natürlich auch, dass es Hand in Hand geht. Dass die ökologische Umsetzung, vielleicht eher langfristig, den wirtschaftlichen Aufwand aufwiegen wird. Und das war auch grundsätzlich unser Anreiz für unser Thema. Besonders auch mit den gesetzlichen Vorgaben, dass da mehr passieren muss.</p>
<p><u>Alle Interviewenden</u></p>	<p>Abschluss</p>

4. INTERVIEWTRANSKRIPT, STRICKER

Interviewtranskription

<u>Datum:</u> 06.01.2023	<u>Uhrzeit:</u> 10:00 Uhr
<u>Interviewende:</u> I+E = Emma I+H = Hjördis	<u>Interviewpartner*innen</u> P+S = Birthe Stricker
<u>Einverständnis zur Aufnahme/Dokumentation</u> Ja <u>Verantwortlich für die Aufnahme:</u> Hjördis	<u>Kontakt Interviewte</u> E-Mail: birthe.stricker@tuhh.de <u>Anonymisierung im Bericht? Wünsche zur Dokumentation des Kontakts?</u> Ja, namentliche Erwähnung ist erlaubt.
<u>Adresse/Ort des Interviews:</u> Zoom Meeting	<u>Ggf. Besonderheiten:</u> Interesse an fertigers Bachelorarbeit Evtl. Nachfragen zu bst. Fragen, die nicht geklärt werden konnten

<u>Alle Interviewenden</u>	Vorstellung der Interviewenden und des Projekts
I+E	Magst du dich einmal vorstellen? Wer bist du? Was machst du genau?
P+S	Ja genau, ich bin Birthe Stricker, ich bin jetzt seit Sommer 2020 beim MicroStop Projekt als Promotionsstudentin/Doktorandin in Teilzeit tätig hier an der TU. Ich betreue quasi das Projekt. Mein Vorgänger war Bastian Büning, bei dem ich auch selbst meine Abschlussarbeit/Masterarbeit 2019 abgeschlossen habe. Dort habe ich an der Nanofiltrationsanlage, die wir im Labor stehen haben, Versuche geschoben. Dadurch bin ich auch auf dieses Projekt aufmerksam geworden. Nachdem ich fertig war mit meiner Masterarbeit hatte ich das Gefühl, ich will da gar nicht aufhören, ich möchte da gerne noch etwas weiter machen. Dann sind wir ins Gespräch gekommen und haben vereinbart, dass, wenn Bastian fertig ist, ich die Anlagen übernehme und nochmal einen etwas anderen Schwerpunkt des MicroStop Projektes betrachte. Deshalb habe ich im Jahr 2020 angefangen, direkt nach dem Corona Lockdown, oder quasi fast mit dem Lockdown, weil die Anlagen zwischendurch ja noch ein bisschen am Leben gehalten werden mussten. Bastian Büning hat das Glück gehabt, genau im März 2020 fertig geworden zu sein, bevor die Anlagen abgeschaltet werden mussten. Ich hab die dann im Sommer übernommen und kenne deshalb das Prinzip der KNF, weil ich zum einen selber an der Nanofiltration im Labor gearbeitet habe und zum anderen auch selber noch Versuche in diesem Kombiprozess gefahren habe, wie wir es im Labor stehen hatten bevor ich dann meinen Fokus auf die Biologie geschiftet habe. Selber arbeite ich jetzt mit den Bioreaktoren und schaue mir noch Nitrifikation und Denitrifikation in den Reaktoren an. Weil das Gesamtkonzept vom MicroStop nicht nur ein Biofilmreaktor mit Nanofiltration ist, sondern ein alternatives

	<p>Klärverfahren. Da beschäftige ich mich eben mit dem Vorschritt, also die Fällung/Flockung Kohlenstoff dort rauszuziehen und das dann mit der Biologie zu kombinieren. Ich habe also genau so einen gestifteten Fokus dazu. Wenn ihr euch das in Bastians Arbeit anschaut, gibt es das Gesamtkonzept von MicroStop und wenn er sich dabei Biologie und Nanofiltration angeschaut hat, bin ich eher bei Biologie und der Behandlung der Vorklärung, um das ein bisschen mehr anzuschauen. Auch mehr im Bereich, wie Bastian das gemacht hat. Feasibility nenn ich das immer, also zu schauen was geht, weil in so einem Labormaßstab einfach immer gewisse Limits da sind. Ich hätte gerne alle drei Prozessschritte am Ende zusammengeschaltet, aber um das umzusetzen, ohne dass man eine echte Pilotanlage hat, ist einfach schwierig. Von daher habe ich mit MicroStop zu tun und bin momentan noch die einzige Doktorandin an dem Projekt. Von den Versuchen, die wir gerade fahren, ist es noch ein bisschen was Anderes, um andere Bereiche zu beleuchten. Selber komme ich aus dem Verfahrenstechnik Bereich, ich habe hier Bachelor und Master an der TU gemacht. Ich habe erst allgemein Verfahrenstechnik und dann im Master Umweltverfahrenstechnik als Schwerpunkt gehabt, also komme eher so aus dem Chemie Ingenieursbereich, in dem es um Prozessoptimierung geht. Nicht um die Siedlungswasserwirtschaft, das ist eigentlich eher im Bauingenieurwesen angegliedert, was man auch viel noch merkt. Also alles was in den Bauingenieurbereich an Fragen geht, da muss ich leider passen. Aber für das, was wir gerade betrachten, ist es denke ich ganz gut einen anderen Hintergrund zu haben. Also so richtig Ingenieurtechnik, was ganz anders als die Stadtplanung. Aber ich freu mich tatsächlich auch immer über interdisziplinären Austausch, weil ich glaube, dass es das ist, was wir in Zukunft für die Umwelttechnik brauchen werden. Dass man ganz viele Blickwinkel hat, die zusammenkommen und zusammen schaut, dass man eine gute Lösung findet.</p>
I+E	Definitiv!
P+S	Habt ihr da noch Fragen zu? Ich versuche das immer einfach zu erklären, aber da ich schon eine Weile hier dran sitze, ist es doch manchmal schwieriger, das leicht zu erklären.
I+E	Ich frage dann gegebenenfalls nach. Jetzt vielleicht für uns nochmal um das, was wir recherchiert haben, bestätigt zu bekommen, zu Beginn nochmal die Frage oder deine Erklärung dafür: Wo genau liegt der Vorteil in einem Festbettreaktor zu anderen Biofilmreaktoren?
P+S	Das ist tatsächlich eine gute Frage. Also ich würde das etwas anders formulieren. Wir arbeiten mit einem Biofilmverfahren, was im Gegensatz zur klassischen Abwasseraufbereitung einen Vorteil hat, weil man Mikroorganismen hat, die in einem Biofilm verwachsen sind. Also klassisch, wenn ihr euch Klärprozesse anschaut, hat man in Deutschland ein Belebtschlammverfahren. Das kann man sich so wie eine bewegte Schlammmasse vorstellen, also da wird Schlamm umher gepumpt und das sind suspendierte Mikroorganismen. Also die leben an so Flocken, die im Abwasser schwimmen. Um sich das mal ganz plakativ vorzustellen. Ein Biofilmverfahren hat den Vorteil, dass man Bakterien auf einer Aufwuchsfläche hat, so ein bisschen wie glitschige Ecken auf Stein, wenn man mal in Flüssen oder Bächen unterwegs ist oder

<p>I+E</p>	<p>in einem See schwimmen geht. Wenn man dann beim Reingehen das Gefühl hat auszurutschen, das sind Biofilme, also man hat auch ganz viele Biofilme in der Natur. Und wenn man mit einem Biofilm im Gegensatz zu einem Belebtschlamm arbeitet, hat man den Vorteil, dass man langsam wachsende Bakterien fördern kann. Ein Schlamm braucht so ein gewisses mindest Schlammalter. Das wird dann immer so herumgepumpt und dann wird halt Schlamm entzogen und dann wächst neue Biomasse. Da haben Bakterien, die eine deutlich längere Wachstumszeit haben, eher Nachteile. Im Biofilm kann man die besser fördern. Ein Festbett ist eine Form des Biofilmverfahrens. Ich weiß gar nicht genau, ob man sagen kann, das hat viele Vor-oder Nachteile im Gegensatz zu anderen Biofilmverfahren. In der Abwasseraufbereitung gibt es zum Beispiel Tricking Filter, da wird von oben etwas Wasser durchgetropft. Da kannst du halt nicht alle Schadstoffe eliminieren, weil du da hauptsächlich auch viel Luft in dem System hast. Beim Festbett, was man von unten durchströmt, kann man ein bisschen besser hinein dosieren oder auch sagen, ich dosier keine Luft hinzu. Da würde ich sagen, das ist ein Vorteil von den Festbettreaktoren, wie wir sie hier haben. Und es ist relativ kompakt und stationär. Es gibt theoretisch auch Moving-Bed-Reaktoren, da bewegt sich das halt so ein bisschen mehr drin. Ob das eine zum anderen wirklich einen Vor-oder Nachteile hat, kann ich euch gar nicht so genau sagen. Ein Vorteil von dem Festbettreaktor ist eben, dass der Kompakt gebaut ist und auch sehr einfach gebaut ist. Wir arbeiten momentan mit Blähton Körnern, man kann sich das so vorstellen wie einen Blähton, den man für Pflanzenaufwuchs nimmt, nur dass der nicht aufschwimmend ist. Also wenn ihr jetzt in den Baumarkt geht und euch Blähton kauft, können die Körner halt aufschwimmen. Das wär blöd in einem Reaktor, der von unten durchströmt wird und es läuft oben wieder raus, das will man eben nicht. Das ist schon ein spezifischer Blähton, der auch für Abwasseraufbereitung gedacht ist. Der ist anders hergestellt. Aber an sich ist das einfach gemacht: Du nimmst einen Behälter und packst dort Blähton Körper oder man kann auch mit PE- Körpern oder Anderem arbeiten. Man lässt von unten das Abwasser durchlaufen und man sorgt dafür, dass sich dort ein Biofilm ansiedeln kann und dann hat man einen Reaktor. Das ist von der Umsetzbarkeit relativ einfach. Es gibt auch andere Biofilmverfahren, die sicherlich auch Vorteile haben. Es ist aber die Frage, wie einfach man etwas bauen möchte. Wir haben uns für den Festbettreaktor entschieden, weil der im Labor auch gut umsetzbar ist und wahrscheinlich auch in anderen Bereichen gut umsetzbar wäre, weil man nicht unendlich viele technische Materialien braucht. Also wenn man sich den Aufbau im Labor anschaut, der ist noch sehr rudimentär. Da kann man fast noch zum Baumarkt fahren und sich ein paar Teile kaufen und dann hat man den aufgebaut, sage ich jetzt mal so ganz pragmatisch. Also du musst natürlich schon ein paar technische Feinheiten beachten, aber der ist schon sehr einfach zu bauen. Darum haben wir uns für ein Festbett entschieden. Die Idee ist schon relativ alt. Es gab auch schon so in den 2000ern Überlegungen zu einem Festbett. Es ist keine neue Idee, mit einem Festbett zu arbeiten. Aber ich würde da immer eher sagen: Unterschied - suspendiert versus Festbett. Aufwuchs ist eher das, was man vergleichen kann als ein Festbett zu anderen Biofilmen. Ich hoffe, das war verständlich.</p> <p>Doch. Wir haben uns natürlich auch viel mit dem Text von Herrn Büning beschäftigt und dort haben wir gelesen und gelernt, dass die Nanofiltration bis zu 93 Prozent der</p>
------------	--

<p>P+S</p>	<p>Mikroschadstoffe herausfiltern soll. An der Stelle einmal deine Einschätzung, was die Zahl genau bedeutet.</p> <p>Sieben Prozent bleiben noch übrig, das stimmt. Ich glaube, es gibt zur Zeit kein Verfahren, das zu 100 Prozent alle Mikroschadstoffe loswerden kann. Es ist auch so, in unserem Projekt betrachten wir im Moment 12 Schadstoffe, die nicht immer alle nachweisbar sind. Das ist eine mini Menge im Vergleich zu der gesamten Menge an Mikroschadstoffen, die man so haben kann. Wir haben bei diesen 12 Schadstoffen einen Metaboliten dabei. Man weiß von dem Antiepileptikum Carbamazepin, da messen wir Carbamazepin-10-Epoxid zum Beispiel mit. Man weiß das ist ein Metabolit von acht oder zehn, die mittlerweile bekannt sind. Es ist eine ganz kleine Auswahl von einer großen Menge Mikroschadstoffe, die es gibt. Alle zu analysieren ist, glaube ich, völlig utopisch. Es ist also eher so repräsentativ für verschiedenen Arten von Schadstoffen. Im Vergleich zu anderen Prozessen, würde ich sagen, 93 Prozent Rückhalt ist schonmal richtig schön, weil es schon mal mehr ist als 80 Prozent, was häufig in anderen Verfahren angestrebt wird. Also in der Schweiz zum Beispiel, sagen die, dass mindestens 80 Prozent reduziert werden sollen. Was schon mal besser ist, als das, was derzeit passiert. Das einfach viele Schadstoffe generell in der Natur landen. Da sind 93 Prozent schonmal ziemlich gut. Ich glaube, dass wir da noch mehr Potenzial haben, indem man sich andere Membranen anschaut und optimiert. Da ist nach oben hin noch einiges offen. Da gibt es noch andere Membrantypen. Man kann auch in der Membrantechnik selber noch ganz viel machen, indem die Materialien modifiziert werden. Bei der Nanofiltration ist es so, dass man mit verschiedenen Materialschichten arbeitet. Man hat so einen Träger und häufig eine synthetische Membran, die da aufgebracht ist und da gibt es verschiedene Verfahren der Modifikation. Ich glaube, da hat man noch ganz viel Potenzial. Die Frage ist natürlich immer, was das kostet. Also im Vergleich zu jetzt würde ich sagen, 93 Prozent sind schonmal super. Aber da ist noch was nach oben offen und es wäre mal interessant, ob es mal ein Screeningverfahren gibt, bei dem man sich deutlich mehr Schadstoffe anschauen kann, um dann auch wirklich zu schauen, ob diese 93 Prozent als gute Annahme für alle Schadstoffe gelten. Oder es vielleicht noch eine Schadstoffgruppe gibt, die wir noch gar nicht berücksichtigt haben. Aber diese Analysen sind halt auch relativ teuer, von daher hat man da auch gewisse finanzielle Limits. Aber als Idee ist die Kombination von Nanofiltration ein guter Ansatz, weil man ein sauberes Permeat beziehungsweise das, was als sauberer Wasserstrom rausgeht, mit einer wirklich gute Qualität rausgeht.</p>
<p>I+E</p>	<p>Okay. An dieser Stelle nochmal die Nachfrage, wie deine Einschätzung zu der Forschung und der Aufmerksamkeit ist, die das Thema gerade erfährt.</p>
<p>P+S</p>	<p>Also ich glaube es ist tatsächlich wachsend. Wenn ich jetzt überlege, ich habe im Prinzip in 2018/2019 selber angefangen, mich mit diesem Thema Mikroschadstoffe zu beschäftigen. Da gab es schon die ersten Anlagen zur Ozonierung und Aktivkohle in der Schweiz. Mittlerweile ist es in der Schweiz so, dass Klärwerke ab einer bestimmten Größe einführen müssen, also die sind schon deutlich weiter als in Deutschland. Es gibt aber auch immer mehr Nachrüstung, die sich in Deutschland etabliert. Also in dem Bereich der Abwasseraufbereitung ist das ein Thema, über das gesprochen wird. Außerhalb der Abwasseraufbereitung kennen das noch nicht so</p>

	<p>viele. Ich denk immer, ja das weiß man doch, aber in meinem Umfeld ist das für viele Leute ein großes Fragezeichen. Da wird also ganz viel gefragt: Ah ja, ihr haltet also Mikroplastik zurück? Ja, Mikroplastik ist aber nicht unser Fokus. Ich glaube, das Thema Pestizideinsatz ist bekannt, das Problem Mikroplastik ist bekannt. Aber Mikroschadstoffe in Form von Arzneimittelrückständen sind absolut ein Thema im Feld der Abwasseraufbereitung, da wird drüber gesprochen, geforscht und gearbeitet. Man hat sich allerdings schon relativ auf Ozonung und Aktivkohle als praktikable Mechanismen geeinigt. Wir hatten jetzt endlich seit Jahren mal wieder ein Abwasserwirtschaft Kolloquium hier an der TU, was von unserem Institut aus gemacht wird. Da habe ich auch Ergebnisse aus der KNF mit publiziert oder auch einen Vortrag zu gemacht. Da habe ich auch die Rückmeldung erhalten, dass es schön ist, das sich noch außerhalb von Aktivkohle und Ozonung damit beschäftigt wird. Das wird auch glaub ich noch weiter gemacht, aber der Bereich ist geringer. das Problem ist, dass man immer Gelder für die Forschung braucht. Mein persönlicher Eindruck ist, Umwelttechnik kostet halt derzeit und solange es keine regulatorischen Vorgaben gibt, ist der Zwang noch nicht so da, sich darum zu kümmern. Es gibt natürlich Wasserverbände, die sich darum kümmern, die engagieren sich da, keine Frage, auch hier in Hamburg. Mehr es verursacht halt erstmal mehr Kosten als Mehrgewinn. Solange Vorgaben sind, dass darf maximal aus einem Klärwerk rausgehen oder auch anderweitig in unseren Flüssen landen, wird da glaube ich nur das gemacht, was nötig ist. Auf der anderen Seite ist es in der EU so, dass es diese Stoffe gibt, die nachverfolgt werden. Ich glaube, seit 2000 gibt es auch diese Wasserrahmenrichtlinie und da ist es immer noch so, dass die Flüsse noch nicht den Zustand haben, welchen sie haben sollen. Also auch da wird drüber gesprochen bei Umweltverbänden, da wird drüber gesprochen, auch im Bereich Wasser und Umwelt, Umweltämtern. Das ist durchaus ein Thema, aber ich glaube, in der Bevölkerung ist etwas, was noch nicht so auf der Agenda steht. Also da ist es noch nicht so publik. Würde ich mal als Einschätzung geben. Also es ist schön. Ich freue mich über jeden, der sich dafür interessiert und daran weiterarbeiten möchte.</p>
I+E	Ja, ist ja auch ein wichtiges Thema.
P+S	Genau.
I+E	Wir hatten mit Herrn Behrendt neulich ein Gespräch, wo wir dann auch über die KNF gesprochen haben und dann erzählt haben, wie wir uns das im Hospital, so heißt das ja Hospital zum Heiligen Geist, vorstellen könnten, das zu implementieren. Und dann hat er im Gespräch angemerkt, dass es eventuell seiner Meinung nach sinnvoll wäre, noch einen Aktivkohle Filter zwischen die Nanofiltration und den Biofilmreaktor zu schalten. Und da wollte ich mal nachfragen, was deine Meinung dazu ist.
P+S	Ihr meint quasi zwischen dem, was man zurückführt von der Nanofiltration zum Festbettreaktor, nicht zwischen dem Festbettreaktor vor der Nanofiltration richtig?
I+E	Ja
P+S	Also es gibt definitiv Schadstoffe, die werden wir einfach nicht los in diesem Verfahren, weil die sehr persistent sind. Also die sind nicht biologisch abbaubar, da kann man noch so viel versuchen, die bleiben einfach da. Ich glaube, dafür macht es Sinn, noch ein weiteres Verfahren mit reinzunehmen. Ob das nun ein Aktivkohlefilter ist oder eine Ozonung, da hab ich persönlich keine Erfahrung zu, kann ich nicht einschätzen, was das bessere Verfahren ist. Ich denke sicherlich von der Umsetzbarkeit macht ein Aktivkohlefilter mehr Sinn, weil man für die Ozonung Ozon vor Ort herstellen muss. Das sind so Kontaktreaktoren. Das hat noch ganz viel mit

	<p>Sicherheitstechnik zu tun. Du kannst ganz viele Abbauprodukte haben, bei denen du gar nicht weiß, was sie tun. Die können viel schlimmer sein. Aktivkohle ist da deutlich angenehmer zu händeln und es gibt auch immer mehr Forschung, die sich darauf mit nachhaltigere Herstellung von Aktivkohle beschäftigt. Wo kann man die Ressourcen noch herbekommen? Ich glaube, da wird noch ganz viel passieren. Ich würde sagen, von der Umsetzbarkeit macht Aktivkohle deutlich mehr Sinn. Ob man das jetzt in den Hauptstrom rein packt oder ob man sagt, man macht eine Teilstrombehandlung. Also, dass du quasi einen gewissen Teil zurückführt zum Bioreaktor und einen Teil über die Aktivkohle packst. Ich würde sagen, vielleicht macht es Sinn als Teilstrombehandlung. Da würde ich allerdings schätzen, dass der Behrend insgesamt mehr Erfahrung im Bereich Technologien in der Wasseraufbereitung hat. Es ist nur so, die Schadstoffe bauen sich sehr, sehr langsam ab. Also in den Versuchsreihen von Herrn Büning, da wurden die Reaktoren für zwei Wochen betrachtet, das heißt, wir haben Konzentrat hinzugegeben und nach zwei Wochen wurde eine Probe genommen. Das ist natürlich von den Durchsatzmengen einer möglichen Abwasserbehandlung sehr weit weg. Wir haben momentan auch, dass wir uns den Abbau in der Nitrifikation über eine Woche und in der Denitrifikation über eine Woche anschauen. Wir haben kürzere Zeiten ausprobiert, in dem, wie wir das umsetzen können. Im Labor haben wir aber gesehen, wenn wir die Bakterien, ich sag mal etwas mehr aushungern und denen mehr Zeit geben, dass mehr Schadstoffe abgebaut werden. Also da muss man glaube ich prozesstechnisch sich das nochmal anschauen. Was bedeutet das, wenn ich viel mehr Durchsatzmengen habe und vielleicht auch andere Abwasserzusammensetzung und ganz spezifische Stoffe, die aus so einem Altersheim kommen können. Das sind ja auch ganz bestimmte Arzneimittelrückstände. Ich glaube da kann man ja schon ganz gut einschätzen, was geht da überhaupt rein. Dann wäre halt die Frage, ob man nicht doch diese Schadstoffe, die in der Membran zurückgehalten werden, durchaus denen noch mal eine Chance gibt, in der Biologie abgebaut zu werden. Wenn man alles im Aktivkohlefilter zurückhält, dann landet ja gar nicht mehr so viel in der Biologie. Es werden aber auch nicht alle Schadstoffe auf dem Aktivkohlefilter gehalten. Da wäre halt eher die Frage, welche Schadstoffe möchte ich in der Biologie belassen, weil ich weiß, die haben eine Chance abgebaut zu werden? Ab welcher Menge werden sie nicht mehr abgebaut? Können diese an einem Aktivkohlefilter absorbiert werden? Und wie groß ist der Teilstrom, den ich da quasi weggleiten müsste? Weil es gibt schon Schadstoffe, die würden dann halt immer mehr werden. Und das Problem ist, wenn die immer mehr werden, gehen die irgendwann durch die Membran durch, weil je höher der Substanzdruck vor der Membran wird, wenn du da immer mehr hast, dann wird auch potentiell mehr durchgehen. Und das möchte man natürlich auch nicht. Ich denke, man braucht auf jeden Fall irgendwie noch eine Behandlung. Ich denke, Aktivkohle macht für die Umsetzung definitiv mehr Sinn als Ozonung. Die Frage ist, ob man damit alle Schadstoffe los wird und ob es Sinn macht, den vollen Strom drüber zu leiten und quasi nichts mehr der Biologie zurückzuführen. Oder ob man sagt fifty fifty, 30-70, 20-80, das wäre vielleicht auch was, was man einfach mal ausprobieren und beobachten müsste, sag ich jetzt mal ganz pragmatisch. Also ich denke, Aktivkohle macht Sinn, aber ob man alles drüber jagt. In der normalen Wasseraufbereitung würde ja das Wasser wahrscheinlich gar nicht so lange Verweilzeiten in diesem Reaktor haben. Und diese Verweilzeit wäre auf jeden Fall zu kurz sein um die Schadstoffe abzubauen. Da macht es dann mehr Sinn sich vielleicht immer wieder zurück zu jagen, dass irgendwann die Mikroorganismen sich etablieren können, die diese Schadstoffe abbauen.</p> <p>I+E Also, dass das Ganze einfach mehrmals durch diesen Prozess geleitet wird?</p> <p>P+S Ich kann mir vorstellen, dass das durchaus Sinn macht. Also ich weiß, dass das derzeit einfach noch sehr weit weg ist von der wirklich finalen Umsetzung. Als</p>
--	--

	<p>nächstes bräuchte man, um wirklich zu gucken, was passiert, wenn man mehr durch leidet, müsste man tatsächlich gucken, was in so einer Pilotanlage passiert. Und da müsste man wahrscheinlich auch einfach ausprobieren. Wie viel muss man zurück leiten? Oder macht es Sinn, alles über die Aktivkohle zu leiten? Ich glaube, das wäre tatsächlich etwas, was man wirklich in der Praxis auch so ein bisschen try and Error mäßig auch sich rantasten müsste tatsächlich.</p>
I+E	<p>Und könntest du zum jetzigen Zeitpunkt schon einschätzen, wie realistisch so ein Fortschritt zeitlich gesehen ist, dass der Zeitraum für die Behandlung nicht so lang angesetzt werden muss?</p>
P+S	<p>Also du hast halt den Vorteil in diesem Biofilmverfahren, dass du ja einfach ein unglaublich hohes Schlammalter oder Biofilmmalter irgendwann haben wirst. Also wenn beides sich etabliert hat. Es ist so, dass ein Biofilm immer aufwächst und gleichzeitig wieder abstirbt. Aber es ist nicht wie bei diesem Belebtschlammverfahren, wo irgendwie ein Schlammalter von drei bis vier oder neun bis zehn Tagen, je nach Jahreszeit vielleicht auch mal bis zu 12 bis 15 Tage. Aber wo einfach immer wieder was weggenommen wird und die Mikroorganismen nicht so lange Zeit haben zu wachsen. Man hat das schon relativ schnell, glaube ich, ein hohes Biofilmmalter. Ich kann tatsächlich nicht gut einschätzen, wie das wirklich in so einem kontinuierlichen Prozess wäre, weil das bei uns ganz, ganz schwierig zu simulieren oder auch zu checken ist. Was wir momentan machen: Wir geben mal eine bestimmte Menge rein und wir schauen auf einen bestimmten Zeitpunkt, wie viel sich abgebaut hat, um zu schauen, wie das Potenzial des Abbaus ist. Du würdest dann ja eher kontinuierlich was reingeben, kontinuierlich was rausziehen, kontinuierlich im Kreis führen. Wir haben in die Richtung diese KNF mal betrieben, aber alle drei Tage irgendwie für, ich glaube am Anfang wurden immer drei Liter. Am Ende haben wir das jetzt auf 27 Liter pro Beschickung mal hochgetrieben, sozusagen den Prozess. Wir hatten da allerdings Probleme mit der Membran, die wir eingesetzt haben. Also ich glaube, da ist noch Potenzial nach oben. Aber das haben wir auch dreimal die Woche gemacht. Da lief also die Membran montags, mittwochs und freitags ungefähr eine halbe Stunde und dazwischen wurde einfach das Fluid im Reaktor rezirkuliert. Das ist halt nicht ganz repräsentativ für einen echten, kontinuierlichen Betrieb. Deswegen finde ich es ganz schwierig einzuschätzen, wie das dann wirklich verhalten würde. Dafür bedarf es glaube ich wirklich mal einer Pilotanlage. Das wär schön, wenn es die mal gibt.</p>
I+E	<p>Dann jetzt zum PowerStep Verfahren. Wie lohnend ist das Ganze überhaupt? Also was ist der Vorteil davon? Was bekommt man am Ende da raus?</p>
P+S	<p>Also ich glaube generell ist die Richtung von PowerStep eine sehr kluge. Also die Idee von PowerStep ist, weiter vorne im Prozess mehr Kohlenstoffe rauszuziehen und diese für die Biogasproduktion zu nutzen. Das macht durchaus sehr viel Sinn, weil man sowieso in der Vorkehrung sehr viele Stoffe schon rauszieht und auch bereits jetzt aus dem Schlamm schon Biogas produzieren kann. Und wenn man da mehr rausziehen kann, wäre das glaube ich ganz klug, weil man muss dann diese Kohlenstoffe, also die partikulären Kohlenstoffe, da geht es nicht um das, was sowieso in der Flüssigkeit gelöst vorliegt, weil das schafft man glaube ich, mit diesem Verfahren nicht rauszuziehen. Also Fällung und Flockungsmittel haben da einfach gewisse Limits. Manchmal hast du ein bisschen Glück und ziehst was mit raus, aber da geht es halt wirklich um alles, was als Partikel vorliegt. Ich glaube, das macht schon Sinn, ein bisschen eher im Prozess was abzuziehen, weil du das in der Biologie später weniger abbauen musst. Es hat derzeit noch den Nachteil, dass das Verhältnis der Stoffe Kohlenstoff zu Stickstoff, zu Phosphor in der Biologie in dem aktuellen Rechenverfahren verändert. Normalerweise hast du ein bestimmtes Verhältnis von C</p>

	<p>zu N zu P. Wenn du vorher mehr Kohlenstoffe, also mehr C rausziehst, hast du natürlich ein anderes Verhältnis danach in dem Biologieprozess. Und das macht durchaus Prozesstechnisch noch ein paar Schwierigkeiten, weil dann einfach die Mikroorganismen noch nicht im richtigen Verhältnis vorliegen. Ich glaube, das hat auch PowerStep schon gezeigt, wenn man da mit bestimmten Prozesstechniken arbeitet. Entweder Schlammalter anpassen, die Mengen, die man rezirkuliert. Da gibt es noch ganz viele Möglichkeiten, dann kann man da noch ganz viel machen, dass man dann halt mehr Stickstoff- und Phosphatabbau hat und weniger Kohlenstoffabbau. Was glaube ich für die Mikroschadstoff-Elimination, nach dem was man so weiß, auch gar nicht schlecht ist, weil man vermutet und teilweise auch schon nachgewiesen hat, dass die ganz gut während Nitrifikation und Denitrifikation so mit verarbeitet werden. Also du hast da halt einfach bestimmte Mikroorganismen und die haben teilweise substratunspezifische Enzyme. Die müssen nicht nur genau diesen einen Stoff haben, sondern wenn da per Zufall irgendwie Mikroschadstoff vorbei schwimmt und der passt, also dann nehmen die das halt auch. Das nennt sich Co-Metabolismus, so dass manche Schadstoffe dadurch auch mit abgebaut werden. Also ich glaube von der Idee her vorher mehr Kohlenstoff herauszuziehen, diese Energie wieder für den Klärprozess nutzen zu können, dass ein Klärwerk an sich energieautarker wird und wir uns auch besser leisten können, einen Prozess wie eine Nanofiltration einzusetzen, wo wir mehr Energie brauchen, ist auf jeden Fall ein super guter Ansatz. Ob das bei jedem Klärwerk immer umsetzbar ist, kann ich nicht einschätzen. Wir arbeiten hier auch durchaus mit Hamburg Wasser und dürfen dort auch gewisse Abwässer beproben. Das ist natürlich ein riesen Klärwerk. Das ist mindestens das Größte von Deutschland, glaube ich. Ob das für so ein riesen Klärwerk umsetzbar ist oder vielleicht sogar besonders gut und für ein kleines schwieriger, kann ich nicht einschätzen. Aber die Grundidee dahinter ist auf jeden Fall eine sehr gute Richtung, dass man da noch mal schaut, dass man prozesstechnisch auch noch was tut.</p>
I+E	Okay.
P+S	Genau. Wär gut, wenn die das so machen, glaube ich.
I+E	Wir werden auf jeden Fall mit denen auch noch ein Gespräch führen.
P+S	Oh spannend. Wann ist eure Arbeit fertig, wann kann man die lesen?
I+E	Also wir hatten jetzt Mitte Februar angedacht. Mal schauen, ob das so hinhaut.
P+S	Also wenn ihr die fertig habt, dürfte ich die auch mal lesen?
I+E	Natürlich!
P+S	Es interessiert mich tatsächlich auch, was ihr von PowerStep erfahrt. Genau, die Reaktion, was die dazu sagen.
I+E	Können wir dir gerne zukommen lassen.
I+H	Also nein, wir reden nicht mit PowerStep, sondern mit Hamburg Wasser.
P+S	Ich glaube, Hamburg Wasser hat da vielleicht auch noch ein paar eigene Ansätze. Die haben auch ganz, ganz coole Verfahren. Die haben jetzt so eine Phosphat-Rückgewinnungsanlage. Das haben die jetzt beim Kolloquium im Herbst

	vorgestellt. Das sind total schöne Konzepte an denen die da auch arbeiten. Von daher ist das auch ganz spannend.
I+H	Aber vielleicht ist es dann noch mal eine Anregung mit PowerStep zu reden oder sich da noch mal mehr mit zu beschäftigen.
P+S	Ich weiß auch gar nicht, wer da so der Kontakt wäre. Ich glaube das Projekt selber ist ja auch schon abgeschlossen, soweit ich das weiß. Also es sind zumindest die Abschlußbericht da, aber vielleicht habt ihr da auch noch eine Chance, jemanden in Berlin zu erwischen, die sitzen allerdings in Berlin.
I+E	Okay, ja, danke schön. Mal schauen. Dann jetzt zu dem Thema Überflussschlamm.
P+S	Ja, da ist Joachims Expertise, glaube ich, auch gut.
I+E	Wie geht man am besten mit dem um? Kannst du dazu was sagen?
P+S	Also die Frage ist erstmal, wie viel überhaupt anfällt. Also derzeit mit dem sehr minimalistischen Betrieb, den wir für die Reaktoren haben, weil wir uns lange Versuchsreihen anschauen, haben wir tatsächlich keinen Überschussschlamm. Ich wollte gerne mal Schlammproben für die Mikroschadstoffe und wir kriegen derzeit einfach nichts raus aus dem Reaktor. Wenn man deutlich höherer Durchsatzmengen hat, wird man sicherlich auch mehr Schlamm aus diesem Prozess irgendwie rausholen, weil der Biofilm halt einfach immer abwechselnd abstirbt, wenn das quasi in einer stationären Phase ist. Also es wird sich immer was neues bilden und dann irgendwann wird der Rest abgestoßen. Wenn man ja eh aus der Vorklärung gewissen Schlamm hat, würde ich sagen, es macht total Sinn diesen Überschussschlamm einfach in der Schlammaufbereitung mit zu verwerten, dass man gucken kann, ob man da noch Energie rauszieht, das weiß ich nicht. Das wird glaube ich derzeit auch mit dem Belebtschlammverfahren so gemacht, dass alles an Überschussschlamm im Prinzip zur Schlammbehandlung geht und das in einem bearbeitet wird. Wie hoch der Wasseranteil und der Feststoffanteil da ist - keine Ahnung, ob man da nochmal was vorbehandeln muss, kann ich auch nicht einschätzen. Das Thema Schlammbehandlung muss ich sagen, ist tatsächlich in meinem Arbeitsbereich noch relativ außen vor. Und derzeit kriegen wir dort keinen Schlamm raus. Hier ist das so ein bisschen nebensächlich, da weiß Herr Behrendt deutlich mehr. Das ist so eines seiner Steckenpferde.
I+E	Dann ist das ja auch schon mal eine hilfreiche Erkenntnis.
P+S	Genau. Wenn ihr da ganz spezifisch auch was wissen wollt, überlegt euch auch vorher genau, was die Sachen sind, die ihr gut verstanden habt, was die Sachen sind, wo ihr sagt, das spezifisch wollen wir noch mal verstehen und versucht es dann auch ganz klar genau so zu verdeutlichen, weil ich glaube, auch in der Schlammbehandlung gibt es ganz viel verschiedene Prozesse und Bereiche, sodass ihr auch genau wisst, was ihr aus diesem Gespräch dann rausnehmen wollt. Genau, um dann auch wirklich die Antworten zu bekommen, die ihr haben wollt. So als Tipp, könnte helfen.
I+E	Ja, auf jeden Fall. Zu dem Thema hätten wir sonst noch ein paar mehr Fragen, aber ich glaube, dann führen wir das Gespräch dann einfach am besten mit ihm. Kannst du uns was zu den Kosten sagen, die eine Betreuung von einer KNF, jetzt in Bezug auf das Hospital, jetzt nur auf den Neubau bezogen, 1200 Menschen dann ihr Abwasser da einleiten würden. Wie kostenintensiv ist das im Aufbau und dann später?

<p>P+S</p>	<p>Als ungefähre Idee, was da so mit reinspielt. Also genaue Zahlen kann ich euch nicht sagen, weil ich mich tatsächlich mit Kosten noch so gar nicht auseinandergesetzt habe. Das kommt vielleicht so am Ende meiner Dissertation. Also wenn ihr mich in einem halben Jahr fragt, könnte ich euch vielleicht mehr sagen, aber derzeit habe ich da einfach noch keinen Kopf für und auch noch keine Zeit, da genauer rein zu gucken. Man müsste halt berücksichtigen, wie viel Durchflussmenge man so hat. Also wie viel Wasser sammelt man wirklich? Habt ihr Schwarzwasser- und Grauwasserreinigung? Wollt ihr das zusammen behandeln? Wollt ihr das einzeln behandeln? Das sind alles Faktoren, die mit reinspielen, weil davon hängt es natürlich ab. Wie groß muss der Prozess drinnen dimensioniert werden und wie groß müssen auch die Pumpen dimensioniert werden? Also ich glaube, von den Betriebskosten her hat man halt am meisten Kosten. Also klar, hat man immer erstmal Investition, aber dann sind glaube ich die Pumpen vor allem die Kostenträger. Weil du musst ja irgendwie die Fluide von A nach B bewegen und dann hat die Nanofiltration natürlich gewisse Betriebskosten, weil du einfach einen gewissen Druck aufbauen musst. Also ich denke mal so an die fünf Bar wird so eine Nanofiltration häufig betrieben. Das ist jetzt nicht so schlimm wie bei einer Umkehrosmoseanlage, aber um so einen Druck aufzubauen braucht man halt auch Energie. Und du hast natürlich so stark Investitionskosten von einer Membran. Dann muss so eine Membran gegebenenfalls gereinigt werden oder unterschiedlich viel gereinigt werden. Dann hat man für das Reinigungsmittel noch einige Kosten. Eventuell kommen Instandhaltungskosten dazu, je nachdem wie solide das dann so gebaut ist. Ich hoffe jetzt mal, dass das, wenn es vernünftig ausgelegt ist, würd ich sagen, hat man glaube ich erst mal nicht so viel Instandhaltungskosten, weil man ja schon versucht, das so zu bauen, dass man nicht große Probleme damit hat. Dann würde ich sagen, wenn du so eine Pilotanlage hast oder eine Anlage, die ja auch kontinuierlich arbeiten soll, brauchst du auch irgendwas an Steuer- und Regelungstechnik. Das wäre wahrscheinlich auch an Investition bisschen kostenintensiver, weil solche Systeme halt ein bisschen was kosten. Insbesondere wenn du vielleicht in Richtung eines Onlinesystems oder so schauen würdest. Also wenn du bestimmte Ströme vielleicht auch abhängig von Zufluss und Abfluss regeln möchtest, dann musst du natürlich auch irgendwie Messsonden dafür haben, anhand derer du da Entscheidungen fällen kannst. Was das allerdings wirklich genau kostet, kann ich euch nicht sagen. Das wären nur so Sachen, wo ich jetzt so aus dem Bauchgefühl heraus sagen würde, das sind alles Faktoren, die man berücksichtigen muss für solche Kosten.</p>
<p>I+E</p>	<p>Ja, kannst du eine Aussage dazu treffen, wo der preisliche Unterschied zwischen der KNF im Betrieb und der herkömmlichen Kläranlage ist?</p>
<p>P+S</p>	<p>Tatsächlich überhaupt nicht, weil ich glaube, da würde man ja von ganz unterschiedlichen Dimensionen sprechen. Also wenn du so ein großes Klärwerk hast, rechnet sich das ja ganz anders runter auf die Einwohnerzahlen im Vergleich zu so einer dezentralen Anlage. Da habe ich tatsächlich keine Ahnung, was der Unterschied ist und in welchem Größe Bereich man da so ist.</p>
<p>I+E</p>	<p>Okay.</p>
<p>P+S</p>	<p>Da habe ich auch nicht genügend Ahnung von BWL um ehrlich zu sein. Aber das, was man da als Ingenieurin nicht so viel lernt.</p>
<p>I+E</p>	<p>Das ist gerade auch so ein bisschen unser Problem, weil das Hospital natürlich auch irgendwo Interesse an unseren Ergebnissen hat und einige Stellen schon auch engagiert sind und interessiert daran, dass das dann vielleicht ein Denkanstoß ist, weil</p>

<p>P+S</p>	<p>eben noch nicht alle Gebäude fertig geplant und auch im Bau sich befinden und dass als Chance gesehen wird, vielleicht wirklich das dann auch umzusetzen. Hoffentlich. Aber dann von uns auch so ein bisschen erwartet wird, dass wir dann auch eine Kostenrechnung aufstellen.</p> <p>Ich glaub so eine Idee nochmal, dass vielleicht für die Kostenrechnung auch zu berücksichtigen. Ich hatte mit Herrn Behrendt auch mal kurz mich darüber unterhalten. Und hatte ich ihm auch nur erzählt, dass ich ja eure spannende Anfrage bekommen habe und war erst ganz irritiert, HCU. Wusste ich noch gar nicht, dass er da auch noch eine Arbeit mit betreut. Und wir haben uns dann nochmal über das Thema Schwarz- und Grauwasser unterhalten. Man wird natürlich die meisten Mikroschadstoffe, vor allem Schwarzwasser haben, weil einfach 80 % über den Urin, glaube ich, wieder ausgeschieden werden. Also ich glaube so ungefähr 20 % wird im Körper verarbeitet und der Rest landet halt im Urin. Da haben wir natürlich deutlich höhere Konzentrationen. Im Grauwasser wird man aber auch was haben. Also insbesondere wenn man Leute hat, die viel Voltaren zum Beispiel nutzen, da ist halt Diclofenac mit drin. Das ist biologisch nicht so leicht abbaubar. Es hat aber Potential, abgebaut werden zu können. Vielleicht würde es Sinn machen, darüber nachzudenken, ob man zwar beides über so einen Prozess bearbeitet, aber es getrennt macht, weil man dann vielleicht viel mehr relativ leicht über, also vom Grauwasser rausziehen kann, weil einfach die Belastung des Grauwassers deutlich geringer ist und man da einfach immer stärker aufkonzentrieren kann vielleicht und einfach nur ganz spezifische Schadstoffe bearbeitet. Beim Schwarzwasser hat man einfach viel mehr sehr kompakt. Das hat natürlich auch wieder ein Unterschied, wenn du dir das im konventionellen Klärwerk anschaut, wo halt einfach alles zusammengeleitet wird. Und wenn du dann noch Regenereignisse hast, kommt immer mehr Regenwasser rein, dann ist alles verdünnt, weil man mit dem Grauwasser verdünnt man halt das Schwarzwasser. Also vielleicht wäre es eine Idee da die Ströme separat zu behandeln oder zu sagen man versucht das Grauwasser erst mal auch über eine Membrantechnologie aufzukonzentrieren, sag ich mal. Das was sauber ist rauszuleiten und dann das erst mit dazuzugeben zum Schwarzwasser. Weil wir sehen momentan, wir arbeiten halt mit einem Konzentrat, was wir über die Nanofiltration herstellen. Da holen wir halt 700 Liter vom Klärwerk und haben am Ende so ungefähr 30 Liter übrig. Und da geben wir dann immer mal was zum Reaktor hinzu. Da hat man halt echt aufkonzentrierte Schadstoffe. Und du brauchst schon auch eine Mindestmenge an Schadstoffen, dass die Mikroorganismen sich da überhaupt für interessieren. Kann auch sein, dass es dadrunter irgendwann abgebaut wird, aber wenn du es auch nicht mehr messen kannst, weißt du es halt auch nicht. Das hilft dann auch nicht so viel. Aber es ist schon so, dass es wohl so Induktionsschwellen nennt sich das, gibt, dass du schon auch irgendwo eine gewisse Schadstoffmenge brauchst, damit sie überhaupt biologisch abgebaut werden. Und wenn du das deutlich konzentrierter im Schwarzwasser hast, erreichst du das sicherlich länger oder etwas schneller, als wenn du dann noch das Grauwasser zur Verdünnung mit herein gibst. Das ist vielleicht so eine Idee, aber ist die Frage, dafür muss man natürlich die Leitung im Haus trennen. Ob das eine Option ist, weiß ich nicht.</p>
<p>I+E</p>	<p>Eigentlich war das auch unsere Überlegung, dass wir das voneinander trennen. Wir haben so ein Schema ausgearbeitet mit verschiedenen Schritten, die aufeinander aufbauen. Und im letzten Schritt ist dann sogar vorgesehen, dass mit einer Trenntoilette gearbeitet wird. Also damit haben wir uns auf jeden Fall schon beschäftigt.</p>

P+S	Klingt gut. Ich weiß gar nicht, wie viel Mikroschadstoffe so im Feststoffanteil sind. Ich weiß gar nicht, ob das mal jemand untersucht hat. Das kann ich euch nicht sagen. Weil im kommunalen Abwasser wird ja alles gemischt.
I+E	Ja, tatsächlich eher nicht so viel nach unserem Wissensstand, soweit wir uns jetzt informieren konnten. Aber durch die Trenntoilette wird ja dieser aufwendige Trennungsprozess einfach umgangen und viel an Zeit, Energie und Ressourcen gespart.
P+S	Die Frage ist auch eher, wenn man den Feststoffanteil abtrennt, ob man da zu viele Mikroschadstoffe woanders hinleitet? Aber ich würde jetzt auch schätzen, dass der meiste Teil im Urin landet, weil das ja eher über die Nieren ausgeschieden wird. Aber sicher bin ich mir da nicht. Ich bin kein Mediziner, aber ich glaube, an sich wird der Großteil über Urin tatsächlich ausgeschieden, so dass man das dann ja auch nochmal konzentrierter hätte. Würde auch die Biologie, glaube ich, wieder beeinflussen, wie die Verhältnisse von Kohlenstoffen, Stickstoffen und Phosphaten und so weiter sind. Wir haben da noch keine Ergebnisse dazu veröffentlicht. Aber so von der Idee her scheint es auch ganz gut zu funktionieren, Schadstoffe abzubauen unter Stickstoffabbau ohne dass man jetzt allzu viele Phosphate oder organischen Kohlenstoff drin hat. Also jetzt in der Versuchsphase sah das eigentlich schon ganz vielversprechend in die Richtung aus. Also wäre das vielleicht nicht mal problematisch, wenn man da nicht ganz klassisch alle anderen Abwasserbestandteile mit drin hat, sondern vielleicht ist das auch sogar von Vorteil. Also es muss halt nicht immer unbedingt ein Nachteil sein, wenn Abwasser sich anders zusammensetzt. Es kann wahrscheinlich auch ein Vorteil sein, oder vielleicht macht es auch einfach keinen Unterschied. Da müsste man sich halt wahrscheinlich auch noch mal anschauen, ich weiß nicht, wie viel Literatur es da schon so zu gibt, aber als Idee ist es ja vielleicht auch gar nicht schlecht, sich die Teilströme nochmal anders anzuschauen.
I+E	Okay, du hattest ja eben auch schon mal so ein bisschen die Thematik angesprochen, dass es den Prozess einfach verlangsamt, wenn die Konzentration durch beispielsweise Regenwasser oder auch den Zufluss von Grundwasser, dann ja sinkt und das verdünnt ist. Jetzt hatten wir mit Herrn Behrendt auch in einem Gespräch darüber gesprochen, dass es eventuell ja von Nachteil sein kann, wenn die Mikroschadstoffe, so wie wir uns das jetzt überlegt hatten, in einem Schritt beim Hospital erstmal herausgefiltert werden, das gefilterte Wasser dann in die zentrale Kläranlage geleitet wird und dort die Konzentration so gering ist und eventuell in Zukunft irgendwelche rechtlichen Vorgaben dann erfüllt werden müssen, was die Konzentrationen irgendwie anbelangt und man das dann im Vorschritt irgendwie schon herausfiltert. Hast du da irgendwie eine Meinung zu?
P+S	Du meinst die Frage mit: Wie sinnvoll ist der Einsatz, wenn das geklärte Wasser im Anschluss an die zentrale Kläranlage geleitet wird? Ja, tatsächlich habe ich diese Frage gesehen und mein direkter erster Gedanke war dazu, wenn euer Permeat super gut sauber ist. Also ich sage mal, so sauber es denn geht. Also wenn da eigentlich keine Mikroschadstoffe drin sind. Wir haben auf unserer Membran mit dem Ablauf Nachklärung gearbeitet, aber viel wird das ja als ein zusätzlicher Aufbereitung Schritt gesehen. Das sieht halt aus wie Leitungswasser. Ich würde es jetzt vielleicht nicht direkt trinken, weil es können auch andere Sachen drin sein. Aber an sich ist es ja nochmal viel mehr aufgereinigt. Ich glaube, dass es eigentlich gar nicht sinnvoll ist, das nochmal in eine Aufbereitung zu schicken, wenn man sicherstellt, dass das Permeat wirklich sauber genug ist. Von unseren Versuchen landet es auch immer im Klärwerk, weil es halt Versuchsanlagen sind und es ist dort angeschlossen. Das landet normal in der Kanalisation. Wenn man aber irgendwann einen Prozess hat, der

	<p>super gut läuft und man nachweisen kann, das alle Nährstoffe, Kohlenstoffe, Stickstoffe, Phosphate in dem Bereich, wie das auch ein Klärwerk verlassen würde oder sogar niedriger und auch alle Mikroschadstoffe so gut es geht herausgefiltert sind, dann würde ich tatsächlich sagen, dass es viel mehr Sinn macht sich mit dem Thema Weiternutzung oder Direkteinleitung zu beschäftigen. Warum solltest du sauberes Wasser in ein Klärwerk geben zur Aufreinigung? Wenn natürlich Prozessschwierigkeiten immer mal da sind, müsste man eine Steuerung drin haben, wenn der Prozess mal nicht funktioniert, dass es dann doch nochmal ins Klärwerk eingeleitet werden kann. Aber wenn an sich die Membran zuverlässig läuft und der Prozess gut eingestellt ist, sollte man eigentlich in diesem Festbettreaktor, vielleicht wenn man sogar mehr als mit Einem arbeitet und sagt, man hat aerobe Bedingungen und auch Bedingungen für den Stickstoffabbau, wo man keinen Sauerstoff hinzuführt, wo du also nicht mehr mit Einem sondern mit einem mehrstufigen Prozess arbeitest. Dann müsstest du eigentlich alles an Nährstoffen und Schadstoffen loswerden, wenn sie dann nicht durch die Membran durchgehen. Dann hast du eigentlich super sauberes Wasser. Dann macht es keinen Sinn, das ins Klärwerk zu leiten. Dann macht es eher Sinn zu überlegen, dass man da mit Behörden spricht, ob es da eine andere Nutzung gibt. Wenn es sauber genug ist, vielleicht sogar Bewässerung, sodass es dann Stück für Stück in den Boden sickert. Oder für irgendeine Art Reinigung, also nicht als Trinkwasser direkt, da fehlen noch ein paar Aufbereitungsschritte. Aber dass man eher darüber nachdenkt, das nochmal anders zu nutzen als das ins Klärwerk zu jagen.</p>
I+E	<p>Okay. Ich weiß nicht, du hattest dir die Fragen ja angeschaut und da hatten wir eine optionale Frage zur Grauwasseraufbereitung. Ich weiß nicht, ob du dazu etwas sagen kannst oder ob wir die überspringen.</p>
P+S	<p>Ich habe mich tatsächlich mit Grauwasser nicht wirklich beschäftigt. Ich weiß aber, dass einige Schadstoffe ziemlich spezifisch darin vorkommen. Ich glaube, da gab es auch mal eine Arbeit bei uns am Institut mit Hamburg Wasser zusammen. Also sowas wie Diclofenac hast du halt viel in Grauwasser, weil das viel in diesen Schmerzcremes und dann gibt es Leute, die nicht daran denken, dass man das nach dem duschen aufräumen sollte oder das man einfach nur Rückstände auf der Haut hat oder man wäscht sich das von den Händen. Das summiert sich relativ schnell auf. Ich glaube, wenn man es genügend schafft, das aufzukonzentrieren, dann kann man das vielleicht mit der KNF versuchen. Wenn das jetzt aber sehr dünnes Abwasser ist, dann weiß ich nicht, ob man die arme Biologie nicht etwas unterfüttert. Wobei die ist ziemlich robust, bei uns zumindest sind die Bakterien eher so im Dauerhungerzustand. Sie scheinen auf jeden Fall nicht ganz unglücklich zu sein, weil sie zumindest ihren Job, sich um die Mikroschadstoffe zu kümmern, noch relativ gut machen. Von daher wäre das vielleicht schon machbar. Und ich weiß, dass Bastian Büning, der hatte jetzt eine Weile mit Hamburg Wasser in Jenfeld an einer Anlage gearbeitet. Da geht es auch um Grauwasser mit einem Uranium Reaktor und das schien auch vielversprechend zu sein, viele Stoffe loszuwerden. Ich weiß jetzt gar nicht, wie viel jetzt auf Mikroschadstoffe geschaut wurde oder ob es mehr darum ging, Grauwasseraufbereitung generell zu machen, um es separat zu behandeln, das weiß ich jetzt nicht mehr aus dem Kopf. Aber ich glaube, da gibt es schon ähnlich Konzepte, die mal getestet wurden und wenn die funktionieren, könnte ich mir vorstellen, dass man mit der KNF durchaus eine Chance hat. Aber ausprobiert haben wir es hier noch nicht.</p>
I+E	<p>Okay. Dann jetzt das Thema dezentrale Kläranlagen. Wir hatten wie gesagt ja dieses Schema ausgearbeitet, das dann irgendwann im letzten Schritt auch vorsieht, eine dezentrale Kläranlage für das Hospital zu bauen. Was ist deine Meinung dazu? Wir</p>

<p>P+S</p>	<p>sind jetzt nicht vom Fach, aber so, wie wir mit Menschen gesprochen haben und das dann auch bei unseren Recherchen mitbekommen haben, das die Idee der dezentralen Kläranlage eigentlich Vorteile bietet und das auch angestrebt wird. Es ist aber natürlich immer sehr schwierig, bestehende Infrastrukturen zu verändern, weil die sehr beständig sind.</p> <p>Im Bereich der Abwasseraufbereitung lernt man ja hauptsächlich die großen Prozesse, wie das so mit kommunalen Kläranlagen läuft. Dezentrale Kläranlagen sind so ein bisschen ein Nebenthema. Es ist total klug, dezentrale Kläranlagen zu haben, besonders für ländliche Gebiete, wo einfach diese Infrastruktur nicht da ist. Wenn du so ein Kanalsystem baust, hast du ganz viel Aufwand. Du hast ganz viele Material und Ressourcen, die du dort hineinstecken musst. Du hast lange Wege, das muss bewegt werden. Da denke ich manchmal, dass es klüger wäre, kleinere Anlagen zu haben und da sich lokal drum gekümmert wird, als dass das Abwasser über zig Kilometer irgendwohin zu transportieren. Wie das in einem Stadtbereich ist, wenn ein bestehendes Infrastrukturnetz da ist, kann ich nicht einschätzen. Ob es da eher Sinn macht zu sagen, das System haben wir schon, also nutzen wir es. Aber wenn man so etwas wie ein Hospital oder generell Krankenhäuser, Altersheime oder Ärztezentren hat. Wenn man so ganz spezifische Bereiche hat, wo so ganz bestimmte Schadstoffe auftreten können, das ist ein total kluger Ansatz, das seperat zu behandeln, weil man einige Schadstoffe spezifischer betrachten kann. Es gibt an der HAW das PharmCycle-Projekt, sagt euch das was?</p>
<p>I+E</p>	<p>Nein, tatsächlich nicht.</p>
<p>P+S</p>	<p>Der Kollege Martin Platt, der ist da Doktorand und wir arbeiten mit der HAW so ein bisschen zusammen. Wir haben hier ein Programm bei dem wir uns mit Mikroschadstoffen beschäftigen und im PharmCycle-Projekt geht es um verschiedene Arbeitsbereiche, die sich mit biologisch besser abbaubaren Medikamenten beschäftigen. Also Sachen, die besser verstoffwechselt werden. Dass du einfach an der Quelle ansetzt. Die beschäftigen sich aber auch damit: Wie können wir uns dezentral an Krankenhäusern um Abwasser kümmern? Die arbeiten im Prinzip auch mit dem Konzept, wenn ich ein großes Krankenhaus habe, dann kann ich das Abwasser spezifisch vor Ort behandeln, um Mikroschadstoffe loszuwerden. Da ist es auch schon eine gute Richtung zu sagen, man hat unterschiedliche Ansätze. Du hast einmal das, was aus Privathaushalten kommt. Ich weiß nicht, ob es Sinn machen würde, an jedes Gebäude eine dezentrale Kläranlage zu setzen. Aber wenn du sowieso die Infrastruktur hast, dass du sagst, du beschäftigst dich mit Kommunalen. Aber wenn du Hotspots hast, dass du dir die auch spezifisch anschaust. PharmCycle beschäftigen sich im Prinzip genau in die Richtung. Da steckt noch ganz viel Potential drin, um die Konzepte zu entwickeln. Vor allem was ländliche Räume angeht. Wenn man überlegt, das Klärwerk in Seevetal, mit dem arbeiten wir auch immer mal zusammen, das ist im Landkreis Harburg. Die sagten mal, das Abwasser, was am längsten braucht, braucht zwei Tage, bis es im Klärwerk ist. Einfach weil die Distanz so weit ist. Ob das dann so noch so sinnvoll ist, keine Ahnung. Aber derzeit ist die Infrastruktur halt noch da, aber die wird ja auch irgendwann marode. Dann ist die Frage, macht es Sinn das alles mit Beton neuzubauen oder Plastikrohren? Dann ist es glaub ich klug, das Konzept im Hinterkopf zu haben. Es hat wahrscheinlich alles seine Vor- und Nachteile. Dezentrale Kläranlagen haben aber definitiv ganz viel Potential, bei dem es auch mal schön wäre, wenn das genutzt wird und man nicht bei dem Konzept bleibt, das haben wir ja schon immer so gemacht.</p>
<p>I+E</p>	<p>Das stimmt. Das ist dann ja häufig auch schwierig, davon abzukommen.</p>

P+S	Vor allem für Sonderkonzepte ist das ganz gut.
I+E	Kannst du etwas dazu sagen, wie eine Realisierung einer dezentralen Kläranlage aussehen könnte?
P+S	Da bin ich tatsächlich total raus. Ich weiß, dass einfach der Bau von Pilotanlagen brauchen kann. Das hab ich jetzt bei dem Kollegen Martin Platt mitbekommen. Corona und Materialbeschaffungsprobleme auf der Welt sind eine ungünstige Situation. Normalerweise muss sowas möglich sein. Ich weiß nicht genau, wie schnell so etwas gebaut wird. Das hängt wahrscheinlich auch davon ab, wie genau man das bauen möchte, was man genau an Spezialgeräten und Spezialmaterialien braucht.
I+E	Dann zum Abschluss nochmal die Frage: Welche Schritte sind generell nötig, um das Abwassermanagement nach dem Stand der Technik so nachhaltig wie möglich zu gestalten?
P+S	Wenn man das volle Potential ausschöpfen könnte, dann würde man versuchen, möglichst viel in die Richtung PowerStep, Energie Selbstversorgung zu betreiben. Man versucht so viel Energie wie möglich aus dem Prozess rauszuziehen. Man versucht natürlich, alle Nähr- und Schadstoffe loszuwerden. Aber dass man vielleicht nicht nur in die Richtung denkt, ich muss diese Stoffe aus dem Abwasser herauskriegen, sondern in Richtung Rückgewinnung denkt. Wie zum Beispiel Hamburg Wasser mit der Phosphatrückgewinnungsanlage. Der Trend ist zum Glück dazu hin, dass Abwasser nicht mehr nur als Abwasser gesehen wird, sondern auch als Ressource. Wir haben da halt das Problem, dass es Stoffe wie Phosphate immer weniger gibt. Der Abbau ist sehr umweltunfreundlich. Die Quellen versiegen immer mehr und an die Quellen, die noch da sind, ist es immer schwieriger heranzukommen. Für uns ist es nötig, wenn wir diese Stoffe für etwas brauchen, müssen wir diese auch wieder zurückgewinnen. Wenn man da ein ganzheitliches Konzept macht, ist es wichtig, ein autarkes Energiesystem zu betrachten und alles rauszuholen. Aber nach Möglichkeit, alle Stoffe auch wieder zurückzugewinnen. Dass man das im Hinterkopf hat. Die Abwasserbehandlung ist ja daraus entstanden, dass die Feststoffe zuerst eliminiert wurden, dann die Kohlenstoffe, die auch nicht so gut sind. Dann hat man irgendwann festgestellt, Stickstoffe und Phosphate sind problematisch für Gewässer, dann holen wir die noch heraus. Jetzt sind wir beim Schritt Mikroschadstoffe. Das ist ja historisch gewachsen, dass man den Prozess immer erweitert hat, da der Bedarf da war, die Stoffe loszuwerden. Mittlerweile sind wir schon mehr dabei zu denken, wir wollen die loswerden, aber wir wollen die da auch wieder herausziehen. Hamburg Wasser macht das tatsächlich auch über eine Art Schlammbehandlung. Man kann die Phosphate, wenn sie biologisch rausgeholt wurden, auch aus dem Klärschlamm wieder zurückgewinnen, den man abzieht. Ich habe allerdings keine Idee davon, wie das genau technisch umgesetzt wird.
I+E	Wir hatten zu Beginn des Gesprächs kurz den Aspekt aufgeworfen, wie rechtliche Vorschriften die Prozesse beeinflussen. Auch die Forschung, die Weiterentwicklung der Technologien. Darum jetzt direkt die Frage: Lassen die rechtlichen Vorschriften diese Veränderungen überhaupt zu?
P+S	Ich muss ehrlich sein, ich hab die jetzt nicht alle im Kopf. Es gibt halt Vorgaben zur Wasserqualität, wie das eingeleitet werden darf in Flüsse. Das muss halt eingehalten werden. Alles was man darüber hinaus rauszieht ist immer gut, da gibt es keine Einschränkungen. Außer man entsalzt es ganz stark, dann kann das andere Einflüsse haben. Wenn du zum Beispiel eine Umkehrosmose hast und alle Salze zurückhältst, dann kann es manchmal zu stark entsalzt sein, um es in ein Gewässer einzuleiten,

	<p>weil das auch wieder die Gewässercharakteristik beeinflussen kann. Aber alles dazwischen, das sind die minimalen Grenzwerte eines Prozesses und das sind die Maximalen. Mehr Rauszuziehen ist immer gut, das ist die Richtung, in die es gehen muss. Es gibt sicherlich eins/ zwei Parameter wie zum Beispiel stark gesalzenes Wasser kannst du auch nicht in die Gewässer packen, weil man dann andere Schäden verursacht. Die rechtlichen Vorgaben lassen es einem aber offen, dass man mehr Schadstoffe rauszieht, Wenn Mindestanforderungen da sind, müssen die auf jeden Fall erfüllt werden. Wie das mit baulichen Vorschriften ist, kann ich nicht sagen. Das ist nochmal was anderes. Man hat eine Wasserrahmenrichtlinie, es gibt Vorgaben zur Wasserqualität für Klärwerke. Es gibt auch noch Verordnungen für die Abwasseraufbereitung generell. Dann gibt es eine Oberflächengewässerschutzverordnung. Das ist ja alles nur wasserbezogen. Dazu kommen noch Verordnungen, wie: Was darf ich wie wohin bauen? Was da für Einschränkungen sind und ob die das zulassen, kann ich tatsächlich überhaupt nicht beantworten. Ich kenne auch nicht alle Wasserverordnungen in und auswendig. Das muss man halt immer prüfen, dass man da auch nochmal benannte Stellen befragt. Wobei, wenn man den Bau von etwas beantragt, muss man ja sowieso gewisse Grenzwerte berücksichtigen und spätestens dann müsste es auch überprüft werden. Ich könnte mir vorstellen, dass vielleicht auch jede Stadt und jedes Bundesland andere Vorgaben zu baulichen Angelegenheiten hat. Ob die da große Einschränkungen haben. Ob die sagen: Die dezentrale Kläranlage geht überhaupt nicht, da das nicht in deren Stadtkonzept vorgesehen ist, keine Ahnung. Das müsste man mit den Leuten direkt klären oder schauen, was eine Kommune vorschreibt. Im Bereich Umweltschutz ist es auch von Kommune zu Kommune unterschiedlich. Es gibt in Niedersachsen den Niedersächsischen Weg, da geht es um Baumschutz. Da heißt es generell: Bäume dürfen nicht einfach gefällt werden, jeder Baum muss beantragt werden. Aber was als Baum zählt, vom Durchmesser her, scheint von Kommune zu Kommune unterschiedlich zu sein. So ist das denke ich auch bei jeglichen Planungen. Ich weiß nicht, ob man das allgemein beantworten kann oder das bei jedem Stadtteil anders ist.</p>
<p>I+E</p>	<p>Zum Abschluss: Gibt es noch irgendwelche Ideen oder Input bezüglich des Themas, zu denen du dich äußern möchtest?</p>
<p>P+S</p>	<p>Gute Frage. Nein, ich glaube, wir haben soweit alle Aspekte berücksichtigt. Es ist auf jeden Fall auch eine schöne Idee, das Thema etwas mehr ins Rampenlicht zu führen und auch etwas mehr darüber aufzuklären, was mit diesen Schadstoffen passiert. Das ist zwar vorgesehen in dem Konzept mit Mikroschadstoffen umzugehen, da gibt es ganz viele Konzeptpapiere von dem UBA, da ist Information durchaus vorhanden. Aber eine Idee wäre, dass wenn so etwas umgesetzt wird, dass man mit den Anwohnern spricht, aber auch Infotafeln berücksichtigt. Dass auch Leute, die da mal vorbeikommen oder Leute, die Ihre Großeltern besuchen, auch ein bisschen auf das Thema aufmerksam gemacht werden. Das wird sicherlich nicht alle erreichen, aber für die, die es potentiell interessiert, wäre es sicherlich ganz gut. Das wäre noch eine schöne Idee, das generell mit aufzunehmen, um einfach diese Information noch etwas weiter zu verteilen.</p>
<p><u>Alle Interviewenden</u></p>	<p>Abschluss</p>

5. INTERVIEWTRANSKRIPT, WINCKLER

Interviewtranskription

<u>Datum:</u> 08.02.2023	<u>Uhrzeit:</u> 14:30 Uhr
<u>Interviewende:</u> I+H = Hjördis	<u>Interviewpartner*innen</u> P+W = Axel Winckler
<u>Einverständnis zur Aufnahme/Dokumentation</u> Ja	<u>Kontakt Interviewte</u> E-Mail: winckler@wirsind.net
<u>Verantwortlich für die Aufnahme:</u> Hjördis via Zoom	<u>Anonymisierung im Bericht? Wünsche zur Dokumentation des Kontakts?</u> Ja, namentliche Erwähnung ist erlaubt.
<u>Adresse/Ort des Interviews:</u> Zoom Meeting	<u>Ggf. Besonderheiten:</u> Interesse an Endbericht Evtl. Nachfragen zu bst. Fragen, die nicht geklärt werden konnten

<u>Alle Interviewenden</u>	Vorstellung der Interviewenden und des Projekts
I+H	Vielleicht erstmal zu Ihnen. Können Sie sich vielleicht ganz kurz vorstellen? Wie sind Sie beim Masterplan beteiligt und wie sind Sie da genau hingekommen?
P+W	Mein Name ist Axel Winkler, ich bin seit 30 Jahren Architekt, seit 25 selbstständig und ich glaube, wir arbeiten seit fünf oder sechs Jahren mit dem Hospital zum Heiligen Geist zusammen. Es gab einen Wettbewerb, einen städtebaulichen Wettbewerb, der auf dem Gelände stattfand. Das war ganz spannend mit Zwischenpräsentation, und den haben wir gewonnen und haben daraufhin sozusagen Rahmenplan und dann jetzt den Bebauungsplan in der Entwicklung. Der ist ja noch nicht abgeschlossen. Und wir sind dabei die ersten Gebäude zu planen auf dem Gelände.
I+H	Also verstehe ich das richtig, Sie haben wie gesagt den Masterplan erstellt und sind jetzt auch verantwortlich dafür, die einzelnen Abschnitte soweit zu planen.
P+W	Die ersten Gebäude haben wir gemacht und es gibt noch ein anderes Büro, die auch Gebäude gemacht haben. Die Pflege-Geschichten macht halt ein anderes Büro. Wir machen die Service- Gebäude plus die andere Geschichten. Und das ist der erste Bauabschnitt, der allerdings ohne Bebauungsplan läuft. Der läuft nach Paragraph 34, das heißt, dass was sich in der Umgebung noch einfügt, aber schon auf Ausrichtung, was der B-Plan zukünftig auch vorschreibt, sodass wir überhaupt anfangen können, weil ein Bebauungsplan dauert ja eine ganze Weile. [...]
I+H	Definitiv. Also unser größtes Thema ist das Abwassermanagement, das aus dem Gedanken heraus, dass natürlich in einem Hospital, wo viele alte Menschen wohnen, die auch viele Medikamente einnehmen, das Abwasser natürlich besonders belastet mit Mikroschadstoffen und so weiter. Natürlich in Fachkreisen ist es schon im Munde

	<p>und wird diskutiert. Und es gibt viele verschiedene Technologien, die da eingesetzt werden. Aber so in der konventionellen Abwasserbehandlung werden viele solche Stoffe nicht berücksichtigt und landen in Gewässern. Wir wollten mit beiden Themen diesen Ansatz verfolgen vom Containment, also dass man eine Eigenverantwortung für seine Emissionen hat, wie gesagt auch im Sinne von Arzneimitteln. Wir haben für das Abwassermanagement einmal so verschiedene Schritte aufbereitet. Der erste Schritt ist der Status quo, dass einfach das ganze Wasser natürlich in die zentrale Kläranlage geleitet wird, ohne Vorbehandlung, also wie es jetzt ist. Und der zweite Schritt, geht wie gesagt, auch mit ressourcenschonendem Wasserumgang einher, ist die Grauwasseraufbereitung. Und die Wärmerückgewinnung. Und der dritte Schritt ist dann auch die Einführung einer Trenntoilette, dass man wie gesagt, diese Wasserströme bei der Grauwasseraufbereitung schonmal Schwarz- und Grauwasser trennt. Bei der Trenntoilette dann auch Gelb- und Grauwasser, dass man diese spezifischen Schadstoffe, die jeweils für den Strom anfallen, auch rausfiltern kann. Da haben wir so einmal eine Kombination von Nanofiltration und Festbettreaktor.</p>
P+W	Was heißt denn Trenntoilette genau?
I+H	Das ist so ein Modell. Da wird der Urin in einer Urinfalle abgesondert und das heißt Urin wird dann gesondert von der Fäkalie aufgefangen.
P+W	Und das heißt, die Flüssigkeit fließt woanders hin als die Feststoffe?
I+H	Genau. Also im Optimalfall das. Man muss auch zugeben, da gibt es noch, einfach aus Gründen von verschiedenen Sitzposition usw., Probleme und das wird nicht zu 100 % getrennt. Aber es hat wie gesagt den Vorteil, dass ja zum Beispiel im Urin einfach viel mehr Schadstoffe vorhanden sind, besonders durch Arzneimittel, dass das dann gesondert behandelt werden kann. Und der vierte Schritt ist dann auch eine kleine dezentrale Kläranlage. In Fachkreisen ist es viel im Munde, dass das vielleicht auch besser ist, wenn man so spezifischer auf die Abwasserstruktur, also die Schadstoffe im Abwasser eingehen kann und mehr herausbekommt. Und wie gesagt, das ganze beinhaltet auch noch Energiegewinnung. Dieses POWERSTEP-Verfahren wo aus dem Klärschlamm Biogas entsteht. Aber man muss natürlich betonen, dass es auch noch eine wissenschaftliche Arbeit ist, die ich glaube in den ersten Schritten auch auf jeden Fall mit der Grauwasseraufbereitung, Wärmerückgewinnung auch der Trenntoilette definitiv Praxisanwendung finden kann. Da wollten wir auch Ihre Meinung gerne mal zu hören, wie das irgendwie im architektonischen Sinne mit eingeplant werden kann, was da so der Aufwand ist. Der vierte Schritt, diese dezentrale Kläranlage, da braucht man ja noch super viele Anlagen, viel Platz.
P+W	Das muss man im B-Plan berücksichtigen.
I+H	Genau. Wir haben uns auch schon mit Hamburg Wasser unterhalten und die meinten zu uns, das alles, was auf privatem Gelände quasi passiert. Natürlich braucht man irgendwie von der Umweltbehörde die Genehmigung, das einleiten zu dürfen in Gewässern. Aber wenn es diese Schadstoffgrenze nicht überschreitet, dann ist das auch gar kein Problem. Und wie gesagt, alles was auf privatem Grund dann passiert. Wie man das genau macht, da können Sie mir vielleicht nochmal mehr sagen.
P+W	Das ist ein schwieriges Thema. Wir haben das in einem anderen Bauvorhaben, wo wir tatsächlich einen Boden haben, der schadstoffbelastet ist durch Wasserhaltung, also durch die Baustelle, entsteht eine Wasserhaltung, weil der Wasserdruck von unten kommt. Die Baugrube läuft voll und das müssten wir einleiten und das können wir

	<p>nicht einleiten. Es ist auch ein privates Grundstück und es ist verboten, sozusagen diese Schadstoffe in dieser Konzentration in das öffentliche Wasser einzuleiten. Und dann ist es extrem teuer, das sozusagen abzuführen.</p>
I+H	<p>Aber wenn man jetzt diesen Gedanken verfolgt, dass man ja mehr Schadstoffe als konventionelle Kläranlagen schon im Vorhinein herausfiltert. Und da bei der ganzen Sache war halt irgendwie unsere Frage, wie sie so was schon in den Gebäuden, die sie planen, irgendwie mit berücksichtigen.</p>
P+W	<p>Vielleicht dazu nur ganz einfach. Wir sind im Moment also an der Grenze, wo wir überhaupt gucken können, ob wir das bauen können. Also Baukostensteigerung im letzten Jahr enorm. Beton zum Beispiel 30 % mehr und so weiter. Dazu noch ein sozialer Träger, der angewiesen ist auf sozusagen soziale Zuschüsse, die er pro Pflege Einheit gibt. Das heißt, die sind gedeckelt, dagegen der Kostenpreisindex, der gestiegen ist, ist eben nicht gedeckelt und es sieht so aus als würde es unwirtschaftlich werden. Und es ist die Frage, ob wir weiterbauen können überhaupt. Und da ist natürlich jeder Punkt, der irgendwie noch die Kosten erhöht, ein Punkt, der extrem schwierig ist. Wir hatten heute für dieses riesen Gebäude, was einmal sieben und einmal fünf geschossig ist. Der erste große Teil sozusagen, haben wir die Kostenberechnung, jetzt gerade fertiggestellt. Zum Thema Kosten ist ein extremes Thema und jeglicher Wohnungsbau von Genossenschaften ist gestoppt in Hamburg. Es gibt keinen genossenschaftlichen Wohnungsbau mehr, weil die Kosten zu teuer sind.</p>
I+H	<p>Okay, das ist tatsächlich auch an mir vorbeigegangen.</p>
P+W	<p>Und das ist natürlich schon eine Wohnungsbau nachdenkt und dann Dinge, die da noch zusätzlich obendrauf kommen, was ja natürlich wünschenswert ist und natürlich unbedingt notwendig ist, auch mit der Klimawende. Aber es kommen so viele Dinge sowieso schon obendrauf, die jetzt auch über die Behörden kommen. Auch im Bebauungsplan ist festgeschrieben, dass es Photovoltaik geben muss, es ein Gründach geben muss, dass es eine Fassadenbegrünung geben muss. Das ist alles so vorgeschrieben. Und darüber hinaus gibt es noch ganz viele weitere Punkte, dass macht Bauen nicht günstiger.</p>
I+H	<p>Nein, definitiv. Aber ich meine, Sie planen sicherlich trotzdem erstmal weiter?</p>
P+W	<p>Wir planen jetzt bis zur Kostenberechnung tatsächlich. Und jetzt liegt es erstmal. Es kann sein, dass es eine ganze Weile liegen bleibt, also auch beim HzHG insgesamt.</p>
I+H	<p>Aber jetzt allein für unsere Forschungsarbeit. Ich habe so ein bisschen rausgehört, dass sie so was wie Wärmerückgewinnung oder Grauwasseraufbereitung schon mal irgendwie mit eingeplant haben?</p>
P+W	<p>Nein, Grauwasseraufbereitung nicht. Wärmerückgewinnung ist natürlich immer ein Thema. Ganz klar. Wir machen im Moment ganz viel mit Erdwärme. Und natürlich Wärmerückgewinnung insgesamt. Aber Erdwärme wird das Thema sein, dass wir auf dem Gelände unglaublich viele Bohrungen machen werden und daraus ganz viel Energie gewinnen. Aber das wird nicht die Zukunft für das gesamte Gelände sein. Da muss man sich ein völlig anderes Thema einfallen lassen. Eigentlich hätte man, bevor man jetzt im Konzept überhaupt die ersten Gebäude angeht, ein Gesamtkonzept haben müssen, wie die Energieversorgung insgesamt passieren wird. Jetzt machen wir weitere Einzellösungen für jedes Gebäude und das ist eine Katastrophe.</p>

I+H	Aber dieser Masterplan, unter welchem Leitsatz ist der aufgestellt?
P+W	Also ein Masterplan, das heißt ja Bebauungsplan jetzt. Masterplan ist ja letztendlich die erste Idee. Und wenn die erste Idee ist, kommt ja das ganze politische drum rum. Und das ist das Entscheidende. Das heißt, ich muss es durch die Politik bekommen, durch die Behörde bekommen. Und das ist ja immer so ein bisschen wie das Fähnchen, in welche Richtung das gerade schwenkt. Wenn die Grünen da mit drin sind, habe ich bestimmte Dinge, die auch nicht unbedingt alle perfekt sind. Manchmal viel zu viel, was man dann machen muss. Und so ist es eben sehr, sehr kompliziert und sehr langwierig. Man sieht natürlich zu, dass so viel Flexibilität da drin ist, wie nur geht. Also so was würde man da jetzt nicht reinschreiben in Bebauungsplan, weil es kann ja sein, dass in fünf Jahren schon was völlig anderes aktuell ist und der Bebauungsplan hält ja 20/30 Jahre fest, was man da machen muss.
I+H	Und bei diesem B-Plan, was sind da die Hauptfokuspunkte, die gerade besprochen werden? Ich meine, dass ist einmal das Energiemanagement. Photovoltaik muss aufs Dach.
P+W	Ja, das sind so die Nebenbedingungen, die da mit drin stehen. Mit dem Bebauungsplan ist ja das hauptsächliche der Anteil von bebauter Fläche zu nicht bebauter Fläche. Dann auf welcher Höhen Geschichte ich mich entwickeln kann. Also welche Geschossigkeiten habe ich und wie letztendlich die Außenanlage passiert, wie die Erschließung passiert, wie die Stellplätze untergebracht werden, wie die öffentliche Erschließung an die private Erschließung geht. Und so weiter. Und das ist eigentlich das, was im Bebauungsplan geklärt wird, in Abwägung mit allen, die dort noch mit einfließen, also Umweltschutz und Lärmschutz und alle möglichen Gutachten.
I+H	Also hör ich das richtig raus, dass dieses Thema Umweltschutz, Nachhaltigkeit natürlich irgendwo ein Punkt ist, aber auch nicht der Fokus bisher ist.
P+W	Nicht im Bebauungsplan. Außer, dass es von der Politik eine Forderung kommt. Du musst ein Gründach machen, du musst Photovoltaik machen, Fassadenbegrünung machen und noch ein paar weitere Themen wie Bepflanzung und so.
I+H	Aber alle weiteren Schritte, die man vielleicht auch gerne machen würde, sind gerade vom finanziellen Rahmen nicht wirklich gegeben?
P+W	Vom offiziellen nicht. Es ist so ein bisschen das Thema, wenn ich ein Gebäude fördern lassen möchte, dann krieg ich nur eine Förderung, wenn ich das Nachhaltigkeitszertifikat berücksichtige. Und da wird es dann kompliziert. Also haben Sie sich damit beschäftigt mit diesem Nachhaltigkeitszertifikat?
I+H	Ja, so ein bisschen von dieser deutschen Gesellschaft fürs nachhaltige Bauen?
P+W	Genau. Da gibt es den Katalog, der ist 900 Seiten lang. Der praktisch alles, was man auch irgendwie noch zu tun hat. Ob wir uns damit beschäftigen. Wie das Büro aufgestellt ist, welche Materialien ich benutze, wo die herkommen und so, also es gibt noch die 900 Seiten, die man da erfassen muss, die man berücksichtigen muss, um dann irgendwie diesen Faktor zu kriegen und dann das jeweilige Zertifikat zu bekommen. Das heißt, wenn ich in eine öffentliche Förderung gehe, dann muss ich das sowieso berücksichtigen und daher ist es im Bebauungsplan Verfahren gar nicht mehr so notwendig. Nur wenn ich keine Förderung benötige, dann muss ich es auch nicht berücksichtigen.

I+H	Okay. Sie sind gerade im Bebauungsplan Verfahren? Und die anderen Planungen für die Nachhaltigkeitszertifikate kommen danach?
P+W	Die kommen in dem Bauvorhaben. Der Bebauungsplan ist ja das übergeordnete und jetzt habe ich einzelne Bauvorhaben, wo wir jetzt gerade auch die Kostenberechnungen machen für dieses eine Gebäude, das doppelte Gebäude und da muss man dann entscheiden, will ich eine öffentliche Förderung haben? Und dann kommt in dem Bauantragsverfahren sozusagen das Genehmigungsverfahren für die Förderung mit rein.
I+H	Und die Förderung hängen ja, wie gesagt, davon ab, wie innovative Ideen man hat. Vielleicht kann ich Ihnen an der Stelle einmal ganz kurz das Energiemanagement vorstellen. Sie haben ja schon PV auf dem Dach angesprochen. Wir sind auch so ein bisschen in die Schiene PV gegangen, allerdings natürlich ein bisschen weiter darüber hinaus mit BIPV und auch wie man das ganze managet, dieses ganze Energiemanagementsystem hinter Photovoltaik und speist man das ins Netz ein? Also macht man das ganze bilanziell oder wirklich physisch vor Ort, dass man das einspeist?
P+W	Kann ich damit auch ein anderes Gebäude bewirtschaften? Genau das geht zum Beispiel nicht. Wir haben jetzt in dem ersten Gebäude eine Photovoltaik. Das Gebäude ist relativ klein und soll jetzt sozusagen auf ein anderes Gebäude noch mit einspeisen. Das ist nicht erlaubt, geht nicht.
I+H	Das ist natürlich super ärgerlich. Lohnt es sich oder wie sieht das aus? Sollte man das also bilanziell rechnen, dass man sagt, okay, man speist den gewonnenen Strom, die gewonnene Energie in das Netz ein und verkauft es ja quasi? Das auf jeden Fall bei einem Gebäude, die Wärme oder der Strom, das auf jeden Fall physisch vor Ort verwendet. Aber wie gesagt, wenn man zwei Gebäude hat, ist das natürlich kompliziert.
P+W	Also, wenn ich es einspeisen, dann kriege ich im Moment nur einen ganz geringen Faktor. Also von dem, was ich sonst selbst benutze oder kaufen müsste. Ich habe Habeck neulichst auch gehört, der genau darüber auch nachdenkt. Wie kann ich sozusagen mir das vorhalten für denselben Preis, wie ich es auch weggebe, dann macht es Sinn. Wenn ich jetzt nicht viel bekomme dafür, was ich selbst erzeuge, macht es keinen Sinn, es zu machen.
I+H	Was muss man so baulich im Plan eines Gebäudes berücksichtigen, wenn man sagt okay, wir wollen natürlich PV auf dem Dach, aber vielleicht wollen wir auch im Nachhinein oder vielleicht auch schon dabei BIPV in Fenster, Fassade, Balkonbrüstung und was muss man da so berücksichtigen?
P+W	Gute Frage. Wir sind jetzt schon damit genug beschäftigt, wenn wir das auf dem Dach haben, weil wir gar nicht mehr benötigen. Ich habe ja keine großen Anlagen, wo ich die Energie benötige, sondern es sind ja nur kurzfristige Geschichten. Das heißt, ich habe eher das Problem der Speicherung oder es rauszugeben. Also in diesen Geschichten, die wir jetzt haben, da lohnt sich das nicht, wir müssen es machen und die Frage ist wo geht die Energie hin? Also jetzt noch mehr zu machen über das hinaus, was wir auf dem Dach haben, macht keinen Sinn. Das, was gefordert ist von Behörden Seite. Die Dachfläche der Gebäude reicht aus, um den Energieverbrauch des Ganzen zu decken. Und jetzt zum Beispiel bei Haus sechs, da ist die Frage, wo

	<p>geht die Energie hin? Die sollte eigentlich lieber auf ein anderes Gebäude, wo ich viel mehr benötige.</p>
I+H	<p>Was ist denn Ihre Meinung dazu, wenn man jetzt theoretisch trotzdem noch weitere PV an Fassade usw. bringt? Und natürlich hat man dann mehr Energie. Aber ist es nicht letztendlich, wenn man als größere Institution nicht auch sinnvoll mehr zu produzieren?</p>
P+W	<p>Mehr zu machen, als man benötigt? Würde ich sagen nein. Also das ist ja ein Rechenbeispiel. Ich weiß nicht, ob Sie das gerechnet haben. Was kostet mich, die Photovoltaikanlage zu erstellen? Wie lange hält sie? Was habe ich für Folgekosten und was ziehe ich letztendlich dabei raus? Und bislang war es immer so, dass es sich wenn überhaupt rechnet wegen der Langfristigkeit, wenn nichts kaputt geht. Aber darüber hinaus das noch zu machen, was nicht brauchbar ist und irgendwo einspeisen muss, wo ich dass nicht wiederbekommen, was ich investiert habe, wird sich das nicht lohnen?</p>
I+H	<p>Okay, also müsste man so weit gehen, dass gesetzliche Regelungen dazu motivieren?</p>
P+W	<p>Gut, die müssen sich auf alle Fälle verändern. Und ich glaube, letzte Woche gab es ein Interview mit Habeck und ich glaube, die sind gerade dabei, das genau zu ändern, dass es sich wirklich lohnt, das einzuspeisen. Was ja auch blödsinnig wäre, wenn man das so nicht macht. Es muss ja einen Anreiz geben, es zu machen, dass sich das zumindest schon mal allein trägt. Dann ist es ja okay.</p>
I+H	<p>[..] Als Frage für den Abschluss: Inwiefern können solche Konzepte auch aus der Initiative der Architekten an den Bauherrn herangetragen werden? Wie sehen Sie da Ihre Verantwortung, genau solche Themen mit reinzubringen? Oder wie handhabt man das, wenn man auch einen finanziellen Engpass hat?</p>
P+W	<p>Sehr gute Frage. Das ist tatsächlich unser Hauptproblem. Also wir sind von vornherein dabei, welches Energiekonzept bei einem so großen Gelände, wo 1200 Wohneinheiten entstehen. Das ist ja wie ein kleines Dorf. Ich kann mir wirklich Gedanken machen, wie ein Dorf energetisch funktionieren könnte. Das Problem ist, ich fange jetzt mit irgendwas an und brauche es schon am Anfang dieses Konzeptes und vermutlich schon diese Blockheizkraftwerke, was ich da erstelle, muss ich jetzt erstellen und ich habe den Ertrag aber erst ganz, ganz spät. Das heißt, jetzt gehen die Sachen schon in die Baukosten mit ein. Am Anfang, wo ich aber überhaupt keinen Ertrag habe, mit dem Hintergrund, dass die Baukosten sowieso gestiegen sind, wird man das schwer nur machen können. Und wenn man dann kein Bauprofi ist, können sie auch nicht einschätzen, was das für Folgekosten mit sich bringt. Deswegen sind sie sehr, sehr vorsichtig. Also man hätte mit dem Bebauungsplan, hätte man ein Energiekonzept entwickeln müssen und es von vornherein mit einpreisen müssen in das jeweilige Gebäude. Und das wäre in so einer Situation hilfreich gewesen. Umso später ich das mache, umso unwirtschaftlicher wird's. Das heißt, wir machen jetzt Zwischenlösung. Das, was ich eben erzählt habe, mit Erdwärme usw, damit ich jetzt mein eigenes Gebäude irgendwie energetisch hinkriege und auf den Energiestandard überhaupt hinbekomme. Was ich nachher vielleicht garnicht mehr brauche, weil ich es woanders anschließe. [...]</p>
I+H	<p>Diese Blockheizkraftwerke. Davon gibt es ja zwei. Wurden die jetzt neu dazu geplant oder waren die schon?</p>

P+W	Also, es gibt noch kein neues. Es gibt noch ein altes, das noch in Betrieb ist, aber ich glaube, es müsste ein völlig anderes Konzept sein. [...]
I+H	Gibt es vielleicht Ihrerseits noch weitere Ideen, Meinung zu diesem Konzept, was ich Ihnen vorgestellt habe? In welche Richtung man vielleicht noch mal schauen könnte, besonders wenn Sie meinen okay, PV lohnt sich eigentlich nur auf dem Dach.
P+W	Zur Zeit! Da müsste was passieren, damit man viel mehr machen kann, was man einspeist, denn der Bedarf ist trotzdem riesig. Ich sage mal bundesweit, so dass auf einem großen Gelände eine Menge passieren könnte. Was ist denn mit, das Sie am Anfang erzählt haben? Mit dem Trennwasser? Wie fließt das denn jetzt ein?
I+H	Unser Ziel ist es dann, die beiden Themen irgendwie zusammenzubringen, weil bei Abwasseraufbereitung super viel Energie auch benötigt wird. Natürlich gibt es auch das Potenzial durch diesen POWERSTEP und Nährstoffrückgewinnung, dass man Ressourcen wie halt auch Energie raus gewinnen kann aus dem Prozess. Aber man braucht halt auch Energie und im Endeffekt wollen wir natürlich auch die gewonnene Energie durch PV in diesen Prozess mit einfließen lassen. Das ist jetzt gerade die Frage, ob das bilanziell passiert oder tatsächlich vor Ort. Und da sind wir gerade so ein bisschen am Überlegen.
P+W	Wär eigentlich spannend, dafür könnte man die Energie wirklich nutzen.
I+H	Also wenn Sie jetzt sagen okay, es gibt sogar tatsächlich überschüssige Energie. Es ist super wichtig zu beachten, dass man es auch für Abwasseraufbereitung, für so Themen, die ja eigentlich in dieselbe Richtung gehen, auch nutzen kann.
P+W	Ich würde da tatsächlich mal die Sumbi-Ingenieure fragen. Die können das viel besser einschätzen, wie viel Energie wirklich davon übrig bleibt. Weil ich habe ja immer auch nur Spitzenzeiten. Nachts zum Beispiel kann ich damit ja nichts anfangen oder fast nix. [...] Keine technischen Geschichten, indem wir einfach dicke Wände bauen und komplett auf Haustechnik verzichten, weil die Erfahrung ist, nach 30 Jahren ist die Haustechnik kaputt. Dazu gehört auch diese ganze Photovoltaik Geschichte und alles was hier an Lüftung und sonstige Geschichten hat. Und wenn ich diese Dinge nach 30 Jahren neu machen muss, ist es wie Neubau. Also muss ich sehen, dass ich genau diese technischen Geschichten am besten gar nicht mehr einbauen.
I+H	Und ich meine von den Kosten her. Wenn man langfristig denkt, ist sowas dann günstiger, weil man ja auch wenig Ausgaben für eben jene Techniken hat?
P+W	Genau. Wir gehen davon aus, dass es günstiger ist. Es ist in der Erstellung erst mal ein bisschen teurer. So zeigt sich das jetzt. Aber wenn ich schon allein den Faktor nehme, dass ich nach 30 Jahren nicht nochmal neu bauen muss. [...] Das ist ein total spannendes Feld, finde ich.
Alle Interviewenden	Abschluss

ABWASSER- UND ENERGIEMANAGEMENT IM HZHG

Infrastrukturen verändern sich träge. Doch Klimawandel und der demographische Wandel sind nur zwei der Themen, die eine schnelle, progressive Veränderung des Status quo notwendig machen. Die Bachelorarbeit mit dem Titel "Abwasser- und Energiemanagement im Hospital zum Heiligen Geist Hamburg" untersucht anhand eines Neubauprojektes in Hamburg Poppenbüttel mögliche Technologien dieser Infrastrukturen zur Emissionsreduzierung. "Wie können die Emissionen des Hospitals durch den Einsatz von Technologien des Abwassermanagements und BIPV verringert werden?" - unter dieser Forschungsfrage werden mögliche innovative, nachhaltige Technologien ausgelotet.