



Erfahrungsbericht zum DBU Fördervorhaben AZ 26431-44

„Praxisorientierte Ausbildung und Demonstration
wassersparender Umwelt-Infrastruktur im
UmwelterlebnisPark Karlshöhe, Hamburg“

in Zusammenarbeit mit der Hamburger
Klimaschutzstiftung, Gut Karlshöhe

Erstellt von Dipl.-Ing. Niels-Peter Bertram, HAMBURG WASSER

November 2013

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Projektziele.....	3
3. Umsetzung der Projektziele	4
3.1 Öffentlichkeitsarbeit	4
3.2 Bildungsbereich	4
3.3 Technikbereich – kritischer Rückblick auf die Bauausführung	9
4. Entwicklung der Besucherzahlen	10
5. Wissenschaftliche Begleitung	11
5.1 Schallpegelmessung (vgl. Lange 2013), Untersuchungen im Rahmen des BMWI-Forschungsprojektes zum HWC Jenfelder Au	11
5.2 Inkrustrationen (vgl. Lange 2013), Untersuchungen im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes „KREIS“	15
5.3 Grauwasser / Pflanzenkläranlage.....	18
5.4 Nutzerakzeptanz.....	25
5.5 Eingesparte Trinkwassermengen durch Vakuumtoiletten und Regenwasserbewirtschaftung	31
6. Fazit, Ausblick und Danksagung.....	33
7. Quelle.....	33
8. Anhang 1: Umsetzung der Qualifizierungsziele	33

1. Einleitung

Seit 1989 besteht das Hamburger Umweltzentrum Karlshöhe in Hamburg-Bramfeld. Das Umweltzentrum bietet heute Raum zum Lernen und Erleben für Kinder, Jugendliche, Schüler/innen, Familien, Multiplikatoren und alle, die mehr über Umwelt und Natur erfahren und sich für ihren Schutz einsetzen möchten.

Die von der Freien Hansestadt Hamburg (FHH) gegründete Hamburger Klimaschutzstiftung hat von 2009 bis 2011 das heute „Gut Karlshöhe“ genannte Umweltzentrum umfangreich saniert und modernisiert und ist Betreiber des Gutes. Kernstück der Modernisierung war das alte Stallgebäude. Es ist Teil des repräsentativen Hofensembles und beinhaltet die für das Zentrum benötigten Raumkapazitäten zur Durchführung attraktiver umweltpädagogischer Angebote.

Die Hamburger Klimaschutzstiftung hat Hamburg Wasser gebeten, hierfür ein Konzept mit einer neuartigen Wasserinfrastruktur einschließlich der Regenwasserbewirtschaftung zu erstellen und zu realisieren. Das vorgeschlagene Konzept sah vor, eine Stoffstromtrennende Abwassertechnik zu implementieren, wie sie aus anderen Pilotprojekten (z. B. Lübeck Flintenbreite) bekannt ist. Die Besonderheit im Vorhaben Karlshöhe stellt die erstmalige Kombination aus Neuinstallation einer trennenden Sanitärtechnik und konventioneller Entwässerungstechnik dar. Dieser von Hamburg Wasser entwickelte Systemmix ist für einen Systemwechsel von einer konventionellen Entwässerung hin zu einer modernen Stoffstromtrennenden Technik in einer bestehenden Stadt mit vorhandener Infrastruktur ein wichtiger Zwischenschritt der sanitärtechnischen Sanierung, der bei bisherigen Pilotprojekten noch keine Beachtung gefunden hat.

Neben seinem technischen Nutzen dient das Entwässerungssystem gleichzeitig als Demonstrations- und Lehrobjekt für unterschiedliche Zielgruppen, um Anschauungsobjekt einer neuartigen Wasserinfrastruktur und deren Integrationsmöglichkeit in ein bestehendes städtisches Entwässerungssystem zu sein. Für unterschiedliche Zielgruppen (Auszubildende, Fachleute, Kindergruppen, Bürgerinnen und Bürger) sind verschiedene Informations- und Lernangebote geschaffen worden oder in der Umsetzung. Der Standort des Guts Karlshöhe und seine Umgebung bieten optimale Rahmenbedingungen zur praktischen und anschaulichen Untermauerung des Themas Wasserinfrastruktur.

Das vorgestellte Projekt wurde von Oktober 2008 bis September 2013 von der Hamburger Klimaschutzstiftung in enger Kooperation mit HAMBURG WASSER und den Umweltpädagogen vor Ort durchgeführt. Die seit der Inbetriebnahme des Systems im August 2011 gesammelten wertvollen Erfahrungen sowohl mit der eingesetzten Sanitärtechnik als auch aus dem Bildungsbereich wurden ausgewertet und sind hier zusammenfassend dargestellt. Eine ausführliche Darstellung der Projektevaluation ist in Lange (2013) wiedergegeben.

2. Projektziele

Das ganzheitliche Ziel des Gut Karlshöhe ist eine ansprechende Umsetzung eines umweltpolitischen und umweltzieherischen Lehrprojektes, in dem das Wissen zu den Themenkomplexen Natur, Energie und Umweltschutz der Bevölkerung vertieft näher gebracht wird. Diesem Ziel folgend sollte die vor Ort umgesetzte Entwässerungstechnik dem Anspruch einer zukunftsweisenden Infrastruktur gerecht werden und damit ökologische Technik für den Besucher erlebbar machen.

Das Ziel, modernes Umweltwissen zu vermitteln, stand in Verbindung mit der technischen Notwendigkeit, eine Kapazitätssteigerung der vorhandenen Wasserinfrastruktur zu erreichen. Die kombinierte Bewirtschaftung von vorhandenen Freigefälle- und Vakuumsanitärsystemen ermöglichte das Sammeln von Erfahrungen für weitergehende Entwicklungen. Auf diese Weise wird deutschen mittelständischen Unternehmen aus der Sanitärtechnik die Möglichkeit gegeben, den Anwendungsbereich ihrer Technik zu erweitern und mit einem Referenzobjekt die Marktchancen weiter zu steigern.

Es wurden folgende grundlegenden Projektziele gesetzt:

- Kapazitätssteigerung der vorhandenen Abwasserentsorgungstechnik,
- Schaffung einer Demonstrationsanlage für den HAMBURG WATER Cycle (HWC),
- Schaffung einer Referenzanlage für die Koexistenz von konventioneller und Vakuumtechnik in einem System,
- Publizierung der neuartigen Abwasserentsorgung und des modernen Regenwassermanagements,
- Schaffung eines Ausbildungszentrums für externe und interne Fachkräfte einschließlich, Veranstaltungen, Seminare und Kurse

3. Umsetzung der Projektziele

3.1 Öffentlichkeitsarbeit

Im Hinblick auf das geplante Projekt "HWC Jenfelder Au" sollte das Gut Karlshöhe helfen, zukünftige Bewohner zu sensibilisieren und die Technik verständlich zu machen. Aber auch allgemein interessierte Bürger sollten hier die Möglichkeit bekommen, Einblicke in eine zukunftsweisende Sanitärtechnik zu erhalten. Ebenfalls sollten das Bewusstsein und der Umgang mit der Umwelt sowie Energie gestärkt werden.

Neben seinem technischen Nutzen ist das Entwässerungssystem auch als Demonstrations- und Lehrobjekt gedacht und soll den Besuchern einerseits eine neuartige Wasserinfrastruktur aufzeigen und andererseits veranschaulichen, wie diese in ein bestehendes städtisches Entwässerungssystem integriert wird.

Hierfür sollten an den einzelnen technischen Einrichtungen Informationsplakate angebracht werden und Informationsblätter über das Gut Karlshöhe und ihre sanitärtechnischen Umsetzungen ausgelegt werden.

Ebenfalls Bestandteil einer ausführlichen Öffentlichkeitsarbeit ist ein quantitativ und qualitativ ausreichendes Angebot von Führungen und Informationsveranstaltungen durch geschultes Personal.

3.2 Bildungsbereich

Die Projektziele wiesen grundlegend zwei Ebenen auf, die konkrete sanitärtechnische Lösung als neuartiger Technmix für den Standort Gut Karlshöhe und dessen Einsatz als Demonstrations- und Lernobjekt für Informations- und Bildungszwecke. So sollten bei der baulichen Umsetzung der Ziele Fachkräfte vom Auszubildenden bis zum Ingenieur eingebunden werden, um einen Informations- und Wissensaustausch voranzutreiben. Aber auch Kinder, Bürger und pädagogische Fachkräfte sollten auf dem Gut Karlshöhe die Möglichkeit bekommen sich zu bilden. Hierauf basierend wurden unterschiedliche Zielsetzungen im Schulungsbereich auferlegt:

Ziel: Einsatz der Sanitärtechnik als Demonstrations- und Lernobjekt

- zur Qualifizierung von Fachleuten im Bereich der Aus- und Fortbildung
- als zusätzliches Lernangebot für Kindergruppen
- Information von Bürgerinnen und Bürgern

Eine ausführliche Differenzierung der einzelnen Punkte sowie deren Umsetzung kann im Anhang 1 eingesehen werden.

Betrachtet man Anhang 1 und dessen Auswertung, kann festgestellt werden, dass die Ziele fast vollständig umgesetzt wurden: Gut Karlshöhe ist zu einem vielseitigen informellen Lernort für den HWC geworden! Verschiedenste Zielgruppen konnten dieses Angebot bereits wahrnehmen. Insgesamt wurden bisher mehrere hundert Fachleute und Interessierte auf dem Gelände des Guts Karlshöhe direkt durch Fachpersonal geschult, weitergebildet und informiert. Im Berichtshalbjahr April bis Oktober 2013 fanden insgesamt 5 Schulungen und Führungen statt:

- Baugruppe Jenfelder Au (21.04.2013)
- Schulung der Mitarbeiter der Klimaschutzstiftung (24.04.2013):



- Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Abwasserreinigung und Gewässerschutz (31.05.2013):



- Ingenieurbüro Grontmij, Dänemark (20.06.2013)

- Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR, Fachgebiet Abwassertechnik (09.08.2013)

Durch Mitarbeiterinnen von Hamburg Wasser wurden Lehrmaterialien erstellt, die den Ausbildungszentren und Lehrbetrieben zur Verfügung stehen.



Mitarbeiterinnen von Hamburg Wasser bei der Erstellung von Lehrmaterialien

Ebenfalls wurden hilfreiche Informationen über die Sanitären Einrichtungen sowie Umwelt, Energie, Kreisläufe, etc. angebracht.



Schautafeln auf dem Gelände



Informationen in den Sanitärbereichen des ehem. Stallgebäudes

Die Einrichtung mit der Umsetzung neuartiger Sanitärtechnik wird erfolgreich genutzt um Schulungen zu führen und Präsentationen zu halten. Die TU Delft ist nur einer von mehreren Universitäten die diese Möglichkeit bereits genutzt haben:



TU Delft (23.11.2012)

Die Einbindung der Auszubildenden und Meister in den Bauvorgang eines sanitärtechnischen Vakuumsystems und den damit gewonnen Erfahrungen und Erkenntnissen konnte auf praktischer und theoretischer Ebene umgesetzt werden (siehe auch Titelbild):



Praktische Schulung auf dem Gelände



Theoretische Schulung

Die nächste regelmäßige Schulung der technischen Azubis der HSE ist für den 11.10.2013 geplant.



Ausstellungsexponat

Die Inhalte des HWC haben auch Eingang in die allgemeine Bildungsarbeit von Gut Karlshöhe erhalten: Zum einen durch die jederzeit frei zugänglichen Informationen in den Toiletten, auf dem EndeckerRundweg sowie in der Ausstellung, zum anderen durch organisierte Lernformate in Form von Führungen, Rallyebögen und Lernwerkstätten zum Thema „Wasser“ für Schulklassen.

3.3 Technikbereich – kritischer Rückblick auf die Bauausführung

Gegenüber dem Antrag von 2008 hatten sich in der Bauausführung einige Änderungen ergeben. Die Regenwassernutzung wurde deutlich ausgeweitet und technisch verbessert. Auf der anderen Seite wurde zunächst bis auf weiteres auf eine Schwarzwassersammlung – wie im Brief an die DBU vom 02.09.2010 ausführlich begründet – verzichtet. Trotz aller Sparanstrengungen erhöhte sich die Bausumme von veranschlagten 240.000 auf rund 380.000 € brutto. Der Förderanteil der DBU von rund 120.000 € blieb davon unberührt. Auf Grund der zwischenzeitlichen Verzögerungen wurde die Projektlaufzeit jedoch um ein Jahr verlängert.

Das ursprünglich geplante Gesamtkonzept wurde durch Entwicklungen während der Planungs- und Bauphase stark verändert (z.B. Verzicht auf den Speichertank und die stoffliche Verwertung), dass der implementierte Teilausbau teilweise nicht mehr den anfänglich hohen Erwartungen entsprach. Folgende Verbesserungspotentiale für künftige Projekte wurden durch Lange (2013) aufgezeigt:

- Eine klarere Kommunikation zwischen allen Beteiligten wäre notwendig gewesen, um alle Beteiligten zu jedem Zeitpunkt über den aktuellen Planungsstand zu informieren.
- Mängel gab es auch bei der genauen Aufteilung von Verantwortlichkeiten zwischen den vielen Projektbeteiligten, was zu Verzögerungen in der Umsetzung führte.
- Das Einbinden von Azubis in die Bauausführung hat sich als positiv für die Azubis und als aufwendig für die Planer herausgestellt.
- Die Investitionskosten auf Gut Karlshöhe waren durch die notwendige Altbausanierung sehr hoch. Da das ganze ehemalige Stallgebäude neu aufgebaut wurde und alle nötigen Leitungen neu verlegt wurden, ist hier eher von Neubau im Bestand als von einer Altbausanierung zu sprechen. Das Verlegen der Leitungen auf dem Gelände war von diversen Schwierigkeiten eines schon erschlossenen und vielfach veränderten Geländes geprägt. Dieser Umstand wurde in der Planungsphase unterschätzt und führte zu Verzögerungen und zusätzlichen Kosten. Insgesamt hätte die Kostenplanung im Vorfeld sorgfältiger ablaufen können und müssen.
- Wichtig ist es, dass heute genaue Pläne für die ganze Anlage vorhanden sind, die dem Eigentümer zur Verfügung gestellt wurden. Auf Gut Karlshöhe wurde zwar die gesamte Anlage nach der Fertigstellung von HAMBURG WASSER an die Hamburger Klimaschutzstiftung übergeben, allerdings fehlte zunächst eine genaue Beschreibung der einzelnen vorhandenen Elemente, wie zum Beispiel Schächte, Schieber oder Leitungen. Dies wurde zusammen mit einer ausführlichen Einweisung für die Mitarbeiter nachgeholt.

Für nachfolgende, vergleichbare Projekte wird an dieser Stelle empfohlen, die genannten Verbesserungspotentiale von Beginn an genau zu analysieren und das Projektmanagement auf diese Punkte stärker auszurichten.

4. Entwicklung der Besucherzahlen

Die Anzahl der Veranstaltungsteilnehmer von Gut Karlshöhe lag vor dem Umbau nach dem Jahresbericht 2005 bei ca. 26.000 Personen im Jahr. Die Prognosen für den Zeitraum nach Abschluss der Modernisierung lagen bei bis zu 140.000 Besuchern (inklusive Spaziergängern) pro Jahr. Diese Kapazitätssteigerung wäre nicht mit der vorhandenen Wasserinfrastruktur zu bewältigen. Deshalb mussten ein neues Abwasserentsorgungskonzept und gleichzeitig ein sinnvolles Überflutungsschutz- und Regenwasserbewirtschaftungskonzept aufgestellt und realisiert werden.

Untersuchungen durch die Masterarbeit von Katarina Lange „Der HAMBURG WATER Cycle® auf Gut Karlshöhe: Evaluation eines neuartigen Wasser- und Abwasserkonzepts und Analyse von Optimierungspotenzialen“ (Lange 2013) haben jedoch ergeben, dass die Besucherzahl deutlich unter den Prognosen liegt, was auch Auswirkungen auf den Nutzungsgrad der Anlage hat.

Für den Betrieb der Vakuumanlage ist die Auslastung relativ unerheblich, jedoch kann es beim Betrieb der Pflanzenkläranlage bei geringen Besucherzahlen nötig werden, in Trockenzeiten zusätzlich Regen- oder Brauchwasser zuzuführen, damit sich der Bewuchs hält. Diese und andere mögliche Schwierigkeiten wurden in einem speziellen Wartungsplan und einer Handlungsanleitung „Umgang mit Störungen“ ausführlich beschrieben und dem Betreiber – der Hamburger Klimaschutzstiftung – übergeben.

5. Wissenschaftliche Begleitung

Im Anschluss an die Inbetriebnahme des HAMBURG WATER Cycles im September 2011 war eine zweijährige wissenschaftliche Begleitung durch Mitarbeiter von HAMBURG WASSER und Studenten vorgesehen. Themen der Bearbeitung waren:

- Schallpegelbemessung (wurde durchgeführt im Rahmen eines BMWI-Forschungsprojektes zum HWC Jenfelder Au)
- Inkrustationen (wurde durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojektes „KREIS“ des BMBF)
- Grauwasser / Pflanzenkläranlage
- Nutzerakzeptanz
- Energetische Effizienz
- eingesparte Trinkwassermengen durch Vakuumtoiletten und die Regenwasserbewirtschaftung
- Gesamtevaluation des Projektes

Anfang März 2013 hatte Frau Nina Lange (Studentin „Environmental Engineering“ an der Technischen Universität Hamburg-Harburg) mit ihrer Masterarbeit „Evaluation des Wasserkonzeptes HAMBURG WATER Cycle auf Gut Karlshöhe“ begonnen. Das Ziel ihrer Masterarbeit war die Beurteilung/Analyse des Wasserkonzeptes „Gut Karlshöhe“ hinsichtlich finanzieller, ökologischer, technologischer und soziologischer Fragestellungen. Ihre Arbeit wurde inzwischen fertiggestellt (Lange 2013) und wurde mit „sehr gut“ bewertet.

Am 02.04.2013 hatte Herr Josef Miller ein sechs monatiges Praktikum bei HAMBURG WASSER begonnen. Herr Miller hatte seine Bachelorarbeit als Student „Umweltingenieurwesen“ an der Technischen Universität Braunschweig im März erfolgreich abgeschlossen und wird ab Herbst 2013 dieses Studium mit dem Ziel „Master“ fortsetzen. Eine wesentliche Aufgabe von Herrn Miller im Rahmen seines Praktikums war eine genaue Analyse und Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Pflanzenkläranlage vom Gut Karlshöhe sein.

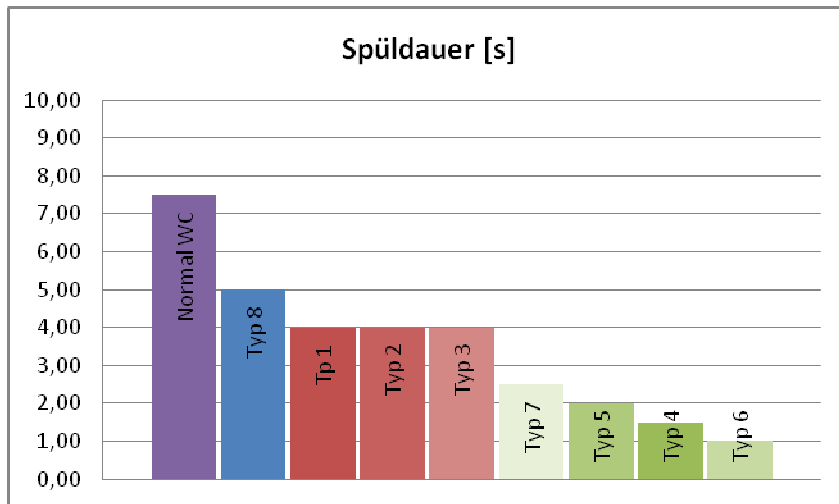
Die hier nun im Folgenden wiedergegebenen Forschungsergebnisse sind zum Teil im Rahmen anderer Forschungsprojekte erarbeitet worden. Dennoch werden diese hier wiedergegeben, da es sich um elementare Bestandteile des Gesamtprojektes handelt und wichtige Erkenntnisse zur Umsetzung des HWC-Projektes „Jenfelder Au“ geliefert haben. Sie werden später an anderer Stelle umfänglich veröffentlicht.

5.1 Schallpegelmessung (vgl. Lange 2013), Untersuchungen im Rahmen des BMWI-Forschungsprojektes zum HWC Jenfelder Au

Um den Schallpegel der verschiedenen auf Gut Karlshöhe installierten Vakuumtoiletten im Vergleich zu konventionellen Toiletten zu ermitteln, wurden im Jahr 2012 im Rahmen des BMWI-Forschungsprojektes zum HWC Jenfelder Au entsprechende Messungen durchgeführt. Zu beachten ist, dass die Schallpegelmessungen nicht unter

wissenschaftlichen Standards stattfanden. Daher werden die Namen der Toilettenhersteller hier nur verschlüsselt angegeben. Insgesamt werden drei Hersteller untersucht: Roediger, VacuSaTec und Jets.

Im Folgenden ist die Spüldauer der unterschiedlichen Toiletten dargestellt, die als „laut“ wahrgenommen wird. „Laut“ bedeutet hier, dass der Schalldruckpegel ≥ 60 dBA ist. Wie in der Abbildung zu sehen, liegt die Spüldauer der Vakuumtoiletten zwischen 1 und 5 Sekunden, während die konventionelle Toilette 7,5 Sekunden spült. In der Abbildung ist keine Unterscheidung zwischen offenem und geschlossenem Deckel gemacht worden, da dies für die Spüldauer irrelevant ist.



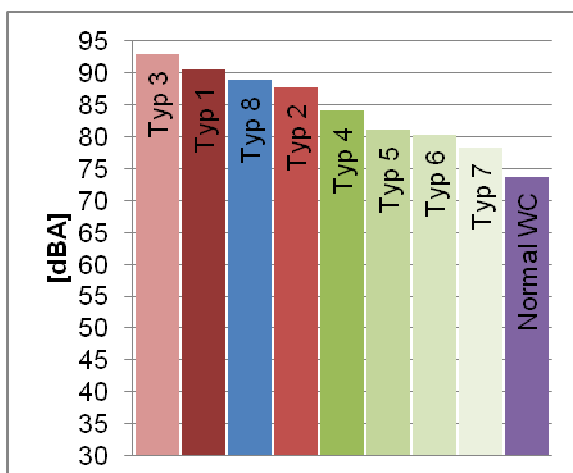
Normales WC	100%
Typ 8	66%
Typ 1-3	53%
Typ 4-7	9%

Spüldauer der einzelnen Toiletten ohne Wassernachlaufzeit

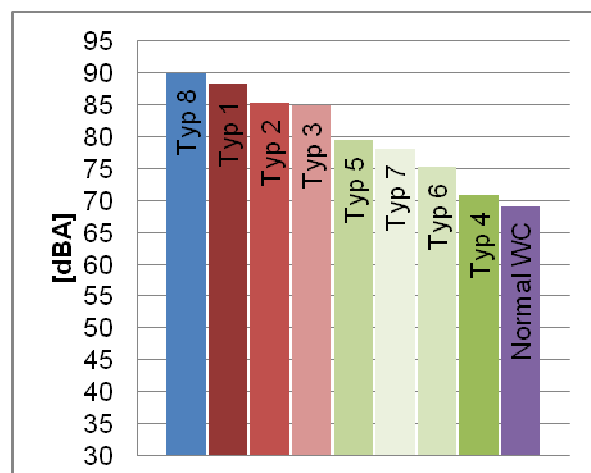
In der Tabelle oben rechts ist zu sehen, dass die Toiletten vom Typ 4-7 lediglich 9% der Zeit einer konventionellen Toilette einen Schalldruckpegel ≥ 60 dBA erzeugt. Die Toilette vom Typ 1-3 erreicht diese Lautstärke lediglich halb so lange wie eine konventionelle Toilette. Die Toilette vom Typ 8 hat von den Vakuumtoiletten mit 66% der Zeit am längsten einen Schalldruckpegel ≥ 60 dBA.

Wichtig hierbei ist, dass der Spülvorgang der verschiedenen Vakuumtoiletten grundsätzlich verschieden ist. Bei den Toiletten vom Typ 4-7 wird sofort nach Auslösen der Spülung abgesaugt, während bei den Toiletten vom Typ 8 und 1-3 erst Wasser zugeführt wird. Daraus ergeben sich natürlich unterschiedliche Spülgeräusche mit verschiedenen Zeitintervallen.

max. Pegel [dBA] - Deckel geöffnet



max. Pegel [dBA] - Deckel geschlossen

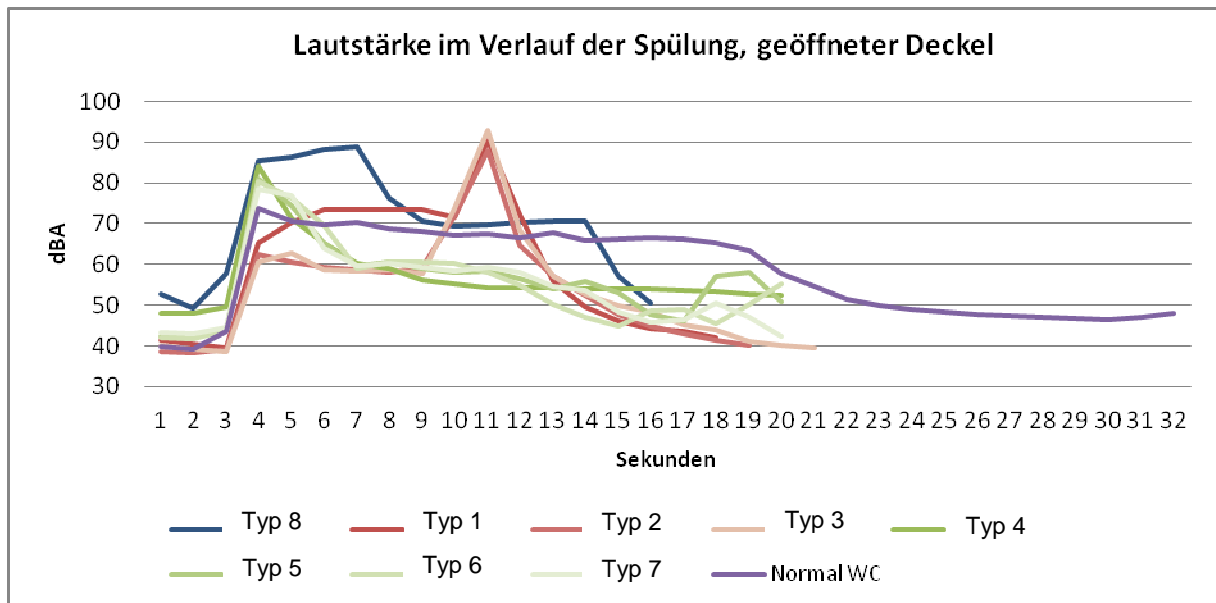


Schalldruckpegel bei geöffnetem Deckel

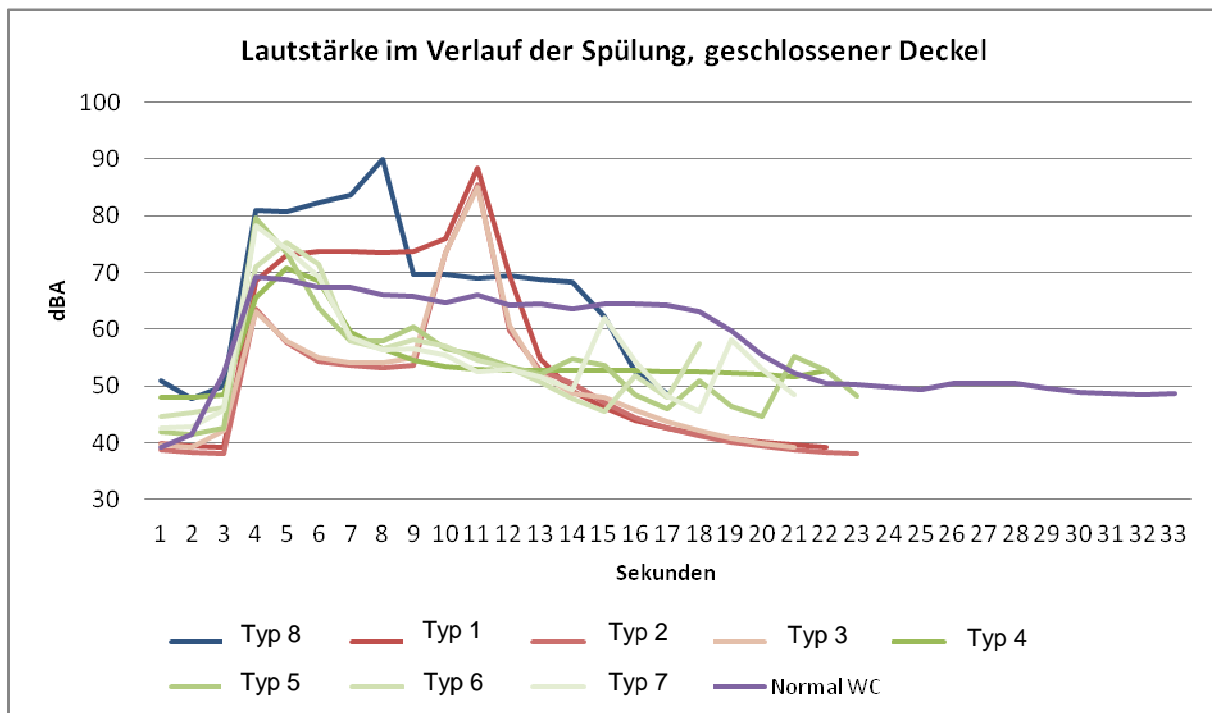
Schalldruckpegel bei geschlossenem Deckel

Wie zu erwarten ist der Schalldruckpegel bei geschlossenem Deckel niedriger als bei offenem Deckel. Von den Vakuumtoiletten sind die Typen 4-7 am leisesten. Insgesamt haben die Vakuumtoiletten einen 5–19 dBA (ohne Deckel) bzw. 2–22 dBA (mit Deckel) höheren Schalldruckpegel als die konventionelle Toilette.

In den beiden Abbildungen unten ist der Geräuschpegelverlauf während der Spülung zu sehen. Es wird deutlich, dass alle Vakuumtoiletten im Spülverlauf für mehrere Sekunden über dem Geräuschpegel der konventionellen Toilette liegen. Allerdings sind die Vakuumtoiletten, mit Ausnahme der Toilette vom Typ 8, für die meiste Zeit der Spülung leiser als die konventionelle Toilette. Es wird davon ausgegangen, dass eine reale Erhöhung des Schallpegels von 10 dB, subjektiv als Verdopplung der Lautstärke empfunden wird. Somit werden die Toiletten von Typ 1-3 und 8 als doppelt so laut empfunden, während die Toiletten von Typ 4-7 im Durchschnitt nicht einen 10 dB höheren Schallpegel erreichen. Wie in der Abbildung rechts zu sehen ist, beträgt die zulässige Einwirkzeit für 94 dBA eine Stunde. Somit ist bei dem gemessenen Schallpegel der Vakuumtoiletten keine Schädigung zu erwarten.



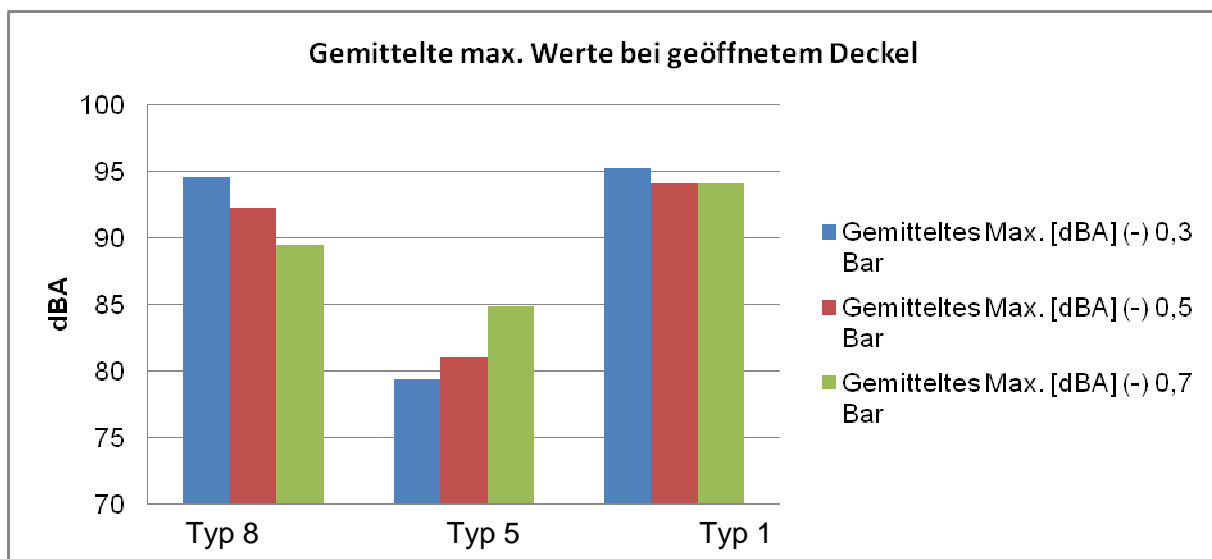
Lautstärke im Verlauf der Spülung, geöffneter Deckel



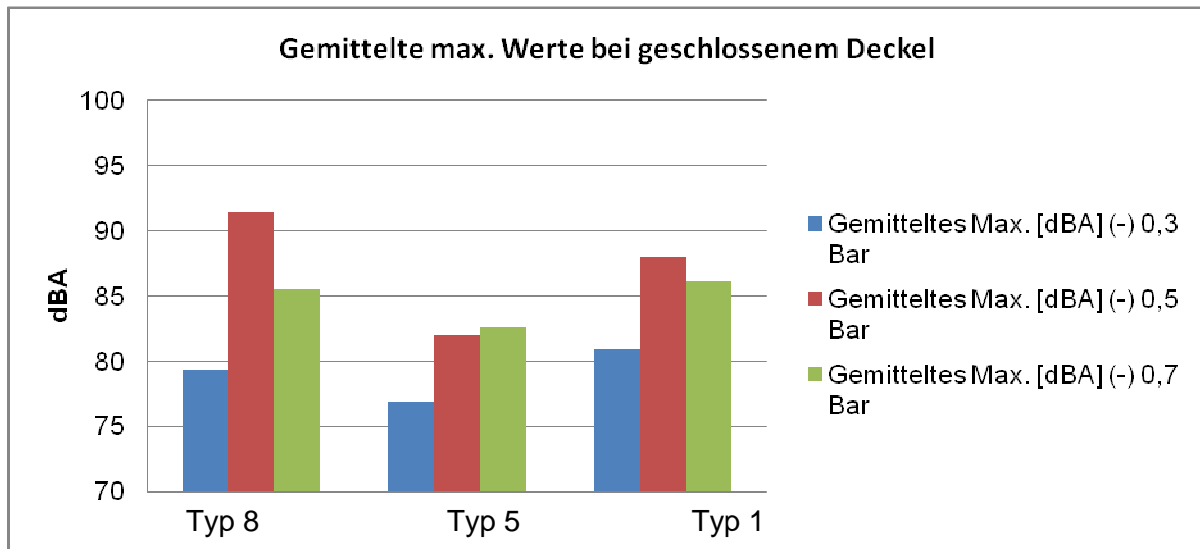
Lautstärke im Verlauf der Spülung, geschlossener Deckel

Um die Lautstärke in Bezug auf den eingestellten Unterdruck zu messen, wurden Versuche mit verschiedenen Druckeinstellungen durchgeführt. Die Vakuumanlage wurde auf -0,7; -0,5 und -0,3 Bar eingestellt und der Schallpegel an je einer Toilette jedes Herstellers aufgezeichnet. Wie im vorigen Versuch wurde jeweils drei Mal mit geöffnetem und drei Mal mit geschlossenem Deckel gemessen und anschließend der Mittelwert weiterverwendet.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zu sehen.



Versuche mit verschiedenen Einstellungen an der Vakuumanlage, geöffneter Deckel, gemittelte max. Werte



Versuche mit verschiedenen Einstellungen an der Vakuumanlage, geschlossener Deckel, gemittelte max. Werte

Ein einheitliches Muster ist für die Toiletten aller drei Hersteller nicht zu erkennen. Lediglich bei den Versuchen an der Toilette vom Typ 5 wird deutlich, dass ein erhöhter Unterdruck auch einen erhöhten Schallpegel verursacht. Insgesamt betrachtet wird deutlich, dass auf eine Veränderung des Unterdrucks an der Vakuumanlage eine Veränderung des Schallpegels beim Spülen der Vakuumtoiletten folgt. Diese ist jedoch je nach Hersteller und Druckveränderung unterschiedlich und kann nicht verallgemeinert werden.

5.2 Inkrustationen (vgl. Lange 2013), Untersuchungen im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes „KREIS“

Ein Problem bei Schwarzwasservakuumleitungen sind Ablagerungen, die an den Rohrrinnenseiten entstehen. Sie werden als Inkrustationen bezeichnet. Es handelt sich dabei um schwerlösliche Verbindungen, die aufgrund verschiedener Prozesse entstehen. Urin fungiert dabei als Katalysator, also als Auslöser und Beschleuniger. Mit dem Kalk aus dem Spülwasser und den im Urin vorhandenen Stoffen bilden sich Kalk- und Magnesiumsalze. Durch Inkrustationen verringert sich der Rohrquerschnitt und es können Probleme beim Abwasserabtransport auftreten.

Es wird angenommen, dass durch die Verwendung von Regenwasser als Spülwasser weniger Urinstein gebildet wird, da Regenwasser weniger Kalk enthält. Diese Annahme soll durch Versuche auf Gut Karlshöhe verifiziert werden. Hierzu wird eine Langzeit-Beobachtung an einem zugänglichen Leitungsstück durchgeführt. Dabei soll untersucht werden, ob das kalkhaltige Trinkwasser stärker zur Inkrustation führt als Regenwasser. Außerdem soll der Einfluss verschiedener Materialien getestet werden. Dafür wird ca. alle halbe Jahr das jeweils gleiche Leitungsstück ausgewechselt. Getestet werden Edelstahl- und Kunststoffrohrsysteme. Das Spülwasser wird so eingestellt, dass die verschiedenen Leitungsmaterialien jeweils ca. ein halbes Jahr mit Regen- bzw. Trinkwasser versorgt werden.

Unten stehende Tabelle zeigt die Versuchsaufstellung.

Tabelle: Übersicht Inkrustationsversuch

Material	Zeitraum	Spülmedium
Blücher EuroPipe Push Fit System Edelstahl EN 1.4404	8/2011 – 3/2012	Trinkwasser
Wavin Stecksystem AS Kunststoff PP (Astolan)	3/2012 – 12/2012	Brauchwasser
Blücher EuroPipe Push Fit System Edelstahl EN 1.4404	3/2012 – 12/2012	Brauchwasser
Wavin Stecksystem AS Kunststoff PP (Astolan)	12/2012 – 5/2012	Trinkwasser

Eine Analyse der Spülmedien (siehe Tabelle unten) zeigt, dass Trink- und Brauchwasser in ihrer Mineralstoffzusammensetzung sehr unterschiedlich sind.

Tabelle: Analyse der Spülmedien

Spülmedium	Einheit	Trinkwasser	Brauchwasser	Methode
Natrium	[mg/l]	20,8	1,4	DIN EN ISO 14911
Kalium	[mg/l]	2,35	0,75	DIN EN ISO 14911
Calcium	[mg/l]	35,57	3,9	DIN EN ISO 14911
Magnesium	[mg/l]	4,53	0,4	DIN EN ISO 14911

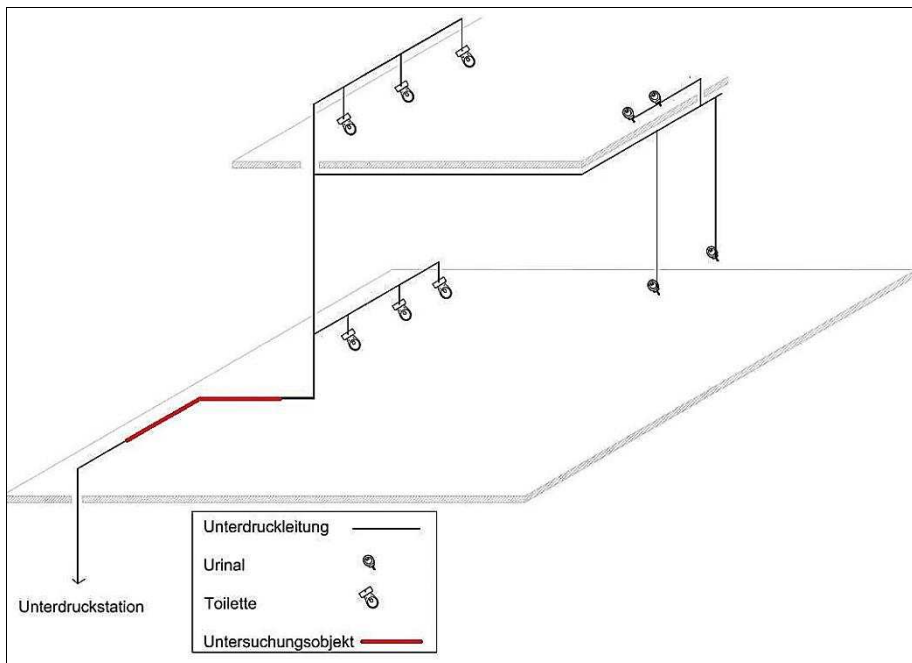
Die Hochschule Ostwestfalen Lippe übernimmt die Untersuchung der ausgebauten Teile. Des Weiteren findet parallel zum Ausbau der Leitungsstücke eine Kamerabefahrung statt, um Inkrustationen auch in eingebauten Leitungsstücken sichtbar zu machen.

Auf der Abbildung unten sind die Rohrstücke zu sehen, die regelmäßig ausgetauscht werden.

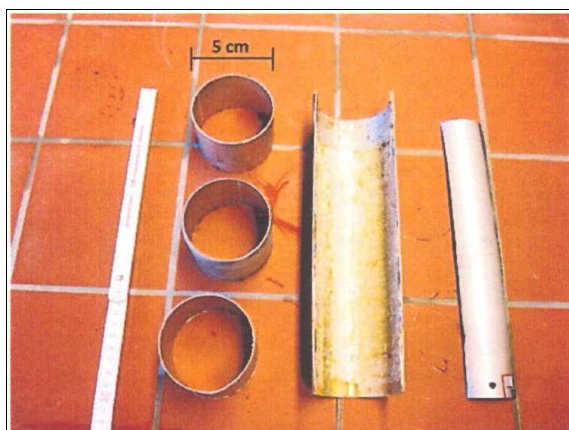


PP- und Edelstahlrohrstück

Wie in unten stehender Abbildung ersichtlich, sind an das untersuchte, horizontale Leitungsstück sechs Toiletten sowie vier Urinale angeschlossen.



Schema der betrachteten Uunderdruckleitung



Untersuchtes Leitungsstück



Probenmaterial aus Leitungsstück

Unten stehende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen.

Tabelle: Feststoffanalysen der Ablagerungen

Material			Edelstahl	Kunststoff	Edelstahl	Kunststoff	Methode
Untersuchungs-Zeitraum			8/2011 – 3/2012	3/2012 – 12/2012	3/2012 – 12/2012	12/2012 – 5/2013	
Spülmedium			Trinkwasser	Brauchwasser	Brauchwasser	Trinkwasser	
Betriebsdauer		[Monate]	7	10	10	6	
Trockensubstanz		[g/m Leitung]	10,2	10,2	11,2	: ausstehend : : : : : :	ISO 11465
Glühverlust	TS	[%]	37,4	66,8	62,5		DIN EN 12879
Phosphor	TS	[mg/g]	96	40	43		ISO 17294-2
Magnesium	TS	[mg/g]	29	18	24		ISO 17294-2
Calcium	TS	[mg/g]	170	38	37		ISO 17294-2
Natrium	TS	[mg/g]	1,7	3,4	3,9		ISO 17294-2

Die Analysen für das im Mai 2013 ausgebaute Rohrstück stehen noch aus. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass viel entscheidender als das Rohrmaterial das Spülmedium ist. Dies wird besonders deutlich bei der Betrachtung des Glühverlusts. Dieser ist beim Spülen mit Regenwasser sehr viel geringer, was bedeutet, dass die mit Regenwasser gebildeten Inkrustationen sehr viel weicher und leichter zu entfernen sind. Ob sich die erhebliche Anlagerung von Phosphor und Calcium beim Edelstahlrohr mit Trinkwasser gespült ebenfalls bei der Kunststoffleitung wiederholt, wird die weitere Auswertung zeigen müssen.

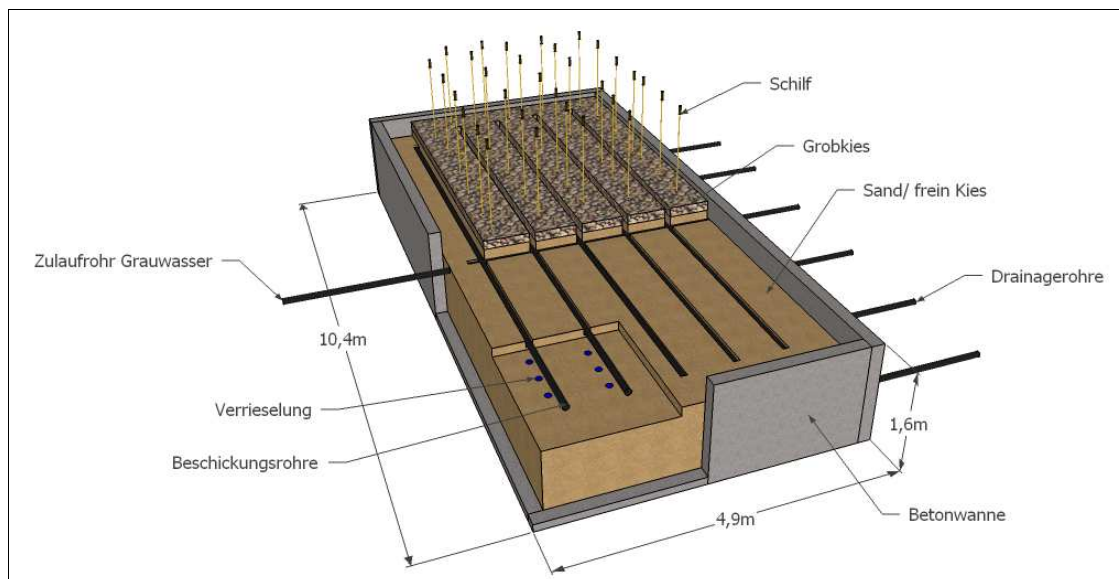
Eine Kamerabefahrung ausgehend von der unteren sowie oberen Toilette im Ausstellungsgebäude zeigte, dass die Leitungen im Haus teilweise schon nach 1 ¾ Jahren Betriebszeit erheblich verkrustet sind. Die stärksten Ablagerungen weisen die senkrecht angebrachten Vakuumleitungen auf. Grund dafür könnte sein, dass in den vertikalen Bereichen kein Wasser steht, sondern die Leitungswände beim Durchziehen des Abwassers nur befeuchtet werden und dadurch beim Verdunsten der Feuchtigkeit Rückstände zurückbleiben.

5.3 Grauwasser / Pflanzenkläranlage

Laut DWA ist Grauwasser ein „Stoffstrom aus dem häuslichen Bereich ohne Fäkalien, teilweise unterschieden in stark belastet (Küchenbereich, Waschmaschine) und schwach belastet (Badewanne, Dusche, Handwaschbecken etc.)“. [DWA-A 272 2013]

Bei der Pflanzenkläranlage handelt es sich um ein 4-stufiges System, das beim Bau 1995 für den Anschluss von 25 Einwohnerequivalenten (EW) ausgelegt wurde. Das erste Filterbecken hat eine Nutzfläche von 45 m² (4,50 m * 10 m). Vor dem Umbau des Guts Karlshöhe wurde hier das anfallende Abwasser (Grau- und Schwarzwasser) gereinigt und anschließend in Schönungsteiche abgeführt. Im Rahmen der Implementierung des HAMBURG WATER

Cycle® wurden die Stoffströme getrennt und die sanierte Pflanzenkläranlage wird nun lediglich mit dem anfallenden Grauwasser gespeist.



Filterbecken 1

Auf Gut Karlshöhe wird Grauwasser ausschließlich im Stallgebäude gesammelt. Es setzt sich zusammen aus sechs Waschbecken in der Kinderforscherwerkstatt und in der Küche, sieben Handwaschbecken aus den Toiletten im EG und OG, einer Dusche für die Personen der Gastronomie sowie zehn Bodeneinläufen. Zudem wird auch das potenzielle Abwasser von den Fischständen der geplanten Marktfläche als Grauwasser klassifiziert. Das gesamte Grauwasser fließt in eine Zweikammergrube mit Absetzschacht. Anschließend wird es zur Pflanzenkläranlage gepumpt und danach in die Schönungsteiche geleitet. Wie oben beschrieben handelt es sich um schwach belastetes Grauwasser.

Da die Menge an anfallendem Grauwasser sehr gering ist (ca. 125 l/d), wurde überlegt, ob nicht weitere Grauwasserquellen zugeführt werden können, um einerseits die Menge an Schwarzwasser zu verringern und andererseits die Wassermenge für die Pflanzenkläranlage zu erhöhen. Küchenabwasser ist generell je nach Zusammensetzung dem Grau- oder Schwarzwasserstrom zugeordnet. Das Abwasser des Gastronomiebetriebs auf Gut Karlshöhe ist ans Vakuum-, also ans Schwarzwassernetz angeschlossen. Sollte das Küchenabwasser nach Passieren des Fettabscheiders einen ausreichenden Reinigungsgrad haben – was auf Gut Karlshöhe der Fall ist-, könnte es künftig dem restlichen Grauwasser zugeführt werden. Auf Grund des hohen Aufwands für den Umbau der Leitungen wurde diese Idee wieder verworfen.

Die Sanierung der Pflanzenkläranlage im Rahmen der Modernisierung umfasste mehrere Komponenten:

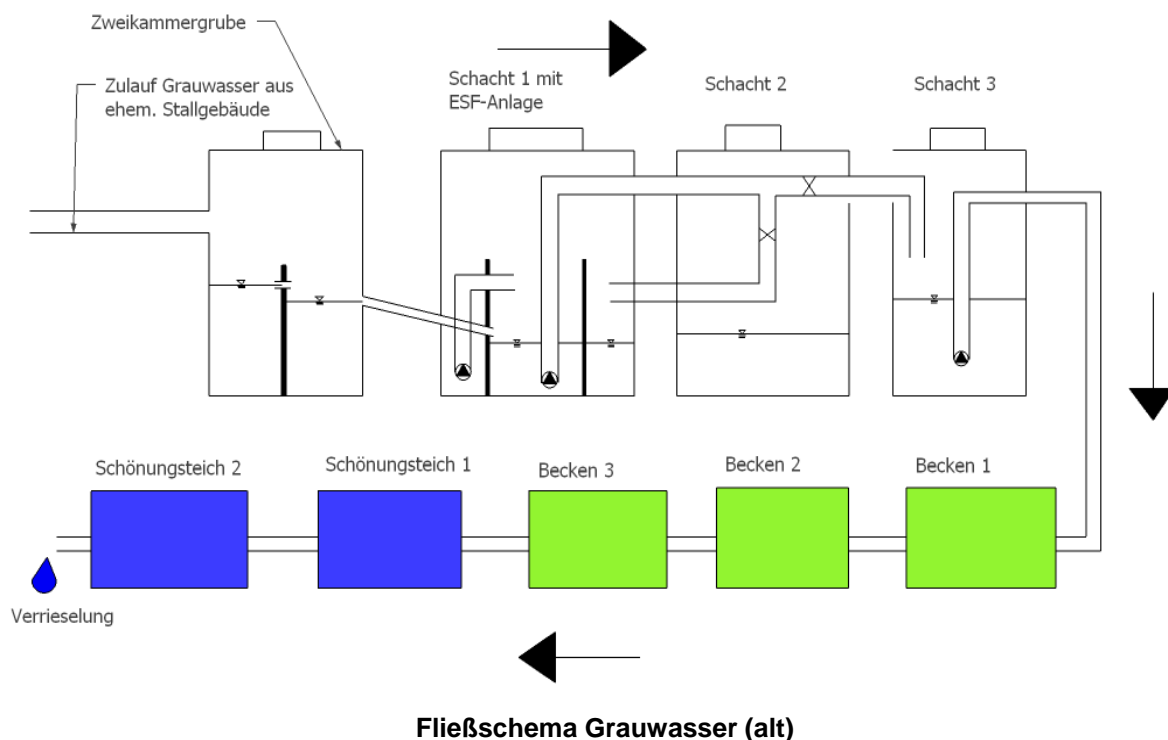
Es wurde eine Zweikammer-Absetzgrube nachgerüstet, die sich unter dem Innenhof direkt vor dem ersten Schacht des Abwassersammlers befindet. Die Zweikammergrube hat ein Nutzvolumen von 3 m³. Obwohl vorher Schwarzwasser geklärt wurde, war bislang kein Absetzschacht vorhanden. Bei Grauwasser ist ein Absetzschacht notwendig, wenn erwartet wird, dass in dem Grauwasser grobe Partikel enthalten sind, die in der Folge die Pflanzenkläranlage verstopfen könnten. Da auf Gut Karlshöhe eine Dusche sowie mehrere Handwaschbecken aus der Kinderforscherwerkstatt ans Grauwassernetz angeschlossen sind, wurde damit gerechnet, dass schwimmende Farbreste, Haare oder ähnliche Grobstoffe zu Problemen führen können.

Um den Betrieb der Pflanzenkläranlage auch bei Frostperioden sicherzustellen, wurden die oberirdisch angebrachten Beschickungsrohre am Absetzbecken im September/Oktober 2011 durch ein eingebettetes Verrieselungssystem ersetzt. Dafür wurden im Absetzbecken 30 cm tiefe Rinnen ausgehoben und anschließend das neue Zulaufverteilungssystem, bestehend aus Kunststoffrohren, verlegt. Eine alternierende Beschickung ist nun nicht mehr erforderlich. Gerechnet wurde bei der Planung mit 1 m³ Grauwasser pro Tag.

Die hinteren Becken wurden nicht umgebaut, sondern wie zuvor weiter betrieben.

Für Reparatur- und Wartungsfälle kann der Grauwasserzufluss zur Pflanzenkläranlage mit einem Schieber gesperrt werden. Das anfallende Grauwasser wird dann über die Vakuumstation in das öffentliche Siel abgeleitet.

Bis Mitte Juli 2013 wurde das Grauwasser der Pflanzenkläranlage relativ kompliziert zugeleitet:



Im Zuge der Masterarbeit von Katarina Lange unter werktätiger Mithilfe des Praktikanten Josef Miller wurden Untersuchungen an der gesamten Pflanzenkläranlage angestellt, die einen Umbau der Anlage zur Folge hatten.

Zu Beginn der Untersuchungen befand sich die Pflanzenkläranlage auf Gut Karlshöhe in einem schlechten optischen Zustand. Während das Absetzbecken äußerlich einen guten Eindruck machte und kein stehendes Oberflächenwasser, sondern dichten Schilfwuchs aufwies, war das Eliminierungsbecken stark verschlammte und die ursprünglich geplanten Pflanzen waren fast nicht vorhanden. Obwohl das Becken eingestaut war, konnte kein Stoffstrom in das anschließende Becken für die Nachreinigung festgestellt werden. Die im Eliminierungsbecken auf beiden Kopfseiten angebrachten Proberohre wiesen Wasserstände auf, die erheblich oberhalb des Wasserspiegels im Becken lagen. Es ist anzunehmen, dass es sich dabei um Regenwasser handelt und somit für die Probeentnahme ungeeignet ist.

Aus der Ausgangslage war nicht klar zu erkennen, ob der Grauwasserstoffstrom überhaupt die drei Becken der Pflanzenkläranlage durchläuft oder lediglich das Absetzbecken erreicht und der Zulauf über das Eliminierungsbecken zur Nachreinigung nicht stattfindet. Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob das Grauwasser eventuell schon nach Durchlaufen des

Absetzbeckens eine hinsichtlich der Überwachungswerte ausreichende Reinigung durchlaufen hat, so dass die beiden nachfolgenden Becken überflüssig wären.

Folglich wurde der Zulauf vom Absetz- zum Eliminierungsbecken freigelegt, was bedeutete, dass das gesamte Eliminierungsbecken ausgehoben werden musste. Bei der Planung des Beckens waren nicht, wie in der Literatur heute eindringlich empfohlen, zu allen Leitungen Zugangsmöglichkeiten gelassen worden, sondern die Zulaufrohre verliefen am Grunde des Beckens, überdeckt von einem Meter Filterschicht aus Kies und Sand. Entsprechend aufwendig war das Freilegen der Rohre, wie in den folgenden Bildern ersichtlich:



Ausheben des Eliminierungsbeckens

Anschließend wurden Proben entnommen.



Zulaufrohre am Grunde des Eliminierungsbeckens; Probenentnahme im Eliminierungsbecken

Des Weiteren wurde das Zulaufrohr zum Nachreinigungsbecken gereinigt und die Schilfwurzeln entfernt. Zulauf und Ablauf des Nachreinigungsbeckens wurden ausgehoben, um den Stoffstrom im Becken beobachten zu können. Anschließend wurde Wasser aus dem Eliminierungsbecken in das Nachreinigungsbecken geleitet, um die Durchgängigkeit des Beckens zu prüfen. Am Ablaufschacht wurden ebenfalls Proben entnommen.

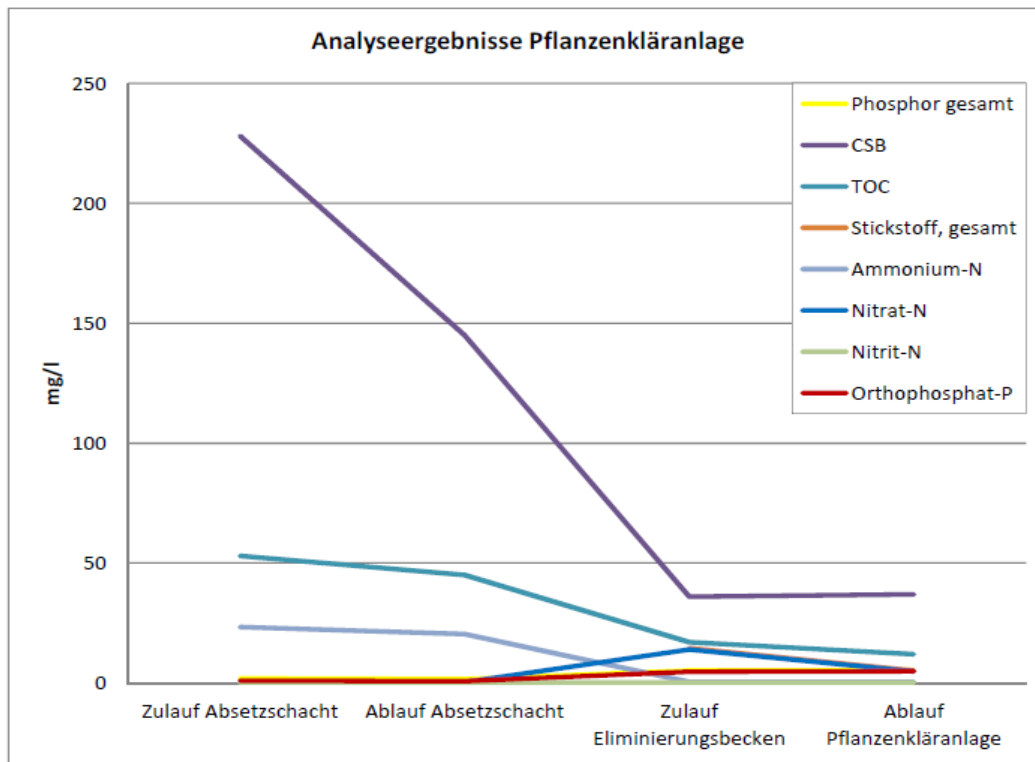




Einleiten von Wasser aus dem Eliminierungsbecken ins Nachreinigungsbecken; Ablauf des Nachreinigungsbeckens; Ablaufschacht mit Eimer zur Probeentnahme

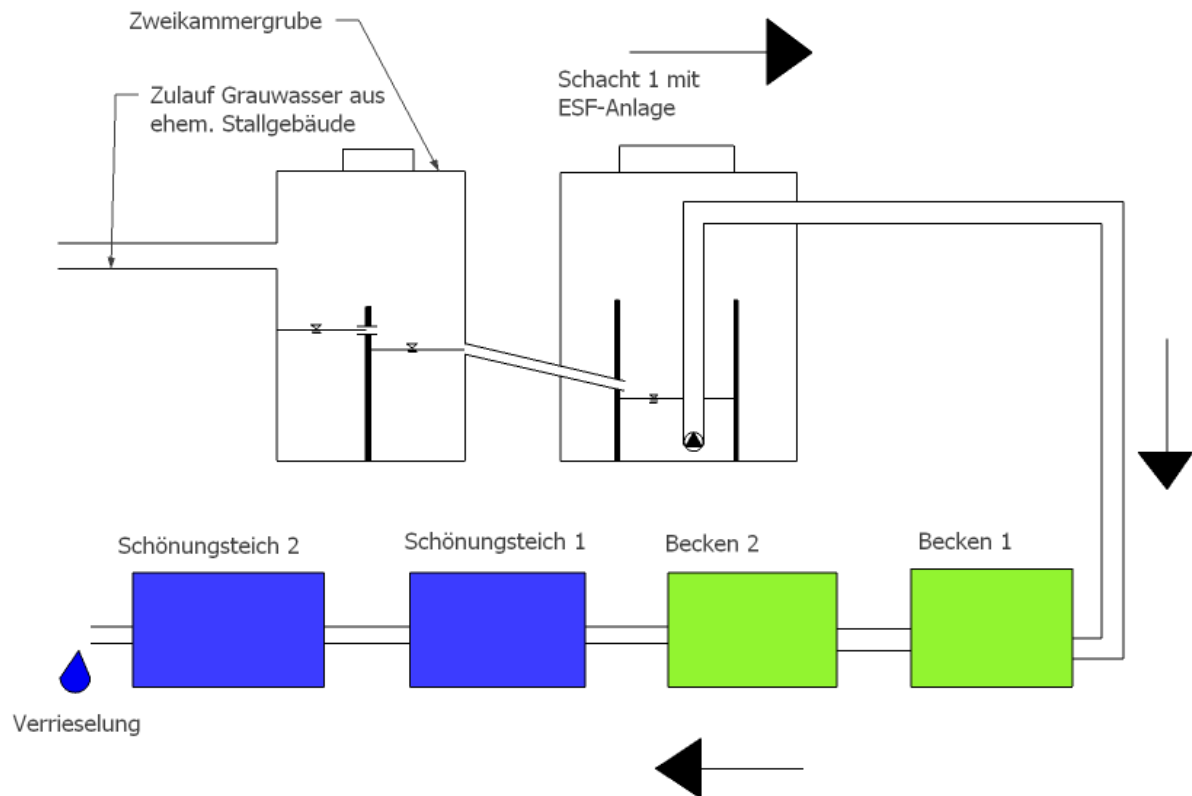
Insgesamt zeigt sich an den Analysedaten, dass die Reinigungsleistung der Pflanzenkläranlage gut ist. Die Belastung des Ablaufwassers ist gering und wesentliche Parameter wurden während der Passage durch die Pflanzenkläranlage deutlich reduziert. Vor allem der CSB-Wert nimmt zwischen Eintritt ins Absetzbecken (228 mg/l) und Austritt aus der Anlage (37 mg/l) deutlich ab. Die organische Belastung des Wassers ist demnach stark verringert worden. Ebenfalls der Gesamtstickstoff wird erheblich reduziert.

Ausgewählte Parameter sind in folgender Abbildung dargestellt.

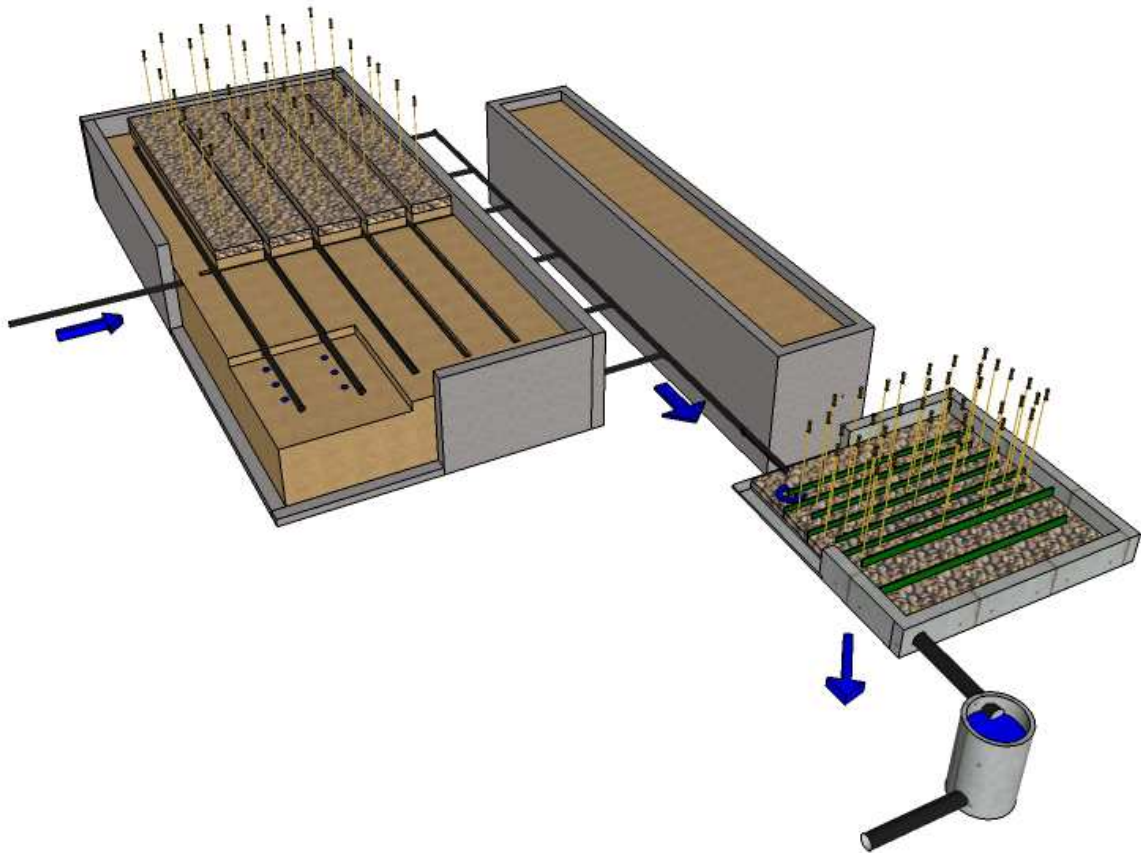


Reinigungsleistung ohne Becken 2

Es wird deutlich, dass die Reinigungsleistung vom Absetzbecken ausreichend ist und im Nachreinigungsbecken eine Restreinigung stattfindet. Das Eliminierungsbecken in seiner ursprünglich geplanten Form wieder aufzubauen wird nicht empfohlen, da die Funktionalität des Systems nicht eindeutig ist. Nach dem Umbau (Oktober 2013) wird die Grauwasserbehandlung wie folgt aussehen:



Fließschema Grauwasser ab Oktober 2013



Umbau der Becken (PKA)

Details dieser aufwendigen Analyse- und Umbauarbeit sind bei Lange (2013) nachzulesen.

Gut an der direkten Verwertung des Grauwassers über die Pflanzenkläranlage ist, dass das Wasser lokal weiterverwertet wird und keine zusätzlichen Ressourcen für Abtransport, Reinigung, etc. aufgewendet werden müssen. Entsprechend der lokalen Gegebenheiten der Schönungsteiche ist das gereinigte Grauwasser als unbedenklich einzustufen. Somit macht die momentan stattfindende Verwertung des Grauwassers ökologisch gesehen Sinn.

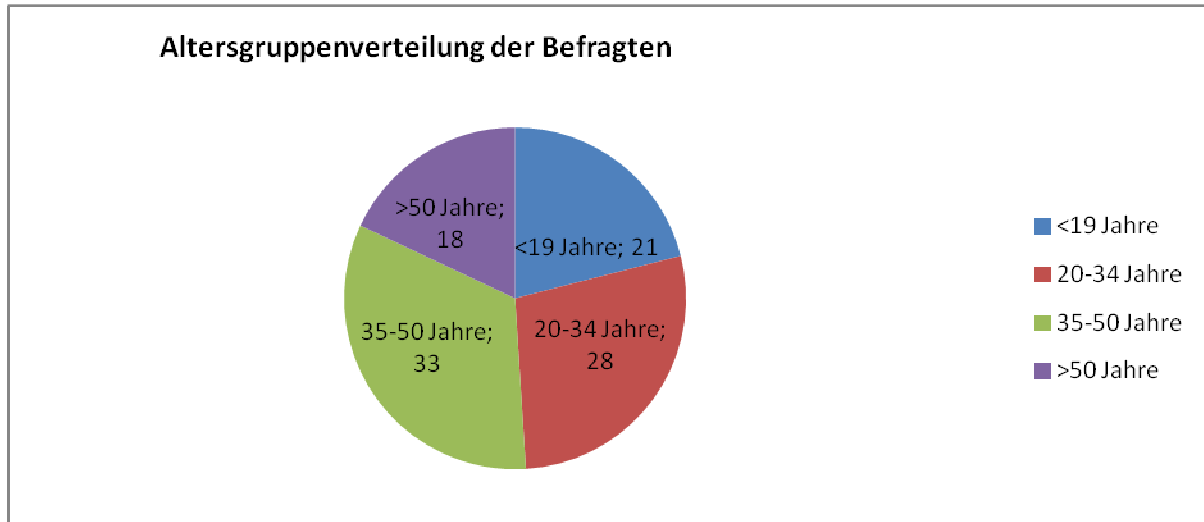
5.4 Nutzerakzeptanz

Insgesamt wurden 100 Menschen befragt mit dem Ziel, ihre Meinung zu den installierten Toiletten sowie zum HWC allgemein zu erfassen. Die Geschlechteraufteilung der Befragten liegt bei 50 zu 50. Von den männlichen Befragten nutzten 34 ein Urinal und 16 eine Toilette. Für knapp zwei Drittel der 100 Befragten war es die erste Toilettenbenutzung auf Gut Karlshöhe.

Ein Ziel von HAMBURG WASSER war es, Erfahrungen mit verschiedenen Vakuumtoiletentypen zu sammeln. Wie schon zuvor beschrieben, wurden aus diesem Grund im Ausstellungsgebäude Toiletten von unterschiedlichen Herstellern eingebaut. Um Unterschiede bei allgemeiner Zufriedenheit oder Bewertung der Lautstärke festzustellen, wurde auf dem Fragebogen vermerkt, welche Toilette die Befragten soeben benutzt hatten, allerdings wird in dieser Darstellung die Angabe der Toilettenhersteller verschlüsselt. Der Grund dafür ist, dass auch bei schlechterer Bewertung eventuell nicht die Toiletten an sich schlechter sind, sondern nur die speziellen Rahmenbedingungen auf Gut Karlshöhe.

ungünstiger für diesen oder jenen Toilettentyp sind. Daher werden in der folgenden Ausführung die Toilettenhersteller lediglich mit Typ 1 und Typ 2 benannt. Die Auswertung ergab, dass 47 Personen die Toiletten vom Typ 1 benutzt hatten und 54 die Toiletten von Typ 2.

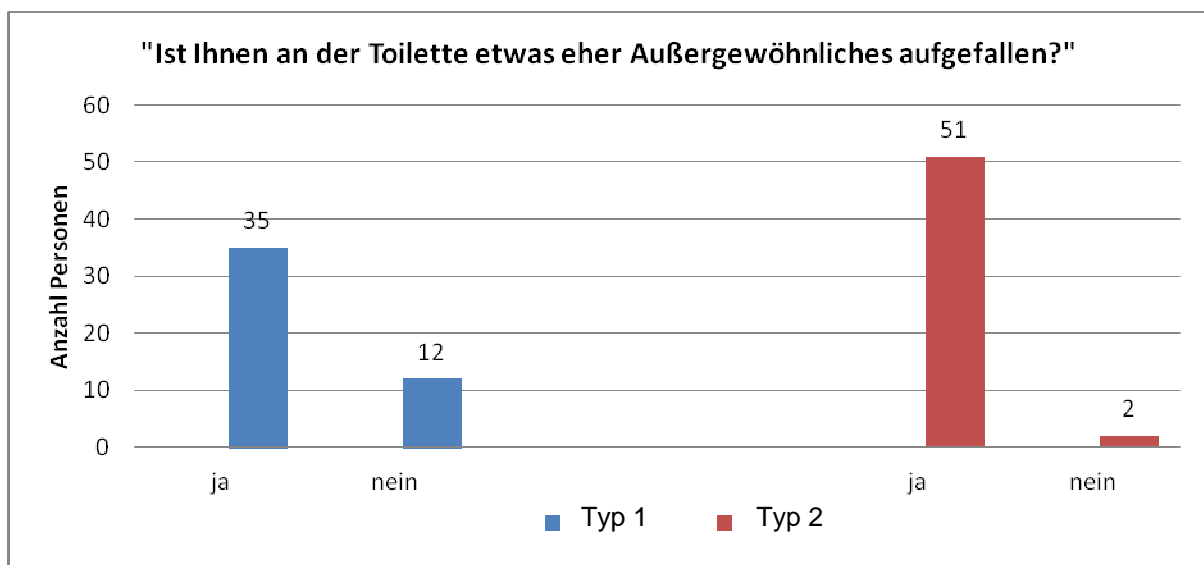
Wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist die Altersgruppenverteilung bei den Befragten relativ gleichmäßig erfolgt mit einem geringen Schwerpunkt bei den 20- bis 50-Jährigen.



Altersgruppenverteilung der Befragten

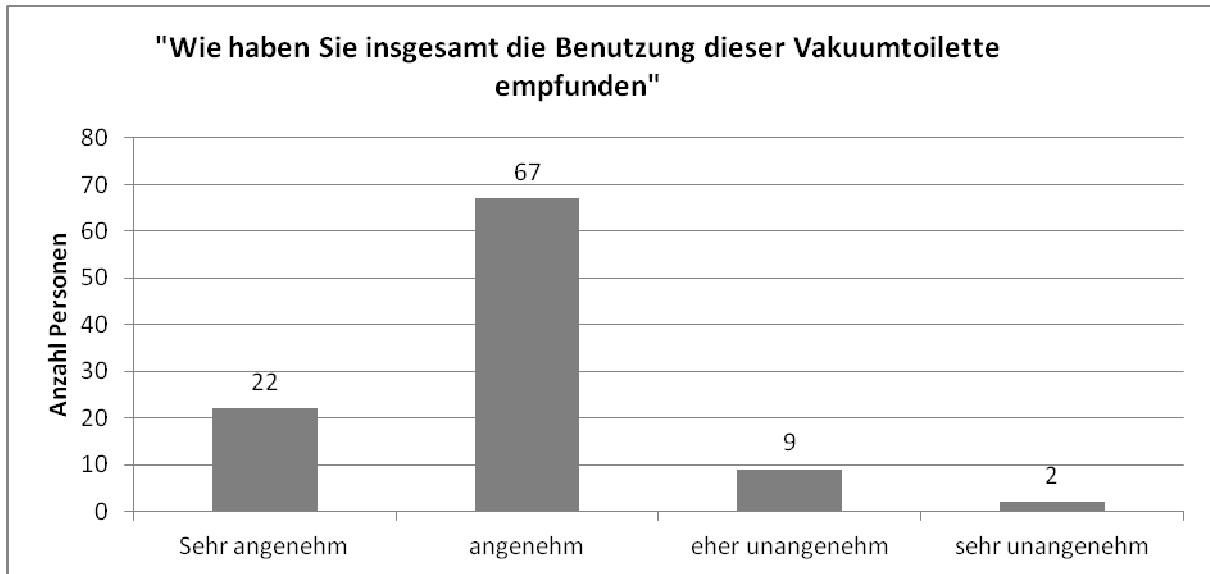
86 der Befragten war etwas Ungewöhnliches an der Toilette aufgefallen, während lediglich 14 nichts Besonderes bemerkt hatten. Bei genauerem Nachfragen gaben zehn von den 14 an, etwas Außergewöhnliches bei der Spülung bemerkt zu haben. Es zeigt sich also, dass ein Großteil der Benutzer die Andersartigkeit der Toilette bemerkten, was zum einen an dem unterschiedlichen Spülgeräusch, verglichen mit einer herkömmlichen Wassertoilette, liegen mag, zum anderen auch durch die Wandbeschriftung und sonstige Informationen hervorgerufen werden könnte. Entsprechend sind einige Besucher möglicherweise schon auf etwas Besonderes eingestellt, wenn sie die Toilette besuchen.

Wird die Frage nach außergewöhnlichen Auffälligkeiten an der Toilette nach Herstellern getrennt ausgewertet, so fällt auf, dass zwölf der 14 Benutzer denen nichts Ungewöhnliches aufgefallen war, die Toilette vom Typ 1 besucht hatten. Fast allen Besuchern des zweiten Toilettenherstellers war etwas Außergewöhnliches aufgefallen. Folglich scheint die Toilette vom Typ 1 also „normaler“ oder unauffälliger zu sein.



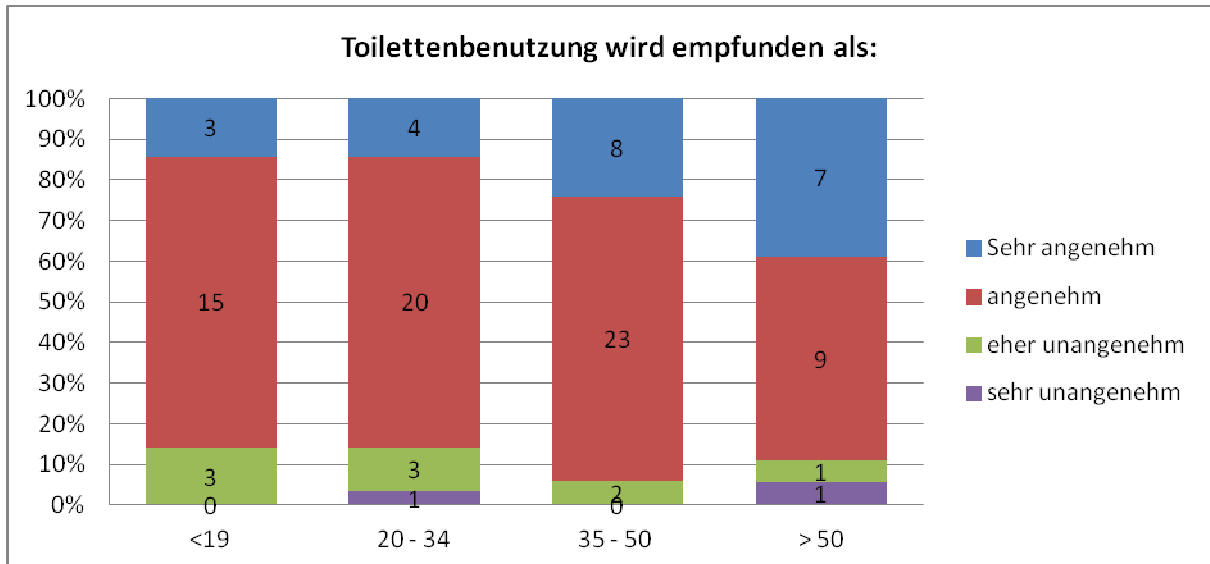
Außergewöhnliches aufgefallen an der Toilette

Die nächste Frage beschäftigte sich damit, wie der Toilettenbesuch empfunden wurde. Wie in der Abbildung unten zu erkennen ist, hatten fast 90% der Befragten den Besuch als sehr angenehm oder angenehm empfunden.



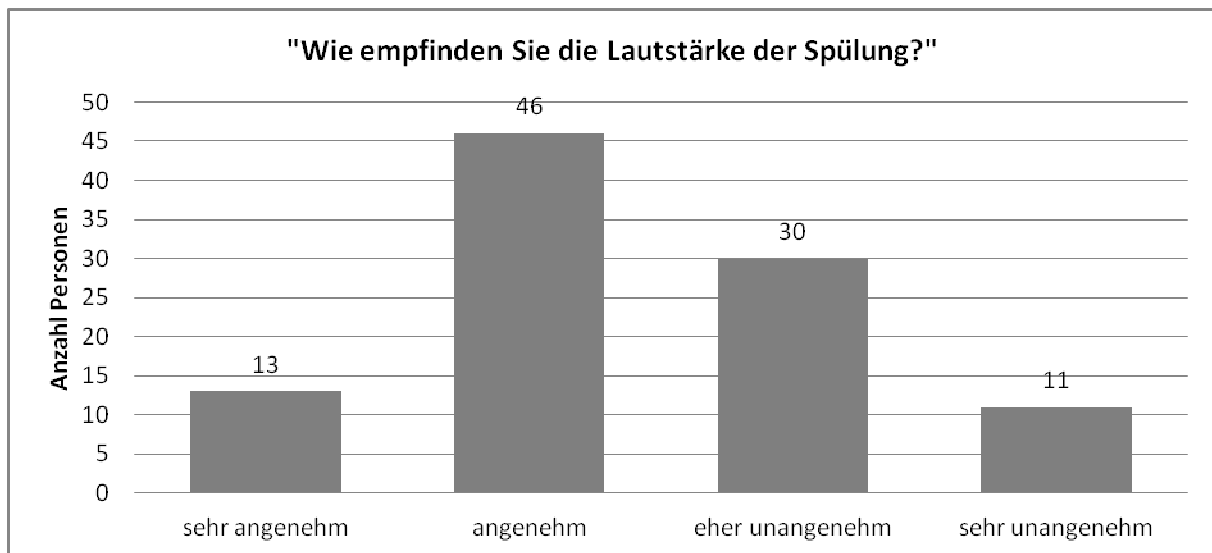
Wie wurde der Toilettenbesuch empfunden

Um festzustellen, ob eine Altersgruppe die Benutzung der Vakuumtoilette als besonders unangenehm empfunden hat, wurde folgende Grafik erstellt. Es ist keine klare Zuweisung der Altersgruppen zu bestimmten Antworten abzuleiten, woraus zu schließen ist, dass das Alter scheinbar keine Rolle für das allgemeine Wohlfühl beim Benutzen einer Vakuumtoilette spielt.



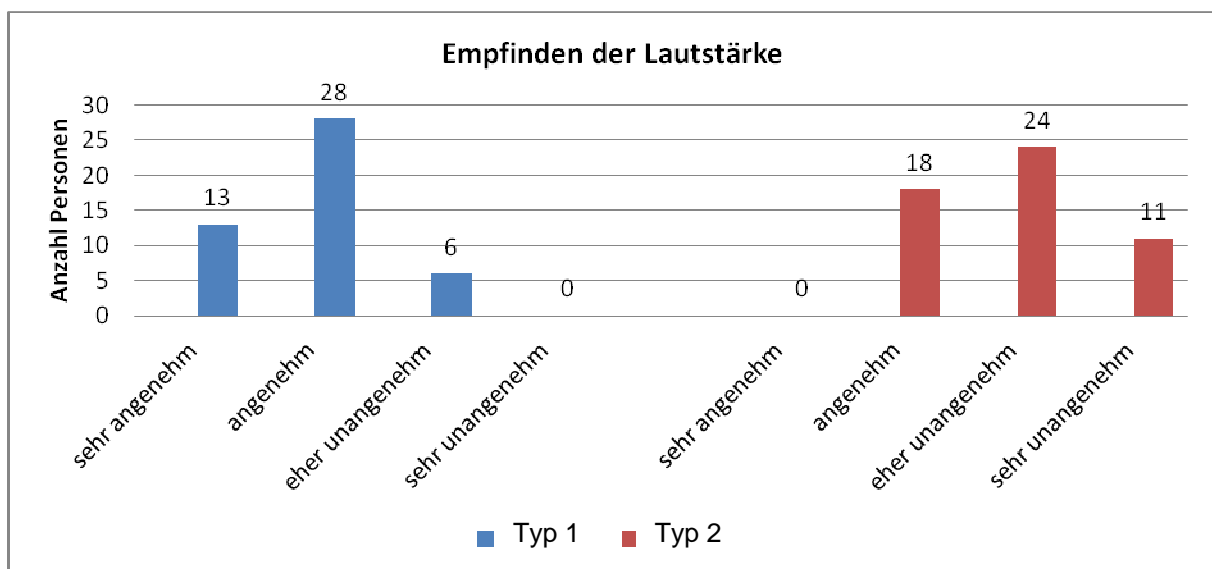
Empfinden beim Benutzen der Vakuumtoilette in Korrelation mit Altersgruppen

Auf die Frage, wie die Lautstärke der Spülung empfunden wurde, antworteten 30% der Befragten mit eher unangenehm und sogar 11% mit sehr unangenehm (siehe nachfolgende Abbildung). Obwohl dementsprechend ca. 60% die Lautstärke der Spülung als sehr angenehm oder angenehm bewerteten, zeigt dies, dass die Lautstärke bei Vakuumtoiletten ein wichtiges Thema für das Wohlbefinden der Benutzer ist.



Empfinden der Lautstärke der Spülung

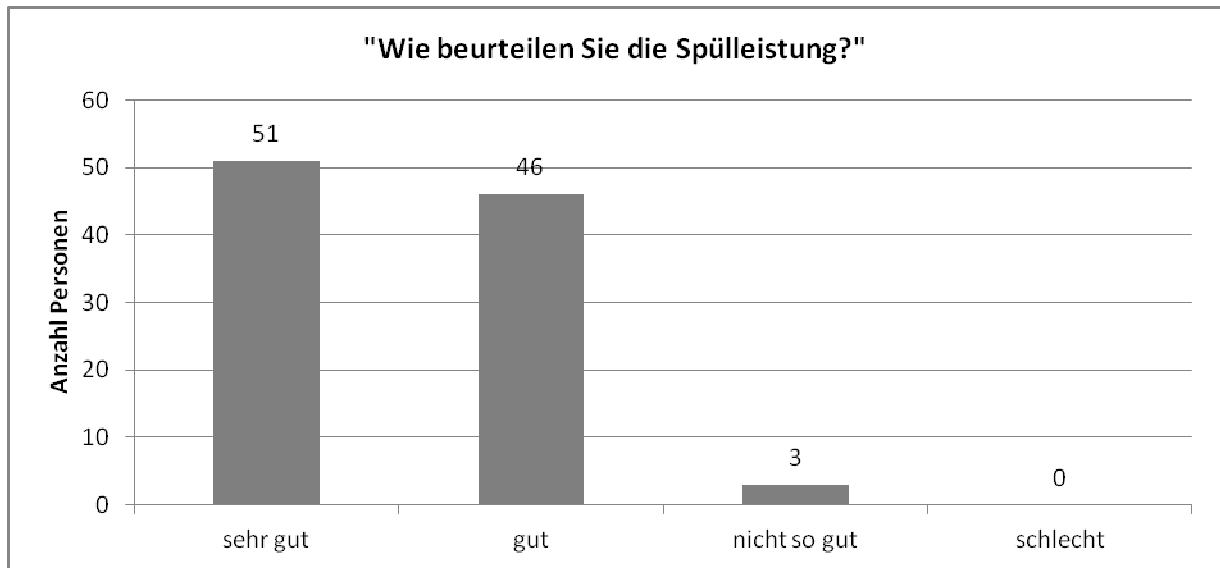
In der Tat zeigt sich bei dieser Frage ein deutlicher Unterschied zwischen den Herstellern (siehe Abbildung unten). Während niemand die Lautstärke der Toilette vom Typ 1 als sehr unangenehm klassifizierte, gab bei der Toilette vom Typ 2 niemand die Lautstärke als sehr angenehm an. 41 der 47 Typ 1-Toilettenbenutzer empfand die Lautstärke als sehr angenehm oder angenehm, während lediglich 18 der 54 Benutzer der Typ 2-Toilette ein entsprechendes Urteil abgaben. Dieses Ergebnis verwundert nicht, da es schon bei der Auswertung der Schallpegelmessung (Kapitel 5.1) deutlich wurde, dass die Toiletten vom Typ 2 einen höheren Geräuschpegel erzeugen. Von mehreren Befragten wurde angemerkt, dass die Lautstärke vor allem als unangenehm empfunden wurde, weil es sehr plötzlich laut wurde. Die plötzliche Lautstärke ist vor allem der Toilette vom Typ 2 zuzuschreiben, da bei ihr das Spülintervall relativ leise beginnt und erst gegen Ende ein kräftiges Sauggeräusch zu hören ist.



Empfinden der Lautstärke bei verschiedenen Herstellern

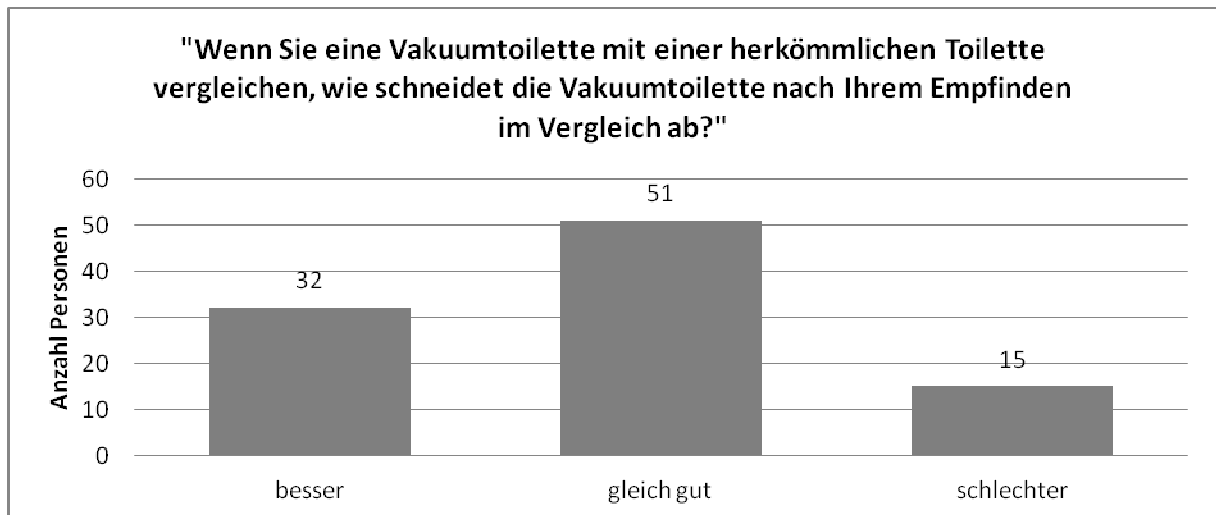
In Bezug auf die Lautstärke äußerten einige der Befragten die Bedenken, dass die Spülung vor allem nachts als störend empfunden werden könnte und regten an, für nachts eine „Schallspartaste“ zu entwickeln, die entweder einen geringeren Unterdruck verwendet oder mit weniger Wasser spült. Ebenfalls ein gedämpfter Deckel wurde vorgeschlagen.

Technisch scheinen die Vakuumtoiletten gut zu funktionieren, da alle bis auf drei Befragte die Spülleistung als sehr gut oder gut beurteilten.



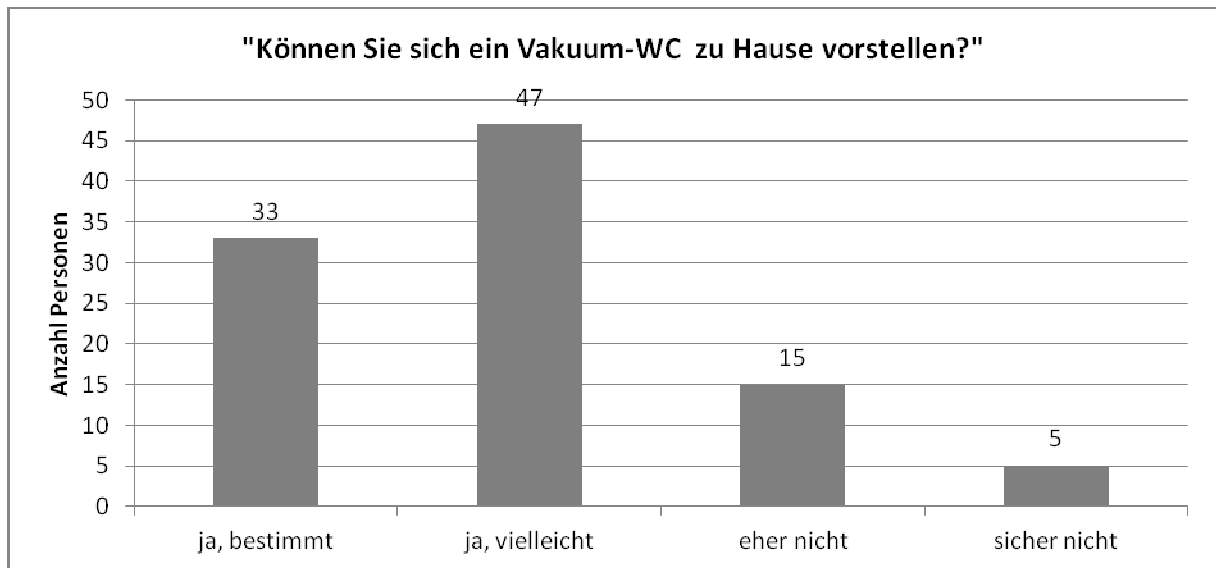
Beurteilung der Spüleistung

Ein etwas schlechteres Bild ergibt sich aus der Auswertung der nächsten Frage, bei der 15 Personen angaben, dass die Vakuumtoilette im Vergleich mit einer herkömmlichen Toilette schlechter abschneidet. Die große Mehrheit der Befragten (83%) beurteilte die Vakuumtoilette dagegen als gleich gut oder sogar besser.



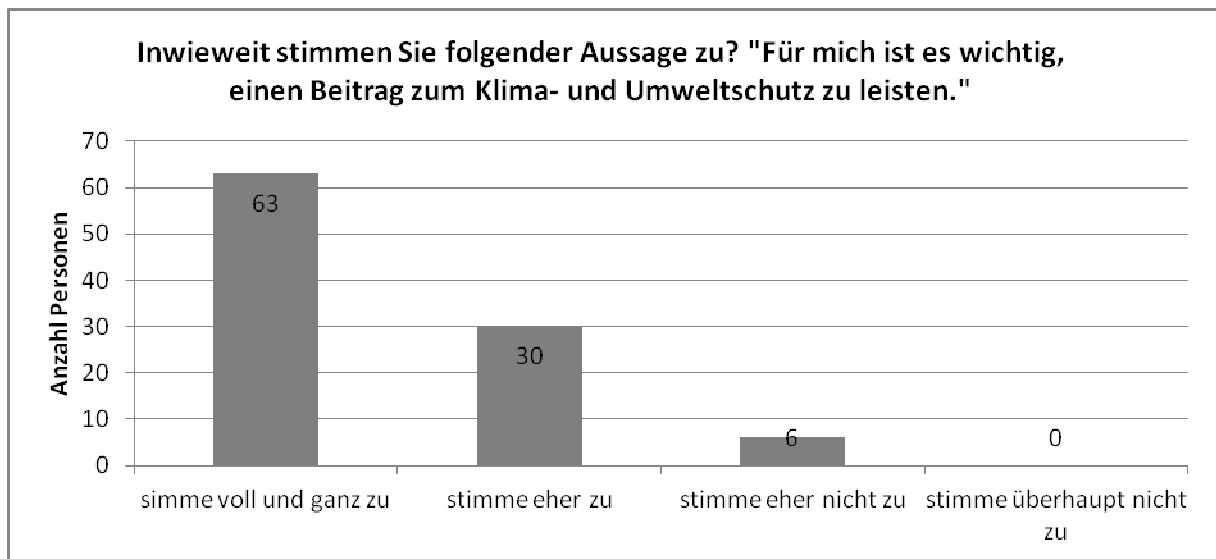
Beurteilung Vergleich Vakuumtoilette mit herkömmlicher Toilette

Auch bei der direkten Frage, ob sich die Befragten eine Vakuum-Toilette zu Hause vorstellen können, antworteten 80 der Befragten mit „ja, bestimmt“ oder „ja, vielleicht“. Bedenken wurden vor allem in Bezug auf die anfallenden Kosten geäußert, jedoch gar nicht in Bezug auf die Funktionalität der Technik. Unsicherheit über die Möglichkeit einer derartigen Anschaffung zeigte sich bei Menschen in Mietwohnungen. Die fünf Personen, die eine Vakuum-Toilette bei sich zu Hause völlig ausschlossen, waren zuvor diejenigen gewesen, die die Lautstärke als sehr unangenehm empfunden hatten.



Vakuumtoilette zu Hause

Bei der Auswertung der Besucherbefragung darf nicht vergessen werden, dass es sich bei den Befragten zum großen Teil um Menschen handelt, die sich für Umwelt- und Ressourcenschutz interessieren. Dies wird sehr deutlich bei der Betrachtung der Frage, inwiefern die Befragten der Aussage über die Wichtigkeit einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz zu leisten zustimmen. Hier geben fast zwei Drittel der Befragten an voll und ganz zuzustimmen und knapp ein Drittel stimmt eher zu. Lediglich 6 Personen stimmen eher nicht zu.



Persönliche Wichtigkeit von Umwelt- und Klimaschutz

Dies zeigt also, dass die befragten Menschen keineswegs einem repräsentativen Durchschnitt entsprechen, sondern in Bezug auf Umweltthemen schon vorgeprägt sind. Entsprechend vorsichtig sind die zuvor dargestellten allgemein positiven Einstellungen in Bezug auf Vakuumtoiletten zu sehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Vakuumtechnik auf Gut Karlshöhe von den Besuchern sehr gut aufgenommen wird. Es ist zu vermuten, dass die Menschen, die die Umwelteinrichtung besuchen, teilweise bereit sind, Unannehmlichkeiten wie zum Beispiel die Lautstärke der Toiletten in Kauf zu nehmen, wenn dadurch ein Beitrag zum Umwelt- oder Klimaschutz geleistet wird. In der Literatur wird beschrieben, dass es für die Akzeptanz der Nutzer wichtig ist, mit einbezogen zu werden, bzw. zu verstehen, was passiert. Genau dies

ist auf Gut Karlshöhe zu beobachten, wenn die Nutzer für höhere Ziele, z.B. den Umwelt- oder Klimaschutz, in ihrem persönlichen Komfort zurückstecken.

Ein deutlicher Unterschied ist in der Bewertung der Hersteller zu verzeichnen, bei denen Typ 1 deutlich besser abschneidet als Typ 2. Neben der Lautstärke wäre es möglich in einer Folgeuntersuchung weitere Faktoren, die bei der Toilettenwahrnehmung entscheidend sind, zu analysieren. Zum Beispiel kann das Design von neuen Sanitärsystemen entscheidend für die Akzeptanz sein.

Trotz scheinbar klarer Ergebnisse sollten die Grenzen dieser Befragung nicht vergessen werden, da es sich für eine quantitative Auswertung um eine sehr geringe Anzahl an Befragten handelt und auch diese keinesfalls einen repräsentativen Durchschnitt bilden, sondern die meisten bereits für Umweltthemen sensibilisiert sind.

5.5 Eingesparte Trinkwassermengen durch Vakuumtoiletten und Regenwasserbewirtschaftung

Das von den Dachflächen anfallende Regenwasser wird gesammelt und für die Bewässerung der Grünanlagen und die Spülung der Vakuumtoiletten benutzt. Das Regenwasser des Gutshauses wurde bereits vor dem Umbau für die Toilettenspülung im Gutshaus verwendet. Dafür wurde eine Zisterne südöstlich des Gutshauses errichtet. Der Überlauf fließt in eine Mulde.

An das neue Haupt-Regenwassersystem angeschlossen wurden die Scheune, das Ausstellungsgebäude und das neue Heizhaus.



Neue Regenwasserzisterne mit 23.000 l Speichervolumen

Damit bei andauerndem Trockenwetter ein sicherer Betrieb gewährleistet wird, können die Vakuumtoiletten auch mit Trinkwasser gespült werden.

Durch die Implementierung des HWC auf Gut Karlshöhe wurde im Jahr 2012 gegenüber den Jahren 2001 bis 2010 ca. 120 m³ weniger Trinkwasser verbraucht. Diese Einsparung ergibt sich einerseits durch den geringeren Wasserverbrauch der Vakuumtoiletten, andererseits durch die Bewässerung mit Regen- statt mit Trinkwasser.

Regenwasser wird ebenfalls für das Spülen der in Betrieb verbliebenen konventionellen Toiletten genutzt. Allerdings reicht das Regenwasser der Zisterne am Gutshaus momentan nicht aus, um den Wasserbedarf der Toiletten im Gutshaus abzudecken. Demnach fehlt zur Vervollständigung eine Verbindung zwischen den beiden Regenwasserspeichern, die nachgerüstet werden könnte.

Obwohl durch die Implementierung des HWC an diesem Teilstrom schon Ressourcen eingespart wurden, sind noch Verbesserungsmöglichkeiten und weiteres Einsparpotenzial vorhanden.

6. Fazit, Ausblick und Danksagung

Die Projektziele wurden, wie auch im Anhang 1 dargestellt, zum übergroßen Teil erreicht. Da das HWC-Großprojekt „Jenfelder Au“ zeitlich in Verzug ist, haben sich einige wenige Projektziele, die an das Jenfeld-Projekt gebunden sind, zeitlich etwas verzögert und sind noch in Arbeit.

Eine ausführliche Evaluation des Projektes wurde durch Frau Katarina Lange (Lange 2013) durchgeführt.

Aus Sicht des Projektbeteiligten HAMBURG WASSER (HSE) ist das Projekt „HWC Gut Karlshöhe“ ein großartiger Erfolg. Viele insbesondere für das Folgeprojekt „Jenfelder Au“ wichtige Erkenntnisse wurden gewonnen, Schlussfolgerungen konnten gezogen werden. HAMBURG WASSER wird sich weiterhin nachdrücklich im Projekt engagieren: insbesondere durch Schulung der Auszubildenden, Meisteranwärter und externen Fachkräfte; durch Präsentationen für Fachbesuchergruppen aus aller Welt; durch die Wartung und Instandhaltung der technischen Anlagen und die Durchführung von Fachtagungen im Gut Karlshöhe. Die wissenschaftliche Forschung am HWC wird vermutlich ebenfalls auf Jahre hinaus einen Schwerpunkt in Karlshöhe haben.

Nachdem die baulichen und finanziellen Hindernisse überwunden waren, sieht die Hamburger Klimaschutzstiftung es als einen großen Gewinn, diese Pilotanlage zur Kreislaufwirtschaft auf Gut Karlshöhe vorweisen zu können. Die Präsentation der Technik ist fester Bestandteil einer jeden Gelände- und Ausstellungsführung sowie zahlreicher Seminare geworden.

Gut Karlshöhe plant, den HWC vor Ort zukünftig noch stärker in die Bildungsarbeit der verschiedenen Zielgruppen einzubauen. Zusätzlich strebt sie mit HAMBURG WASSER an, entsprechendes Fachpublikum für gemeinsame Projekte und Netzwerkarbeit zu gewinnen.

HAMBURG WASSER (HSE) und die Hamburger Klimaschutzstiftung möchten sich deshalb an dieser Stelle für die fruchtbare Kooperation und Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt bedanken, die zu diesem tollen Ergebnis geführt hat. Herzlichen Dank!

7. Quelle

Lange, Katarina 2013: Masterarbeit TU HH und Hamburg Wasser; Der HAMBURG WATER Cycle® auf Gut Karlshöhe: Evaluation eines neuartigen Wasser- und Abwasserkonzepts und Analyse von Optimierungspotenzialen

8. Anhang 1: Umsetzung der Qualifizierungsziele