



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

IfaS

Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement

Potenziale erkennen - Prozesse optimieren - Mehrwert schaffen



stoffstrom.org

Real-Labor abwasserfreier Umwelt-Campus Birkenfeld

Integration neuartiger Sanitärsysteme im Bestand

Dipl. BW (FH) Marco Angilella
Bereichsleiter Internationales Projektmanagement

10.07.2023

DEUTSCHLANDS ERSTER „ZERO-EMISSION-CAMPUS“.



25 JAHRE UMWELT-CAMPUS BIRKENFELD

Nachhaltigkeit. Fortschritt. Zukunft.



Seit 2018 einzige Hochschule Deutschlands in den Top 10 (unter **1.050** Teilnehmenden).

- International **Platz 6**
- National **Platz 1**



Der Umwelt-Campus Birkenfeld: Zahlen & Fakten I

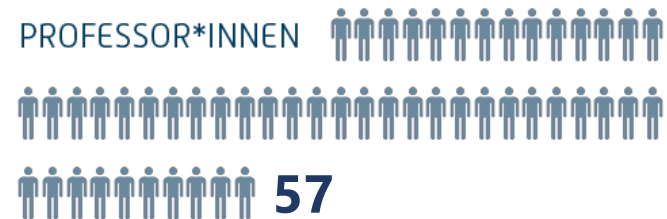
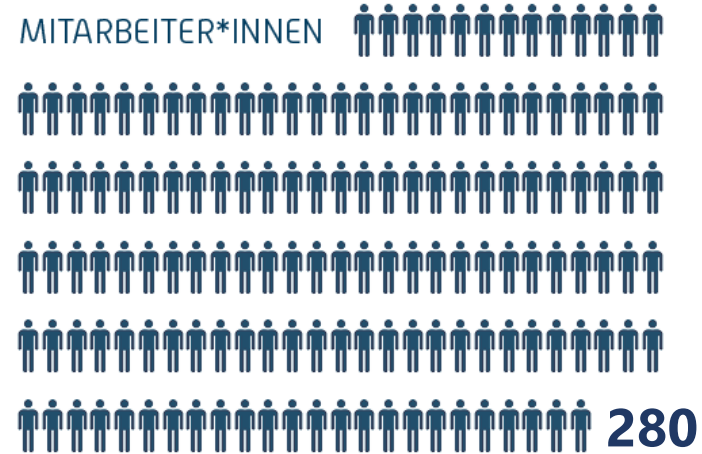
STUDIENGÄNGE



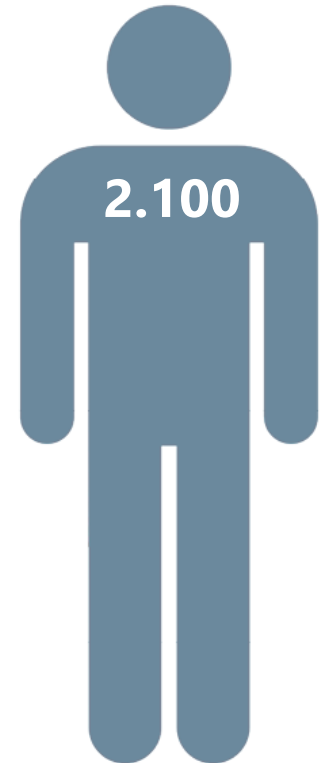
ZERO
EMISSION
CAMPUS

02
Fachbereiche

seit
1996



STUDIERENDE



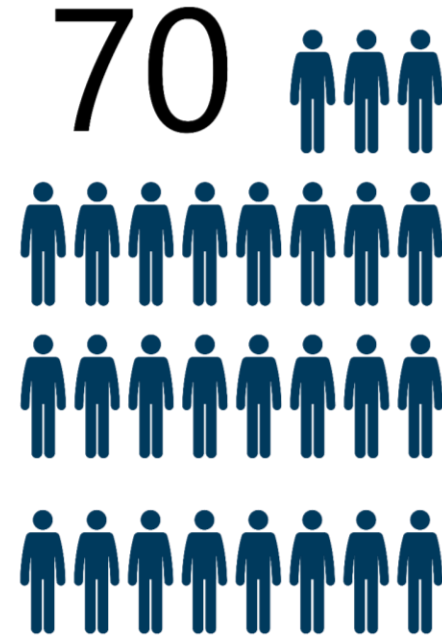


In-Institut
am **ZERO
EMISSION
CAMPUS**

seit
2001

5 Mio.€
Drittmittel 2022

MITARBEITENDE



LEITUNG



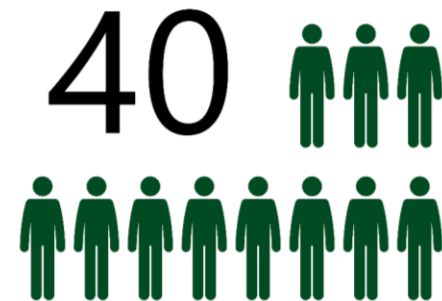
Prof. Dr. Peter Heck

STELLV. LEITUNG



Prof. Dr. Klaus Helling

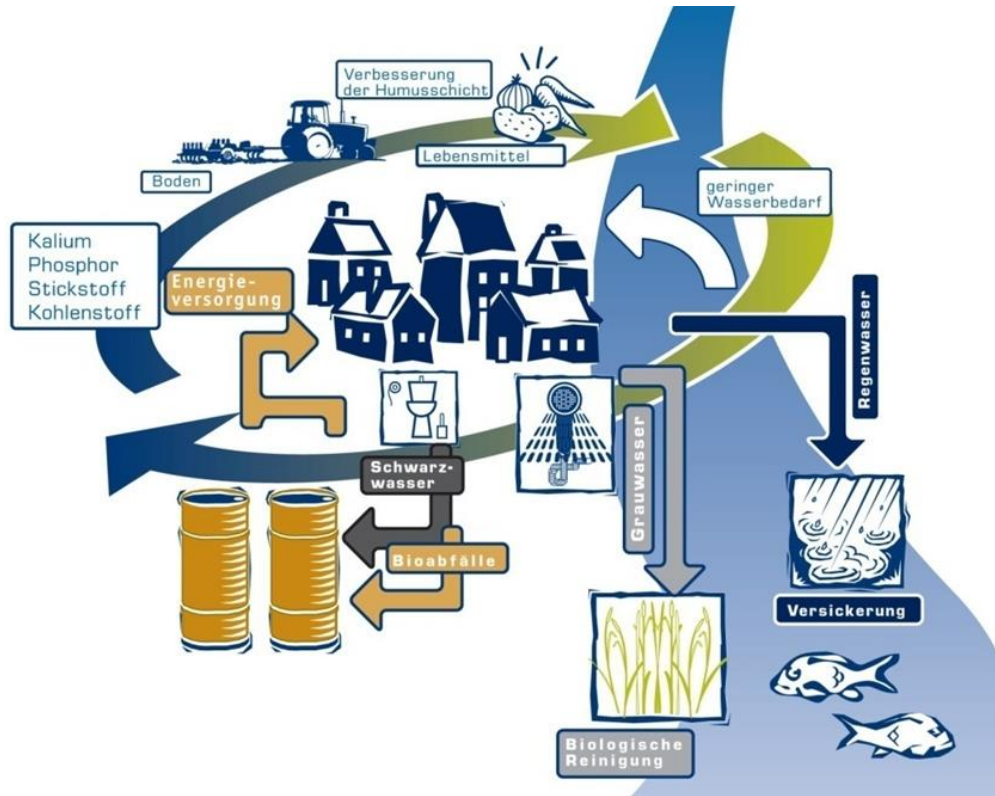
STUD. HILFSKRÄFTE



„Null-Emissions-Campus“ ... ein Energiedorf

- 100% Wärme aus Biogas, Holz, Solarthermie...
- 100% Strom aus Photovoltaik und KWK
- 100% Effizienz als Ziel
 - ✓ Wärmerückgewinnung
 - ✓ Klimatisierung über Erdwärme und Solar
 - ✓ Regenwasserrückhaltung (Mulden, Rigolen, Teiche)
 - ✓ Regenwassernutzung (Zisternen)
 - ✓ Passiv und Null-Energie Studentenwohnheime
 - ✓ Campus als Biotop (standortgerechte Pflanzen, nachhaltige Pflege)





- Entwicklung eines nachhaltigen Abfall- und Wasserwirtschaftskonzeptes für den Umwelt-Campus Birkenfeld
- **Themenschwerpunkte:**
 - Stoffstromorientierte und dezentrale Abfall- und Wasseraufbereitung.
 - Rückgewinnung der im Abwasser enthaltenen Nährstoffe.
 - Herstellung eines hochwertigen Humussubstrates zur Bodenverbesserung und langfristigen CO₂-Bindung im Boden

Zielsetzung „Abwasserfreier Umwelt-Campus“

- Getrennte Erfassung und Ableitung der Abwasserteilströme Grau- und Schwarzwasser in den Gebäuden
- Entwässerung der Abwasserteilströme mittels Unterdrucksystem (Vakuumentwässerung)
- Semizentrale Aufbereitung des Grauwassers:
 - Wirbelbett / Bodenfilter
- Anaerobe Behandlung des Schwarzwassers in Kombination mit Co-Substraten
 - Häusliche Bioabfälle / Fette / Grünschnitt
- Wiedernutzung von Regenwasser und gereinigtem Grauwasser als Pflege- bzw. Brauchwasser
 - Bewässerung von Grünflächen
 - WC-Spülung
 - Wäsche waschen
 - Pflegewasser (Reinigung von Geräten und Maschinen)



Quelle (Grafik): Hamburg Water Cycle®
(<http://www.hamburgwatercycle.de>)

Real Labor Abwasserfreier Umwelt-Campus Birkenfeld - Neue Technologien in der Gebäudesanierung für eine zukunftsfähige Ressourcenwirtschaft

■ **Projektziel:**

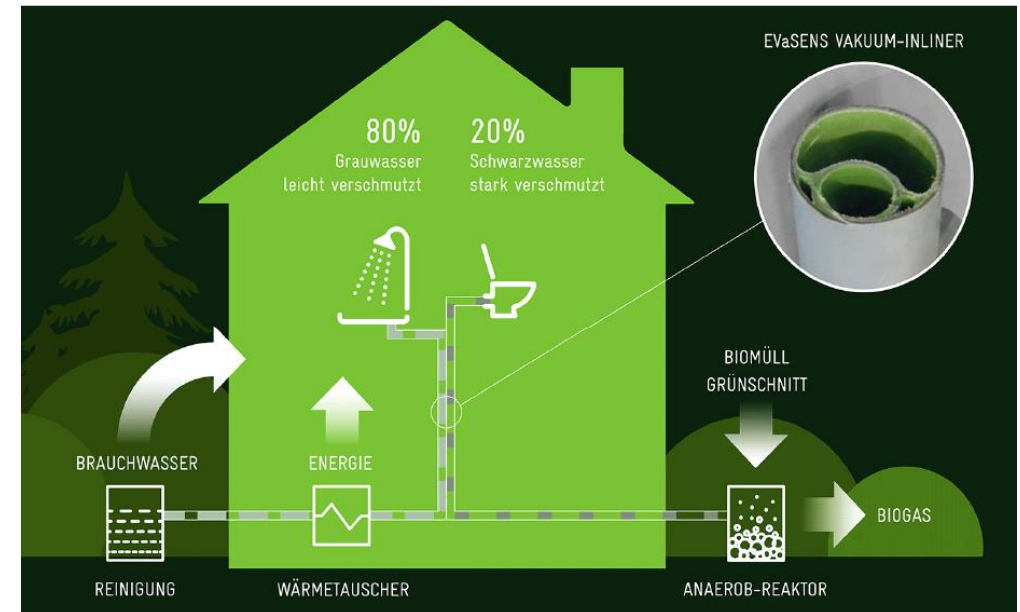
- Planung und Implementierung eines innovativen Abwasserentsorgungskonzeptes (getrennte Erfassung und Nutzung der Abwasser- und Biomassepotenziale) in den Bestand (Wohnheim auf dem Umwelt-Campus Birkenfeld).

■ **Projektlaufzeit**

- 23.10.2017 – 31.10.2020

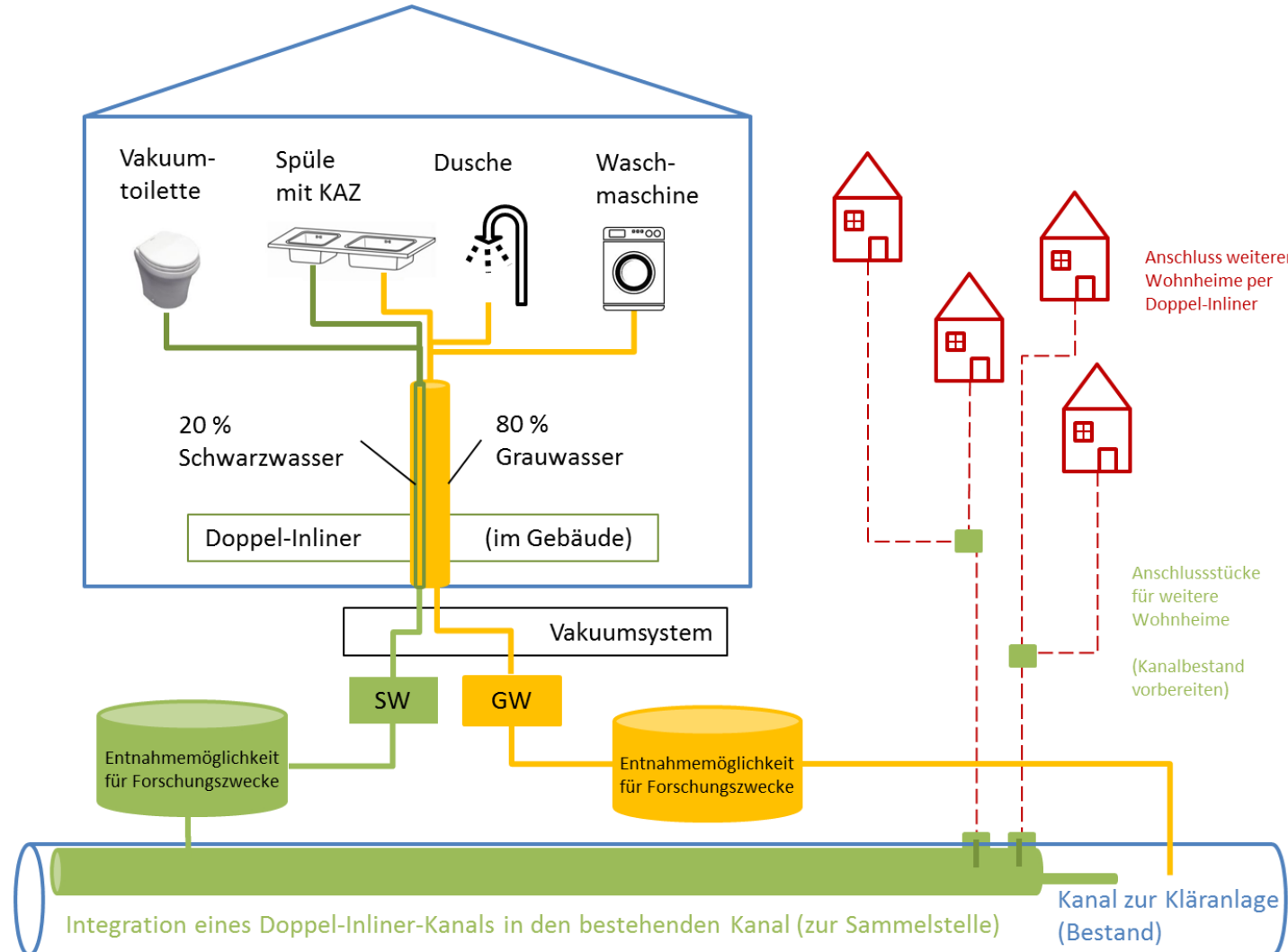


- EVaSENS
 - „Einsatz von Vakuum-Linern im Bestand – Integration von Unterdruck-Sanitärtechnik im bestehenden Gebäude zur Etablierung von NASS-Systemen“
 - Projektlaufzeit von Juni 2012 bis Dezember 2014
- Erstes Liner-Verfahren zur nachträglichen Abwasserseparierung (Grauwasser, Schwarzwasser) im Gebäudebestand
 - Einfache Technik
 - Anschluss der Sanitärobjekte gelöst
 - Geringer bautechnischer Aufwand



- Planung und Implementierung eines innovativen „Null-Abwasser Konzeptes in den Bestand
 - Getrennte Erfassung und Nutzung der Abwasser- und Biomassepotenziale (häuslicher Bioabfall).
 - Integration eines Neuartigen Sanitärkonzeptes (NASS) in ein bestehendes Wohnheim auf dem Umwelt-Campus Birkenfeld.
- Kombination und Anpassung bereits vorhandener und erprobter Systemkomponenten zur getrennten Erfassung der Abwasser- und Biomasseströme
 - Doppel-Liner-Verfahren (EVaSENS)
 - Unterdruckentwässerungssystem und –sanitärsystem
- Entwicklung eines Gesamtkonzeptes „Abwasserfreier Umwelt-Campus Birkenfeld“
 - Technische und ökonomische Machbarkeitsuntersuchung für eine weitergehende Umsetzung am UCB
 - Entwicklung eines Betreiberkonzeptes





Quelle: Björnßen Beratende Ingenieure GmbH 2017

Regenwasserpotential vs. Grauwasserpotenzial

Trinkwassersubstitution						
	Bebaute Fläche (Dachfläche)	Regenwasserpotential		Trinkwasserbedarf	TW-Substitution max.	TW-Substitution min.
		Konventionelles Dach ($\Psi = 1$)	Gründach ($\Psi = 0,5$)			
Avenue A	27.100 m ²	21.545 m ³	10.772 m ³	69.320 m ³	43.992 m ³	14.233 m ³
Westspitze B	16.600 m ²	13.197 m ³	6.599 m ³	38.568 m ³	24.645 m ³	7.863 m ³
Bouillon West C	24.700 m ²	19.637 m ³	9.818 m ³	66.758 m ³	43.700 m ³	11.611 m ³
Bouillon Ost D	45.561 m ²	36.221 m ³	18.110 m ³	89.930 m ³	58.855 m ³	17.873 m ³
Route d'Esch E	8.200 m ²	6.519 m ³	3.260 m ³	13.292 m ³	8.535 m ³	2.696 m ³
Gesamt	122.161 m²	97.118 m³	48.559 m³	277.868 m³	179.727 m³	54.276 m³

Trinkwassersubstitution				
	Grauwasserpotential	Trinkwasserbedarf	TW-Substitution max.	TW-Substitution min.
Avenue A	40.298 m ³	69.320 m ³	43.992 m ³	24.744 m ³
Westspitze B	43.249 m ³	75.814 m ³	46.749 m ³	28.512 m ³
Bouillon West C	57.276 m ³	99.238 m ³	62.293 m ³	36.153 m ³
Bouillon Ost D	73.563 m ³	126.015 m ³	80.478 m ³	44.444 m ³
Route d'Esch E	13.611 m ³	23.511 m ³	14.827 m ³	8.492 m ³
Gesamt	227.998 m³	393.898 m³	248.340 m³	142.345 m³

- Der **Trinkwasserbedarf** in privaten Haushalten **kann zu max. 66%** (WC-Spülung, Wäsche waschen und Bewässerung) bzw. **33%** (nur WC-Spülung) **mittels Grauwasser substituiert werden.**
- Substitutions-Potenzial > Regenwasserpotential**
- Kombinierte Wiedernutzung von Regenwasser und gereinigtem Grauwasser



- Dachgeschoss, Strangentlüftung
- Versorgungsschacht mit Entwässerungsleitungen
- Versorgungsschächte mit erschwertem Zugang zu den Entwässerungsleitungen
- **Anpassung der Maßnahmen auf die Gegebenheiten vor Ort!**



- Die Anbindung der Vakuumleitung an den Doppel-Liner (DN 50) wurde im Vorhaben nicht bis zur praxisreife entwickelt.



- Aufgrund gewonnener Erkenntnisse bzw. gegebener Rahmenbedingungen wurden die **Zielsetzungen** geändert.
- **Anpassung Umrüstungskonzept:**
 - Geplante Umrüstung (22 Toiletten; gesamtes Gebäude) wurde aufgrund sehr hohen ökonomischen Aufwands verändert
 - Nur **zwei Fallstränge** (14 Toiletten) wurden im Gebäude umgerüstete
- Aufgrund gegebener baulicher Voraussetzungen am Gebäude wurde eine **Erweiterung des Projektansatzes des Doppel-Liners** umgesetzt:
 - Entwicklung einer alternativen **Bypass-Lösung**: Einbau einer zusätzlichen Leitung, welche nur das Schwarzwasser mittels Unterdrucks ableitet
 - **Erprobung des „Rohr-in-Rohr“ Systems** als Lösung zur Verringerung des baulichen Aufwandes bei der Invertierung eines Fallstrangs (Voraussetzung für die Einführung eines Doppel-Inliners; Weiterentwicklung zu EVaSENS)

- Im Gegensatz zum Verfahren im EVaSENS-Projekt mit dem Doppel-Liner, wird in den bestehenden Fallstrang **nur ein Liner (DN 50) eingeführt**. Dies hat den wesentlichen Vorteil, dass die bestehenden Zuleitungen am Fallrohr weiterhin für das Grauwasser genutzt werden können.
- **Weiterentwicklung der Zuleitung** für das Schwarzwasser an den Fallstrang (Anbindung Vakuumleitung an Liner DN 50):
 - Entwicklung, Herstellung und Testung eines geeigneten Formstücks mittels 3D-Druck.
 - Im Rahmen der Invertierung eines Fallstrangs wurden vier Formstücke eingebaut.
- **Umstellung** von dezentralen Abfallzerkleinern **auf eine zentrale Bioabfallsammlung**:
 - Aufgrund der baulichen Anpassungen ist der Einbau von dezentralen Abfallzerkleinern zur gemeinsamen Erfassung von Bioabfällen und Schwarzwasser nicht zielführend
 - Eine zentrale Bioabfallsammlung für das Modellgebäude einfacher und wesentlich zielführender.

- Umgerüstetes Wohnheim 9903 verfügt über:
 - 36 Wohnheimplätze (Einzelapartments und Zweier- sowie Vierer-Wohngemeinschaften)
 - 22 Toiletten und Duschen
 - 19 Küchenzeilen
 - 3 Fallstränge im Haus leiteten das Abwasser vor dem Projekt in die Kanalisation
- Umbaumaßnahmen an 9903 ermöglicht Getrennterfassung an:
 - Zwei Fallsträngen
 - 14 Toiletten und 11 Duschen
 - 3 Küchenzeilen





Installation der Unterdrucktechnik



Technical drawings showing dimensions for the vacuum pump system:

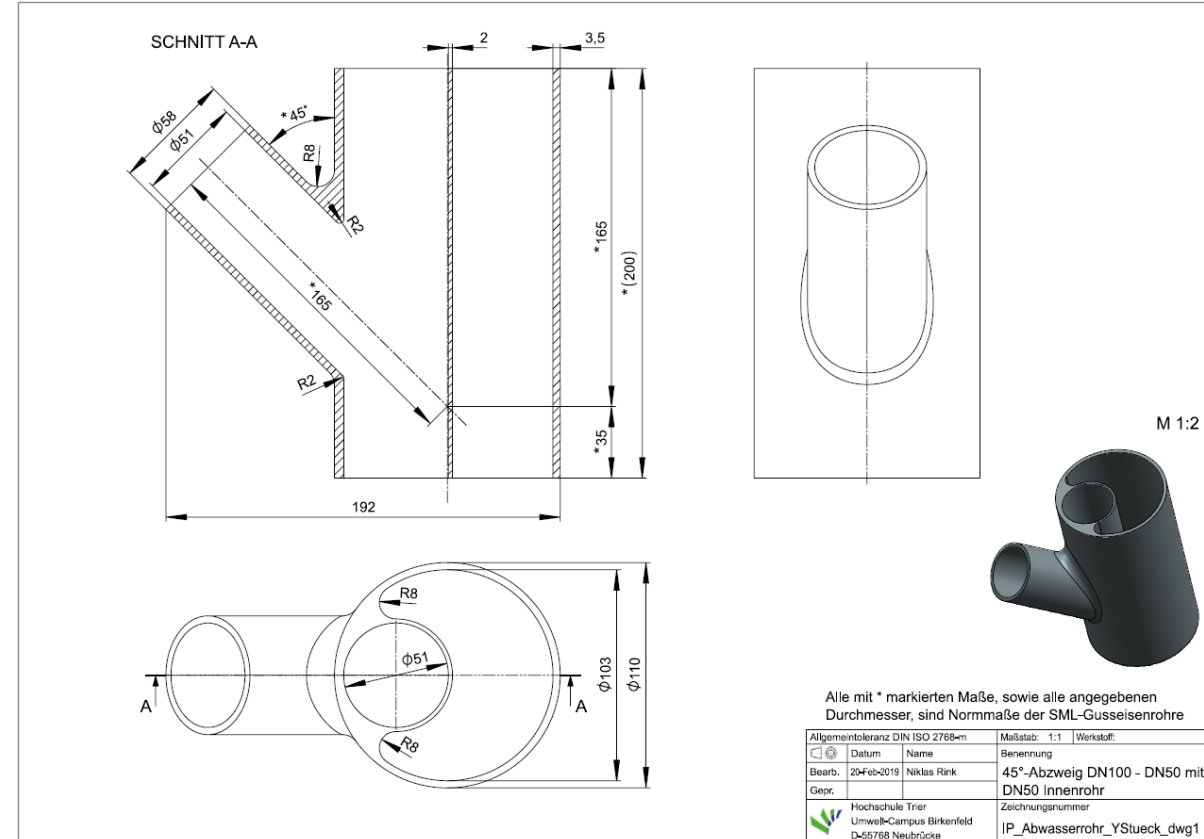
- Front view: Total width 744, base width 704, top connection DN65, height 1257.
- Side view: Total width 700, height 1085.
- Top view: Total width 426, base width 454, depth 123.
- Bottom view: Depth 350, connection diameter $\varnothing 13$.

Art. Nr. 4.10001822		Allgemeintoleranz DINISO 2768		Zeichn. Nr. 37-311-01-55		Rev. A	Blatt 1 / 5
Rev. A	Änderung	Datum	Name	Datum	Name	Objekt	
	Stiefang	31.08.2017	aspi	05.04.2016	aspi	Kompaktanlage WVSP	
				05.04.2016	Bz	Gewicht: -	
						Benennung: KA50 2xWVSP R25 3kW	
Roediger				Aqseptence Group GmbH Vacuum Technology Systems		Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmackschutzrechte vorbehalten.	
						A3	



Entwicklung eines Y-Formstücks

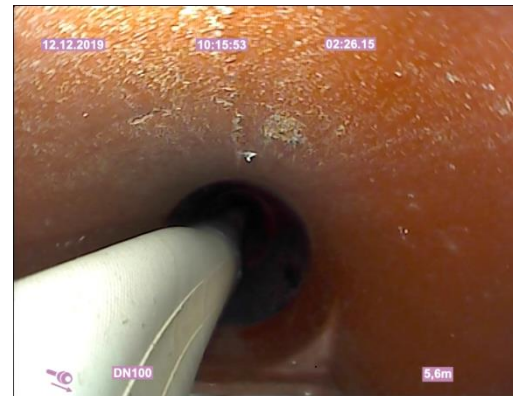
- Auswahl diverser Polymere für den 3D-Druck
 - PE HD (SDR 11)
 - PVC (PN 10)
- Drucktest und Dichtepfung
- Technikum-Versuch einer Invertierung mit Formstück aus dem 3D-Druck
- Einbau des Formstücks im „Real-Labor“



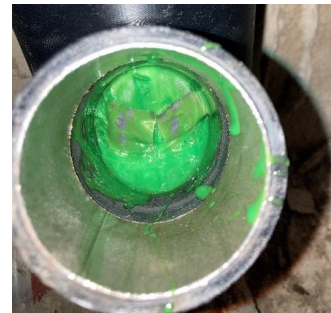
- Feststellung von Leckagen im Unterdrucksystem



- Verformung des Inliners im ersten Obergeschoss



- Herstellung eines neuen Liners anhand der Simulationsergebnisse mit einer Wandstärke von 3 mm
- Testung der Betriebsfestigkeit in einem Technikumsversuchs
 - Zyklischen Unterdruckbelastung (Simulation Spülungen im Realbetrieb)
 - Druck innerhalb des Rohrs pendelte zwischen 0,1 bar und 0,7 bar
 - Nachbildung Betriebsdauer 20 Jahre
 - Insg. 1.051.200 Spülungen vorgesehen (24 Personen – 6 Spülungen/(Tag*Person))
 - Defekte Pumpe nach 516.600 Spülungen (10 Jahre), keine Mängel an Liner feststellbar
- Festlegung der Rahmenparameter
 - min. Dicke Liner 3 mm
 - Warmaushärtung > 90°C
 - Walzspalt 9 mm
 - Harzmenge > 0.75 kg Harz pro lfd. Meter
- Perforierung des Kalibrierschlauchs
- Anpassung End-Formstück



- **Bypass-Lösung und Inliner-Verfahren** sind an bestimmte bauliche Voraussetzungen gebunden:
 - Leiten Fäkalwasser mittels Unterdrucks ab
 - **Technikraum** (für Vakuumanlag) ist erforderlich
 - Übergabeleitung entweder direkt in den **Schmutzwasserkanal** abgeschlagen oder als **zusätzliche Leitung** aus dem Gebäude geführt werden (z. B. für Vergärung in Biogas-Anlage)
- **Bypass-Lösung**
 - Einbau Bypass: kein direkter Zugang zu Fallleitungen benötigt, da Schwarzwasser über externe, neue Leitungen abgeführt wird
 - **Decken- und Wanddurchbrüche** ggf. erfordert (Sammelleitung kann ebenfalls außerhalb des Gebäudes geführt werden)
 - Zusätzlich müssen Leitungen an den bestehenden Wänden und Decken montiert werden -> **Beanspruchung von Wohnraum**
 - Verwendung: **SML-Rohre; hohe Formbeständigkeit**
- **Inliner-Verfahren**
 - Einbau Liner: **Zugang zu Fallstrang** auf jeder Etage nötig, um Zuleitungen der einzelnen Etagen mittels des **Y-Formstücks** in den Liner einzuleiten
 - **Höherer technischer Aufwand** bei Einbau
 - **Verfahren kaum verbreitet**
 - **Liner-Problematik:** Verformung des Liners, Lebensdauer offen (i.d.R. 10a), Leckage möglich

- Zur Ermittlung der spezifischen Kosten wurden zunächst nur die Installationskosten ohne Material berücksichtigt.
- Die Kosten für die Vakuumtechnik sowie der Vakuum-WC sind ebenfalls nicht berücksichtigt, da diese bei beiden Varianten gleichbleibend sind.

Spezifische Kosten pro WC	Bypass	Liner
1. Baustelleneinrichtung und Vorbereitende Maßnahmen	174,75 €	339,33 €
2. Demontearbeiten	658,80 €	658,80 €
3. Umbau Entwässerungsleitungen	851,63 €	306,66 €
4. Montage der Vakuumtoiletten und -leitungen	1.174,50 €	1.529,00 €
Summe	2.859,68 €	2.833,79 €
Differenz -	25,88 €	

- Die Materialkosten beim Liner betragen 120€ / lfd. Meter zzgl. 3D-Formstück und Revisionsöffnung.
- Die Materialkosten für die Vakuumleitung variieren je nach Leitungsverlauf:
 - Gussleitungen DN80 + DN50
 - Abzweige und Bögen
 - Schellen und Halterungen

- Bioabfälle verschiedener Zusammensetzungen wurden dem Mazerator zugeführt.



- Zerkleinerungsleistung für die durchschnittliche Zusammensetzung (Obst, Gemüse, Kaffeesatz- und Pads) und Menge (ca. 1kg) des Bioabfalls ausreichend, teilweise aber mehrere Spülgänge benötigt.
- Hohes Maß an Verschmutzung des Mazerators nach Gebrauch, sowie per Hand schlecht zu reinigen.
- Mazerator sollte hinsichtlich Verschmutzungsgrad nach Gebrauch, sowie der Reinigung ggf. optimiert werden.



<https://www.run-projekt.de/>

Nährstoffgemeinschaften
für eine zukunftsfähige
Landwirtschaft
»RUN«
Rural Urban Nutrient Partnership

GEFÖRDERT VOM



- Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
- Institut für Landschaftsplanung und Ökologie



- Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung



- Centre for Social Investment



- Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse



- Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre
- Institut für Kulturpflanzenwissenschaften
- Forschungszentrum für Globale Ernährungssicherung und Ökosysteme



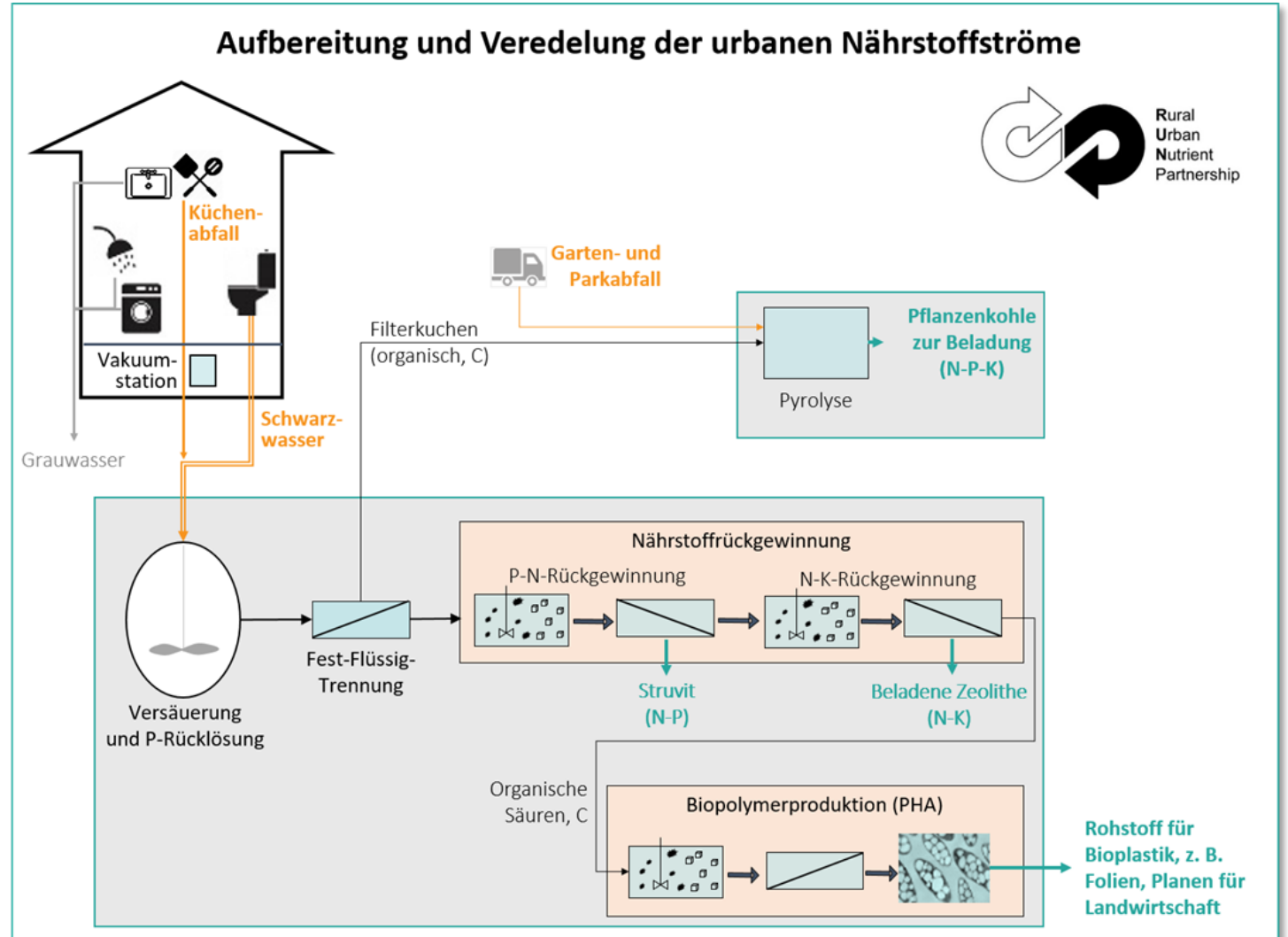
- Institut für Agrartechnologie



- iat Ingenieurberatung GmbH



- Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hochschule Trier)





Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

IfaS

Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement

Hochschule Trier / Umwelt Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement – IfaS
Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Marco Angilella

Fon: +49 6782 17 – 26 34

Fax: +49 6782 17 - 12 64

E-Mail: m.angilella@umwelt-campus.de

Internet: www.stoffstrom.org

IfaS

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit