

ENDBERICHT
ZUM PROJEKTABSCHLUSS

PHOSPHORUS BANK (AZ 35076)

Interaktive Plattform im öffentlichen Raum zur Erweiterung der Akzeptanz für nachhaltige Sanitärkonzepte in der Gesellschaft

GEFÖRDERT VON DER
DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG UMWELT



Weimar, 30. September 2021



BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

BAUHAUS-INSTITUT FÜR ZUKUNFTSWEISENDE INFRASTRUKTURSYSTEME (B.IS)

Endbericht zum Projektabschluss

Phosphorus Bank

Interaktive Plattform im öffentlichen Raum zur Erweiterung der Akzeptanz für nachhaltige Sanitärkonzepte in der Gesellschaft

Koordinator/Projektleiter:

Bauhaus-Universität Weimar



Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)
Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong / Professur Siedlungswasserwirtschaft

Goetheplatz 7/8

99423 Weimar

Email: joerg.londong@uni-weimar.de

Kooperationspartner:innen

Werkhaus Design + Produktion GmbH



Holger und Eva Danneberg

Industriestr. 11 + 13

D-29389 Bad Bodenteich

Email: info@werkhaus.de

Assoziierte Partner:innen

Goldeimer gGmbH, Hamburg

Laufen Bathrooms AG, Laufen

EOOS Design GmbH, Wien

Autor:innen des Abschlussberichts:

Simon Theodor Mehling M.Sc.

Stefanie Hörnlein M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong

Projektbeginn:	21.03.2019
Projektende:	30.06.2021
Projektlaufzeit:	27 Monate

Kurzzusammenfassung des Projektfortschritts

Kerninhalt des Projektes PHOSPHORUS-BANK ist die Entwicklung und Erprobung einer interaktiven Ausstellungsplattform bestehend aus einer nachhaltigen, öffentlichen Toilette mit Recyclingkonzepten auf Basis neuartiger Sanitärsysteme (NASS). Das übergeordnete Ziel ist die Präsentation der Potenziale der Stoffstromseparation des Abwassers als Alternative zum konventionellen Entwässerungssystem im öffentlichen Raum.

Im ersten Projektabschnitt wurde das Konzept der PHOSPHORUS-BANK entwickelt und in Form eines mobilen Begegnungsortes im öffentlichen Raum umgesetzt. Hierin wurde eine funktionsfähige Toilette mit einer integrierten Nutzung des Abwasserteilstroms Urin durch variable Behandlungsverfahren installiert. Das interaktive Kommunikationskonzept sowie die haptischen Erfahrungen sensibilisieren die Besucher:innen in Hinblick auf die Bedeutung der Ressource Abwasser, das Potenzial Neuartiger Sanitärsysteme (NASS) sowie die Wertigkeit und Endlichkeit des Makronährstoffs Phosphor. Während des 100-jährigen Bauhaus Jubiläums wurde das Konzept im dreimonatigen Testbetrieb erprobt. Auf Grundlage von Evaluationen zur Wirkung des Kommunikationskonzeptes sowie der technischen Umsetzung erfolgte anschließend einer Adaption und Erweiterung der P-Bank sowohl konstruktiv als auch inhaltlich. Durch verschiedene Maßnahmen wurde die Mobilität des Gesamtaufbaus erhöht und somit eine praktikable Nachnutzung ermöglicht. Weiterhin wurde eine digitalisierte Möglichkeit des Besuchs der P-Bank umgesetzt und im Rahmen der Woche der Umwelt 2021 präsentiert.



INHALT

<i>Einleitung</i>	<i>1</i>
<i>Konzeption und Konstruktion.....</i>	<i>4</i>
<i>Entwicklung Kommunikationskonzept.....</i>	<i>4</i>
<i>Einrichtung und Stoffstromerfassung</i>	<i>7</i>
<i>Methoden der Urinbehandlung</i>	<i>8</i>
<i>Aufstellung / Testbetrieb</i>	<i>11</i>
<i>Beschreibung der Ausstellung.....</i>	<i>11</i>
<i>Evaluation des inhaltlichen Feedbacks</i>	<i>15</i>
<i>Evaluation der technischen Umsetzung.....</i>	<i>18</i>
<i>Optimierungspotenzial und Umsetzung.....</i>	<i>20</i>
<i>Entwicklung und Erweiterung Kommunikationskonzept.....</i>	<i>20</i>
<i>Technische Adaptionen und Erweiterungen</i>	<i>21</i>
<i>Folgeveranstaltungen</i>	<i>22</i>
<i>Wissenschaftliche Verwertung</i>	<i>23</i>
<i>Fazit und Ausblick</i>	<i>24</i>

ABBILDUNGEN UND TABELLEN

<i>Schematische Darstellung der konventionellen Abwasserreinigung</i>	1
<i>Stoffstromtrennung mit Neuartigen Sanitärsystemen</i>	2
<i>Ansicht der P-Bank</i>	3
<i>Aufruf zur Phosphorspende an der P-Bank</i>	4
<i>Außenansicht der P-Bank im Rahmen des Bauhaus-100 Jubiläums</i>	4
<i>Aufbau und Beschilderung der Treppen der P-Bank im Rahmen des Bauhaus-100 Jubiläums</i>	5
<i>Beschilderung der Hinführung zur P-Bank</i>	5
<i>Türschild am Eingang der P-Bank</i>	6
<i>Zugang zu einem Spendezimmer in der P-Bank</i>	6
<i>Spendeinformation während des Toilettengangs</i>	6
<i>Spültrenntoilette in der P-Bank und Funktionsweise der Urine Trap by EOOS</i>	7
<i>Spender:innen-kabine mit wasserlosem Urinal in der P-Bank</i>	7
<i>Schematischer Grundriss der P-Bank mit Stoffstromsystem</i>	7
<i>Urinaufbereitungsverfahren in der P-Bank</i>	8
<i>Strippungsanlage in der P-Bank</i>	9
<i>Schematische Darstellung der Strippungs- und Kristallisationseinheit der P-Bank</i>	9
<i>Urinbehandlung der Blue-Diversion-Autarky-Toilette</i>	10
<i>Schema der Evaporationseinheit und Evaporationsstrecke in der P-Bank</i>	10
<i>Restaurant „Die Lücke“ (links). Blick von der P-Bank in den Außenbereich des Restaurants (rechts)</i>	11
<i>Bilder vom Aufbau der P-Bank (rechts+oben)</i>	12
<i>Baustelleneinsicht</i>	12
<i>Eröffnung von „Lücke“ und P-Bank, links: Hr. Danneberg, Fa. Werkhaus, Mitte: Prof. Dr. Speitkamp, Präsident der Bauhaus-Universität, rechts: Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong, Projektleiter</i>	12
<i>Vortragsreihe „Thoughts behind the P“</i>	13
<i>Give-Aways für P-Bank Besucher:innen</i>	13
<i>Teil des Goldeimer-Stands am P-Bank Parkplatz</i>	13
<i>Besuch von Partner:innen-Universität NWU Potchefstroom, Südafrika</i>	13
<i>Umfrageergebnisse: Personenbezogene Informationen</i>	15
<i>Umfrageergebnisse: genutzte Informationswege zur P-Bank</i>	15
<i>Umfrageergebnisse: Bewertung des Gesamtprojekts</i>	16
<i>Umfrageergebnisse: Vorwissen zu NASS</i>	16
<i>Auszüge aus dem medialen Feedback der P-Bank</i>	17
<i>Prof. Jörg Londong erklärt die Aufbereitung in der P-Bank im MDR-Thüringenjournal</i> ...	17

<i>Screenshots des Goldeimer-Livestreams</i>	17
<i>Weitere Auszüge aus dem medialen Feedback der P-Bank</i>	17
<i>Abtransport der P-Bank zum Tiny Living Festival und Montage des Dachaufbaus</i>	18
<i>Installation des Außenbereichs der P-Bank</i>	18
<i>Installation der Urinbehandlung innerhalb des Reaktorraums der P-Bank</i>	19
<i>Ver- und Entsorgungsleitungen der P-Bank</i>	19
<i>Düngerprodukte aus der Urinbehandlung</i>	19
<i>Video der digitalisierten Urin-Strippungsanlage</i>	20
<i>Video zur Herstellung von Aurindünger mittels Vuna Prozess</i>	20
<i>Installation der verkleinerten Urinbehandlung</i>	21
<i>Vordach der P-Bank</i>	21
<i>Verlegung Ver- und Entsorgungsanschlüsse</i>	21
<i>Neuer Dachaufbau der P-Bank</i>	21
<i>Digitale Urinbehandlung in der P-Bank</i>	21
<i>Ausstellung der P-Bank auf dem Tiny Living Festival</i>	21
<i>Onlinepräsenz der P-Bank auf der Woche der Umwelt</i>	21
<i>3D-Modell der P-Bank auf der Woche der Umwelt</i>	21
<i>Cover Phosphor - Stoffgeschichten – Band 14</i>	22
<i>Präsentation der P-Bank auf der Antenna-Plattform der Dutch Design Week</i>	22
<i>Prämierung P-Bank Posters, World Water Congress and Exhibition 2021</i>	23
<i>Ideenbeitrag P-Bank zum Ideenpitch für das Neue Europäische Bauhaus</i>	23
<i>Instagram-Post des Recolab zur schwedischen P-Bank-Adaption</i>	23
<i>Informationsflyer zur Aktionswoche „Ach du Scheiße“</i>	23

EINLEITUNG

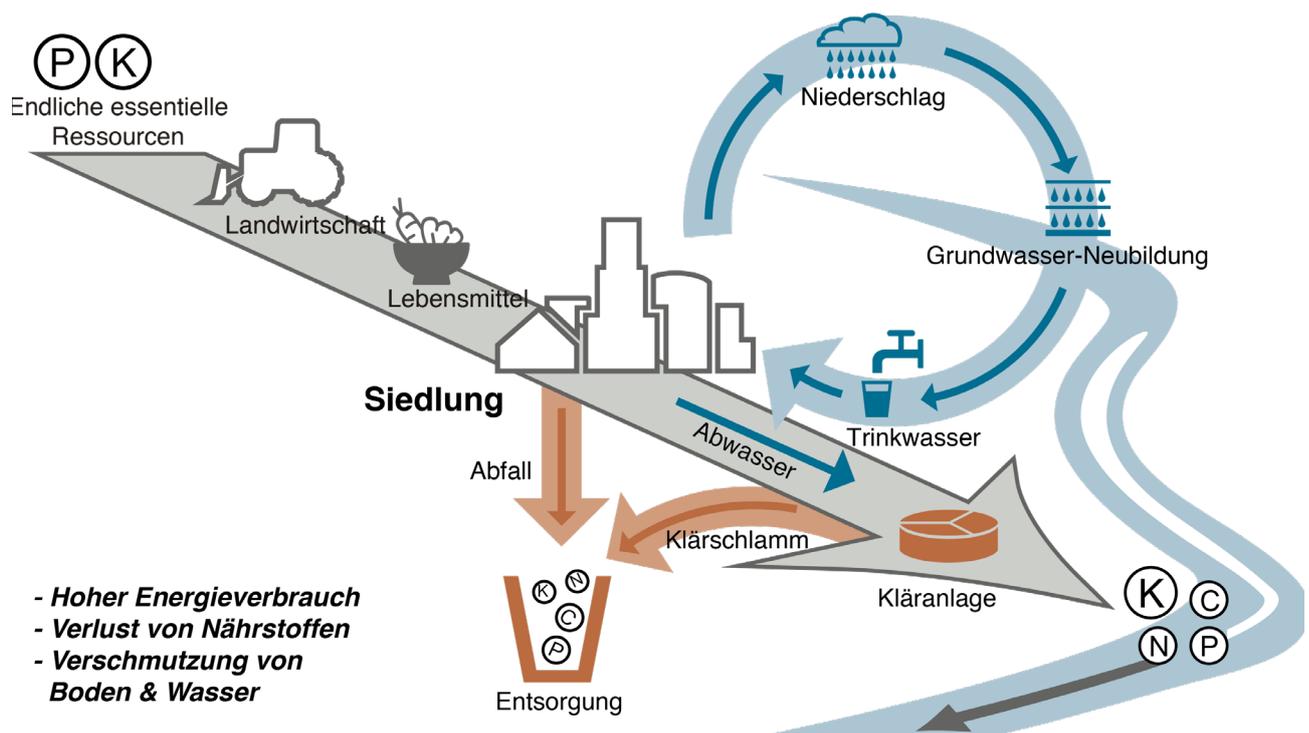
Die menschlichen Ausscheidungen sind Problemstoffe, wenn sie an falscher Stelle und in konzentrierter Form zurück in den natürlichen Kreislauf geführt werden. Das damit eingetragene Überangebot an Nährstoffen kann beispielsweise zur Eutrophierung von Gewässern führen.

Demgegenüber steht ein Mangel der gleichen Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor und Kalium) in der modernen Landwirtschaft, welcher in großem Umfang durch synthetische Dünger gedeckt wird. Besonders Phosphor, welcher im Tagebau gewonnen wird, ist dabei eine verknappende Ressource. Folglich sind die Fäkal-Stoffströme bei richtiger Behandlung keine Problemstoffe, sondern wertvolle Ressourcenträger.

Urin ist bei seiner Trennung von Fäzes nicht nur der hygienisch unbedenklichere und nährstoffreichere Teil der Fäkal-Stoffströme, sondern umfasst auch den Großteil des Gesamtvolumens.

Besonders an entlegenen Standorten ist eine Ableitung oft nicht wirtschaftlich, da kein Kanalnetz in der Nähe existiert. Die Behandlung findet daher lokal statt oder die gesammelten Fäkalien müssen aufwendig abtransportiert werden.

Stoffströme in der klassischen Abwasserentsorgung



Schematische Darstellung der konventionellen Abwasserreinigung (Grafik: b.is, 2015)

Ein Beispiel bieten die Parkplatz- und WC (PWC) Anlagen entlang der Autobahnen. Hier ist oftmals ein höherer Anfall von Urin zu verzeichnen als in Haushalten. Eine dadurch bedingte überhöhte Stickstofffracht führt bei wartungsarmen, naturnahen Verfahren zu Problemen.

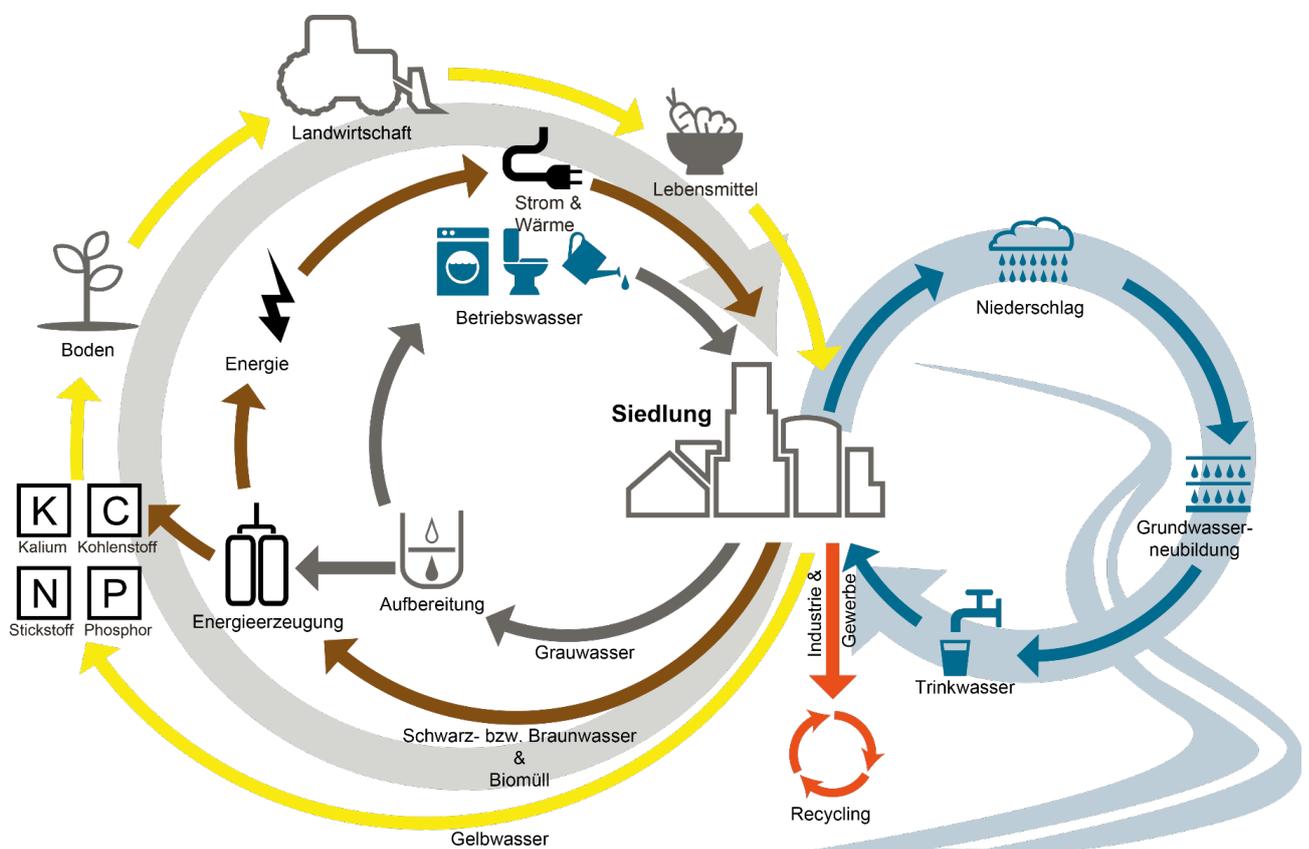
Es existiert bereits eine gewisse Bandbreite an Verfahren zur Behandlung von Urin, die in den meisten Fällen nur geringfügig bis gar nicht in der Praxis angewandt werden.

Diese haben verschiedene Fokussierungen und bedienen dabei einzelne oder mehrere Behandlungsziele. Diese reichen von einer bloßen Hygienisierung über eine Volumenreduzierung bis hin zu der Gewinnung von einzelnen Rohstoffprodukten wie beispielsweise Struvit.

Für die generelle Umstrukturierung der Siedlungswasserwirtschaft hin zu einer nachhaltigen und ökologischen Wirtschaftsweise ist eine Berücksichtigung verschiedener Betrachtungsebenen immanent wichtig. Der Herausforderung der Kreislaufschließung für einen nicht substituierbaren Rohstoff wie Phosphor gilt es demnach nicht nur auf der politischen, wirtschaftlichen und technischen Ebene zu begegnen.

Im Speziellen bildet die Gesellschaft und Öffentlichkeit das Fundament für das Gelingen derartiger weitreichender Umstrukturierungsprozesse. Eine Schaffung und Erweiterung des gesamtgesellschaftlichen Bewusstseins und damit der Akzeptanz ist dafür ausschlaggebend.

Neuartige Sanitärsysteme sind bereits seit mehreren Jahren Thema in der technischen Forschung und Entwicklung der Siedlungswasserwirtschaft. Unter anderem auf Basis verschiedener DWA Merk- und Arbeitsblätter können diese Technologien zum Stand der Technik gezählt werden. Trotzdem sind diese Konzepte in Deutschland bisher ausschließlich im Rahmen von Pilotprojekten und Forschungsvorhaben umgesetzt und für die breite Gesellschaft nicht relevant.



Stoffstromtrennung mit Neuartigen Sanitärsystemen (Grafik: b.is, 2015)

Die Gründe dafür sind vielfältig und fußen zum großen Teil auf dem Status Quo der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur sowie veralteten Gesetzmäßigkeiten. So ist zum Beispiel eine der Hauptbegründungen für die Ablehnung der Implementierung von NASS der mit umfangreichen Investitionen verbundene bautechnische Aufwand sowie die eingeschränkte Verwendbarkeit der mit der Schwarzwasser- oder der Fäzes-Behandlung produzierbaren Dünger.

Ein weiterer Punkt ist die Akzeptanz der Gesellschaft, von der von einem Teil laut verschiedenen Fokusgruppenstudien die Nutzung von NASS grundsätzlich befürwortet wird, jedoch Bedenken in Bezug auf die Nutzung von aus Abwasser zurückgewonnenen Düngemitteln existieren. Hohe Relevanz für eine gesellschaftliche Akzeptanz hat zudem die Transformation von Forschungs- und Elitenwissen hin zur Bildung und Information der breiten Masse. Ein großer Teil der Gesellschaft versteht unter dem Begriff „alternative Toiletten“ beispielsweise primitive Latrinen, was zu Zweifeln hinsichtlich ästhetischer Standards und des Toilettenkomforts führt.



Als einer der Hauptansatzpunkte für eine Problemlösung ist demnach die Schaffung und Erweiterung der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins in der Öffentlichkeit zu sehen. Das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Projekt „Phosphorus Bank“ (P-Bank) verknüpft die Vorzüge der Stoffstromtrennung mit der Behandlung von Urin zur Produktion von Düngemitteln. Bezug nehmend auf die aufgeführten Problemstellungen für die Implementierung von NASS werden die genannten Anknüpfungspunkte für Akteur:innen des öffentlichen Raums zugänglich gemacht.

*Ansicht der P-Bank
(Foto: P-Bank, 2019)*

KONZEPTION UND KONSTRUKTION

Entwicklung Kommunikationskonzept



*Aufruf zur Phosphorspende
an der P-Bank
(Foto: P-Bank, 2019)*

Zentrales Element der Kommunikation ist die Transformation des Toilettengangs von der lästigen Notwendigkeit und infrastrukturellen Bürde hin zu einer Spende lebenswichtiger Ressourcen. Aufgrund seiner Eigenschaft als essenzielle Ressource eignet sich Phosphor als sinnbildlicher Stellvertreter von abwasserbürtigen Wertstoffen. Die P-BANK ist also eine nachhaltige öffentliche Toilette mit dem Charakter eines Phosphorspendezentrums. Der Phosphorkreislauf wird den Nutzer:innen stark vereinfacht präsentiert. Darüber hinaus werden Besucher:innen eingeladen, Teil des Kreislaufes zu werden.

Die interaktive Gestaltung sensibilisiert zu folgenden Themen:

- Endlichkeit von Phosphorressourcen
- die Rolle der Siedlungswasserwirtschaft
- Potenzial Neuartiger Sanitärsysteme

Die Ausstellungs- und Demonstrationsanlage vermittelt Innovationen und Ideen im Bereich der Stoffstromtrennung aus kommunalem Abwasser sowie Aufbereitungsmöglichkeiten für Urin intuitiv durch praktische Erfahrung. Umfassend wird der gesamte Phosphorkreislauf vom Abwasseranfall bis zur Nutzung des Düngers vor Ort etabliert und so für die Nutzer:innen greifbar gemacht. Zentraler Punkt ist die Stoffstromtrennung des Toilettenabwassers, wodurch die gezielte Behandlung der einzelnen Abwasserinhaltsstoffe erst effizient möglich gemacht wird.



Außenansicht der P-Bank im Rahmen des Bauhaus- 100 Jubiläums (Foto: P-Bank, 2019)



Aufbau und Beschilderung der Treppen der P-Bank im Rahmen des Bauhaus- 100 Jubiläums (Foto: P-Bank, 2019)

Durch verschiedene Berührungspunkte zur Interaktion der Besucher:innen im Rahmen der Phosphorspende wird sukzessive Interesse geschaffen und informiert. Die Interaktionsstufen während des Besuchs der P-Bank umfassen:

- den Gang zur Toilette,
- die Wartezeit vor den Spenderkabinen,
- den Toilettengang,
- das Händewaschen
- und das Verlassen der Toilette.

Gleichsam ist der Ablauf des Besuchs verknüpft mit dem Phosphorkreislauf. Von einer Sensibilisierung für die Endlichkeit der Phosphorressourcen, über die Informationen über die Potenziale der Abwasserbewirtschaftung durch Stoffstromtrennung und gezielte Behandlung wird der/die Besucher:in zu einer abschließenden Darstellung des Nutzens eines geschlossenen Wertstoffkreislaufs geführt.

Bei seinem Gang zur P-Bank wird der/die Nutzer:in dabei mit kurzen Informationen und einer Abfolge von Informationsschildern an der Eingangstreppe geführt.

WE NEED FOOD TO GROW

WIR BRAUCHEN NAHRUNG ZUM WACHSEN

We are almost 9 billion people and completely depend on modern agriculture for our food security.

Wir sind fast 9 Milliarden Menschen und für die Ernährungssicherung auf moderne Landwirtschaft angewiesen.

FOOD NEEDS P TO GROW

NAHRUNG BRAUCHT P ZUM WACHSEN

Phosphorus is an essential nutrient for plants to grow. Modern agriculture relies on it as fertilizer.

Phosphor ist ein essentieller Nährstoff für das Wachstum von Pflanzen. Die moderne Landwirtschaft setzt darauf als Düngemittel.

P-SOURCES ARE RUNNING LOW

UNSERE VORHANDENEN P-QUELLEN SIND BALD AUFGEBRAUCHT

Phosphorus is currently still obtained from mines, but these are almost depleted.

Phosphor wird derzeit noch aus Minen gewonnen, diese sind jedoch fast erschöpft.

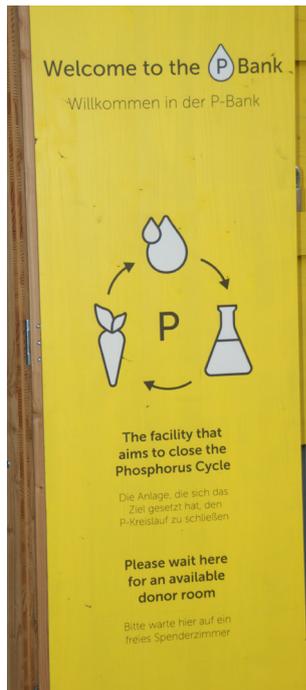
WE NEED NEW P-SOURCES NOW!

WIR BRAUCHEN DRINGEND NEUE P-QUELLEN!

Our future's food security depends on Phosphorus. Without Phosphorus there will not be enough to eat!

Die Gewährleistung unserer Nahrungsversorgung hängt von Phosphor ab. Ohne Phosphor werden wir nicht genug zu essen haben!

Beschilderung der Hinführung zur P-Bank (Grafik: P-Bank, 2019)



Türschild am Eingang der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)



Zugang zu einem Spenderzimmer in der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)

Anschließend wird die Aufmerksamkeit der/die Nutzer:in der P-Bank auf die Informationsflächen an den Türen gelenkt, die auf die Urintrennung und Aufbereitung, wie in der P-Bank, als eine Lösungsmöglichkeit für die P-Ressourcenverknappung hinweisen. In der Toilettenkabine wird dem/der Nutzer:innen mitgeteilt, welche Menge Phosphor er/sie momentan in etwa abgibt. Diese Phosphormenge wird durch die Umrechnung in Anbaubare Karotten pro Toilettengang in Relation gesetzt und so dem/der Nutzer:innen greifbar gemacht. Bei Verlassen der P-Bank wird dem/der Nutzer:in mit Blick auf die Hochbeete der Kreislaufschluss des Phosphors abschließend dargestellt. Besonders ist das Anheben der Informationsdichte während des Weges der Nutzer:innen. So wird ein interaktives Lernen ermöglicht und die Motivation zur weiteren selbstständigen Information angestrebt.



Spendeninformation während des Toilettengangs (Foto: P-Bank, 2019)

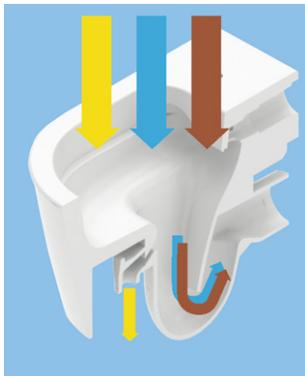
Die eigentliche Einhausung der Toilettenanlage wurde in der für WERKHAUS typischen Holzbauweise konstruiert und errichtet. Durch die Montage der Anlage auf einem Anhänger ist ein erleichterter Standortwechsel und so eine einfache Weiternutzung der Anlage gegeben. Ebenfalls zugehörig zur Gesamtanlage sind vorgeschaltete Terrassenelemente, Hochbeete und Sitzmöglichkeiten.



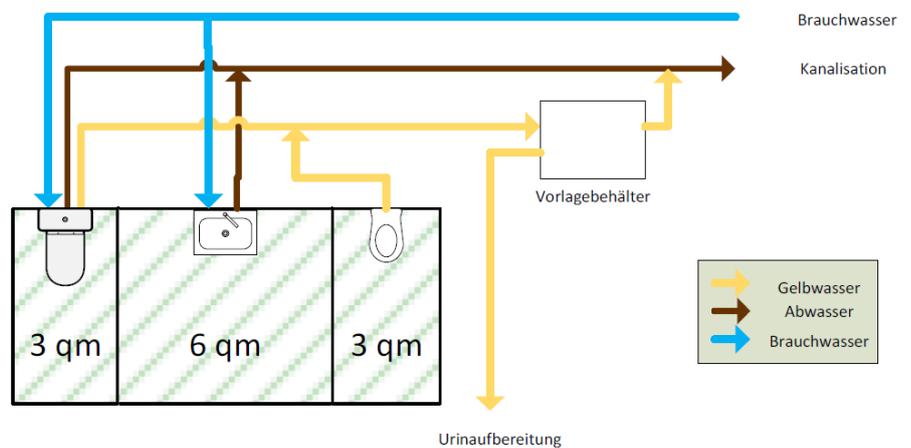
KONZEPTION UND KONSTRUKTION

Einrichtung und Stoffstromerfassung

Das Toilettengebäude besteht aus zwei Spenderkabinen, welche eine Trennspültoilette und ein wasserloses Urinal enthalten, einem Vorraum, in welchem ein Handwaschbecken angeordnet ist und einem Reaktorraum für die Urinaufbereitung, welcher vom Vorraum aus frontal einsehbar ist.



Spültrenntoilette in der P-Bank und Funktionsweise der Urine Trap by EOOS (Grafik: Lotte Kristofferitsch, EOOS GmbH)



Schematischer Grundriss der P-Bank mit Stoffstromsystem (Grafik: P-Bank, 2019)



Spender:innen-kabine mit wasserlosem Urinal in der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)

Der getrennt erfasste Urin wird mit einer Abwasserleitung einem Vorlagebehälter für die Aufbereitung zugeführt. Hierdurch soll einerseits genügend Urin für die Behandlungsverfahren gespeichert werden. Andererseits soll durch eine geringe Verweilzeit eine Harnstoffhydrolyse im Vorlagetank minimiert werden. Das Braunwasser der Trennspültoilette sowie des Handwaschbeckens wird über eine weitere Abwasserleitung aus der P-Bank in einen Schwemmkanal geleitet. Aus dem Vorlagebehälter wird der Urin den jeweiligen Urinbehandlungsverfahren zugeführt. Da es sich bei der Urinbehandlung um eine Anlage im Labormaßstab handelt, deren primäres Ziel es ist Aufbereitungsprozesse für die Nutzer:innen zu veranschaulichen, ist eine komplette Behandlung allen anfallenden Urins nicht sinnvoll und zielführend. An den Vorlagebehälter ist also ebenfalls ein Überlauf angebracht, welcher überschüssigen Urin in die bestehende Leitung für Braun- und Grauwasser einleitet.

KONZEPTION UND KONSTRUKTION

Methoden der Urinbehandlung

Die verwendeten Urinaufbereitungsverfahren wurden aus der Vielzahl möglicher Behandlungsverfahren unter Beachtung mehrerer Gesichtspunkte ausgewählt:

- Effektivität
- niedriger Technisierungsgrad
- Betriebssicherheit und -Stabilität
- Anschaulichkeit
- Arbeitssicherheit

Das Hauptziel des Projekts P-Bank liegt in der Nutzer:innen-bildung und -Sensibilisierung. Deshalb ist die Außenwirkung der gezeigten Verfahren höher zu bewerten als die technisch effiziente Ausführung. Es sollen bekannte Verfahrenskombinationen genutzt und als Schauobjekt adaptiert werden. Als Verfahrensziel wird weiterhin der Schwerpunkt der Nährstoffrückgewinnung gesetzt.

Basierend auf den genannten Rahmenbedingungen fiel die Wahl zum Einen auf die Verfahren der Ammoniak-Strippung mit simultaner Phosphorfällung und zum Anderen die Stabilisation mit nachgeschalteter Evaporation. Diese Verfahren wurden zweistraßig im Ausstellungs-Reaktorraum der P-Bank angeordnet.



Urinaufbereitungsverfahren in der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)



Strippungsanlage in der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)

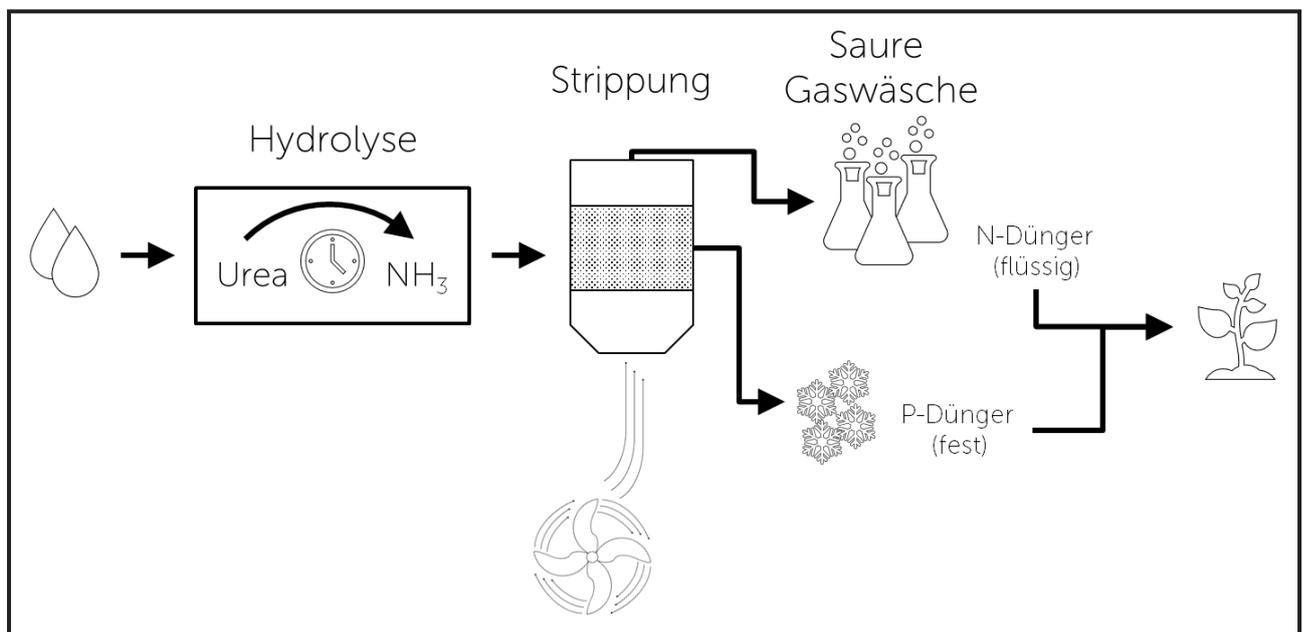
AMMONIAK-STRIPPUNGS-VERFAHREN

Die Ammoniak-Strippung basiert auf einer im Rahmen von Forschungstätigkeiten am Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme entwickelten Anlage. Die Anlage wird im Batchbetrieb gefahren und chargenweise beschickt. Folgende Komponenten bilden die Aufbereitungsstraße 1:

- Hydrolysereaktor
- Strippungsreaktor
- Gaswäsche

Der Hydrolysereaktor in Form eines Weithalsfasses ermöglicht durch Schaffung eines Lagerungsvolumens die Harnstoffhydrolyse und dessen Umwandlung zu Ammonium und Ammoniak. Mit einer Schlauchpumpe erfolgt die Beschickung und Entnahme des Urins.

Der Strippungsreaktor besteht aus einem Glaszylinder, in dem sich ein tschechischer Luftheber sowie Lochbleche und ein Prallblech befinden. Der Strippungsreaktor wird mit Urin befüllt und mit Hilfe einer Vakuumpumpe wird über den tschechischen Luftheber Umgebungsluft eingeblasen. Hierdurch erfolgt die Ammoniakstrippung und eine Förderung des Urins zur Oberkante des Lufthebers. Der angehobene Urin fließt nun durch die Lochbleche nach unten. Die an dem oberen Lochblech befestigten Hanffasern werden kontinuierlich mit Urin benetzt. Hierdurch soll die Bildung von Phosphatkristallen angeregt werden. Am Kopf des Strippungsreaktors wird die Luft gefasst und der Gaswäsche zugeführt. Diese besteht aus 6 mit verdünnter Schwefelsäure und Methylorange gefüllten Gaswaschflaschen, die mit der Abluft der Strippung beschickt werden.



Schematische Darstellung der Strippungs- und Kristallisationseinheit der P-Bank (Grafik: P-Bank, 2019)

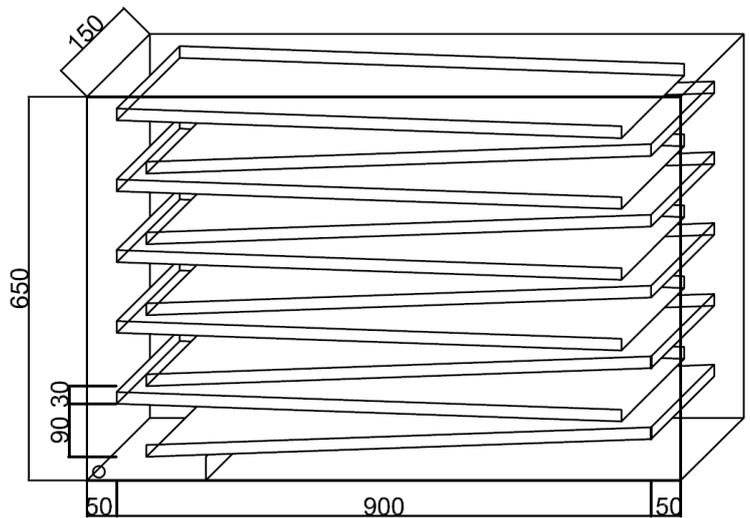
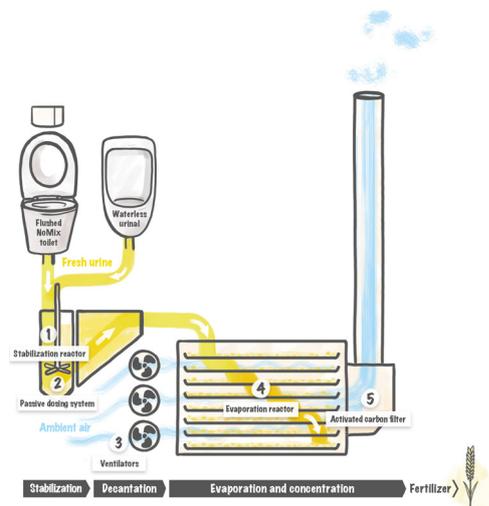
EVAPORATIONSVERFAHREN

Das in der Aufbereitungsstraße 2 der P-Bank dargestellte Evaporationsverfahren wurde von der EAWAG entwickelten Urinbehandlung der „Blue Diversion Autarky“-Toilette nachempfunden. Das Verfahren ist aus folgenden Bestandteilen aufgebaut:

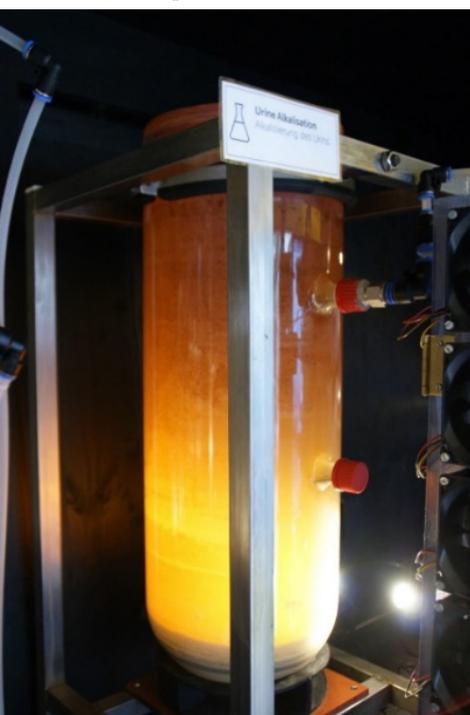
- Stabilisationsreaktor
- Evaporationseinheit
- Aktivkohlefiltration

Der Stabilisationsreaktor besteht aus einem Glaszylinder, der mit Calciumhydroxid befüllt ist. In diesem ersten Schritt wird der Frischurin hygienisiert und stabilisiert. Anschließend wird dieser in die Evaporationseinheit geleitet. Diese besteht in der P-Bank aus einem PVC-Schaukasten mit Leitblechen. Der Urin fließt über die Leitbleche nach unten, während mit einer Belüftereinheit Umgebungsluft horizontal über die Leitbleche geleitet wird. Zur Oberflächenvergrößerung und gleichmäßigen Benetzung der Leitbleche dienen handelsübliche Jutesäcke. Die Abluft aus der Verdunstungsanlage wird mit einem Schlauchsystem einer Abluftreinigung mittels Aktivkohlefilter zugeführt.

*Urinbehandlung der Blue-Diversion-Autarky-Toilette
(Grafik: Eawag, 2014)*



*Schema der Evaporationseinheit
und Evaporationsstrecke in der P-Bank (Foto: P-Bank, 2019)*

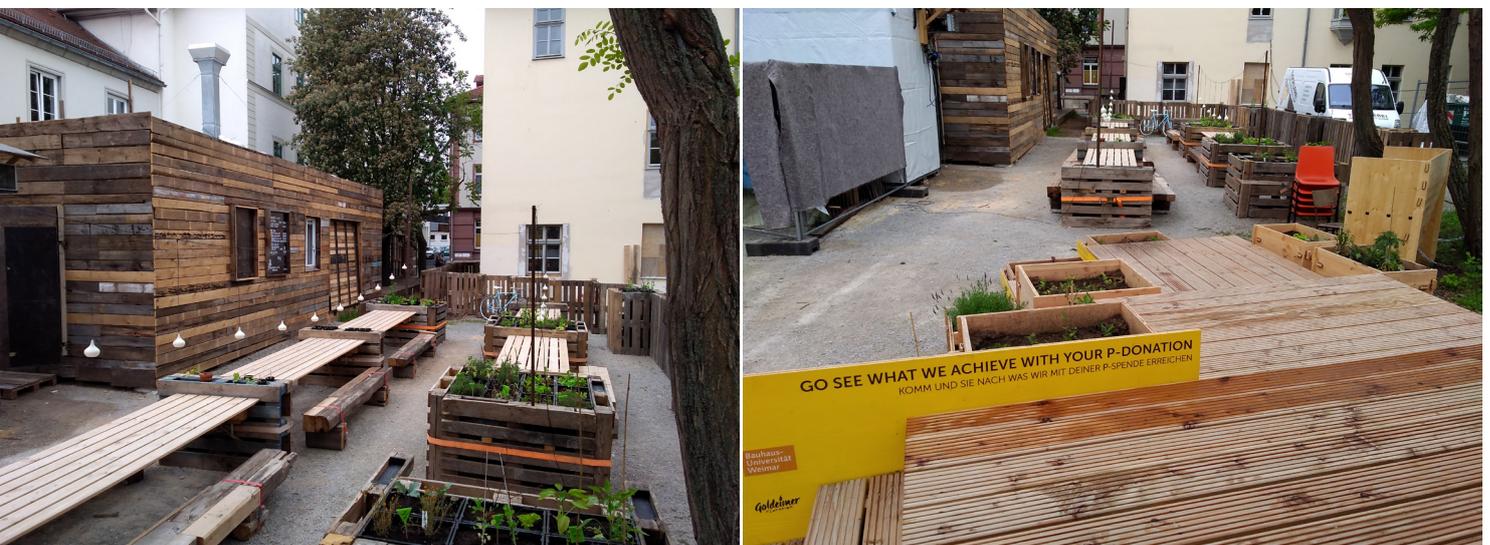


AUFSTELLUNG/TESTBETRIEB

Beschreibung der Ausstellung

STANDORTWAHL ZUM 100-JÄHRIGEN BAUHAUS-JUBILÄUM IN WEIMAR

Als Standort wurde eine Freifläche zwischen Universitätsgebäuden in der Marienstraße (Nr. 9 und 13) in unmittelbarer Nähe zu vielen Veranstaltungsorten des Bauhaus100 - Jubiläums gewählt. Der gewählte Standort ist besonders interessant, da dieser zeitgleich im Rahmen eines Bauhaus100-Projekt für den Betrieb eines temporären Restaurants mit dem Namen „Die Lücke“ (angelehnt an die Baulücke in der Marienstraße 11) dient. Da für „Die Lücke“, wie auch für das Projekt P-BANK Nachhaltigkeit und Recyclingstrategien anderen Zielen übergeordnet sind, ist die Kooperation im Sinne der Stellplatzteilung und Verknüpfung der Vorgänge im Restaurant und der P-BANK als öffentlicher Toilette und P-Recycling-Anlage zur Nahrungsmittelproduktion ein besonderer Vorteil des gewählten Stellplatzes.



*Restaurant „Die Lücke“ (links), Blick von der P-Bank in den Außenbereich des Restaurants (rechts)
(Fotos: P-Bank, 2019)*

PLANUNG UND AUFBAU DER P-BANK

Das Projekt-Kick-off fand unverzüglich nach Beginn der Projektlaufzeit in Weimar statt. Nach einer Begehung des späteren Stellplatzes und wurden erste Entwürfe für Kommunikationsdesign und die Umsetzung der Anlage entworfen, die in weiteren kurz aufeinander folgenden Besprechungen in Weimar und bei der Werkhaus GmbH in Lüchow verfeinert wurden. Anschließend erfolgte der Rohbau der Anlage in den Werkshallen der Werkhaus GmbH, sodass der Transport und die Aufstellung in Weimar bereits Anfang April erfolgen konnte.



Mit der Installation der relevanten Sanitärelemente sowie den für das Kommunikationskonzept umgearbeiteten Urinaufbereitungsanlagen, wurde das Grundkonzept P-BANK vervollständigt.

Für interessierte Besucher:innen fand vor der eigentlichen Eröffnung von „Lücke“ und P-BANK ein Baustelleneinblick, zu dem unter anderem Vertreter:innen der Stadt Weimar eingeladen waren, statt.

*Bilder vom Aufbau der P-Bank (rechts+oben)
(Foto: P-Bank, 2019)*



Die offizielle Inbetriebnahme und Eröffnung fand am 03.05.2019 statt. Nach Fertigstellung der Bestandteile des Kommunikationskonzeptes und der Außenanlagen sowie der Optimierung der Urinaufbereitungsanlage wurde gemeinsam mit dem Restaurant „Lücke“ die P-BANK offiziell für den Sommer eröffnet.

Mit Begleitworten des Präsidenten der Bauhaus-Universität Weimar Prof. Dr. Winfried Speitkamp, Holger Danneberg, dem Geschäftsführer von Werkhaus GmbH und dem Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong fand ein geselliger Abend als Startschuss für den Testbetrieb statt.

*Baustelleneinsicht
(Foto: Dana Höftmann (BUW), 2019)*



*Eröffnung von „Lücke“ und P-Bank, links: Hr. Danneberg, Fa. Werkhaus,
Mitte: Prof. Dr. Speitkamp, Präsident der Bauhaus-Universität, rechts: Prof. Dr.-Ing. Londong, Projektleiter
(Fotos: P-Bank, 2019 und Lücke, 2019)*



Vortragsreihe „Thoughts behind the P“
(Fotos: P-Bank, 2019)



Give-Aways für P-Bank Besucher:innen
(Fotos: P-Bank, 2019)



Teil des Goldeimer-Stands
am P-Bank Marktplatz
(Fotos: P-Bank, 2019)

Besuch von der Partner:innen-Universität NWU Potchefstroom, Südafrika
(Fotos: P-BANK, 2019)

The summer of P

Anlässlich der Jahresschau der Bauhaus-Universität Weimar „Summaery 2019“ und des 100-jährigen Bauhausjubiläums (Bauhaus100) wurde das Projekt im Rahmen verschiedener Präsenzveranstaltungen unter dem Titel „The Summer of P“ den Besucher:innen der Jubiläumsveranstaltungen hervorgehoben präsentiert.

Die Vortragsreihe „Thoughts behind the P“ ermöglichte den Besucher:innen Einblicke in vielseitigen Aspekte, die mit dem Thema Neuartige Sanitärsysteme verknüpft sind. Unter dem Slogan „The Summer of P“ fand außerdem ein Marktplatz mit vielseitigen Ständen statt, an welchen sich Besucher:innen spielerisch über die Chancen und Möglichkeiten Neuartiger Sanitärsysteme informieren konnten.

Programm der Vortragsreihe Thoughts behind the P

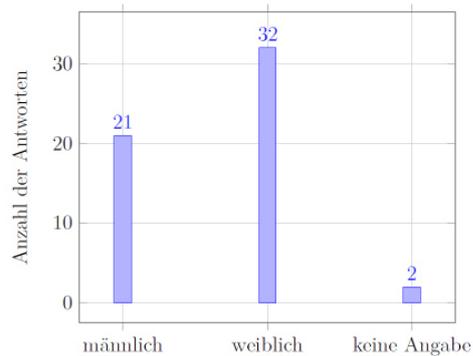
Jörg Londong Bauhaus-Universität Weimar	Kontext des P-Bank Projektes
Anniek Vetter & Sylvia Debit Bauhaus-Universität Weimar	P-Bank: Benutzerverhalten neu denken durch Gestaltung
Michel Riechmann Eawag	The Autarky Toilet – Sanitation off the Grid
Malte Schremmer Goldeimer gGmbH	Klo für Alle! Wie der Stuhlgang auch Spaß bringen kann. Goldeimer stellt sich vor.
Sabina Durdik LAUFEN BATHROOMS AG	Save! The Toilet Revolution
Britta Lüpke Werkhaus GmbH	WERKHAUS - vom Kaleidoskop zum Kompostklo
Nils Hasport Bauhaus-Universität Weimar/ Technische Hochschule Mittelhessen	AlgA - Algenbiotechnologie in Abwasserreinigungsanlagen - Phosphorrecycling und Energiegewinnung



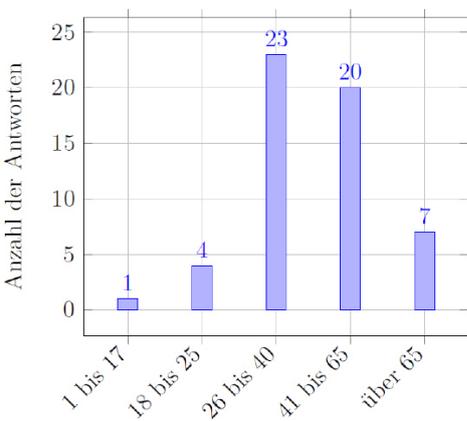
AUFSTELLUNG/TESTBETRIEB

Evaluation des inhaltlichen Feedbacks

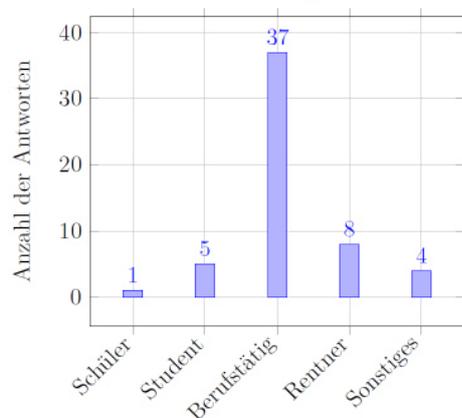
Geschlecht der Umfrageteilnehmer:



Alter der Umfrageteilnehmer:



Berufe der Umfrageteilnehmer:



Umfrageergebnisse:

Personenbezogene Informationen (Grafiken:

P-Bank, 2019)

Umfrageergebnisse:

genutzte Informationswege zur P-Bank

(Grafik: P-Bank, 2019)

NUTZERBEFRAGUNG

Die Wirkung des Gesamtkonzeptes wurde durch eine schriftliche Befragung der P-Bank-Nutzer:innen untersucht. An mehreren Tagen wurden zufällig ausgewählte Personen nach dem Besuch der P-BANK basierend auf einem für die Kommunikation Neuartiger Sanitärsysteme konzeptionierten Fragebogen befragt.

Die Kernthemen hierbei sind:

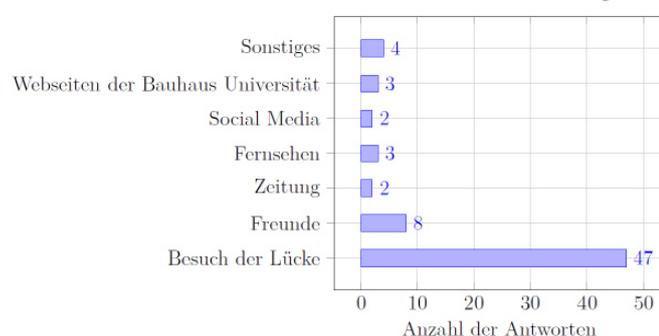
- die Reichweite der Social Media Kampagnen und der Medienaufmerksamkeit für die P-BANK im Vorfeld zur Aktivveranstaltung während der Summaery,
- Effektivität der Kommunikationswege,
- Stand des Wissens zu Neuartigen Sanitärsystemen,
- Funktionalität des Kommunikationskonzeptes P-BANK.

Ziel der Nutzer:innen-befragung war es zu identifizieren, wie die einzelnen Schritte des Kommunikationskonzeptes von verschiedenen Nutzer:innen-gruppen angenommen werden und welche Verbesserungspotenziale vorhanden sind. Insbesondere welche Art von Informationen für verschiedene Nutzer:innen relevant ist, sollte ermittelt werden. Diese Inhalte umfassten beispielsweise die ökologischen Vorteile Neuartiger Sanitärsysteme, die technische Funktion der gezeigten Verfahren und die praktischen Einsatzszenarien der vorgestellten Verfahren.

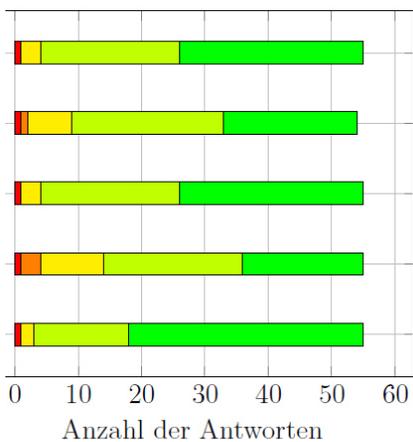
Die Auswertung der personenbezogenen Daten der Umfrageteilnehmer zeigt, dass die Stichprobenauswahl der Grundgesamtheit sich zu 60% aus und zu 40% aus Männern zusammensetzt. Ein Großteil der Befragten war mittleren Alters, wobei die Gruppe der 26 bis 40 und der 41 bis 65-jährigen ähnliche Größen hatten. Rund 2/3 der Befragten gaben hierbei an, berufstätig zu sein. Es war auffällig, dass aufgrund der Nähe zur Bauhaus-Universität Weimar ein akademischer Hintergrund bei überproportional vielen Befragten vorhanden war.

Es wird deutlich, dass durch den gewählten Standort ein spezifischer Personenkreis erreicht wurde, welcher nur bedingt für die Gesamtgesellschaft repräsentativ ist. Dies wird ebenfalls durch die Art der Informationsverbreitung über die P-Bank deutlich. Rund 85% der Befragten wurden durch den Besuch des angrenzenden Pop-up-Restaurants auf die P-Bank aufmerksam. Andere Informationswege waren nachrangig relevant.

Ich bin auf die P-Bank aufmerksam geworden durch:



- A** Die P-Bank war eine positive Erfahrung
- B** Das Konzept war klar und verständlich
- C** Komfort und Hygiene genügte meinen Ansprüchen
- D** Ich kann mir die Nutzung eines NASS im Privatbereich vorstellen
- E** Ich halte NASS für einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz



- Ich stimme gar nicht zu
- Ich stimme nicht zu
- neutral
- Ich stimme zu
- Ich stimme sehr stark zu

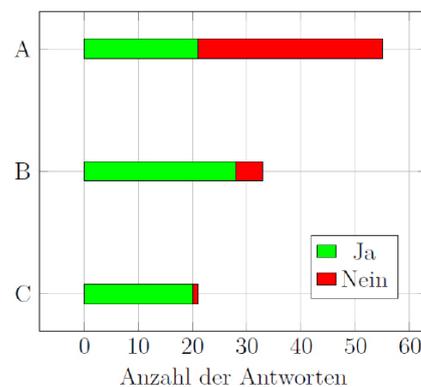
*Umfrageergebnisse:
Bewertung des Gesamtprojektes
(Grafiken: P-Bank, 2019)*

Zusammengefasst zeigt sich aus den Befragungen die überwiegende Erreichung der gesetzten Ziele des Projektes mit Optimierungspotenzial in Bezug auf die detaillierte Umsetzung der Kommunikationselemente. Das Gesamtkonzept der P-Bank wurde verstanden und sehr positiv aufgenommen. Bedenken hinsichtlich des Komforts Neuartiger Sanitärsysteme konnten erfolgreich durch praktische Erfahrungen widerlegt werden. Insbesondere die Bedeutung der Ressource Phosphor, sowie die Problematik der Endlichkeit der Phosphorressourcen konnte sehr gut vermittelt werden. Einer privaten Nutzung Neuartiger Sanitärsysteme stehen weiterhin, wenn auch begrenzt, Bedenken entgegen.

Ca. 2/3 der Befragten gaben an, vor dem Besuch der P-Bank kein Wissen zu Neuartigen Sanitärsystemen zu haben. Besonders positiv zu bewerten ist hier, dass nach einem Besuch der P-Bank über 90% der Befragten sich weiter über dieses Thema informieren wollten. Durch den modularen und praktischen Aufbau des Kommunikationskonzeptes können Besucher:innen sehr gut für dieses Thema begeistert werden. Befragte ohne Vorwissen zu Neuartigen Sanitärsystemen assoziierten die Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Abwasserentsorgung meist mit Komposttoiletten, welche durch Festival- oder Camping-Erfahrungen bekannt waren. Eine technisierte Nutzung im häuslichen Bereich (Schwarzwassernutzung, Grauwasserrecycling oder Urinseparation) war insbesondere fachfremden Personen nicht bekannt.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass Besucher:innen die Wertigkeit des Abwassers und insbesondere der Ressource Phosphor vermittelt werden konnte. Die Reaktionen der Befragten im Hinblick auf die Nutzung neuartiger Sanitärsysteme waren überwiegend positiv. Wie aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen, wie z.B. die Bewegung „Fridays for Future“, zeigen, ist in der Bevölkerung eine wachsende Nachfrage nach einem nachhaltigen Lebensstil vorhanden. Es wurde deutlich, dass die Kommunikation von Lösungsansätzen im Bereich der Neuartigen Sanitärsysteme von großer Relevanz ist.

- A** Ich habe bereits vor dem Besuch der P Bank von NASS gehört
- B** Wenn nein: Ich möchte mich anschließend weiter über dieses Thema informieren
- C** Wenn ja: Ich habe durch den Besuch der P Bank etwas Neues gelernt



Umfrageergebnisse: Vorwissen zu NASS (Grafik: P-Bank, 2019)

Eröffnung der P-Bank

03. Mai 2019 / 02:01 Uhr

Weimar. Das Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme an der Bauhaus-Uni hat für heute, Freitag, 18 Uhr, zur Eröffnung der P-Bank, eingeladen. Dahinter verbirgt sich eine interaktiven Recycling-Toilettenanlage, in der Marienstraße 11 (Die Lücke). Das Projekt rückt Umweltthemen wie Phosphorknappheit und Kreislaufführung von Nährstoffen in den Fokus. Das „P“ steht sowohl für das Element Phosphor wie für das englische Wort pee (Urin).

TA / 03.05.19
Z0R0162657653



Auszüge aus dem medialen Feedback der P-Bank (Quellen: Thüringer Allgemeine, 2019 und VDI-Nachrichten, 2019)



Prof. Jörg Londong erklärt die Aufbereitung in der P-BANK im MDR-Thüringenjournal (Quelle: Videomaterial MDR, 2019)

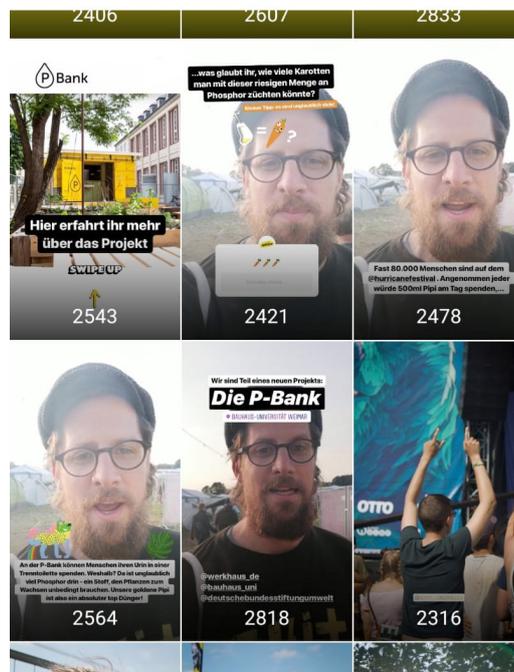
MEDIEN-FEEDBACK

„Auf der „P-Bank“ in Weimar wird aus Urin wertvoller Phosphor“ titelte der Mitteldeutsche Rundfunk am 03. Mai 2019 die erstmalige Eröffnung der Spendenplattform der besonderen Art, die im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes „Phosphorus Bank“ in einer Kooperation der Bauhaus-Universität Weimar mit der Werkhaus GmbH entwickelt wurde. Das Verbundprojekt kombiniert die technische Umsetzung von NASS mit ästhetischen Designkomponenten. Mit der „Urinspende für Nachhaltigkeit“ (VDI-Nachrichten vom 10.05.2019) schafft die „P-BANK“ Möglichkeiten zur Identifikation mit verschiedenen individuellen Schnittstellen zur Abwasserentsorgung und Ressourcenrückgewinnung.

Die in der P-Bank interaktiv zu erlebende „Düngergewinnung mittels Trenntoilette“ (MDR-Fernsehbeitrag vom 11.05.2019) wird von der Augsburger Allgemeinen als „Wertstoffsammelstelle“ kategorisiert und zeigt damit deutlich die Sinnhaftigkeit des Recyclings der flüssigen Humanabfallstoffe. ZDF, Thüringer Allgemeine, BILD und weitere riefen nicht nur zum „Urin spenden für die Forschung“ oder zum „Pullern für die Wissenschaft“ auf der P-Bank auf, sondern griffen die Relevanz der Stoffstromtrennung in Teilen in Anlehnung an weitere Projekte auf.

Mit Ihrem P-Bank-Gewinnspiel erreichte die ebenfalls am Projekt beteiligte Goldeimer gGmbH 2500 Personen in sozialen Netzwerken. Darüber hinaus waren Nutzer:innen von Instagram oder Facebook begeistert von der „Nachhaltigen Alternative zum konventionellen Abwassersystem“ und wünschten sich eine „Home Edition“ der P-Bank.

Die Augsburger Allgemeine fasst zusammen: „Bei jedem Toilettengang verschwenden wir wertvolle Ressourcen. Denn Urin ist kein Abfall, sondern Rohstoff“.



Screenshots des Goldeimer-Livestreams (Screenshot: P-Bank, 2019)



Weitere Auszüge aus dem medialen Feedback der P-Bank (Quelle: Augsburger Allgemeine, 2019)

AUFSTELLUNG/TESTBETRIEB

Evaluation der technischen Umsetzung

TECHNISCHE BETRIEBSERFAHRUNGEN

Im Rahmen des Testbetriebs ist es gelungen, die Trenntoiletten sowie die zugehörige Urinbehandlung als Schauanlage zu präsentieren und einen reibungsfreien Betrieb sicherzustellen. Es konnte ein hygienisches und ansprechendes Sanitärdesign präsentiert werden. Vorhandene Bedenken hinsichtlich Komfort und Hygiene von NASS konnten ausgeräumt werden, wie ebenfalls die Nutzer:innen-befragungen zeigten. Eine Mobilität der P-Bank ist durch eine Installation auf einem Anhänger grundsätzlich gegeben. Ein Standortwechsel der P-Bank ist allerdings aufgrund nicht transportfester Teile mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden. In Hinblick auf eine effiziente Nachnutzung stellt die Reduktion des Installations- und Betriebsaufwandes vor Ort den wichtigsten Parameter dar. Ein Aufbau der P-Bank nach einem Standortwechsel ist mit folgenden Arbeitsschritten verbunden:

- Anschluss an bestehende Leitungssysteme,
- Installation der Urinbehandlung,
- Aufbau der Elemente des Außenbereichs
- und Montage des Dachaufbaus.

Der Anschluss an bestehende Leitungssysteme kann aufgrund der Verwendung standartmäßiger Leitungen und Kupplungen einfach und schnell erfolgen. Die Anschlüsse sind innerhalb der P-Bank installiert, wodurch für die Standortwahl hierbei die Notwendigkeit eines Abwasseranschlusses limitierend ist. Aufgrund des notwendigen Leitungsgefälles kann nur eine Strecke von ca. 4 Metern überbrückt werden, wobei die Leitungen im öffentlichen Raum zusätzlich einer geeigneten Überdeckung bedürfen. Dieses Problem kann jedoch nur durch eine grundlegende Änderung der präsentierten Sanitärtechnik erreicht werden worauf im weiteren Projektverlauf verzichtet wurde.

Installation und Betrieb der Urinbehandlungsverfahren stellen einen der aufwendigsten Arbeitsschritte dar. Die zeigten Verfahren sind nicht transportfest innerhalb der P-Bank montiert. Weiterhin ist aufgrund des Prototypencharakters der Anlage sowie der Behandlung und Nutzung potenzieller Gefahrstoffe eine Wartung und Überwachung der Anlage in einem wöchentlichen Rhythmus durch Fachpersonal notwendig. Ein Montage und Demontage muss aus diesen Gründen ebenfalls durch Fachpersonal erfolgen.

Die Elemente des Außenbereichs weisen durch das Werkhaus - Stecksystem ein gutes Handling im Hinblick auf Auf- und Abbau auf und können in ihrem Umfang frei variiert werden.

Der ursprüngliche Dachaufbau (Folie und Querstangen) ist nicht transportfest. Hierdurch ergibt sich zunächst ein Arbeitsaufwand für Montage und Demontage. Weiterhin ergibt sich alleine durch diese Elemente die Notwendigkeit eines Transportfahrzeuges mit ei-



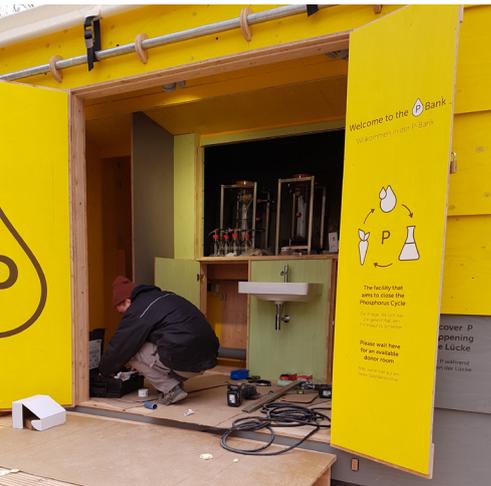
Abtransport der P-Bank zum Tiny Living Festival und Montage des Dachaufbaus (Fotos: P-Bank, 2019)



Installation des Außenbereichs der P-Bank (Fotos: P-Bank, 2019)

AUFSTELLUNG/TESTBETRIEB

Evaluation der technischen Umsetzung



Installation der Urinbehandlung innerhalb des Reaktorraums der P-Bank (Fotos: P-Bank, 2019)



Ver- und Entsorgungsleitungen der P-Bank (Fotos: P-Bank, 2019)

nem Laderaum von mehr als 6 Metern Länge zum Transport der Befestigungsstangen. Ist eine Zwischenlagerung der P-Bank im Freien geplant muss der Dachaufbau zwischen einzelnen Veranstaltungen auch während der Lagerdauer erneut installiert werden.

Insbesondere für terminlich unflexible Veranstaltungen zeigt sich, dass eine Regenschutz notwendig ist, da innerhalb des Vorraums der P-Bank nicht genau Platz ist um Workshops mit kleineren Gruppen durchzuführen. Bei starkem Wind wird weiterhin der Holzboden des Vorraums vernässt und auf Dauer beschädigt. Im Rahmen des Testbetriebs wurde dies kurzfristig durch ein Sonnensegel verhindert.

UNTERSUCHUNG DER URINBEHANDLUNGSVERFAHREN

Im Rahmen des dreimonatigen Testbetriebs an der Bauhaus Universität wurde unter anderem die Funktionalität der Urinbehandlungsverfahren untersucht. Durch Laboranalytik wurden anschließend die Nährstoffkonzentrationen der gewonnenen Düngemittel bestimmt. Hanffasern sowie kristalline Ausfällungen, welche sich auf den Hanffasern gebildet haben, wurden aus dem Strippungsreaktor entnommen. Als weiteres Produkt der Strippung wurde die Ammoniumsulfatlösung aus der sauren Gaswäsche untersucht. Das Produkt der Evaporationseinheit sind die eingebrachten Jutesäcke, diese wurden ebenfalls entnommen und analysiert. Die Feststoffanalyse erfolgte mittels ICP-OES zur Bestimmung ausgewählter anorganischer Bestandteile. Im Substrat der Strippung (Hanffasern) wurden Phosphatgehalte von 21,6 bis 49,8 g/kg und ein Kaliumgehalt von 30,1 bis 31,5 g/kg erreicht, was darauf schließen lässt, dass bevorzugt Kaliumphosphate aus der Lösung abgeschieden wurden. Die Jute-Säcke der Evaporation weisen nach dem 3-monatigen Testbetrieb einen Phosphatgehalt von 7,6 g/kg auf. Die Konzentration an Ammoniumsulfat, welche durch die saure Gaswäsche gebildet wurde, wurde mittels Küvettentests analysiert. Es wurde eine Ammoniumkonzentration von 71,2 g/l gemessen.



Düngerprodukte aus der Urinbehandlung (Foto: P-Bank, 2019)

OPTIMIERUNGSPOTENZIALE UND UMSETZUNG

Entwicklung und Erweiterung Kommunikationsinhalte und -Methoden

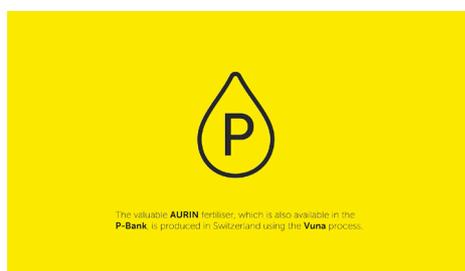


Video der digitalisierten Urin-Strippungsanlage (Fotos: P-Bank, 2021)

Zur ortsunabhängigen Präsentation der P-Bank und zur Erhöhung der Reichweite, der Verbesserung der Online-Präsenz sowie zur Einbindung in Lehrkonzepte wurde am Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme eine digitale Anwendung auf Basis von 360° Aufnahmen erstellt. Dieses Bildmaterial wurde anschließend in eine virtuell begehbare Umgebung eingepflegt, wobei an ausgewählten Punkten weitergehende Informationen hinterlegt wurden. Das bestehende 360° Modell wird den Besucher:innen der P-Bank via QR-Codes zugänglich gemacht. Hierdurch soll eine Weitergabe der Informationen und Erkenntnisse über den Einzelbesucher:innen hinaus forciert werden.

Zur wartungsarmen Präsentation von Urinbehandlungsverfahren wurde das Ammoniak-Strippungsverfahren im Labormaßstab digitalisiert. Analog zur direkten Abbildung des Verfahrens wurde ebenfalls die Videoaufzeichnung mit Annotationen zur Erläuterung der Verfahrensschritte versehen. Weiterhin wurde eine Zeitraffer-Aufnahme ergänzt, wodurch es dem Besucher:innen möglich wird den kompletten Verfahrensablauf innerhalb eines einzigen Besuches der P-Bank vor Ort zu erfahren.

Als weiteres Urinbehandlungsverfahren wurde der VUNA-Prozess digitalisiert. Mit Unterstützung der VUNA GmbH kann deren Behandlungsanlage innerhalb eines Videos erläutert werden. Hiermit kann über eine Prototypenanlage hinaus ein marktreifes Verfahren präsentiert werden. Ergänzend hierzu wird, wie bei bisherigen Veranstaltungen das verkaufsfertige Produkt „Aurin“ in 10ml Probeflaschen verschenkt. Hierdurch wird diese digitale Präsentation durch eine praktische Erfahrung abgerundet. Es kann somit praktisch vermittelt werden, wie Urin in ein Düngerprodukt verwandelt werden kann, welches keine der mit Urin negativ assoziierten Eigenschaften aufweist.



Video zur Herstellung von Aurindünger mittels Vuna-Prozess (Fotos: P-Bank, 2021)



OPTIMIERUNGSPOTENZIALE UND UMSETZUNG

Technische Adaption und Erweiterung



Installation der verkleinerten Urinbehandlung
(Fotos: P-Bank, 2019)

Auf Grundlage der in Kapitel 3.3 beschriebenen Betriebserfahrungen erfolgte eine Optimierung des Anlagenkonzeptes. Der ursprüngliche Dachaufbau wurde durch eine (Transport)-feste Variante ersetzt. Die Verbindungsteile der Ver- und Entsorgungsleitungen wurden zur besseren Zugänglichkeit an die Außenseite der P-Bank verlegt. Zusätzlich wurde eine Vordach installiert, womit eine Terrasse von 4,0*2,5 Metern als geschützter Interaktionsraum hinzugewonnen wurde.



Vordach der P-Bank (Fotos: P-Bank, 2021)

Zur Reduktion des Montage und Betreuungsaufwandes wurden zwei alternative Varianten der Darstellung einer Urinbehandlung entwickelt. Für kurzzeitige Präsentationen der P-Bank wurde eine vereinfachte Variante der Urinbehandlung erprobt. Hierbei wurde lediglich das Ammoniak Strippungsverfahren mit Batchbetrieb installiert. Innerhalb des Reaktorraums wurde der Strippungsreaktor sowie die Gaswäsche aufgestellt. Der Reaktor wurde mit vorab gesammelten und hydrolysierten Urin befüllt und in Betrieb genommen. Anschließend ist ein wartungsfreier und sicherer Betrieb der Urinbehandlung für 2 Wochen möglich. Der Arbeitsaufwand vor Ort beschränkt sich lediglich auf Auf- und Abbau, welcher aufgrund des geringen apparativen Aufwands sehr schnell funktioniert. Um für längerfristige Installationen der P-Bank eine komplett wartungsfreie Präsentation der Urinbehandlung zu ermöglichen wurden final zwei TV-Bildschirme innerhalb des Reaktorraums der P-Bank installiert. Diese ermöglichen durch die in Kapitel 4.1 beschriebene Digitalisierung der Urinbehandlung einen Einblick in den Betrieb verschiedener Laboranlagen.



Verlegung Ver- und Entsorgungsanschlüsse
(Fotos: P-Bank, 2021)



Neuer Dachaufbau der P-Bank
(Fotos: P-Bank, 2020)

Digitale Urinbehandlung in der P-Bank (Fotos: P-Bank, 2021)

FOLGEVERANSTALTUNGEN



Ausstellung der P-Bank auf dem Tiny Living Festival (Fotos: P-Bank, 2020)



3D-Modell der P-Bank auf der Woche der Umwelt (Fotos: P-Bank, 2021)

START PROGRAMM AUSSTELLER SERVICE ANMELDUNG



Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)

Pressevideo P-Bank

Mit dem durch die Deutsche Bundesregierung Umwelt (b.is) geförderten Kommunikationsprojekt "P-Bank" (www.p-bank.de) werden innovative Konzepte der Umwelttechnik und Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen in den Fokus. In der P-Bank werden technische Möglichkeiten zur geschlossenen Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen in der Toilette und im Bereich der Abwasserbehandlung im Fokus. Die P-Bank ist ein innovatives Konzept zur Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen in der Toilette und im Bereich der Abwasserbehandlung im Fokus. Die P-Bank ist ein innovatives Konzept zur Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen in der Toilette und im Bereich der Abwasserbehandlung im Fokus.



Die P-Bank wurde als Pilotprojekt im Rahmen des Projekts "P-Bank" entwickelt und ist ein innovatives Konzept zur Kreislaufwirtschaft von Nährstoffen in der Toilette und im Bereich der Abwasserbehandlung im Fokus.

Unter folgendem Link kann der 3D-Rundgang durch die P-Bank virtual besucht werden:

You Tube-Video



Bilder

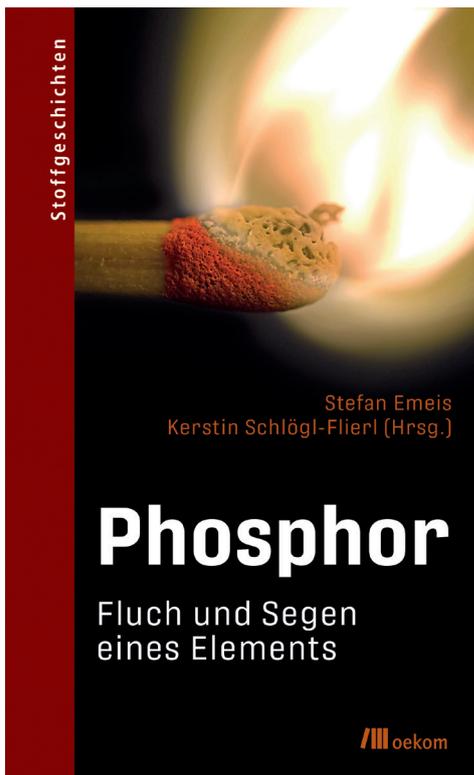


Zur Evaluation der Mobilität der P-Bank-Installation im Praxistest wurde die P-Bank-Präsentation vom 04. bis 06.09.2019 im Rahmen des Tiny Living Festival im Wendland genutzt. Auf dem Tiny Living Festival werden aktuelle Entwicklungen und Ideen für einen nachhaltigen und reduzierten Lebensstil präsentiert, wobei der Fokus bei Tiny House Konzepten liegt. Thematisch wurde die Ausstellung der P-Bank durch die Präsentation von mobilen Komposttoiletten (Klo-to-go) durch den Projektpartner:innen Werkhaus und der Auftragnehmer:innen Goldeimer gGmbH ergänzt. Aufgrund des mobilen Aufbaus des eigentlichen P-Bank Gebäudes beschränkte sich ein Großteil der notwendigen Arbeitszeit auf die Installation des Außenbereichs, der Urin-Aufbereitung und den Anschluss an das bestehende Leitungssystem. Zur Anpassung des Installationsaufwandes an die kurze Präsentationsdauer wurde wie Kapitel 4.2 dargestellt, die Urinaufbereitung auf die Strippungsanlage reduziert. Hierbei wurde eine Urin-Charge im Batchbetrieb behandelt, wodurch ein wesentlicher Teil von Verfahrenstechnik und Leitungssystemen entfallen konnte. Darüber hinaus wurde der Außenbereich auf ein Terrassenelement inklusive Treppe, an deren Stufen die Eingangsbeschilderung angebracht wurde, begrenzt. Ergänzend wurden einige kleinere Hochbeete und Flyerhalter auf der Terrasse angeordnet.

Abschließend konnte nach einer Pandemie-bedingten Verschiebung die P-Bank am 10. und 11. Juni 2021 auf der Woche der Umwelt präsentiert werden. Auf dieser Veranstaltung werden in Zusammenarbeit des Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) zukunftsreiche Umweltprojekte und -Innovationen präsentiert. Hier war die P-Bank durch Bilder, Beschreibung und zwei Videos auf der zugehörigen Aussteller:innen-Website vertreten. Zusätzlich konnte die P-Bank durch eine interaktive 3D-Anwendung digital und selbstständig erkundet werden.

Onlinepräsenz der P-Bank auf der Woche der Umwelt (Quelle: www.woche-der-umwelt.de/ausstellerKonkret/1485, 2021)

WISSENSCHAFTLICHE VERWERTUNG



Cover *Phosphor - Stoffgeschichten – Band 14* (Wissenschaftszentrums Umwelt der Universität Augsburg und oekom e. V.)

Beitrag 14: Stefanie Hörnlein/ Jörg Londong - *Phosphor – Eine essenzielle Ressource im Urin, 2021, Augsburg.*



Präsentation der P-Bank auf der Antenna-Plattform der Dutch Design Week (Fotos: P-Bank, 2019)

Die Publikation und Streuung des wissenschaftlichen Neuwertes der interdisziplinären Untersuchungsergebnisse sowie das technische und das Kommunikationskonzept der P-Bank sind wesentliche Bestandteile der Ergebnisverwertung.

Während der Projektbearbeitungszeit war es möglich, diverse Vorträge in internen Institutsseminaren am Bauhaus- Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is) zu halten. Neben der Veranstaltung „The summer of P“ im Sommer 2019 in Weimar erfolgte ein Austausch mit der Fachwelt in Form von Präsentationen zum Thema Phosphorus Bank und die Kommunikation von NASS:

- Präsentation Stefanie Hörnlein: „Communicating Source Separation of Urine“, Fifth Symposium on Urban Mining and Circular Economy, VIRTUAL EVENT / 18-20 November 2020
- Prämierter Posterbeitrag Stefanie Hörnlein: Theme 5 Communities, communications and partnerships, Poster 260 „From P(ee) to P(hosphorus) - A Communication Approach for Sustainable Sanitation“, Conference Poster for IWA Digital World Water Congress, 24th May - 04th June 2021, Kopenhagen/Denmark. , https://iwa-network.org/news/the-best-8-scientific-posters-from-iwas-digital-congress/?ct=t%28EMAIL_IWA+Newsletter+July_2021%29

Im Rahmen einer Präsentation zum interdisziplinären Kolloquium Phosphor am Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg wurde die P-Bank, sowie der Beitrag Neuartiger Sanitärsysteme zum Phosphorrecycling vorgestellt. Im Nachgang des Kolloquiums entstand ein gemeinsames Buch zum Thema Phosphor im Rahmen der Buchreihe Stoffgeschichten. Kapitel 14: Phosphor – Eine essenzielle Ressource im Urin ist der Relevanz neuartiger Sanitärsysteme und der P-Bank gewidmet.

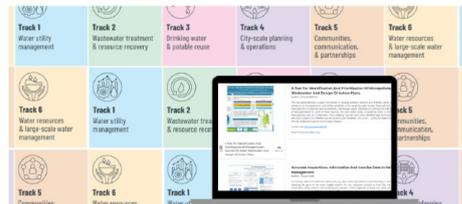
Darüber hinaus wurde das Projekt im Rahmen verschiedener Veranstaltungen präsentiert. Die „Antenna-Plattform“ fand während der Dutch Design Week vom 17. bis 25.10.2019 in Eindhoven statt. Dort wurden die Besonderheiten des Designs und des Kommunikationskonzeptes im Rahmen eines Messestandes und sowie einer Präsentation im Plenum vorgestellt.

Die Forschungsinhalte und wesentliche Ergebnisse des Projektes Phosphorus Bank wurden parallel zur Projektbearbeitung zielgerichtet in den Vorlesungsinhalt folgender Masterkurse an der Bauhaus-Universität Weimar integriert:

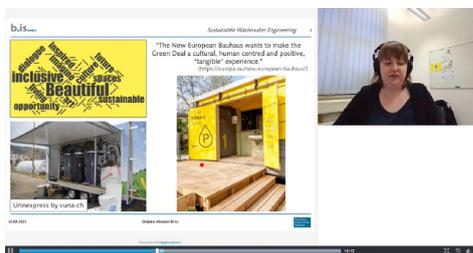
- Kommunales Abwasser (M.Sc.)
- Neuartige Sanitärsysteme (M.Sc., Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt)

Zusätzlich zum vorlesungsbasierten Lehrbetrieb konnte eine Vielzahl von Studenten im Rahmen ihrer Hiwi-Tätigkeit sowie einer Masterarbeit zur Bearbeitung theoretischer und laborpraktischer Fragestellungen rund um die Kommunikation und Darstellung neuartiger Sanitärsysteme im öffentlichen Raum, ausgebildet werden.

The best 8 scientific posters from IWA's Digital Congress



Prämierung des P-Bank Poster zum World Water Congress and Exhibition 2021 in Kopenhagen (digitale Veranstaltung)



Ideenbeitrag P-Bank zum Ideenpitch der Bauhaus-Universität Weimar für das Neue Europäische Bauhaus (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_21_111)

WISSENSCHAFTLICHE VERWERTUNG

Im Oktober 2020 stellte Ursula von der Leyen die Forderung nach einem neuen Europäischen Bauhaus. Sie beschreibt darin neue globale Aufgaben und die Notwendigkeit einer neuen Bewegung für nachhaltigere Städte und lebenswerteres Wohnen. Der »Green Deal« fokussiert sich auf die Schonung von Ressourcen und die Reduzierung des CO2-Ausstoßes, soll aber zugleich ein neues kulturelles Projekt für Europa sein. Im Rahmen der Ideensammlung für die Antragstellung war die P-Bank ein Bestandteil der Beiträge des Bauhaus-Institutes für zukunftsweisende Infrastruktursysteme.

Im Rahmen des „Workshop on source separation projects in Europe, – Hamburg, 2019 wurde die P-Bank einem weiteren Fachpublikum vorgestellt. Dies führte in der Folge zu engem Austausch mit Kolleg:innen von NSVA | Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp in Helsingborg / Schweden mit dem Ergebnis einer ersten Adaption des P-Bank-Konzeptes in Schweden.

Zudem ist zum Zeitpunkt der Abgabe des Sachberichtes die Veröffentlichung von folgenden wissenschaftlichen Papern in geeigneten Fachkreisen erfolgt:

- Hörnlein, S., Mehling, S., Londong, J. (2021): Communicating source separation of urine, in Detritus an official journal of iwwg, Volume 14 - 2021 /pages 37-47; <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2021.14061> [Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen]
- Wolf, M., Hörnlein, S., Wehking, F., Söbke, H. (2021): Exploratory Study of a 360-degree Model in Environmental Engineering Education; Conference Paper, October 2021 ECEL 2021: 20th European Conference on e-Learning.
- Mario Wolf, Heinrich Söbke, Florian Wehking, Stefanie Hörnlein (2020): 360-degree Models in Environmental Engineering Education: an Explorative Case Study, in Raphael Zender et al. (Hrsg.): Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2020 353



Instagram-Post des Recolab von NSVA Helsingborg zur schwedischen P-Bank-Adaption.

FAZIT UND AUSBLICK

Innerhalb des Projektverlaufs konnten Design- und Kommunikationskonzepte entwickelt werden, welche die Themen Neuartiger Sanitärsysteme, Ressourceneffizienz und Nährstoffkreisläufe intuitiv vermitteln. Über sukzessive Informationsflüsse und haptische Erfahrungen konnte ein für die breite Bevölkerung niederschwelliger Einstieg in diese komplexen Themengebiete gefunden werden. Umfrageergebnisse bestätigen, dass bei Besucher:innen der P-Bank ein Bewusstsein für Notwendigkeit und Potenziale alternativer Sanitärkonzepte geschaffen und wesentliche Vorurteile und Bedenken ausgeräumt werden konnten. Über die Interaktion mit Besucher:innen vor Ort hinaus waren Aufstellungen der P-Bank durch ein breites mediales Feedback begleitet. Die technische Herausforderung der realen Präsentation verschiedener Technologien wurde innerhalb des Projektes in verschiedenen Variationen gelöst. Der Fokus späterer Modifikationen lag auf der Schaffung einer praktikablen und mobilen Anlage in Hinblick auf eine Nachnutzung.

*Informationsflyer zur Aktionswoche „Ach du Scheiße“
(Annette Wagner,
awa-Crossmedia, Bremen)*

Nach Projektabschluss erfolgen zwei weitere Aufstellungen der P-Bank. Zum einen fand im August 2021 im Rahmen der Aktionswoche „Ach du Scheiße“ der Stadt- und Regionalbibliothek Erfurt eine dreitägige Präsentation der P-Bank auf dem Erfurter Domplatz statt.



Darüber hinaus wird die P-Bank nach der Projektlaufzeit im September 2021 im Rahmen der Veranstaltung „Kunstrasen“ am Mecklenburgischen Staatstheater Schwerin für vier Wochen präsentiert.

Die Arbeiten im Projektverlauf sowie die vielseitigen Ergebnisse aus der Öffentlichkeitsarbeit, der medialen Resonanz und den Befragungen zeigen deutlich, wie relevant und notwendig die Schaffung von Anknüpfungspunkten für Nutzer:innen an alternative Konzepte auch im Sanitärbereich war und immer noch ist. Eine breite Streuung der Informationen und technologischen Möglichkeiten ist von höchster Bedeutung und sollte in weiteren Projekten vorangetrieben werden. Darüber hinaus sollte die Informationsvermittlung und Kommunikation alternativer Konzepte auf weitere Technologien - auch im Bereich anderer Infrastruktursysteme - ausgeweitet werden. Ein Ansatz könnte die Verdeutlichung bestehender Wertstoffquellen, die nur geborgen werden müssen, sein. Die Projektbeteiligten werden in der Folge weiterhin an diesen Fragestellungen forschen.