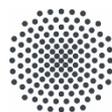




LEITFADEN FÜR KONZEPTION, AUFBAU UND
BETRIEB VON SCHULUNGS- UND PILOTANLAGEN
ZUR AUFBEREITUNG VON TRINKWASSER UND
REINIGUNG VON ABWASSER AUS EINER SOZIO-
TECHNISCHEN PERSPEKTIVE



Universität Stuttgart



TZW
Technologiezentrum
Wasser

Inhalt

1. Einleitung	2
2. Planung und Vorbereitung.....	3
Ist-Situation analysieren	3
Akteure in den Projektverlauf einbinden.....	4
Informations- und Aufklärungsaktivitäten planen.....	6
3. Entwicklung technischer Lösungen.....	7
Technisches Konzept Schulungs-/Pilotanlage Trinkwasseraufbereitung.....	7
Technisches Konzept Schulungs-/Pilotanlage Abwasserreinigung	10
Technische Konzepte gemeinsam entwickeln	12
Umsetzung technischer Konzepte gemeinsam vorbereiten	12
4. Aufbau.....	14
5. Betrieb und Monitoring	16
Betrieb und Monitoring von Pilotanlagen vorbereiten	16
Pilotanlagen betreiben und kontrollieren	18
6. Trainings- und Schulungsmaßnahmen.....	21
7. Übergabe und Aneignung	23
8. Upscaling.....	24

Autoren: Fabienne Minn¹, Michael Hügler², Hannah Kosow¹, Hanna Kramer³, Manuel Krauß^{3,4}, Christian D. León¹, Stefan Stauder², Stephan Wasielewski³

¹ Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS);

² TZW: DVGW Technologiezentrum Wasser; ³ Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart Universität Stuttgart (ISWA); ⁴ Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V.

Stuttgart und Karlsruhe, Oktober 2021

Diese Publikation entstand im Rahmen des Forschungsprojektes TRUST („Trinkwasserversorgung in prosperierenden Wassermangelregionen nachhaltig, gerecht und ökologisch verträglich - Entwicklung von Lösungs- und Planungswerkzeugen zur Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele am Beispiel des Wassereinzugsgebiets der Region Lima/Perú“), Förderkennzeichen 02WGR1426A-G, und wurde gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb der Fördermaßnahme Globale Ressource Wasser (GRoW). Die Fördermaßnahme „Globale Ressource Wasser“ ist Teil des BMBF-Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA³).



1. Einleitung

Worum geht es in diesem Leitfaden?

Der vorliegende Leitfaden ist ein Ergebnis des Forschungsprojektes TRUST, das von 2017 bis 2021 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wurde. In Zusammenarbeit zwischen dem Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS), dem Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart (ISWA), dem DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) sowie den peruanischen Nichtregierungsorganisationen Servicios Educativos Rurales (SER) und Horizontes en Medio Ambiente y Salud (HOMAS) wurde in den Jahren 2020/2021 in einem partizipativen Prozess eine Pilotanlage für die Abwasserreinigung in der Gemeinde San Andrés de Tupicocha im Hochland des Einzugsgebiets des Río Lurín, Peru, installiert. Eine zweite Pilotanlage für die Trinkwasseraufbereitung konnte aufgrund der erschwerten Bedingungen während der Covid-19-Pandemie nicht vor Ort implementiert werden. Diese wurde ersatzweise in Deutschland aufgebaut, wo Untersuchungen zu ihrer Funktionsweise durchgeführt wurden. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Aktivitäten sind zusammen mit allgemein anwendbaren Empfehlungen zur Durchführung derartiger Projekte in den vorliegenden Leitfaden eingeflossen.

Bei Pilotanlagen handelt es sich um technische Versuchsanlagen, mit denen die Funktionsweise neuer Technologien oder Verfahren im kleintechnischen Maßstab getestet und demonstriert werden kann. Sobald Pilotanlagen außerhalb von geschlossenen Umgebungen implementiert werden, bspw. in einer Kommune oder Ortschaft, handelt es sich um sozio-technische Interventionen, die als Realexperimente zusätzlich komplexe soziale Dynamiken und Prozesse berücksichtigen müssen. Bei der Umsetzung solcher Projekte will dieser Leitfaden unterstützen.

Was sind die Ziele dieses Leitfadens?

Dieser Leitfaden soll Hilfestellung bei der Konzeption, dem Aufbau und dem Betrieb von Schulungs- und Pilotanlagen geben, die im öffentlichen Raum implementiert werden. Solche Pilotanlagen erfordern von Beginn an eine soziale Einbettung und sollten daher in einem partizipativen Prozess in enger Kooperation mit den lokalen Akteuren entwickelt und umgesetzt werden.

Der Leitfaden folgt den Phasen des Anlagenbaus, wobei Info-Boxen die Inhalte an einem Fallbeispiel aus der Praxis illustrieren. Dabei gibt der Leitfaden praktische Hinweise und Tipps für die partizipative Umsetzung von Pilotanlagen sowie für die Durchführung begleitender Aktivitäten zur Bewusstseinsbildung und dem Aufbau von Kompetenzen.

Auch wenn sich die klimatischen, naturräumlichen, institutionellen, sozialen und kulturellen Aspekte an jedem Ort der Welt unterscheiden, haben wir die im Leitfaden enthaltenen Hinweise und Listen so formuliert, dass sie auf die Implementierung von Pilotanlagen unter anderen Randbedingungen übertragbar sind.

An wen richtet sich der Leitfaden?

An alle, die im Rahmen ihrer beruflichen Arbeit oder ihres privaten Engagements daran interessiert sind, Pilotanlagen, z.B. – aber nicht nur – zur Aufbereitung von Trinkwasser und/oder Reinigung von Abwasser, in einer konkreten Ortschaft zu implementieren. Dazu können z.B. inländische und ausländische Nichtregierungsorganisationen (NGOs), Forschungseinrichtungen, Consultingfirmen, private und öffentliche Geldgeber aber auch Behörden und Gemeindeverwaltungen gehören.

Warum eine Pilotanlage?

Pilotanlagen eignen sich v.a. dafür, die Funktionsweise neuer Technologien oder Verfahren zu testen oder zu demonstrieren. Mit Pilotanlagen können z.B. die Eignung von Technologien oder Betriebskonzepten im Realbetrieb geprüft werden. Langfristiges Ziel ist es dabei, die erprobten Verfahren zur Anwendungsreife zu bringen und/oder Erkenntnisse für den Bau und Betrieb großtechnischer Anlagen zu gewinnen (Upscaling). Zudem können Pilotanlagen zu Schulungs- und Trainingszwecken genutzt werden und helfen beim Erfahrung- und Kompetenzaufbau.

2. Planung und Vorbereitung

Damit Pilotanlagen erfolgreich implementiert und betrieben werden, müssen die lokalen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Hierfür ist es wichtig, die Akteure vor Ort schon mit Beginn einer Planungs- und Vorbereitungsphase (Abbildung 1) aktiv einzubeziehen.

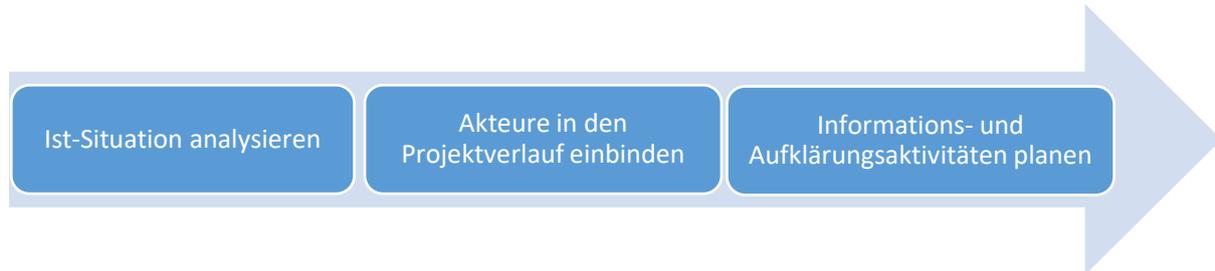


Abbildung 1: Aktivitäten in der Planungs- und Vorbereitungsphase

Ist-Situation analysieren

Bevor die technischen Konzepte entwickelt werden, ist es wichtig, einen umfassenden Überblick über die aktuelle Situation des lokalen Wassermanagements zu gewinnen. Dies ist ein essentieller Schritt in der lokal angepassten und nachhaltigen Technologieentwicklung und benötigt ausreichend Zeit sowie finanzielle und personelle Ressourcen.

Die Analyse des Ist-Zustands hilft, die Stärken und Schwächen bestehender Systeme sowie fördernde oder erschwerende Faktoren in der Umsetzung neuer technischer Konzepte zu erkennen. Die gewonnenen Informationen müssen regelmäßig aktualisiert und aktiv in die Planung einbezogen werden.

Für die Analyse der Ist-Situation sind unter anderem Informationen über die Wasserinfrastruktur, das Wassermanagement, die Wassernutzungspraktiken sowie die Akteurslandschaft im Wassersektor von Interesse. Neben quantitativen, qualitativen, geographischen, hydrologischen und technischen Daten zu Trink- und Abwasser (z.B. Menge, Zusammensetzung, Qualität, etc.) sollten ebenso qualitative Daten zu Zuständigkeiten, Kompetenzen und Praktiken von Akteuren gesammelt werden. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über verschiedene Themenbereiche, die bei der Analyse des Status-Quo von Interesse sind.



Abbildung 2: Auswahl relevanter Themen für die Analyse des Trink- und Abwassersektors

In diesem Prozess bieten sich vielfältige Methoden für die Datenerhebung an und sollten dem Erkenntnisinteresse entsprechend gewählt werden – in Frage kommen beispielsweise Interviews, Akteursmappings oder partizipative Formen der Datenerhebung (z.B. Transect Walk, participatory mapping). Aber auch Dokumente wie Betriebsbücher, Register, Pläne des Trink- und Abwassernetzes oder Prüfberichte über die Wasser- und Abwasserqualität sind wichtige Informationsquellen. Lokale Akteure wie Wasserversorger, Abwasserentsorger, Gemeindeverwaltungen, Einrichtungen des öffentlichen Gesundheitswesens, zivilgesellschaftliche Organisationen, etc. sind wichtige Anlaufstellen, da sie einen großen Wissens- und Erfahrungsschatz versammeln. Das Erfahrungswissen lokaler Akteure ist sehr wertvoll – besonders dann, wenn die offizielle Dokumentation lückenhaft ist, Aufgaben informell verteilt werden oder Personal häufig wechselt.

Die folgenden Leitfragen können dabei helfen, die Untersuchungen zu strukturieren:

- Welche Erfahrungen wurden bereits gemacht? (z.B. mit Technologien, Betriebskonzepten, etc.)
- Sind die aktuell genutzten technischen Verfahren und Betriebskonzepte geeignet?
- Welche Erfolge und Probleme werden wahrgenommen? Was funktioniert gut? Wo kommt es zu Schwierigkeiten? (z.B. aus Sicht der Wasserversorger, Abwasserentsorger, der Nutzerinnen und Nutzer)
- Welche Ziele und Wünsche haben die verschiedenen Akteure für die Zukunft? Wie soll sich der Wassersektor in 1...5...20 Jahren entwickeln?

Praxisbeispiel: Analyse der Ist-Situation des Wassersektors in San Andrés de Tupicocha

Zu Beginn der Planungsphase wurde eine detaillierte Analyse der aktuellen Situation im Trink- und Abwassersektor durchgeführt. Mithilfe verschiedener Verfahren wurden Quantität und Qualität von Trink- und Abwasser bestimmt. Zudem fanden Begehungen des Trink- und Abwassersystems statt [1] u.a. um Risiken für Verunreinigungen und Wasserverluste zu identifizieren. In Interviews und Gruppendiskussionen wurden Wassernutzungspraktiken und die Zufriedenheit mit dem bestehenden System erfragt. Leitfadenbasierte Interviews wurden durchgeführt, um die Rollen und Zuständigkeiten der Akteure zu verstehen und ihre Problemwahrnehmung festzuhalten [2]. Die so erhobenen Daten wurden durch die Analyse verschiedener Dokumente ergänzt. (Bilder: C. León)



Akteure in den Projektverlauf einbinden

Eine wichtige Voraussetzung für Betrieb und Aneignung der Pilotanlagen ist, dass die beteiligten Akteure an den Anlagen interessiert sind und sich mit den Projektzielen identifizieren. Es ist daher unerlässlich, Verbindungen zu den Akteuren und Institutionen des Wassersektors aufzubauen und diese mit ihrem Wissen, ihren Erfahrungen aber auch ihren Bedenken aktiv in das Vorhaben einzubeziehen. Akteursanalysen sind hilfreiche Instrumente, um relevante Akteure sowie deren Zuständigkeiten und Beziehungen zu identifizieren. Da sich die Akteurslandschaften für den Trink- und Abwasserbereich unterscheiden können, empfiehlt sich eine gesonderte Betrachtung der beiden Sektoren. Für die Datenerhebung eignen sich z.B. Interviews, partizipative Formate und Dokumentenanalysen. Je nach Art

und Anzahl der untersuchten Akteure und Kriterien lassen sich die Ergebnisse verschieden visualisieren (z.B. als Matrix, Netzwerk, Koordinatensystem, etc.). Zudem ist es hilfreich, die Ergebnisse aus den Analysen mit relevanten Akteuren zu diskutieren und anzupassen.

Relevante Kriterien für die Analyse der Akteure im Wassersektor sind unter anderem:

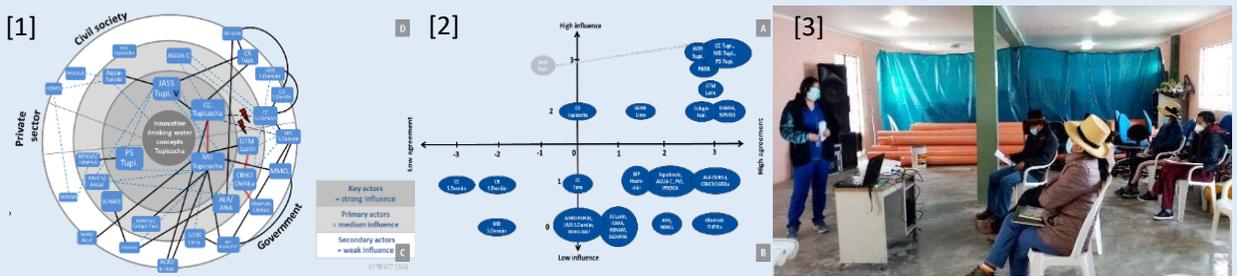
- Organisationsformen der Akteure (z.B. stammen sie aus Politik, Wirtschaft oder Zivilgesellschaft? Sind sie hauptberuflich oder ehrenamtlich aktiv?)
- Kompetenzen und Zuständigkeiten der Akteure (z.B. sind Zuständigkeiten und Aufgaben formell oder informell festgelegt?)
- Erfahrungs- und Wissensstände der Akteure (z.B. besitzen sie eher formales, theoretisches Wissen oder informelles Erfahrungswissen?)
- Beziehungen zwischen den Akteuren (z.B. befinden sich die Akteure untereinander im Austausch? Gibt es Kooperationen oder Konflikte?)
- Haltungen der Akteure gegenüber der Einführung neuer Technologien/ innovativer Konzepte (z.B. stehen sie deren Umsetzung eher zustimmend oder ablehnend gegenüber?)
- Einfluss der Akteure auf die Einführung neuer Technologien/ innovativer Konzepte (z.B. können sie deren Umsetzung fördern oder hindern?)

Basierend auf den Ergebnissen der Akteursanalyse kann anschließend eine Partizipationsstrategie entwickelt werden. Diese hilft festzulegen, welche Akteure in die verschiedenen Aktivitäten und Aufgaben einbezogen werden sollen und in welcher Form dies geschehen soll. Die Beteiligungsformate sollten möglichst regelmäßig stattfinden, Bestandteil aller Phasen sein, und entsprechend der beteiligten Akteure und den verfolgten Zielen gestaltet werden (z.B. als Informationsveranstaltung, partizipativer Workshop, informelles Treffen, etc.). Wichtig ist hierbei, geschützte Räume zu schaffen, in denen alle Teilnehmenden ihre Erwartungen und Bedenken offen kommunizieren können.

Mit Blick auf die Implementierung von Pilotanlagen ist es fundamental, deren Ziele und Leistungen von Beginn an klar zu kommunizieren: So muss z.B. verdeutlicht werden, dass Pilotanlagen meist nur einen kleinen Teil des Abwassers reinigen bzw. des Trinkwassers aufbereiten können und nicht gesamte Siedlungen versorgen können.

Praxisbeispiel: Akteursbeteiligung in San Andrés de Tupicocha

Im Rahmen der Planungsphase wurden verschiedene Workshops, Fokusgruppen, Interviews, Dokumentanalysen und ein Transect Walk durchgeführt, um Akteure des Trink- und Abwassersektors zu identifizieren und deren Beziehungen zu analysieren [1]. Anschließend wurde die Haltung diverser Akteure zu neuen Technologien sowie ihr Einfluss auf deren Implementierung visualisiert [2]. Aufbauend auf die Akteursanalyse wurde eine Beteiligungsstrategie erarbeitet, die einen differenzierten Einbezug der verschiedenen Akteure in die Projektphasen vorsah: Zentrale Akteure, wie Gemeindeverwaltung, lokale Wassernutzerorganisationen oder zivilgesellschaftliche Organisationen wurden aktiv in alle Phasen des Projekts miteinbezogen. Zusätzliche wichtige Partnerorganisationen für das Vorhaben wie das lokale Gesundheitszentrum oder Schulen wurden punktuell eingebunden, z.B. im Rahmen von Workshops zu Umwelt und Gesundheit [3]. Weitere Akteure wurden während des Vorhabens über die Aktivitäten informiert und in begleitende Aktivitäten eingebunden. (Bilder: TRUST)



Informations- und Aufklärungsaktivitäten planen

Damit Pilotanlagen Erfolg haben, ist es wichtig, dass die Bevölkerung nicht nur den Bau und den Betrieb der Anlagen, sondern auch die damit verfolgten Ziele unterstützt. Begleitende Aktivitäten zu Umwelt- und Gesundheitsthemen können hierzu einen wichtigen Beitrag leisten.

Aktivitäten zu Information und Bewusstseinsbildung können aufzeigen, welche Bedeutung Trink- und Abwasser für Gesundheit und Umweltschutz hat und welche Rolle die Pilotanlagen hierbei spielen können. Solche Aktivitäten können unterschiedlich gestaltet sein, beispielsweise:

- Informationskampagnen für die Bevölkerung (z.B. Flyer, Radiosendungen, soziale Netzwerke., etc.)
- Workshops oder Fokusgruppen für spezielle Teile der Bevölkerung (z.B. Jugendgruppen, Frauenorganisationen, Vereine, Institutionen, etc.)
- Aktivitäten im Rahmen des Schulunterrichts (z.B. Lehrinhalte für Kinder und Jugendliche, Experimente, Unterrichtsinhalte für Lehrende, etc.)

Diese Aktivitäten haben das Ziel, zur Motivation der Akteure sowie zur Akzeptanz des Vorhabens beizutragen und sollten den gesamten Projektverlauf begleiten. Ihre Inhalte und Formate orientieren sich an den jeweiligen Zielgruppen, schließen an deren Wissens- und Erfahrungsstände an und rücken lokale Probleme und Interessen in den Vordergrund.

Praxisbeispiel: Begleitende Aktivitäten in San Andrés de Tupicocha

In San Andrés de Tupicocha wurden verschiedene begleitende Aktivitäten durchgeführt. So fanden beispielsweise in Zusammenarbeit mit der lokalen Gesundheitsstation Informationsveranstaltungen über die aktuelle Situation der Trinkwasserversorgung statt, bei der zentrale Akteure detailliert über die Auswirkung der Trinkwasserqualität auf die öffentliche Gesundheit informiert und Herausforderungen im Umgang mit Trinkwasser adressiert wurden [1]. Zudem wurden an die lokalen Gegebenheiten angepasste Flyer erstellt und verteilt, welche die Bevölkerung über den Zusammenhang von Wasser und Gesundheit sowie über sichere Praktiken der Trinkwassernutzung informieren [2]. (Bilder: TRUST)



[2]



Der folgende Fragenkatalog kann dabei helfen, begleitende Aktivitäten zu planen und durchzuführen:

- Welche Probleme werden wahrgenommen? Bestehen hierfür bereits Lösungsansätze?
- Welche Inhalte sollen vermittelt werden? Welche Themen sollen angesprochen werden?
- An welche Zielgruppen richtet sich die Aktivität? Welche lokalen Partner(-organisationen) können einbezogen werden? (z.B. Gesundheitszentrum, Schule, etc.)
- Sind Gender-Aspekte ausreichend berücksichtigt?
- Wie lange soll die Aktivität dauern? Wie viel Zeit haben die Teilnehmenden?
- Wann stehen Teilnehmenden zu Verfügung? (z.B. morgens oder abends, am Wochenende, etc.) Können die Teilnehmenden in ihrer Freizeit an den Aktivitäten teilnehmen? Muss ein Verdienstausschlag kompensiert werden?
- Wann sind die Teilnehmenden sowie die Partner(-organisationen) vor Ort erreichbar? (z.B. Abwesenheiten durch Ferien, Feiertage, etc.)
- Wie können die Teilnehmenden erreicht und eingeladen werden?
- Stehen Räume und die notwendige technische Infrastruktur zur Verfügung?
- Ist Zeit für Rückfragen und Diskussion sowie für Pausen eingeplant? Ist für Verpflegung gesorgt?

3. Entwicklung technischer Lösungen

Pilotanlagen erlauben, technische Konzeptionen praxisnah im Detail zu untersuchen und ggf. zu optimieren. Darüber hinaus können sie als Schulungs- bzw. Demonstrationsanlage für die lokal zuständigen Institutionen und die spätere Betriebsführung eingesetzt werden. Die Entwicklung technischer Lösungen soll daher die Erkenntnisse aus der Planungs- und Vorbereitungsphase aktiv integrieren. Beispielsweise können lokale Rahmenbedingungen so einbezogen werden, dass durch die Nutzung von Höhenunterschieden möglichst auf den Einsatz von Pumpen und Elektrizität verzichtet werden kann. Bei der Entwicklung der technischen Konzepte sollte darauf geachtet werden, dass die Materialien für den Bau und Betrieb der Pilotanlagen lokal verfügbar und zugänglich sind. Dies ermöglicht zum einen, dass lokales Betriebspersonal selbstständig Reparaturen vornehmen kann und zum anderen, dass die Pilotanlagen an anderen Stellen weiterentwickelt werden können.

Es ist notwendig, Anlagen spezifisch an die lokale Situation (Qualität und Quantität der Wasserressourcen) und Nutzungsanforderungen anpassen. Eine allgemeingültige Lösung ist deshalb schwierig. Im Folgenden werden Konzepte vorgestellt, die am Beispiel der Herausforderungen in Hochlandgemeinden in Peru entwickelt worden sind. Die hier beschriebenen Randbedingungen bzw. Zielstellungen sind repräsentativ für die Herausforderungen vieler kleiner bis mittelgroßer Kommunen in Entwicklungsländern. Insofern sind die nachfolgende Anlagenkonzeption sowie die Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise übertragbar und können als Leitfaden für eine allgemeingültige Vorgehensweise in vergleichbaren Regionen genutzt werden.

Technisches Konzept Schulungs-/Pilotanlage Trinkwasseraufbereitung

Zur Sicherstellung der Wasserversorgung in Haushalten und Landwirtschaft sind viele Hochlandgemeinden Perus zu einem aufwändigen System der Wasserspeicherung in entfernten Stauseen gezwungen. Saisonal hohe Niederschläge können zur Erosion des Oberbodens und damit zu einem Fest- bzw. Trübstoffeintrag in die Wasserspeicher führen. Fehlende wasserwirtschaftliche Schutzmaßnahmen und Abschwemmungen aus der Weidewirtschaft verursachen dabei auch starke mikrobiologische Verunreinigungen. Unter solchen Umständen ist die Versorgung der Bevölkerung mit einer ausreichenden Menge an hygienisch einwandfreiem Trinkwasser im Sinne des SDG 6 (Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle) nicht gewährleistet. Bedenklich ist insbesondere eine Gefährdung durch Darmparasiten (*Giardia lamblia* u. a.), die mit Tierfäkalien eingetragen werden. Da die Dauerformen dieses Erregers chlorresistent sind, reicht eine relativ einfach zu realisierende Chlorung des Trinkwassers nicht aus.

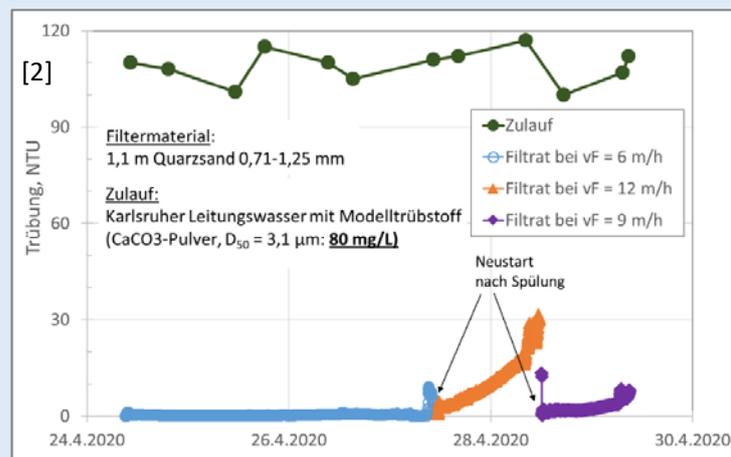
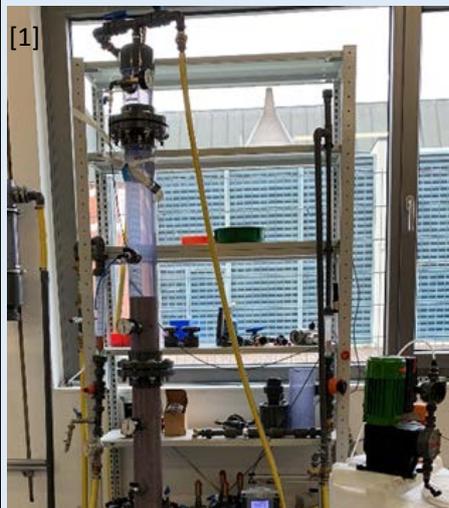
Damit auf das Sedimentieren und Abkochen des Leitungswassers in den Haushalten verzichtet werden kann, ist eine zentrale Behandlung durch entsprechende Filtration erforderlich. Basierend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Situationsanalysen wird im vorliegenden Fall das Verfahren der Langsandsandfiltration (LSF) für die öffentliche Versorgung von Kommunen im Andenhochland ausgewählt. Im Hinblick auf die saisonal sehr hohen Feststofffrachten kann der LSF-Anlage ggf. ein Schnellsandfilter (SSF) vorgeschaltet werden. Diesem kommt die Aufgabe zu, eine vorzeitige Verstopfung des LSF bei hohen Trübstofffrachten zu vermeiden und dadurch einen effizienten Betrieb zu ermöglichen. Von technisch-wissenschaftlichem Interesse ist die mit dieser relativ einfachen und kostengünstigen Verfahrenstechnik erzielbare Aufbereitungsleistung, insbesondere hinsichtlich des Feststoffrückhalts und der erzielbaren Laufzeit des Schnellsandfilters (bis eine Spülung erforderlich ist). Es sind somit geeignete Prozessparameter für den Schnellsandfilter (z.B. Korngröße des Filtermaterials und Spülbedingungen) zu ermitteln bzw. festzulegen und die Wirksamkeit der Elimination von Trübstoffen und Indikatorbakterien zu untersuchen. Die so entwickelte Konzeption berücksichtigt die im Andenhochland vorliegenden Randbedingungen und verzichtet auf relativ teure, wartungsintensive oder schwer zu beschaffenden Komponenten wie z.B. Membranmodule, Pumpen zur Zwischenförderung und Filterspülung oder Aufbereitungschemikalien (Flockungs- und Reinigungsmittel). Der Bau und langfristige Betrieb der Trinkwasseraufbereitungsanlage ist damit mithilfe lokal verfügbarer Ressourcen möglich.

Praxisbeispiel: Konzeption einer Trinkwasser-Pilotanlage in San Andrés de Tupicocha

In San Andrés de Tupicocha fallen nahezu die gesamten Niederschläge innerhalb einer drei- bis viermonatigen Regenzeit, wobei häufige Starkregen zur Erosion des Oberbodens und damit zu einem Fest- bzw. Trübstoffeintrag in die Wasserspeicher führen. Zudem wurden mikrobiologische Verunreinigungen nachgewiesen.

Das technische Konzept zur Trinkwasseraufbereitung wurde den lokalen Akteuren vorgestellt und diskutiert. Als Ergebnis einer anschließenden Ortsbegehung wurde als Standort für Schnell- und Langsamsandfilter der bereits umzäunte Bereich des Trinkwasserbehälters gewählt, da dort die erforderliche ebene Fläche von ca. 3 m² vorhanden war. Für den Vorlagebehälter wurde vorgesehen, einen etwa 100 m oberhalb gelegenen Druckunterbrecherschacht zu nutzen (DU-Schacht, Stellfläche von ca. 1 m² muss noch planiert werden). Zudem wurden Verfügbarkeit und Preise der einzelnen Anlagenkomponenten in einem größeren Baumarkt in Lima geprüft und die Gesamtkosten auf rd. € 700 abgeschätzt.

Aufgrund der Reisebeschränkung durch den Ausbruch der Covid-19-Pandemie im März 2020 konnte die konzipierte Schulungs-/Pilotanlage jedoch nicht in San Andrés de Tupicocha installiert werden. Alternativ wurden der Aufbau der Pilotfilter [1] und grundlegende Untersuchungen zur Schnellsandfiltration im Technikum des TZW in Karlsruhe durchgeführt. Im Rahmen einer Masterarbeit erfolgten insgesamt über 40 Filterläufe mit unterschiedlichen Randbedingungen. Dabei wurde ein Schnellsandfilter mit den beschriebenen Kenndaten mit Leitungswasser beschickt und die gewünschte Trübstofffracht durch Dosierung einer Suspension von Quarzmehl bzw. Calciumkarbonatpulver eingestellt. Bei Variation des Filtermaterial-Typs und der Filtergeschwindigkeiten erfolgten Messungen zum Trübstoffgehalt im Zu- und Ablauf sowie zum Druckverlustanstieg. Schaubild [2] zeigt die Ergebnisse von drei Filterläufen (unterschiedliche Filtergeschwindigkeit, $v_F = 6, 9$ und 12 m/h) mit Quarzsand der Körnung $0,71-1,25$ mm als Filtermaterial und einer Feststofffracht im Zulauf von 80 mg/L. Zu erkennen ist ein effektiver Trübstoffrückhalt, wobei dieser erwartungsgemäß mit zunehmender Filtergeschwindigkeit tendenziell abnimmt. Es wurden hohe Filterbeladungen von bis zu 20 kg/m² erzielt, ohne dass es zu einem Anstieg des Druckverlustes kam. Der Anfangsdruckverlust (frisch gespültes Filter) lag bei 17 mbar (6 m/h), 21 mbar (9 m/h) und 28 mbar (12 m/h). (Bilder: K. Fesch)



Als wesentliches Ergebnis bestätigten die gesamten Versuche, dass durch Schnellsandfiltration auf relativ einfache Weise größere Feststoffmengen abgetrennt und damit ein nachgeschalteter Langsamsandfilter deutlich entlastet werden kann. Dabei sollte eine Filtergeschwindigkeit von rd. 10 m/h nicht dauerhaft überschritten werden. Als Korngröße des Filtermaterials kommen neben $0,71-1,25$ mm auch etwas gröbere Körnungen wie z.B. $1,0-2,0$ mm in Betracht. Daraus resultieren längere Laufzeiten, während die tendenziell etwas schlechtere Trübstoffelimination im Hinblick auf die effektive Trübstoffabtrennung im nachgeschalteten Langsamsandfilter von untergeordneter Bedeutung ist.

Technisches Konzept Schulungs-/Pilotanlage Abwasserreinigung

Die Abwasserreinigung kann mehrere Ziele verfolgen: (a) den Schutz der Umwelt vor den negativen Einflüssen des Abwassers und zusätzlich (b) die wiederholte Nutzung des gereinigten Abwassers für z.B. Bewässerungszwecke. Beide Ziele schließen sich nicht aus, sondern bauen aufeinander auf. Gereinigtes Abwasser, das wiederholt genutzt werden kann, ist so sauber, dass es keine negativen Einflüsse auf die Umwelt hat.

Je nachdem, welche Ziele die Abwasserreinigung verfolgt, sind allerdings zusätzliche Reinigungsschritte erforderlich. Um gereinigtes Abwasser gefahrlos erneut verwenden zu können, müssen zusätzlich Krankheitserreger entfernt werden, die sonst für den Menschen gesundheitsgefährdend sind.

Anlagenkonzeption

Aus dem Abwasser müssen Feststoffe sowie Nährstoffe für Algen, Pflanzen und Bakterien entfernt werden. In Abbildung 4 ist ein Behandlungsschema dargestellt. Feststoffe werden mechanisch durch Rechen, Siebe und Sedimentation entfernt (1). Grobstoffe, die in den Rechen und Sieben zurückbleiben, müssen entsorgt werden. Oftmals unterliegt der Abwasseranfall starken Schwankungen. Um die Belastung der Anlage zu verstetigen, ist ein durchmischter Ausgleichstank (2) nötig. In diesen wird behandeltes nitratreiches Abwasser aus dem Tropfkörper rezirkuliert und denitrifiziert. Hierbei werden zusätzlich leicht abbaubare Kohlenstoffverbindungen entfernt. Bei der Sedimentation (3) werden Sand und feine suspendierte Stoffe entfernt. Der Sand kann gewaschen und weiterverwendet werden. Die fein suspendierten Stoffe fallen als Schlamm an, der entweder kompostiert oder anaerob behandelt werden muss (4).

Die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe werden durch ebenfalls enthaltene Bakterien entfernt. Diese benötigen optimale Wachstums- und Lebensbedingungen, um die Nährstoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Solche Bedingungen finden Bakterien auf großen Oberflächen, die regelmäßig befeuchtet, aber auch mit Luft versorgt werden. In einem Tropfkörper (5) werden diese Bedingungen geschaffen, indem Füllmaterial mit einer großen Oberfläche (z.B. Lava-Steine, Flaschendeckel) in einem Hohlkörper aufgeschichtet oder aufgeschüttet wird und von oben nach unten mit Abwasser durchflossen wird. Auf der Unterseite des Hohlkörpers sind Öffnungen zur Belüftung eingebaut und das gereinigte Abwasser wird gesammelt und kann erneut hochgepumpt und von oben auf den Tropfkörper verrieselt werden. Enthaltene Feststoffe wie etwa aus dem Tropfkörper abgelöster Schlamm wird in der Sedimentation (8) entfernt. Schlamm und nitratreiches Abwasser wird in den Reinigungsprozess zurückgeführt (6). Um einer Verstopfung des Tropfkörpers vorzubeugen, ist eine regelmäßige Spülung (7) durchzuführen.

Um das so aufbereitete Abwasser erneut verwenden zu können, müssen noch Bakterien entfernt werden. Dafür wird das gereinigte Abwasser durch einen Langsamsandfilter (9) filtriert. In diesem werden kleinste Feststoffe und die daran lebenden Bakterien entfernt. Das so gereinigte Abwasser (10) ist sauber und kann z.B. zur Bewässerung verwendet werden. Es ist aber nicht trinkbar!

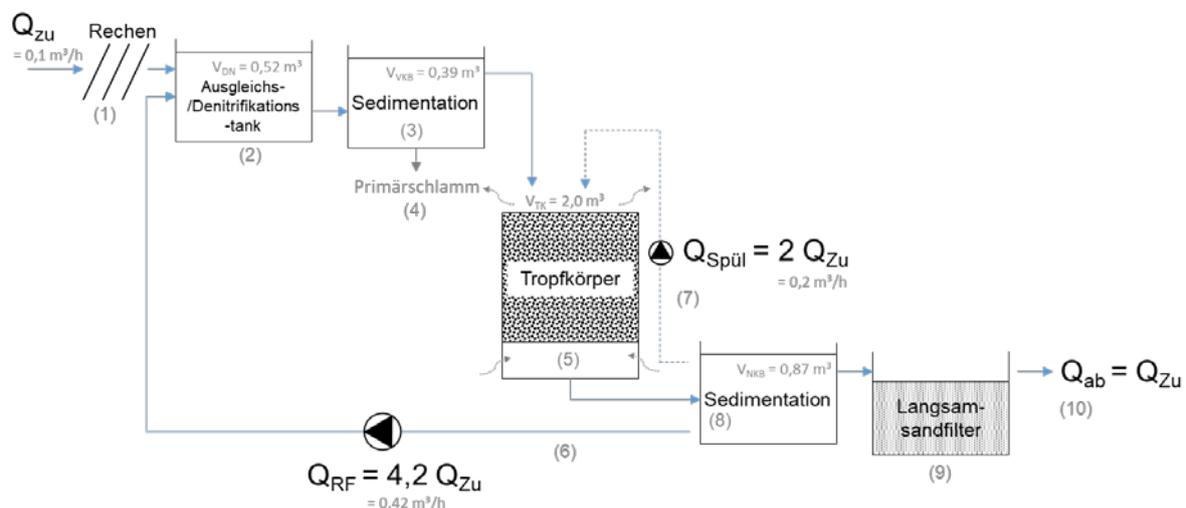


Abbildung 4: Behandlungsschema und Dimensionen einer Pilotanlage zur Behandlung von 100 L/h Abwasser.

Bei der Planung und dem Bau müssen lokale Randbedingungen beachtet werden, z.B. können große Höhenunterschiede für den Transport des Abwassers genutzt werden. Die Behälter und Anlagenkomponenten, die für den Bau der Pilotanlage gebraucht werden, sollten vor Ort gekauft werden können. Ebenso sollten die Füllkörper für den Tropfkörper lokal beschafft werden. Hierzu können kreativ geeignete Materialien genutzt werden, die eine große Oberfläche bieten und stabil gegenüber Verrottung sind, z.B. Plastikdeckel von Flaschen. Zudem sollte ein Zaun um die Anlage errichtet werden, damit diese nicht beschädigt wird und sich spielende Kinder nicht verletzen können.

Praxisbeispiel: Konzeption einer Abwasser-Pilotanlage in San Andrés de Tupicocha

Für den Standort der Pilotanlage wurden unterschiedliche Orte begangen und deren Vor- und Nachteile mit allen Beteiligten diskutiert. Neben der Topographie sind auch die Standfestigkeit des Bodens sowie die sichere Abführung von Niederschlagswasser wichtige Faktoren für die Wahl des Standorts. Die gemeinsame Wahl fiel auf einen Standort mit einem großen Höhenunterschied, der ausgenutzt werden kann, um den Einsatz von Pumpen zu vermeiden. Der Boden ist ausreichend fest, um das hohe Gewicht der einzelnen Behälter (bis zu 2 Tonnen) zu tragen. Da der Standort in Privatbesitz ist, wurde vereinbart, dass die Anlage leicht wieder abgebaut werden kann. Daher wurde der Baugrund nur gekiest und nicht betoniert. (Bilder: D. Suero)



Zulauf zur Anlage [1], Ausgleichs-/Denitrifikationsbehälter [2] und Sedimentationstank [3]



Verteiler im Tropfkörper



Zulauf vom Tropfkörper [4], Sedimentationstank [5] und Langsandsandfilter [5]



Tropfkörper

Technische Konzepte gemeinsam entwickeln

Um eine hohe Akzeptanz für Bau und Betrieb der Pilotanlagen zu erreichen, müssen noch vor Beginn der Bauarbeiten Schulungen und Informationsveranstaltungen zu den Anlagen abgehalten werden. Die technischen Konzepte sollten mit den Beteiligten hinsichtlich ihrer Eignung diskutiert und weiterentwickelt werden. Hierbei sollen Funktionsweisen und Zwecke, aber auch Einschränkungen und Risiken der Anlagen erläutert werden – beispielsweise ist es wichtig deutlich zu machen, dass erfolgreich aufbereitetes Abwasser zwar zu Bewässerungszwecken aber nicht als Trinkwasser genutzt werden kann. Zudem dienen die Beteiligungsprozesse und Diskussionen dazu, die Interessen, Erwartungen und Anforderungen der lokalen Akteure an die Technologien in Erfahrung zu bringen, und die technischen Konzepte diesbezüglich anzupassen und weiterzuentwickeln. Daher müssen genügend Zeit und Mittel eingeplant werden, um die Ergebnisse der Beteiligungsprozesse in die Entwicklung der technischen Konzepte zu integrieren.

Bei der Diskussion der technischen Konzepte ist es sinnvoll, gemeinsam mit der Bevölkerung zu überlegen, welche Funktionen die Pilotanlagen haben und welchen konkreten Nutzen sie der Gemeinschaft bringen können. Für die Entwicklung einer Nutzungsstrategie muss allen Beteiligten klar sein, zu welchen Zwecken sich die Endprodukte – auch mit Blick auf die geltenden rechtlichen Regelungen – nutzen lassen und wozu sie sich *nicht* eignen. Unter Beachtung der Qualität des aufbereiteten Trink- und Abwassers sowie des geltenden rechtlichen Rahmens können Nutzungsstrategien erarbeitet werden - z.B. indem aufbereitetes Abwasser in der Aufforstung für die Bewässerung von Setzlingen genutzt wird. Gerade in Regionen, die unter Wassermangel leiden, ist eine gemeinsam erarbeitete Nutzungsstrategie für das aufbereitete Trink- und Abwasser sinnvoll: Dadurch kann einerseits der praktische Mehrwert des Anlagenbetriebs gezeigt und andererseits vermieden werden, dass die Pilotanlagen bei Wassermangel außer Betrieb genommen werden müssen.

Praxisbeispiel: Diskussion technischer Konzepte in San Andrés de Tupicocha

Im Entwicklungsprozess der technischen Konzepte wurden lokale Stakeholder aktiv einbezogen. In Workshops wurden die technischen Konzepte für die Trink- und Abwasseraufbereitung den zentralen Stakeholdern vorgestellt. Diese konnten die Konzepte kritisch kommentieren und bewerten. Das Feedback der Stakeholder floss anschließend in die Weiterentwicklung der Konzepte ein. (Bilder: M. Krauß)



Umsetzung technischer Konzepte gemeinsam vorbereiten

Nachdem die technischen Konzepte den lokalen Partnern (z.B. Gemeinde, für den Betrieb verantwortliche Organisationen, NGOs, etc.) vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung diskutiert wurden, sollte nun gemeinsam die Umsetzung der Konzepte vorbereitet werden. Dazu müssen zunächst die Standorte der Komponenten und die Leitungsführung möglichst konkret festgelegt werden. Hierzu ist eine gemeinsame Begehung möglicher Standorte hilfreich, um deren Vor- und Nachteile anschaulich zu diskutieren.

Bei der Standortwahl sind unter anderem folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Welche Ziele verfolgen die Trink- und Abwasserpilotanlage? Welche Standorte eignen sich hierfür?
- Wo sind die Bedingungen der Konzepte erfüllt? (z.B. Höhenunterschiede, Bodenbeschaffenheit, Gefälle)
- Wie groß sind die benötigten Flächen? (z.B. mit Grafiken oder Modellen veranschaulichen)
- Wie lang ist die geplante Nutzungsdauer? Wie lange sind die Flächen durch die Pilotanlagen belegt?

- Wer besitzt und nutzt die Flächen aktuell? Können sich Nutzungskonkurrenzen ergeben? Müssen Entschädigungen oder Ausfallzahlungen für die Dauer der Nutzung vorgesehen werden?
- Welche Bauarbeiten müssen vorgenommen werden? Ergeben sich durch den Bau der Pilotanlagen langfristige Veränderungen der Flächen? (z.B. durch Betonierung)
- Können die Standorte umzäunt werden? (z.B. zum Schutz spielender Kinder, zum Schutz vor Tieren)
- Welche alternativen Standorte kommen in Frage? Was sind Vor- und Nachteile der Standorte?

Nachdem gemeinsam mit den lokalen Stakeholdern ein geeigneter Standort ausgewählt und die Nutzung der Flächen abgestimmt wurde, können nun die finalen Vorbereitungen für die Aufbauarbeiten stattfinden. Zum einen kann mit Blick auf den genauen Standort eine konkrete Stückgutliste erarbeitet und die anfallenden Kosten für die Materialien genauer abgeschätzt werden. Ein Kostenpuffer für unerwartete Ausgaben ist einzuplanen (z.B. für Ersatzteile oder Stromkosten). Zum anderen können gemeinsam mit den lokalen Beteiligten ein Zeitplan sowie die Aufgabenverteilung für die geplanten Aktivitäten erarbeitet werden. In diesem Zuge können entsprechend der Bedarfe und Interessen weitere begleitende Aktivitäten geplant werden (z.B. Schulungen, Besichtigungen, Informationsaktivitäten).

Nachdem die Vorbereitungen abgeschlossen sind, empfehlen wir, die gemeinsam definierten Handlungsabsichten schriftlich festzuhalten. Ein Abkommen schafft Verbindlichkeit und einen besseren Überblick über die verschiedenen Verantwortlichkeiten der beteiligten Akteure. Dadurch werden alle Beteiligten in die Verantwortung genommen und es wird eine gemeinsame Kommunikationsbasis für die kommenden Aufgaben geschaffen. Dies kann Vertrauen für die nächsten Schritte schaffen, insbesondere, wenn Akteure sich noch nicht kennen oder noch nicht zusammengearbeitet haben. Wir empfehlen, dieses Abkommen gemeinsam mit allen Beteiligten zu entwickeln und an die lokalen Randbedingungen anzupassen. Folgende Aspekte können im Abkommen festgehalten werden:

- Standort der Pilotanlage
- Betriebsdauer der Pilotanlage
- Zugang und Nutzung von Infrastrukturen (z.B. Elektrizität, Wassersysteme, Gebäude, etc.)
- Aufgaben und Beiträge der verschiedenen Parteien (z.B. Wissen, Material, Zeit, Arbeitskraft, etc.)
- Verteilung anfallender Kosten (z.B. für Elektrizität, Entschädigungen, Raummieten, etc.)
- Zeitpunkt für Beginn der Arbeiten (z.B. geplanter Baubeginn, Betrieb, etc.)
- Übergabe und Verbleib der Pilotanlage (z.B. Gemeindeverwaltung, Wasserversorger, etc.)
- Übergabe und Verbleib übrig gebliebener Materialien und Geräte (z.B. als Ersatzteile, etc.)
- Verwendungsmöglichkeiten nach dem Pilotbetrieb (z.B. Übergabe an benachbarte Gemeinden)

Praxisbeispiel: Vorbereitungen zur Umsetzung der technischen Konzepte in San Andrés de Tupicocha

In einem Workshop mit den lokalen Partnerorganisationen und Stakeholdern wurden die technischen Konzepte gemeinsam diskutiert [1] und die Aufgabenverteilung festgelegt [2]. Anschließend wurden mögliche Standorte für die Pilotanlagen besichtigt, ihre Eignung diskutiert und gemeinsam die finalen Standorte der Pilotanlagen ausgewählt [3]. Mit Ende der Vorbereitungen unterzeichneten Projektkoordinator, unterstützende NGOs und lokale Akteure eine Vereinbarung über die gemeinsamen Handlungsabsichten und Verantwortlichkeiten [4]. (Bilder: F. Minn)



4. Aufbau

Nachdem gemeinsam der Standort definiert, die Verantwortlichkeiten festgehalten und für den Aufbau der Anlage Unterstützung eingeholt wurde, kann der Aufbau beginnen. Hierfür ist es wichtig, in einem ersten Schritt gemeinsam einen Zeitplan für den Aufbau zu entwickeln und die Verfügbarkeiten und Kapazitäten aller Beteiligten abzustimmen. Der Aufbau der Pilotanlage für die Abwasserreinigung beispielsweise umfasst eine Zeitspanne von ca. 5-10 Arbeitstagen, ein Bauzeitenplan mit den zu erledigenden Arbeiten ist in Tabelle 1 dargestellt.

Bauzeitenplan													
Zeitspanne (5-10 Arbeitstage)													
Gelände vorbereiten													
<i>Arbeits-sicherheitsbelehrung für alle Mitarbeitenden</i>													
<i>Vegetation roden</i>													
<i>Lagerflächen für Erdaushub und Arbeitsmaterial festlegen</i>													
<i>Zugangsweg zur Baustelle festlegen und markieren</i>													
<i>Standort für Pausenbereich festlegen</i>													
<i>Beckenstandorte einebnen und verdichten</i>													
<i>Entwässerung der Baustelle</i>													
<i>Leitungsräben ausheben</i>													
<i>Baustelle sichern (evtl. durch Zaun)</i>													
Vermessungsarbeiten													
<i>Gefälle und Höhenunterschiede</i>													
<i>Standorte der Becken und Leitungstrassen festlegen</i>													
<i>Standorte und Trassen abstecken</i>													
Materialtransport zum Baugelände													
Aufbau der Anlage													
<i>Verbindungen / Anschlüsse</i>													
<i>Einbauten</i>													
<i>Überläufe</i>													
Sichern & Stabilisieren der Anlagenteile													
<i>Anlagenteile auf korrekten Sitz und Stabilität überprüfen</i>													
<i>Anlagenteile von Rückständen befreien und Anlage spülen</i>													
<i>Dichtigkeitsprüfung (mit sauberem Wasser)</i>													
<i>Leitungsräben verfüllen und verdichten</i>													
<i>Becken mit Filtermaterial befüllen</i>													
Inbetriebnahme der Anlage													

Tabelle 1: Bauzeitenplan – Aufbau der Pilotanlage zur Abwasserreinigung

Bevor mit dem Bau begonnen werden kann, sollte die Materialbeschaffung, die Lagerung und der Transport der Materialien sichergestellt sein. Es sollten möglichst lokal verfügbare Materialien genutzt und lokale Betriebe und Dienstleistungen einbezogen werden (siehe Abbildung 5).

Für einen reibungslosen Transport der Materialien zum Bauort müssen die Geländebeschaffenheit und Zugänglichkeit des Standorts, die Infrastruktur (z.B. Zustand der Straßen), das Wetter und die Transportzeit berücksichtigt werden. Die Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren ist besonders hilfreich, um die Beschaffung und den Transport der Materialien zu organisieren oder um einzuschätzen, welche Materialien wo verfügbar sind oder welche alternativen Materialien genutzt werden können.

Für die Unterbringung der Materialien sollte ein Lagerplatz ausgewählt werden, der groß genug ist, um alle Behälter bzw. Becken zu lagern. Wichtig ist, dass Elektrogeräte und Werkzeug trocken gelagert werden können. Die Lagerung der Materialien sollte diebstahlsicher sein, wertvollerer Gegenstände sollten verschließbar gelagert werden. Eventuell können mehrere Lagerplätze benötigt werden.

Sind alle Materialien angeschafft und sicher gelagert, kann der Aufbau der Anlage beginnen. Als erstes sollten eine kurze Sicherheitsbelehrung und eine Einweisung zu den Geräten und Werkzeugen stattfinden. Evtl. sind einige Arbeiten, wie z.B. das Vorbereiten der Becken, im Vorfeld möglich und können in einer Werkstatt erledigt werden. Dies hat den Vorteil, dass die benötigte Infrastruktur (z.B. Strom, Licht, Werkzeug, etc.) einfacher zugänglich ist.

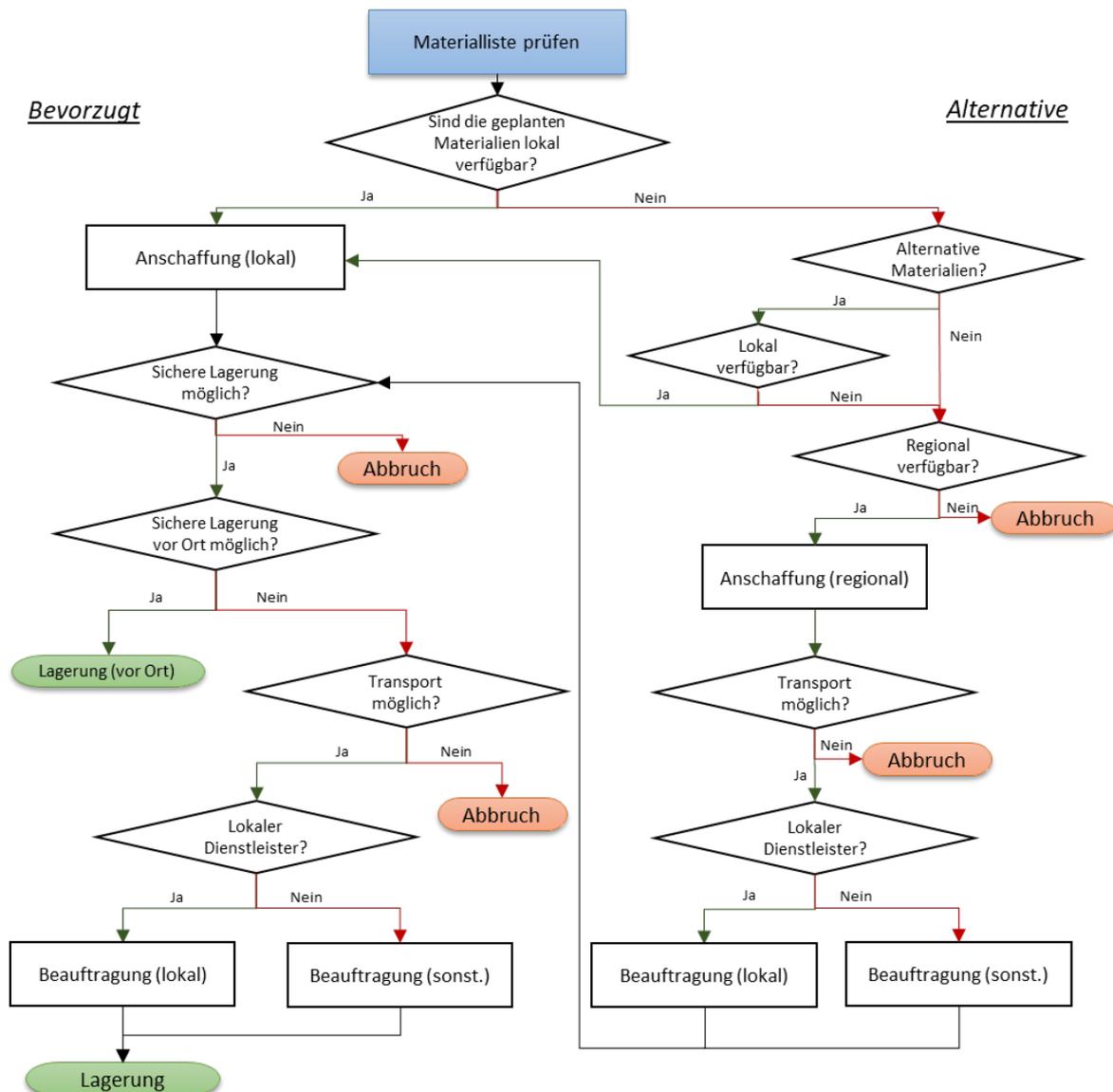
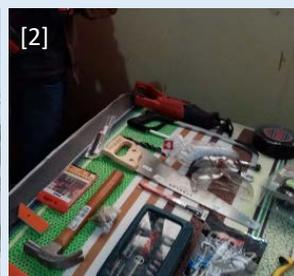


Abbildung 5: Flussdiagramm Materialbeschaffung, Transport und Lagerung

Während des Aufbaus müssen ausreichende Pausen eingelegt und für die Verpflegung der Mitarbeitenden gesorgt werden. Darüber hinaus bieten die Pausen eine gute Gelegenheit, um den Beteiligten die Funktionsweise der Anlage zu erklären und Fragen zu beantworten. Hier kann bereits während des Aufbaus ein wichtiger Beitrag zum Kapazitäts- und Kompetenzaufbau geleistet werden.

Praxisbeispiel: Aufbau einer Pilotanlage zur Abwasserreinigung in San Andrés de Tupicocha

Für den Transport der Materialien wurde ein örtliches Unternehmen beauftragt [1]. Alle größeren Gegenstände, z.B. Becken, Leitungen und Schläuche, sowie Werkzeug und Geräte konnten sicher und trocken gelagert werden [2]. Bevor die Materialien auf das Baugelände gebracht wurden, wurden erste Arbeiten in einer Werkstatt erledigt. Hier waren alle vor Regen und Wind geschützt und es bestand Zugang zu Strom [3]. Während der Arbeit wurden regelmäßig Pausen eingelegt und Verpflegung bereitgestellt [4]. (Bilder: F. Minn, H. Kramer, A. Acevedo, M. Krauss)



5. Betrieb und Monitoring

Nachdem der Aufbau abgeschlossen ist und alle Tests wie z.B. die Dichtigkeitsprüfungen erfolgreich durchgeführt wurden, können die Pilotanlagen befüllt und in Betrieb genommen werden. Der Betrieb und die Kontrolle der Pilotanlagen sollten in Kooperation mit lokalen Partnerorganisationen erfolgen. Lokal agierende und technisch versierte NGOs können wichtige Unterstützung für Betrieb und Monitoring leisten, indem sie beratend zur Seite stehen. Auch Kooperationen mit Bildungseinrichtungen wie Universitäten sind möglich, z.B. in dem Studierende im Rahmen von Seminar- oder Abschlussarbeiten den Betrieb der Anlagen, Schulungsmaßnahmen oder die Analytik begleiten und fortführen. Die Zusammenarbeit mit lokalen Partnerorganisationen hat darüber hinaus den Vorteil, dass eine langfristige Betreuung des Vorhabens möglich ist und dass bei auftretenden Schwierigkeiten Ansprechpartner und Unterstützung vor Ort zur Verfügung stehen.

Betrieb und Monitoring von Pilotanlagen vorbereiten

Die Aufgaben für den Betrieb und die Kontrolle der Pilotanlagen sollten bereits vor Baubeginn im Laufe der Planungsphase mit allen Beteiligten erarbeitet, zugeteilt und evtl. schriftlich festgehalten sein. Hierfür ist es wichtig, den anfallenden Zeit- und Arbeitsaufwand für den Betrieb der Pilotanlagen von Beginn an transparent zu kommunizieren.

Während der Schulungsmaßnahmen sollte Wert daraufgelegt werden, dass ein prinzipielles Verständnis des Anlagenverfahrens vermittelt wird und die im Betrieb anfallenden Aufgaben praktisch demonstriert werden. Darüber hinaus sollte eine Unterweisung zu möglichen Fehlerquellen erfolgen und Lösungen aufgezeigt werden. So ist es z.B. bei einer Abwasser-Pilotanlage wichtig, auf Ursachen und Gründe für schlechte Gerüche hinzuweisen und als Lösungsansätze Spül- und Reinigungsvorgänge zu demonstrieren, die den Biofilm nicht zu stark abspülen und somit die Reinigungsleistung weiter gewährleisten.

Darüber hinaus sollten eine regelmäßige Überwachung und Kontrolle des Anlagenbetriebs durchgeführt werden. Hier sind zum einen die Funktion und der Betrieb der Anlage zu überprüfen, zum anderen die Reinigungsleistung, sprich die Wasserqualität des Ablaufes. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind entsprechend der Anwendung und Nutzung des Ablaufes unterschiedlich. Abhängig von der Komplexität der durchzuführenden Analytik sollten die Aufgaben entsprechend zugeteilt werden und evtl. weitere Institutionen mit einbezogen werden. Es kann sinnvoll sein, sich für die Laufzeit der Pilotanlagen an lokale Forschungseinrichtungen wie z.B. Universitäten zu wenden und Analysen, welche spezielles Equipment erfordern, dort durchführen zu lassen. Soweit möglich sollten jedoch einfache Messverfahren gewählt und die Analytik von lokalen Akteuren durchgeführt werden. Sichtproben oder Untersuchungen des Absetzverhaltens beispielsweise können leicht durchgeführt werden. Zudem können einfache Verfahren (z.B. Schnelltests) nach entsprechender Einweisung erlernt und eingesetzt werden. Wenn möglich können die Aufgaben für Betrieb und Monitoring der Pilotanlagen auch in bereits existierende Arbeits- und Messroutinen integriert werden.

Für die Durchführung der Analysen ist eine entsprechende Infrastruktur erforderlich: Messgeräte und Chemikalien müssen trocken und evtl. gekühlt gelagert werden, zudem werden eine ausfallsichere Stromversorgung für den Betrieb der Geräte sowie stabile und ebene Arbeitsflächen für die Durchführung der Analysen benötigt. Es sollte ebenfalls geprüft werden, inwiefern defekte Geräte ausgetauscht werden können, d.h. ob schnell und lokal Ersatzteile beschafft oder Geräte ersetzt werden können. Auch dürfen die Kosten für die Analytik nicht unterschätzt werden und müssen bereits im Vorfeld in die Kalkulation miteinbezogen werden.

Neben einer Unterweisung in die Funktionsweise und Kontrolle der Anlagen empfehlen wir, die notwendigen Kenntnisse und Arbeitsschritte in einem Betriebshandbuch schriftlich festzuhalten. Das Betriebshandbuch sollte die einzelnen Verfahrensschritte der Pilotanlage erläutern und die Analytik sowie die anzuwendenden Verfahren erklären. Das Betriebshandbuch muss dabei alle notwendigen Informationen über die Konstruktion und den Betrieb der Anlage enthalten, um die anfallenden Aufgaben anzuleiten. Dabei sollten die Inhalte der Handbücher an die technischen Konzepte, die Betriebssituation und die sozio-technischen Rahmenbedingungen angepasst sein.

Folgende Themen können im Handbuch erläutert werden:

- Ziele und Funktionen der Pilotanlage
- Technische Konzepte und ihrer Funktionsweise
- Benötigte Ausrüstung für den Betrieb (z.B. als bebilderte Listen)
- Aufgaben für den Betrieb der Anlage
- Aufgaben für das Monitoring der Anlage
- Checklisten zum Abhaken der durchzuführenden Aufgaben

Wir empfehlen zudem, die Anlage, ihre Komponenten und die auszuführenden Aufgaben anhand möglichst vieler Schaubilder, Grafiken und Fotos anschaulich darzustellen. Zusätzliche Checklisten zum Abhaken der einzelnen Aufgaben sind hilfreich, um den Betrieb zu dokumentieren und sicherzustellen, dass Arbeits- und Messroutinen eingehalten werden (siehe Abbildung 6).

Damit das lokale Betriebspersonal problemlos die Handbücher und Unterlagen nutzen kann, empfehlen wir, diese bereits vor der Übergabe der Pilotanlagen zu Übungszwecken einzusetzen. Dadurch kann sich einerseits das Betriebspersonal mit den Unterlagen vertraut machen und andererseits können Probleme und Fragen aus der Praxis in die Handbücher aufgenommen werden. Für die gemeinsame Entwicklung des Handbuchs müssen ausreichend Zeit und genügend finanzielle Mittel (z.B. für Materialien und Druck) vorgesehen werden.

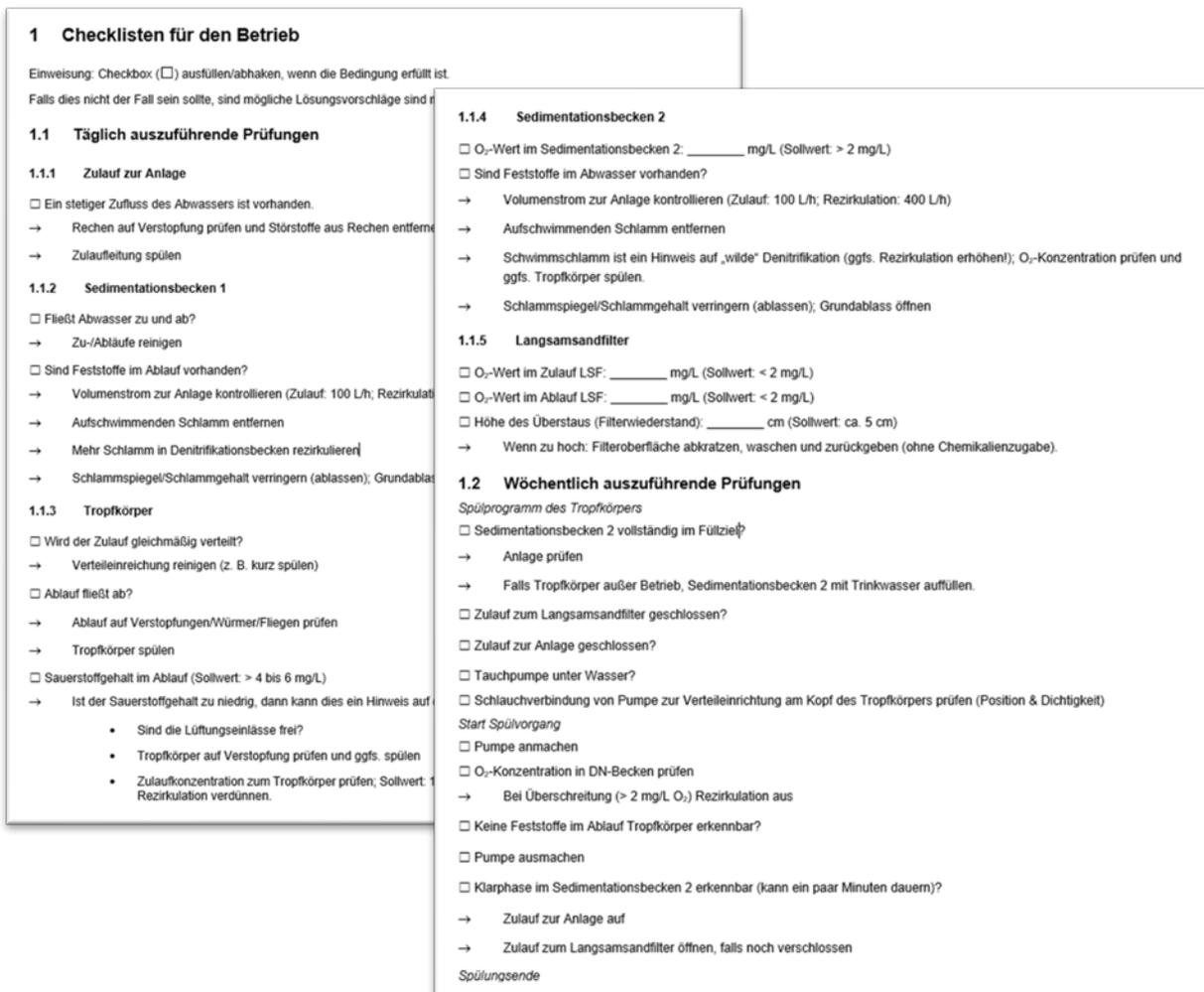


Abbildung 6: Checklisten für Betrieb und Kontrolle einer Tropfkörper-Pilotanlage zur Abwasserreinigung

Pilotanlagen betreiben und kontrollieren

Die Aufgaben in Betrieb und Kontrolle von Pilotanlagen variieren je nach technischem Konzept. Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf Betrieb und Monitoring der in Kapitel 3 vorgestellten, am Beispiel kleiner Gemeinden im andinen Hochland Perus entwickelten, Konzepte zur Trinkwasseraufbereitung und Abwasserreinigung.

Anlagenbetrieb und Monitoring - Trinkwasseraufbereitung

Als begleitendes Monitoring zur Erfassung der Aufbereitungseffizienz eignen sich die Kontrolle und Dokumentation folgender Parameter:

- Volumenstrom Zulauf SSF (ggf. nachregeln)
- Wasserstand im Vorlagebehälter (sollte voll sein, d. h. immer ein Mindestüberlauf)
- Wasserstand im SSF und LSF (Ermittlung des Druckverlustanstiegs)
- Trübungsmessung: 1. Zulauf SSF, 2. Ablauf SSF, 3. Ablauf LSF (Handmessgerät, z.B. Hach 2100Q)

Die Häufigkeit der Kontrollen richtet sich nach der Rohwassertrübung. Dabei ist die Kontrolle bei niedrigen Trübungswerten (< 5 NTU) einmal täglich ausreichend, während die Pilotanlage bei sehr hohen Werten (> 50 NTU) 3-4 Mal täglich zu kontrollieren ist.

Bei Erreichen der maximalen Überstauhöhe des SSF von ca. 0,5 m ist eine Spülung durchzuführen. Hierzu werden der Rohwasserzu- sowie der Reinwasserablauf (zum LSF) geschlossen und der Spülwasserzulauf geöffnet (vgl. Abbildung 3). Der Volumenstrom kann dabei durch ein Schwebkörpermesser überwacht und eine Absperr- bzw. Regelarmatur eingestellt werden. Die Spülung erfolgt bis zum optischen Aufklaren des Spülabwassers (ggf. mit Trübungsmessgerät quantifizieren).

In regelmäßigen Abständen sind ergänzende Messungen von Indikatorbakterien sinnvoll. Diese Messungen sollten in Kooperation mit einem örtlichen Labor erfolgen, welches die entsprechenden Instrumente und Infrastruktur für die Analysen bereitstellen kann.

Anlagenbetrieb und Monitoring - Abwasserreinigung

Zu den täglichen Kontrollen einer Tropfkörper-Pilotanlage gehört auch die Überprüfung verschiedener Parameter, welche einen erheblichen Einfluss auf die Funktion der Anlage haben und regelmäßig kontrolliert werden sollten. In der nachfolgenden Tabelle 2 sind grundlegende Parameter aufgelistet, die einfach zu prüfen und kostengünstig zu analysieren sind.

Parameter	Erklärung	Optimaler Bereich	Messstelle	Maßnahmen
Temperatur	Je tiefer die Temperatur, desto langsamer ist die Aktivität der Mikroorganismen.	15 - 20 °C	Zulauf der Anlage	---
pH-Wert	Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder alkalisch das Abwasser ist. Der pH-Wert ist relevant für die Aktivität der Mikroorganismen sowie für Wasserlebewesen.	6 - 8	Zu- und Ablauf der Anlage	Nach Möglichkeit können sehr stark saures oder stark alkalisches Abwasser oder starke pH-Schwankungen über einen Ausgleichs-becken im Zulauf nivelliert werden.
Sauerstoff	Für die biologische Reinigung ist ausreichend Sauerstoff notwendig. Fehlt er, ist der biologische Abbau unvollständig und es kann zu Geruchsentwicklung kommen.	4 mg/L	Ablauf Tropfkörper	Spülen des Tropfkörpers, um Luftzirkulation im Tropfkörper zu verbessern, Abwasser mit Ablauf aus der 2. Sedimentation verdünnen, um Zulaufkonzentration an Abbauleistung anzupassen.
Leitfähigkeit	Die Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für die Ionenkonzentration und damit für den Salzgehalt des Abwassers. Eine sehr hohe Leitfähigkeit kann auf ungewollte Einleitungen hinweisen.	< 2,5 mS/cm	Zulauf der Anlage	Je höher die LF, desto höher sind auch die Abwasserkonzentrationen. Falls möglich, kann das Abwasser im Zulauf separat aufgefangen werden und in kleinen Mengen wieder der Anlage beigemischt werden.
Absetzbare Stoffe	Maß für den Feststoffgehalt im Abwasser (ungelöste Schmutzstoffe). Starke Einleitungen von absetzbaren Stoffen im Abwasser können die Reinigungsleistung der Anlage reduzieren.	2 - 20 ml/l (Zulauf) < 0,5 ml/l (Ablauf 2. Absetzbecken)	Zu- und Ablauf der Anlage	Absetzbarkeit überprüfen und Sichttiefe prüfen. Wenn der Schlamm schlecht absetzbar ist und die Sichttiefe gering muss Schlamm abgezogen werden.

Parameter	Erklärung	Optimaler Bereich	Messstelle	Maßnahmen
Schlamm-spiegel	Die Messung des Schlammspiegels dient zur Abschätzung darüber, wieviel Belebtschlamm im Absetzbecken ist. Belebtschlamm sollte vorhanden sein, ohne aufzuschwimmen	---	Absetz-becken	Schlammablass
Schwimm-schlamm	Schwimmschlamm besteht aus Belebtschlammflocken, die sich zu Flockenverbänden verbinden und zur Oberfläche aufsteigen. (Schlamm oder Schaumschicht auf der Wasseroberfläche)	---	Absetz-becken	Abschöpfen

Tabelle 2: Betrieb der Pilotanlage - grundlegende Parameter

Weitergehende Analytik kann zum Beispiel angewendet werden, um gezielt die biologische Reinigungsleistung der Anlage zu untersuchen. Der im Tropfkörper stattfindende Prozess der Nitrifikation wandelt Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) zuerst zu Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) und dann zu Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) um. Um festzustellen, ob dieser Abbau stattfindet, kann der Ammoniumgehalt im Zu- und Ablauf des Tropfkörpers gemessen werden. Darüber hinaus kann auch der Parameter Gesamt-Phosphor bzw. Phosphat gemessen werden. Die Bakterien im Tropfkörper benötigen eine geringe Menge Phosphat zum Wachsen. Ist keines vorhanden, wird das Wachstum gehemmt und das Abwasser schlechter gereinigt. Phosphate haben düngende Eigenschaften, können aber bei zu hohen Konzentrationen zu Algenwachstum, Sauerstoffmangel und Fischsterben in Gewässern führen. Die nachfolgende Abbildung 7 teilt verschiedenen Tests basierend auf ihrer Aussagekraft, Durchführbarkeit und Kosten unterschiedlichen Prioritäten zu.

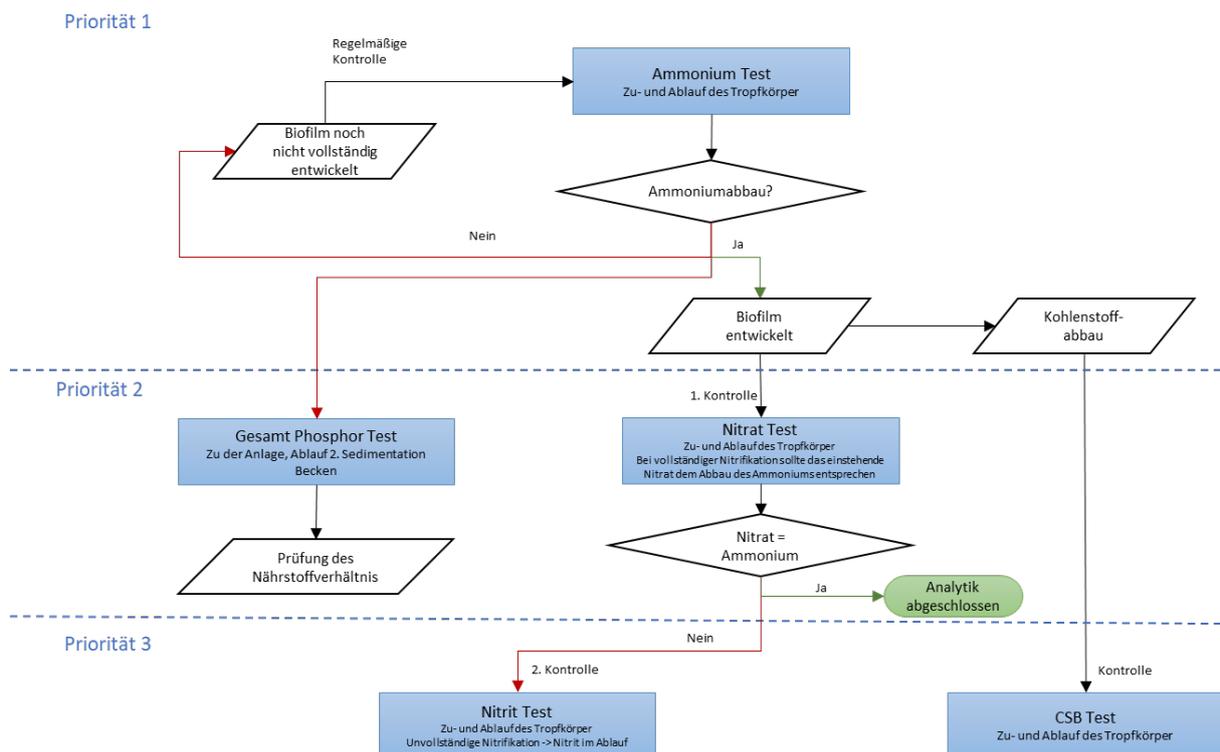
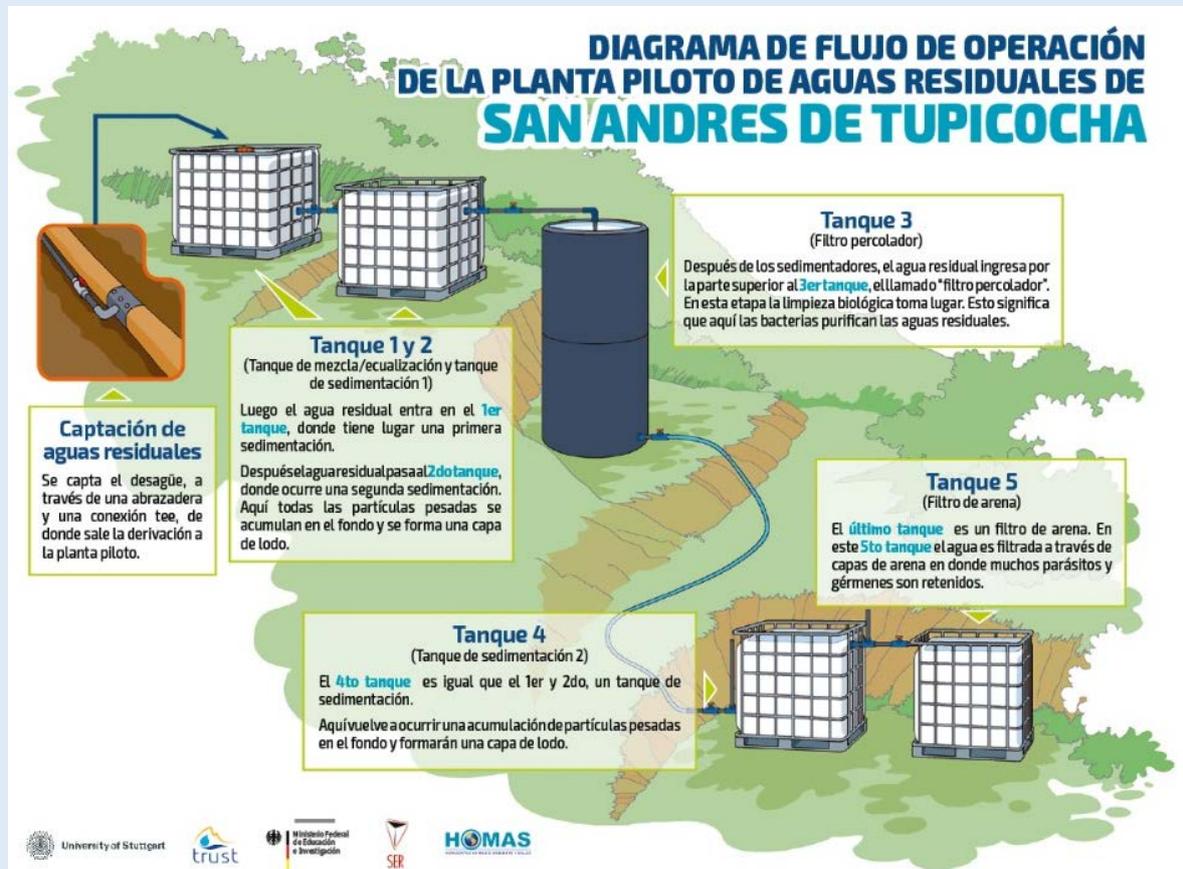


Abbildung 7: Biologische Reinigung – Analytik Parameter

Praxisbeispiel: Betrieb und Monitoring der Abwasser-Pilotanlage in San Andrés de Tupicocha

Betrieb und Monitoring der Pilotanlage vor Ort wurde durch die Unterstützung lokaler NGOs gewährleistet. Die Erstellung des Betriebshandbuchs wurde gemeinsam mit NGOs und Nutzern entwickelt und wurde um aufkommende Fragen und Probleme ergänzt. Zudem wiesen die NGOs das Betriebspersonal in die Funktionsweise und den Betrieb der Pilotanlage ein. (Bild: TRUST)



Zur Kontrolle der Ablaufwasserqualität wurden Schnelltests durchgeführt, um unter anderem Ammonium-, Nitrat-, Nitrit- und Phosphorgehalt im Abwasser zu überprüfen und Rückschlüsse auf das Funktionieren der Anlage zu ziehen. Zudem wurde im Rahmen einer Masterarbeit in Kooperation mit der Technischen Universität in Lima die Betreuung und Kontrolle der Anlage fortgeführt. (Bilder: D. Suero)



6. Trainings- und Schulungsmaßnahmen

Nachdem die Pilotanlagen in Betrieb genommen wurden, gilt es sicherzustellen, dass die für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung verantwortlichen Organisationen die notwendigen Schritte und Aufgaben im Betrieb langfristig durchführen können. Daher sind Schulungen und Training des Personals wichtig, damit dieses sich mit der Funktionsweise der Pilotanlagen sowie den anfallenden Aufgaben vertraut machen kann. Die Trainings- und Schulungsaktivitäten helfen auch, im Betrieb der Anlagen auftretende Probleme oder Fragen frühzeitig zu erkennen und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Zudem kann im Rahmen der Pilotuntersuchungen die Wirksamkeit der technischen Konzepte demonstriert (z.B. das Entfernen von Indikatorbakterien durch die Anlage) und der Aufbereitungsprozess optimiert werden (z.B. durch die Auswahl unterschiedlichen Filtermaterials). Auch diese Untersuchungen und Demonstrationen eignen sich für gezielte Schulungen des Betriebspersonals. Die Schulungs- und Pilotanlagen bieten sich zudem dafür an, sie mit interessierten Akteuren aus umliegenden Gemeinden zu begehen, die Funktionsweise der Anlagen zu demonstrieren und das Wissen an weitere Gemeinden und potenzielle Nutzerinnen und Nutzer weiterzugeben.

Die Einweisung zukünftiger Nutzerinnen und Nutzer in den Betrieb der Anlage sollte auf den Kenntnissen aufbauen, die sie bereits während Planung und Bau der Anlagen erworben haben. Basierend auf diesen Erfahrungen können die notwendigen Kompetenzen für Betrieb und Monitoring der Pilotanlagen in Schulungen vermittelt werden. Beispielsweise kann die Pilotanlage zur Trinkwasseraufbereitung genutzt werden, um das Vorgehen beim Spülen des Schnellsandfilters oder beim Abschälen und Reinigen der obersten Schicht des Langsandsandfilters vorzuführen und zu trainieren. Dabei sollten die Schulungen und Unterweisungen an die lokalen sozialen und technischen Rahmenbedingungen angepasst werden (z.B. je nach implementiertem technischem Konzept, Typ der betreibenden Organisation, Wissens-/Erfahrungsstand, Sprache, etc.). Die Inhalte der Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen hängen auch davon ab, ob die Anlagen eigenständig oder unter Anleitung betrieben werden sollen.

Neben den in Kapitel 2 beschriebenen begleitenden Aktivitäten zur Information und Bewusstseinsbildung sind Schulungsmaßnahmen wichtige Pfeiler für den Wissensaufbau und -transfer im Wassersektor. Bereits während der Planungsphase sollten diejenigen Bereiche identifiziert werden, in denen Schwierigkeiten auftreten und diese in den Schulungsaktivitäten gezielt adressiert werden. Wir empfehlen, die Schulungen begleitend zu den vorangegangenen Phasen zu planen und durchzuführen, so dass z.B. die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer die Funktionsweise der Anlage bereits während der Aufbauphase kennenlernen. Frühzeitig stattfindende Schulungsaktivitäten erlauben zudem, Fragen und Unsicherheiten in Betriebshandbücher aufzunehmen und diese bestmöglich an die lokalen Bedingungen abzustimmen. Durch frühzeitige und kontinuierliche Schulungs- und Trainingsaktivitäten können die Inhalte zudem in kürzeren Einheiten vermittelt und bei Bedarf wiederholt werden, um das Wissen zu verstetigen.

Wichtige Themen für Schulungen und Trainingsaktivitäten sind neben technischen Gesichtspunkten auch wirtschaftliche und administrative Aspekte, wie z.B. die Entwicklung von Betriebskonzepten oder die Verteilung der anfallenden Aufgaben. Weiterführende Schulungen für den korrekten Betrieb der bestehenden Systeme können hilfreich sein, um akute Probleme zu lösen und das Interesse an Trink- und Abwasserthemen durch sichtbare Erfolge zu stärken.

Folgende Aspekte sollten bei der Planung und Durchführung von Schulungs- und Trainingsaktivitäten bedacht werden:

- An wen richten sie die Schulungsaktivitäten? Wer soll teilnehmen?
- Welche Inhalte sollen vermittelt werden? Welche Fähigkeiten sollen gestärkt werden?
- Welche Interessen haben die Teilnehmenden? Welche Probleme möchten sie lösen?
- Wann stehen die Teilnehmenden für die Schulungen zu Verfügung? (z.B. vor Arbeitsbeginn, am Feierabend, am Wochenende, etc.)
- Können die Teilnehmenden in ihrer Freizeit an den Aktivitäten teilnehmen? Muss ein Verdienstausschlag kompensiert werden?
- Stehen Räume und technische Infrastruktur zur Verfügung?

- Sind alle benötigten Materialien (z.B. Schulungsunterlagen, Ausrüstung, etc.) in ausreichender Anzahl vorhanden?
- Sind ausreichend Pausen eingeplant?
- Ist für Pausenverpflegung gesorgt?
- Ist ausreichend Zeit für Rückfragen und Diskussion eingeplant?

Praxisbeispiel: Schulungsmaßnahmen in San Andrés de Tupicocha

In San Andrés de Tupicocha machten die lokalen NGOs die für die Wasserversorgung verantwortliche Organisation mit der Funktionsweise der Abwasser-Pilotanlage vertraut. Es fanden Schulungen zum Betrieb und Monitoring der Anlage statt und es wurde demonstriert, wie die Aufgaben auszuführen sind [1]. Weitere Schulungsmaßnahmen dienten dazu, die rechtlichen, administrativen und organisatorischen Grundlagen der verantwortlichen Nutzerorganisation aufzufrischen und diese in formalen Prozessen sowie in der Zusammenarbeit mit lokalen Behörden zu unterstützen [2]. Die Schulungsmaßnahmen haben zum Ziel, über den Betrieb der Pilotanlagen hinaus zum erfolgreichen Betrieb des bestehenden Trink- und Abwassersystems beizutragen. (Bilder: D. Suero)



7. Übergabe und Aneignung

Auch die Übergabe der Pilotanlage an die lokalen zuständigen Organisationen muss rechtzeitig geplant werden und ist weitaus mehr als eine Formalität. Zum Zeitpunkt der Übergabe sollte die Anlage in Betrieb genommen und ihre Funktionsweise anhand verschiedener analytischer Verfahren überprüft worden sein. Zudem sollten die begleitenden Aktivitäten für den Betrieb der Anlage abgeschlossen und die zu übergebenden Komponenten und Anlagenteile dokumentiert worden sein. Für die formelle Übergabe einer Pilotanlage empfehlen wir, dass alle Beteiligten gemeinsam ein Dokument entwerfen, das die Komponenten der Pilotanlage beschreibt, die Eigentumsverhältnisse klärt, und die Aufgaben und Verantwortlichkeiten für den Betrieb der Anlage nach der Übergabe festlegt. Im Rahmen der formellen Übergabe kann dieses Übergabedokument von den Verantwortlichen unterschrieben und weitere Unterlagen (z.B. gemeinsam entwickelte Betriebshandbücher) können dem zukünftigen Betriebspersonal übergeben werden. Die lokalen Akteure sollten nach der Übergabe damit alle Unterlagen besitzen, die sie benötigen, um die Pilotanlagen eigenständig zu betreiben.

Die Übergabe der Anlagen an die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer ist zudem ein wichtiger Moment, um das Engagement und die Anstrengungen aller Beteiligten zu honorieren. In diesem Sinne kann die Übergabe auch als Einweihungsfeier gestaltet werden, an der Vertreterinnen und Vertreter aus der Gemeinschaft ebenso wie die interessierte Öffentlichkeit teilnehmen. In einer anschließenden Führung kann das lokale Betriebspersonal die Ziele und Funktionsweise der Anlagen dem Publikum näherbringen und sein Wissen weitergeben. Darüber hinaus können Infoposter an die Anlagekomponenten angebracht werden, um Passanten über die Pilotanlagen und deren Ziele zu informieren.

Wenngleich die Übergabe der Pilotanlage gegen Ende der Aktivitäten erfolgt, sollte sie schon frühzeitig in die Planung berücksichtigt werden. Zum einen müssen ausreichend finanzielle Mittel für diese Phase eingeplant werden (z.B. für eine Einweihungsfeier, Verpflegung oder den Druck von Betriebshandbüchern). Zum anderen ergeben sich Möglichkeiten, die Übergabe in bestehende Traditionen der Gemeinschaft zu integrieren, sodass sie beispielsweise im Rahmen eines Dorffestes oder des Weltwassertages stattfindet.

Praxisbeispiel: Übergabe der Abwasser-Pilotanlage in San Andrés de Tupicocha

In San Andrés de Tupicocha wurde in Zusammenarbeit mit den lokalen NGOs ein Handbuch für den Betrieb entwickelt und an die zukünftigen Anlagenbetreiber übergeben [1]. Im Rahmen der offiziellen Einweihungsfeier der Pilotanlage unterzeichneten alle Beteiligten ein Dokument über die Übergabe der Anlage, welche die Besitzverhältnisse und Aufgaben im Betrieb regelt [2]. Während der Einweihung fand eine Besichtigung der Pilotanlage statt, an der Vertreterinnen und Vertreter der Gemeinde, der für die Wasserversorgung verantwortlichen Organisation sowie der Zivilgesellschaft teilnahmen und die Funktionsweise und Ziele der Pilotanlage erläutert bekamen [3]. (Bilder: D. Suero)



8. Upscaling

Ein zentrales Ziel der Pilotanlagen ist es, Informationen und Erkenntnisse darüber zu erhalten, inwiefern die technischen Verfahren und Betriebskonzepte unter den lokalen Bedingungen praktikabel sind und sich für den Einsatz in einem größeren Maßstab eignen. Daher ist es entscheidend, die Erfahrungen aus dem Betrieb von Pilotanlagen auszuwerten und diese Erkenntnisse für die Konzeption größerer Anlagen zu nutzen. Eine umfassende und kontinuierliche Dokumentation über den Betrieb, die auftretenden Erfolge und Schwierigkeiten kann wichtige Erkenntnisse für die Planung großtechnischer Anlagen liefern. Wir empfehlen daher, Listen und Protokolle für den Betrieb in die Betriebshandbücher zu integrieren, damit das lokale Betriebspersonal seine Erfahrungen möglichst einfach dokumentieren und auswerten kann.

Die Aussicht auf den Bau größerer Anlagen kann zudem die verschiedenen zuständigen Akteure motivieren, sich aktiv an den Aktivitäten zu Planung, Bau und Betrieb von Pilotanlagen zu beteiligen. Daher ist es wichtig, zuständige Institutionen von Beginn an aktiv in die verschiedenen Phasen einzubeziehen.

Großtechnische Anlagen zu planen wirft jedoch eine Vielzahl technischer, finanzieller und sozialer Fragen auf, unter anderem:

- Welche Erfahrungen wurden im Rahmen des Baus und Betriebs von Pilotanlagen mit den technischen Konzepten gemacht? Welche Erkenntnisse lassen sich daraus für die Planung großtechnischer Anlagen ziehen?
- Müssen die technischen Konzepte/Betriebskonzepte für die Umsetzung großtechnischer Lösungen angepasst werden? Welche Aspekte der Pilotanlagen können übernommen werden?
- Welche Akteure, Organisationen und Institutionen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene können z.B. durch finanzielle, technische und administrative Unterstützung oder Expertise dazu beitragen, eine großtechnische Anlage zu planen, zu bauen und zu betreiben?
- Wie kann die Planung großtechnischer Anlagen finanziert werden (z.B. Gutachten, Studien, Personal, etc.)?
- Wie kann der Bau großtechnischer Anlagen finanziert und organisiert werden?
- Wie kann der Betrieb großtechnischer Anlagen langfristig finanziert und organisiert werden? Welche Betriebskonzepte kommen in Frage und wie lassen sie sich in lokale Strukturen integrieren?
- Wie wird sich die Bevölkerungszahl zukünftig entwickeln? Welche Bedarfe entstehen daraus für die Auslegung der Anlage?
- Welche Standorte kommen für großtechnische Anlagen in Frage? Wie sind die Eigentumsverhältnisse möglicher Standorte?
- Welche Belastungen können sich aus dem Bau einer großtechnischen Anlage für die Anwohner ergeben? Sind Kosten und Nutzen in der Bevölkerung unterschiedlich verteilt? Wie lassen sich mögliche Belastungen ausgleichen?
- Wie kann die Bevölkerung erfolgreich am Planungsprozess beteiligt werden?

Um Upscaling-Prozesse zu unterstützen, können im Rahmen der begleitenden Aktivitäten von Pilotanlagen Schulungseinheiten durchgeführt werden, um mögliche finanzielle und technische Unterstützung sowie Ansprechpartner und Ansprechpartnerinnen in den zuständigen Behörden zu ermitteln. Diese Unterstützung kann insbesondere für kleinere Kommunen wichtig sein, da für sie bereits die ersten Schritte des Planungsprozesses (z.B. Studien in Auftrag geben, Gutachten erstellen) finanzielle und personelle Belastungen darstellen können. Nicht zuletzt muss bedacht werden, dass Planung, Bau und Betrieb großtechnischer Anlagen auch breitere und umfangreichere Begleitaktivitäten erfordern. Es ist daher von großer Bedeutung, die Bevölkerung frühzeitig aktiv in die Planung großtechnischer Anlagen einzubeziehen, sodass deren Bedürfnisse und Meinungen in den Planungsprozess einfließen können und dadurch die Akzeptanz großtechnischer Anlagen steigt.

