

Endbericht



WATERpps –

kombinierte Einheit zum Pumpen
und Trinkwasseraufbereitung

gefördert durch den Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz der
badenova AG & Co. KG

Zuwendungsempfänger: Solar-Fabrik AG

1. Ausgangssituation



Weltweit haben 1,3 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. 80 % aller Krankheiten in Entwicklungsländern sind auf schlechte Wasserqualität zurückzuführen. Die Situation wird sich künftig weiter verschärfen, weil viele Regionen mit raschem Bevölkerungswachstum in Gebieten mit knappen oder verschmutzungsbedrohten Wasserressourcen liegen. Gleichzeitig haben über zwei Milliarden Menschen keinen Zugang zur öffentlichen Stromversorgung.

Vor diesem Hintergrund entstand die Idee dieser photovoltaisch versorgten Trinkwasseraufbereitungsanlage. Das WATERpps – Water Pumping & Purification System- ermöglicht eine schnelle und einfache Bereitstellung von Trink- und Brauchwasser auch in entlegenen Gebieten der Erde.

Das WATERpps fördert Brauch- und produziert Trinkwasser, wird mit überall verfügbarer Sonnenenergie betrieben und ist damit autonom direkt an der Wasserquelle einsetzbar. So leistet es einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen vieler Menschen. Das System wurde von der Solar Application GmbH und der Solar-Fabrik AG in Freiburg entwickelt. In Detailfragen wurden bei der Entwicklung verschiedene Partner eingebunden.

Am Beginn dieses Förderprojekts standen erste funktionsfähige Prototypen, bei denen aber noch verschiedene Probleme aufgetreten waren. Im Rahmen dieses Förderprojekts wurde zunächst hauptsächlich an der Verbesserung der Filtrationseigenschaften gearbeitet.

Hierzu wurden zusammen mit dem Fraunhofer ISE verschiedene Konzepte entworfen und Methoden zur Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle entwickelt, die in ausgiebigen Labor- und Feldtests erprobt wurden. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf Versuchen zu Systemzuverlässigkeit, Energieverbrauch und Auswahl eines bestmöglich geeigneten Pumpentyps, sowie der Überarbeitung des Systemdesigns.

Durch die Förderung im Rahmen des Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der Badenova AG & Co. KG wurde es möglich, diese Aufgaben zu lösen und nach ca. zweieinhalb Jahren intensiver Entwicklungen und Tests ein gutes Ergebnis zu erzielen.

2. Systemkonzept

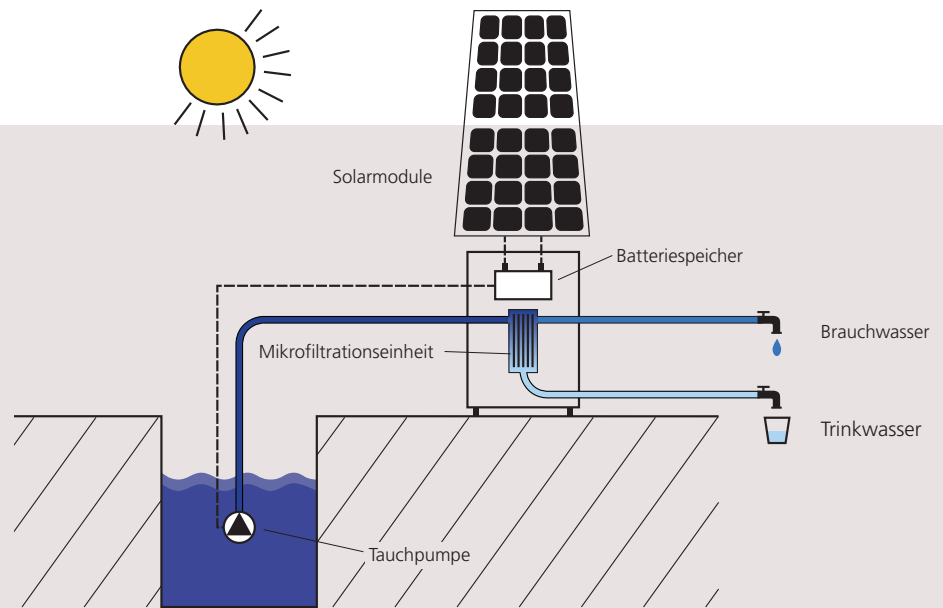


Abb. 1: schematischer Aufbau des WATERpps

Beim WATERpps handelt es sich um ein solar versorgtes System zum Pumpen und zur Trinkwasseraufbereitung. Der schematische Aufbau ist in Abb. 1 dargestellt.

Mit einer elektrischen Pumpe wird das Wasser gefördert. Es kann wahlweise entweder ungefiltert als Brauchwasser verwendet oder durch einen Keramikfilter gepumpt und so zu Trinkwasser aufbereitet werden. Die notwendige Energie wird über Solarstrommodule gewonnen und in Batterien gespeichert. Durch einen Laderegler wird das Überladen der Batterie verhindert. Um eine möglichst einfache Handhabung für den Nutzer zu erreichen, ist das System mit einem Druckschalter ausgestattet, über den die Pumpe automatisch aus und eingeschaltet wird.

Der Anwender muss nur die Wasserhähne für Brauch- bzw. Trinkwasser betätigen, aber keinen zusätzlichen Pumpenschalter. Die Pumpe pumpt, bis der festgelegte maximale Systemdruck erreicht ist und schaltet dann ab. Wird Wasser entnommen, sinkt der Druck ab und bei Unterschreiten des eingestellten unteren Grenzwertes wird die Pumpe automatisch wieder eingeschaltet.

3. Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle

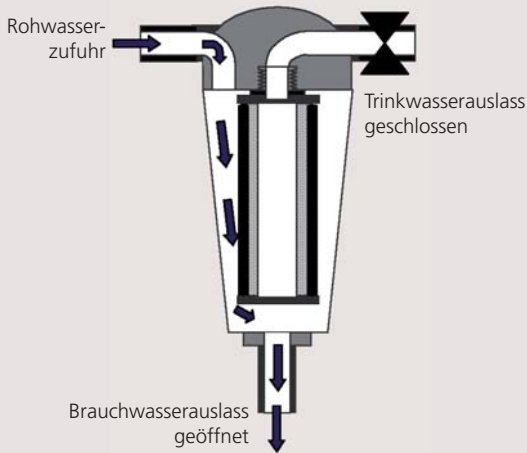


Abb. 2: bisheriges Filtergehäuses

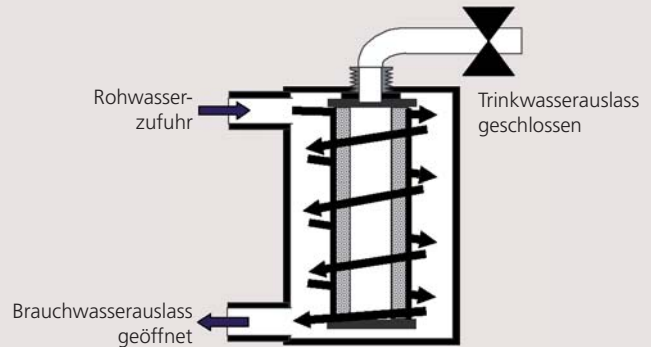


Abb. 3: Filtergehäuse mit geänderter Geometrie

Gehäusegeometrie

Die erste Idee zur Verlängerung der Filterreinigungsintervalle bestand darin, die Bewegung des Wassers bei Brauchwasserentnahme zur Reinigung des Filters zu nutzen. Das bei Brauchwasserentnahme am Filter vorbeifließende Wasser sollte den Filterbelag abspülen. Die ursprüngliche Form des Filtergehäuses war dazu nicht sehr geeignet:

Das Rohwasser strömte oberhalb des Filters radial in das Gehäuse ein, das Brauchwasser wurde am unteren Ende senkrecht entnommen (siehe Abb. 2). Dadurch lief das Wasser hauptsächlich direkt an einer Seite nach unten und nur ein kleiner Teil des Filters wurde überspült.

Daher wurde eine geänderte Gehäusegeometrie entworfen (Abb. 3), bei der das Rohwasser tangential statt radial zugeführt und das Brauchwasser am anderen Ende des Filters ebenfalls tangential entnommen wird. Dadurch wurde eine gleichmäßigere, spiralförmige Umspülung der Filterkerze erreicht. Der Reinigungseffekt blieb trotzdem relativ gering.

Die Konzepte zur Abreinigung mittels integrierter Bürsten, die durch den Wasserfluss in rotierende Bewegung versetzt werden sollten, um so den Filterbelag abzubürsten, erwiesen sich in der Umsetzung als zu aufwändig und wurden deshalb wieder fallen gelassen.

3. Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle

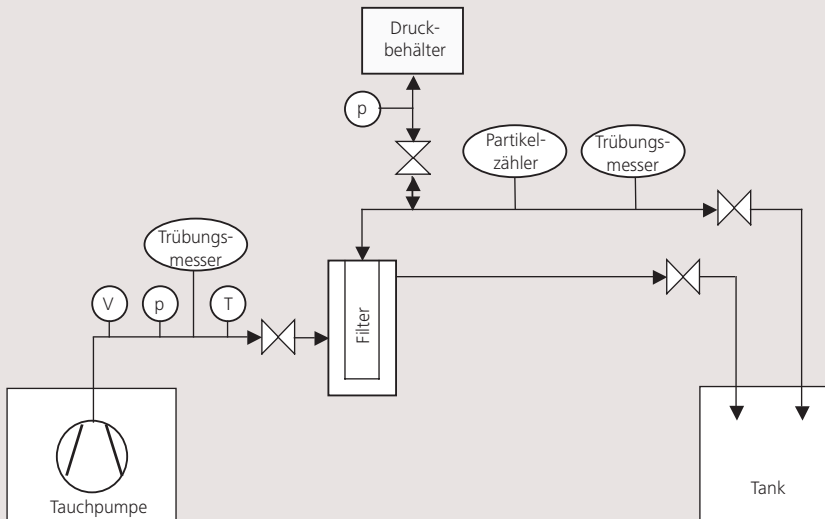


Abb. 4: Versuchsaufbau zur Rückspülung

Rückspülung

Eine Möglichkeit, den Filter von seinem Belag zu befreien, ohne das Gehäuse öffnen zu müssen, besteht in der Rückspülung. Hierzu wurde ein Teststand gemäß Abb. 4 aufgebaut, der gegenüber dem ursprünglichen System um einen Druckbehälter auf der Trinkwasserseite und zusätzliche Ventile erweitert wurde. Zur Rückspülung wird zunächst bei geschlossenem Trinkwasserhahn der Druckbehälter auf der Trinkwasserseite gefüllt und dann per Ventil verschlossen. Anschließend wird bei ausgeschalteter Pumpe bzw. durch Ventil verschlossenem

Rohwassereingang Brauchwasser abgelaassen und damit der Systemdruck auf Umgebungsdruck abgesenkt. Bei weiterhin geschlossenem Trinkwasserhahn wird nun das Ventil des Druckbehälters schlagartig geöffnet und durch den entstehenden Druckstoß entgegen der Filtrationsrichtung wird der Filterkuchen vom Filter abgelöst und kann über das Brauchwasser ausgespült werden. An dieser Stelle muss ein schnell öffnendes Magnetventil eingesetzt werden, um einen ausreichenden Druckstoß zu gewährleisten. Bei einem Handventil könnte dieser durch langsames Öffnen zu schwach ausfallen. Durch die Rückspülung mit einem

Druckimpuls wird der Wasserverbrauch so gering wie möglich gehalten. Um die Gefahr einer Beschädigung der Filterkerze (Rissbildung) zu vermeiden, wurde der Druck für die Rückspülung auf maximal 1 bar begrenzt.

Zunächst wurden zahlreiche Labortests mit diesem Konzept durchgeführt. Zur künstlichen Verunreinigung des Wassers wurde Quarzsand (1-12µm) als grobe und Bentonit-Ton (<2µm) als feine Verunreinigung verwendet. Bei Quarzsand konnte durch die Rückspülung der Ausgangszustand wiederhergestellt werden, wie Abb. 5 zeigt. Die Ergebnisse der Versuche mit Bentonit-Ton sind in Abb. 6 dargestellt.

Abhängigkeit des Durchflusses von der Filtrationszeit
[100FNU, $V_{\min} = 1,75\text{l/min}$, $p_{\text{Filtration}} = 3\text{bar}$, $p_{\text{Rückspülung}} = 1\text{bar}$, $V_{\text{Rückspülung}} = 2\text{l}$]

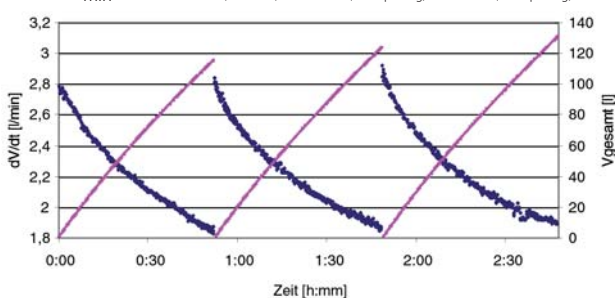


Abb. 5: Durchfluss und Filtratmenge bei Verunreinigung mit Quarzmehl

Abhängigkeit des Durchflusses von der Filtrationszeit
[25mg/l Bentonit, $V_{\min} = 1\text{l/min}$, $p_{\text{Filtration}} = 3\text{bar}$, $p_{\text{Rückspülung}} = 1\text{bar}$, $V_{\text{Rückspülung}} = 2\text{l}$]

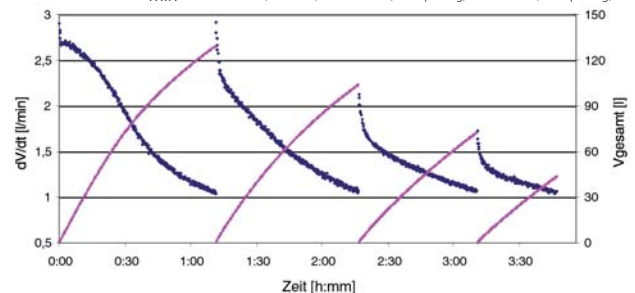


Abb. 6: Durchfluss und Filtratmenge bei Verunreinigung mit Bentonit-Ton

3. Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle

Klärwerk, RSP mit 1bar, 0,7 FNU

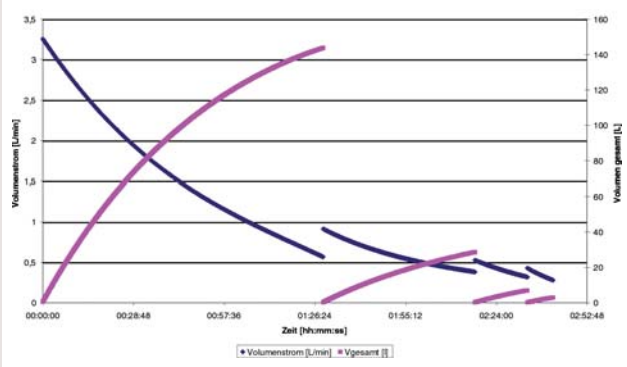


Abb. 7: Rückspülung im Feldversuch am Klärwerk Riegel

Dreisam, RSP mit 1bar, 0,7 FNU

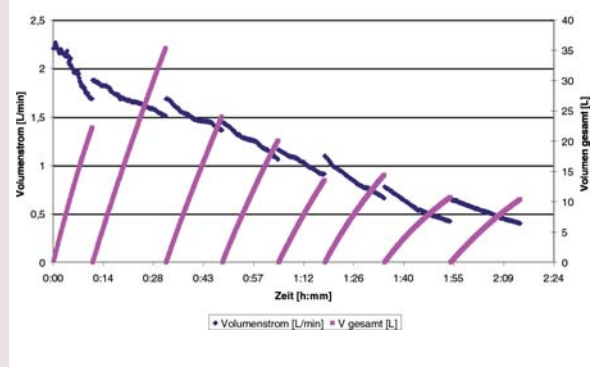


Abb. 8: Rückspülung im Feldversuch an der Dreisam

Auch hier konnte der Volumenstrom durch die Rückspülung deutlich erhöht werden. Allerdings wurde der Ausgangswert nicht wieder erreicht, da die feineren Partikel tiefer in den Keramikfilter eindringen und sich dort festsetzen.

Bei den anschließend durchgeführten Feldtests mit natürlich verunreinigtem Wasser konnten diese Ergebnisse leider nicht in zufriedenstellendem Maße bestätigt werden. Diese Versuche wurden an der Dreisam und am Auslauf des Klärwerks Riegel durchgeführt. Abb. 7 und

Abb. 8 zeigen die zeitliche Entwicklung des Trinkwasservolumenstromes und die seit der jeweils letzten Filterreinigung produzierte Trinkwassermenge. Wie zu erkennen ist, erhöht sich der Volumenstrom nach der Rückspülung zwar, jedoch nur in relativ geringem Maße. Der Ausgangswert konnte bei beiden Feldversuchen bei Weitem nicht wieder erreicht werden.

Vorfilter

Um durch Entlastung des Hauptfilters eine Verlängerung der Abreinigungsintervalle und Verbesserung der Reinigungsleistung zu erzielen, wurde ein Konzept zur Vorbehandlung des Wassers mit einem Sandvorfilter entworfen.

Das Funktionsprinzip der Vorfiltration mit Hilfe eines Sandfilters ist in Abb. 9 dargestellt. Das Wasser wird in den Behälter geleitet, fließt durch die Sandschicht wobei größere Verunreinigungen zurückgehalten werden und wird über ein Drainagesystem am Boden des Behälters durch ein Rohr nach oben gedrückt.

3. Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle

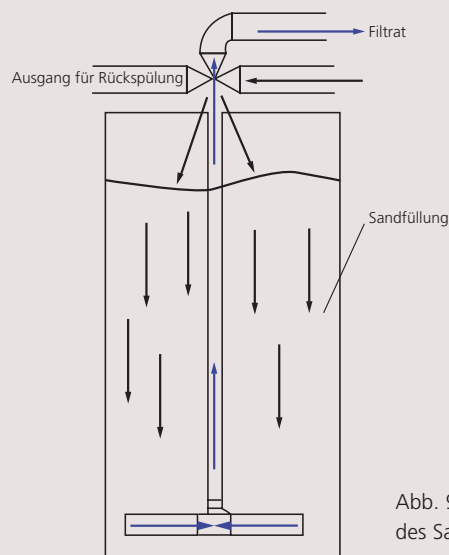


Abb. 9: Foto und Funktionsprinzip des Sandvorfilters

Für die Versuche wurde ein druckbetriebener Schnellsandfilter verwendet. Der Betriebsdruck betrug 1,5 bar, die Filterbetthöhe 400 mm bei einer Fläche von 0,1245 m².

Die Reinigung des Sandfilters erfolgt durch Rückspülung, indem die Fließrichtung des Wassers durch den Filter umgekehrt wird. Durch die Expansion des Filterbetts bei der Rückspülung werden die zwischen den Sandkörnern abgelagerten Partikel aus dem Filter ausgeschwemmt.

Der Vorfilter wurde mit Filtersand unterschiedlicher Korngrößenverteilungen betrieben: 0,7 – 1,2 mm und 0,4 – 0,8 mm.

Die Ergebnisse je einer Messreihe mit Sandvorfilter vor dem Keramikhauptfilter sind in den Abbildungen 10 und 11 dargestellt.

In den Feldtests konnte zunächst eine Verlängerung der Laufzeiten bis zur Verblockung erzielt werden. Nach der manuellen Filterabreinigung wurden jedoch die ursprünglichen Volumenströme nicht wieder erreicht. Es stellte sich heraus, dass die feinen Partikel tiefer in den Keramikfilter eindringen, da die größeren Partikel bereits im Vorfilter abgeschieden wurden und so keine Schicht auf dem Hauptfilter mehr bilden konnten, die sonst einen zusätzlichen Filtereffekt bewirkte.

Mehrfachfilter

Um durch Vergrößerung der Filterfläche die Menge des bis zur Filterverblockung produzierten Trinkwassers zu erhöhen, wurde ein Testsystem mit fünf parallelen Filtern aufgebaut. Mit diesem wurden in Labortests mit künstlich verunreinigtem Wasser (Quarzmehl, Bentonit-Ton) und in ersten Feldtests an der Dreisam gute Ergebnisse erzielt. Auch konnte der spezifische Energiebedarf pro Liter Trinkwasser so deutlich reduziert werden. Daraufhin wurde ein Prototyp des Gesamtsystems mit Mehrfachfilter (gemäß Abb. 12)

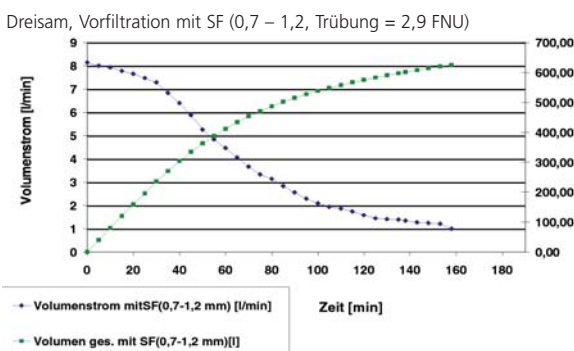


Abb. 10: Filtrationsvolumenstrom und Gesamtvolumenstrom in Abhängigkeit der Zeit bei Verwendung eines Sandvorfilters mit Korngröße 0,7 – 1,2 mm

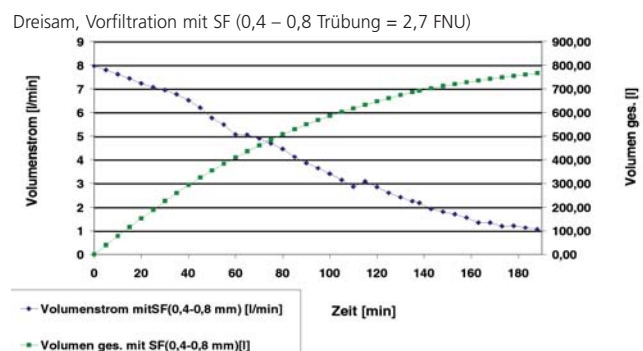


Abb. 11: Filtrationsvolumenstrom und Gesamtvolumenstrom in Abhängigkeit der Zeit bei Verwendung eines Sandvorfilters mit Korngröße 0,4 – 0,8 mm

3. Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Abreinigungsintervalle

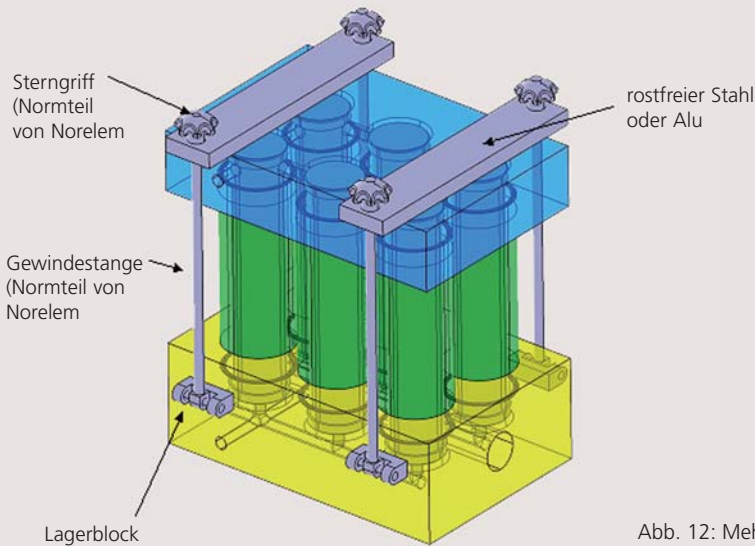


Abb. 12: Mehrfachfiltergehäuse

gebaut und ausgiebig mit verschiedenen natürlichen Wässern (Regenwasser, Zisternenwasser, Teichwasser) getestet.

Ziel war, die Häufigkeit der manuellen Filterreinigung auf ca. 1x pro Woche zu begrenzen bei einer täglichen Trinkwasserentnahme von 200l. Bis zu den damit geforderten 1400l Trinkwasser trat auch bei stark verschmutztem Rohwasser keine Filterverblockung (Trinkwasservolumenstrom < 1l/min) auf, wie in Abb. 13 zu sehen ist. Mit dem Mehrfachfiltersystem wurde also die angestrebte Reinigungsleistung erreicht, 1400l Trinkwasser wurden ohne manuelle Filterreinigung produziert.

Lagerung der Filterkerzen bei längeren Stillstandzeiten

Es wurde untersucht, wie sich die unterschiedlichen Methoden zur Lagerung der Filterkerzen bei längeren Stillstandzeiten auf die Desinfektionsleistung auswirken.

Folgende Methoden wurden untersucht:

- im offenen Filtergehäuse
- im geschlossenen Filtergehäuse, Wasser abgelassen
- im geschlossenen Filtergehäuse, mit Wasser

Die besten Ergebnisse wurden bei offener Lagerung des Filters erreicht. Bei Lagerung im geschlossenen Gehäuse war die Keimreduktion etwas besser, wenn das Wasser abgelassen wurde. Die Ergebnisse der Untersuchung zur Reduktion verschiedener Keime sind in Abb. 14 dargestellt, zum Vergleich sind die Werte bei Rückspülung mitaufgeführt.

Volumenstrom abhängig von der gefilterten Trinkwassermenge

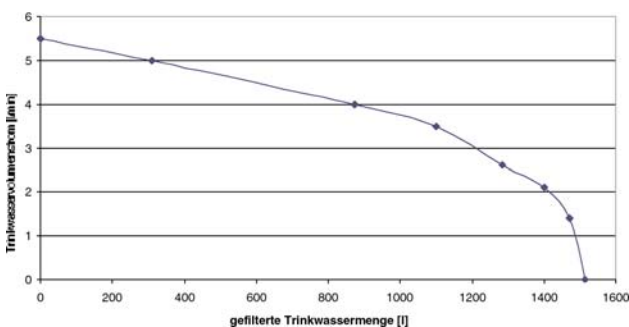


Abb. 13: Trinkwasservolumenstrom abhängig von der gefilterten Trinkwassermenge

Langzeittest Klärwerk Riegel – Auswirkung der Filterlagerung

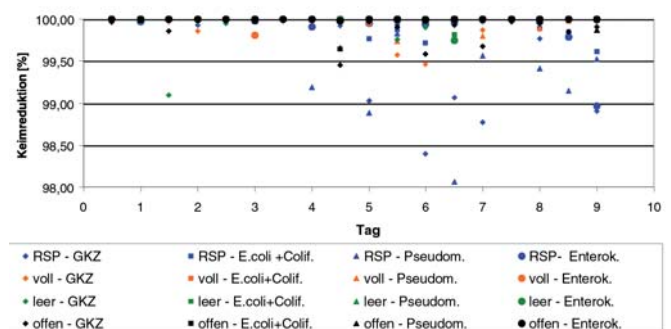


Abb. 14: Auswirkung verschiedener Arten der Filterlagerung auf die Keimreduktion

4. Systemtests



Abb. 15: Systemtests

Parallel zu den Arbeiten zur Reinigungsleistung wurden zahlreiche Untersuchungen am vorhandenen immer wieder dem aktuellen Stand angepassten Gesamtsystem durchgeführt. Es wurden unterschiedliche Pumpentypen mit verschiedenen Steuerungs- und Stromversorgungskonzepten (Gleichstrom, Wechselstrom) getestet. Dabei wurde besonderer Wert auf geringen Energiebedarf und hohe Zuverlässigkeit gelegt.

In die engere Auswahl kamen eine Pumpe, die wahlweise mit Gleichstrom (30V – 60V) oder mit Wechselstrom (230V, 50Hz) betrieben werden kann (**Pumpe A**) und eine Gleichstrompumpe mit etwas geringerer Förderleistung, die im Bereich von 24V – 48V arbeiten kann (**Pumpe B**). Da durch die Zahl der Batterien und Module (jeweils 2) die Systemspannung je nach Verschaltung auf 12V (Parallelschaltung) oder 24V (Reihenschaltung) festgelegt war, konnte Pumpe A nicht direkt in das Gleichstromsystem integriert werden. Es wurde daher eine Laderegler-Wechselrichtereinheit eingesetzt, um die Pumpe im Wechselstrom-

modus betreiben zu können. Sowohl Be- als auch Entladung der Batterien werden hier über die Laderegler-Wechselrichtereinheit gesteuert. Pumpe B wird über einen Controller gesteuert, der direkt an das 24 V System angeschlossen ist. Die Beladung der Batterien geschieht über einen Laderegler, die Entladung wird vom Pumpencontroller überwacht.

Bei beiden Pumpensystemen verhindert ein Sensor den Trockenlauf der Pumpe. Durch die Ausstattung mit einem Druckschalter muss der Benutzer lediglich die Wasserhähne betätigen, die Pumpe wird automatisch abhängig vom Systemdruck ein- und ausgeschaltet. Wenn bei Wasserentnahme der Druck im System unter den eingestellten Grenzwert fällt, startet die Pumpe. Sobald der Maximaldruck erreicht ist, schaltet sie wieder aus.

Pumpentyp A hat eine Förderleistung von ca. 10l/min, mehr als bei ganz geöffnetem Trinkwasserhahn abfließt. Dies führt, sobald die Pumpe einschaltet, zu einem schnellen Druckanstieg im System und die Pumpe schaltet schon nach kur-

zem Betrieb wieder aus. Dieses Takten führt zu einem hohen Energieverbrauch, da die Anlaufleistung der Pumpe deutlich über der Nennleistung liegt. Durch den Einbau eines Druckausgleichsbehälters auf der Rohwasserseite wurde das Volumen vergrößert, wodurch die Taktfrequenz und somit auch der Energieverbrauch reduziert werden konnte. Bei größeren Wasserentnahmemengen konnte jedoch das mehrfache Ausschalten und Neustarten der Pumpe nicht verhindert werden.

Pumpentyp B hat eine geringere Förderleistung. Bei Brauchwasser wird daher für die gleiche Wassermenge ca. die doppelte Zeit benötigt. Dadurch geschieht aber auch der Druckaufbau langsamer und das Takten der Pumpe wird vermieden. Es kann sogar auf den Druckausgleichsbehälter verzichtet werden.

Die Pumpen wurden sowohl im ununterbrochenen Dauerbetrieb getestet, als auch in Langzeittests, bei denen drei mal täglich nach bestimmten Zyklen Trink-

4. Systemtests

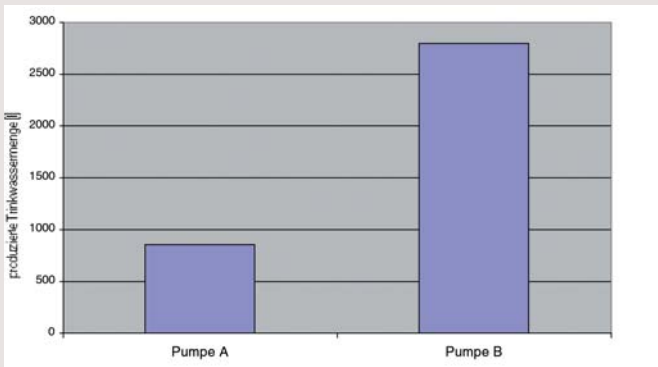


Abb. 16: mit einer Batterieladung produzierte Trinkwassermenge

und Brauchwasser entnommen wurde. Dabei wurden Volumenströme und Energieverbrauch, sowie das Schaltverhalten der Pumpen beobachtet. Auch wurden durch gelegentliches Abschalten des gesamten Systems und Abklemmen der Batterien Transportsituationen simuliert, da es in der Vorphase verschiedentlich zu Problemen bei der Inbetriebnahme gekommen war. Während der Testphase gab es seitens der Pumpenhersteller Änderungen bei Sensoren und Steuerung. Diese kamen auch dem WATERpps zugute.

Vergleichstest zum Energieverbrauch im Dauerbetrieb

Zum Vergleich des Energiebedarfs der beiden Pumpensysteme wurde ermittelt, wie viel Brauchwasser mit einer Batterieladung gefördert werden kann. Dazu wurden zunächst die Batterien voll geladen und dann die Module zugeklappt, so dass keine Energie mehr gewonnen werden konnte. Die Brauchwasserhähne wurden geöffnet und Wasser entnommen bis die Batteriespannung so weit gesunken war, dass die Pumpe automatisch abschaltete. Die Wassermenge wurde über eine Wasseruhr erfasst. Bei Pumpentyp A erfolgte die endgültige Abschaltung bei 855l, mit Pumpentyp B wurden mit einer Batterieladung 2791l gefördert. Der erhebliche Unterschied

lässt sich, wie bereits erwähnt, mit der größeren Pumpenleistung von Typ A und dem daraus resultierenden raschen Druckaufbau und schnellen Takten der Pumpe erklären, was durch die häufigen Anfahrvorgänge einen hohen Energieverbrauch mit sich bringt. Bei Pumpe B findet der energieaufwändige Anfahrvorgang nur einmal zu Beginn statt, dann läuft sie den Rest der Zeit im Nennbetrieb. Im realen Betrieb würde der Unterschied deutlich geringer ausfallen, da jeweils nur sehr viel kleinere Wassermengen entnommen werden und für jede Entnahme ein Anfahrvorgang erforderlich ist, der bei Pumpentyp B zusätzlich anfallen würde, während bei Pumpe A hier kein Unterschied zum Dauerbetrieb auftritt.

4. Systemtests

Pumpe A, 1-fach-Filter

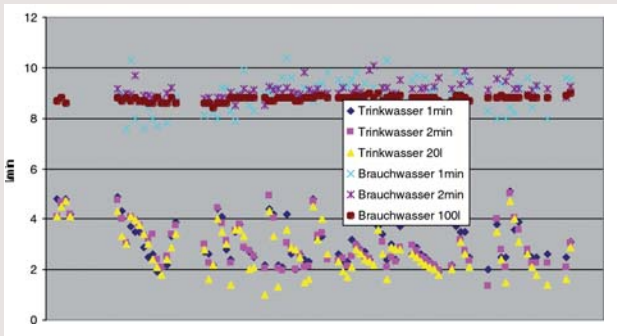


Abb. 17: Zyklentest Pumpe A

Pumpe B, 1-fach-Filter

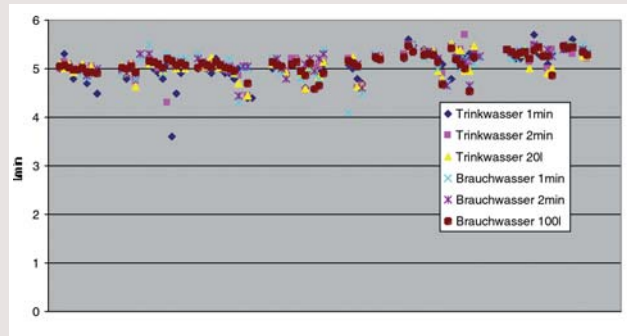


Abb. 18: Zyklentest Pumpe B

Langzeitzyklentests

Mit beiden Pumpentypen wurden Langzeitzyklentests durchgeführt, bei denen jeweils über mehrere Wochen drei mal täglich nach einem festgelegten Schema Trink- und Brauchwasser entnommen wurde:

Trinkwasserentnahme:

- 1 min, Menge gemessen
- 2 min, Menge gemessen
- 20 l, Zeit gemessen

Brauchwasserentnahme:

- 1 min, Menge gemessen
- 2 min, Menge gemessen
- 100 l, Zeit gemessen

Da beim Öffnen des Hahnes durch den im System vorhandenen Druck der Volumenstrom etwas größer ist, wurden jeweils unterschiedliche Mengen entnommen, um diesen Einfluss berücksichtigen zu können.

Im Rahmen dieser Tests wurden in unregelmäßigen Abständen die Systeme komplett abgeschaltet und auch die Batterien vom System getrennt, was im späteren Betrieb z.B. beim Transport vorkommen wird. So sollten die Auswirkungen von Außer- und wieder Inbetriebnahme untersucht werden.

Bei diesen Testreihen fiel auf, dass Pumpe A bei Brauchwasser stets einen Volumenstrom von ca. 9l/min aufwies, wohingegen der Volumenstrom des Trinkwassers stark schwankte zwischen ca. 2 und 5 l/min (Abb. 17). Bei Pumpe B bewegten sich sowohl Trink- als auch Brauchwasservolumenstrom relativ konstant um die 5l/min (Abb. 18).

Das Nachladen der Batterien funktionierte bei beiden Systemen bei entsprechender Einstrahlung problemlos. Diesbezüglich waren keine nennenswerten Unterschiede zu beobachten.

4. Systemtests

Pumpe B, 6-fach-Filter

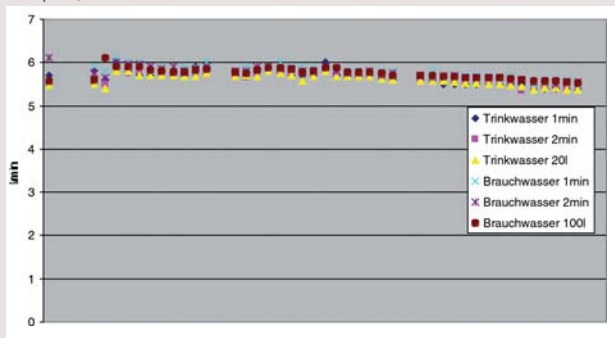


Abb. 19: Zyklentest Pumpe B mit 6-fach Filter

Pumpe A lief meist sehr zuverlässig. Bei der Inbetriebnahme kam es allerdings gelegentlich zu Problemen, die in der Regel durch einfache Kalibrierung der Laderegler-Wechselrichtereinheit behoben werden konnten.

Während der ersten Versuchsreihen mit Pumpentyp B trat wiederholt das Problem auf, dass bei schnellem Druckabfall im System die Pumpe bei Unterschreiten des Grenzwertes nicht automatisch wieder einschaltete. Sie konnte dann nur durch Aus- und wieder Einschalten des Systems neu gestartet werden. Durch Verbesserungen an der Steuerungselektronik seitens des Herstellers konnte dieses Problem aber beseitigt werden. Seither läuft das System zuverlässig ohne Störungen.

Schließlich wurde für die Serie Pumpentyp B ausgewählt, weil er sich durch große Zuverlässigkeit und einen geringen Energieverbrauch auszeichnet, der einen Betrieb über zwei einstrahlungsarme Tage hinweg ermöglicht. Diese Pumpe hat zwar eine etwas geringere Förderleistung von ca. 5l/min, was aber nur bei der Brauchwasserförderung zum Tragen kommt. Außerdem kann dadurch auf einen Druckausgleichsbehälter verzichtet werden.

Mit dieser Pumpe und 6-fach-Filter wurden weitere Zyklentests durchgeführt, die ein sehr gleichmäßiges Pumpenverhalten ergaben, wie es in Abb. 19 dargestellt ist.

4. Systemtests

Schaltschrankeinteilung

Im Rahmen der Unterbringung des größeren Filtergehäuses für mehrere parallele Filter im Schaltschrank wurde ein neues Konzept zur Anordnung und räumlichen Trennung der elektrischen und der wasserführenden Komponenten umgesetzt.

Die obere und untere Hälfte sind durch einen Zwischenboden getrennt. In der oberen Hälfte sind Laderegler, Batterien und Pumpensteuerung angebracht. Dieser Teil kann durch eine Blechabdeckung mit Vorhängeschloss vor unbefugtem Zugriff gesichert werden. In der unteren Hälfte befinden sich der Druckschalter für die Pumpe, ein Sicherheitsventil, welches automatisch öffnet, wenn der vorgesehene Systemdruck überschritten wird und das Filtergehäuse mit fünf parallelen Filtern. Dieser Teil ist dem Benutzer frei zugänglich.

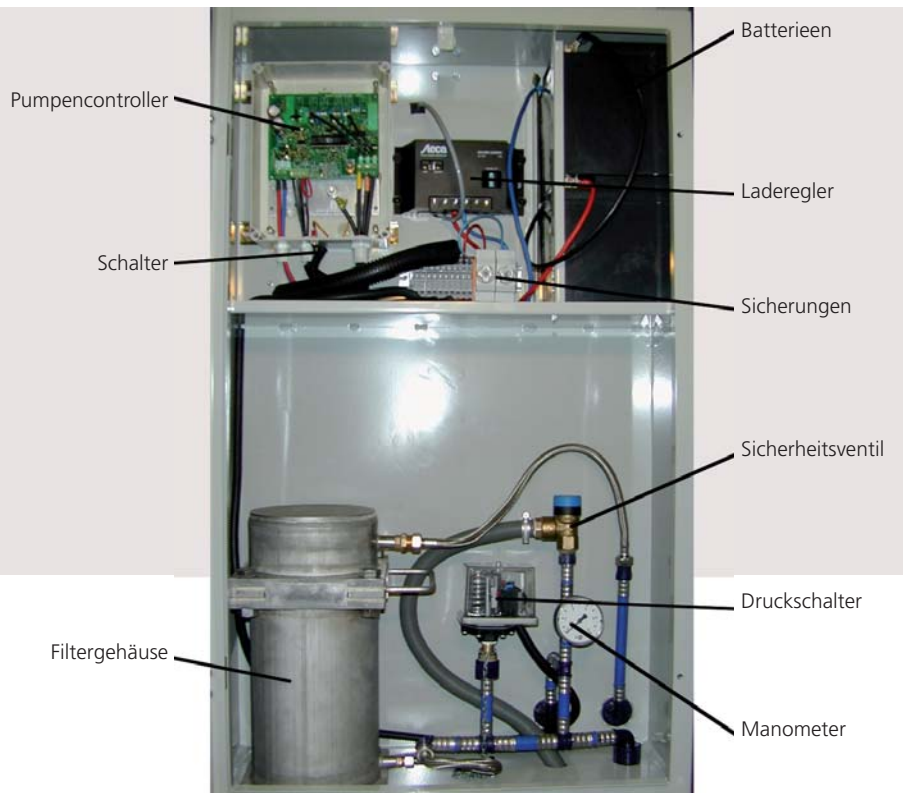


Abb. 20: Blick in den Schaltschrank

5. Einsatzgebiete und Praxistests



Abb. 21: Das WATERpps im Einsatzgebiet

Für das WATERpps sind grundsätzlich drei Einsatzgebiete denkbar:

1. Katastropheneinsatz

Hilfsorganisationen wie THW oder Rotes Kreuz setzten das WATERpps in Katastrophengebieten zur Überbrückung von Trinkwasserversorgungsproblemen ein.

2. Permanente Trinkwasserversorgung - Betreiber Dorfgemeinschaft

Das WATERpps wird von den Gemeinden eigenständig und dauerhaft betrieben.

3. Permanente Trinkwasserversorgung - Betreiber Kommerzielle Firma

Die WATERpps werden von einer kommerziellen Firma betrieben und gewartet, die sich wiederum über den Verkauf des Trinkwasser finanzieren.

Da sich der Katastropheneinsatz nicht als Testeinsatzgebiet eignet, ist die Solarfabrik auf die Suche nach Partnern und Einsatzgebieten für Langzeittests im Permanentbetrieb gegangen.

Schon 2005 gab es Kontakt zum Bundesamt für Umwelt das auch großes Interesse an dem WATERpps zeigte. Ein Projekt mit drei Geräten kam jedoch durch Haushaltsengpässe erst Ende 2006 zustande. Die in Indien tätige Organisation AFPRO (Action for Food Production) hat sich bereit erklärt drei WATERpps in unterschiedliche ländliche Regionen zu platzieren und über örtliche NGO's betreuen zu lassen. AFPRO hat für das Projekt hervorragende Arbeit geleistet.

Die Geräte wurden in kleinere ländliche Ortschaften zu Einsatz gebracht, die von der Bevölkerungsstärke zur Dimension des WATERpps passen und Versorgungsprobleme mit Trinkwasser haben. Näheres hierzu auch im Anhang 1.

5. Einsatzgebiete und Praxistests

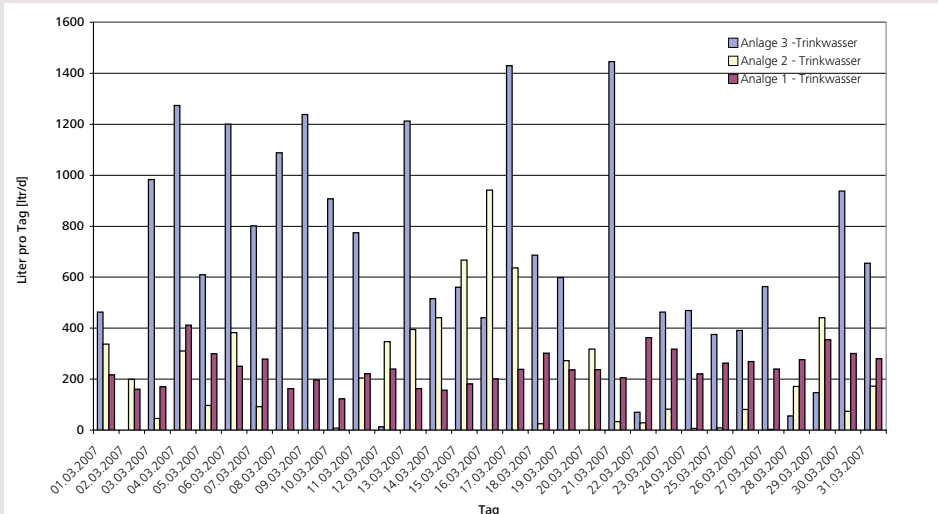


Abb. 22: Messdaten der Trinkwasserförderung in den WATERpps Testanlagen in Indien (März 2007)

Im Betrieb wurden folgende Daten der drei Geräte erfasst:

■ täglich:

Zählerstand Trinkwasser,
Zählerstand Brauchwasser.

■ wenn durchgeführt:

Filterreinigung und Filterersatz mit Angabe der Durchflussmengen vor und nach Reinigung/Ersatz.

Monatlich wurden uns die Daten per Mail übermittelt. Zwei Reports mit umfangreichen weiteren Informationen zum Betrieb der Geräte haben uns ebenfalls pünktlich erreicht.

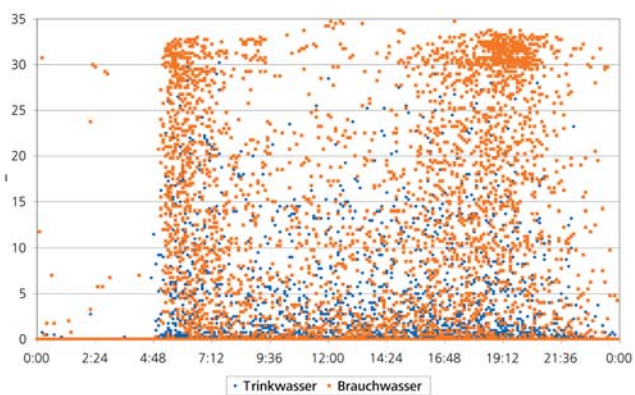


Abb. 23: Tagesmesswerte Trink- und Brauchwasserverbrauch der Testanlagen in Laos. Deutlich zu erkennen sind die Schwerpunktezeiten der Wasserentnahme.

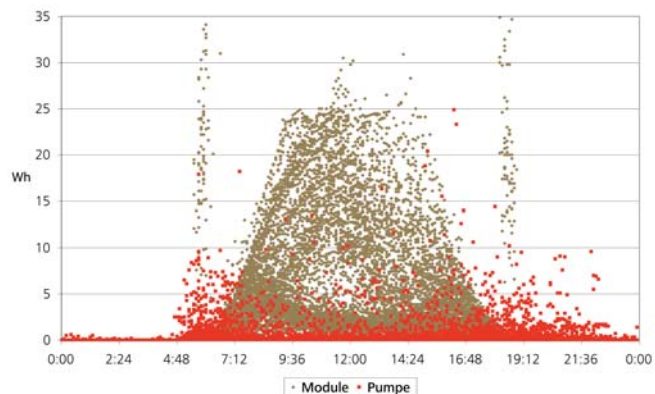


Abb. 24: Tagesmesswerte Modul- und Pumpenleistung der Testanlagen in Laos.

5. Einsatzgebiete und Praxistests



Abb. 25: Die Bevölkerung zeigt großes Interesse an dem Projekt

Ein wichtiger Bestandteil für das Projekt in Indien war die persönliche Einführung in die Funktion der Geräte, vor Ort durch Herrn Ansgar Rau. Er wurde in den Bestimmungsorten sehr begeistert begrüßt. Das Projekt hat großes Interesse und viel Erwartungen geweckt.

Im Anhang 1 ist der Halbjahres Report von AFPRO beigefügt.

Parallel ergab sich ein Kontakt zu einer Firma in Laos die von dem Deutschen Andreas Schröter gegründet wurde. Sunlabob (www.sunlabob.com) ist ein vielfach ausgezeichnetes Unternehmen

das sich im Bereich der ländlichen Elektrifizierung mittels regenerativen Energien nicht nur im asiatischen Raum einen guten Namen geschaffen hat. Herr Schröter vertreibt über ein Rental-System das Produkt „Strom“ oder „Licht“ an die Bevölkerung. Die notwendigen Geräte wie Solargeneratoren, Solarlampen, Batterien und weiteres bleiben in seinem Besitz. Damit ist die Wartung und Instandhaltung über das Landesweite Franchiser-Netz gewährleistet.

Das gleiche Prinzip konnte sich Herr Schröter für die Versorgung von Trinkwasser vorstellen. Die Geräte bleiben im

Besitz einer Firma und das Wasser wird verkauft. „Die Vorstellung dieser drei Geräte erzeugt gigantisches Interesse. Die Marktchancen schätzte ich als sehr gross ein. Allerdings nur in Zusammenhang mit einem operativen set up.“ So schrieb uns Herr Schröter wenige Tage nach Einführung der Geräte an den Bestimmungsorten.

Das Monitoring der Geräte wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISE zusammengestellt. Die Veröffentlichung aus dem Fraunhofer ISE Jahresbericht 2006 ist als Anhang 2 angefügt.

Abb. 26: Mit dem Projekt werden in der Bevölkerung große Hoffnungen verbunden.



5. Einsatzgebiete und Praxistests



Abb. 27: Ein wichtiger Faktor für den Erfolg ist die Betreuung vor Ort.

Nach einem halben Jahr Praxisbetrieb können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Die Funktion der Systeme ist bei regelmäßiger Wartung sehr zuverlässig.
 - Es wurden Tagesleistungen von über 1000 Liter Trinkwasser erreicht.
 - Die elektrische Versorgung durch Batterie und Solarmodule muss an die möglichen, höheren Leistungen angepasst sein, um Engpässe in der Versorgung zu vermeiden.
 - Der Aufbau der Systeme kann für Stationäre Systeme einfacher aufgebaut sein. Insbesondere muss hierbei auf Kostenoptimierung Wert gelegt werden. Die Erweiterungsfähigkeit des Systems ist ebenfalls ein zentraler Punkt für ein Re-Design.
 - Die Bevölkerung nimmt das System gut an und erkennt auch den Nutzen.
- Am erfreulichsten empfinden wir die Nachricht, dass in allen drei Indischen Ortschaften die Fälle von Krankheiten, die auf unsauberes Trinkwasser zurückzuführen waren, in einem deutlichen Maß zurückgegangen sind.
 - Ideal als Wasserquelle sind Brunnen. Oberflächengewässer sind in der Regel durch „Groschmutz“ so verunreinigt, dass sich die feinen Keramikfilter zu schnell zusetzen. Damit bestätigen sich die Erkenntnisse, die sich schon in den Tests in Freiburg gezeigt hatten. Bei diesen Einsatzgebieten sind Vorfilter notwendig. Das Hauptproblem bei den Anlagen in Laos sind die verstopfenden Filter. „die müssen alle ein bis zwei Wochen gereinigt werden was bei dieser klebrigen Schlacke einigermaßen aufwendig ist. Aber das Problem haben natürlich alle Filtersysteme. Aber abgesehen davon arbeiten alle Systeme zuverlässig.“ Hat uns David Appel, Researcher Water Purification Technologies des Lao Institute for renewable Energy (LIRE) Anfang März 2008 geschrieben.

Das WATERpps in der beschriebenen Ausführung hat sich im Einsatz bewährt. Anpassungen und Weiterentwicklungen müssen nun mit den gemachten Erfahrungen durchgeführt werden:

- kostenoptimiertes Design
- Anpassung der Ausführung an die Marktbedingungen
- Es wurde auch die Frage gestellt: ob als Speicher nicht eher ein Wasserspeicher eingesetzt werden kann statt der wartungsaufwendigen und teuren Batterien.

6. Zusammenfassung und Ausblick



Zur Verbesserung der Filtrationseigenschaften und Verlängerung der Intervalle zwischen den manuellen Abreinigungen wurden zunächst Versuche mit Rückspülung und Sandvorfilter durchgeführt. Die positiven Ergebnisse der Labortests konnten in den Feldversuchen nicht in zufriedenstellendem Maße bestätigt werden. Daher wurde ein Konzept mit mehreren parallelen Filtern entwickelt, mit welchem die geforderten 1400l Trinkwasser (200l/d, Filterreinigung 1x/Woche) auch bei sehr schmutzigem Wasser ohne Filterverblockung (Durchfluss < 1l/min) erreicht wurden. Ein Pumpentyp wurde ausgewählt, der sich durch große Zuverlässigkeit und geringen Energiebedarf auszeichnet.

Im Rahmen dieses Förderprojekts konnten also die bestehenden Probleme gelöst werden. Die gesetzten Ziele bezüglich Fördermengen, Filtrationsleistung, Energieverbrauch und Systemzuverlässigkeit wurden erreicht. Das technische Konzept steht.

Am nächsten Schritt, dieses in ein serienfähiges und kostengünstiges Produkt umzusetzen wird gerade gearbeitet. Es werden mehrere Geräte aufgebaut, wobei soweit möglich auf Standardkomponenten zurückgegriffen wird. Bei den notwendigen Sonderanfertigungen wurde auf einfache Konstruktion unter Verwendung von Normteilen geachtet. Diese Geräte sollen in einem weiteren, derzeit in der Planung befindlichen Projekt unter realen Bedingungen die Praxistauglichkeit der in Labor und ausgiebigen Feldtests bewährten Technik bestätigen bzw. eventuell noch bestehende Schwachstellen auffinden helfen, um sie beheben zu können.

Die ersten dieser Geräte sind inzwischen gebaut und von der Solar-Fabrik getestet worden. Weder bei der Inbetriebnahme noch beim anschließenden Testbetrieb traten bisher Probleme auf. Im Dauerbetrieb an einem schönen Sonnentag konnten pro Gerät in 8h zwischen 2400l und 2800l Trinkwasser produziert werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick



Sowohl diese guten Ergebnisse wie auch die Grenzen und Schwachstellen der Labor- und Feldtests haben sich im täglichen Einsatz in Indien und Laos bestätigt. Der Mehrfachfilter hat sich im Einsatz sehr bewährt. Bei Wasserquellen mit hohem Schwebstoffanteil, z.B. Oberflächenwasser, werden zufriedenstellende Reinigungsintervallzeiten nur mit Vorfiltern zu erreichen sein.

Zwei Varianten der Vermarktungskonzepte konnten mit den Tests in Indien und Laos in Ansätzen getestet werden. Als sehr vielversprechend hat sich das Konzept von Sunlabob gezeigt. Der kommerzielle Betreiber der Geräte finanziert sich durch den Verkauf des Trinkwassers. Die Problematik besteht hier noch in der Akzeptanz der Bevölkerung, für Trinkwasser zu bezahlen. Derzeit wird ein Betrag von einem Eurocent pro Liter Trinkwasser diskutiert. Das WATERpps System muss jedoch kostenoptimiert werden, damit für Betreiber eine Rendite erreicht werden kann.

Neue Strategien, die sich aus den Ergebnissen der Tests aus Indien und Laos ergeben, müssen nun in der Folge ausgearbeitet werden.

Wir möchten uns an dieser Stelle bei unseren Projekt Partnern im Fraunhofer ISE, AFPRO Indien und Sunlabob Laos für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Wir danken der Badenova AG & Co. KG für die Förderung dieses Projekts im Rahmen des Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz, die uns diese entscheidenden Fortschritte bei der Entwicklung des WATERpps ermöglicht hat.

8. Kontakt



Solar-Fabrik AG
Munzinger Str. 10
D-79111 Freiburg
Postfach 600204
D-79032 Freiburg
Tel. 0761 / 4000 - 0
Fax 0761 / 4000 - 199
E-Mail info@solar-fabrik.de
Internet www.solar-fabrik.de

