



Bewilligungsempfänger:

MARTIN Membrane Systems AG
Friedrichstr. 95
10117 Berlin

**„Verbesserung der Umwelt- und Lebensbedingungen der Bevölkerung
in ländlichen Küstengemeinden Südindiens durch Modifikation des
Wasserrucksacks PAUL zur Trinkwasserversorgung gemeinsam mit
der Organisation terre des hommes “**

Abschlussbericht zum 30.09.2016

- gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) -
AZ 33413/01-23

Verfasser:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.-B. Frechen, A. Brandl, Dipl.-Ing. M. Grigo

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Ziel des Projektes	2
2	Beschreibung der "PAUL Station" zur Dauerwasserversorgung	3
3	 Projektdurchführung vor Ort	5
3.1	Arbeitsablauf.....	5
3.2	Besuchte Probenahmeorte und Ergebnisse der Wasseranalysen.....	5
3.3	Ausgewählte Orte und Installation	9
3.3.1	Übersicht	9
3.3.2	St. Jude School in Pallam Village	10
3.3.3	Enayam Puthenthurai, Fischerdorf	12
3.3.4	Keela Muttom, Fischerdorf	14
4	 Lessons learned.....	17
4.1	Generell	17
4.2	Solare Stromversorgung.....	17
4.3	Kostenaspekte.....	18
4.4	Nachhaltigkeit und generelle Schlussfolgerung	20
5	 Abschließende Anmerkungen	21
Anlage A	 Liste der untersuchten Standorte	22
Anlage B	 Messergebnisse	26
Anlage C	 Readings St. Jude School, Pallam Village	28
Anlage D	 Dokumentation, gefertigt durch Care T	30
Anlage E	 Dokumentation zur Installation einer PAUL Station.....	38

Verzeichnis der Bilder

Bild 1:	PAUL	1
Bild 2:	Schema und Details einer PAUL Station	3
Bild 3:	Kovalam Village	6
Bild 4:	Brunnen bei Kovalam Village.....	6
Bild 5:	Kadiapattinam Village	7
Bild 6:	Mela Muttom – ein mit Mitteln des BMZ durch tdh und CARE T. restaurierter Brunnen.....	7
Bild 7:	Probenuntersuchung abends.....	8
Bild 8:	Probenuntersuchung abends – Auszählen der Hygieneprobe.....	8
Bild 9:	Lage der installierten PAUL Station	10
Bild 10:	St. Jude School – Reinwassertank	10
Bild 11:	St. Jude School – Reinwassertank	11
Bild 12:	Enayam Puthenthurai – Brunnen.....	12
Bild 13:	Enayam Puthenthurai – Erstes Ausprobieren mit PAUL am 19.03.2016.....	13
Bild 14:	Enayam Puthenthurai – Stand der Bauarbeiten am 21.03.2016.....	13
Bild 15:	Enayam Puthenthurai – Stand der Bauarbeiten am 23.03.2016.....	14
Bild 16:	Keela Muttom –Brunnen	15
Bild 17:	Keela Muttom – Blick in den Brunnen.....	15
Bild 18:	Keela Muttom – Stand der Arbeiten am 22.03.2016.....	16
Bild 19:	Keela Muttom – fertige Station in Betrieb	16
Bild 20:	Praktische Leistungsfähigkeit von PAUL – aus DBU-Projekt Az 23860/04.....	19

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Im Zuge des von der DBU geförderten Vorhabens "Erprobung und Optimierung eines einfachen Membranfiltrationsgerätes zur Aufbereitung von trinkbarem Wasser aus Oberflächengewässern für kleine Personengruppen in Notsituationen ohne Fremdenergie" (Vorhaben 23860/01 bis /04) wurde das mittlerweile unter dem Namen "PAUL" bekannt gewordene Aufbereitungsgerät entwickelt. PAUL ist infolge des Umstandes, dass er als Rucksack getragen werden kann, als "Wasserrucksack PAUL" bekannt geworden. Er ist inzwischen, beginnend im September 2010, in über 2.700 Exemplaren weltweit in über 70 Ländern von Hilfsorganisationen, NGO's etc. in den Einsatz gebracht worden.

Der Wasserrucksack PAUL, siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, zeichnet sich insbesondere durch folgende Eigenschaften aus:

- ➔ Kein Energiebedarf (Schwerkraft-Filtration)
- ➔ Kein Chemikalienbedarf (Membran mit 40 nm nomineller Porenweite)
- ➔ Einfachste Handhabung
- ➔ Auch für Analphabeten bedienbar dank 6 Piktogrammen
- ➔ Äußerst robust
- ➔ Über Jahre einsetzbar dank der im Zuge des Projektes entwickelten "Ultra Low Pressure Ultrafiltration" (ULP-UF-Betriebsweise) – ca. 10 Jahre ohne Membranwechsel

Nachdem PAUL zunächst – entsprechend dem ursprünglich auch beabsichtigten Einsatzzweck "Nothilfe" – bei Notsituationen in den Einsatz gebracht worden ist, wurde zunehmend deutlicher, dass er auch hervorragend zur dezentralen Dauer-versorgung geeignet ist.



Bild 1: PAUL

Dies begründet sich in seiner langen Lebensdauer, während derer er ohne weitere Nachlieferungen, Ersatzteile etc. bei einfachster Bedienung und Wartung seinen Dienst verrichtet. Dies wurde auch deshalb deutlich, weil die NGO's, die PAUL in den Notfalleinsatz gebracht haben, alle Exemplare auch nach Ende der Notsituation vor Ort belassen hatten.

Daher hatte die DBU konsequenterweise das Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW) der Universität Kassel im Zuge des Projektes Az 23860/04 gebeten, einige der bereits im Dauereinsatz befindlichen Exemplare aufzusuchen und auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu prüfen, siehe den entsprechenden Abschlussbericht, der bei der DBU vorliegt

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

(https://www.dbu.de/projekt_23860/04_db_2409.html). Anlässlich dieser Besuche vor Ort wurden einige Einheiten untersucht, so z.B. in Pakistan, Indonesien, Kolumbien, Peru und Myanmar. Die Ergebnisse waren durchweg positiv, siehe den o.a. Abschlussbericht.

1.2 Ziel des Projektes

Die bisherigen Vor-Ort-Besuche erfolgten in einer Situation, in der der Wasserrucksack PAUL nach einem ersten Notfalleinsatz vor Ort verblieb und dann von den Nutzern zur Dauerversorgung weitergenutzt wurde.

Diese Nutzung ist aber wahrscheinlich eher provisorischer Natur. Insbesondere dürften in der Praxis zwei Dinge eher Probleme bereiten:

- ➔ Die Befüllung mit Eimern ist zwar im Notfall zweckmäßig, im langjährigen Dauerbetrieb aber nicht praktikabel
- ➔ Damit verbunden ist es nicht sinnvoll, das Wasser direkt aus PAUL zu entnehmen, da der Nutzer so an die Filtrationsgeschwindigkeit gebunden ist:
 - Zum einen wird dadurch eine Wartezeit bei der Wasserentnahme erzeugt
 - Zum zweiten werden z.B. die Nachtstunden nicht genutzt

Um diese Nachteile zu vermeiden, muss PAUL um einige Komponenten erweitert werden, so dass eine modifizierte Gesamtanlage entsteht, die nachfolgend auch als "PAUL Station" bezeichnet wird. Diese konzeptionellen Vorarbeiten wurden bereits vom Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft in Vorleistung zu diesem Projekt erbracht.

Ziel und Gegenstand dieses Projektes war es nun, in **drei Demonstrationsanlagen**, die gemeinsam mit terre des hommes und den mit terre des hommes zusammenarbeitenden lokalen NGO zu erstellen waren, zu zeigen, wie PAUL gezielt zur zukünftigen Dauerversorgung der Bevölkerung eingesetzt werden kann. Als Projektgebiet wurde Tamil Nadu in Südindien ausgewählt.

2 Beschreibung der "PAUL Station" zur Dauerwasserversorgung

Zur **Entkopplung** des kontinuierlichen, aber langsam verlaufenden **Filterprozesses** von der üblicherweise stoßweise erfolgenden **Wasserentnahme**, die möglichst schnell verlaufen soll, sind neben PAUL weitere Dinge notwendig, die **einen komplett unbeaufsichtigten Betrieb des Gesamtsystems ermöglichen**.

Aus der vorhandenen Wasserquelle wird daher das Rohwasser in einen lokal bereitzustellenden Rohwassertank (**RWT**) gebracht, üblicherweise mit elektrischer Pumpe, netz- oder solargespeist je nach lokalen Verhältnissen. Von dort fließt das Rohwasser über einen Schlauch mit Vorsieb in PAUL. Ein Filtered Water Tank (**FWT**) ist PAUL nachgeschaltet und dient zum Mengenausgleich. Das Gesamtsystem einer zur Dauerversorgung geeigneten Anlage ist in Bild 2 skizziert.

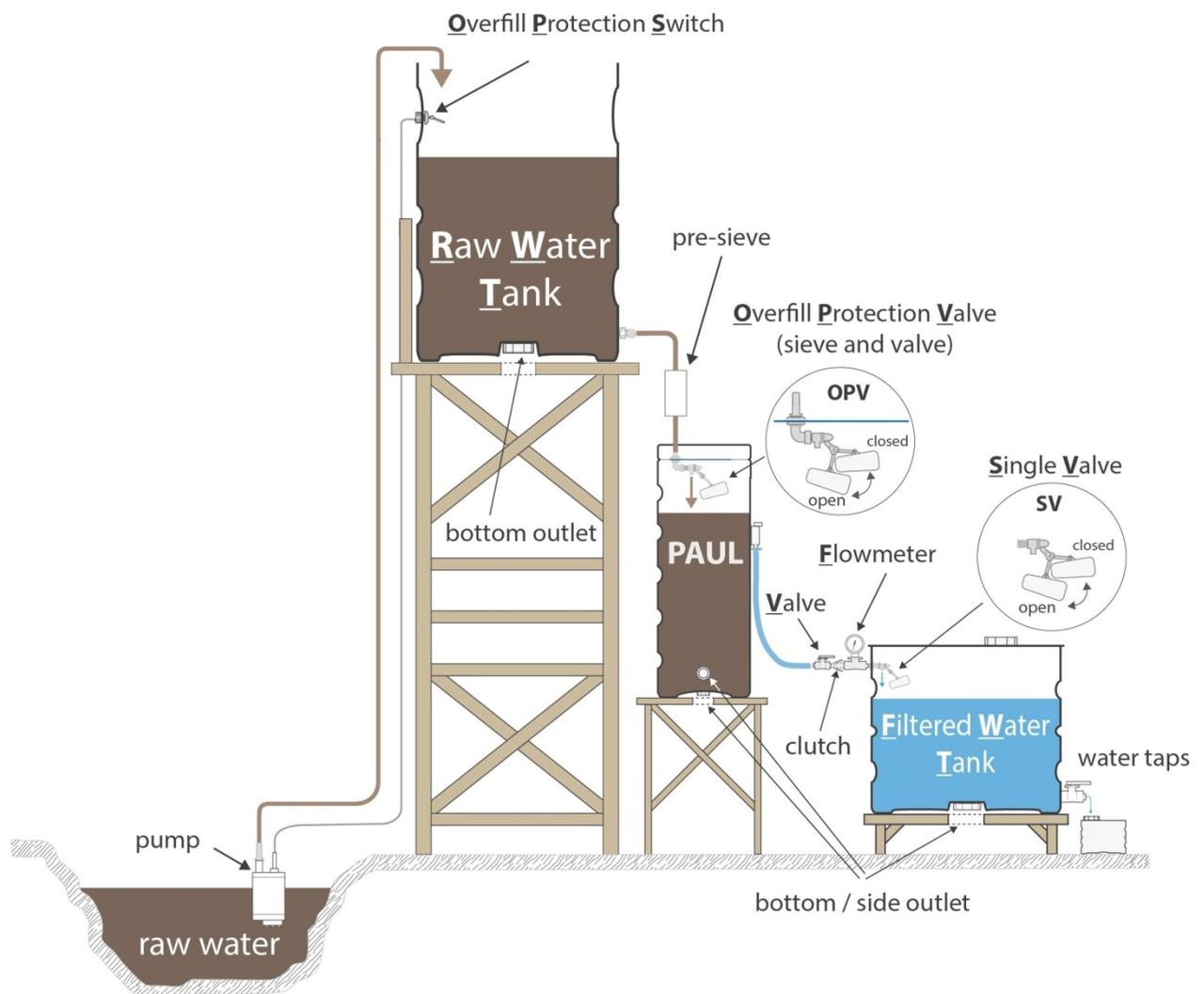


Bild 2: Schema und Details einer PAUL Station

"Verbesserung Lebensbedingungen Südinien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Neben den lokal bereitzustellenden beiden Tanks und einem lokal zu erstellenden Gestell für die Tanks und PAUL sind nur sehr geringfügige Modifikationen erforderlich, so dass dem obersten Prinzip **äußerster mechanischer Einfachheit und Robustheit** Rechnung getragen wird.

Zum einen wird PAUL mit einem Schwimmerventil, dem sog. „overfilling prevention valve“ (**OPV**), versehen, welches verhindert, dass PAUL aus dem lokal bereitzustellenden Rohwassertank (**RWT**) überfüllt wird. Schwimmergesteuert schließt ein in die Siebplatte fest montiertes Ventil, sobald PAUL mit Wasser gefüllt ist. Entleert sich PAUL in Zuge des Filtrationsprozesses, so öffnet dieses OPV wieder. Somit kann bei Vorhandensein eines Rohwassertanks der Filtrationsprozess automatisch und unbeaufsichtigt erfolgen.

In den ebenfalls lokal bereitzustellenden Reinwassertank (**FWT**, filtered water tank) wird ein mit dem OPV baugleiches Schwimmerventil eingebaut, welches dafür sorgt, dass der Zulauf von PAUL in den Reinwassertank gestoppt wird, sobald dieser Tank voll ist. Wird Wasser gezapft, so öffnet das Ventil aufgrund des sinkenden Wasserstandes im Reinwassertank wieder, so dass der Filtrationsprozess automatisch wieder beginnt.

Sofern der Rohwassertank mit einer elektrischen Pumpe befüllt wird, ist auch hier eine Überfüllungssicherung in Form eines Schwimmerschalters einzubauen und für die Pumpe ggfs. Ein Trockenlaufschutz ist ggfs. vorzusehen.

Diese Gesamtkonstellation führt zu einer optimalen Leistung des Systems, da, wie oben bereits erläutert, die beiden Vorgänge „Filtration“ und „Wasserabgabe“ entkoppelt werden und mit ganz unterschiedlichen Geschwindigkeiten ablaufen können, **was essentiell für eine optimale Ausnutzung von PAUL ist.**

Hinsichtlich der Frage der lokalen Wertschöpfung ist zu betonen, dass sämtliche dargestellten Teile des Gesamtsystems mit Ausnahme von PAUL und dem OPV und einigen weiteren Kleinteilen lokal besorgt werden und daher zur **lokalen Wertschöpfung** beitragen.

Hierauf wird im Kapitel XXX "Wirtschaftlichkeit" noch eingegangen.

3 Projektdurchführung vor Ort

3.1 Arbeitsablauf

Zunächst wurden an der Universität Kassel alle für den Aufenthalt in Indien notwendigen Vorbereitungen getroffen.

Der Aufenthalt vor Ort in Tamil Nadu erstreckte sich vom 17. bis zum 23. März 2016. Teilnehmer aus Deutschland waren Herr Prof. Frechen und als Laborantin Frau A. Brandl. Sie wurden begleitet und unterstützt von Herrn Niklas Frechen, Sohn von Prof. Frechen, dessen Reise privat finanziert wurde.

Für den Aufenthalt vor Ort wurde folgender Arbeitsablauf festgelegt:

- ➔ Besuch möglicher Wasserquellen, also Brunnen, und wasseranalytische Untersuchung der Wässer auf ihre Eignung
- ➔ Zeitgleich durch Mitarbeiter der lokalen unterstützenden Hilfsorganisationen Diskussion mit der Bevölkerung zu
 - Möglichkeiten der Installation
 - Möglichkeiten zum "Betreibermodell", gipfelnd in die Gründung von Wasserkomitees
- ➔ Erstellung der Gestelle und Besorgung der Tanks durch die lokale Bevölkerung
- ➔ Inbetriebnahme

Diese sehr ambitionierte Arbeitsprogramm konnte dank der hervorragenden Zusammenarbeit mit **terre des hommes**, den lokalen unterstützenden Hilfsorganisationen

- ➔ Care T
- ➔ LIFT und
- ➔ HEAL

und mit der lokalen Bevölkerung trotz der kurzen Zeitspanne vor Ort umgesetzt werden.

3.2 Besuchte Probenahmeorte und Ergebnisse der Wasseranalysen

Es wurden durch die drei lokalen NGO Care T, LIFT und HEAL verschiedene Orte für die Installation vorausgewählt. Eine Liste aller besuchten Orte ist in der **Anlage A** beigefügt.

Nachfolgend werden einige der besuchten Probenahmeorte von Brunnen bzw. Wasserressourcen gezeigt, die zur Auswahl standen.

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 3: Kovalam Village



Bild 4: Brunnen bei Kovalam Village

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 5: Kadiapattinam Village



Bild 6: Mela Muttom – ein mit Mitteln des BMZ durch tdh und CARE T. restaurierter Brunnen

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Die gewonnenen Proben wurde abends im Hotel untersucht.



Bild 7: Probenuntersuchung abends



Bild 8: Probenuntersuchung abends – Auszählen der Hygieneproben

In **Anlage B** sind die Messergebnisse wiedergegeben. Generell war die Probenahme für die hygienischen Parameter schwierig, da die Entfernung zwischen den Probenahmeorten und dem Hotel, wo die Analysen durchgeführt werden konnten, teilweise sehr groß war, was zu einem sehr langen Probentransport unter nicht idealen Bedingungen insbesondere hinsichtlich der Temperatur führten. Daher können falsch positive Resultate nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Wie sich zeigte, sind einige der zur Verfügung stehenden Brunnen hygienisch belastet, es waren aber alle prinzipiell für eine Rohwasserversorgung zur Aufbereitung mit PAUL geeignet.

Bedingt durch die für die hygienischen Parameter notwendige lange Analysenzeit konnten nicht alle Wasserproben auch auf hygienische Parameter untersucht werden.

Es zeigte sich, dass einige Proben des Filtrats nach Inbetriebnahme mit coliformen Keimen belastet waren. Daher wurde eine Spülung mit Chlor, wie in Anhang D beschrieben, durchgeführt. Wie der Vergleich zwischen den Ergebnissen vom 19.03.2016, PAUL #2796, und vom 22.03.2016, PAUL #2796 nach Reinigung, zeigen, konnte so eine ausgezeichnete Reinwasserqualität erreicht werden.

3.3 Ausgewählte Orte und Installation

3.3.1 Übersicht

Bereits im Vorfeld hatte HEAL einen PAUL in der St. Jude School in Pallam Village installiert.

Basierend auf den vor-Ort-Besuchen und den gewonnenen Messergebnissen wurden zwei weitere Orte identifiziert, an denen die Installation erfolgte, so dass **drei Standorte** mit einer PAUL Station Demonstrationsanlage versehen wurden, siehe Bild 9:

- ➔ St. Jude School in Pallam Village
- ➔ Enayam Puthenthurai, Fischerdorf
- ➔ Keela Muttom, Fischerdorf

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 9: Lage der installierten PAUL Station

3.3.2 St. Jude School in Pallam Village

Wie bereits erwähnt, war der PAUL in der St. Jude School bereits zuvor installiert worden. Bild 10 zeigt den im 1. OG installierten PAUL, Bild 11 zeigt den Reinwassertank, der auf dem Schulhof für die Schulkinder frei zugänglich ist.



Bild 10: St. Jude School – Reinwassertank

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 11: St. Jude School – Reinwassertank

Anlässlich des Besuchs der Schule wurde eine Wasseruhr installiert, und der nachfolgende Test auf maximale Filtrationsleistung ergab eine Leistung von 6.000 L/d. Diese sehr hohe Leistung, verglichen mit dem Minimum-Nennwert von 1.200 L/d, ist auf die Saughöhe der aus PAUL in Richtung des Reinwassertanks abgehende Leitung zurückzuführen. Da PAUL im 1. OG installiert ist, ergibt sich hier ein TMP von geschätzt ca. 4 m, also etwa 0,4 bar.

Diese Betriebsweise liegt außerhalb der üblichen Spezifikationen, bei denen von 0,5 m bis 1,0 m auszugehen ist. Daher können sich u.U. negative Langzeitfolgen, i.W. verstärkte Membranverblockung, zeigen, was allerdings erst in einigen Jahren bemerkbar werden wird. Die Betreiber wurden aber vorsorglich auf diesen Umstand hingewiesen.

Gemildert wird die Lage zudem durch die sehr geringen tatsächlich verbrauchten Wassermengen. Es wurden hier wie auch an den anderen Standorten die jeweils Verantwortlichen instruiert, diese nach einem vorgegebenen Muster abzulesen. In **Anlage C** im Anhang ist beispielhaft eine Seite der Aufzeichnungen wiedergegeben.

Wie sich anhand der Aufzeichnungen herausgestellt hat, wurden in der St. Jude School nur etwa 300 L/d verbraucht. Die Betreiber wurden daher darauf hingewiesen, doch die Wassernutzung zu erhöhen, z.B. durch Ausgabe von Wasser an die Kinder zum Nachhauseweg.

Ein Grund für den bei 350 Schülern eher geringen Wasserverbrauch dürfte darin zu sehen sein, dass sich am Reinwassertank lediglich zwei Wasserhähne, und diese aus der Standard-Hausinstallation, befinden. Da der Vordruck hier, im Gegensatz zu den für solche

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Hahn-Bauarten üblichen 5 bar = 50 mWS, nur so viel beträgt, wie der Wasserstand im Frischwassertank ist, im ungünstigsten Fall nur wenige cm, ist die Wasserabgabe nicht so zügig möglich wie dies eigentlich wünschenswert wäre. Einbau **mehrerer Hähne** mit **großem Durchmesser** würde hier Abhilfe schaffen, was dem Betreiber ausführlich erläutert wurde.

Im Nachgang übermittelte Verbrauchblätter ergaben, dass mittlerweile eine Steigerung auf ca. 800 L/d erfolgt ist.

Zudem wurden die Betreiber mit der notwendigen Chlorreinigung vertraut gemacht, da das Wasser im Tank einer Wiederverkeimung unterliegt, wie die Messergebnisse gezeigt hatten. Dieses Problem ist zwar kein eigentliches Aufbereitungsproblem, da es auf der Welt Milliarden von Reinwassertanks gibt, bei denen dieses Problem bekämpft werden muss. Gleichwohl wird in der Anleitung, siehe **Anlage E**, in Kapitel 6 hierauf ausführlich eingegangen.

3.3.3 Enayam Puthenthurai, Fischerdorf

Von den untersuchten Brunnen erwies sich der Brunnen in Enayam Puthenthurai als der am stärksten belastete. Ein Blick in den Brunnen, siehe Bild 12, macht klar, warum das so ist und warum die WHO nur komplett geschlossenen Brunnen das Attribut "sicher" verleiht. Abfälle, Tierkadaver und weiteres können sich in offenen Brunnen finden.



Bild 12: Enayam Puthenthurai – Brunnen

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Bild 13 zeigt den Brunnen, der mit einem erhöhten Umgang versehen ist, und das erste Ausprobieren der Bewohner mit PAUL, woraufhin umgehend der Bau einer PAUL Station beschlossen wurde.



Bild 13: Enayam Puthenthurai – Erstes Ausprobieren mit PAUL am 19.03.2016

Bereits beim nächsten Besuch zwei Tage später waren die Bauarbeiten im vollen Gange, siehe Bild 14, und nach 4 Tagen i.W. fertig, siehe Bild 15.



Bild 14: Enayam Puthenthurai – Stand der Bauarbeiten am 21.03.2016



Bild 15: Enayam Puthenthurai – Stand der Bauarbeiten am 23.03.2016

Am 23.03.2016 wurde dem Wasserkomitee, welches sich aus der lokalen Bevölkerung gebildet hatte, eine ausführliche Einweisung gegeben, über die auch in **Anlage D** berichtet wird. Auch wurden Protokollvordrucke zur Ablesung der Wasseruhr übergeben.

Die Bevölkerung hat hier wie auch in Keela Muttom, siehe Abschnitt 3.3.4, beschlossen, eine Abrechnung in Form einer "**Wasser-Familien-Flatrate**", also monatliche Gebühr für alle Familien, die sich an der Station bedienen, vorzunehmen. Dies erscheint unter vielen Aspekten – Einfachheit der Abrechnung, weniger Aufwand als bei Mengenbezahlung, Stärkung des sozialen Zusammenhalts – die **mit Abstand beste Gebührenform** zu sein.

3.3.4 Keela Muttom, Fischerdorf

Ähnliche Verhältnisse wie in Enayam Puthenthurai wurden auch in Keela Muttom vorgefunden, wie Bild 16 und Bild 17 zeigen.

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 16: Keela Muttom –Brunnen

Auch hier gbeann die ortsansässige Bevölkerung unter kundiger Anleitung der indischen NGO's spontan mit dem Bau einer Station, siehe Bild 18. Ebenfalls bildete sich ein Wasserkomitee aus der lokalen Bevölkerung, und auch hier wurde eine ausführliche Einweisung gegeben, über die auch in **Anlage D** berichtet wird. Auch hier wurden Protokollvordrucke zur Ablesung der Wasseruhr übergeben



Bild 17: Keela Muttom – Blick in den Brunnen

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Bild 18: Keela Muttom – Stand der Arbeiten am 22.03.2016

In Keela Muttom wurde vom Wasserkomitee dasselbe "**Wasser-Familien-Flatrate**"-Modell gewählt. Die Station wurde sorgfältig fertiggebaut und entsprechend verputzt, gestrichen und mit Schlössern versehen, wie Bild 19 zeigt.



Bild 19: Keela Muttom – fertige Station in Betrieb

4 Lessons learned

4.1 Generell

Aus den Arbeiten vor Ort mit den Hilfsorganisationen und der lokalen Bevölkerung sowie aus weiteren Projekten, die später durchgeführt wurden, ergaben sich sehr wertvolle Erkenntnisse:

- ➔ Eine Einweisung in die (wenigen) notwendigen Wartungsarbeiten ist – abgesehen vom Manual (siehe **Anlage E**) sehr sinnvoll, damit die Bevölkerung die Ehrfurcht vor der Station verliert.
- ➔ **Wasserzähler** sind sehr wichtig, um einen Eindruck von der Nutzung zu erhalten, siehe dazu auch Kapitel 6 des Manuals
- ➔ Wegen des geringen Wasserdrucks im Reinwasserteil sollten **viele** und **große Zapfstellen** vorgesehen werden
- ➔ Bei Nutzung von Brunnenwasser sollte eine mindestens stichprobenhafte Untersuchung auf **Schwermetalle** erfolgen, insbesondere auf Arsen. In diesem Projekt war dies nicht möglich, aber angesichts der geologischen Lage der Brunnen verzichtbar.

4.2 Solare Stromversorgung

Die Stromversorgung durch eine **direkt** mit einem Solarpanel gekoppelte 12-V-Gleichstrompumpe wurde von indischer Seite nicht gewünscht, da eine lokale Stromversorgung gegeben war.

Dennoch wird sicher auch die Solar-Variante Bedeutung erlangen. Sie ist zudem sehr preisgünstig wegen der **direkten Kopplung Panel-Pumpe** und den Verzicht auf einen Batteriepufferung. Diese Anordnung hat diverse Vorteile:

- ➔ Es wird keinerlei (ausfallgefährdete) Elektronik benötigt
- ➔ Auf teure Batterien wird verzichtet
- ➔ Die Energiespeicherung erfolgt dadurch, dass bei Sonne deutlich mehr Wasser gepumpt als filtriert wird, so dass die Energiespeicherung durch potentielle Energie im Rohwasser-Hochbehälter erfolgt, der im Regelfall abends gefüllt ist
- ➔ Diebstahlgefährdete Bauteile werden auf ein Minimum reduziert
- ➔ Drastische Kostenersparnis

"Verbesserung Lebensbedingungen Südinien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

4.3 Kostenaspekte

Die in diesem Projekt gewonnenen Daten zur Finanzierung sind bereits in mehrere Vorträge, z.B. https://www.dropbox.com/s/q78r512b12hxg4j/T_8MTC_2017-09-06n3e.pdf?dl=0, eingeflossen.

Die dortige Zahlzusammenstellung basiert auf den Erfahrungen in diesem Projekt. Aus dem o.a. Vortrag seien daher einige Folien direkt wiedergegeben.

➔ External cost (to be paid only once)	
➔ PAUL Station Kit (includes PAUL unit and essential accessories):	1,600 € *
➔ Transportation (ship/plane?):	<u>100 €</u>
	1,700 €
➔ Local cost (build & operate 10 years)	
➔ Customs – depending upon country:	300 €
➔ Build up PAUL Station:	800 €
➤ incl. local transport, RWT, FWT, stands for RWT, FWT & PAUL, hoses and parts, construction, pump, painting, start-up, wages, instructions for usage	
➔ maintenance for 10 years	<u>600 €</u>
	1,700 €
➔ Total cost (10 years):	3,400 €
	(50% local)

Die Konsequenz daraus sei beispielhaft anhand des "**Wasser-Familien-Flatrate**"-Modells einmal durchgerechnet:

Payback time (just an example):

- ➔ 60 families, paying 2 €/mon/family
- ➔ Lifetime revenue $60 \times 2 \times 12 \times 10 = 14,400 \text{ €}$
- ➔ Lifetime profit $14,400 \text{ €} - 3,400 \text{ €} = 11,000 \text{ €}$
- ➔ **Payback time = 2.4 years**

Es zeigt sich also, dass nach **24% der Nutzungsdauer ein Gewinn** einstellt.

Welcher Wasserpreis ergibt sich damit für die in diesem Projekt betroffenen Menschen? Dies ist der folgenden Aufstellung zu entnehmen:

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Water price (under the above conditions):

- ➔ Min. lifetime production: **1,200 L/d** x 365 d x 10 a = **4,380,000 L**
- ➔ Results in a price of **0.0033 €/L**
- ➔ Currently (Sept. 2016), one 20 L water can at the Tamil Nadu coastline (India) costs 30 Rs:
1.5 Rs/Liter = **0.0200 €/L** (more than **6 times** more)

Die zweite Konsequenz ist, dass für die Benutzer der **Wasserpreis auf unter 17% sinkt**.

Allen Berechnungen liegt die nominelle Wassermenge von 1.200 L/d zugrunde. Allerdings haben Messungen im Zuge des DBU-Projektes Az 23860/04 bereits früher ergeben, dass die praktische Leistungsfähigkeit praktisch immer und zum Teil deutlich darüber liegt, wie Bild 20 zeigt.

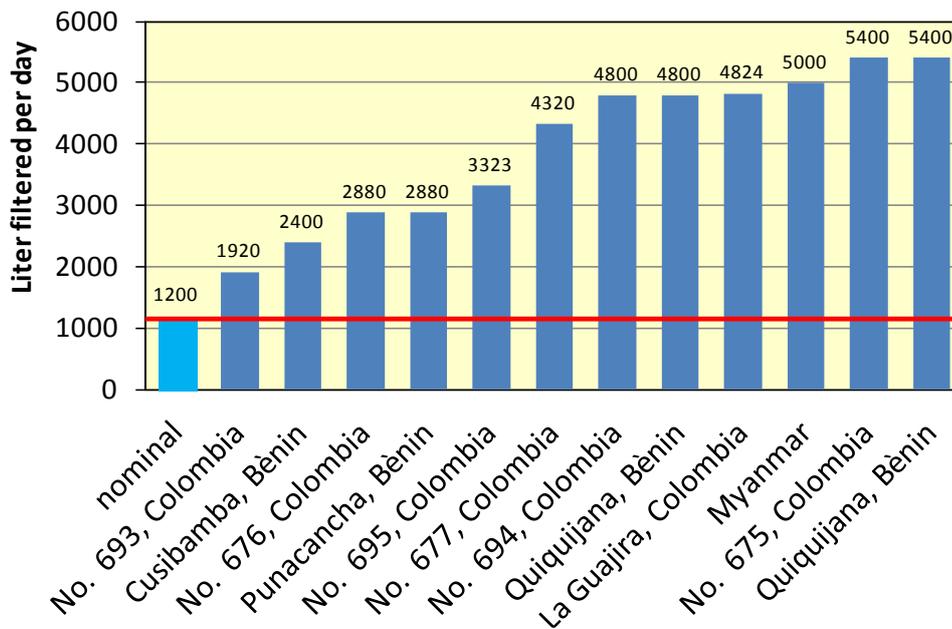


Bild 20: Praktische Leistungsfähigkeit von PAUL – aus DBU-Projekt Az 23860/04

Hinzuzufügen ist, dass im Zuge einer zweiten Vor-Ort-Besichtigung am 19.09.2016 an der PAUL-Station in Enayam Puthenthurai eine Leistung von **2.500 L/d** gemessen wurde. Würde man diese Leistung zugrundelegen, so ergäbe sich ein Faktor von etwa 2, was die kommerzielle Betrachtung noch drastisch günstiger macht.

"Verbesserung Lebensbedingungen Südinien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

4.4 Nachhaltigkeit und generelle Schlussfolgerung

Die in diesem Projekt gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass eine nachhaltige und kommerziell erfolgreiche Lösung möglich ist. Wesentliche Bedingungen sind dabei, über die vorstehend genannten Aspekte hinaus:

- ➔ Absolut **robuste** Bauweise
- ➔ Nach Inbetriebnahme müssen **keine weiteren Teile regelmäßig importiert werden**. Alles weitere wird vor Ort von der lokalen Bevölkerung durchgeführt. Erfahrungen haben gezeigt, dass High-Tech-Aufbereitungsverfahren, die auf regelmäßigen Ersatz z.B. von Filterkartuschen etc. angewiesen sind, nach Ende der am kürzesten zu benutzenden Kartusche mangels Nachschub abgestellt und stillgelegt werden.

Letztlich dient die PAUL Station dazu dass die lokale Bevölkerung selbst und aus eigener Kraft ihre Situation – Gesundheit und wirtschaftliche Verhältnisse – deutlich verbessern kann. Durch Eigeninitiative und Selbsthilfe installierte PAUL-Stationen bieten Wasser und schaffen lokal Jobs und bekämpfen dadurch Flüchtlingsursachen. Capacity development heißt das Stichwort.

"Verbesserung Lebensbedingungen Süindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

5 Abschließende Anmerkungen

An dieser Stelle ist zuerst betont, dass die Zusammenarbeit mit allen Kollegen vor Ort hervorragend war.

Ebenfalls war die Organisation aller Fahrten ausgezeichnet, so dass ein Maximum an Arbeiten, so z.B. Instruktion der Bevölkerung vor Ort, Probenahmen, Wasseranalysen einschließlich biologischer Analysen, technische Beratung, Installationen etc. erledigt werden konnte.

In der **Anlage D** ist eine nach Ende des Aufenthaltes von Care T erstellte Kurzdokumentation beigefügt.

Insgesamt kann das Projekt als äußerst erfolgreich beurteilt werden. Dies belegen auch die im Nachgang bei uns eingegangenen Mails.

Der Sinn des Projektes, die Machbarkeit und die Vorteile von PAUL Stations zur Dauer-versorgung zu demonstrieren, wurde in vollem Umfang erreicht. Dies wird erhebliche Ausstrahlung auf den weiteren Einsatz von PAUL Stations haben.

Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft

Martin Membrane Systems AG

Kassel, den 06.08.2018

Berlin, den _____

Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.-B. Frechen

Dipl.-Ing. Mark Grigo

A. Brandl

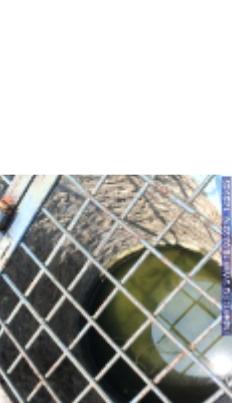
Anlage A Liste der untersuchten Standorte
(3 Seiten)

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Location ID	Location	Visiting date	Type	Sampling circumstances
#1	 St. Jude School, Pallam Village	18.+21.03.16	Raw PAUL Tank PAUL	PAUL input from tank on the roof Sample from tank (4m below PAUL)
		21.03.2016	water meter installed	
#2	 Enayam Puthenthurai	19.+21.+23.03.16	Raw PAUL #2796	Well water, taken with canister changed into #2573
		19.03.2016	water meter installed	



"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

#3	Keela Muttom	19.03.2016	Raw	Well water, taken with bucket, visible growth will be installed Paul #2796 will be installed	
		18. +19.03.16	Raw	Well at Fatima Street, Kadiapattinam Village	
#4				Well water, taken with bucket depth 35ft., used by 400-500 people	
#5	Well near SL Anthony's Church, Kovalam Village	18.03.2016	Raw	Well water	
					

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

<p>#6</p>	<p>Grouphouse Michalammal, Kovalam Village</p> 	<p>18.03.2016</p>	<p>Raw</p>	<p>Tap water, stored in house for 3 days; 1hr of tap water flow twice per week</p>
<p>#7</p>	<p>Mela Muttom</p> 	<p>19.03.2016</p>	<p>Raw</p>	<p>Well water, taken with canister</p> 

Anlage B Messergebnisse

(1 Seite)

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

Date	Location	Type	ID	Physical Parameters				Chemical Parameters [mg/l]						Microbial Parameters				
				Temp °C	pH[]	Conductivity [µS/cm]	Turbidity [NTU]	Source/Per meat flow [l/h]	Chloride (Cl) mg/l	Carbonate Hardness °d	Total Hardness °d	Nitrite (NO2) mg/l	Nitrate (NO3) mg/l	Ammonium (NH4+) mg/l	Arsenic (As) mg/l	E.Coli CFU/100ml	Total coliforms CFU/100ml	Enterococci CFU/100ml
18.03.2016	St. Jude School, Pallam Village	Raw	#1	31,4	7,85	522	0,07	n.a.	0	n.a.	5	0	3	0	n.a.	n.a.	n.a.	
18.03.2016	St. Jude School, Pallam Village	PAUL	#1	31,1	7,93	502	0,01	n.a.	0	n.a.	5	0,02	3	0	n.a.	n.a.	n.a.	
21.03.2016	St. Jude School, Pallam Village	Raw	#1	33,2	7,70	524	0,01	n.a.	0	n.a.	5	0	3	n.a.	73	4,0E+04	92	
21.03.2016	St. Jude School, Pallam Village	PAUL	#1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	78	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0	2,30E+02	0	
21.03.2016	St. Jude School, Pallam Village	PAUL-Tank	#1	29,9	7,95	514	0,08	n.a.	0	n.a.	5	0,02	3	n.a.	3	78	1,5E+02	
18+19.03.2016	Well at Fatima Street, Kadipattinam Village	Raw	#4	30,4	7,06	663	0,45	n.a.	0	9	9	0	5	0	n.a.	1,3E+04	6	
18.03.2016	Well near St. Anthony's Church, Kovalam	Raw	#5	31,1	7,69	941	0,75	n.a.	0	17	17	0,05	20	0	n.a.	n.a.	n.a.	
18.03.2016	Grouphouse Michalammal, Kovalam	Raw	#6	31,2	8,36	463	0,74	n.a.	0	n.a.	n.a.	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	
19.03.2016	Mela Muttom	Raw	#7	n.a.	7,18	1699	0,61	n.a.	500	n.a.	17	0,02	30	0	0	1,2E+03	2,3E+03	
19.03.2016	Keela Muttom	Raw	#3	n.a.	6,64	1141	1,03	n.a.	500	n.a.	9	0,05	30	0	9	1,7E+04	1,4E+03	
19.03.2016	Enayam Puthenthurai	Raw	#2	30,4	7,54	884	0,38	n.a.	0	n.a.	18	0,02	30	0	2,8E+02	4,6E+04	4,9E+03	
19.03.2016	Enayam Puthenthurai	PAUL #2796	#2	31,2	7,97	859	0,38	90	0	n.a.	18	2,5	50	0	n.a.	1	> 4,0E+04	25
21.03.2016	Enayam Puthenthurai	Raw	#2	30,6	7,42	875	0,36/0,53	n.a.	0	n.a.	18	0,05	10	0	n.a.	4,5E+01	3,50E+02	
23.03.2016	Enayam Puthenthurai	PAUL #2573	#2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0	5,60E+02	0	
22.03.2016	PAUL #2796 nach Reinigung			n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0	0	0	

n.a. = nicht analysiert
 Wegen der z.T. großen Entfernungen zwischen Probenahmeort und Analysenort und der hohen Temperaturen konnten nicht alle Proben sinnvoll auf Hygieneparameter untersucht werden

Anlage C Readings St. Jude School, Pallam Village

(1 Seite)

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"

PAUL documentation - water meter readings			
Location:	<u>St. Jude School, Pallam Village</u>		
Date	Time	Water Meter Count	Paul No.
Mon 21.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	0 to 200	#2795
Tue 22.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	250	#2795
Wed 23.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	275	#2795
Thu 24.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Fri 25.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Sat 26.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	1025	#2795
Sun 27.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Mon 28.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Tue 29.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Wed 30.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Thu 31.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	327	#2795
Fri 01.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Sat 02.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	2552	#2795
Sun 03.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Mon 04.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Tue 05.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Wed 06.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Thu 07.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Fri 08.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Sat 09.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300 , 4052	#2795
Sun 10.03.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Mon 11.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	350	#2795
Tue 12.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Wed 13.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Thu 14.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M		#2795
Fri 15.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300	#2795
Sat 16.04.2016	8.30 A.M to 4.30 P.M	300 , 5602	#2795
		5602 Ltrs	

Page – 1

Cleaned

P. Paul Maria Anto

P. Paul Maria Anto

P. Paul Maria Anto

Anlage D Dokumentation, gefertigt durch Care T

(7 Seiten)

PHOTO GALLERY OF PAUL INSTALLATION



PAUL Preliminary Demonstration Meetings with Community at Enayam Puthenthurai and St. Helen High School at Enayam Hamlet (Ecological Education School)

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



PAUL Preliminary Demonstration with Water Users of the Community

At Enayam Puthenthurai

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Traditional welcome to the Inventor of PAUL and group discussions with Prof. Dr.-Ing. FRANZ-BERND FRECHEN, University of Kassel, Germany, his associates: - Ms. Andrea, University of Kassel and Mr. Nicky Frechen by the Fisher Community at Enayam Puthenthurai and CARE T, Kanyakumari District

Stages of Construction Process of PAUL Tower at Enayam Puthenthurai



"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Establishing Submersible Pump and the temporary PAUL Demonstration

At Enayam Puthenthurai

implemented

"Verbesserung Lebensbedingungen Südindien durch PAUL gemeinsam mit terre des hommes"



Prof. Dr.-Ing. FRANZ-BERND FRECHEN explaining the PAUL process, guidelines and do's and don'ts to fisher community women the end users

Thanks to

Professor Dr.-Ing. FRANZ-BERND FRECHEN



Issued by CARE T, Kanyakumari 28 March 2016

Anlage E Dokumentation zur Installation einer PAUL Station

Version vom 24.06.2018

(25 Seiten)



„PAUL Station“

Instructions

– assembly, startup, operation and maintenance –

The Waterbackpack Company GmbH



last modified 24.06.2018

Content

1	Principle of PAUL Station	1
2	List of parts	4
3	Scope of delivery depending upon order	7
4	Assembly	8
4.1	Necessary tools	8
4.2	Height of the tanks relative to the PAUL unit	8
4.3	How to connect the Raw Water Tank with PAUL	9
4.3.1	Overview	9
4.3.2	Before putting the Raw Water Tank in place	10
4.3.3	After the RWT is in place	10
4.4	Mounting the PCU or OPV	10
4.5	Connection between PAUL and the Filtered Water Tank	11
4.6	Side outlet at the bottom of PAUL	13
4.7	Water tap at the Filtered Water Tank	14
4.8	Overfill Protection Switch (OPS) for the Raw Water Tank	15
4.9	Run-Dry Protection Switch (RPS)	15
4.10	Set of solar panel and pump – instructions	15
5	Operation	17
5.1	OPV adjustment	17
5.2	Startup of the PAUL Station	17
5.3	Temporary stop of operation	18
6	Maintenance	19
6.1	Daily	19
6.1.1	Water level inside PAUL	19
6.1.2	Sieve between RWT and PAUL	19
6.2	Weekly	19
6.2.1	Removing slurry from the PAUL unit	19
6.2.2	Measurement of waterflow	20
6.3	Monthly	20
6.3.1	Cleaning of the FWT	20
6.4	Undefined frequency	21
6.4.1	Cleaning the membrane module	21
7	Troubleshooting	22
7.1	LWS alarm	22

List of figures

Figure 1: Scheme of the PAUL Station arrangement.....	1
Figure 2: Connections PAUL Station – complete overview	6
Figure 3: Scope of delivery (depending upon order).....	7
Figure 4: requirements concerning height of tanks and PAUL unit.....	8
Figure 5: Connection between Raw Water Tank and PCU or OPV	9
Figure 6: LWS box.....	11
Figure 7: Connection between PAUL and the Filtered Water Tank – what comes with PAUL and how to mount the water meter	12
Figure 8: Side outlet with hose	13
Figure 9: Water tap at the Filtered Water Tank.....	14
Figure 10: OPV adjustment: wrong position (left) and correct position (right).....	17
Figure 11: meter reading	20

List of tables

Table 1: Parts of the PAUL Station.....	4
---	---

1 Principle of PAUL Station

The waterbackpack PAUL is the basis of the PAUL Station arrangement. The basic idea behind it is that it is essential to be able to tap large amounts of water in a short time. As the filtration process in PAUL is steady but slow, two additional tank are necessary:

- ➔ a **R**aw **W**ater **T**ank (**RWT**) that stores the raw water so PAUL can filter continuously
- ➔ a **F**iltered **W**ater **T**ank (**FWT**) to store the filtered water during times where no water is tapped

Figure 1 shows a scheme of the PAUL Station arrangement.

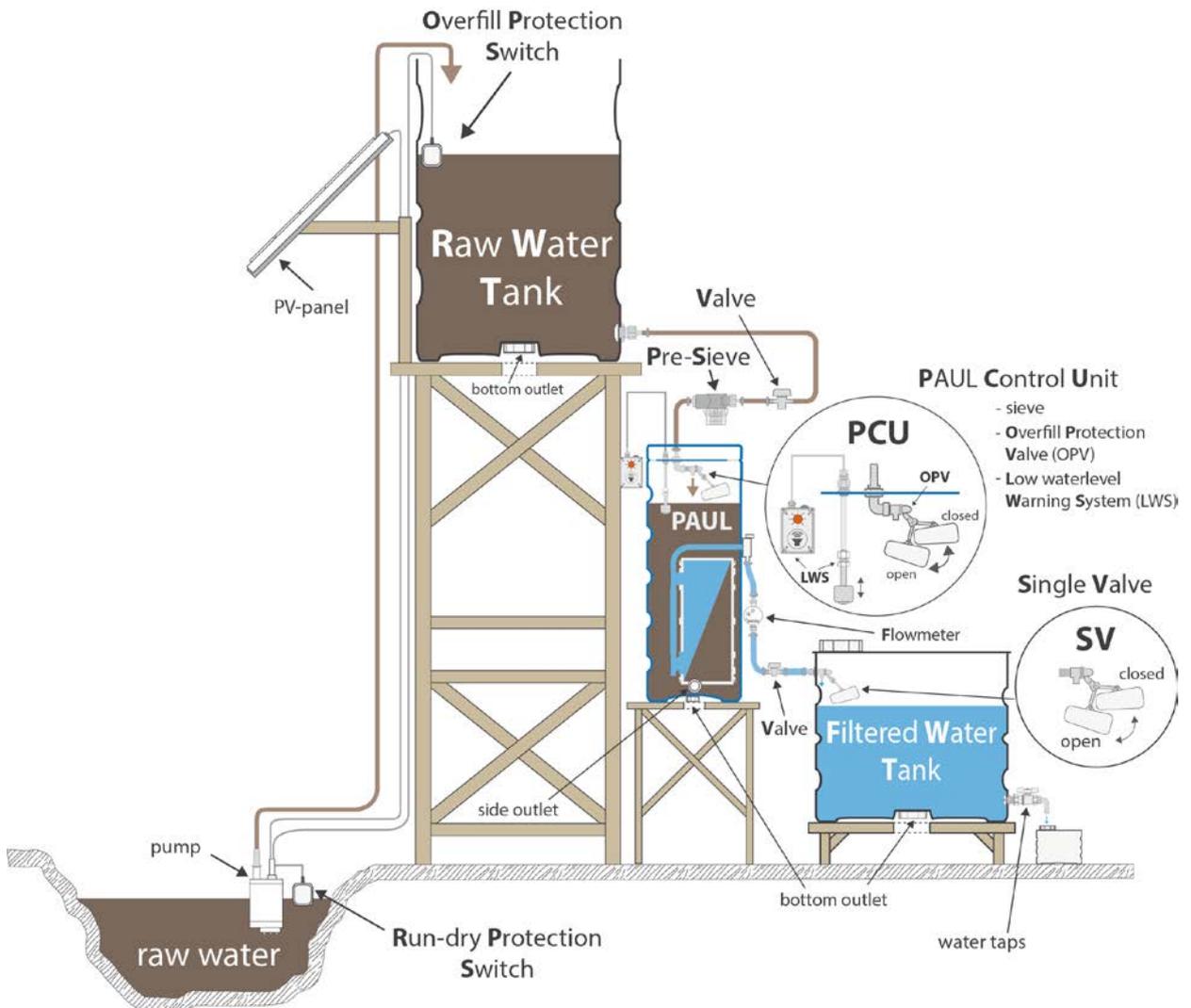


Figure 1: Scheme of the PAUL Station arrangement

Water is pumped into the RWT (in the scheme above realized with a solar powered solution) and flows into the PAUL unit. The filtered water from the PAUL unit then

flows into the FWT. As a consequence, all three units have to be equipped with installations that prevent overflowing in order to allow fully unattended use.

This automatic overflowing prevention for the whole PAUL Station is realized by the following tools:

- ➔ in the **RWT**: the **OPS**, i.e. **O**verfill **P**rotection **S**witch, an electrical switch in a float is used that switches off the electrical raw water pump if the waterlevel exceeds an adjustable level
- ➔ in the **PAUL** unit: the **OPV**, i.e. **O**verfill **P**rotection **V**alve (also called "auto-stop valve") is used that closes the inlet if the waterlevel in PAUL exceeds a certain height
- ➔ in the **FWT**: the **SV**, i.e. **S**ingle **V**alve (also called "auto-stop valve") is used that closes the inlet to the FWT if the water level in the FWT exceeds an adjustable level

Another thing that is necessary in most situations is the **R**un-dry **P**rotection **S**witch (**RPS**) for the electric pump. The device itself is identical with the OPS.

A standard PAUL Station Kit consists of

- ➔ PAUL unit equipped with
- ➔ **OPV** (**O**verfill **P**rotection **V**alve) which replaces the standard sieve of PAUL, including the nozzle to connect the RWT with PAUL and a self-closing cover which can be opened in order to fill PAUL with a bucket alternatively. Here a sieve is provided identical to the standard sieve.
- ➔ set 1: connecting RWT to PAUL (OPV is needed)
- ➔ set 2: connecting PAUL to the FWT
- ➔ set 3: outlet of the FWT
- ➔ side outlet with hose, see section 4.6
- ➔ OPS
- ➔ RPS

With the side outlet with hose, you can observe the water level inside PAUL, as the hose is transparent. This is sufficient in most cases.

For those who want an automated warning once the water level inside PAUL is low, we offer the **PAUL Control Unit PCU**, see Figure 1, which replaces the standard sieve of PAUL and consists of

- ➔ **OPV-S** (**O**verfill **P**rotection **V**alve with **S**ensor) which replaces the standard sieve of PAUL, including the nozzle to connect the RWT with PAUL and a self-closing cover which can be opened in order to fill PAUL with a bucket alternatively. Here a sieve is provided identical to the standard sieve.
It is identical with the OPV but also has the water level sensor mounted.
- ➔ **LWS** (**L**ow waterlevel **W**arning **S**ystem) **box**: this box is separate and is connected to the water level sensor mounted on the **OPV-S** via a 2-wire electric connection. The LWS box can be mounted close to PAUL or even far remote by simply adding more wiring (regardless of polarity), e.g. in the house of the caretaker.

Optional, we can also provide

- ➔ 12 V DC pump and
- ➔ the matching solar panel

2 List of parts

Table 1: *Parts of the PAUL Station (might change due to development!)*

Part no	count	Specification	Picture
1	2	Tank connector, PP, white, ¾", incl. seal and connecting nut, AF 32	
2	1	Hose nozzle incl. seal and ¾" connecting nut, Ø 13 mm	
3	6	Hose clamp 19,2 - 21,8 mm, stainless steel	
4	2,5 m	drinking water hose 12.8 mm, solid blue	
5	1	Hose valve, HDPE, Ø 12-15 mm, length 97mm	
6	1	Hose nozzle incl. seal and ½" connecting nut, Ø 13 mm	
7	1	Shurflo filter, ½" outside thread, ½" inside thread	
8	1	Threaded nozzle ½", Ø 13 mm, 10 bar, PP, AF22	
9	1	PAUL Control Unit (PCU): sieve with Overfill Protection Valve with Sensor (OPV-S) to be connected to the Low waterlevel Warning System (LWS) Box , see part no. 20	
10	1	Threaded nozzle PP Ø 13 mm, AF 17	
11	1 + 2 + 2	Hose clamp 13.9 – 16.1 mm, stainless steel	

Part no	count	Specification	Picture
12	2 m	Drinking water hose, 10 x 15 mm, white-blue	
13	1	Hose clamp 15.6 - 17.8 mm, stainless steel	
14	1	Single Valve (float valve) (SV) ½" outside thread incl. 2 seals und 2 nuts	
15	1	Water tap with green grip, ¾" inside thread / ¾" connecting nut, incl. 1 seals, AF30	
16	1	Water meter ¾" outside thread (incl. 2 seals, not needed, can be used as spare parts for seal of no. 15)	
17	1	Hose nozzle 90° incl. seal and ¾" connecting nut, Ø 20 mm	
18	1	Overfill Protection Switch (OPS)	
19	1	Run-Dry Protection Switch (RPS)	
20	1	LWS box , the alarm device belonging to the Low water-level Warning System (LWS) , see part no 9 (PCU)	
21	1	Hose valve, HDPE, Ø 9-11 mm, length 85mm	
22	2	Hose nozzle incl. seal and ¾" connecting nut, Ø 10 mm	
23		Hose nozzle incl. seal and ½" connecting nut, Ø 10 mm	

Please note: If you ordered PAUL together with the parts needed for the PAUL Station configuration, some items are already mounted on your PAUL unit.

If you upgrade an existing standard PAUL unit, some items (sieve on top of PAUL, outlet hose) will have to be exchanged. Exchange process is described in this assembly manual.

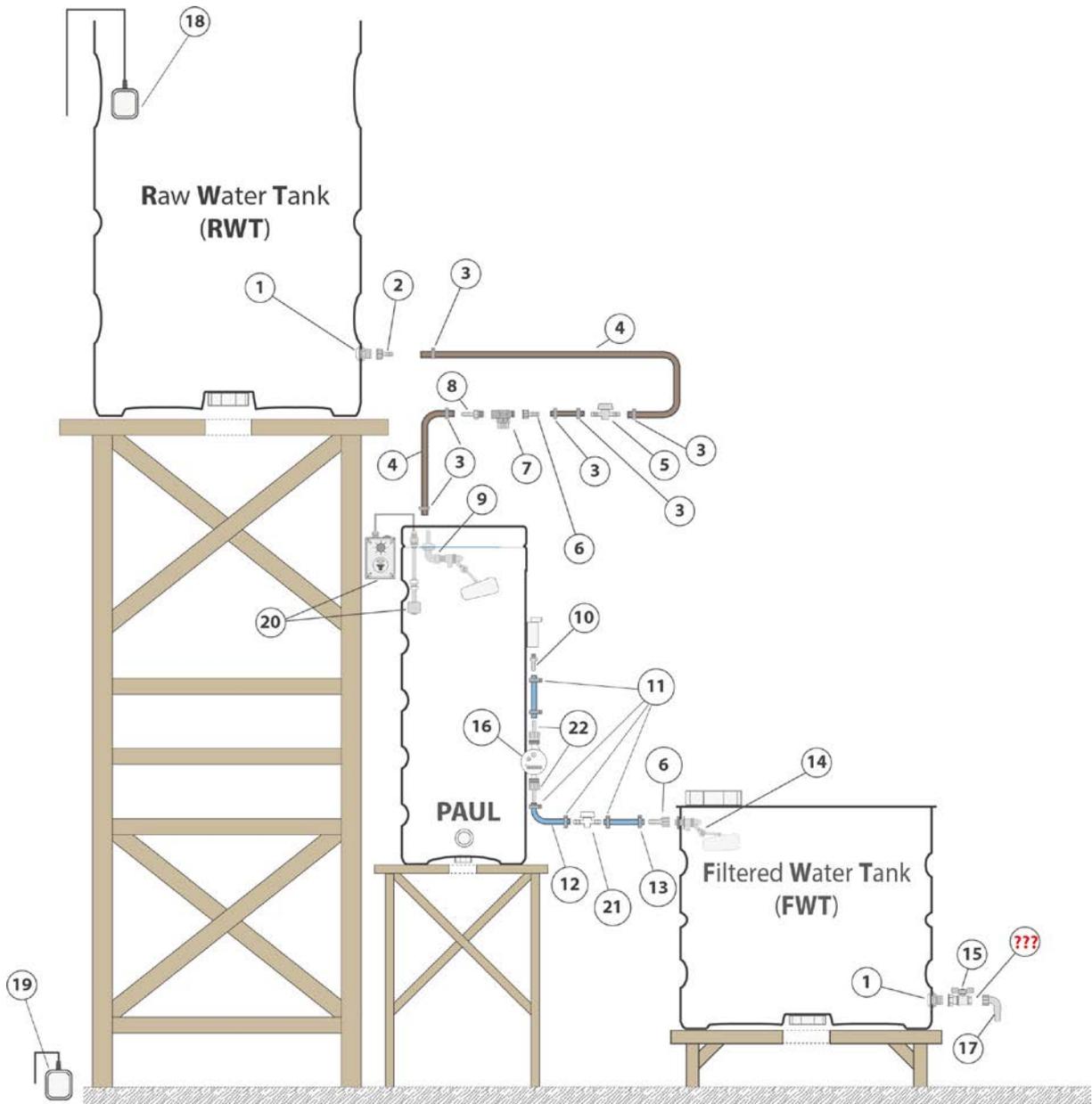


Figure 2: Connections PAUL Station – complete overview

3 Scope of delivery depending upon order

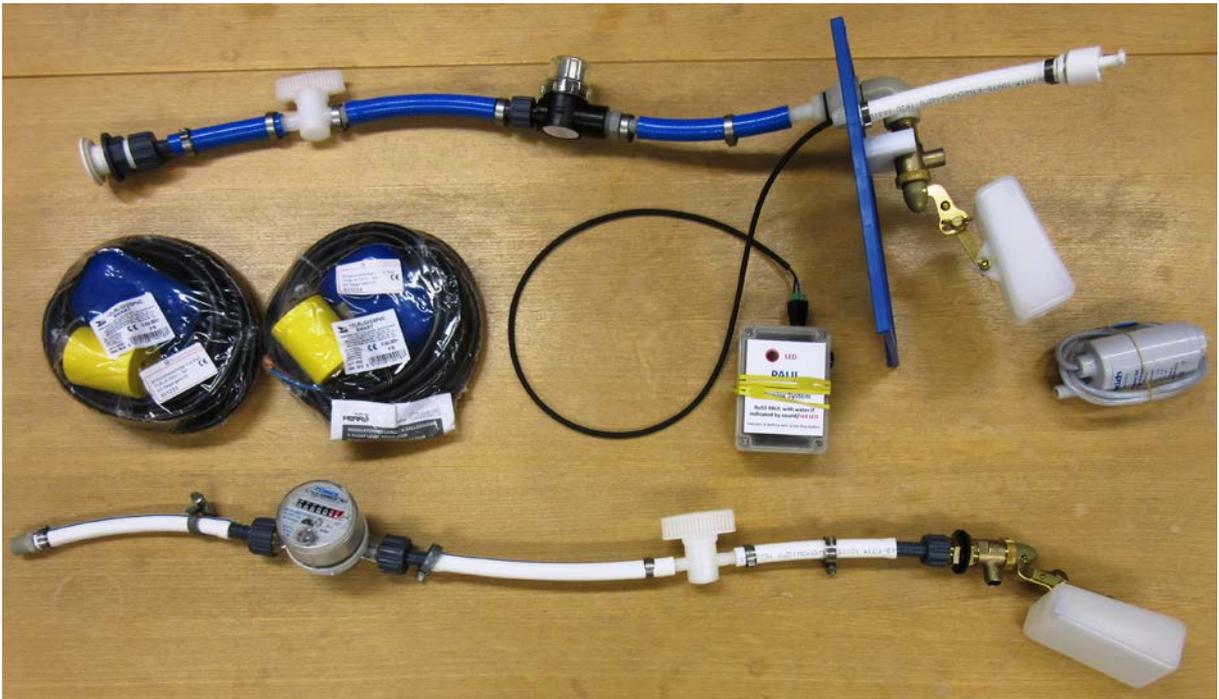


Figure 3: Scope of delivery (depending upon order; please note that OPV-S (including level sensor) and LWS are also shown)

Scope of delivery may vary according to the customer's order.

4 Assembly

4.1 Necessary tools

- ➔ Screw-wrench AF 17, 22, 25, 30 and 32
- ➔ Hose cutter, alternatively stable scissor or cutter or knife
- ➔ Crimping tool, alternatively gripper
- ➔ Centre bit 3/4"
- ➔ Drilling machine is recommended

4.2 Height of the tanks relative to the PAUL unit

Before assembling the PAUL Station kit, it is essential to determine the exact three-dimensional position of all three tanks, i.e. the RWT, PAUL and the FWT, to assure that all connections between the tanks fit and fulfil specific restrictions.

The only requirement concerning positioning is that we recommend minimum distances in height, as can be seen from Figure 4.

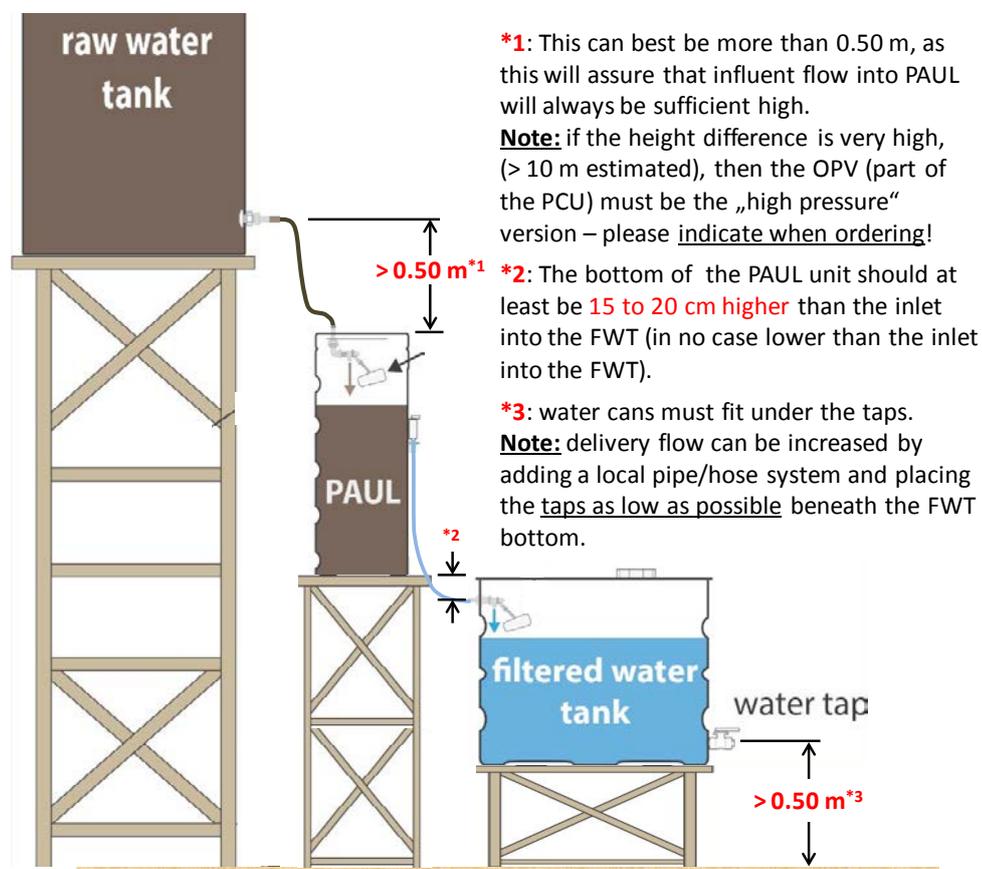


Figure 4: requirements concerning height of tanks and PAUL unit

4.3 How to connect the Raw Water Tank with PAUL

4.3.1 Overview

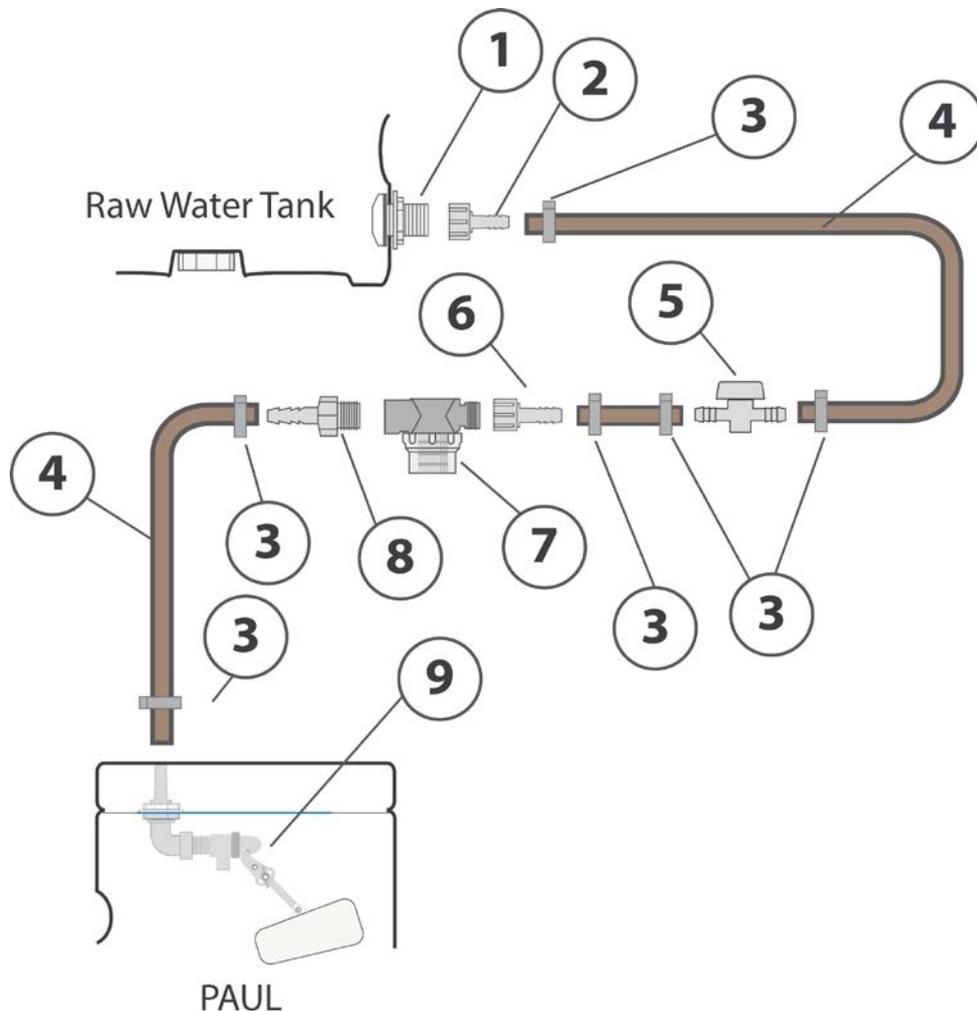


Figure 5: Connection between Raw Water Tank and PCU or OPV

Figure 5 shows the connection between Raw Water Tank and the **PAUL Control Unit** or the **Overfill Protection Valve**. The hose used here is **solid blue**.

If you upgrade a standard PAUL unit, you have to exchange the sieve that is mounted in the cap of PAUL by removing the two screws that hold the sieve, and then mount the PCU or OPV in this place by using the same screws.

If you ordered the PAUL unit ready for the PAUL Station configuration, then the PCU or OPV (depending upon your order) should be in place already.

4.3.2 Before putting the Raw Water Tank in place

First, drill a hole in the RWT using the centre bit $\frac{3}{4}$ ". Then, push the tank connector (1a) together with the seal from inside the tank to the outer. Fasten the tank connector with the connecting nut using the screw wrench AF 32 – please do not use any type of gripper, as the nut is from plastic.

Then, mount the hose nozzle (2). Be sure to use the seal that comes with the hose nozzle.

4.3.3 After the RWT is in place

Now you have to connect the RWT with the PAUL unit, and thus carefully decide where to cut the hose, regarding the following issues:

- ➔ the water filter (7) has to be placed horizontal with the sieve facing downward, see Figure 5
- ➔ please regard the direction of flow through the water filter
- ➔ the valve (5) has to be first in direction of flow, then the water filter follows
- ➔ we recommend to place the valve (5) close to the water filter
- ➔ we recommend to place both valve and water filter close to the PAUL unit as this will ease servicing (i.e. cleaning the filter from time to time)

The hose clamps (3) have to be fixed with the crimping tool. They cannot be used multiple.

4.4 Mounting the PCU or OPV

If you upgrade an existing PAUL, then you will have to remove the standard sieve on top of PAUL.

Instead, mount the PCU or OPV in the place the standard sieve has been; it might be a good idea to store the sieve in a safe place.

Fixing the PCU or OPV with the two little screws is very important as otherwise the PCU or OPV will float when the water level is rising, and thus will keep PAUL from overfilling.

The PCU is equipped with a water level sensor that indicates if the water level falls below a certain limit. This water level assures that a long term standstill is possible. The sensor in the PCU must be connected via a very simple two line wire. At delivery, the connector is attached to the sensor cable, and this connector has to be plugged into the LWS box that can be seen in Figure 6.



Figure 6: LWS box

If desired (which might be the case in many situations), the wire can easily be extended to the desired length, e.g. by placing the LWS box in a nearby flat etc.

The LWS operates with 4 AA batteries. If no warning is issued, there is no current, which means that the batteries last as long as their official lifetime is. In order to save battery power due to unwanted conditions during transportation, the batteries are blocked. Open the LWS (4 screws) and remove this plastic, then close the box again and tighten the 4 screws properly.

Then check functionality of the LWS box itself by pressing the blue knob – a LED light should appear and a sound should be heard. Check this from time to time.

To check the functionality of the whole LWS system, connect the LWS box to the PCU at a low water level inside PAUL – LED and beep should indicate low water condition. After reaching a certain height in PAUL, the alarm will go off. Of course it can also be switched off by unplugging the sensor cable from the LWS box, but do not forget to reconnect it after PAUL is filled up again.

4.5 Connection between PAUL and the Filtered Water Tank

PAUL comes with a hose 0.5 m long that ends with a valve which is already fixed to the hose and secured by a hose clamp. This is the standard PAUL configuration. Figure 7 shows the situation.



Figure 7: Connection between PAUL and the Filtered Water Tank – what comes with PAUL and how to mount the water meter

From the valve, a hose connection must be made using the **white-blue** hose to the water meter, and then further to the Single Valve (14) that has to be mounted in the Filtered Water Tank as follows:

Drill a hole in the FWT close to the top of the FWT using the centre bit $\frac{3}{4}$ ". Remove the outer nut and seal from the Single Valve (14) and push it together with the other seal and nut from inside the tank to the outer. Fasten the valve with the seal and the nut you just had removed **using the screw wrench AF 32** – please do not use any type of gripper, as the nut is made of plastic..

Note: The water meter must be fixed in a horizontal position., see Figure 7.

Note: The hose that connects PAUL with the FWT is white-blue and has an inner diameter of 10 mm. This is essential. Do not use a hose with a bigger inner diameter, because this could affect the flow of water trough PAUL!

Note: Observe the height arrangements according to section 4.2.

4.6 Side outlet at the bottom of PAUL

The side outlet of PAUL is used to flush the slurry that PAUL retains and stores inside PAUL. This has to be done from time to time, depending upon the solids content of the raw water.

We recommend to flush out PAUL every week so it will probably not be forgotten, see section 6.2.1.

In order to facilitate this, and also in order to be able to see the **waterlevel inside PAUL**, we highly recommend the **"Side outlet with hose" set**. Figure 8 shows how it works.



Figure 8: Side outlet with hose

Remove the black cap and install the brass screw with hose connector. Then mount the hose on the hose connector and fix it with a hose clamp.

In standard operation, fix the end of the hose higher than PAUL is, so no water will flow out of the hose. As the hose is transparent, you can exactly see and observe the water level inside PAUL. This is the "simple and no energy" version which in most cases makes the optional LWS unnecessary.

If flushing time has come, lower the outlet of the hose so water can flush out of PAUL.

Of course any other solution offering the same functionality is also possible.

4.7 Water tap at the Filtered Water Tank

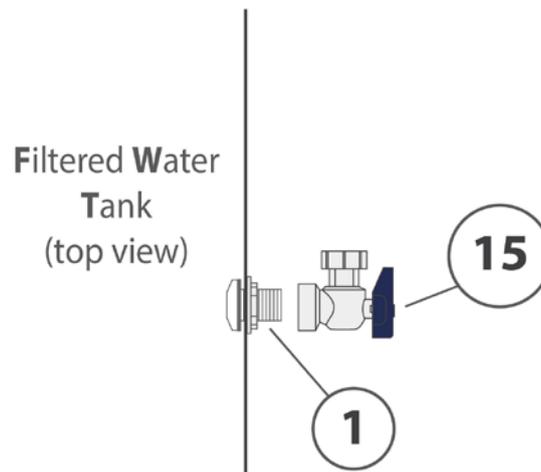


Figure 9: Water tap at the Filtered Water Tank

The water tap at the Filtered Water Tank is shown in Figure 9 (example 90°-tap, also straight taps may be delivered).

Drill a hole in the FWT close to the bottom using the centre bit $\frac{3}{4}$ ". Then, push the tank connector (1) together with the seal from inside the tank to the outer. Fasten the tank connector with the connecting nut **using the screw wrench AF 32** – please do not use any type of gripper, as the nut is made of plastic.

Be sure to mount the tap (15) on the tank connector (1) with the **inside thread!**

All parts are already slightly connected in order to prevent loss of the specific seals. They will have to be disconnected at least partly in order to mount the water tap.

If you have received a 90°-tap with a blue handle, seals are located between (1) and the tap (15). If you have received a straight tap with a green handle, no seal is necessary at this connection.

Note: As there is no pressure in the FWT, it is **highly recommended to use multiple outlet taps and/or large diameter outlet taps.**

4.8 Overfill Protection Switch (OPS) for the Raw Water Tank

The **Overfill Protection Switch (OPS)** (18) has to be installed in the RWT. This switch determines the maximum water level at which the feed pump must be switched off. By this, overflowing of the RWT will be prevented.

Concerning the necessary connections, please refer to the instructions provided with the OPS. The black wire is the zero connector. We recommend to test whether the blue or the brown wire is to be used besides the black wire.

4.9 Run-Dry Protection Switch (RPS)

It is highly recommended to prevent the feed pump that is used for raw water pumping from running dry. This can be done by using a **Run-dry Protection Switch (RPS)** (19) and realize the wiring according to this task, which means that the black wire is used and the second wire to be used is the opposite one compared with the wiring needed for overfill prevention at the OPS. We recommend to test whether the blue or the brown wire is to be used besides the black wire.

4.10 Set of solar panel and pump – instructions

In general, the design of the pump and the solar panel has to be made according to the local circumstances. Especially, the total water head has to be considered.

We offer a standard set of solar panel and pump that is capable of pumping 1,200 Liter within a few (<4) hours at a height difference of <10 m using a hose with a diameter > 14 mm under normal circumstances. If necessary, a booster pump which is used together with the pump mentioned is available to increase the maximum water pressure head.

However, it is up to the user to assure that a solar panel/pump configuration is designed correctly. Also, it is important to keep in mind that usually 12 V DC pumps do not have a 10 year lifetime.

Depending upon the raw water quality, special pumps have to be considered like dirty-water pumps or pumps for sandy water pumping (although also these pumps have a limited lifetime).

The pump offered is designed for 12 V DC. The solar panel has an open circuit voltage of 22 V DC. As the pump has a high current of 6 to 8 amps, usually the solar panel will not reach the open circuit voltage, but will be below 12 V. If, whatsoever, the panel-pump combination reaches voltages of 15 V or more, this might damage or quickly outwear the pump.

In addition, it has to be noticed that solar panels lose efficiency if they reach high temperatures. This has to be taken into account. Tests are recommended. Additional panels or panel of different specifications can also be delivered.

5 Operation

5.1 OPV adjustment

The OPV is fixed to the standard sieve with an overlying white plastic board whereof 50% can be opened, so it is still possible to fill PAUL manually with a bucket via the sieve.

It is important that the arm with the float can move freely, as it has to float and thus stop water flow when the water level rises. Please check this and eventually assure this by checking that the screw, see Figure 10, is not tightened too hard.

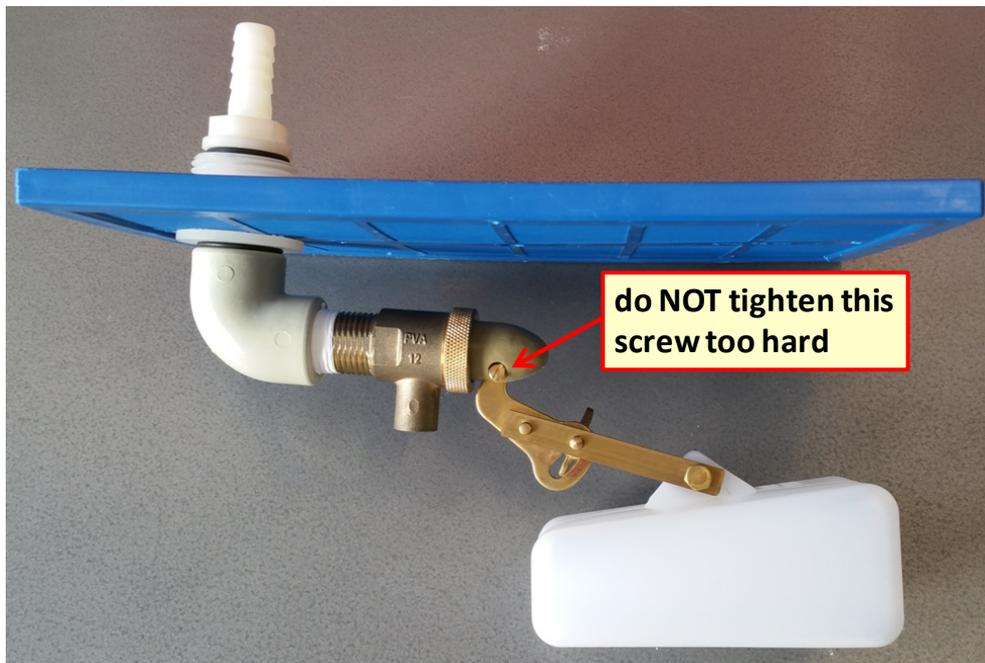


Figure 10: OPV for PAUL

If the screw is too tight, the arm with the float cannot move freely, which results in that it might stay in the "open" position although water level is rising even above the float, resulting in an unwanted overflow of PAUL.

5.2 Startup of the PAUL Station

After having assembled everything, please clean all installations, especially the FWT. Please close all valves and then follow these steps:

- ➔ fill RWT and check OPS
 - in order to speed up, you can test the OPS in a low level position, so not too much water is needed before the autostop waterlevel is reached
- ➔ **open** the valve in the hose between PAUL and the FWT

- ➔ open the valve in the connection between RWT and PAUL unit
 - PAUL slowly is filled. If present, make sure to enable the LWS, so you can also check its function right now
 - You can observe the water level rising in the transparent side outlet hose
- ➔ After some time close in the hose between PAUL and the FWT
 - This is to check whether the OPV in PAUL is working properly. After successful test (please listen to the water flowing into PAUL. This gentle sound must disappear without water overflowing PAUL), open it again
- ➔ fill FWT (without tapping water) and check whether the SV in the FWT inlet closes properly when the FWT is full (this will take some time depending upon the volume of the FWT, but the PAUL Station can be left unattended during this test)
- ➔ remember **not to drink the first 200 Liter** of water as there might be a sweet taste from glycerine (which is not harmful!) which is used to preserve new membranes and which will be flushed out during the **first** usage.

5.3 Temporary stop of operation

If the operation of PAUL Station must be stopped for a short time (e.g. some hours, some days, but not several weeks), then please stop the process by **first closing the valve in the hose between PAUL and the FWT**. This assures that PAUL is filled with water during pause, which is necessary. Observe the water level in the side outlet transparent hose. Water level inside PAUL should be at least half the height of PAUL.

Then, all other necessary steps (switching off machines, closing taps etc.) can be done.

6 Maintenance

6.1 Daily

6.1.1 *Water level inside PAUL*

The water level inside PAUL should be checked daily. If the water level is considerably low, the PAUL is able to filter more water than he gets from the RWT, which might be caused by a dirty sieve, see section 6.1.2.

If it is detected, that the water level is low, less than half the height of PAUL, the close the valve in the connection between PAUL and the FWT and fill up PAUL with some water. Make sure enough raw water is available.

6.1.2 *Sieve between RWT and PAUL*

The sieve that is mounted between the Raw Water Tank and PAUL should be checked daily. If it is obstructed, please clean carefully.

If cleaning of the sieve is frequently necessary due to a high Suspended Solids content of the raw water, maybe a different location of the tank connector in the RWT might help (maybe it is placed too close to the bottom of the tank where settleable solids accumulate).

Alternatively, a larger sieve would be necessary. This can be obtained by us upon request..

6.2 Weekly

6.2.1 *Removing slurry from the PAUL unit*

All particles that PAUL filters stay in the blue body of PAUL. Thus, they must be removed on a regular basis.

This can be done by opening the bottom outlet underneath or on the side of PAUL, whatever is easier.

Flush out the slurry, discard it the same way you do with toilet content, and close the outlet.

If you have mounted the **side outlet with hose**, see Figure 8, you can easily hold the hose down so water can flow out.

6.2.2 Measurement of waterflow

In order to do this, please follow the steps:

1. Assure that PAUL is filled up and enough water is in the RWT.
2. Assure that the effluent from PAUL is unobstructed. If a FWT is connected, the valve at the FWT inlet must be fully open.
3. Note all digits of the water meter, including the three red ones, see Figure 11, and the exact date and time (seconds!)



Figure 11: meter reading

4. Let PAUL filter at least for 10 minutes, better 15 minutes, and then again note all digits and the exact date and time

It is the easiest way to make a photo at start and end with a smartphone, as then the exact date and time is included. **Please transfer this data (or, even better, the photos) to us from time to time.**

6.3 Monthly

6.3.1 Cleaning of the FWT

Fresh Water Tanks are common and well known installations. Billions exist worldwide, so their maintenance basically is independent from the treatment method and thus has nothing to do with the PAUL waterbackpack.

However, we would like to remind users that it is necessary to clean and disinfect these tanks from time to time. We recommend to do this once per month using a solution with 10 ppm up to 50 ppm available chlorine.

First, the tank should be cleaned manually. Then, the solution can be used. Contact with the tank should be 30 minutes. Afterwards, flush the FWT with some filtered water.

6.4 Undefined frequency

6.4.1 *Cleaning the membrane module*

Although usually PAUL should not be opened and the membrane module does not need special care or attendance, in special situations it might be favourable to also clean the membrane module from time to time.

This can be done with a chlorine solution as mentioned in section 6.3.1. Prepare the solution by filling PAUL, closing the inlet to PAUL and add sufficient chlorine (Volume of PAUL is ca. 100 Liter).

Then let the solution soak for 30 min to 1 hour and then filter it into the FWT, and with the solution that now is in the FWT, you can also clean the FWT, thus combining the cleaning of both units.

7 Troubleshooting

7.1 Low waterlevel in PAUL is too low

This should be checked daily, see section 6.1, or it is indicated by the LWS box if installed.

This might have two reasons, and be solved as follows:

- ➔ there is no more water in the RWT. Solution:
 - fill RWT. In order to increase the water level inside PAUL quickly, close the hose valve between PAUL and the FWT temporarily.
- ➔ water flow from RWT is slower than filtration (more water per time is filtered than can flow into PAUL from RWT). Reasons and solutions:
 - filter unit is dirty → close hose valve in the hose between RWT and PAUL and clean filter unit
 - OPV in PAUL is blocked or dirty → check OPV and remove dirt. See also chapter 5.1 and Figure 10.

If this does not help, you might also try the following:

- A larger filter unit or a larger hose diameter in the connection between RWT and PAUL might be necessary. Also you can contact us after you tested the first two measures without success.
- increase height difference between RWT and the PAUL unit. Usually, this is not necessary, but in some cases the filtration capacity of PAUL is so high that this measure might be necessary.
- decrease height difference between the PAUL unit and the FWT. Usually, this is not necessary, but in some cases the filtration capacity of PAUL is so high that this measure might be necessary.