



Das Projekt SOWARLA

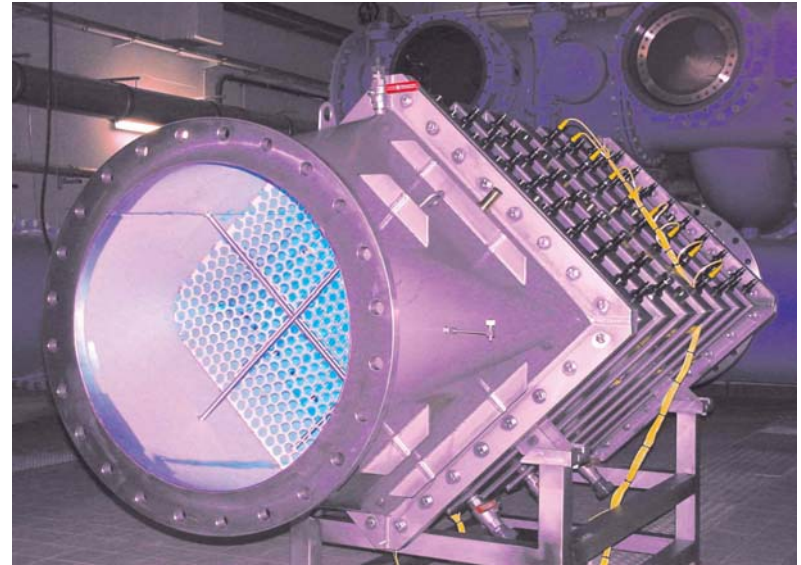
Ziele, Umsetzung, Ergebnisse



Photochemische Wasserbehandlung

Entkeimung mit UV-C-Niederdruckstrahlern (254nm)

- Trinkwasseraufbereitung
- Abwasserdesinfektion
- Prozesswasser
- Schwimmbäder
- Tanksterilisation
(bspw. bei
Reinstwassersystemen)



(Quelle: Wahnachtalsperrenverband)

Photochemische Wasserbehandlung

UV-Oxidation mit Mitteldruckstrahlern/Oxidationsmitteln

- Zerstörung biologisch nicht verfügbarer, oxidierbarer Inhaltsstoffe (chemische und pharmazeutische Produktion) als Vorbehandlung
- Vollständige Behandlung von Prozesswässern
Zerstörung aller (oxidierbaren) Inhaltsstoffe bspw. bei fehlender Anbindung an biologische Klärwerke



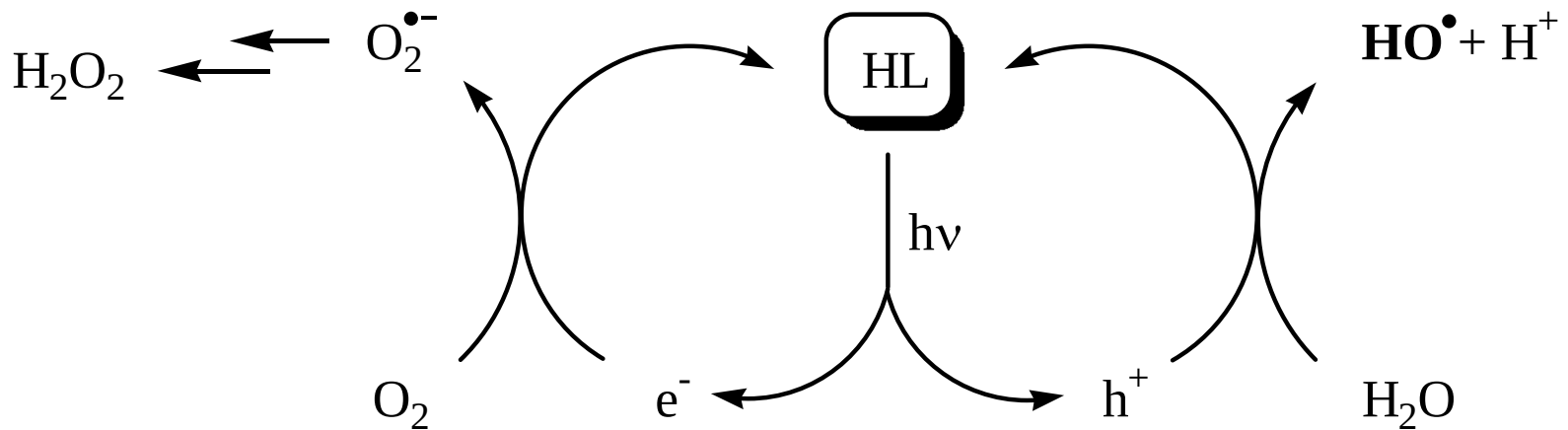
(Quelle: a.c.k. aqua concept GmbH)

Hoher Bedarf an elektrischer Energie und Chemikalien



Verfahren für eine solare Wasserbehandlung

Halbleiterphotokatalyse mit Sonnenlicht

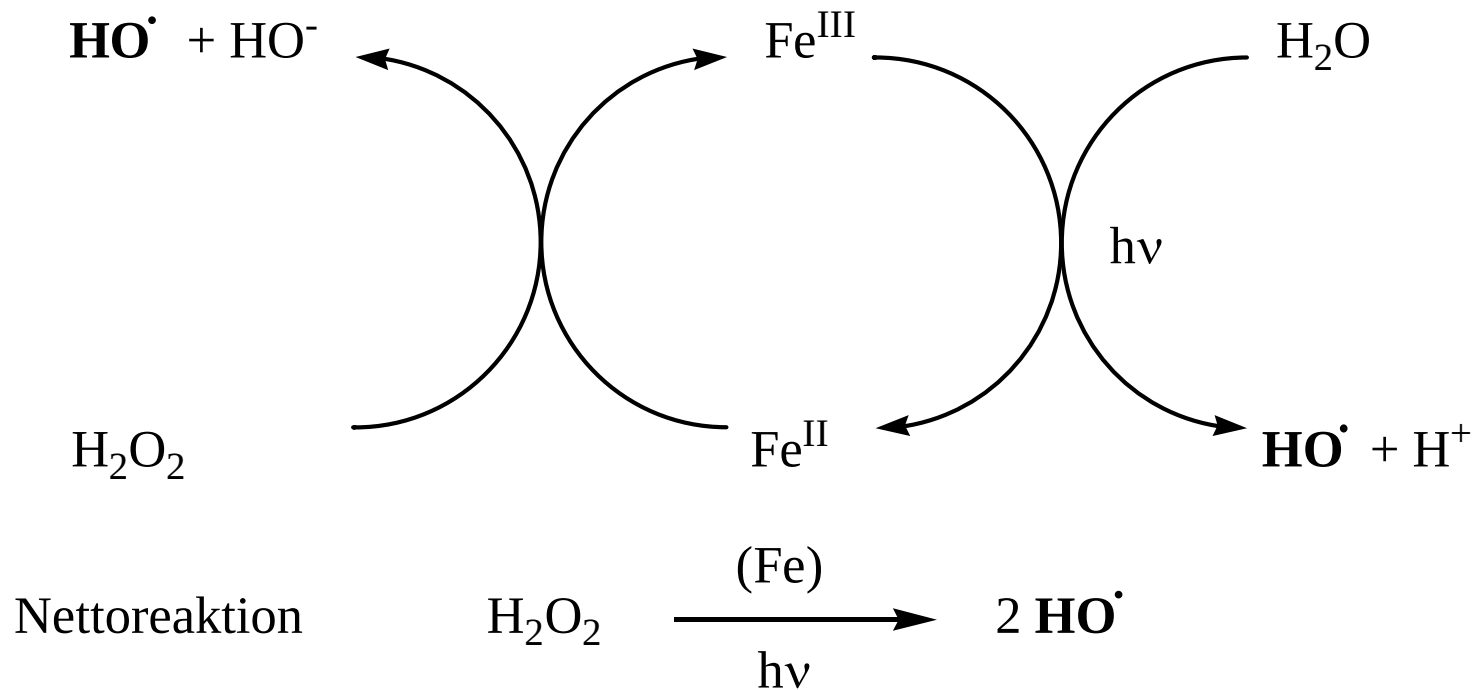


Randbedingungen:

Meist Titandioxid als Halbleiter, breiter pH-Bereich; als Oxidationsmittel genügt Luftsauerstoff; bei Halbleitersuspensionen: Katalysatorabtrennung nur zu ca. 90-95% mit wenig Aufwand möglich; Katalysatorbeschichtungen sind in der Entwicklung

Verfahren für eine solare Wasserbehandlung

Sonnenlicht verstärkte Fenton-Reaktion



Randbedingungen:

Schwach sauer (pH 3); Zusatz von Eisensalzen; Zusatz von Wasserstoffperoxid; relativ einfache Katalysatorabtrennung und -kreislaufführung

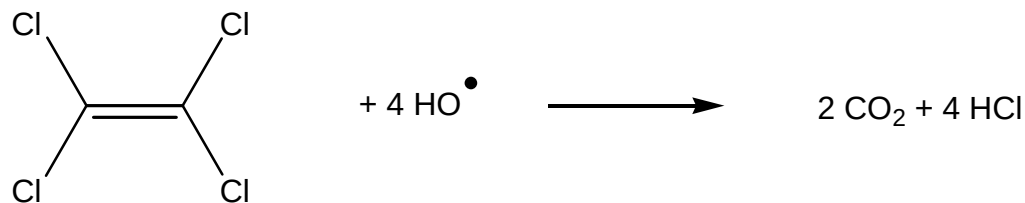
Wasserreinigung mit Sonnenlicht

Reinigende Wirkung von Photokatalyse

- Erzeugung potenter, kurzlebiger Oxidationsmittel (HO-Radikale etc.)
- Direkte Oxidation der Schadstoffe am Photokatalysator
- Photolyse von Eisenkomplexen der Schadstoffe oder deren Abbauprodukte
- Oxidation der Schadstoffe bis hin zur Überführung in (harmlose) Mineralstoffe
- Hoch reaktiv, unspezifische Wirkung

Beispiel:

Oxidation halogenierter Kohlenwasserstoffe zu Chlorid und Kohlendioxid





Wasserreinigung mit Sonnenlicht

Anwendungspotenzial

- Anorganische Stoffe
 - Hydrazin und Hydrazinderivate (aus Kühlkreisläufen, Korrosionsschutz, Kühlwässer aus Triebwerkstests)
 - Cyanid (vornehmlich aus der Metallgewinnung und –verarbeitung)
 - Nitrit u. a. oxidierbare Anionen
- Organische Stoffe
 - Anwendbar für eine Vielzahl von Verbindungen
 - Bspw. Pharmazeutika, Pflanzenschutzmittel u. a. chemische Wirkstoffe, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Aromaten (BTEX), Kraftstoffe, Farbstoffe, Geruchstoffe, ...
- Mögliche Einsatzfelder
 - Produktionswässer, Prozesswasser(-kreislaufführung), Grund- und Sickerwässer, Kläranlagenabläufe, Trinkwasseraufbereitung...

Solare Wasserreinigung für das DLR Lampoldshausen

Das Projekt SOWARLA

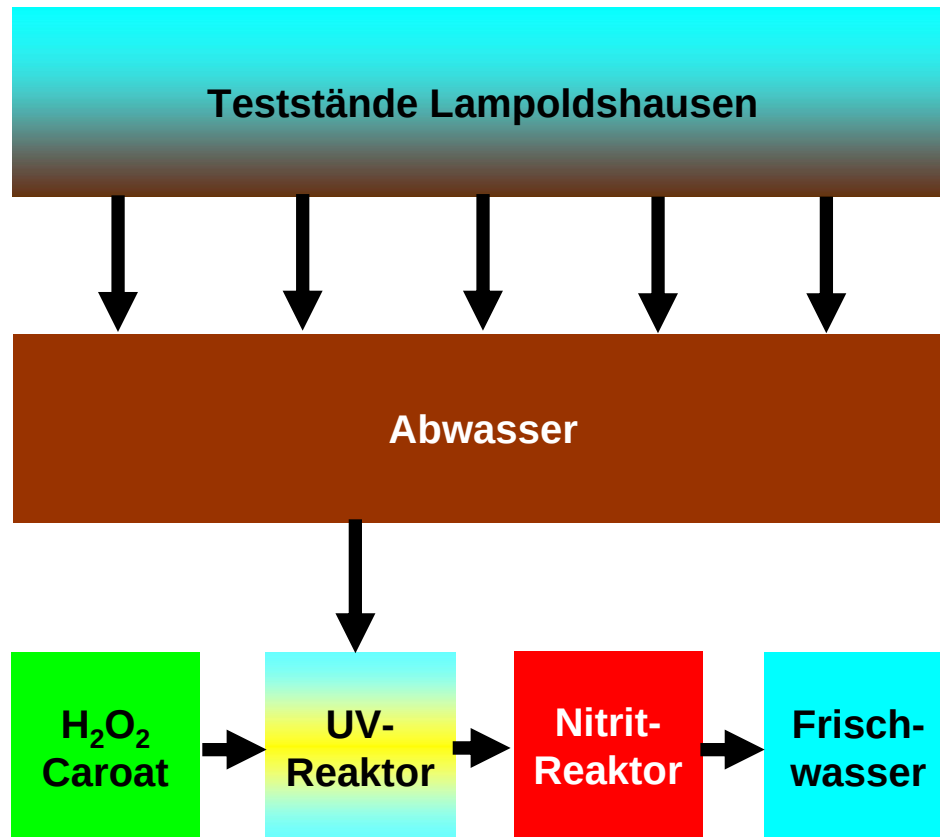
Aufbereitung von Kühlwasser aus Raketenantriebtests mit lagerfähigen Treibstoffen

- Cyanid 20 mg/l (GWK 0,1 mg/l)
(Messwerte ~0,1-5mg/l)
- Hydrazin 10 mg/l (GWK 0,1 mg/l)
(Messwerte ~0,1-20mg/l)
- Nitrit 30 mg/l (GWK 2 mg/l)
(Messwerte ~0,2-100mg/l)



Projekt SOWARLA – Motivation

Bisherige Abwasseraufbereitung in Lampoldshausen

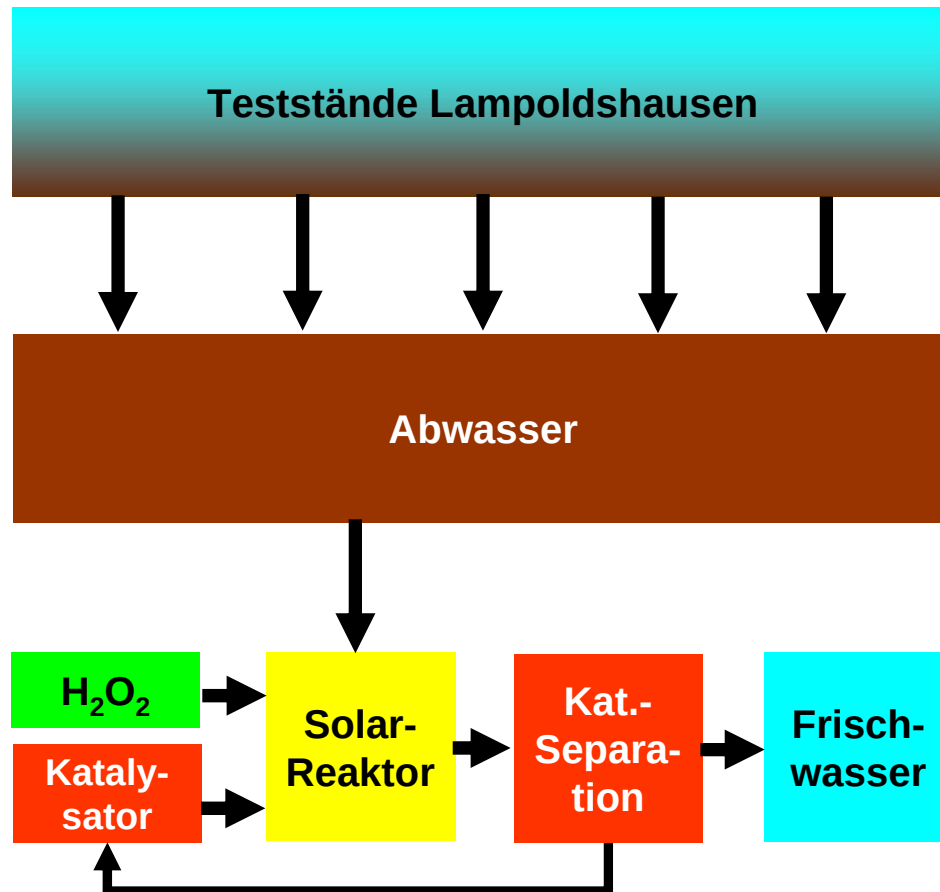


Jahresmittelwerte (2005-2007)

Abwassermenge	4.694 m ³
Caroot	433 kg
Wasserstoffperoxid (35%ig)	3843 kg
Schwefelsäure (38%)	8130 kg
Natronlauge (33%)	8474 kg
Verbrauchte Leuchtmittel	2
Aktivkohleersatz (für CSB)	1
Gesamtenergie	39 MWh

Projekt SOWARLA – Motivation

Solar unterstützte Aufbereitung in Lampoldshausen



Mögliche Einsparungen (photo-Fenton/Titandioxid- Photokatalyse)	
Abwassermenge	-
Caroat	100%
Wasserstoffperoxid (35%ig)	60% / 100%)
Schwefelsäure (38%)	60-70% / 90%
Natronlauge (33%)	60-70% / 90%
Verbrauchte Leuchtmittel	100%
Aktivkohleersatz (für CSB)	100%
Gesamtenergie	80-90% / ??



Projekt SOWARLA – Motivation und Ziel

➤ Motivation

- Verbesserung der Energieeffizienz
- Einsparung von Chemikalien
- Nutzung regenerativer Energie
- Entwicklung praktikabler Techniken und Verfahren

➤ Ziel

- Erweiterung der bestehenden UV-Oxidationsanlage um einen entlastenden solaren Anlagenteil zur Reinigung der bei den Raketenantriebtests in Lampoldshausen anfallenden Kühlwässer
- Demonstration und Optimierung in einem relevanten Maßstab

SOWARLA - Projektpartner

➤ DLR, Institut für Technische Thermodynamik

- Projektkoordination
- Receiver- & Verfahrensentwicklung

➤ Hirschmann Laborgeräte GmbH & Co. KG

- Receiverentwicklung und –fertigung

➤ KACO new energy GmbH & Co. KG

- Steuerung, Receiveraufständerung, Fluidtechnik, Installation
- Vertrieb

➤ DLR, Institut für Raumfahrtantriebe

- Betreiber

mit Unterstützung des TTZ, Lampoldshausen

und des Technologiemarketings des DLR (Technologie-Transfer-Projekt),

gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)



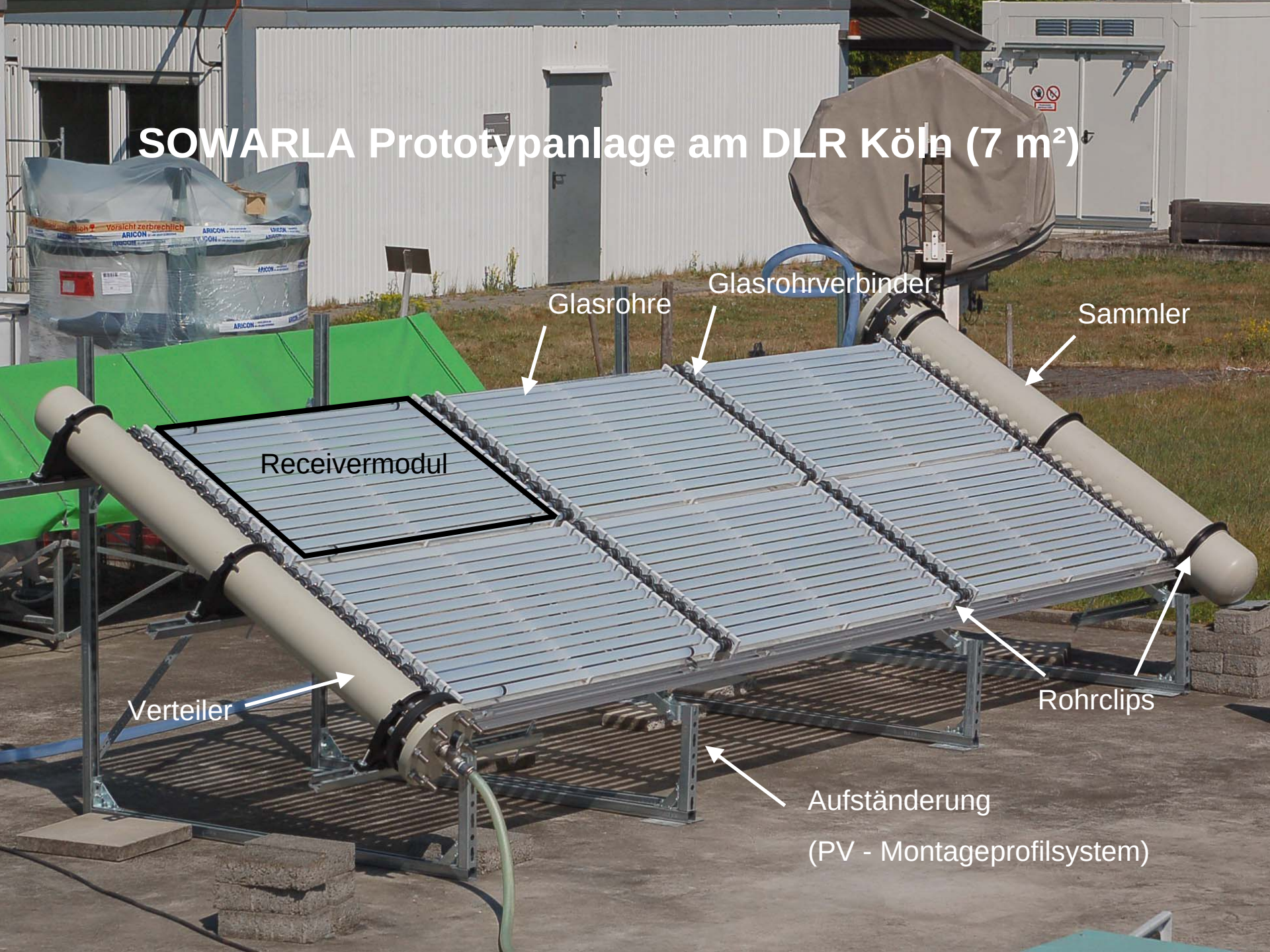


Technische Anforderungen

Solare Anlagen- und Verfahrenstechnik

- UV- und wetterresistente Materialien
- Korrosionsbeständigkeit (pH 2 bis pH 12)
- Kostengünstige, robuste und einfache Bauteile für den Solarreaktor
- Kostengünstiges Aufständersystem für den Solarreaktor
- Einfache Baustellenmontage
- Einfache Demontage und Ersatz einzelner Glasrohre und Module
- Schnelle Entleerung, schnelle Befüllung
- Effiziente Einkopplung solarer Strahlung, effiziente Wasserreinigung
- Anpassung des Anlagenbetriebs an die Wasserbelastung und das Einstrahlungsangebot
- Energiearm im Betrieb
- Kreislaufführung des Photokatalysators

SOWARLA Prototypanlage am DLR Köln (7 m²)



Glasrohre

Glasrohrverbinder

Sammler

Receivermodul

Verteiler

Rohrclips

Aufständigung

(PV - Montageprofilsystem)



Technische Entwicklung

SOWARLA Rohrreceiver Prototyp II, 7 m²

Eigenschaften

- Effiziente Umwandlung einfallender Photonen anhand guter Abbauleistungen demonstriert
- Schnelle Befüllung/Entleerung über parallele Beschickung aller Rohre
- Sehr geringer Druckverlust ($< 0,1$ bar, $Re < 10000$)
- Wenige, einfache und robuste Bauteile
- Vermeidung kostenintensiver Reflektoren
- Modularer Aufbau: einfache Montage und Wartung
- Skalierbarkeit

SOWARLA Pilotanlage am DLR Lampoldshausen

32 m² Receiver, 1 Strang à 20 m, Dachmontage

Wassersammler

Glasrohre

Receivermodul

Tragestruktur

Wasserverteiler





SOWARLA

Ergebnisse der Vorarbeiten

➤ Laboruntersuchungen

- Cyanid, Hydrazinderivate und Nitrit sehr gut mittels UV-A Strahlung und Photokatalysatoren eliminierbar;
insbesondere rascher Abbau mit photo-Fenton System; bei Nitrit-Abbau deutliche Einsparung von Säure durch höheren pH-Wert
- Eisenkatalysator zuverlässig sehr deutlich unter 0,1mg/l aus dem behandelten Wasser abtrennbar;
Guter Aktivitätserhalt bei der Kreislaufführung
- Titandioxid ohne Membranfiltration unter 5mg/l abtrennbar; für die Einleitung in eine Kläranlage akzeptabel, bei direkter Ausleitung in Vorfluter nicht ausreichend



SOWARLA

Ergebnisse der Vorarbeiten

- Prototypfeldversuche am DLR Zentrum Köln (7m²)
 - Bestätigung der guten Abbaubarkeit der Schadstoffe mittels Sonnenlicht verstärkter Fenton-Reaktion oder Titandioxid (in Trinkwasser als Matrix)
 - Bestätigung der Machbarkeit der Technik und des Verfahrens
 - Hochrechnung lässt deutliche Betriebsmitteleinsparungen erkennen



SOWARLA

Ergebnisse der Vorarbeiten

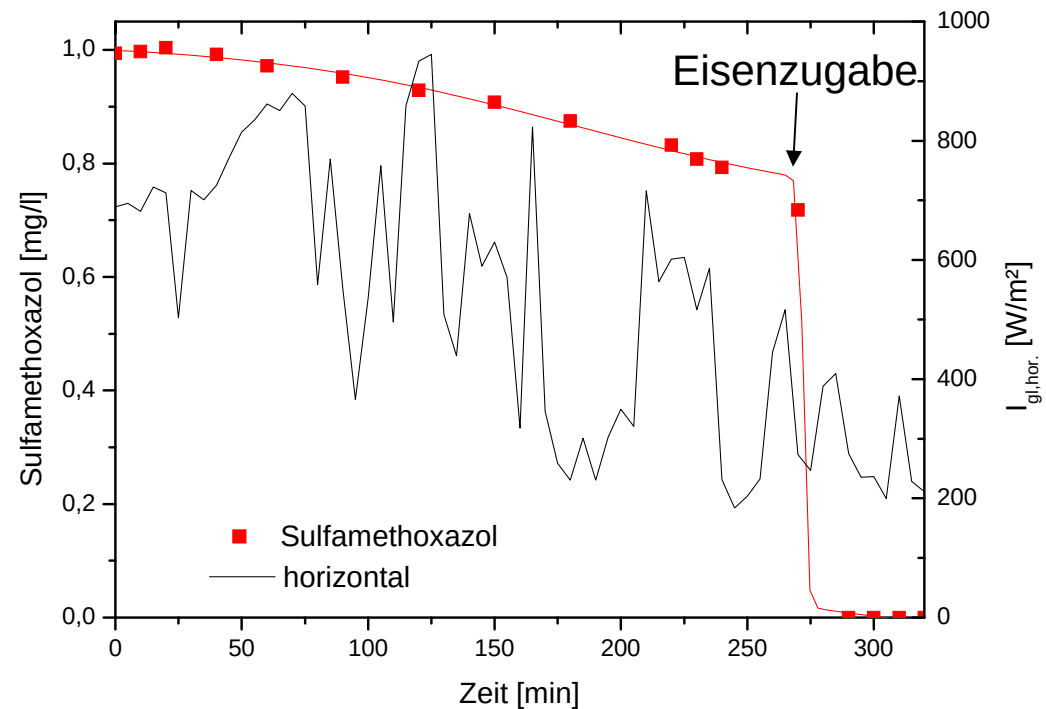
- Pilotfeldversuche am DLR Zentrum Lampoldshausen (32m²)
 - Bestätigung der Abbaubarkeit der Schadstoffe in der realen Matrix
 - Titandioxid besser abzutrennen als im Labor (Kalkgehalt erfordert Arbeiten bei pH < 7)
- Auswahl des photo-Fenton-Systems für die Demonstrationsanlage wegen wesentlich höherem Durchsatz und besserer Abtrennung des Katalysators

SOWARLA

Untersuchung weiterer Anwendungen (Prototypanlage)

Persistente Stoffe: Bspw. Antibiotikum

- 1,0mg/l Sulfamethoxazol
- 20mg/l Eisen, Fe^{2+} (Photokat.)
- 23mg/l Wasserstoffperoxid
- 140 Liter Wasser
- Reinigung in <10min vollständig





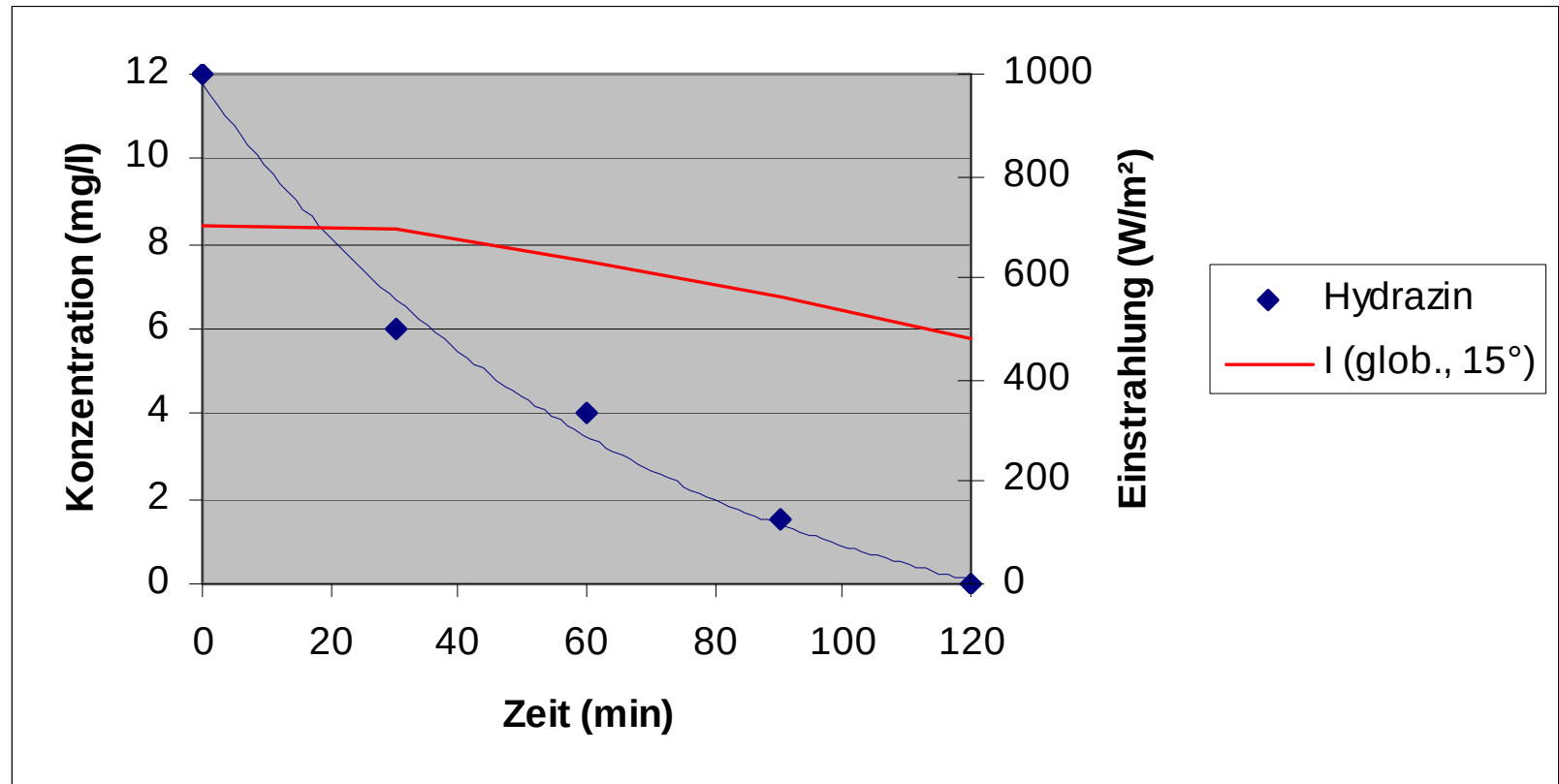
SOWARLA Demonstrationsanlage, Lampoldshausen

240 m² Receiver, 1 Strang à 50 m



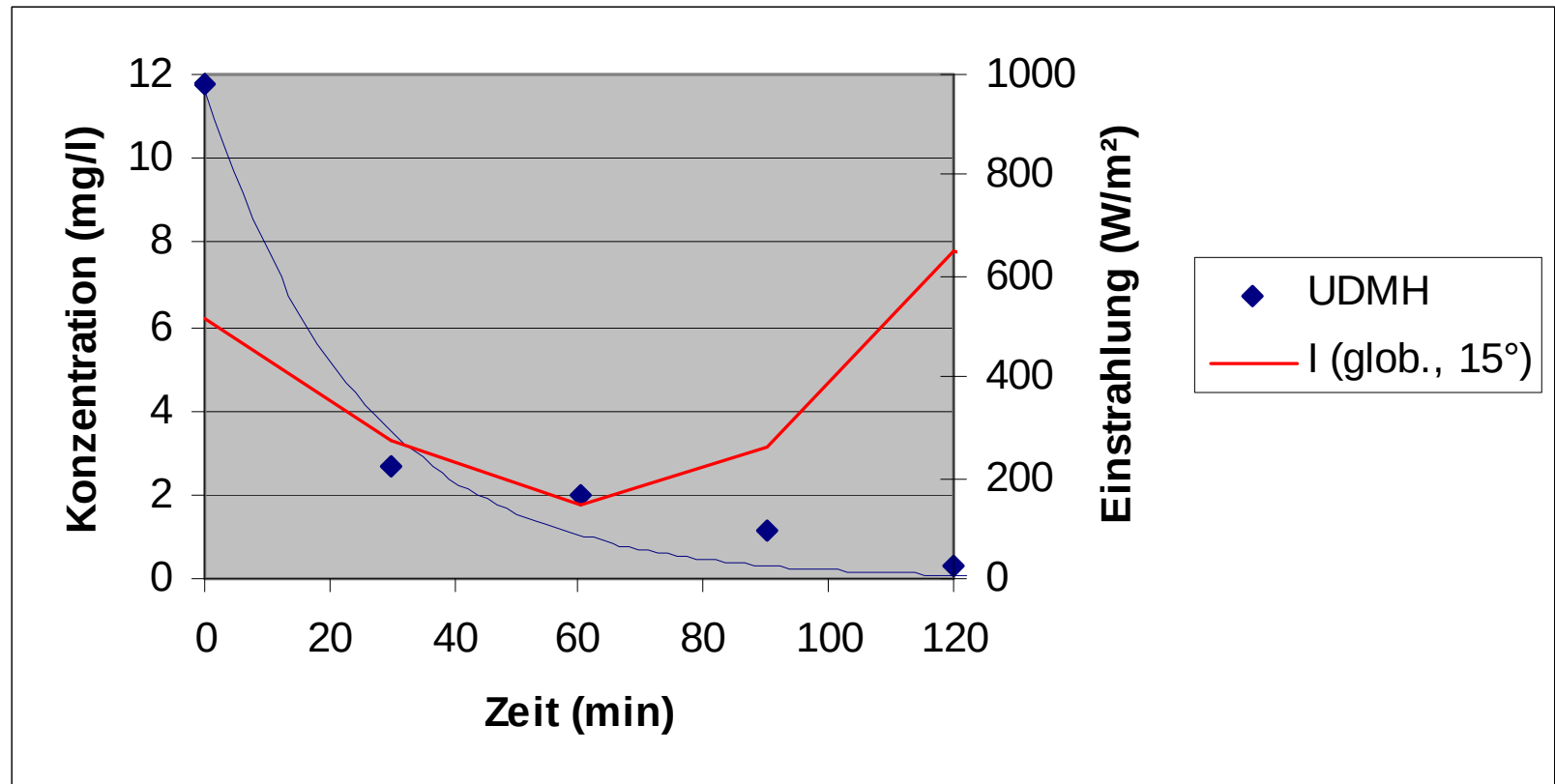
Ergebnisse SOWARLA Demonstrationsanlage

Behandlung von 4.000 Litern mit photo-Fenton Reaktion



Ergebnisse SOWARLA Demonstrationsanlage

Behandlung von 4.000 Litern mit photo-Fenton Reaktion



Ergebnisse SOWARLA Demonstrationsanlage

Vergleich der UV-Oxidation mit der SOWARLA-Technik

€/m ³	UV	SOWARLA Demoanlage	rel. zu UV
Wasserstoffperoxid	0,480	0,111	23%
Schwefelsäure	0,550	0,039	7%
Natronlauge	0,770	0,014	2%
Elektrische Energie	0,990	0,066	7%

- Beträchtliche Einsparung von Chemikalien und Energie (zzgl. weniger Aktivkohle und Lampenaustausch)
- Geringeres Risikopotenzial (niedrige Temperaturen, geringe Durchflüsse bzw. Drücke, keine UV-C-Strahlung, keine Hochspannung) gestattet leichter Automation und selbstständigen Betrieb
 - Zusätzliche Einsparungen bei den Arbeitskosten erwartet



SOWARLA

Ausblick und Transfer

➤ Status

- Inbetriebnahme und Test- und Qualifizierungsphase im September/Oktober erfolgt
- Aufnahme des Routinebetriebs Frühjahr 2010

➤ Qualifizierung weiterer Anwendungen

- Sanierung Grundwasserschäden: Perchlorethen (PCE)
 - Prozesswässeraufbereitung: Abluftwäscherlauge Nylonveredlung
 - Pharmazeutische Wirkstoffe: Antibiotika, Röntgenkontrastmittel
 - Vorbehandlung für Kleinkläranlagen: Abbau TOC/CSB
- Verfügbarkeit für die Anwendung über KACO new energy