



Wasserbehandlung

Nachhaltige Technologie für den Umweltschutz

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Basiswissen
Kläranlage

04

Grundverfahren der Wasserbehandlung

Im Bereich Wasser liegt der Fokus auf der Wasserbehandlung. Ziel der Wasserbehandlung ist es stets, bestimmte Inhaltsstoffe aus dem Wasser zu entfernen. Dies kann dazu dienen, Abwasser vor der Einleitung in ein Gewässer zu reinigen, also die Umwelt zu schützen. Aus Sicht des Umweltschutzes stellt die Sanierung von kontaminiertem Grundwasser und Deponiesickerwasser ein weiteres breites Anwendungsbeispiel dar. Ziel der Wasserbehandlung kann es aber auch sein, Wasser für einen bestimmten Zweck nutzbar zu machen, wie z. B. bei der Trinkwasseraufbereitung.

Unabhängig vom Anwendungsfall stehen für die Wasserbehandlung eine Reihe von Grundverfahren zur Verfügung, die klassischerweise in drei Gruppen unterteilt werden.

Für die wichtigsten Grundverfahren finden Sie in diesem Kapitel jeweils ein Lehrgerät, mit dem sich alle wesentlichen Aspekte des jeweiligen Verfahrens anschaulich verdeutlichen und erlernen lassen.

Wasserbehandlungsanlagen sind in der Regel mehrstufig aufgebaut und stellen eine Kombination verschiedener Grundverfahren dar. Daher bieten wir Ihnen auch zwei Geräte an, um die komplexen Vorgänge einer mehrstufigen Wasserbehandlung verdeutlichen zu können.

Mechanische Wasserbehandlung

Basiswissen

Mechanische Wasserbehandlung

06

HM 142

Sedimentation in Absetzbecken

08

CE 587

Druckentspannungsflotation

10

CE 588

Demonstration der Druckentspannungsflotation

12

CE 579

Tiefenfiltration

14

Biologische Wasserbehandlung

Basiswissen

Biologische Wasserbehandlung

16

CE 705

Belebtschlammverfahren

18

CE 704

SBR-Verfahren

20

CE 701

Biofilmverfahren

22

CE 730

Airlift-Reaktor

24

CE 702

Anaerobe Wasserbehandlung

28

Physikalisch / chemische Wasserbehandlung

Basiswissen

Physikalisch/chemische Wasserbehandlung

30

CE 583

Adsorption

34

CE 530

Umkehrosmose

36

CE 300

Ionenaustausch

37

CE 586

Fällung und Flockung

38

CE 584

Erweiterte Oxidation

40

Mehrstufige Wasserbehandlung

Kombinierte Grundverfahren

Basiswissen

Mehrstufige Wasserbehandlung

42

CE 581

Wasserbehandlung Anlage 1

44

CE 582

Wasserbehandlung Anlage 2

46

Basiswissen Kläranlage

Umweltschutz durch Abwasserreinigung

Leitet man ungereinigtes Abwasser in ein Gewässer ein, bauen Mikroorganismen die darin enthaltenen organischen Stoffe unter hohem Sauerstoffverbrauch ab. Dadurch kommt es zum Sauerstoffmangel im Gewässer, wodurch das ökologische Gleichgewicht gestört wird. Um dies zu verhindern, muss Abwasser zuvor in Kläranlagen gereinigt werden. Wichtigster Bestandteil einer Kläranlage ist die biologische Reinigung durch Mikroorganismen. Die natürlichen Abbauprozesse werden also vom Gewässer in eine technische Anlage verlagert, wo sie unter kontrollierten und optimierten Bedingungen ablaufen.

Mechanische Reinigung

Zunächst erfolgt eine mechanische Reinigung des Abwassers. Ziel dabei ist es, Feststoffe aus dem Wasser zu entfernen. Ein Rechen befreit das Abwasser zunächst von groben Feststoffen, wie z.B. Textilien, Papier und Plastiktüten. Im darauf folgenden Sandfang werden mineralische Feststoffe, wie z.B. mitgeführter Sand durch Sedimentation abgetrennt. Organische Feststoffe, wie z.B. Speisereste werden in der Vorklärung ebenfalls durch Sedimentation abgetrennt.



Biologische Reinigung

Nach der mechanischen Behandlung enthält das Abwasser fast ausschließlich gelöste Stoffe. Diese gelösten Stoffe werden in der biologischen Reinigung durch Mikroorganismen biologisch abgebaut. Das dabei am häufigsten eingesetzte Verfahren ist das aerobe Belebtschlammverfahren. In dieser Behandlungsstufe erfolgt eine Belüftung des Abwassers, um die Mikroorganismen (Belebtschlamm) mit Sauerstoff zu versorgen. Da der Belebtschlamm im Belebungsbecken suspendiert ist, wird mit dem Abwasserstrom auch Belebtschlamm kontinuierlich ausgetragen. Im Nachklärbecken wird der ausgetragene Belebtschlamm mechanisch (in der Regel durch Sedimentation) vom gereinigten Wasser abgetrennt. Ein Teil des abgetrennten Belebtschlammes wird als Rücklaufschlamm wieder zurück ins Belebungsbecken geführt. Ohne Rücklaufschlamm ist ein stabiler Betrieb der biologischen Reinigung nicht möglich. Wenngleich die Nachklärung eigentlich ein mechanischer Prozess ist, zählt man sie daher dennoch zur biologischen Reinigung.

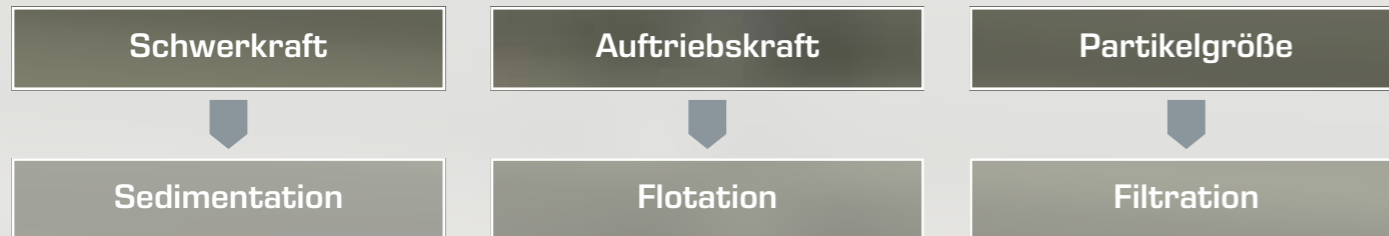
Schlammbehandlung

Den nicht zurück geführten Anteil des in der Nachklärung abgetrennten Schlammes bezeichnet man als Überschussschlamm bzw. Sekundärschlamm. Überschussschlamm und der Schlamm aus der Vorklärung (Primärschlamm) enthalten überwiegend organische Bestandteile und stellen ein Abfallprodukt der Abwasserreinigung dar. Für diese Schlämme (Klärschlamm) ist daher eine separate Behandlung erforderlich. Dies erfolgt in der Regel in Faultürmen, wo der Klärschlamm unter anaeroben Bedingungen ausfault. Ausgefaulter Klärschlamm kann anschließend z.B. als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden.



Basiswissen Mechanische Wasserbehandlung

Feststoffe können in Anlagenkomponenten, wie z.B. Rohrleitungen und Armaturen, leicht zur Verstopfung führen. In mehrstufigen Wasserbehandlungsanlagen erfolgt daher in der Regel zunächst eine Feststoffentfernung mit mechanischen Verfahren. Bei mechanischen Verfahren werden die Feststoffe weder physikalisch noch chemisch verändert. Es findet lediglich eine Abtrennung der Feststoffe von der flüssigen Phase (Wasser) statt. Dies kann nach folgenden drei Grundprinzipien erfolgen:



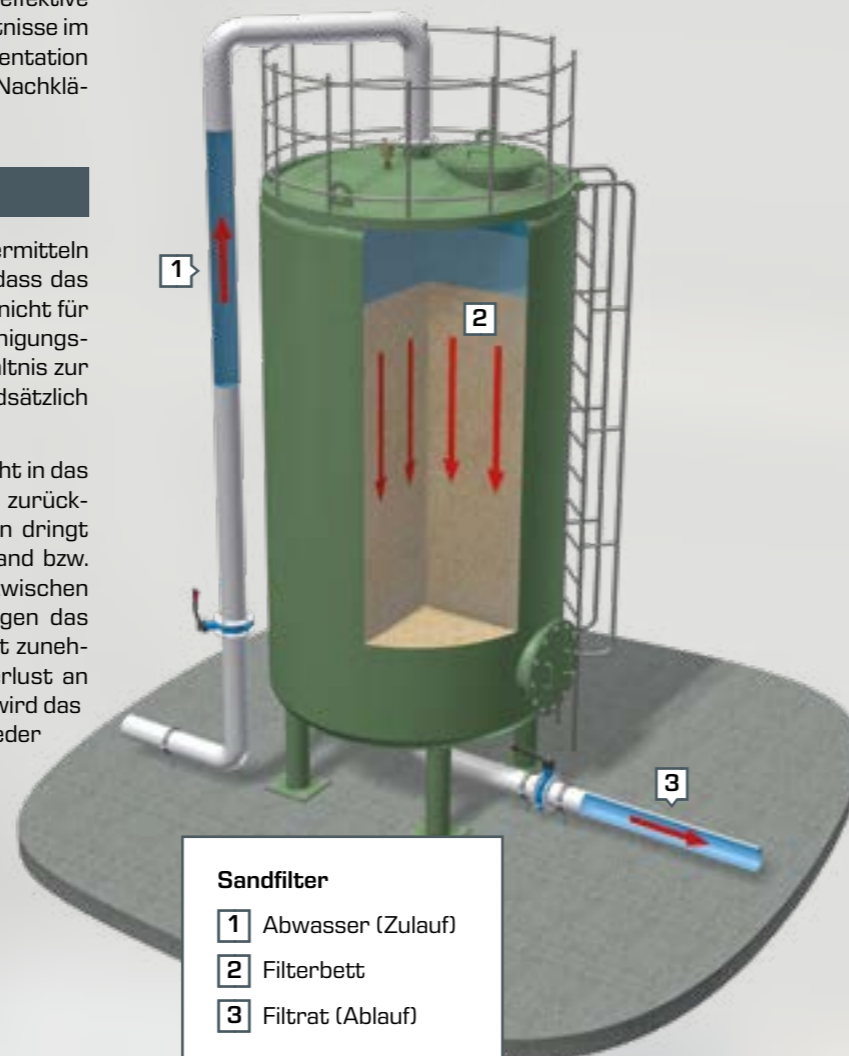
Sedimentation

Die einfachste Möglichkeit, Feststoffe abzutrennen stellt die Sedimentation dar. In dem Absetzbecken sinken die Feststoffpartikel aufgrund der Schwerkraft zu Boden und können dann mit Schlammräumern leicht entfernt werden. Für eine effektive Sedimentation sind möglichst ruhige Strömungsverhältnisse im Absetzbecken erforderlich (keine Turbulenz). Die Sedimentation wird vor allem auf Kläranlagen bei der Vorklärung und Nachklärung eingesetzt.

Filtration

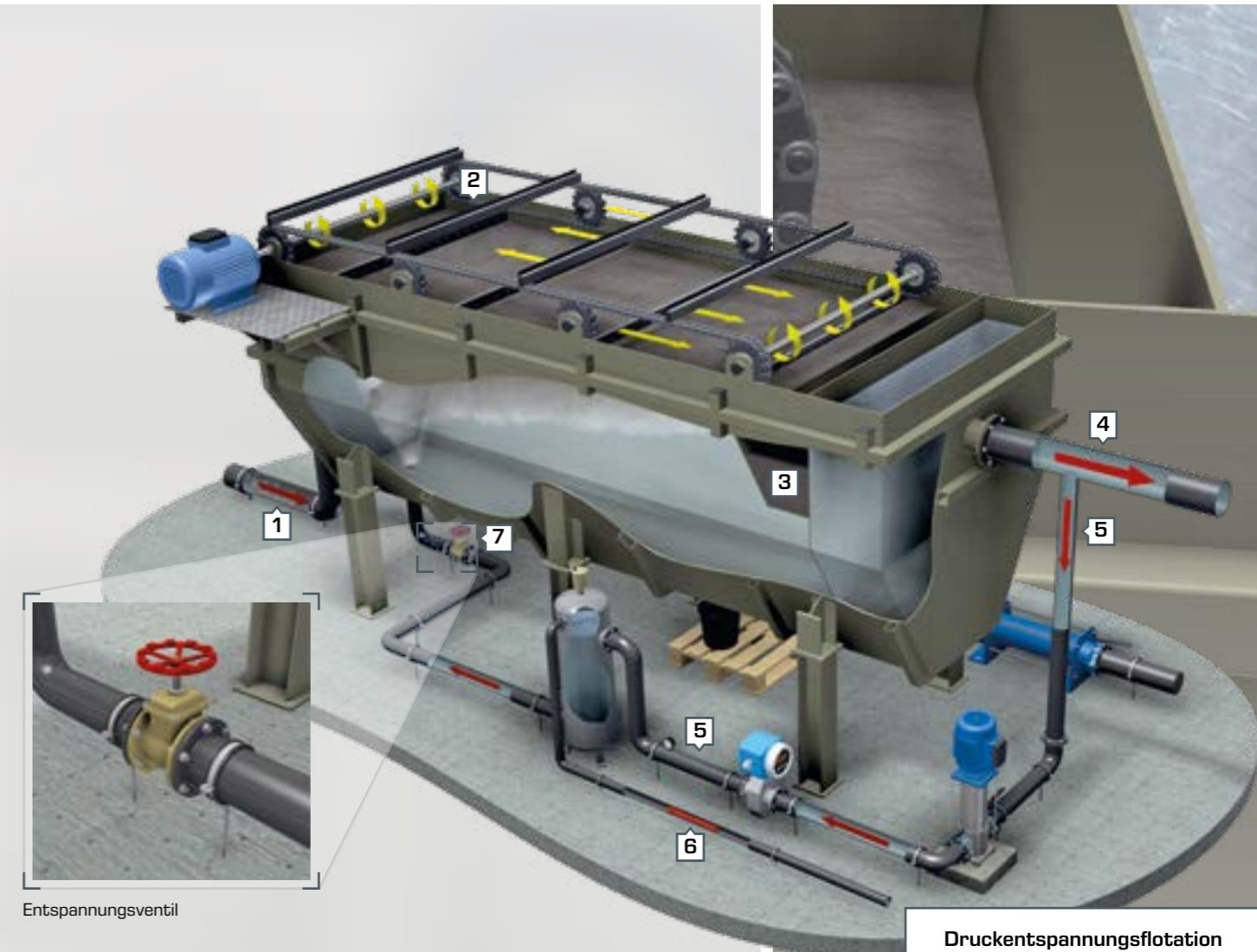
Bei der Filtration werden die Feststoffe von porösen Filtermitteln zurückgehalten. Eine effektive Filtration setzt voraus, dass das Filtermittel nur für die flüssige Phase (Wasser), jedoch nicht für die Feststoffe durchlässig ist. Maßgebend für den Reinigungserfolg ist also die Partikelgröße der Feststoffe im Verhältnis zur Porengröße des Filtermittels. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Oberflächenfiltration und Tiefenfiltration.

Bei der **Oberflächenfiltration** dringen die Feststoffe nicht in das Filtermittel ein, sondern werden an seiner Oberfläche zurückgehalten (Siebeffekt). Bei der **Tiefenfiltration** hingegen dringt das Abwasser in das Filtermittel (z.B. Festbett aus Sand bzw. Kies) ein. Die Feststoffe werden in den Hohlräumen zwischen den einzelnen Sandkörnern zurückgehalten, wohingegen das Wasser das Festbett ungehindert passiert (Filtrat). Mit zunehmender Beladung des Festbettes steigt der Druckverlust an und der Durchfluss nimmt ab. Durch eine Rückspülung wird das Festbett wieder gereinigt, so dass der Druckverlust wieder abnimmt.



Sandfilter

- 1 Abwasser (Zulauf)
- 2 Filterbett
- 3 Filtrat (Ablauf)



Entspannungsventil

Flotation

Feststoffe mit geringen Sinkgeschwindigkeiten lassen sich durch Sedimentation nicht effektiv abtrennen, weil hierfür sehr große Absetzbecken erforderlich wären. In diesem Fall stellen Flotationsverfahren eine sinnvolle Alternative dar. Das Grundprinzip ist dabei stets gleich: Gasblasen haften sich von unten an die Feststoffe und treiben die Feststoffe an die Wasseroberfläche. An der Wasseroberfläche können die flotierten Feststoffe dann mit speziellen Räumern entfernt werden. Flotationsverfahren unterscheiden sich hauptsächlich in der Art, wie die Gasblasen erzeugt werden.

Bei der Wasserbehandlung ist die **Druckentspannungsflotation** das am häufigsten eingesetzte Flotationsverfahren. Dabei wird ein Teilstrom des gereinigten Wassers unter Druck mit Luft gesättigt. Das luftgesättigte Wasser wird dann wieder zurück zum Einlaufbereich des Flotationsbeckens geleitet (Zirkulation). Vor dem Eintritt in das Flotationsbecken befindet sich ein Entspannungsventil, wodurch sich das Wasser plötzlich wieder auf atmosphärischen Druck entspannt. Durch diese Entspannung perlt die gelöste Luft unter Bildung feiner Blasen aus.

Druckentspannungsflotation

- 1 Abwasser
- 2 Schlammräumer
- 3 abgetrennter Schlamm
- 4 gereinigtes Wasser
- 5 Zirkulation
- 6 Druckluft
- 7 Entspannungsventil

HM 142

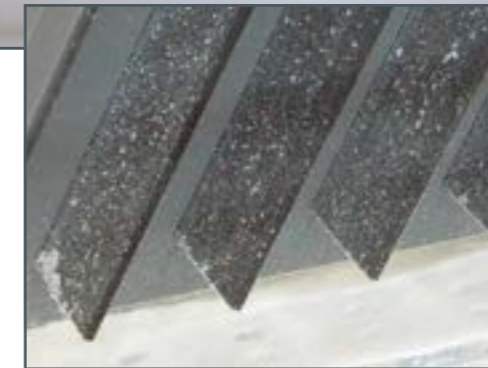
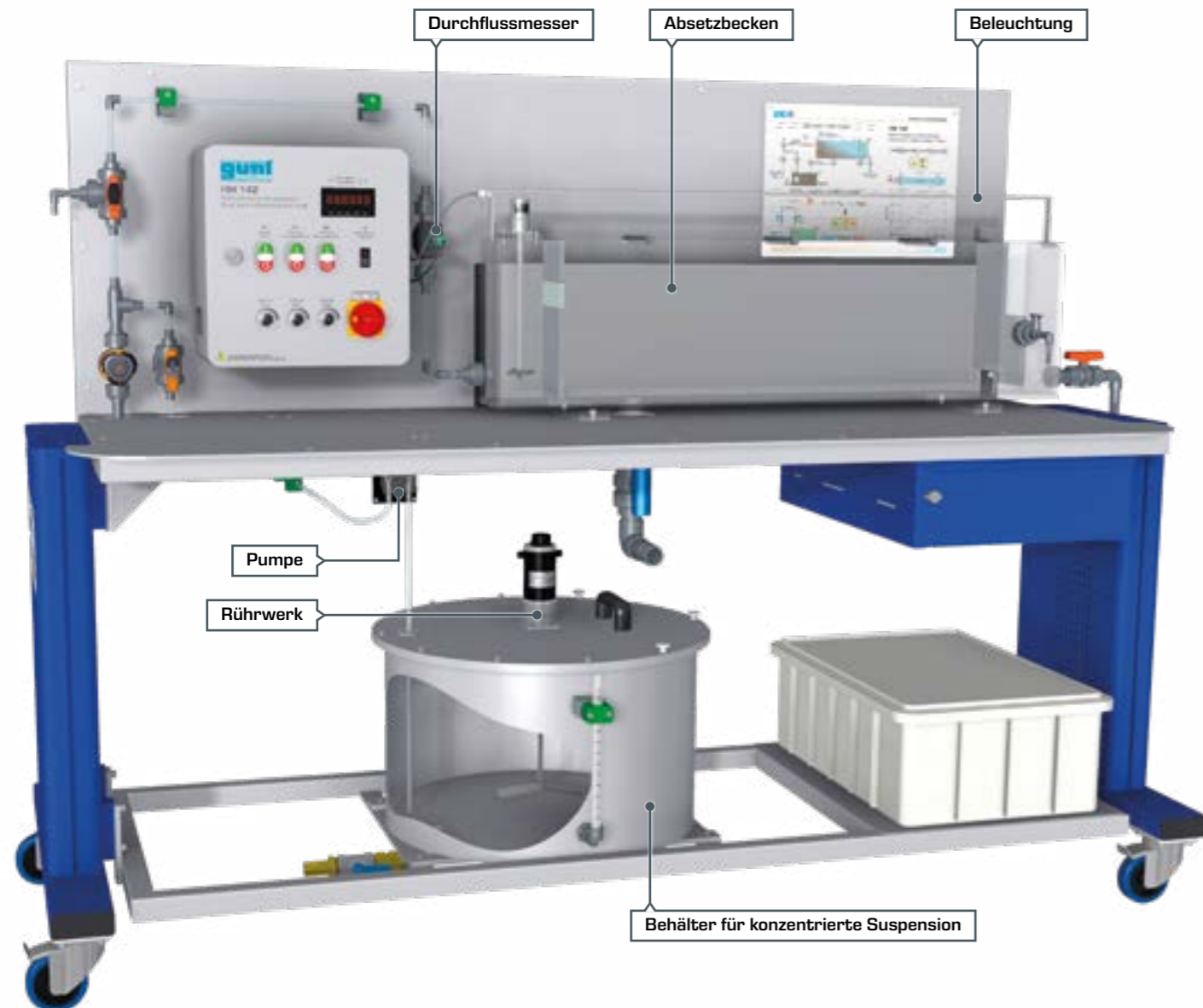
 Sedimentation
in Absetzbecken

Die Sedimentation ist die einfachste Methode, um Feststoffpartikel aus einer flüssigen Phase abzutrennen. Daher ist dieses Verfahren in der Wasserbehandlung sehr verbreitet. Mit diesem Gerät können die Grundlagen dieses Trennverfahrens sehr anschaulich vermittelt werden. Im Fokus steht hierbei vor allem die Bestimmung der maximal möglichen, hydraulischen Oberflächenbelastung.

Großen Wert haben wir auf die visuelle Beobachtung des Sedimentationsprozesses gelegt. Daher werden überwiegend transparente Materialien verwendet. Ferner ist das Absetzbecken mit einer Beleuchtung ausgestattet.

Das Rohwasser wird durch Mischung einer konzentrierten Suspension mit Frischwasser hergestellt. Je nach Mischungsverhältnis erhält man so ein Rohwasser mit der gewünschten Feststoffkonzentration. Ein Rührwerk im Einlaufbereich des Absetzbeckens verhindert, dass die Feststoffe bereits vor dem Eintritt in die Versuchsstrecke sedimentieren. Der Wasserstand in dem Absetzbecken ist stufenlos einstellbar.

Vervollständigt wird das Gerät durch eine Lamelleneinheit, die Sie optional in das Absetzbecken einsetzen können. Je nach Farbe der verwendeten Schmutzstoffe stehen weiße und schwarze Lamellen zur Verfügung.



Durch die Verwendung transparenter Materialien und einer Beleuchtung lassen sich der Sedimentationsprozess und die Strömungsverhältnisse sehr gut beobachten.



Optional einsetzbare Lamelleneinheit

Zum Produkt:



Lerninhalte
<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundprinzip zur Abtrennung von Feststoffen aus Suspensionen in einem Absetzbecken ■ Bestimmung der hydraulischen Oberflächenbelastung ■ Einfluss folgender Parameter auf den Trennprozess: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Feststoffkonzentration ▶ Durchfluss ▶ Strömungsgeschwindigkeit im Einlauf ▶ Wasserstand im Absetzbecken ■ Untersuchung der Strömungsverhältnisse ■ Einfluss von Lamellen auf den Sedimentationsprozess

CE 587

Druckentspannungsflotation

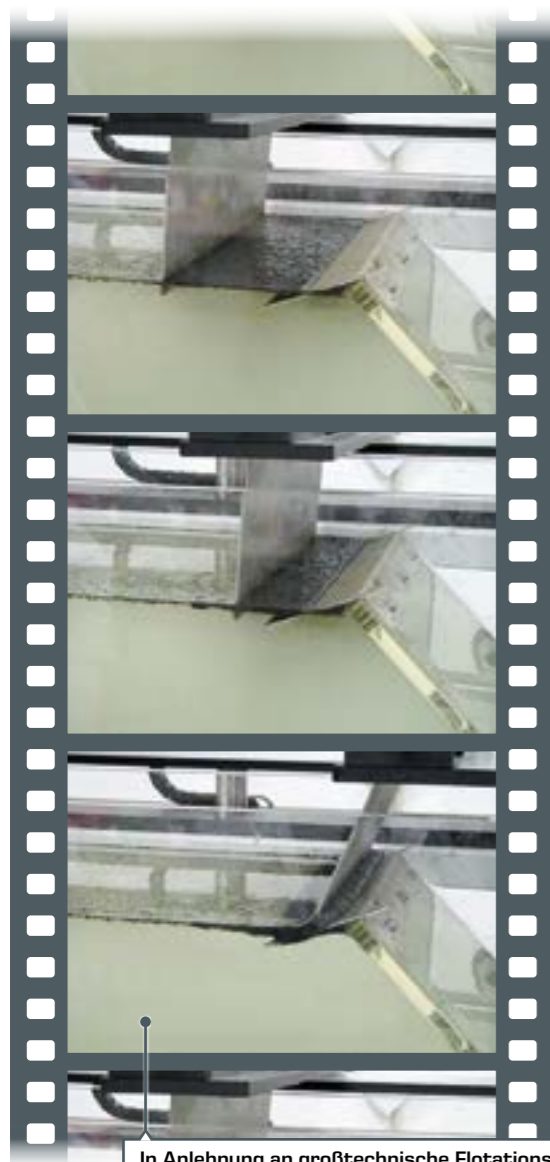
Feststoffentfernung durch Auftrieb

Neben der Sedimentation stellt die Flotation ein weiteres bei der Wasserbehandlung oft eingesetztes Verfahren zur Entfernung von Feststoffen dar. Dabei ist die Druckentspannungsflotation das am häufigsten eingesetzte Flotationsverfahren.

Versuche mit großem Praxisbezug

Mit unserem Lehrgerät CE 587 können Sie alle wesentlichen Aspekte dieses Verfahrens untersuchen. Um einen hohen Praxisbezug herzustellen, haben wir bei der Entwicklung dieses Gerätes großen Wert auf eine möglichst hohe Realitätsnähe gelegt.

Das Gerät besteht aus einer Versorgungseinheit und einem Versuchsstand. Zunächst erfolgt eine Vorbehandlung des Rohwassers durch Flockung. Anschließend werden die Flocken im Flotationsbecken mittels kleiner Luftblasen an die Wasseroberfläche befördert. Mit einem elektrisch angetriebenen Räumern können Sie die Wasseroberfläche von dem Flotat befreien. Viele der verwendeten Komponenten, wie z.B. magnetisch-induktive Durchflussaufnehmer und Dosierpumpen kommen auch in großtechnischen Anlagen zum Einsatz. Durch die Verwendung transparenter Materialien können Sie alle wichtigen Prozessschritte optimal beobachten.



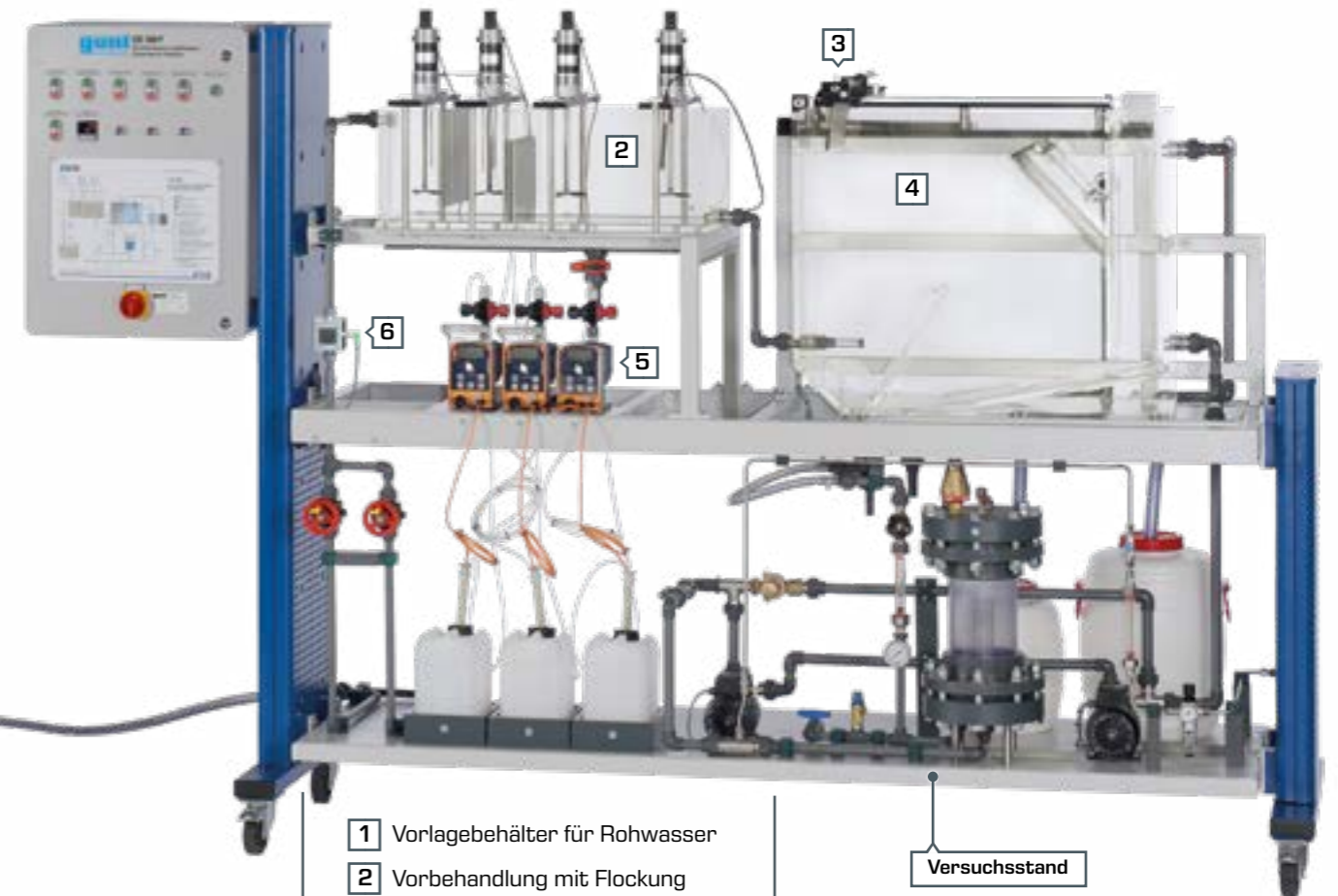
In Anlehnung an großtechnische Flotationsanlagen ist CE 587 mit einem elektrisch angetriebenen Räumern ausgestattet, der die flotierte Feststoffe von der Wasseroberfläche entfernt.



Versorgungseinheit



Standard bei GUNT: Einsatz hochwertiger, industrieller Komponenten, wie z.B. professionelle Dosierpumpen



- 1 Vorlagebehälter für Rohwasser
- 2 Vorbehandlung mit Flockung
- 3 elektrisch angetriebener Räumern
- 4 Flotationsbecken
- 5 Dosierpumpen
- 6 magnetisch-induktiver Durchflussmesser

Versuchsstand

Lerninhalte	
■	Funktionsweise der Druckentspannungsflotation
■	Herstellung eines stabilen Betriebszustandes
■	Einfluss der Flockungsmittelkonzentration
■	Bestimmung der hydraulischen Oberflächenbelastung (Steiggeschwindigkeit)

Zum Produkt:



CE 588

Demonstration der Druckentspannungsflotation

Druckentspannungsflotation anschaulich demonstriert

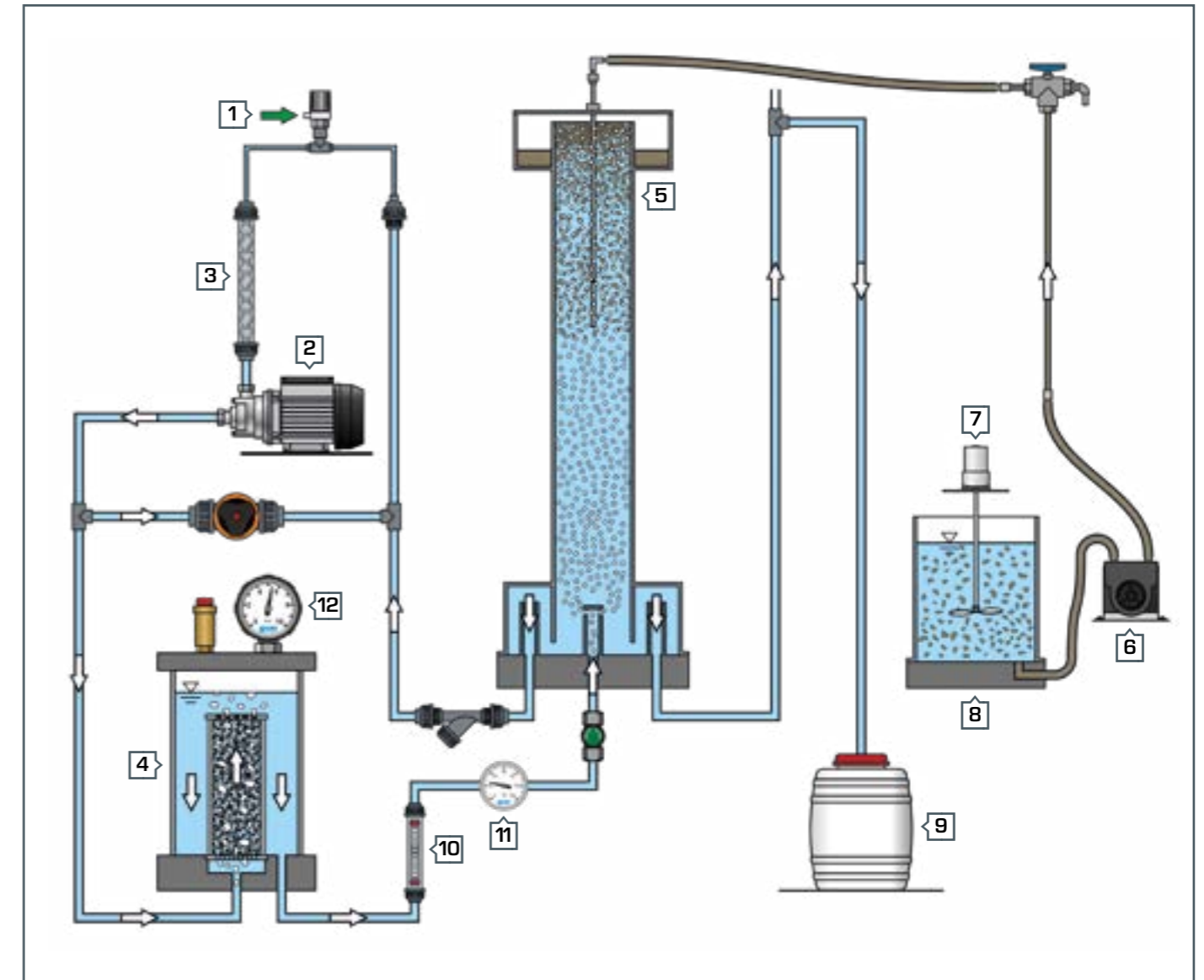
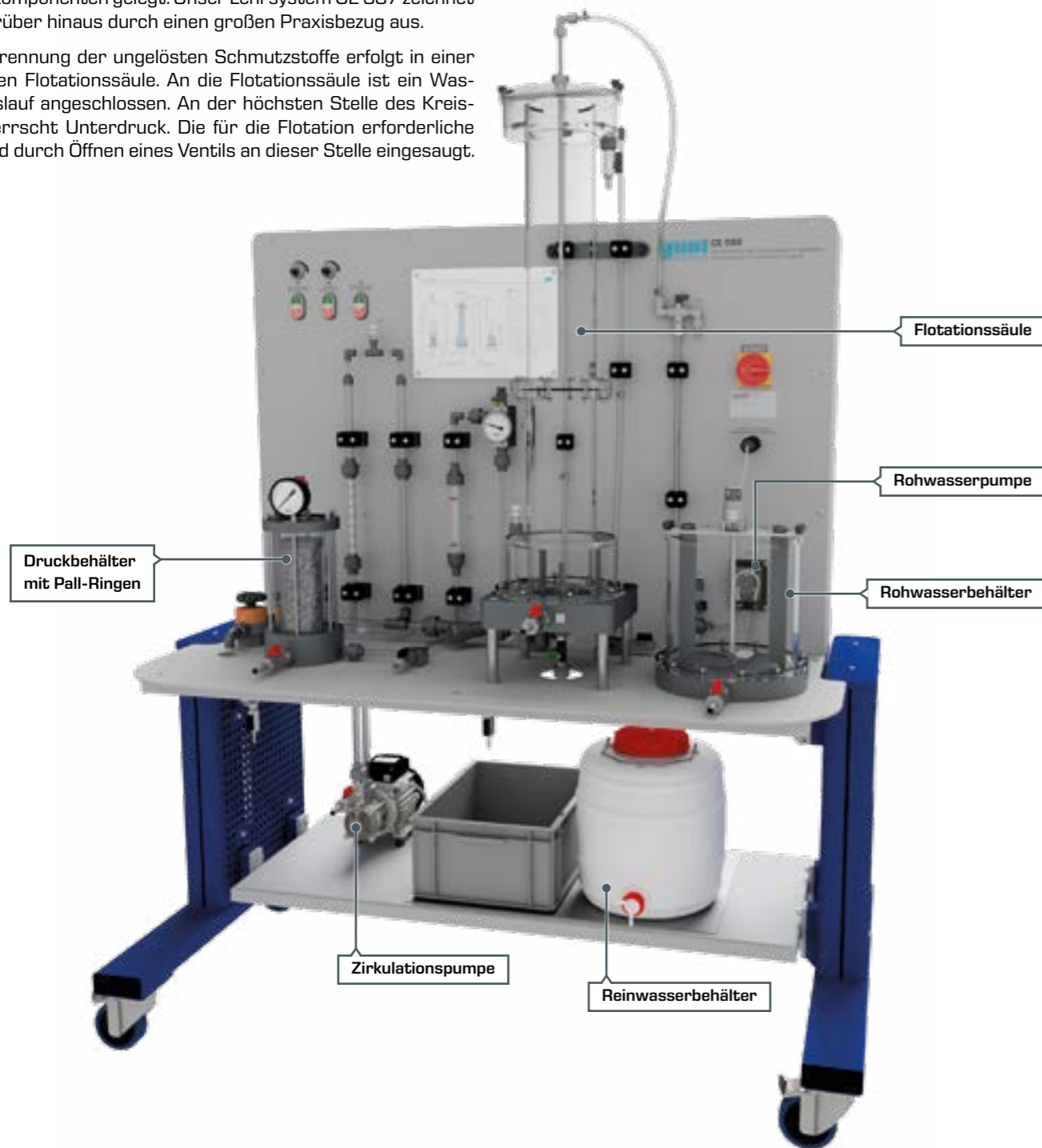
Bei der Flotation werden die abzutrennenden Feststoffe durch kleine Gasbläschen an die Wasseroberfläche befördert. Das am häufigsten eingesetzte Verfahren ist die sogenannte Druckentspannungsflotation. Grundlage dieses Verfahrens ist, dass die Löslichkeit von Luft in Wasser mit zunehmendem Druck steigt.

Der Schwerpunkt dieses kompakten Versuchsstandes liegt auf der grundlegenden Funktionsweise und auf der Visualisierung des Prozesses. Daher haben wir weitgehend transparente Materialien verwendet und großen Wert auf einfach zu bedienende Komponenten gelegt. Unser Lehrsystem CE 587 zeichnet sich darüber hinaus durch einen großen Praxisbezug aus.

Die Abtrennung der ungelösten Schmutzstoffe erfolgt in einer vertikalen Flotationssäule. An die Flotationssäule ist ein Wasserkreislauf angeschlossen. An der höchsten Stelle des Kreislaufs herrscht Unterdruck. Die für die Flotation erforderliche Luft wird durch Öffnen eines Ventils an dieser Stelle eingesaugt.

Unter Druck löst sich die Luft in dem Wasser und gast nach Entspannung im unteren Bereich der Flotationssäule in Form kleiner Bläschen aus. Ein mit Pall-Ringen gefüllter Druckbehälter gewährleistet eine ausreichend hohe Verweildauer zum Lösen der Luft und die Abtrennung nicht gelöster Luft vor dem Eintritt in die Flotationssäule.

Selbstverständlich erhalten Sie auch zu diesem Gerät umfangreiches didaktisches Begleitmaterial, das Sie schnell mit der Bedienung des Gerätes vertraut macht.



- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1 Luft | 7 Rührwerk |
| 2 Zirkulationspumpe | 8 Rohwasserbehälter |
| 3 statischer Mischer | 9 Reinwasserbehälter |
| 4 Druckbehälter | 10 Durchflussmesser |
| 5 Flotationssäule | 11 Thermometer |
| 6 Rohwasserpumpe | 12 Manometer |

- | Lerninhalte | |
|-------------|---|
| ■ | Funktionsweise der Druckentspannungsflotation |
| ■ | Lösen von Gasen in Flüssigkeiten: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Gesetz von Henry ▶ Gesetz von Dalton |

Zum Produkt:



CE 579

Tiefenfiltration

Tiefenfiltration: unverzichtbar bei der Wasserbehandlung

Die Tiefenfiltration stellt in der Wasseraufbereitung eine wichtige und häufig eingesetzte Verfahrensstufe dar. Genauer Kenntnisse über das Funktionsprinzip und die Besonderheiten dieses Verfahrens sind für angehende Ingenieure und Facharbeiter daher ein unverzichtbarer Baustein in der Ausbildung.

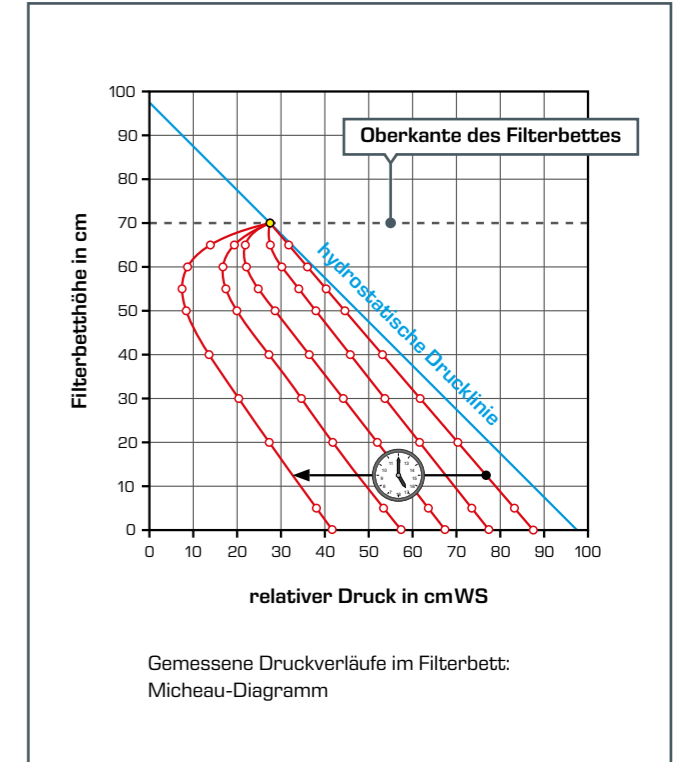
Der didaktische Schwerpunkt dieses Versuchsstandes liegt in der Untersuchung der Druckverhältnisse. Zur Messung der Drücke ist der Filter mit einer Differenzdruckmessung und einer Vielzahl einzelner Messstellen entlang des Filterbettes ausgestattet.

Diese Messstellen können mit einer Manometertafel verbunden werden, wodurch Sie die Druckverhältnisse im Filterbett sehr anschaulich sichtbar machen und sehr genau messen können. Durch die Verwendung eines transparenten Filterrohres können Sie die zunehmende Beladung des Filterbettes auch visuell gut beobachten. Der Filter kann bei Bedarf zurück gespült werden.



Software

Die übersichtliche Software von CE 579 zeigt die Werte aller wesentlichen Prozessgrößen kontinuierlich an. Selbstverständlich können Sie die Messwerte für die Auswertung speichern. Je nach gewähltem Betriebsmodus (Filtration oder Rückspülung) bringt die Software elektrisch angetriebene Hähne in die jeweils entsprechende Stellung.



Elektrisch angetriebener Kugelhahn



Frequenzumrichter zur Steuerung der Pumpen



Anschlüsse an der Manometertafel zur Messung des Druckverlaufs im Filterbett

- Lerninhalte**
- Druckverhältnisse in einem Filter
 - Einflussfaktoren auf den Druckverlust (Gesetz von Darcy)
 - ▶ Durchfluss
 - ▶ Höhe des Filterbettes
 - ▶ Durchlässigkeit des Filterbettes
 - Druckverlauf im Filterbett bestimmen (Micheau-Diagramm)
 - Rückspülung von Filtern
 - ▶ Fluidisierungsprozess beobachten
 - ▶ Expansion des Filterbettes bestimmen
 - ▶ erforderliche Fließgeschwindigkeit (Lockerungsgeschwindigkeit) bestimmen

Basiswissen Biologische Wasserbehandlung

Mikroorganismen reinigen Abwasser

Ziel der biologischen Abwasserreinigung ist die Elimination organischer, biologisch abbaubarer Stoffe. Diese Elimination erfolgt durch Mikroorganismen, welche die organischen Stoffe als Nahrungsquelle verwenden. Durch diesen biologischen Abbau findet also eine Stoffumwandlung statt. Dies ist ein wesentlicher Vorteil biologischer Verfahren gegenüber anderen Verfahren. So findet bei der Adsorption z.B. lediglich eine Verlagerung der zu entfernenden Stoffe aus dem Abwasser auf das Adsorbens statt (Stofftransport). Der biologische Abbau kann entweder unter aeroben oder anaeroben Bedingungen ablaufen. Um das zu reinigende Abwasser mit den Mikroorganismen (Biomasse) in Kontakt zu bringen, stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Unabhängig davon, ob der Abbau aerob oder anaerob erfolgt, unterscheidet folgende beiden Grundprinzipien:

suspendierte Biomasse

Die Biomasse liegt in Form kleiner Flocken (Belebtschlamm) vor. Der Belebtschlamm ist im Abwasser suspendiert.

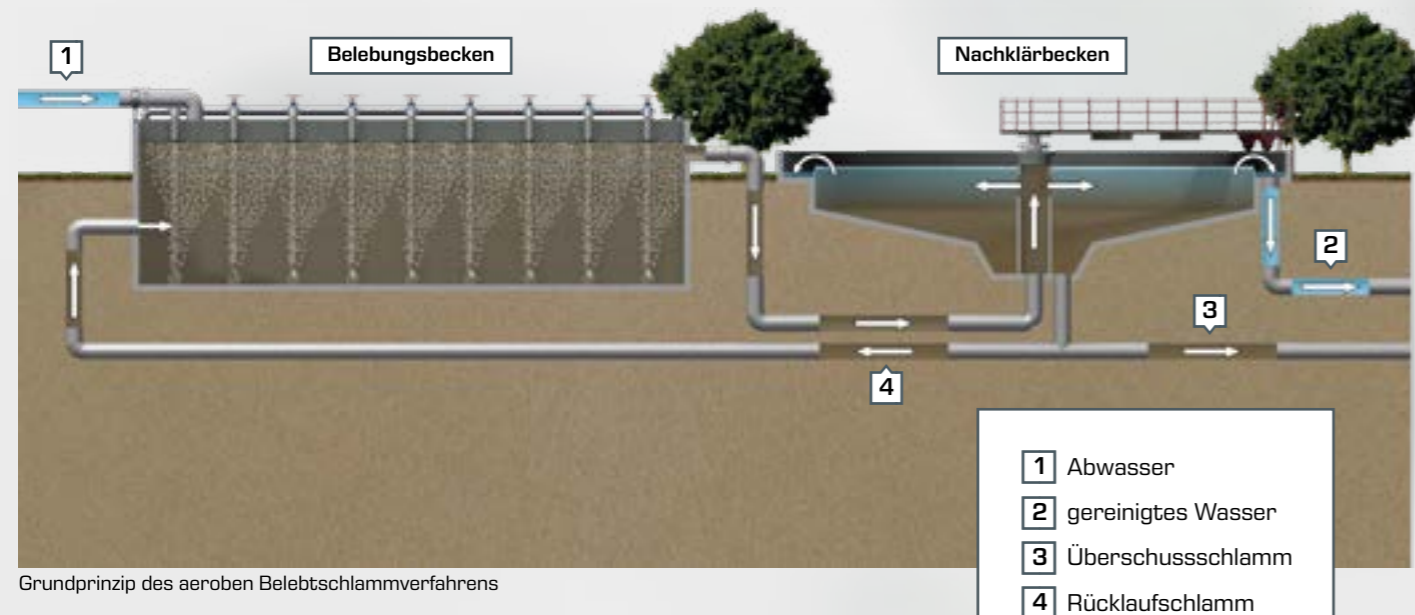
festsetzende Biomasse

Die Biomasse ist als Biofilm auf Oberflächen von Festkörpern fixiert. Das Abwasser rinnt als dünner Film über den Biofilm hinweg.

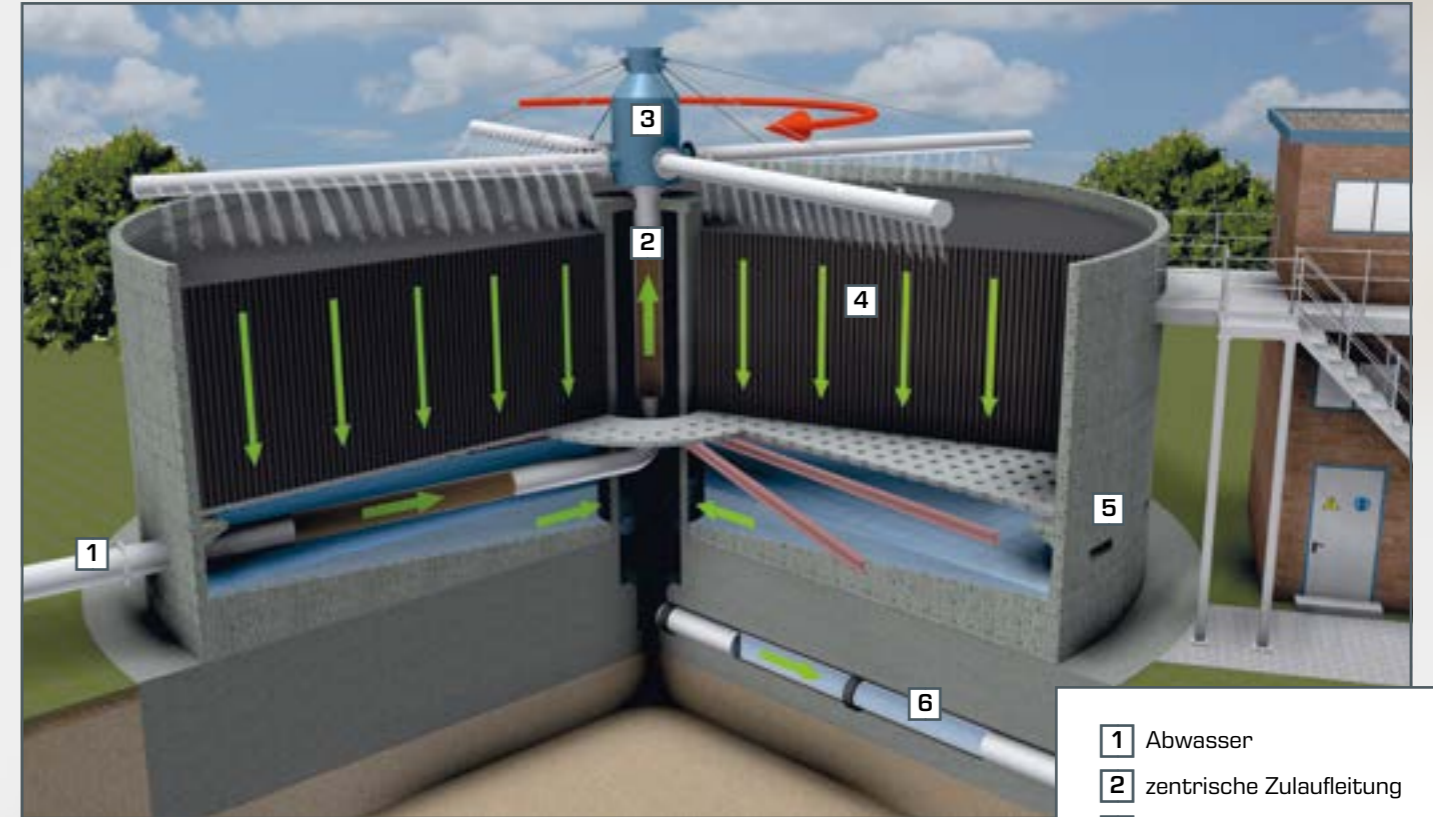
Aerobes Belebtschlammverfahren

Das aerobe Belebtschlammverfahren ist das am häufigsten eingesetzte biologische Abwasserreinigungsverfahren. Die Biomasse befindet sich als suspendierter Belebtschlamm im Belebungsbecken, das kontinuierlich von Abwasser durchströmt wird. Hier erfolgt auch die Belüftung des Abwassers, um die Mikroorganismen mit Sauerstoff zu versorgen. Mit dem Abwasserstrom verlässt auch Biomasse (Belebtschlamm) kontinuierlich das Belebungsbecken. Daher muss der ausgetragene Belebtschlamm anschließend in einem Nachklärbecken (in der Regel durch Sedimentation) vom gereinigten Abwasser abgetrennt werden. Ein Teil davon wird wieder zurück ins Belebungsbecken geführt (Rücklaufschlamm). Der nicht zurück geführte Anteil wird als Überschussschlamm bezeichnet und stellt ein Abfallprodukt dieses Verfahrens dar.

lich das Belebungsbecken. Daher muss der ausgetragene Belebtschlamm anschließend in einem Nachklärbecken (in der Regel durch Sedimentation) vom gereinigten Abwasser abgetrennt werden. Ein Teil davon wird wieder zurück ins Belebungsbecken geführt (Rücklaufschlamm). Der nicht zurück geführte Anteil wird als Überschussschlamm bezeichnet und stellt ein Abfallprodukt dieses Verfahrens dar.



Grundprinzip des aeroben Belebtschlammverfahrens



Aufbau und Funktionsweise eines Tropfkörpers

Tropfkörper

Tropfkörper gehören zu den aeroben Biofilmverfahren. Bei diesem Verfahren verrieselt ein Drehsprenger das Abwasser gleichmäßig über einem Festbett. Das Festbett besteht aus speziellem Trägermaterial, auf dessen Oberfläche sich eine dünne Schicht aus Mikroorganismen (Biofilm) bildet. Während das Abwasser durch das Festbett rieselt, erfolgt die biologische Reinigung des Abwassers. Tropfkörper werden überwiegend in offener Bauweise ausgeführt und verfügen unterhalb des Festbettes über seitliche Öffnungen. Dadurch kann eine Belüftung durch natürliche Konvektion erfolgen (Kamineffekt). Eine energieaufwendige künstliche Belüftung, wie z.B. beim Belebtschlammverfahren, ist also nicht erforderlich.

- 1 Abwasser
- 2 zentrale Zulaufleitung
- 3 Drehsprenger
- 4 Festbett mit Biofilm
- 5 Belüftungsöffnungen
- 6 gereinigtes Wasser

Anaerobe Verfahren

Anaerobe Verfahren eignen sich besonders für industrielles Abwasser, das häufig sehr stark mit organischen Stoffen belastet ist (z.B. Lebensmittelindustrie). Hierfür stehen eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren bzw. Reaktortypen zur Verfügung. Unter anaeroben Bedingungen entsteht beim Abbau organischer Stoffe Biogas, das überwiegend aus Methan besteht. Biogas kann z.B. mit Blockheizkraftwerken zur Stromerzeugung genutzt werden. Dies stellt einen positiven Nebenaspekt der anaeroben Abwasserreinigung dar und verdeutlicht die enge Verknüpfung von Fragestellungen aus dem Bereich der Energie und Umwelt.

CE 705

Belebtschlammverfahren

Die Kläranlage im Labormaßstab

Das aerobe Belebtschlammverfahren ist das in Kläranlagen weltweit am häufigsten eingesetzte biologische Verfahren. Fundierte Kenntnisse über dieses Verfahren sind für angehende Ingenieure und Facharbeiter im Bereich der Umwelttechnik daher unverzichtbar.

Dieses Gerät wurde von erfahrenen Ingenieuren mit dem Ziel entwickelt, die komplexen Prozesse bei diesem Verfahren im kontinuierlichen Betrieb anschaulich und praktisch erlernen zu können. Das Gerät ist für eine Kohlenstoffelimination und Stickstoffelimination konzipiert. Die Stickstoffelimination erfolgt durch Nitrifikation und vorgeschalteter Denitrifikation. Hierfür ist das Belebungsbecken in einen aeroben und einen anoxischen Bereich unterteilt.

Das Gerät besteht aus einer separaten Versorgungseinheit mit einem großem Vorlagebehälter für Abwasser und einem Versuchsstand. Auf dem Versuchsstand befinden sich alle prozessrelevanten Komponenten. Hierzu zählen vor allem das Belebungsbecken und das Nachklärbecken.

Sie können alle prozessrelevanten Parameter einstellen, um den Einfluss auf den Reinigungsprozess untersuchen zu können. Die Steuerung des Versuchsstandes erfolgt über die integrierte SPS mit Touchscreen. Mittels integrierten Router kann der Versuchsstand alternativ über ein Endgerät bedient und gesteuert werden. Die Bedienoberfläche kann zusätzlich an weiteren Endgeräten dargestellt werden (Screen-Mirroring).

- Kläranlage im Labormaßstab
- kontinuierliche Betriebsweise
- Nitrifikation
- vorgeschaltete Denitrifikation
- Anlagensteuerung mit integrierter SPS
- integrierter Router für Bedienung und Steuerung über ein Endgerät und für Screen-Mirroring an weiteren Endgeräten: PC, Tablet, Smartphone



Touchscreen: Prozessschema



Touchscreen: Bedienung der Pumpen



Zum Produkt:



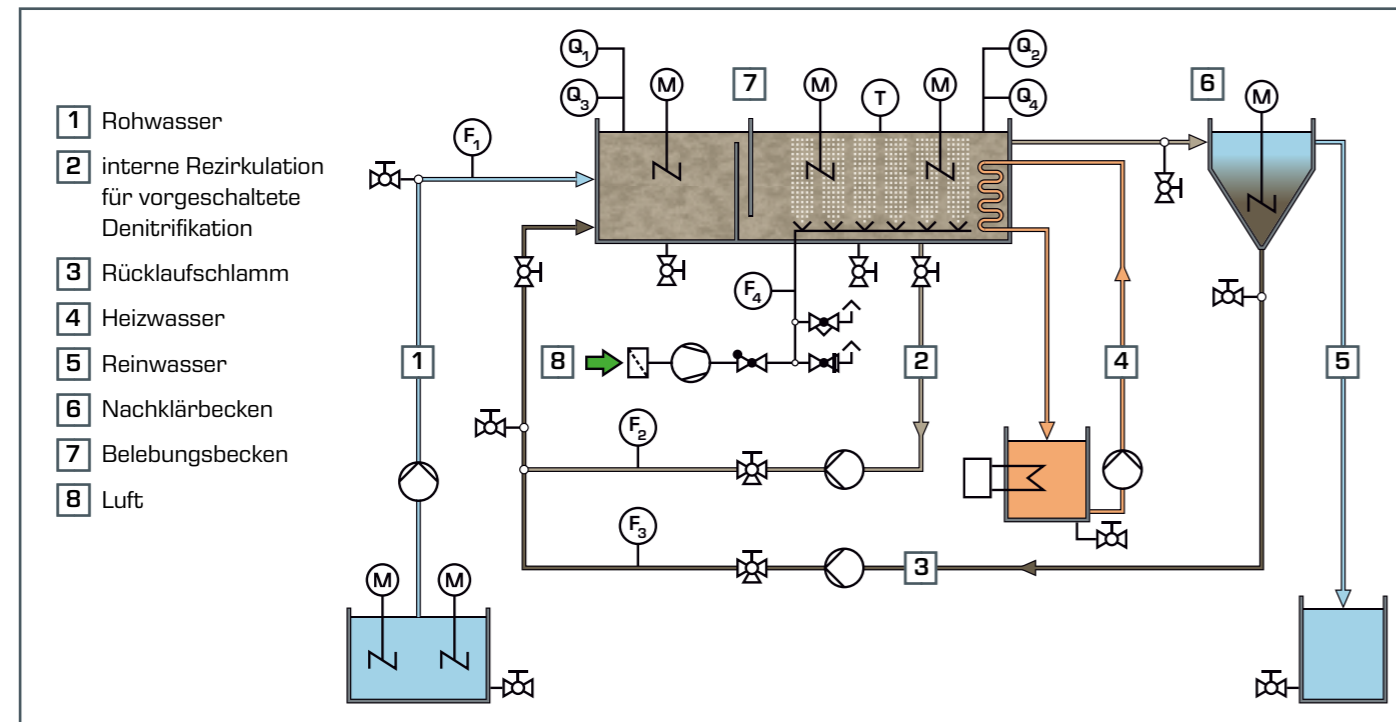
CE 705

Belebtschlammverfahren

Mess- und Regelungstechnik

Komplexe Prozesse wie das Belebtschlammverfahren sind heutzutage weitgehend automatisiert. Hierfür ist der Einsatz moderner Mess- und Regelungstechnik unverzichtbar. Dies erfordert auch von Ingenieuren im Bereich der Umwelttechnik zumindest Grundlagenkenntnisse im Umgang mit derartigen Systemen.

Um die Auszubildenden und Studenten auf diese Herausforderungen der Berufspraxis vorzubereiten, haben wir bei der Entwicklung des Gerätes auch diesen wichtigen Aspekt beachtet. Daher ist CE 705 mit umfangreicher Messtechnik sowie einer SPS mit Touchscreen ausgestattet.



Didaktisches Begleitmaterial

Selbstverständlich erhalten Sie auch zu diesem Gerät umfangreiches didaktisches Begleitmaterial, das Sie schnell mit der Bedienung des Gerätes vertraut macht. Zudem werden die theoretischen Grundlagen des Belebtschlammverfahrens ausführlich und anschaulich dargestellt.



Inbetriebnahme und Schulung

CE 705 ist an vielen Ausbildungseinrichtungen weltweit erfolgreich im Einsatz. Die Inbetriebnahme und Schulung des Kunden wird durch kompetente GUNT-Mitarbeiter durchgeführt. Neben einem Test der gelieferten Produkte gehört eine fundierte Einweisung des Kunden in die Bedienung der Geräte dazu. Dies ermöglicht Ihnen eine schnelle Eingliederung des Ausbildungssystems in Ihren Unterricht.

Lerninhalte	
■	Funktionsweise der Nitrifikation und vorgeschalteten Denitrifikation
■	Herstellung eines stabilen Betriebszustandes
■	Erkennen typischer Einflussgrößen: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schlammalter ▶ Raumbelastung ▶ Schlammbelastung ▶ Rücklaufschlammverhältnis ▶ Rücklaufverhältnis der internen Rezirkulation (Denitrifikation)
■	Wirkungsgrad der vorgeschalteten Denitrifikation
■	Einfluss folgender Umgebungsbedingungen auf den biologischen Abbau: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Temperatur ▶ Sauerstoffkonzentration

Messgrößen			Auto
Durchfluss	F ₁	Rohwasser	☑
	F ₂	interne Rezirkulation	☑
	F ₃	Rücklaufschlamm	☑
	F ₄	Belüftung	
Sauerstoffkonzentration	Q ₁	Denitrifikationszone	
	Q ₂	Nitrifikationszone	☑
pH-Wert	Q ₃	Denitrifikationszone	
	Q ₄	Nitrifikationszone	
Temperatur	T	Nitrifikationszone	☑

Auto Regelung

Zum Produkt:



Nach erfolgreicher Inbetriebnahme und Schulung übergibt ein GUNT-Mitarbeiter CE 705 an Frau Prof. Dr.-Ing. Deininger von der Hochschule Deggendorf.

TECHNISCHE HOCHSCHULE DEGGENDORF THD

Technische Hochschule Deggendorf
Moderne und praxisorientierte Ausbildung – unterstützt durch hochwertige Lehrsysteme von GUNT

CE 704

SBR-Verfahren

Sequencing Batch Reactor

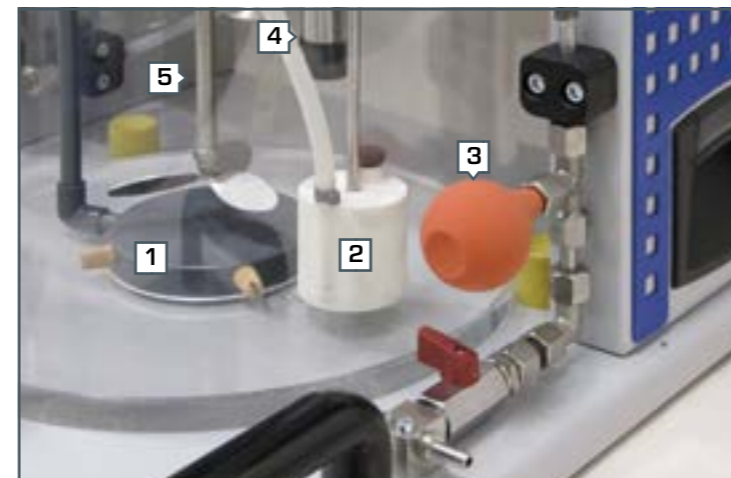
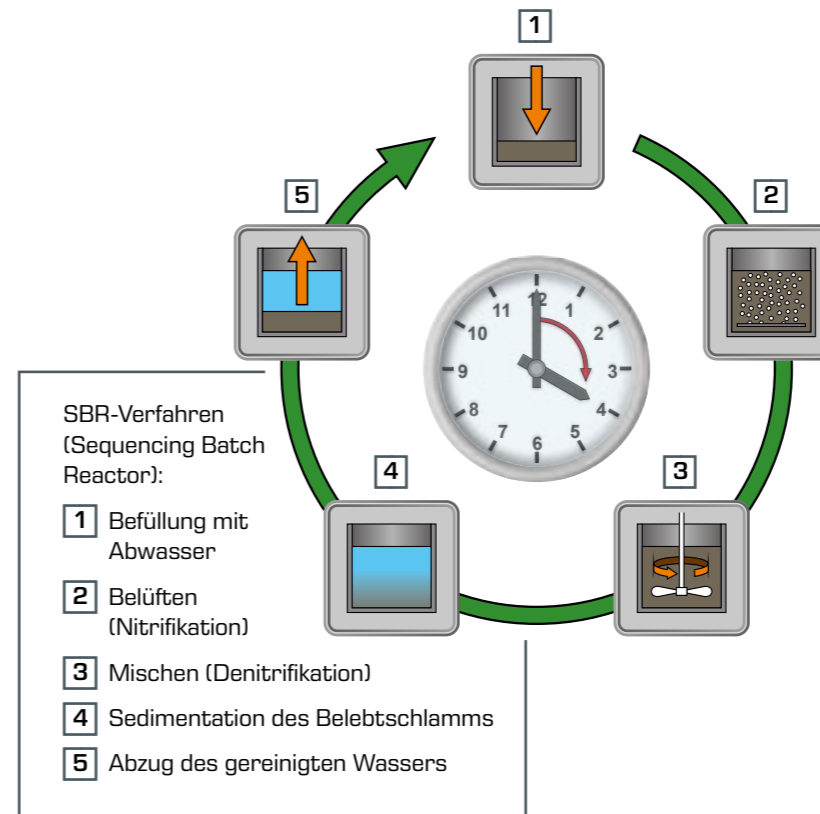
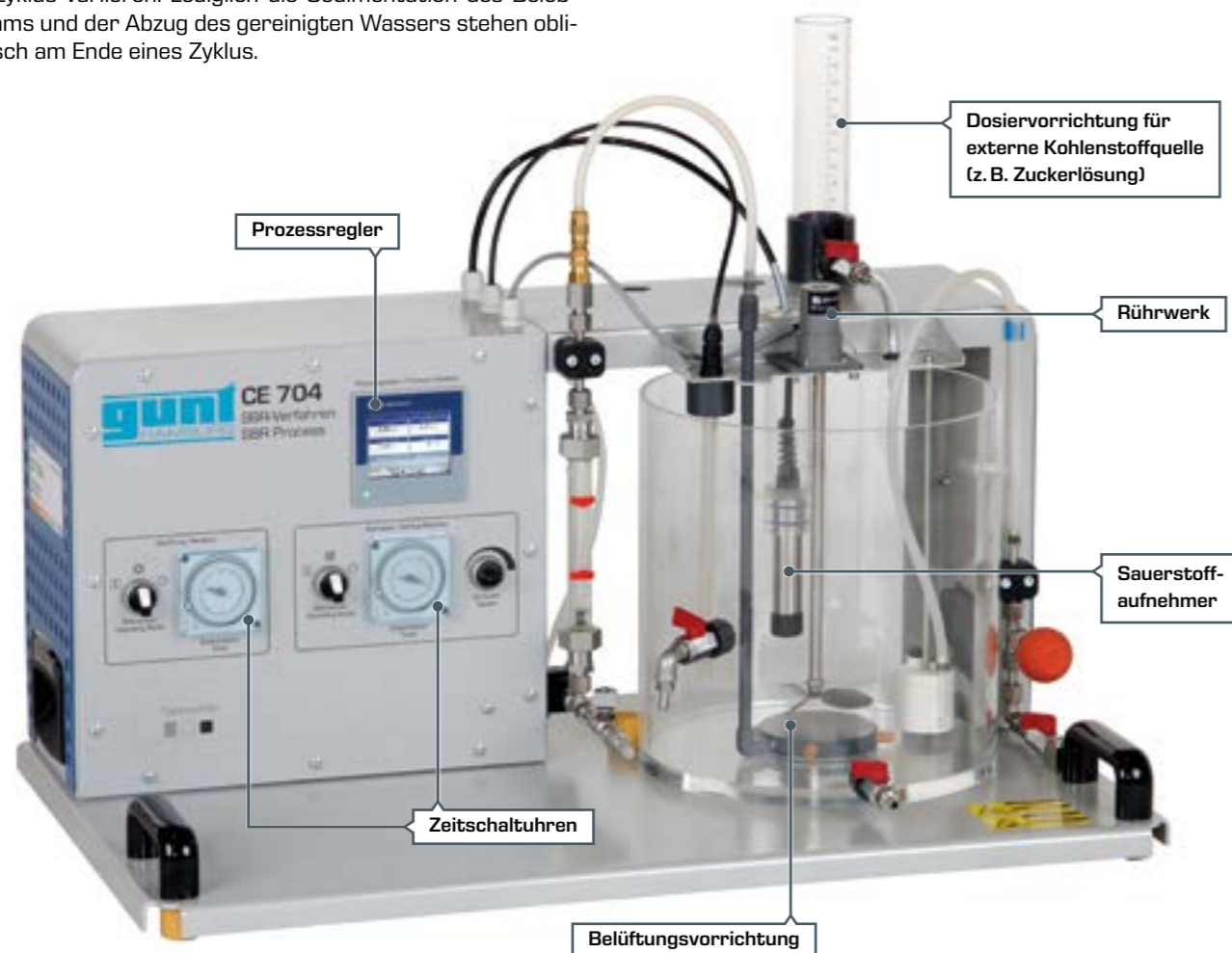
Diskontinuierliche Abwasserreinigung

Beim klassischen, kontinuierlichen Belebtschlammverfahren laufen die einzelnen Prozessschritte der biologischen Reinigung gleichzeitig und räumlich voneinander getrennt ab. Im Gegensatz dazu finden diese Prozessschritte beim SBR-Verfahren zeitlich aufeinander folgend in einem Becken statt. Die Reinigung des Abwassers erfolgt also nicht kontinuierlich, sondern chargenweise. Entsprechend bezeichnet man diese Art eines Reaktors als Sequencing Batch Reactor (SBR).

Am Anfang eines Zyklus steht die Befüllung des Reaktors mit Abwasser. Es folgen Phasen der Mischung und der Belüftung. Dadurch stellt man das für den jeweiligen Prozessschritt erforderliche Milieu ein. Nach einer definierten Zeit werden alle Rühraggregate und die Belüftung ausgeschaltet. Dadurch sinkt der Belebtschlamm zum Boden des Reaktors. Nach Abschluss der Sedimentationsphase wird das gereinigte Wasser aus dem Reaktor gefördert, so dass ein neuer Zyklus beginnen kann. Dauer und Anordnung der einzelnen Phasen können innerhalb eines Zyklus variieren. Lediglich die Sedimentation des Belebtschlammes und der Abzug des gereinigten Wassers stehen obligatorisch am Ende eines Zyklus.

Dieses Lehrgerät dient dazu, die Grundlagen des SBR-Verfahrens auf praktische Weise zu erlernen. Hauptkomponente des Gerätes ist der Reaktor, der mit einem Rührwerk und einer Belüftungsvorrichtung ausgestattet ist. Das Rührwerk stellt auch in den Phasen ohne Belüftung (Denitrifikation) eine ausreichende Durchmischung des Reaktorinhalts sicher.

Mit Hilfe von Zeitschaltuhren können Sie die Belüftungsphasen und Mischphasen individuell einstellen. Die Sauerstoffkonzentration, der pH-Wert und die Temperatur im Reaktor werden erfasst. Ein digitaler Prozessregler zeigt die erfassten Messwerte und die Drehzahl des Rührwerkes kontinuierlich an. Der Prozessregler fungiert zusätzlich auch als Regler für die Sauerstoffkonzentration während der Belüftungsphase. Die Bedienung des Prozessreglers ist sehr anwenderfreundlich und erfolgt mit einem Touchscreen.



- 1 Belüftungsvorrichtung
- 2 schwimmende Vorrichtung für Klarwasserabzug
- 3 Ansaugball für Klarwasser
- 4 Sauerstoffaufnehmer
- 5 Rührwerk



Digitaler Prozessregler zur Anzeige der Prozessgrößen und zur Regelung der Sauerstoffkonzentration

🎓	Lerninhalte
■	Funktionsweise des SBR-Verfahrens
■	Stickstoffelimination durch Nitrifikation und Denitrifikation
■	Einfluss der Zyklusgestaltung auf das Reinigungsergebnis
■	Aufnahme und Interpretation von zeitlichen Konzentrationsverläufen
■	Bestimmung von Umsatzraten
■	Sedimentationseigenschaften von Belebtschlamm

Zum Produkt:



CE 701

Biofilmverfahren

Tropfkörper im Labormaßstab

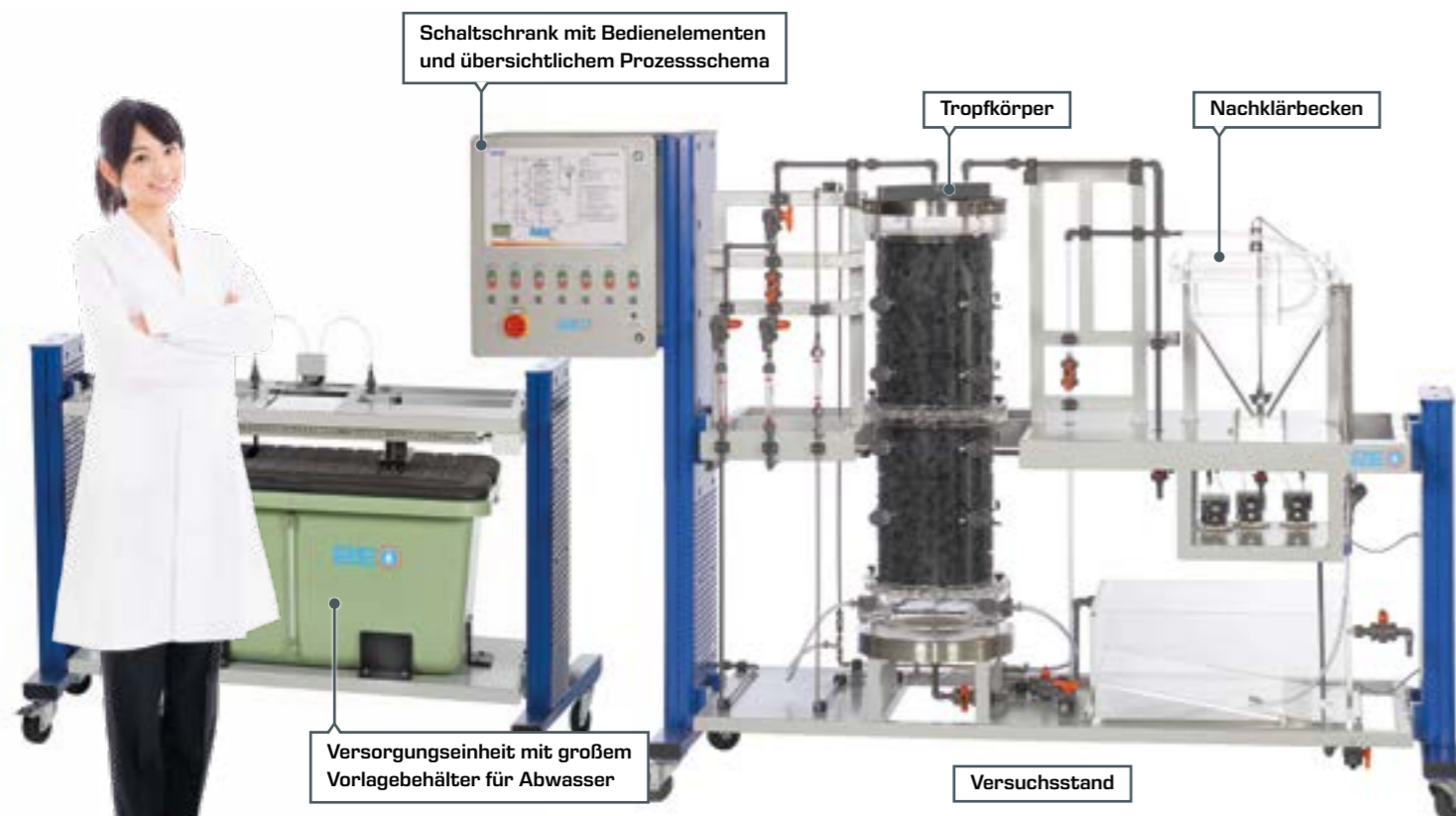
Tropfkörper: ein aerobes Biofilmverfahren

Obwohl Tropfkörper zu den ältesten biologischen Abwasserreinigungsverfahren gehören, sind sie auch heute noch vielfach im Einsatz. Daher ist das Tropfkörperverfahren im Bereich der Wasserbehandlung nach wie vor fester Bestandteil von Lehrplänen.

Der Tropfkörper von CE 701 ist für Kohlenstoffelimination und Nitrifikation ausgelegt. Ein Drehsprenger verteilt das zu reinigende Abwasser gleichmäßig über das Festbett. Sie können die Drehzahl des Drehsprengers stufenlos einstellen. Für das Festbett stehen Ihnen zwei verschiedene Füllkörpertypen aus HDPE zur Verfügung. Die Füllkörper unterscheiden sich hinsichtlich der spezifischen Oberfläche.

Der Tropfkörper von CE 701 verfügt über Belüftungsöffnungen unterhalb des Festbettes. Dies ermöglicht eine Belüftung durch natürliche Konvektion. Bei Bedarf können Sie die Belüftungsöffnungen aber auch schließen, um den Tropfkörper künstlich mit einem Verdichter zu belüften.

Das didaktische Begleitmaterial stellt ausführlich die Grundlagen und Bemessung von Tropfkörperanlagen dar. Eine detaillierte Beschreibung des Gerätes und der Versuche ermöglicht es Ihnen, dieses Lehrsystem schnell in Ihren Unterricht zu integrieren.



Drehsprenger am Kopf des Tropfkörpers mit stufenloser Drehzeleinstellung



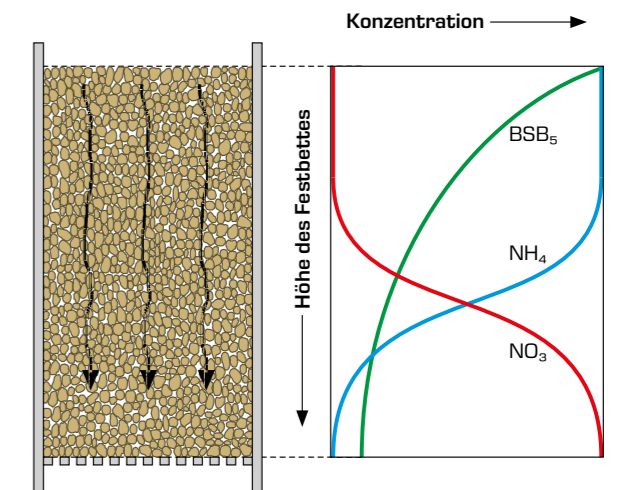
Probenahmestelle innerhalb des Tropfkörpers



Didaktisches Begleitmaterial von CE 701

Konzentrationsprofile

Innerhalb des Festbettes sind Probenahmestellen angeordnet. Dies ermöglicht es Ihnen, die für Tropfkörper charakteristischen Konzentrationsprofile von BSB₅, Ammonium und Nitrat zu bestimmen.


 Typische Konzentrationsprofile von BSB₅, Ammonium (NH₄) und Nitrat (NO₃) in einem Tropfkörper

Lerninhalte

- Funktionsweise eines Tropfkörpers
- Aufnahme von Konzentrationsprofilen
- Herstellung eines stabilen Betriebszustandes
- Erkennen folgender Einflussgrößen:
 - ▶ Durchfluss der Rezirkulation
 - ▶ Raumbelastung des Tropfkörpers
 - ▶ Oberflächenbelastung des Tropfkörpers
- Vergleich verschiedener Füllkörper

CE 730

Airlift-Reaktor

Leistungsstarke Bioreaktoren

Für die Leistungsfähigkeit eines aeroben Bioreaktors ist die Versorgung der Mikroorganismen (Biomasse) mit Sauerstoff von entscheidender Bedeutung. Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt die gleichmäßige Durchmischung des Reaktorinhalts dar. Diese beiden Anforderungen erfüllen Airlift-Reaktoren im besonderen Maße.

Bei einem Airlift-Reaktor erfolgt die Durchmischung ausschließlich durch die ohnehin erforderliche Belüftung. Mechanisch bewegliche Teile (z.B. Rührwerke) sind also nicht erforderlich. Der für einen effektiven Betrieb erforderliche Rückhalt der Biomasse im Reaktor wird durch einen Umlauf erreicht. Airlift-Reaktoren werden in der Biotechnologie und bei der biologischen Abwasserreinigung eingesetzt.



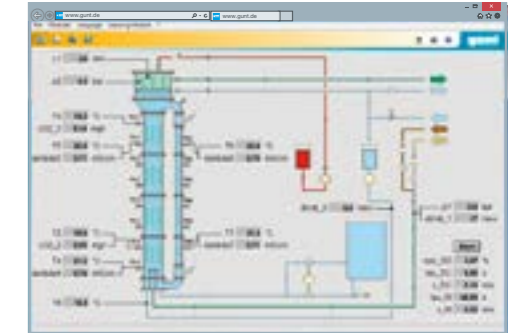
Airlift-Reaktor CE 730

Der didaktische Schwerpunkt liegt in der Funktionsweise und Betriebsweise eines Airlift-Reaktors. Hierzu gehören vor allem das Lösen von Sauerstoff in der flüssigen Phase (Wasser) und die Bestimmung der Strömungsverhältnisse im Reaktor.

Kernstück des Versuchsstands ist ein Airlift-Reaktor mit externem Umlauf. Zur Belüftung des Reaktors stehen Ihnen mehrere verschiedene Verteiler zur Verfügung. Somit können Sie den Einfluss der Blasengröße auf den Stoffübergang untersuchen. An dem Umlauf befinden sich in definiertem Abstand zwei Messstellen für Leitfähigkeit. Durch Zugabe einer Salzlösung kommt es an beiden Messstellen zeitlich versetzt zu einem sprunghaften Anstieg (Peak) der Leitfähigkeit. Aus der Zeit zwischen beiden Peaks und dem Abstand der Messstellen kann die Strömungsgeschwindigkeit im Reaktor bestimmt werden.

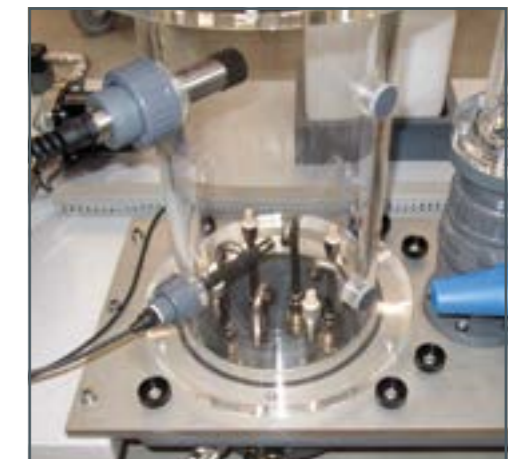


Airlift-Reaktor während eines Testbetriebes



Software

Die übersichtliche Software von CE 730 zeigt die Werte aller wesentlichen Prozessgrößen kontinuierlich an. Selbstverständlich können Sie die Messwerte für die Auswertung speichern.



Verschiedene Verteiler für die Belüftung des Reaktors

Lerninhalte

- Einfluss der Gasleerrohrgeschwindigkeit auf:
 - ▶ Gasgehalt
 - ▶ Stoffübergangskoeffizient
 - ▶ Mischzeit
 - ▶ Flüssigkeitsleerrohrgeschwindigkeit

Zum Produkt:



CE 702

Anaerobe Wasserbehandlung



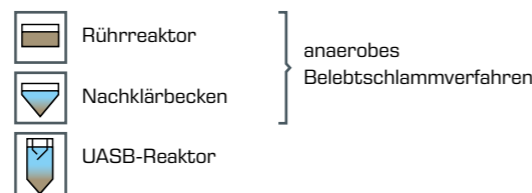
Anaerobe Verfahren werden schwerpunktmäßig für Abwässer eingesetzt, die sehr stark mit organischen Stoffen belastet sind, wie sie z. B. in der Lebensmittelindustrie anfallen.

Bei unserem Lehrgerät CE 702 stehen Ihnen zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung. Zum einen das anaerobe Belebtschlammverfahren und das UASB-Verfahren. Sie können beide Verfahren separat (1-stufig) oder in Reihe geschaltet (2-stufig) betreiben. Somit stehen Ihnen insgesamt drei verschiedene Betriebsweisen zur Verfügung. Das Gerät ist zudem mit umfangreicher Mess- und Regelungstechnik und Software ausgestattet.

Selbstverständlich erhalten Sie auch zu diesem Gerät umfangreiches didaktisches Begleitmaterial, das Sie schnell mit der Bedienung des Gerätes vertraut macht. Zudem werden die theoretischen Grundlagen der anaeroben Abwasserreinigung ausführlich und anschaulich dargestellt.

Die 2-stufige Betriebsweise ermöglicht es Ihnen, den pH-Wert und die Temperatur in beiden Stufen unabhängig voneinander regeln zu können. Diese Art der Prozessführung hat sich in der Praxis bewährt und bietet den Vorteil, die Umgebungsbedingungen besser an die Anforderungen der jeweiligen Abbauschritte anpassen zu können. Das Gerät ist mit Gassammelleitungen ausgestattet, wodurch Sie zur Analyse Gasproben aus dem System entnehmen können.

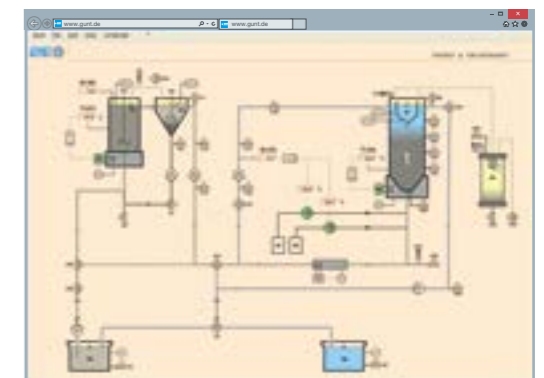
Betriebsweise 1 (1-stufig)	
Betriebsweise 2 (1-stufig)	
Betriebsweise 3 (2-stufig)	



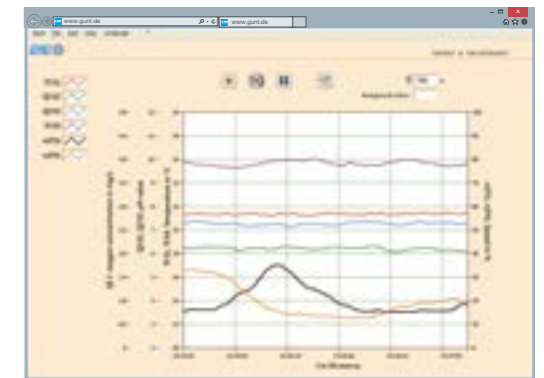
UASB-Reaktor von CE 702 während des erfolgreichen Probetriebes in unserem Labor

Software

Die Software von CE 702 zeigt die Temperaturen und die pH-Werte in beiden Reaktoren kontinuierlich an. Dies gibt Ihnen jederzeit einen schnellen Überblick über die Bedingungen in den Reaktoren. Zur Auswertung können Sie die Messwerte speichern. Dies entlastet Sie von Routinearbeiten und unterstützt Sie so bei der Durchführung der Versuche.



Prozessschema mit Anzeige der Messwerte



Anzeige der Messwerte als Zeitverlauf

Lerninhalte

- Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf den anaeroben Abbau
- Funktionsweise eines UASB-Reaktors
- Vergleich von 1-stufiger und 2-stufiger Betriebsweise
- Beobachtung und Optimierung der Betriebsbedingungen
- Erkennen typischer Einflussgrößen
 - Schlammbelastung
 - Raumbelastung
 - Strömungsgeschwindigkeit im UASB-Reaktor

Zum Produkt:



Basiswissen Physikalisch/chemische Wasserbehandlung

Einsatzgebiet physikalisch/chemischer Verfahren

Industrielles Abwasser enthält oftmals gelöste, anorganische Stoffe (z.B. Schwermetalle) oder organische Stoffe, die biologisch nicht abbaubar sind. Dies trifft auch auf viele Deponiesickerwässer und kontaminierte Grundwässer zu. In einem solchen Fall eignet sich der Einsatz physikalisch/chemischer Verfahren. In diesem Bereich der Wasserbehandlung gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. Zu den am häufigsten eingesetzten Verfahren gehören:

Adsorption

Umkehrosmose

Ionenaustausch

Fällung

Flockung

Oxidationsverfahren

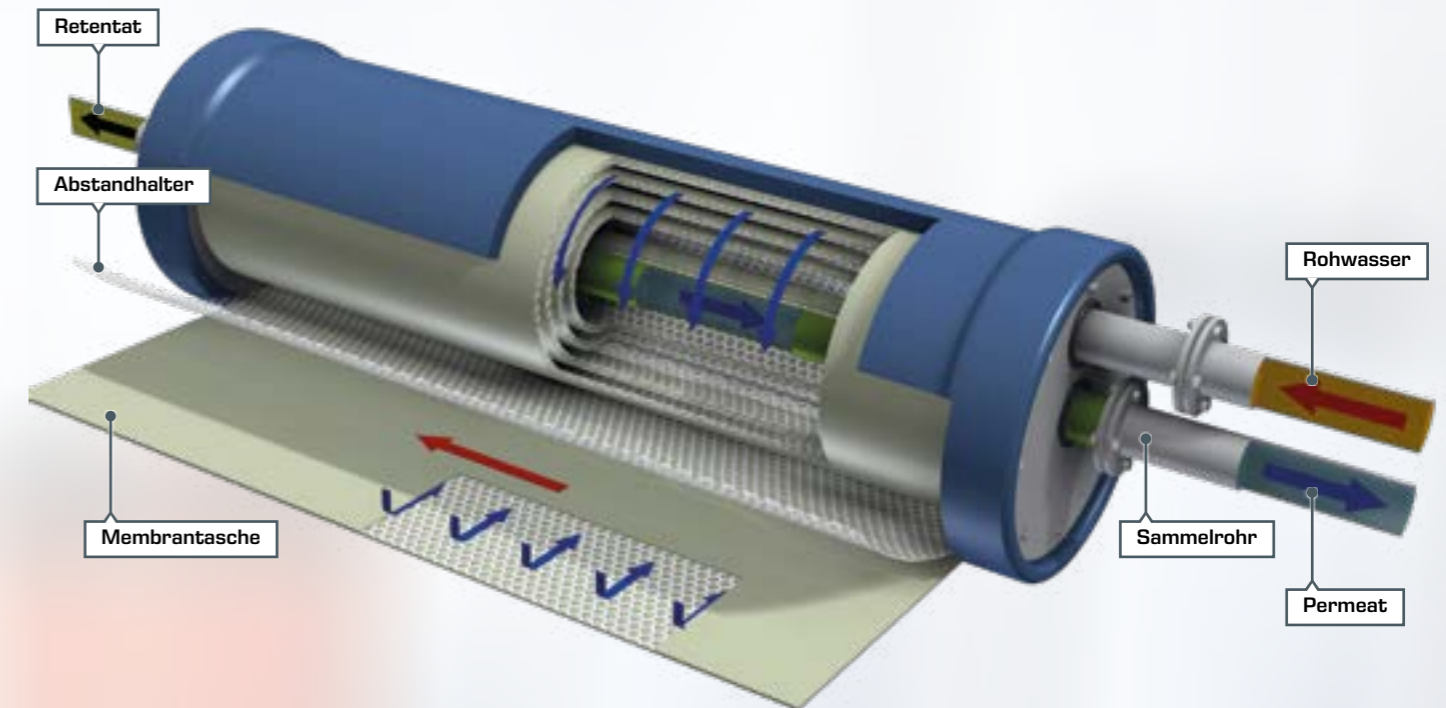


Kontinuierlich durchströmte Adsorber in einer Wasserbehandlungsanlage

Adsorption

Bei der Adsorption wird der zu entfernende Stoff (Adsorptiv) an der Oberfläche eines Festkörpers (Adsorbens) gebunden. Diese Bindung kann entweder physikalisch oder chemisch erfolgen. Als Adsorbens wird überwiegend granuliert Aktivkohle eingesetzt. Mit diesem Verfahren lassen sich z.B. giftige, chlorierte Kohlenwasserstoffverbindungen zuverlässig aus dem Wasser entfernen. Derartige Stoffe sind vielerorts in Deponiesickerwässern und kontaminierten Grundwässern anzutreffen.

Die Adsorption erfolgt in der Regel mit kontinuierlich durchströmten Adsorbent. In den Adsorbent befindet sich ein Festbett aus granulierter Aktivkohle. Nach einer gewissen Betriebsdauer kommt es im Ablauf eines Adsorbent zu einem Anstieg der Adsorptiv-Konzentration. Diesen Zustand bezeichnet man als Durchbruch. Trägt man die Adsorptiv-Konzentration im Ablauf eines Adsorbent über die Zeit auf, erhält man die so genannte Durchbruchskurve.



Umkehrosmose: Membrantrennverfahren für höchste Ansprüche

Das Grundprinzip der Umkehrosmose ist denkbar einfach. Dem natürlichen Bestreben, zwischen beiden Seiten einer Membran einen Konzentrationsausgleich herbeizuführen (Osmose), muss entgegengewirkt werden. Hierfür wird ein Gegendruck aufgebaut, der mindestens so hoch wie der osmotische Druck ist. Das Wasser strömt dann in Richtung des Konzentrationsgefälles durch die Membran, wodurch die Konzentration auf der einen Seite der Membran stark ansteigt (Retentat) und auf der anderen Seite weiter abnimmt (Permeat). Vereinfacht kann die Umkehrosmose also als Verdünnungsprozess aufgefasst werden.

Mit einer Umkehrosmose lassen sich selbst gelöste Stoffe, wie z.B. Ionen, aus dem Wasser entfernen. Dadurch kann Reinstwasser erzeugt werden, das in vielen sensiblen industriellen Produktionsprozessen, wie z.B. der Pharmaindustrie, erforderlich ist. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Meerwasserentsalzung.

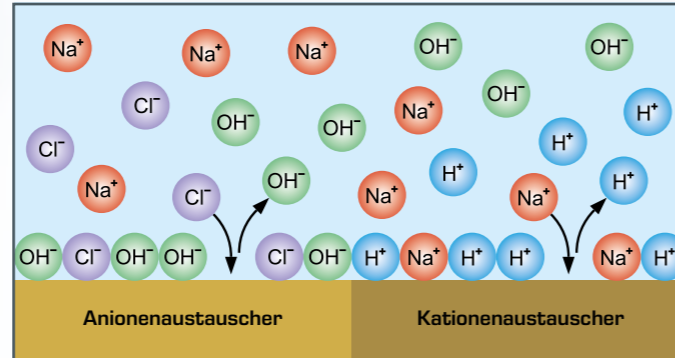
Für die Umkehrosmose kommen sogenannte Spiralwickelmodule zum Einsatz. Besonderheit dieser Bauweise ist die spiralförmig um ein zentrales Rohr gewickelte Membrantasche. Durch hohen Druck auf der Zulaufseite tritt das Wasser (Permeat) durch die Membran und fließt spiralförmig dem zentralen Sammelrohr zu. Der durch die Membran zurückgehaltene Teilstrom (Retentat) wird über ein separates Rohr aus dem Modul abgeführt.

Basiswissen Physikalisch/chemische Wasserbehandlung

Ionenaustausch

Der Ionenaustausch ist ein physikalisch-chemischer Vorgang, bei dem ein Feststoff Ionen aus einer Flüssigkeit aufnimmt und im Austausch dafür eine äquivalente Menge gleich geladener Ionen an die Flüssigkeit abgibt. Werden positiv geladene Ionen ausgetauscht (z.B. Natrium Na^+), spricht man von Kationenaustausch. Im Gegensatz dazu erfolgt beim Anionenaustausch ein Austausch negative geladener Ionen (z.B. Chlorid Cl^-).

Ionenaustauscher werden vor allem zur Entsalzung und Enthärtung eingesetzt. Auch Schwermetalle, die in vielen Abwässern der metallverarbeitenden Industrie enthalten sind, lassen sich durch Ionenaustausch entfernen.



Entsalzung durch Anionenaustausch und anschließendem Kationenaustausch

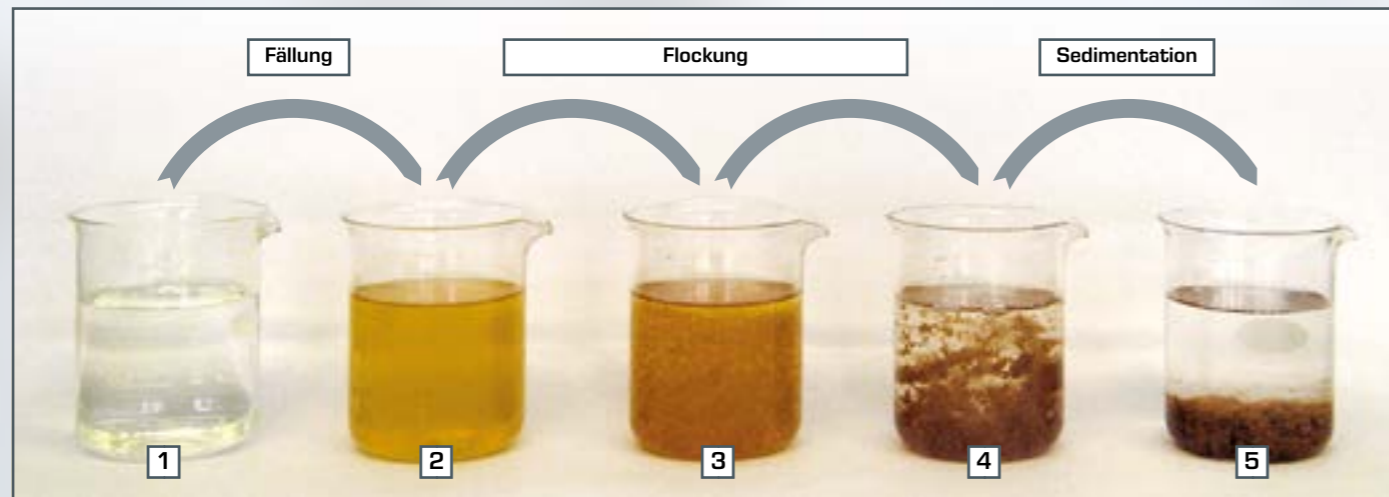
Fällung

Die Fällung ist ein chemischer Vorgang, bei dem ein gelöster Stoff durch Reaktion mit einem anderen Stoff in eine unlösliche Form (Feststoff) überführt wird. Die Fällung eignet sich z.B. zur Entfernung von gelösten Metallen. Ferner wird die Fällung auch zur Phosphorelimination in Kläranlagen eingesetzt.

In der Praxis schließt sich an die Fällung oftmals eine Flockung an, um die Größe der gebildeten Feststoffe zu erhöhen. Dies erleichtert die anschließende mechanische Abtrennung der Feststoffe (z.B. durch Sedimentation).

Flockung

Zur Zugabe bestimmter Chemikalien werden zunächst die elektrostatischen Abstoßungskräfte zwischen einzelnen Feststoffpartikeln aufgehoben. Dadurch verbinden sich die Partikel zu kleinen Flocken (Koagulation). Um die Größe der Flocken weiter zu erhöhen gibt man dem Wasser anschließend ein Flockungshilfsmittel (z.B. Polymer) hinzu. Dadurch entstehen Flocken mit mehreren Millimetern Durchmesser, die sich schließlich leicht mechanisch abtrennen lassen.



Fällung und Flockung von gelöstem Eisen:
Durch Zugabe von Natronlauge fällt das gelöste Eisen (1) zunächst als unlösliches und gelbes Eisenhydroxid aus (2). Durch Zugabe weiterer Chemikalien bilden sich große Eisenhydroxid-Flocken (3 bis 4), die sich dann leicht durch Sedimentation abtrennen lassen (5).

Oxidationsverfahren

Viele organische Schadstoffe sind biologisch nicht abbaubar und lassen sich daher durch biologische Verfahren nicht eliminieren. Hierzu gehören beispielsweise viele chlorierte Kohlenwasserstoffe. Durch unsachgemäßen Umgang gelangten diese Stoffe vielerorts ins Grundwasser und stellen eine Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Eine effektive Methode, derartige Stoffe aus dem Wasser zu entfernen stellen Oxidationsverfahren dar.

In der Wasserbehandlung gibt es eine Vielzahl verschiedener Oxidationsverfahren. Insbesondere die so genannten „erweiterten Oxidationsverfahren“ haben in den vergangenen Jahren an

Bedeutung gewonnen. Hauptmerkmal dieser Verfahren ist die Bildung hochreaktiver OH-Radikale. Diese Radikale zählen zu den stärksten Oxidationsmitteln und sind somit in der Lage, nahezu jeden Stoff zu oxidieren.

OH-Radikale lassen sich beispielsweise durch Bestrahlung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) mit UV-Licht erzeugen. Hierfür wird vorzugsweise UV-C Strahlung mit einer Wellenlänge von 254 nm verwendet.

Erzeugung eines OH-Radikals mit UV-Licht und Wasserstoffperoxid (H_2O_2)

- Sauerstoff
- Wasserstoff
- freies Elektron

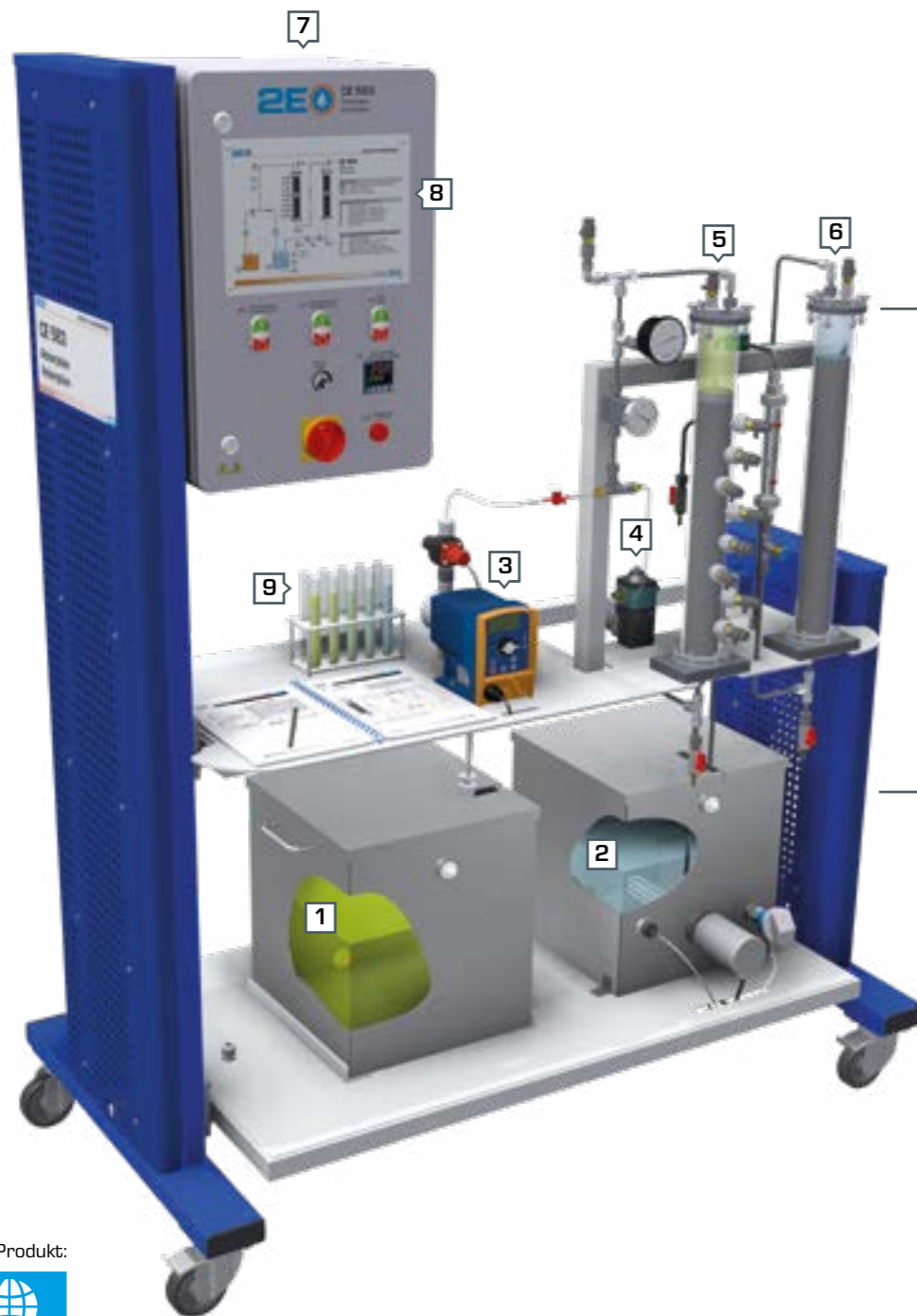
CE 583

Adsorption

Adsorptive Wasserbehandlung im kontinuierlichen Betrieb

Die Adsorption an Aktivkohle stellt eine effektive und oft praktizierte Alternative zur Entfernung biologisch nicht abbaubarer organischer Substanzen, wie z.B. chlorierte Kohlenwasserstoffe, dar. Mit unserem Gerät CE 583 können Sie die Grundlagen dieses Verfahrens im kontinuierlichen Betrieb und somit unter sehr praktischen Aspekten verdeutlichen.

Hauptkomponenten dieses Gerätes sind zwei in Reihe geschaltete Adsorber, die mit granulierter Aktivkohle gefüllt sind. Der erste Adsorber ist mit Probenahmehähnen ausgestattet, so dass Sie Konzentrationsprofile bestimmen können. Konzentrationsprofile sind für das Verständnis der Adsorption von zentraler Bedeutung.



- 1 Adsorptiv-Konzentrat
- 2 gereinigtes Wasser
- 3 Dosierpumpe
- 4 Zirkulationspumpe
- 5 erster Adsorber
- 6 zweiter Adsorber
- 7 Schaltschrank
- 8 Prozessschema
- 9 Reagenzgläser für Probenahmen

i Adsorptiv

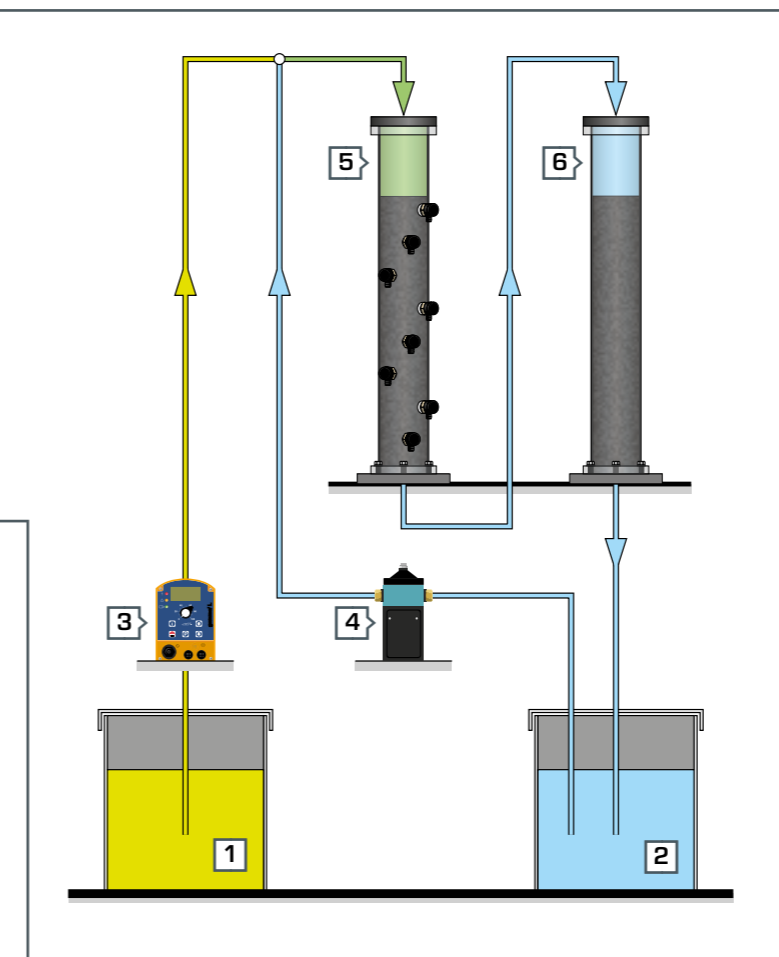
Als Adsorptiv bezeichnet man den im Wasser gelösten Stoff, der durch Adsorption eliminiert werden soll.

Funktionsprinzip

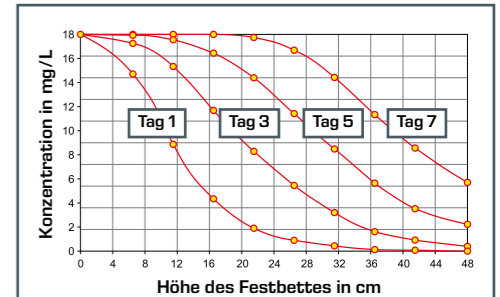
Durch beide Adsorber wird gereinigtes Wasser zirkuliert. Eine Dosierpumpe injiziert konzentrierte Adsorptivlösung im Zulaufbereich des ersten Adsorbers in den Kreislauf. Die Dosierpumpe ermöglicht eine sehr genaue Einstellung der Fördermenge. Dadurch können Sie die gewünschte Zulaufkonzentration des Adsorptivs sehr genau einzustellen. Der zweite Adsorber stellt sicher, dass das zirkulierte Wasser selbst beim vollständigen Durchbruch des ersten Adsorbers kein Adsorptiv mehr enthält. Dies gewährleistet auch bei Langzeitversuchen eine konstante Adsorptivkonzentration im Zulauf des ersten Adsorbers.

Temperaturregelung

Das Gerät ist mit einer Temperaturregelung ausgestattet. Dadurch können Sie den Einfluss der Wassertemperatur auf den Adsorptionsprozess untersuchen.


i Unsere Empfehlung

Besonders eindrucksvoll können Sie die Adsorption demonstrieren, wenn Sie als Adsorptiv einen wasserlöslichen und adsorbierbaren Farbstoff verwenden. Derartige Stoffe sind z.B. Methyleneblau oder Fluorescein.



Auszug aus der Anleitung von CE 583: Konzentrationsprofile zu verschiedenen Zeitpunkten für Methyleneblau

Lerninhalte

- Aufnahme von Konzentrationsprofilen
- Aufnahme von Durchbruchkurven
- Zusammenhang zwischen Konzentrationsprofilen und Durchbruchkurven
- Bestimmung der Massenübergangzone
- Massenbilanz und Wirkungsgrad eines Adsorbers
- Vorhersage von Durchbruchkurven
- Übertragung der Ergebnisse auf industriellen Maßstab (Scale-up)
- Einflussfaktoren auf die Adsorption
 - ▶ Kontaktzeit
 - ▶ Temperatur
 - ▶ Betriebsweise

CE 530
Umkehrosmose

Dieses Gerät wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Thermische Verfahrenstechnik der Technischen Universität Hamburg-Harburg entwickelt.

Hauptkomponente von CE 530 ist das Spiralwickelmodul. Aufbau, Wartung und Funktionsweise eines Spiralwickelmoduls stehen ebenso im Fokus des didaktischen Konzeptes wie die Bestimmung spezifischer Parameter (z.B. Rückhaltevermögen). Das Gerät ist zur Wasserentsalzung konzipiert. Um den Erfolg der Entsalzung kontrollieren zu können, sind an allen relevan-

ten Stellen im Gerät Leitfähigkeitsaufnehmer eingebaut. Selbstverständlich können Sie den Druck und Durchfluss einstellen.

Das didaktische Begleitmaterial stellt ausführlich die Grundlagen dar und führt Sie Schritt für Schritt durch die Versuche.

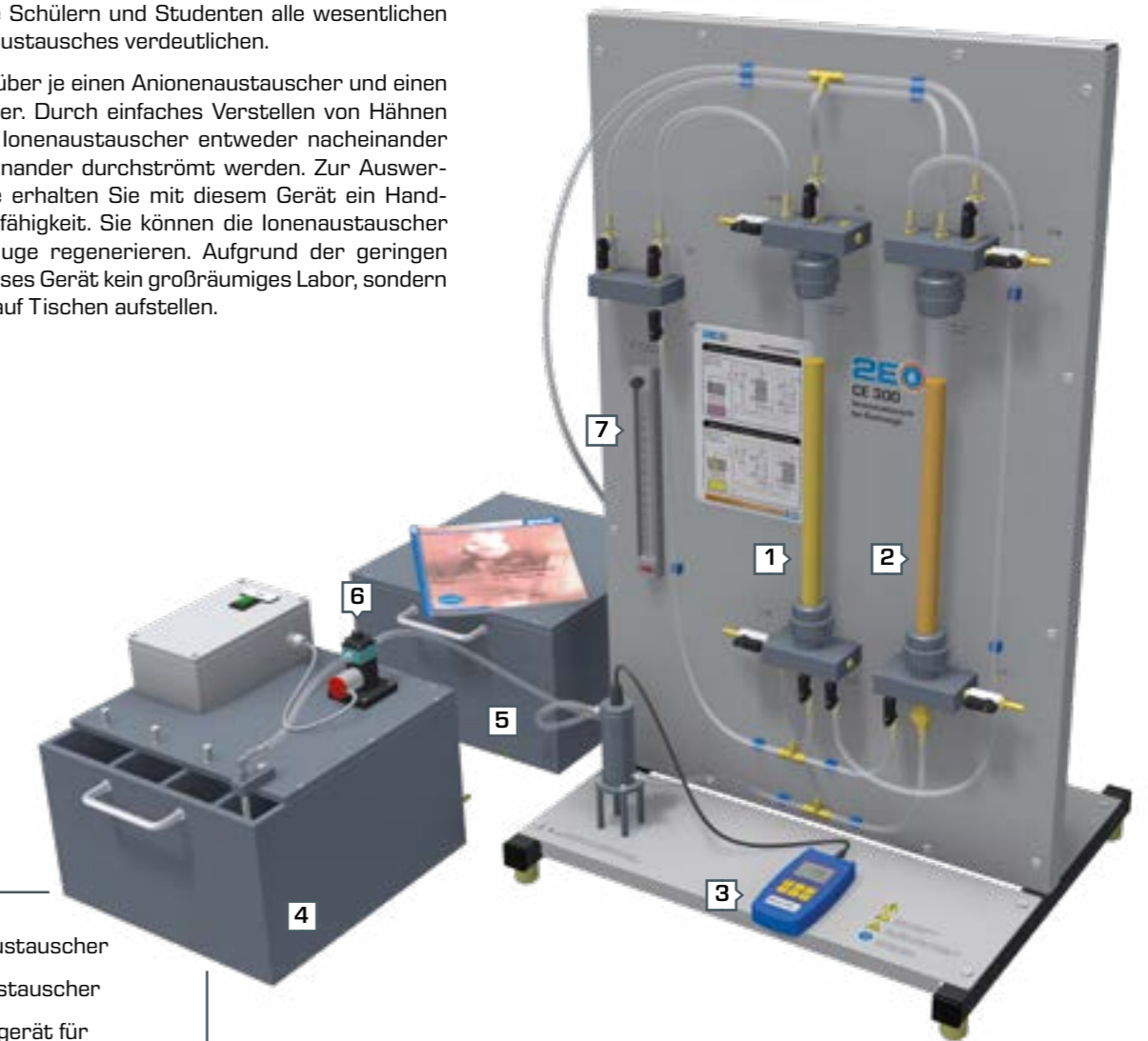
CE 300
Ionenaustausch

Ionenaustauscher werden vor allem zur Entsalzung und zur Enthärtung von Wasser eingesetzt. Mit unserem Versuchsgerät CE 300 können Sie Schülern und Studenten alle wesentlichen Aspekte des Ionenaustausches verdeutlichen.

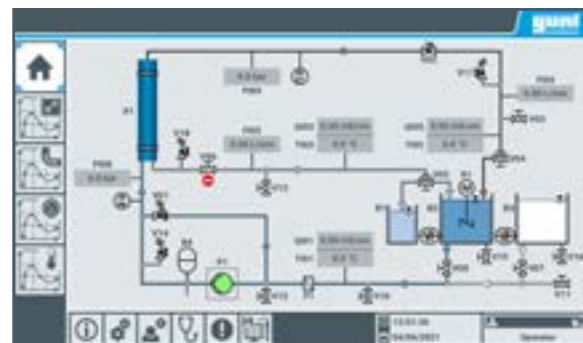
Das Gerät verfügt über je einen Anionenaustauscher und einen Kationenaustauscher. Durch einfaches Verstellen von Hähnen können die beiden Ionenaustauscher entweder nacheinander oder separat voneinander durchströmt werden. Zur Auswertung der Versuche erhalten Sie mit diesem Gerät ein Handmessgerät für Leitfähigkeit. Sie können die Ionenaustauscher mit Säure bzw. Lauge regenerieren. Aufgrund der geringen Größe erfordert dieses Gerät kein großräumiges Labor, sondern lässt sich bequem auf Tischen aufstellen.

Eine Kooperation mit

Technische Universität Hamburg-Harburg



- 1 Kationenaustauscher
- 2 Anionenaustauscher
- 3 Handmessgerät für Leitfähigkeit
- 4 Feedbehälter für Rohwasser und Regenerationsmittel
- 5 Auffangbehälter
- 6 Pumpe
- 7 Durchflussmesser



Touchscreen: Prozessschema

Lerninhalte

- Funktionsweise eines Spiralwickelmoduls
- Montage, Reinigung und Konservierung von Membranmodulen
- Grundprinzip der Umkehrosmose
 - ▶ Gesetz von Van't Hoff
- Durchfluss des Permeats und Rückhaltevermögen abhängig von
 - ▶ Druck im Rohwasser
 - ▶ Salzkonzentration im Rohwasser
 - ▶ Ausbeute
- Bestimmung von Diffusionskoeffizienten

Lerninhalte

- Funktionsweisen von Kationen- und Anionenaustauschern
- Entsalzung durch Kombination von Kationen- und Anionenaustauschern
- Bestimmung der Austauschkapazitäten und Regeneration
- Überprüfung der theoretisch berechneten Regenerationsdauer

Zum Produkt:



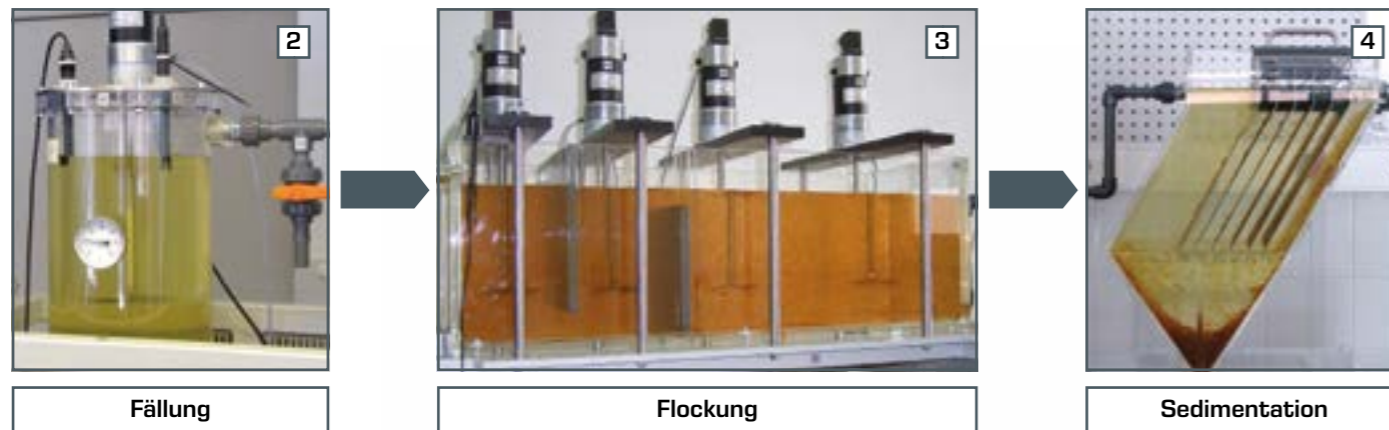
Zum Produkt:



CE 586

Fällung und Flockung

Mit diesem Gerät können Sie die Fällung und Flockung im kontinuierlichen Betrieb und somit unter sehr realistischen Bedingungen demonstrieren. Dieses Verfahren gliedert sich in die drei Stufen Fällung, Flockung und Sedimentation. Alle hierfür erforderlichen Komponenten sind übersichtlich auf dem Versuchsstand angeordnet. Zur Herstellung und Förderung des Rohwassers steht Ihnen eine separate Versorgungseinheit mit großem Vorlagebehälter zur Verfügung.



- 1 Vorlagebehälter für Rohwasser
- 2 Fällungsbehälter
- 3 Flockungsbecken
- 4 Lamellenklärer
- 5 Behälter für gereinigtes Wasser
- 6 Dosierpumpen für Hilfsstoffe
- 7 Schaltschrank mit großem Prozessschema
- 8 Messgerät für Leitfähigkeit

i Auch zu diesem Gerät erhalten Sie natürlich umfangreiches didaktisches Begleitmaterial.



Lerninhalte
<ul style="list-style-type: none"> ■ Einfluss des pH-Wertes auf die Fällung ■ Herstellung eines stabilen Betriebszustandes ■ Bestimmung der erforderlichen Dosiermengen für Hilfsstoffe ■ Funktionsweise eines Lamellenklärers

Zum Produkt:



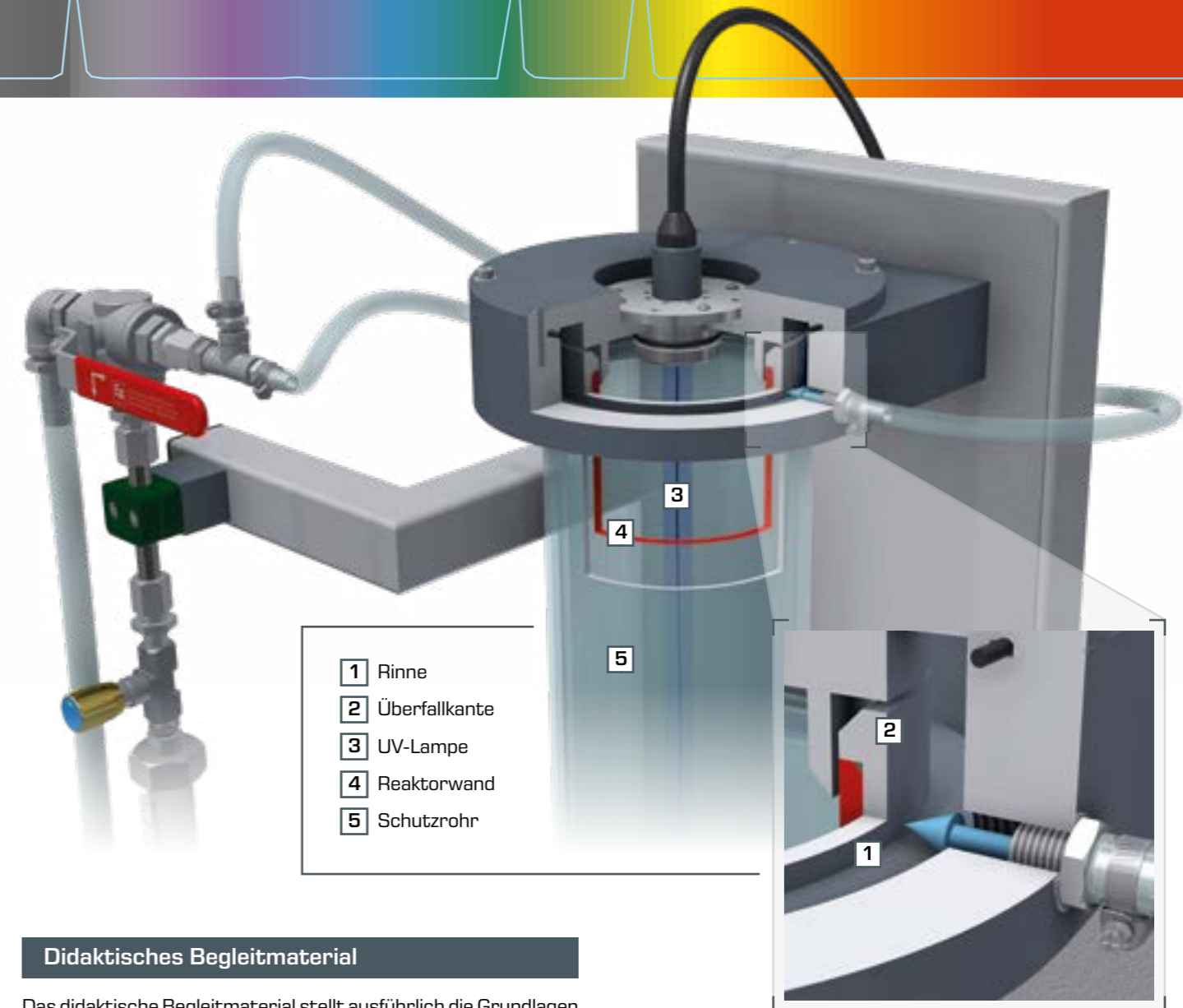
CE 584
Erweiterte Oxidation
 H_2O_2 und UV

Fallfilmreaktor im Batch-Betrieb

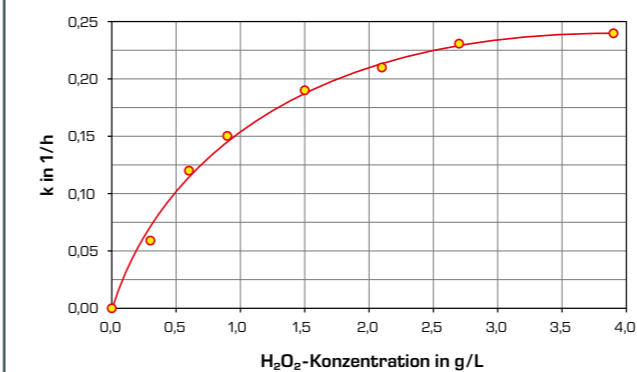
Erweiterte Oxidationsverfahren sind in der Wasserbehandlung Stand der Technik. Mit diesem Gerät können Sie die Oxidation biologisch nicht abbaubarer organischer Stoffe unter Verwendung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und UV-Strahlung untersuchen. Der didaktische Schwerpunkt liegt in der experimentellen Anwendung reaktionskinetischer Zusammenhänge.

Hauptkomponente des Gerätes ist ein Fallfilmreaktor, der diskontinuierlich betrieben wird. Das mit Wasserstoffperoxid versetzte Rohwasser wird aus einem Behälter in eine Rinne am oberen Ende des Reaktors gepumpt. Über eine Überfallkante strömt das Wasser an der Innenwand des Reaktors entlang als dünner Film nach unten und gelangt schließlich wieder in den Behälter.

In der Mitte des Reaktors befindet sich eine UV-Lampe. Durch die Bestrahlung mit UV-Licht (254nm) wird das Wasserstoffperoxid in die gewünschten OH-Radikale gespalten.


Didaktisches Begleitmaterial

Das didaktische Begleitmaterial stellt ausführlich die Grundlagen des Verfahrens sowie die reaktionskinetischen Zusammenhänge dar. Darüber hinaus wird exemplarisch ein durchgeführter Versuch detailliert beschrieben und ausgewertet.



Auszug aus der Anleitung von CE 584: Geschwindigkeitskonstante k in Abhängigkeit von der eingesetzten H_2O_2 -Menge. Als organischer Schadstoff wurde Triethylenglycoldimethylether verwendet.

Lerninhalte

- Aufnahme von Konzentrations-Zeit-Verläufen
- Untersuchung der Reaktionskinetik
 - ▶ Reaktionsordnung
 - ▶ Reaktionsgeschwindigkeit
- Einfluss der H_2O_2 -Menge auf den Reaktionsverlauf



Basiswissen Mehrstufige Wasserbehandlung

Mehrstufige Wasserbehandlung

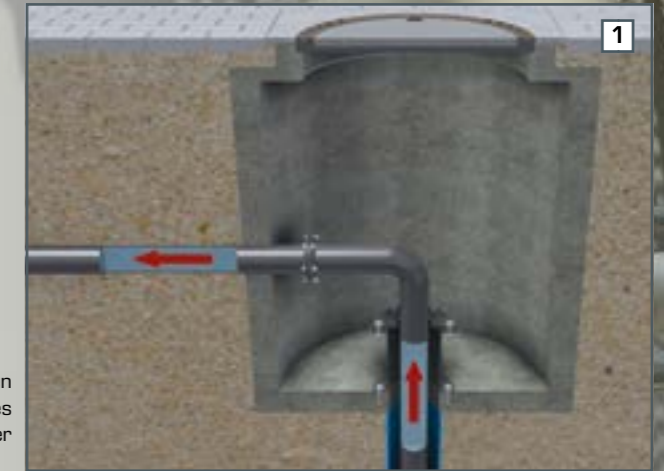
Zu behandelndes Wasser enthält in der Regel mehrere Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften. Zur Entfernung dieser Stoffe reicht ein einzelnes Grundverfahren folglich nicht aus. Daher sind Wasserbehandlungsanlagen in der Regel mehrstufig aufgebaut.

Aus Sicht des Umweltschutzes stellen Anlagen zur Reinigung von kontaminiertem Grundwasser ein klassisches Anwendungsbeispiel einer komplexen, mehrstufigen Wasserbehandlung dar.

Im Rohwasser enthaltene Feststoffe können in Anlagenteilen (z.B. Rohrleitungen und Pumpen) zu Beschädigungen oder Verstopfungen führen. Daher erfolgt in der Regel zunächst eine mechanische Reinigung, um die Feststoffe zu entfernen. Entstehen die Feststoffe erst im Zuge der Wasserbehandlung, wie z.B. durch Fällung und Flockung, kommen mechanische Behandlungsschritte auch im späteren Verlauf einer Wasserbehandlung zum Einsatz.

Grundwasserreinigung

Die Reinigung kontaminierter Grundwässer erfolgt überwiegend mit dem sogenannten „Pump and Treat-Verfahren“. Dabei wird im Abstrom der Kontaminationszone das Grundwasser gefördert und mit klassischen Verfahren der Wasserbehandlung gereinigt. Das gereinigte Grundwasser wird anschließend im Anstrom der Kontaminationszone wieder ins Erdreich infiltriert. Dadurch entsteht ein Kreislauf, in dem die Grundwasserreinigungsanlage integriert ist.



Förderbrunnen für kontaminiertes Grundwasser



- Mehrstufige Grundwasserreinigungsanlage**
- 1 Förderbrunnen
 - 2 Zulauf von Förderbrunnen
 - 3 Fällung (z.B. von gelöstem Eisen)
 - 4 Flockung
 - 5 Lamellenklärer (Sedimentation)
 - 6 Pufferbehälter
 - 7 Sandfilter
 - 8 Strippung
 - 9 Sammelbehälter für Schlamm
 - 10 Adsorption an Aktivkohle
 - 11 Adsorber für Abluft aus Strippung
 - 12 Sammelbehälter für gereinigtes Grundwasser
 - 13 Ablauf zu Infiltrationsbrunnen
 - 14 Infiltrationsbrunnen

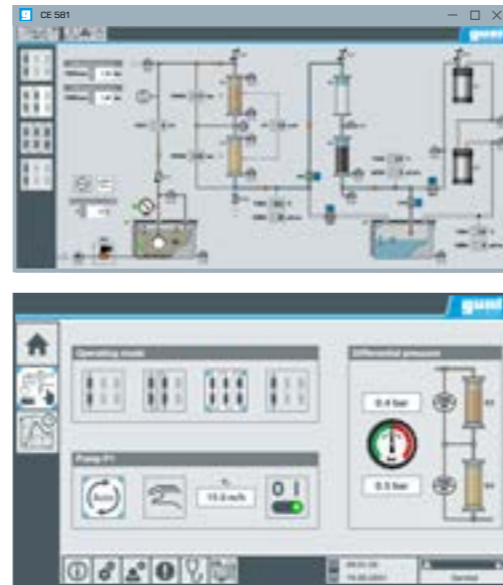


CE 581

Wasserbehandlung Anlage 1

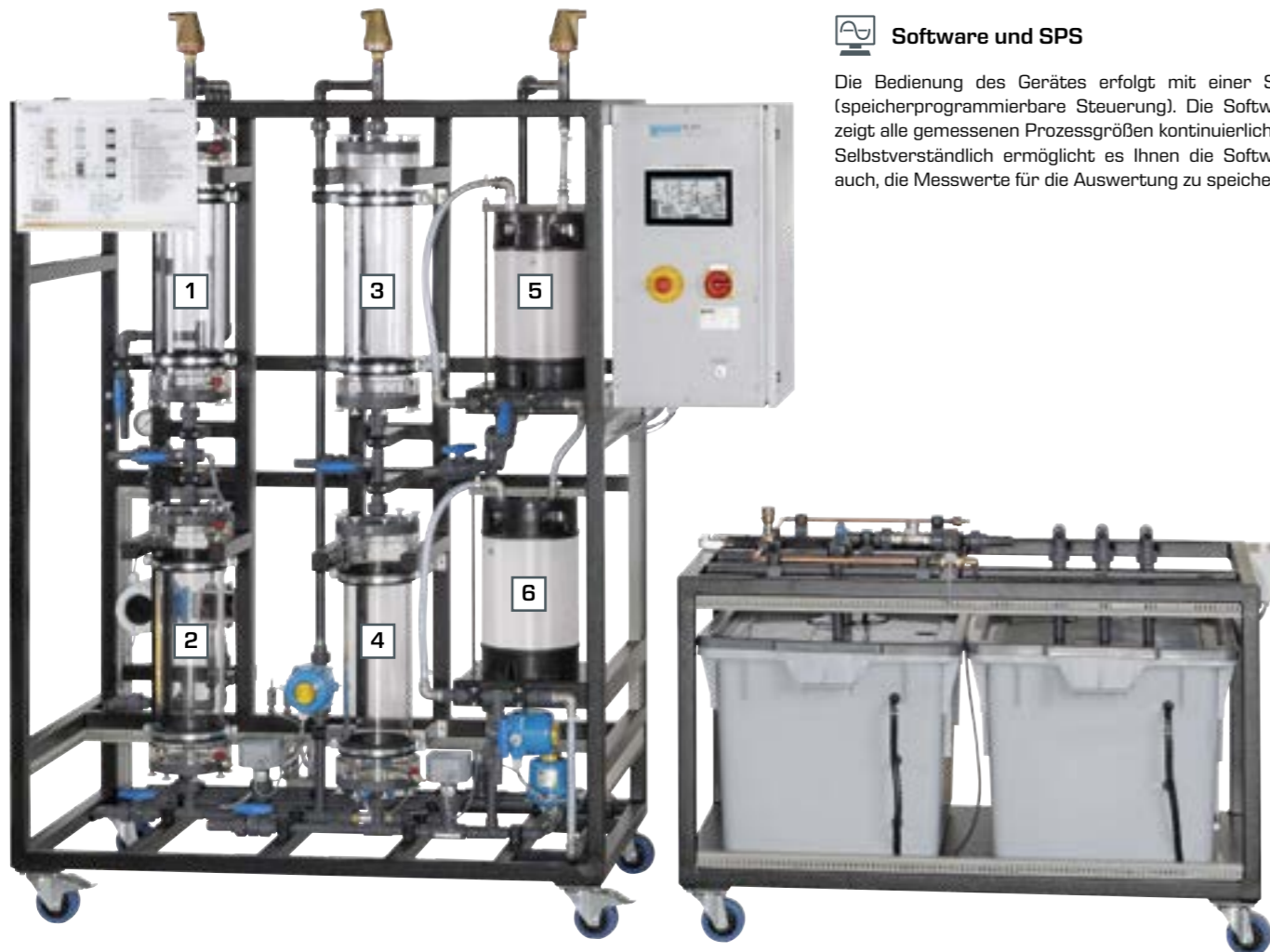
Mit diesem Gerät können Sie die Besonderheiten einer mehrstufigen Wasserbehandlung anschaulich demonstrieren und untersuchen. Hierfür stehen Ihnen sechs aufeinander folgende Verfahrensstufen zur Verfügung.

Tiefenfiltration	1 Kiesfilter
	2 Sandfilter
Adsorption	3 Aluminiumoxid
	4 Aktivkohle
Ionenaustausch	5 Mischbetaustauscher
	6 Kationenaustauscher



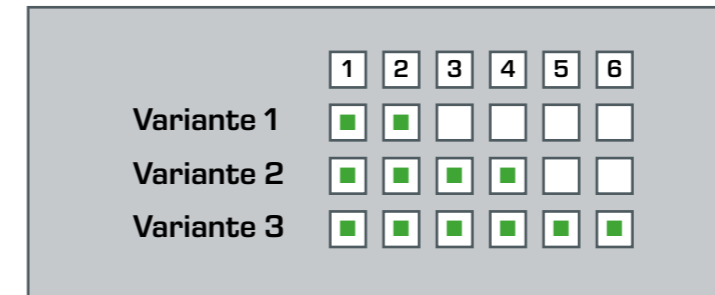
Software und SPS

Die Bedienung des Gerätes erfolgt mit einer SPS (speicherprogrammierbare Steuerung). Die Software zeigt alle gemessenen Prozessgrößen kontinuierlich an. Selbstverständlich ermöglicht es Ihnen die Software auch, die Messwerte für die Auswertung zu speichern.

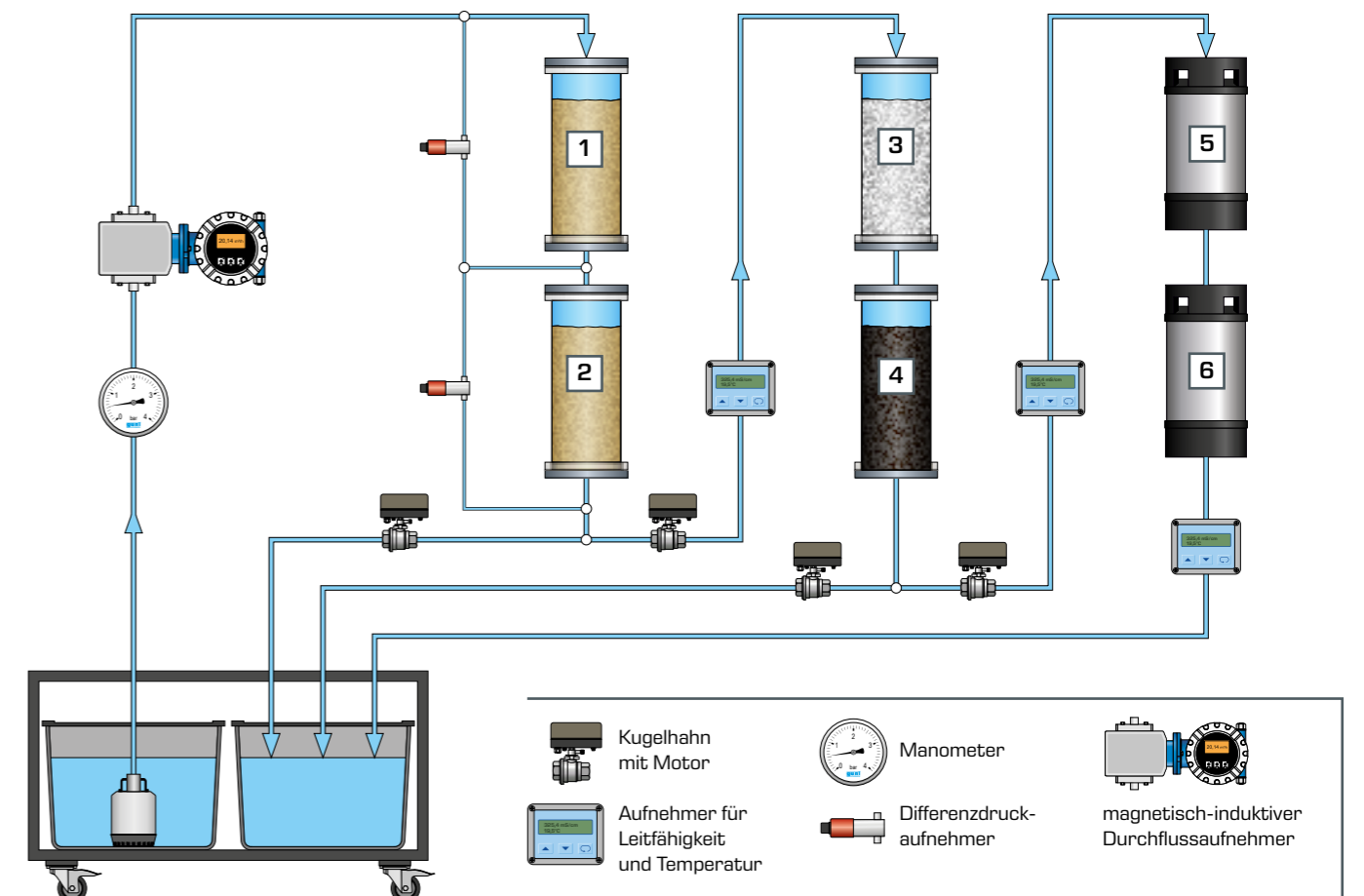


Betriebsvarianten

Die einzelnen Verfahrensstufen können separat aktiviert bzw. deaktiviert werden. Durch Verstellen elektrisch angetriebener Kugelhähne können Sie somit zwischen folgenden 3 Betriebsvarianten wählen:



Lerninhalte	
■	Kennenlernen der Grundverfahren Tiefenfiltration, Adsorption und Ionenaustausch
■	Beobachtung und Bestimmung des Druckverlustes bei der Tiefenfiltration
■	Erarbeiten von Durchbruchkurven (Adsorption)
■	Vergleich verschiedener Adsorptionsmaterialien
■	Grundprinzip des Ionenaustausches



Zum Produkt:



CE 582

Wasserbehandlung Anlage 2

Wasserbehandlung mit Sandfilter und Ionenaustauscher

Mit diesem Gerät können Sie die Besonderheiten einer mehrstufigen Wasserbehandlung anschaulich demonstrieren und untersuchen. Hierfür stehen Ihnen ein Sandfilter und zwei Ionenaustauscher zur Verfügung.

Beim Sandfilter liegt der didaktische Schwerpunkt in der Untersuchung der Druckverhältnisse im Filterbett. Zur Messung der Drücke ist der Sandfilter mit einer Differenzdruckmessung und einer Vielzahl einzelner Messstellen entlang des Filterbettes ausgestattet. Diese Messstellen können mit einer Manometertafel verbunden werden, wodurch Sie die Druckverhältnisse im

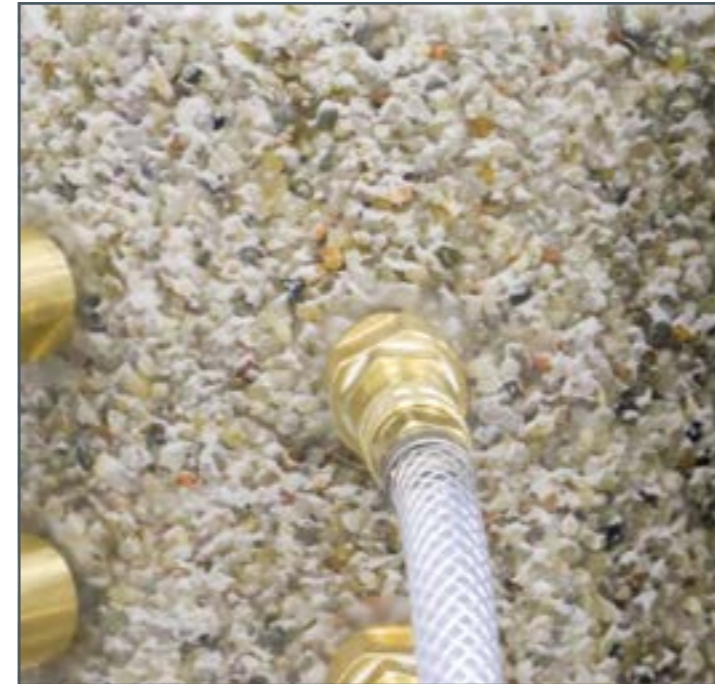
Filterbett sehr anschaulich sichtbar machen und sehr genau messen können. Die Manometertafel verfügt über 20 einzelne Rohrmanometer. Durch die Verwendung eines transparenten Filterrohres können Sie die zunehmende Beladung des Filterbettes auch visuell gut beobachten. Der Sandfilter kann bei Bedarf zurück gespült werden.

Nach der Filtration erfolgt ein Ionenaustausch. Hierfür stehen Ihnen jeweils ein Kationenaustauscher und ein Anionenaustauscher zur Verfügung. Das Gerät ermöglicht auch eine Regeneration der Ionenaustauscher.



Entwickelt in Zusammenarbeit mit der Hochschule Magdeburg

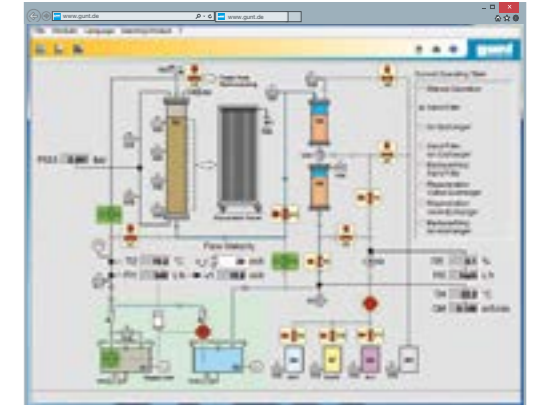
- 1 Manometertafel
- 2 Sandfilter
- 3 Ionenaustauscher
- 4 Vorlagebehälter für Regenerationsmittel
- 5 Behälter für Rohwasser und Reinwasser
- 6 Rückspülpumpe



Durch die Verwendung eines transparenten Filterrohres können Sie die zunehmende Beladung des Filterbettes nicht nur durch den Anstieg des Druckverlustes sondern auch visuell gut beobachten.



Standard bei GUNT: Einsatz professioneller Messtechnik



Software

Das Gerät ist mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Die Bedienung des Gerätes erfolgt mit einer modernen und übersichtlichen Software. Die Software zeigt alle gemessenen Prozessgrößen kontinuierlich an. Selbstverständlich ermöglicht es Ihnen die Software auch, die Messwerte für die Auswertung zu speichern.

Zum Produkt:



Lerninhalte	
■	Beobachtung und Bestimmung von Druckverlusten in einem Sandfilter
■	Erarbeiten von Mischeau-Diagrammen
■	Rückspülung von Sandfiltern
■	Funktionsweisen von Kationen- und Anionenaustauschern
■	Regeneration von Ionenaustauschern

Das GUNT-Gesamtprogramm



Technische Mechanik und Konstruktionslehre

- Statik
- Festigkeitslehre
- Dynamik
- Maschinendynamik
- Konstruktionslehre
- Werkstoffprüfung



Mechatronik

- Technisches Zeichnen
- Schnittmodelle
- Längenprüftechnik
- Maschinen- und Gerätetechnik
- Fertigungstechnik
- Montagetechnik
- Instandhaltung
- Maschinenzustandsüberwachung
- Automatisierung und Regelungstechnik



Thermische Energietechnik

- Thermodynamische Grundlagen
- Wärmeübertrager
- Thermische Fluidenergiemaschinen
- Verbrennungsmotoren
- Kältetechnik
- Versorgungstechnik



Technische Strömungsmechanik

- Stationäre Strömung
- Instationäre Strömung
- Umströmung von Körpern
- Elemente aus dem Rohrleitungs- und Anlagenbau
- Strömungsmaschinen
- Verdrängermaschinen
- Wasserbau



Prozesstechnik

- Mechanische Verfahrenstechnik
- Thermische Verfahrenstechnik
- Chemische Verfahrenstechnik
- Biologische Verfahrenstechnik
- Wasserbehandlung



2E Energy & Environment

- | Energy | Environment |
|--|-------------|
| ■ Solarenergie | ■ Wasser |
| ■ Wasserkraft und Meeresenergie | ■ Luft |
| ■ Windkraft | ■ Boden |
| ■ Biomasse | ■ Abfall |
| ■ Geothermie | |
| ■ Energiesysteme | |
| ■ Energieeffizienz in der Gebäudetechnik | |

Kontakt

G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15-17
22885 Barsbüttel
Deutschland

+49 40 670854-0
sales@gunt.de
www.gunt.de



Besuchen Sie uns
im Internet unter
www.gunt.de