

Systeme
für die technische
Ausbildung



Umwelttechnik

Nachhaltige Technologie für den Umweltschutz



Inhaltsverzeichnis

Willkommen bei GUNT

Im vorliegenden Katalog geben wir Ihnen einen umfassenden Überblick über unsere innovativen Demonstrations- und Versuchsgeräte.

GUNT-Geräte für:

- Ausbildung in technischen Berufen
- Training und Weiterbildung von technischem Personal in Handwerk und Industrie
- Studium der Ingenieurdisziplinen

Umwelttechnik

	Einleitung	004
1	Wasser	008
2	Luft	056
3	Boden	068
4	Abfall	090
	Sachregister	108
	Produktübersicht	110

Impressum

© 2024 G.U.N.T. Gerätebau GmbH. Wiederverwendung, Speicherung, Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet.

GUNT ist eine eingetragene Marke. Unsere Produkte sind somit geschützt und unterliegen dem Urheberrecht.

Für Druckfehler kann keine Gewähr übernommen werden. Änderungen vorbehalten.

Bildnachweise: G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Herstellerfotos, Shutterstock, 123RF.

Gestaltung & Satz: Profisatz.Graphics, Bianca Buhmann, Hamburg.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem, umweltfreundlichen Papier.

Basiswissen

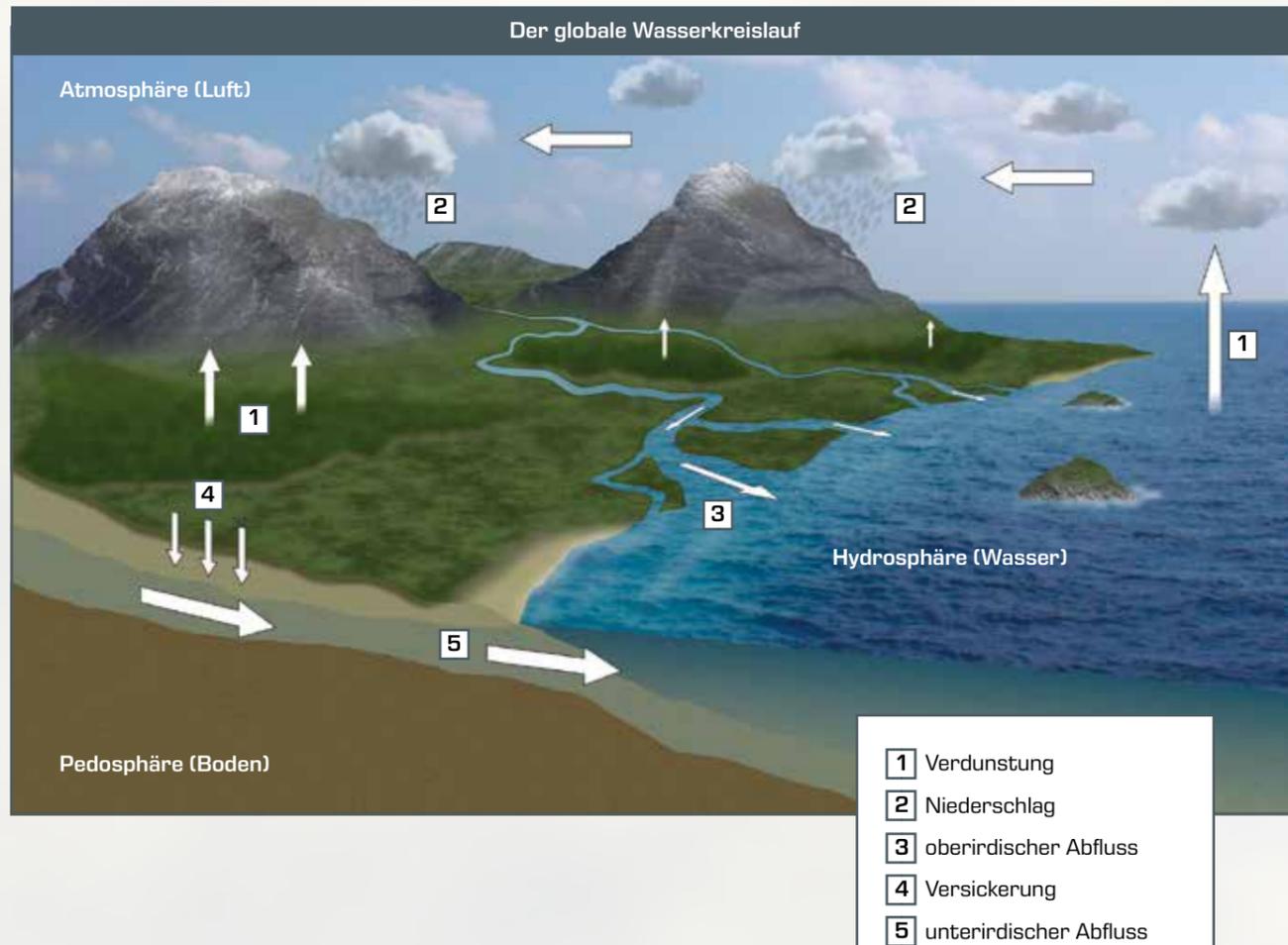
Umwelttechnik

Der globaler Wasserkreislauf: Bindeglied zwischen den Umweltkompartimenten

Ungefähr drei Viertel der Erdoberfläche ist von Wasser bedeckt. Das Wasser auf der Erde befindet sich in einem ständigen Kreislauf und durchläuft dabei alle Aggregatzustände. Treibende Kräfte dieses Kreislaufs sind die Sonne und die Schwerkraft. Der Wasserkreislauf verbindet die drei Umweltkompartimente Atmosphäre (Luft), Hydrosphäre (Wasser) und Pedosphäre (Boden) miteinander.

Durch die Sonneneinstrahlung erwärmt sich das Wasser auf der Erdoberfläche und in den Ozeanen. Dadurch verdunstet Wasser und gelangt als Wasserdampf in die Atmosphäre, wo es schließlich zur Wolkenbildung kommt. In Form von Niederschlag gelangt das Wasser wieder zurück auf die Erdoberfläche. Etwa die Hälfte davon verdunstet wieder. Der überwiegende Teil des restlichen Niederschlags fließt oberirdisch in Form von Flüssen wieder in die Ozeane. Der übrige Niederschlag versickert hingegen im Boden und führt zur Bildung von Grundwasser. Der größte Teil des Grundwassers gelangt unterirdisch wieder in die Ozeane. Der restliche Anteil tritt an Quellen oberirdisch aus dem Boden aus und führt zur Bildung von Flüssen, die wiederum oberirdisch zurück in die Ozeane fließen.

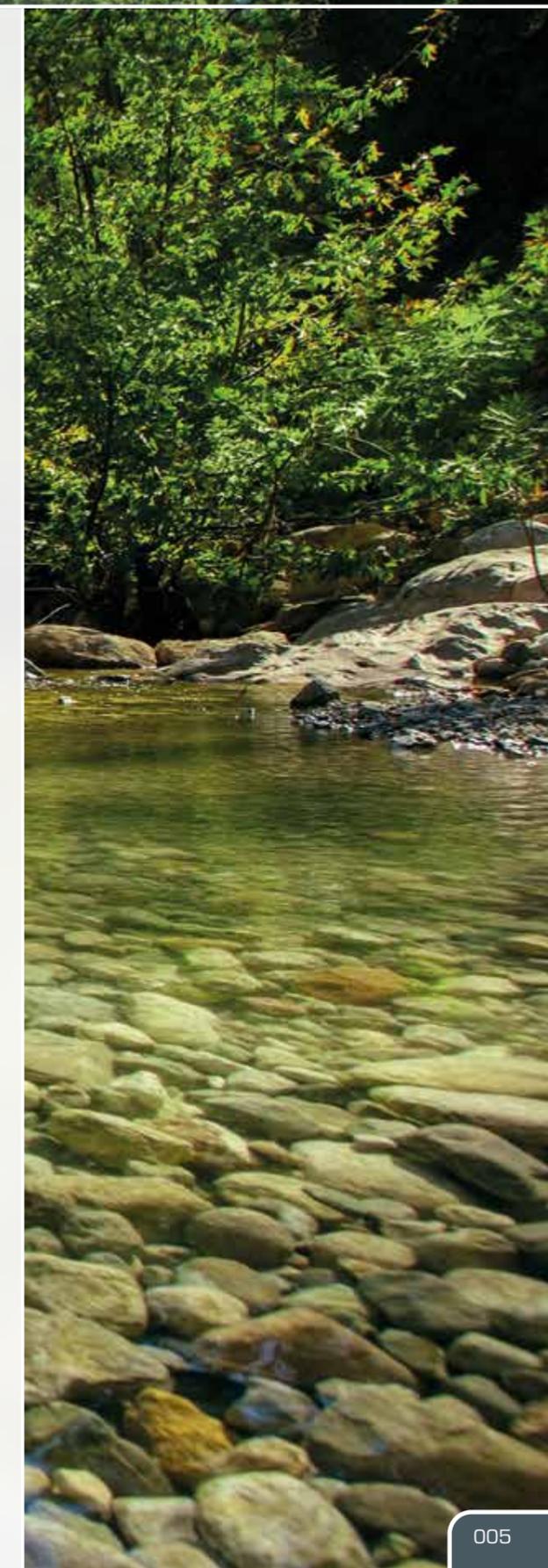
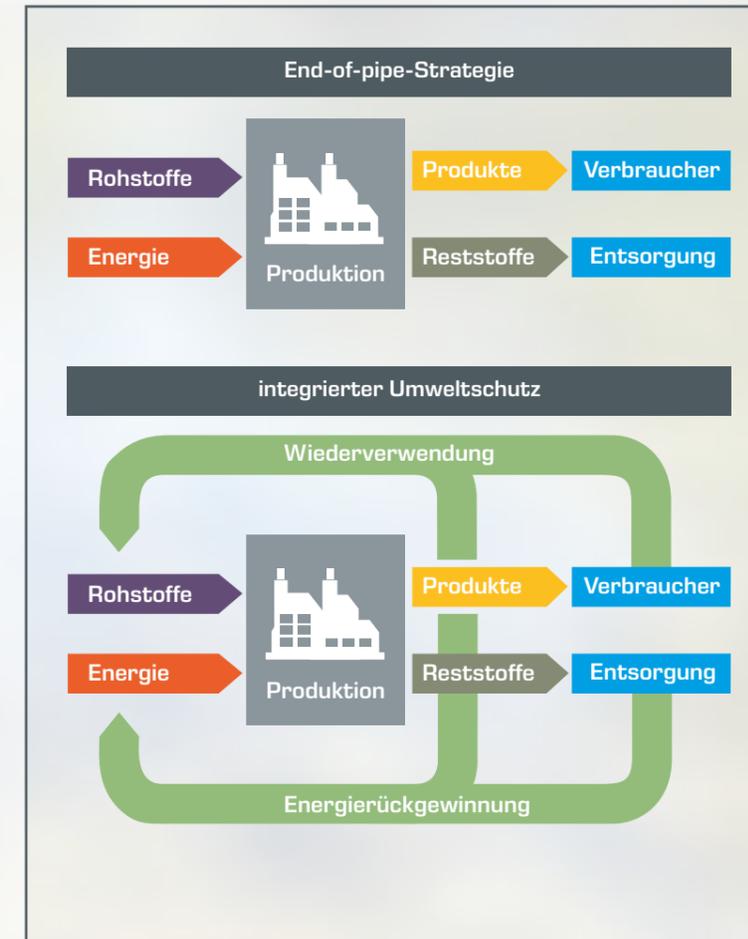
Der Mensch entnimmt aus dem Wasserkreislauf für verschiedene Zwecke Wasser und führt es nach Gebrauch wieder in den Kreislauf zurück, wobei das Wasser dann vielfach mit Schadstoffen belastet ist. Dadurch hat sich das natürliche Gleichgewicht des Wasserkreislaufs merklich gestört. So kommt es vielerorts z.B. vor, dass versickertes Wasser im Boden nicht mehr gereinigt, sondern kontaminiert wird. Der Boden kann seine natürliche Reinigungsfunktion also nicht mehr uneingeschränkt erfüllen. Weitere Beispiele für eine negative Beeinflussung des globalen Wasserhaushalts sind die Versiegelung von Flächen, die Abholzung von Wäldern sowie die Ablagerung schadstoffhaltiger Abfälle in Deponien.



Von der „End-of-pipe-Strategie“ zum integrierten Umweltschutz

Um der zunehmenden Umweltbelastung zu begegnen, verfolgte man lange Zeit die sogenannte „End-of-pipe-Strategie“. Dabei waren die Umweltschutzmaßnahmen den Produktionsprozessen nachgeschaltet, ohne die Produktionsprozesse selber mit einzubeziehen. Zudem hat man die Medien Wasser, Luft und Boden überwiegend separat betrachtet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese eindimensionale Betrachtungsweise der Komplexität eines nachhaltigen Umweltschutzes nicht gerecht wurde. So fand vor allem aus den Bereichen Wasser und Luft vielfach nur eine Problemverlagerung in den Abfallbereich statt, wie z. B. bei der Entsorgung von Klärschlamm aus der Abwasserreinigung.

Moderne Umweltschutzkonzepte verfolgen hingegen einen ganzheitlichen Ansatz, der alle Umweltbereiche einschließt. Ein weiteres Ziel ist es heutzutage, die Probleme bereits in einem früheren Stadium ihrer Entstehung anzugehen. So sind Maßnahmen zum Umweltschutz heute bereits in vielen Produktionsprozessen integriert. Die Wiederverwendung von Wertstoffen und der umweltschonende Einsatz von Energie spielen dabei eine zentrale Rolle.



Lernfelder
Umweltechnik

**Wasser, Luft und Boden:
zentrale Bestandteile von
Lehrplänen**

Eine der größten Herausforderungen ist der Erhalt einer sauberen Umwelt. Einmal in die Umwelt gelangte Schadstoffe verbleiben nicht zwangsläufig am Ort der Kontamination. Vielmehr ist durch den Wasserkreislauf und Winde ein weltweiter Transport dieser Schadstoffe möglich. Transport und Umwandlung von Schadstoffen können dabei in der Atmosphäre (Luft), Hydrosphäre (Wasser) und Pedosphäre (Boden) stattfinden. Das Verständnis für die komplexen Vorgänge in diesen drei Umweltkompartimenten ist Grundlage für die Entwicklung moderner Umweltschutztechnologien.

Entsprechend bilden fundierte Kenntnisse über die grundlegenden Zusammenhänge in den drei Umweltkompartimenten Wasser, Luft und Boden das Fundament umwelttechnischer Berufe. Da ein nachhaltiger Umweltschutz auch einen fachgerechten und sorgsamen Umgang mit Abfällen erfordert, sind auch Fragestellungen aus dem Bereich der Abfallwirtschaft unverzichtbarer Bestandteil von Lehrplänen im Bereich der Umweltechnik.

**Interdisziplinär denken
für ganzheitlichen Umweltschutz**

Unser Geräteprogramm folgt in seiner Struktur den allgemein anerkannten Lehrplänen im Bereich der Umweltechnik. Die Geräte wurden von erfahrenden Ingenieuren entwickelt, die durch ihre Ausbildung, insbesondere im Bereich der Umweltechnik, über fundiertes Fachwissen verfügen.

Die Umweltechnik ist eine vergleichsweise junge Ingenieurdisziplin. Viele der in diesem Bereich eingesetzten Verfahren zum Schutz der Umwelt haben ihren Ursprung in anderen Ingenieurdisziplinen. So basieren die bei der Wasserbehandlung und Luftreinhaltung eingesetzten Verfahren auf der klassischen Verfahrenstechnik. Analog dazu sind Grundwasserströmungen in Böden natürlich auch fester Bestandteil der Hydraulik und des Wasserbaus.

Dies macht deutlich, dass angehende Ingenieure im Bereich der Umweltechnik heutzutage interdisziplinär denken und handeln müssen, um den komplexen Herausforderungen gerecht zu werden.

Bei den in diesem Katalog vorgestellten Geräten handelt es sich um eine Auswahl an Lehrsystemen, die für die Ausbildung im Bereich der Umweltechnik eine optimale Ergänzung zu den theoretischen Grundlagen darstellen. Die meisten dieser Geräte haben ihren Ursprung in anderen klassischen Bereichen der Ingenieurwissenschaften. Entsprechend finden Sie weitere, themenverwandte Geräte in unserem Produktbereich „Hydraulik für Bauingenieure“ und „Prozesstechnik“.



4
Hydraulik für Bauingenieure



» Hydraulik für Bauingenieure

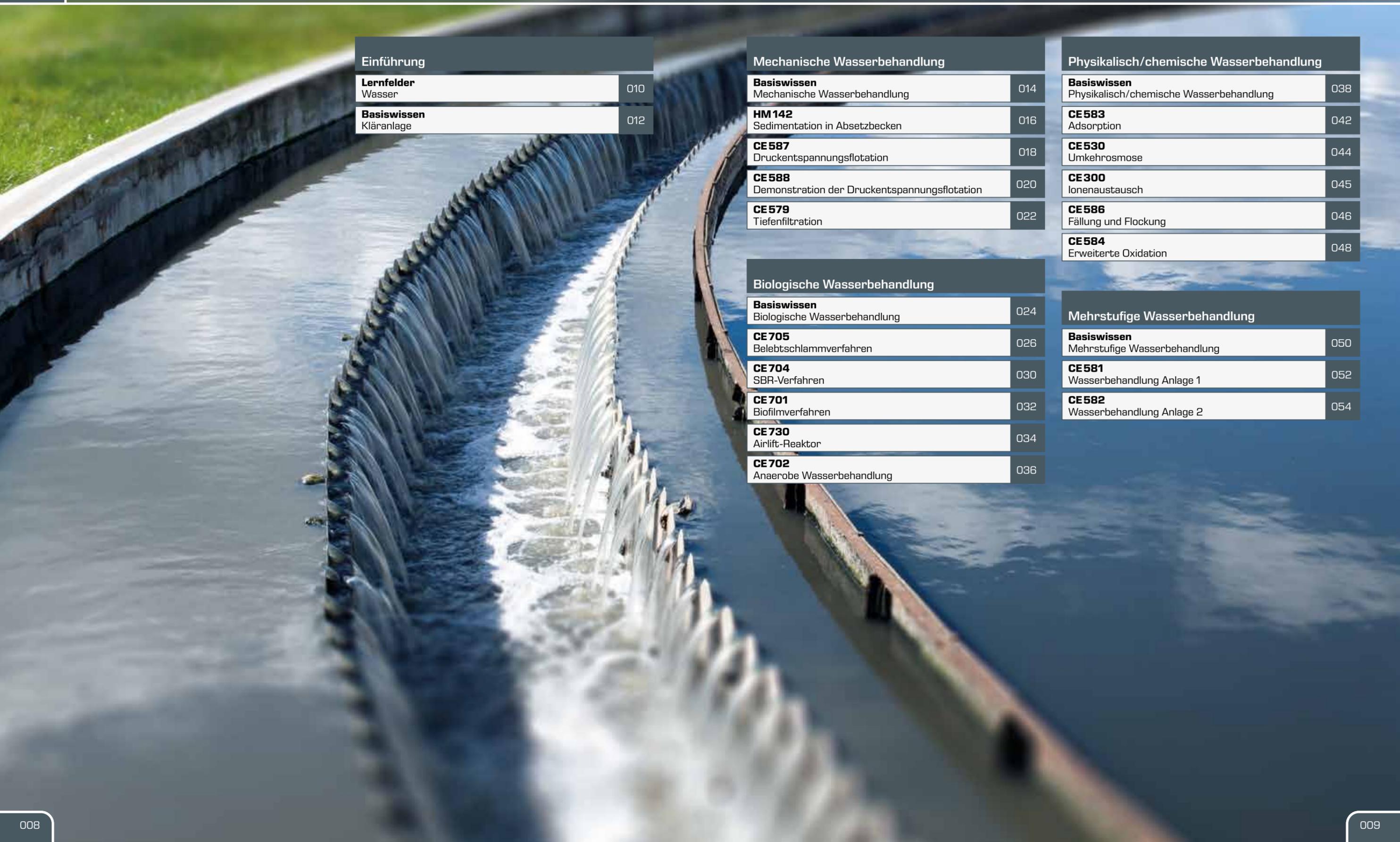


5
Prozesstechnik



» Prozesstechnik





Einführung	
Lernfelder Wasser	010
Basiswissen Kläranlage	012

Mechanische Wasserbehandlung	
Basiswissen Mechanische Wasserbehandlung	014
HM 142 Sedimentation in Absetzbecken	016
CE 587 Druckentspannungsflotation	018
CE 588 Demonstration der Druckentspannungsflotation	020
CE 579 Tiefenfiltration	022

Biologische Wasserbehandlung	
Basiswissen Biologische Wasserbehandlung	024
CE 705 Belebtschlammverfahren	026
CE 704 SBR-Verfahren	030
CE 701 Biofilmverfahren	032
CE 730 Airlift-Reaktor	034
CE 702 Anaerobe Wasserbehandlung	036

Physikalisch/chemische Wasserbehandlung	
Basiswissen Physikalisch/chemische Wasserbehandlung	038
CE 583 Adsorption	042
CE 530 Umkehrosmose	044
CE 300 Ionenaustausch	045
CE 586 Fällung und Flockung	046
CE 584 Erweiterte Oxidation	048

Mehrstufige Wasserbehandlung	
Basiswissen Mehrstufige Wasserbehandlung	050
CE 581 Wasserbehandlung Anlage 1	052
CE 582 Wasserbehandlung Anlage 2	054

Lernfelder
Wasser

Lernfelder

Produkte

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 Verfahren

HM 142
Sedimentation in Absetzbecken
CE 587
Druckentspannungsflotation
CE 588
Demonstration der Druckentspannungsflotation
CE 579
Tiefenfiltration

Biologische Verfahren

CE 705
Belebtschlammverfahren
CE 704
SBR-Verfahren
CE 701
Biofilmverfahren
CE 730
Airlift-Reaktor
CE 702
Anaerobe Wasserbehandlung

Physikalisch / chemische Verfahren

CE 583
Adsorption
CE 530
Umkehrosmose
CE 300
Ionenaustausch
CE 586
Fällung und Flockung
CE 584
Erweiterte Oxidation

Mehrstufige Wasserbehandlung

Kombinierte
Grundverfahren

CE 581
Wasserbehandlung Anlage 1
CE 582
Wasserbehandlung Anlage 2

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. Wengleich 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. Ausgefauter 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:



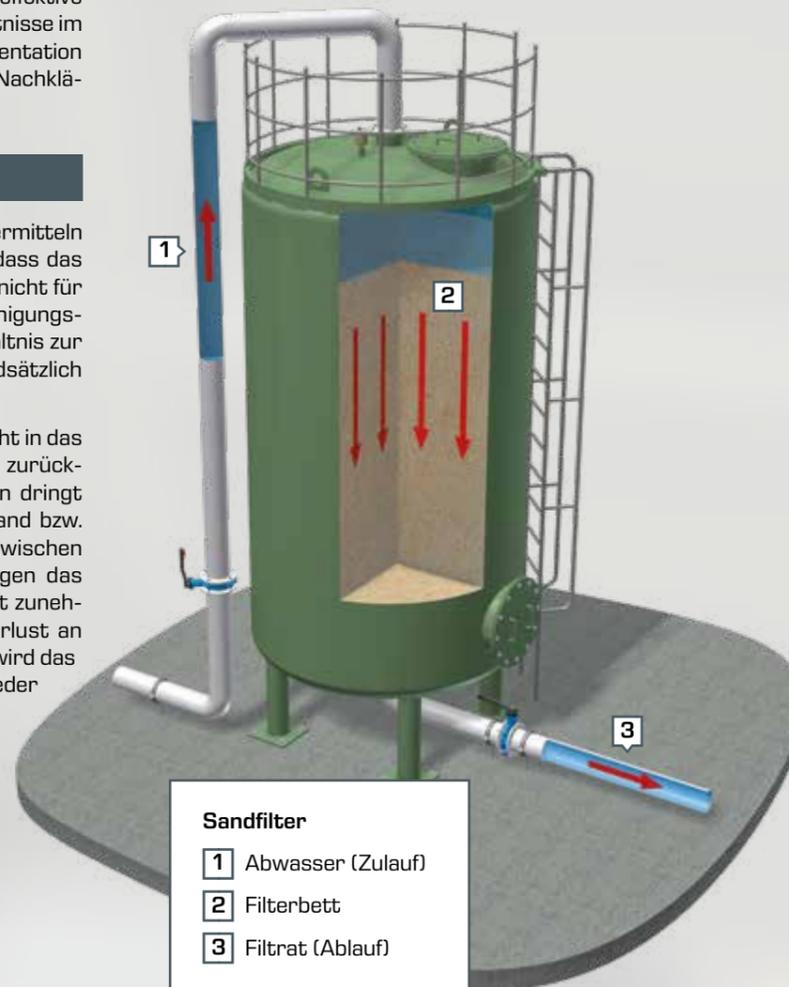
Sedimentation

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

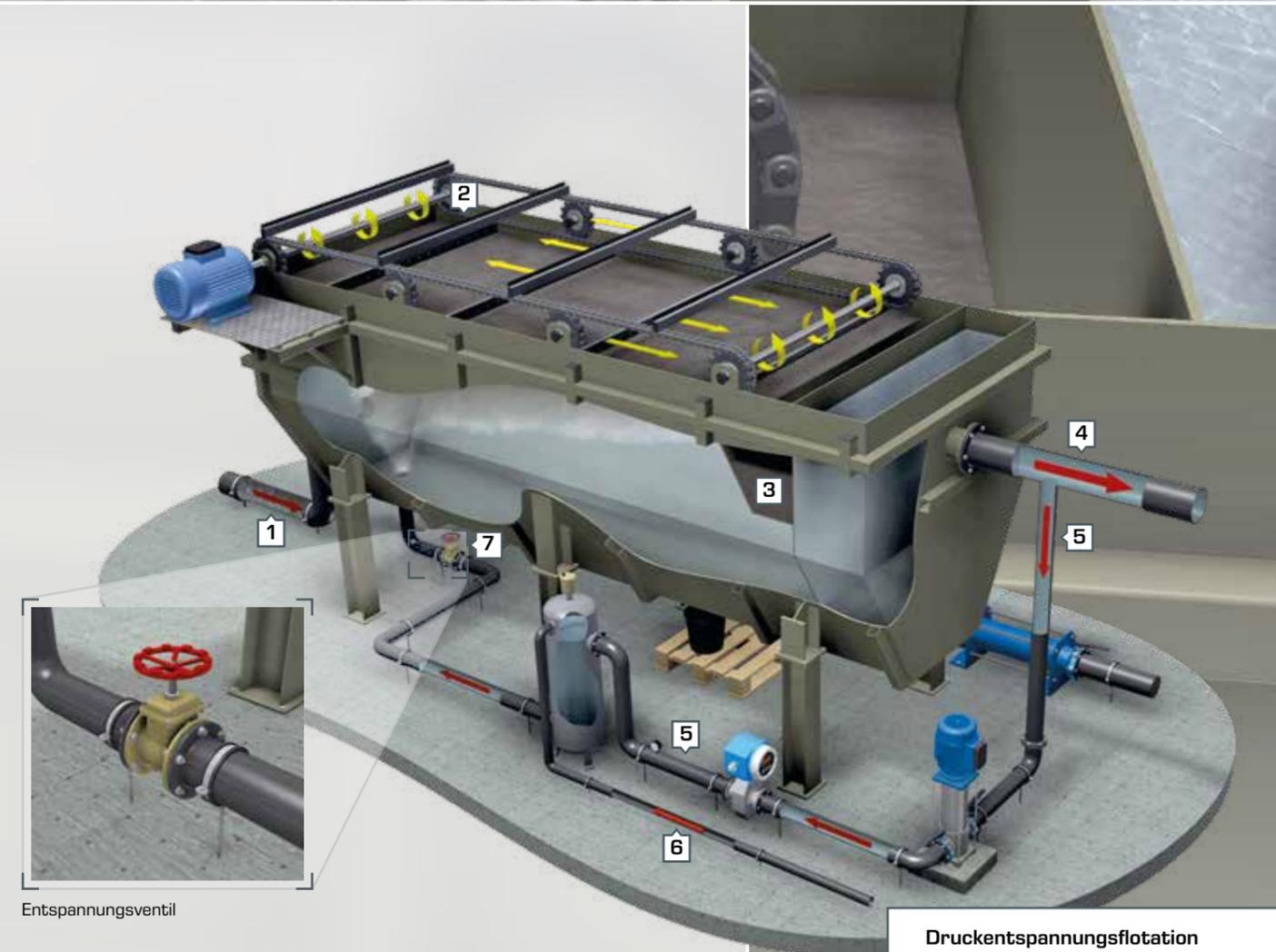
Bei der Filtration werden die Feststoffe von porösen Filtermitteln zurückgehalten. Eine effektive Filtration setzt voraus, dass das Filtermittel nur für die flüssige Phase (Wasser), jedoch nicht für die Feststoffe durchlässig ist. Maßgebend für den Reinigungserfolg ist also die Partikelgröße der Feststoffe 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

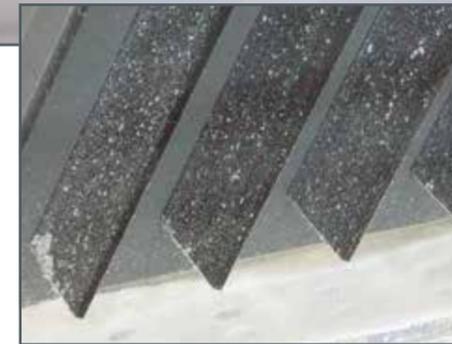
HM142 Sedimentation in Absetzbecken

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
■	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 Räumler 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.



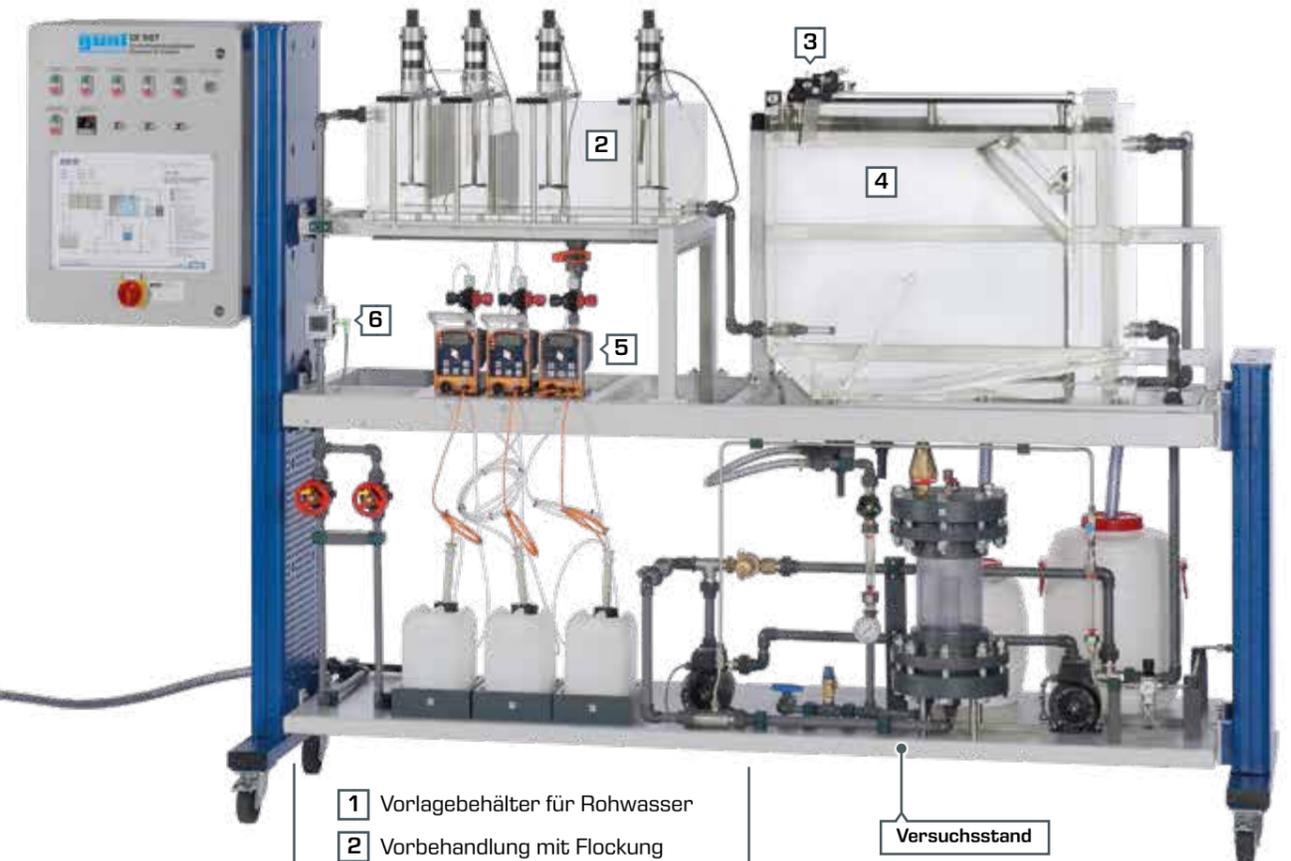
In Anlehnung an großtechnische Flotationsanlagen ist CE 587 mit einem elektrisch angetriebenen Räumler ausgestattet, der die flotierten Feststoffe von der Wasseroberfläche entfernt.



Versorgungseinheit



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



- 1 Vorlagebehälter für Rohwasser
- 2 Vorbehandlung mit Flockung
- 3 elektrisch angetriebener Räumler
- 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

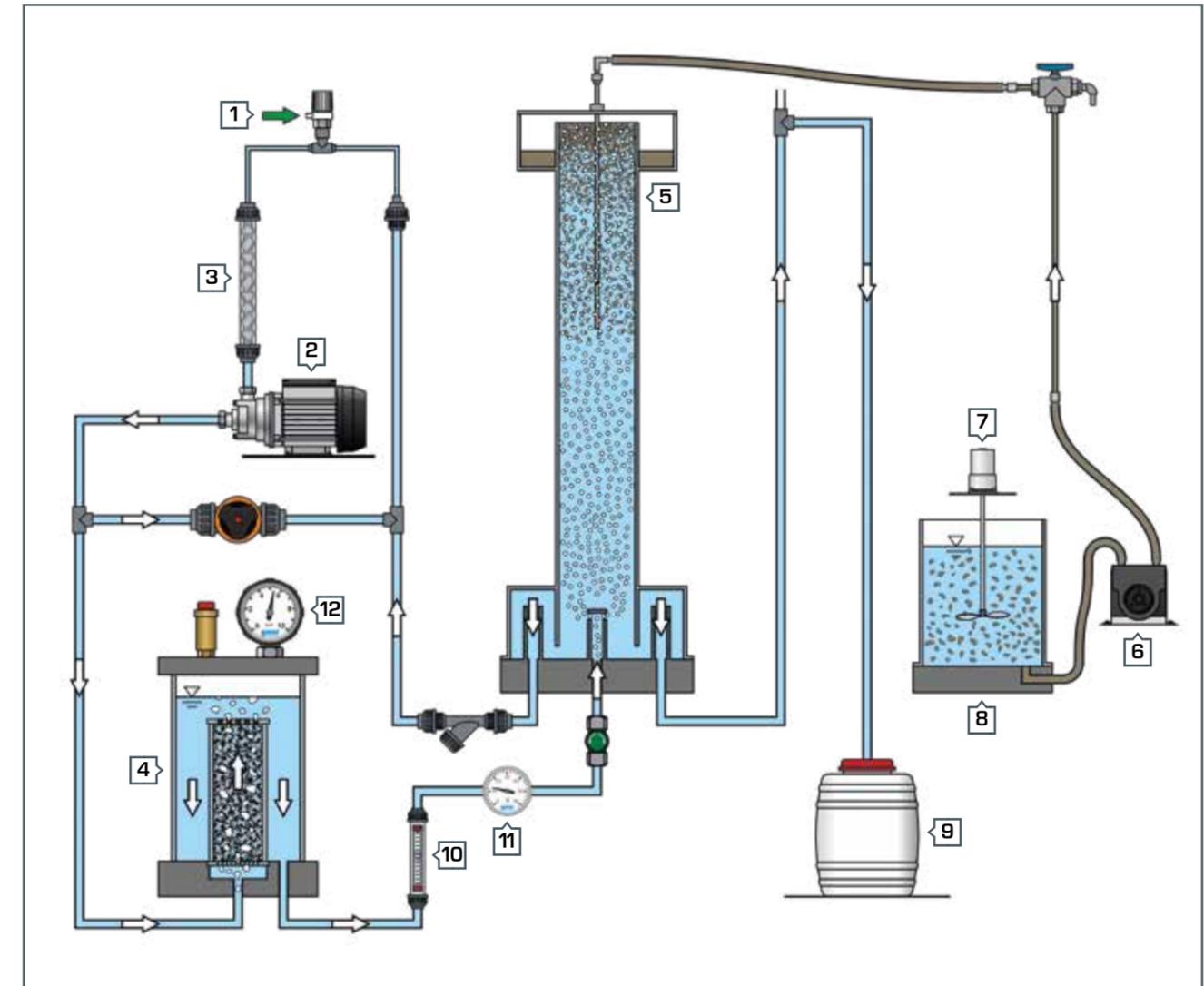
Bei der Flotation werden die abzutrennenden Feststoffe durch kleine Gasbläschen an die Wasseroberfläche befördert. Das am häufigsten eingesetzte Verfahren ist die sogenannte Druckentspannungsflotation. Grundlage dieses Verfahrens ist, dass die Löslichkeit von Luft in Wasser mit zunehmenden Druck steigt.

Der Schwerpunkt dieses kompakten Versuchstandes 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:
 - ▶ Gesetz von Henry
 - ▶ Gesetz von Dalton

Zum Produkt:



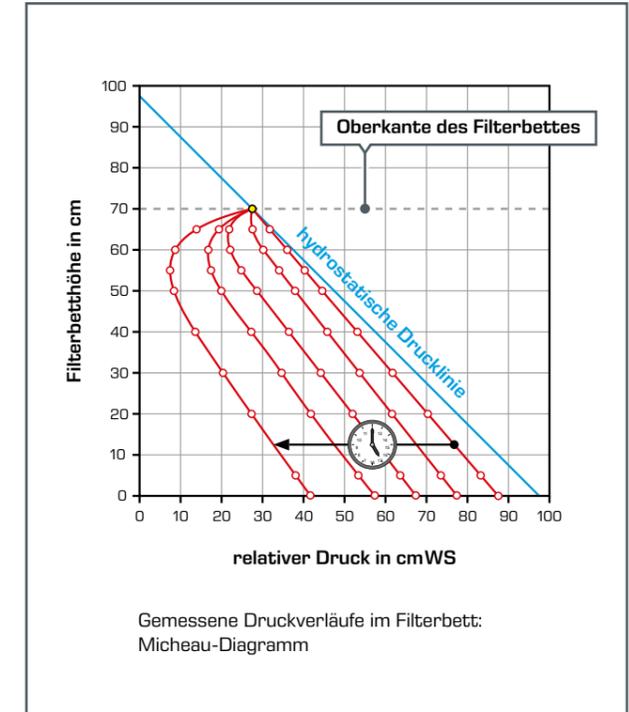
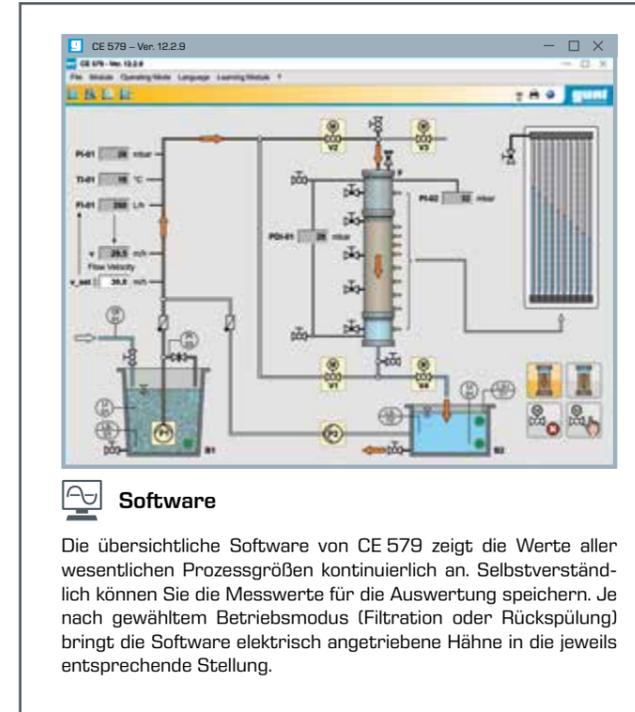
CE 579 Tiefenfiltration

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 Versuchszustandes 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.



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

Zum Produkt:



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:

suspensierte Biomasse

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

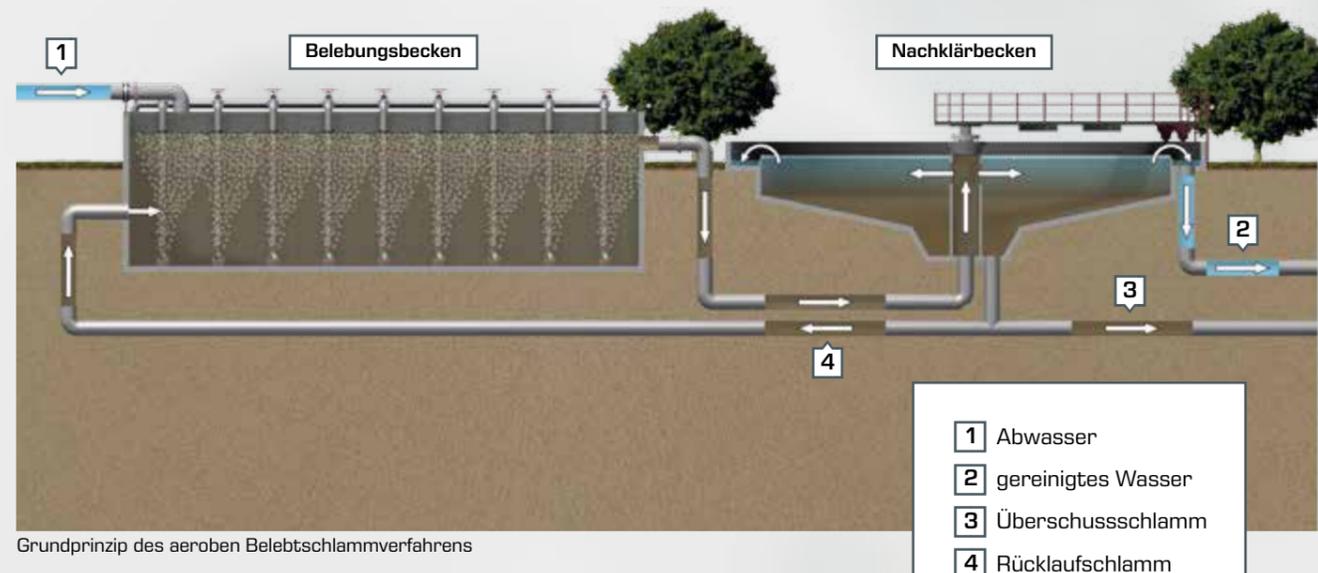
festsitzende Biomasse

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

Aerobes Belebtschlammverfahren

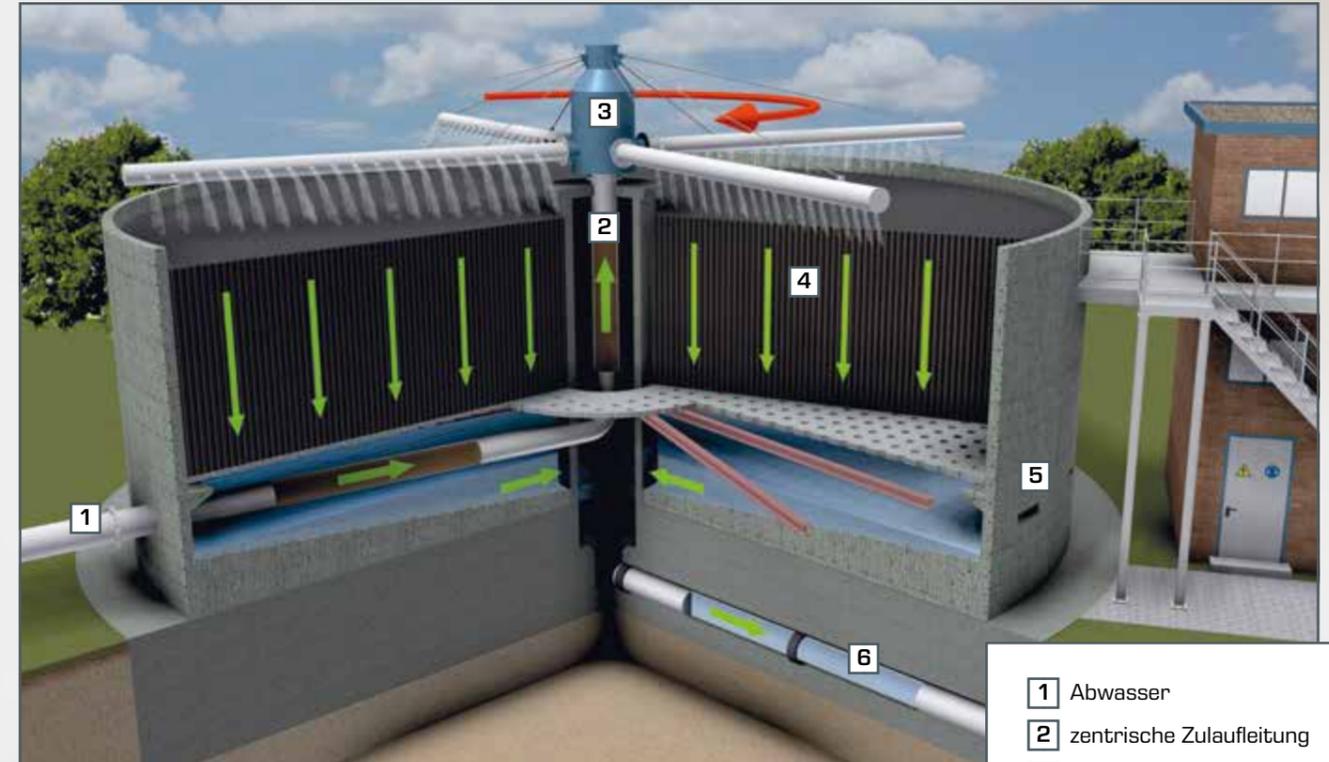
Das aerobe Belebtschlammverfahren ist das am häufigsten eingesetzte biologische Abwasserreinigungsverfahren. Die Biomasse befindet sich als suspendierter Belebtschlamm im Belebungsbecken, das kontinuierlich von Abwasser durchströmt wird. Hier erfolgt auch die Belüftung des Abwassers, um die Mikroorganismen 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

- 1 Abwasser
- 2 gereinigtes Wasser
- 3 Überschussschlamm
- 4 Rücklaufschlamm



Aufbau und Funktionsweise eines Tropfkörpers

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

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.

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

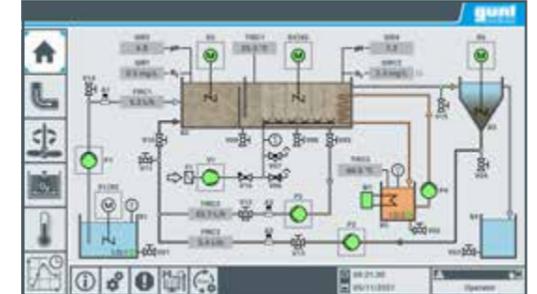
Das aerobe Belebtschlammverfahren ist das in Kläranlagen weltweit am häufigsten eingesetzte biologische Verfahren. Fundierte Kenntnisse über dieses Verfahren sind für angehende Ingenieure und Facharbeiter im Bereich der Umwelttechnik daher unverzichtbar.

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:

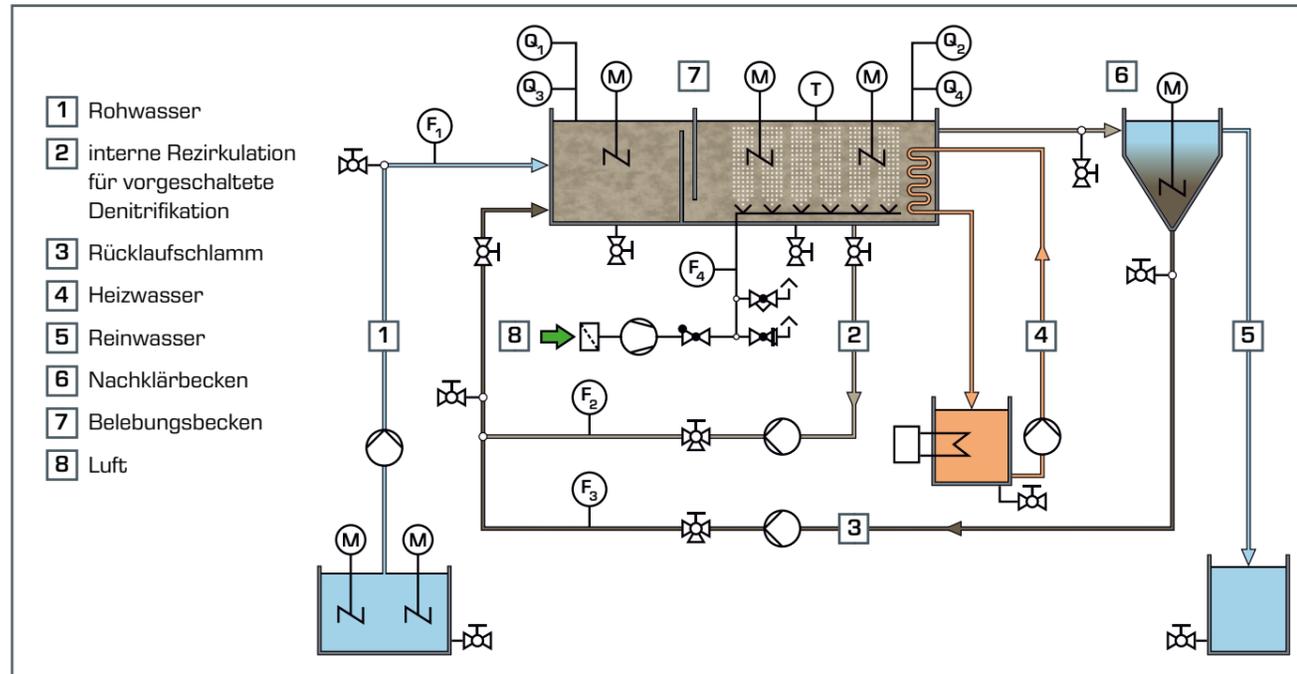


CE 705 Belebtschlammverfahren

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.



- 1 Rohwasser
- 2 interne Rezirkulation für vorgeschaltete Denitrifikation
- 3 Rücklaufschlamm
- 4 Heizwasser
- 5 Reinwasser
- 6 Nachklärbecken
- 7 Belebungsbecken
- 8 Luft

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:
 - ▶ Schlammalter
 - ▶ Raumbelastung
 - ▶ Schlammbelastung
 - ▶ Rücklaufschlammverhältnis
 - ▶ Rücklaufverhältnis der internen Rezirkulation (Denitrifikation)
- Wirkungsgrad der vorgeschalteten Denitrifikation
- Einfluss folgender Umgebungsbedingungen auf den biologischen Abbau:
 - ▶ Temperatur
 - ▶ Sauerstoffkonzentration

Messgrößen			
Durchfluss	F ₁	Rohwasser	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₂	interne Rezirkulation	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₃	Rücklaufschlamm	<input checked="" type="checkbox"/>
	F ₄	Belüftung	<input type="checkbox"/>
Sauerstoffkonzentration	Q ₁	Denitrifikationszone	<input type="checkbox"/>
	Q ₂	Nitrifikationszone	<input checked="" type="checkbox"/>
pH-Wert	Q ₃	Denitrifikationszone	<input type="checkbox"/>
	Q ₄	Nitrifikationszone	<input type="checkbox"/>
Temperatur	T	Nitrifikationszone	<input checked="" type="checkbox"/>

 Regelung

Zum Produkt:



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



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

CE 704 SBR-Verfahren – Sequencing Batch Reactor

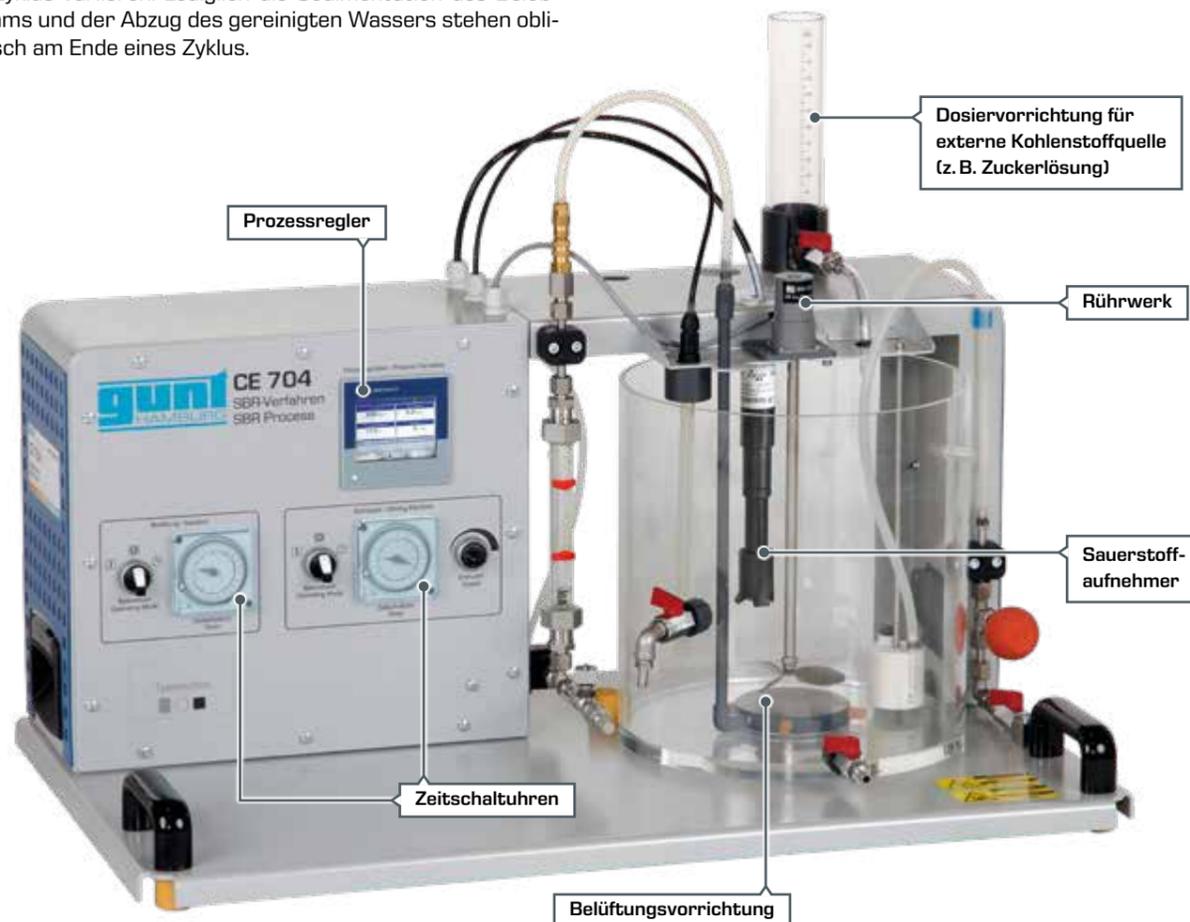
Diskontinuierliche Abwasserreinigung

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).

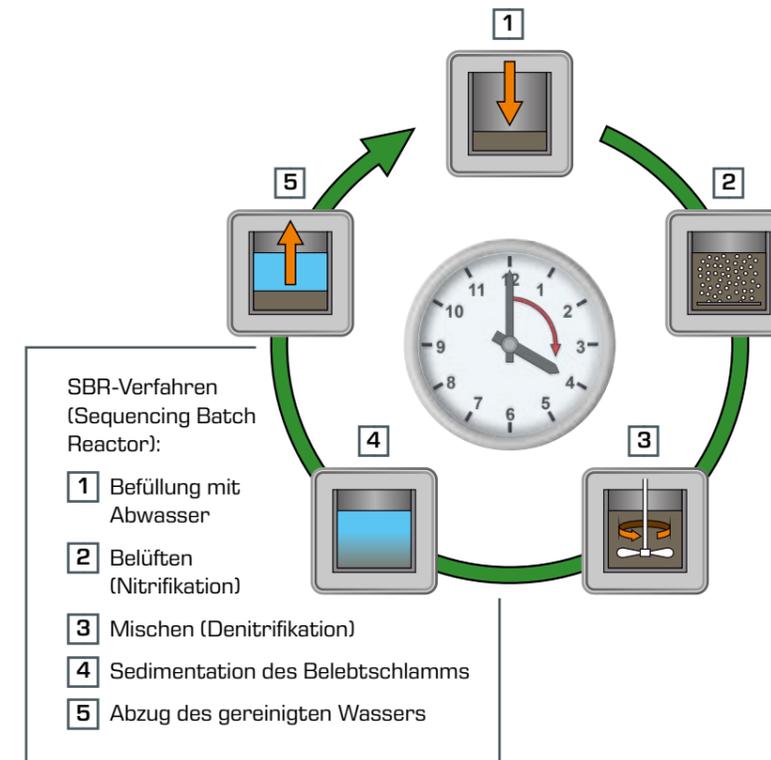
Am Anfang eines Zyklus steht die Befüllung des Reaktors mit Abwasser. Es folgen Phasen der Mischung und der Belüftung. Dadurch stellt man das für den jeweiligen Prozessschritt erforderliche Milieu ein. Nach einer definierten Zeit werden alle Rühraggregate und die Belüftung ausgeschaltet. Dadurch sinkt der Belebtschlamm zum Boden des Reaktors. Nach Abschluss der Sedimentationsphase wird das gereinigte Abwasser 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.



Zum Produkt:



- 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

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



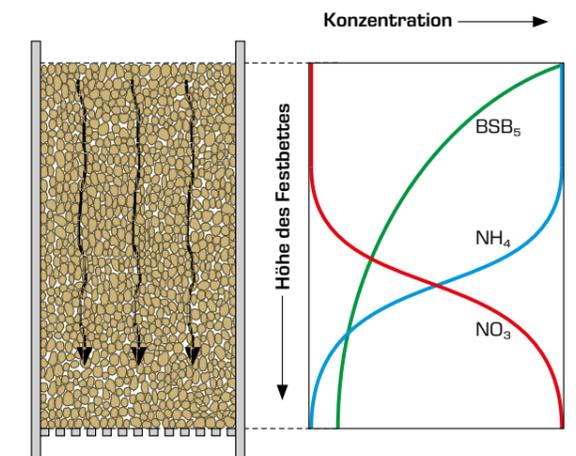
Probenahmestelle innerhalb des Tropfkörpers



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.

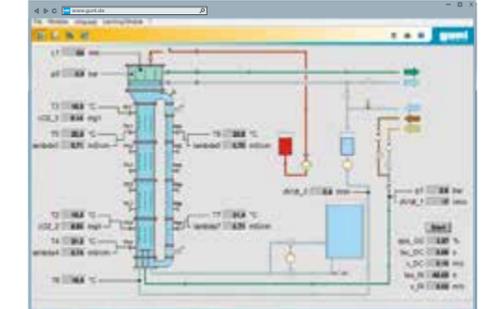


Airlift-Reaktor CE 730

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)**



} anaerobes
Belebtschlammverfahren

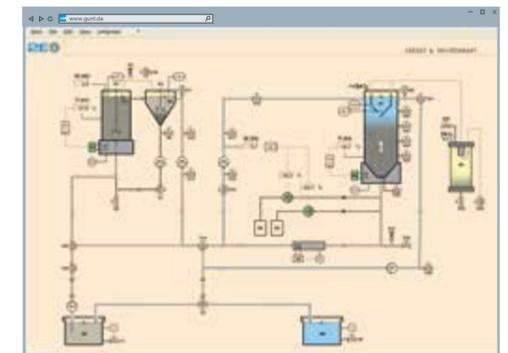
Zum Produkt:



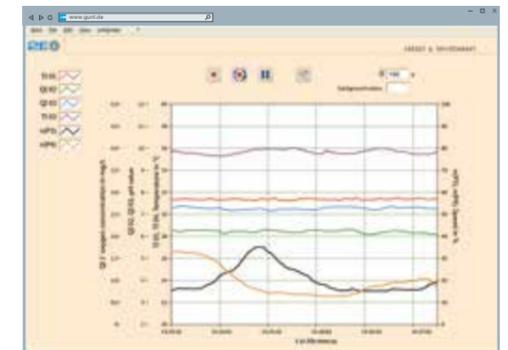
UASB-Reaktor von CE 702 während des erfolgreichen Probebetriebes in unserem Labor

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

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

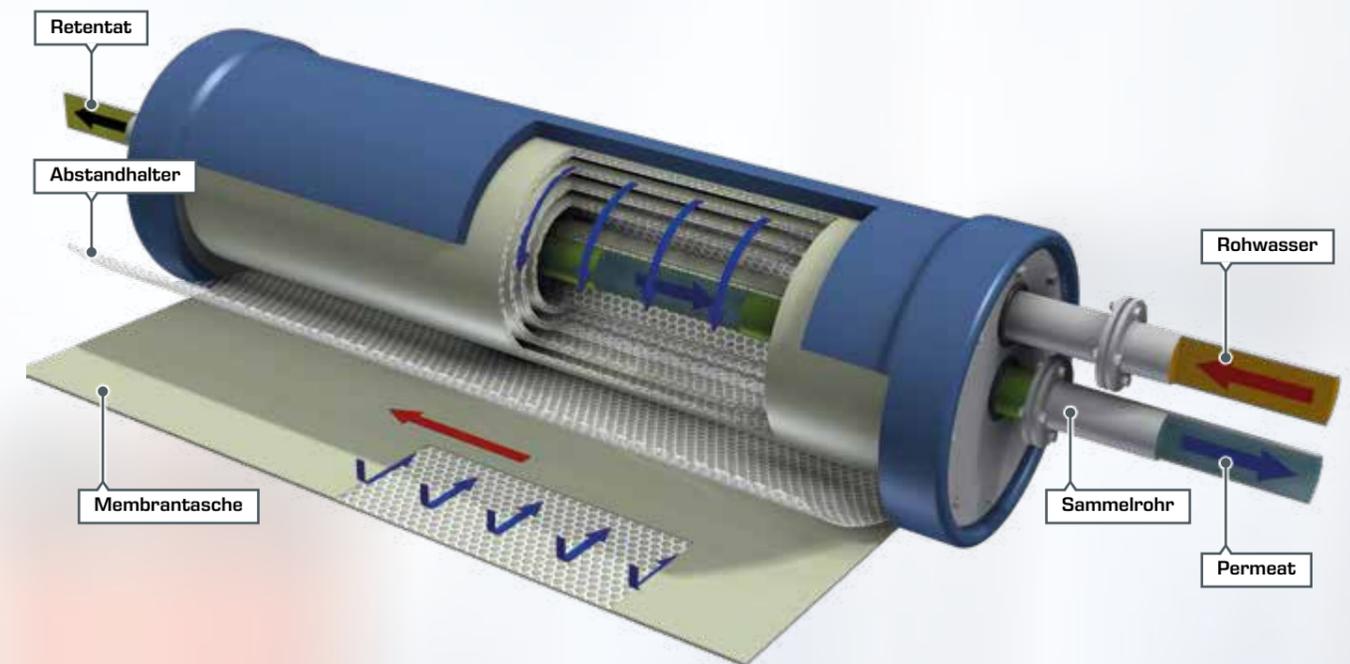


Kontinuierlich durchströmte Adsorber in einer Wasserbehandlungsanlage

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 Adsorbern. In den Adsorbern befindet sich ein Festbett aus granulierter Aktivkohle. Nach einer gewissen Betriebsdauer kommt es im Ablauf eines Adsorbers zu einem Anstieg der Adsorptiv-Konzentration. Diesen Zustand bezeichnet man als Durchbruch. Trägt man die Adsorptiv-Konzentration im Ablauf eines Adsorbers 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.

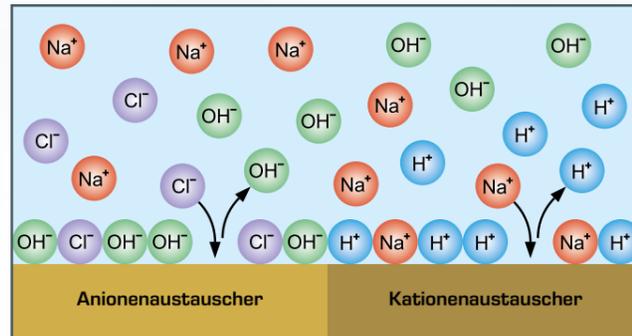
Für die Umkehrosmose kommen sogenannte Spiralwickelmodule zum Einsatz. Besonderheit dieser Bauweise ist die spiralförmig um ein zentrales Rohr gewickelte Membrantasche. Durch hohen Druck auf der Zulaufseite tritt das Wasser (Permeat) durch die Membran und fließt spiralförmig dem zentralen Sammelrohr 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.

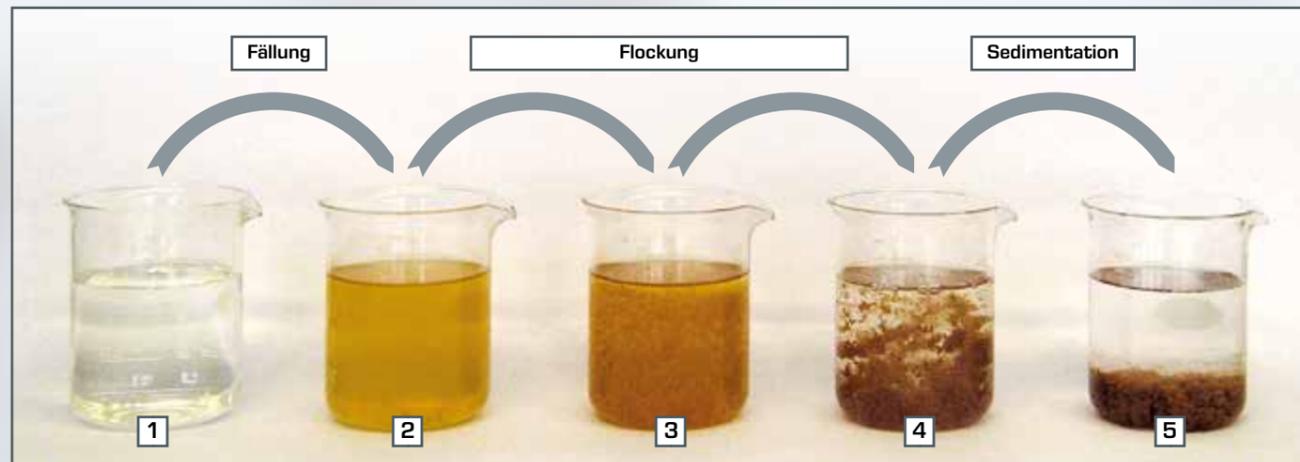


Entsalzung durch Anionenaustausch und anschließendem Kationenaustausch

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).



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).

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.

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)

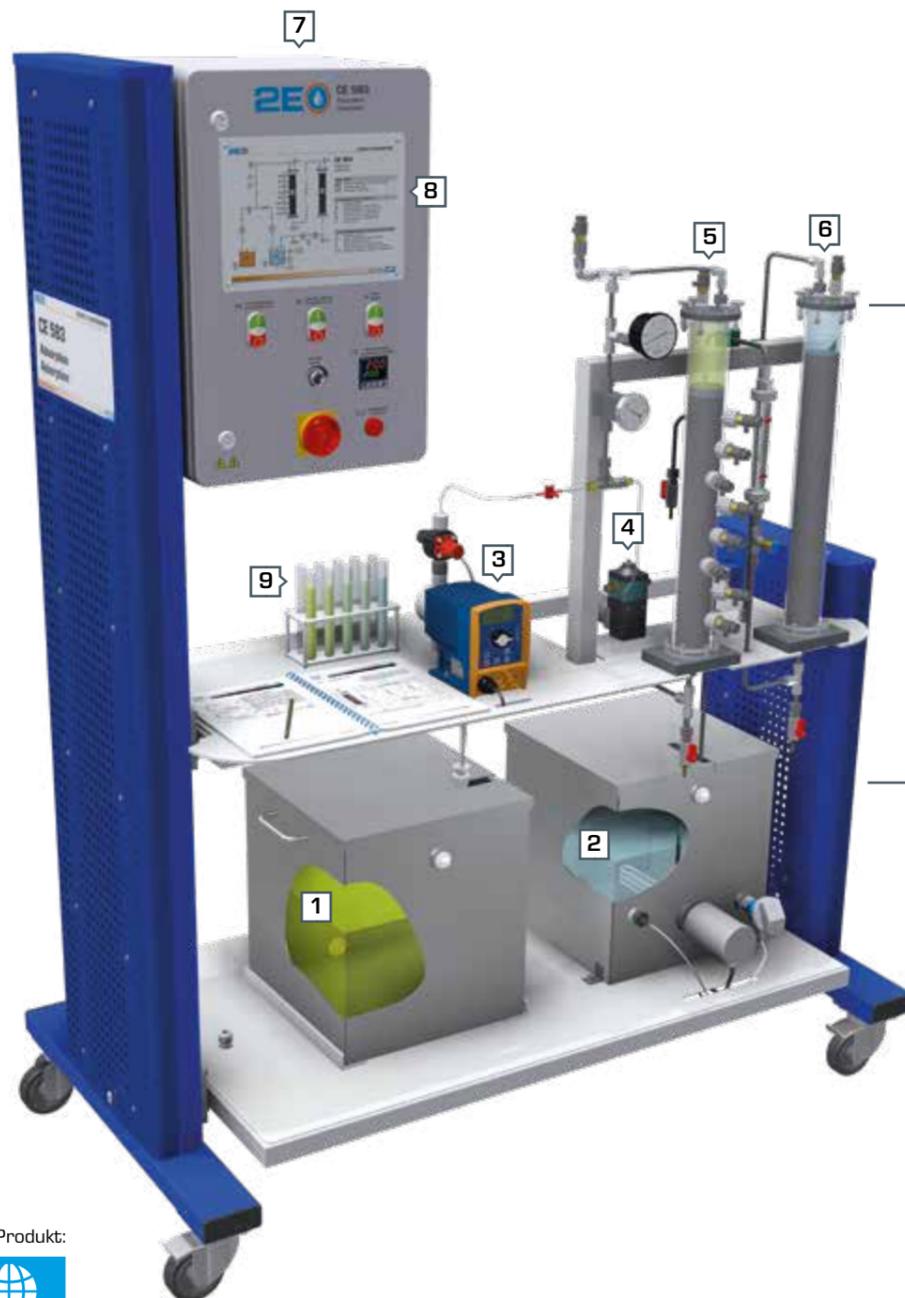
- Sauerstoff
- Wasserstoff
- freies Elektron

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

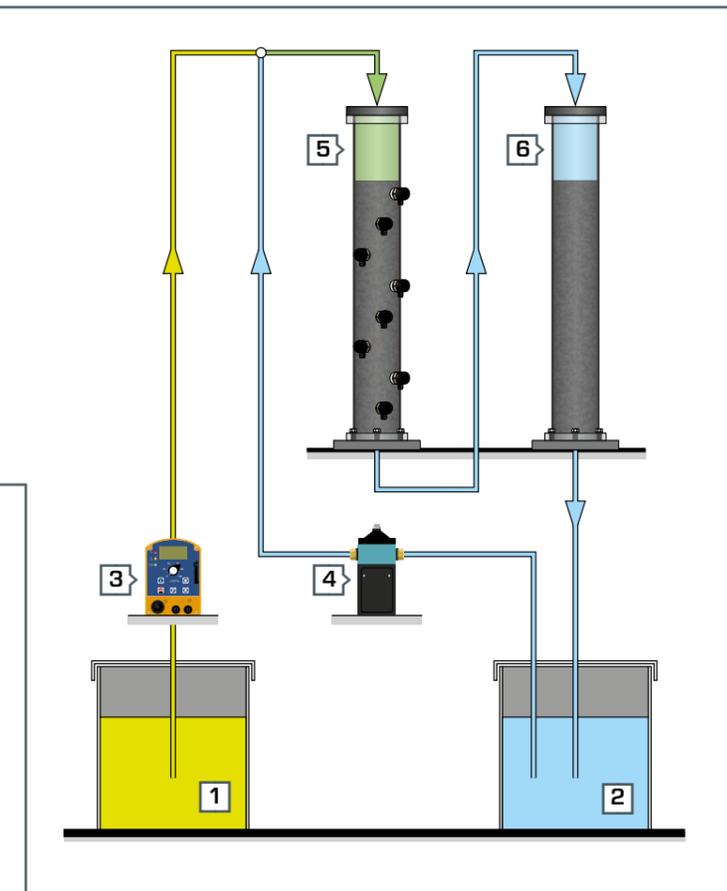
Als Adsorptiv bezeichnet man den im Wasser gelösten Stoff, der durch Adsorption eliminiert werden soll.

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.

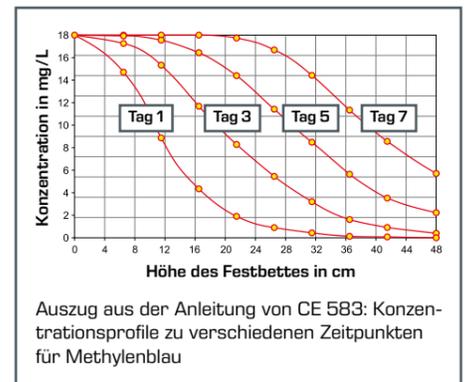
Temperaturregelung

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.



i 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

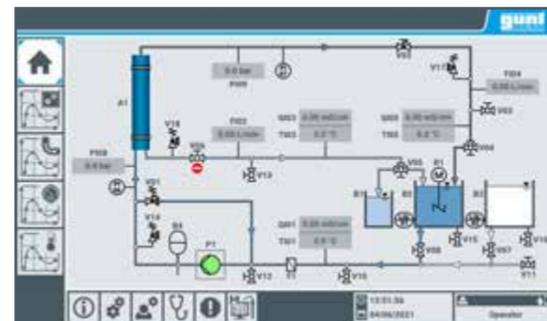
Ionenaustauscher werden vor allem zur Entsalzung und zur Enthärtung von Wasser eingesetzt. Mit unserem Versuchsgert CE 300 können Sie Schülern und Studenten alle wesentlichen Aspekte des Ionenaustausches verdeutlichen.

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

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg



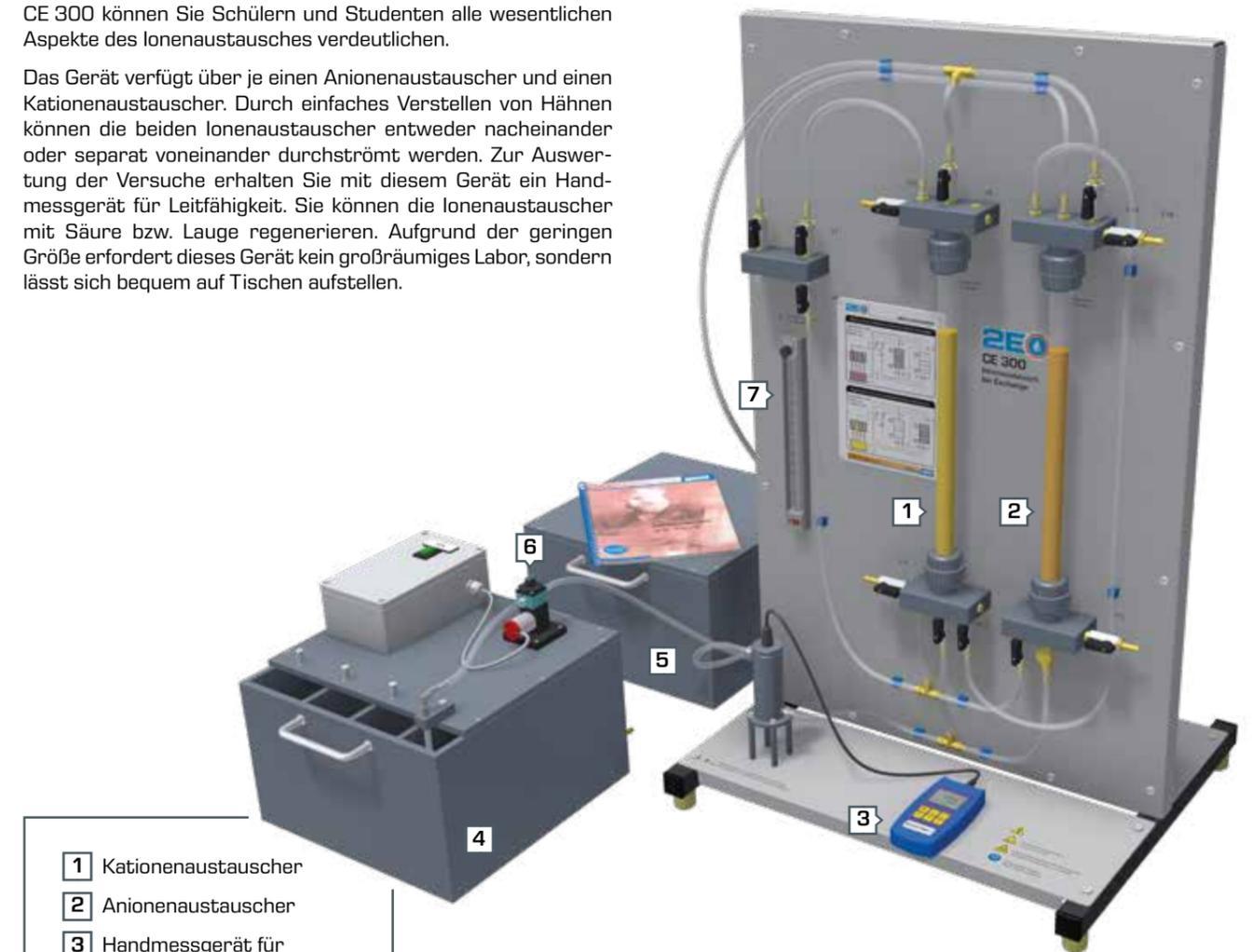
Touchscreen: Prozessschema

Zum Produkt:



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



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

Zum Produkt:

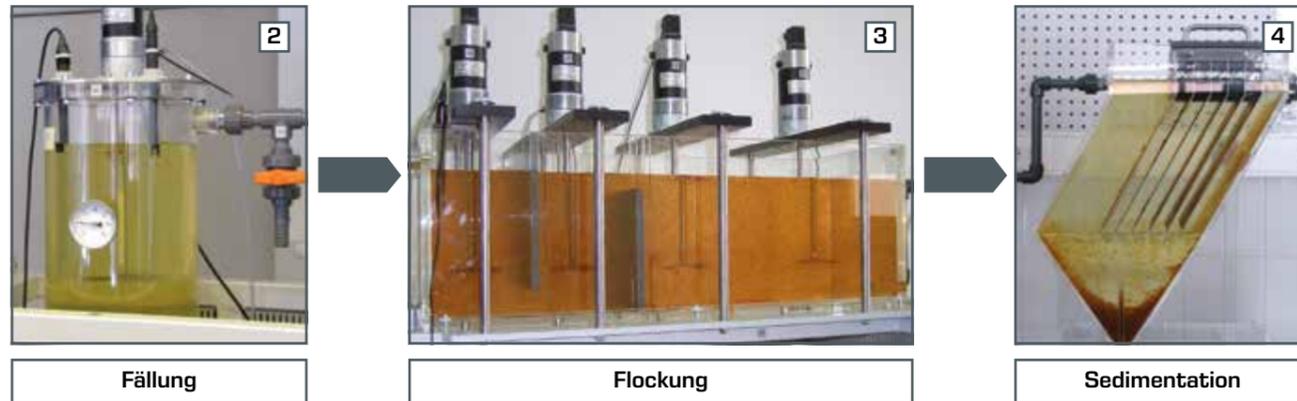


Lerninhalte

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

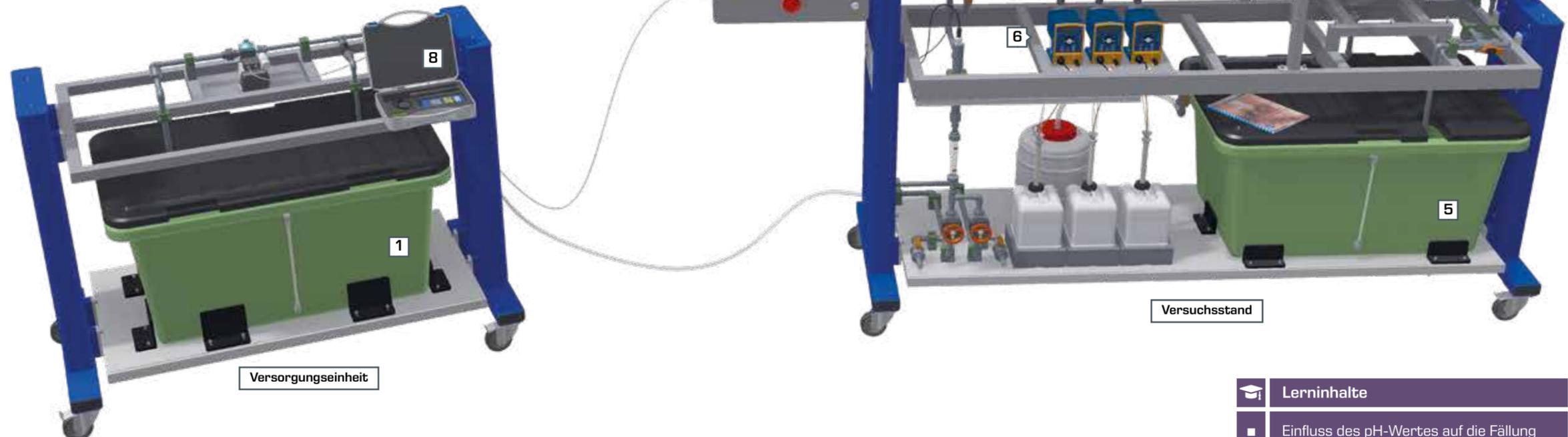
CE 586 Fällung und Flockung

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.



Zum Produkt:



Lerninhalte

- Einfluss des pH-Wertes auf die Fällung
- Herstellung eines stabilen Betriebszustandes
- Bestimmung der erforderlichen Dosiermengen für Hilfsstoffe
- Funktionsweise eines Lamellenklärers

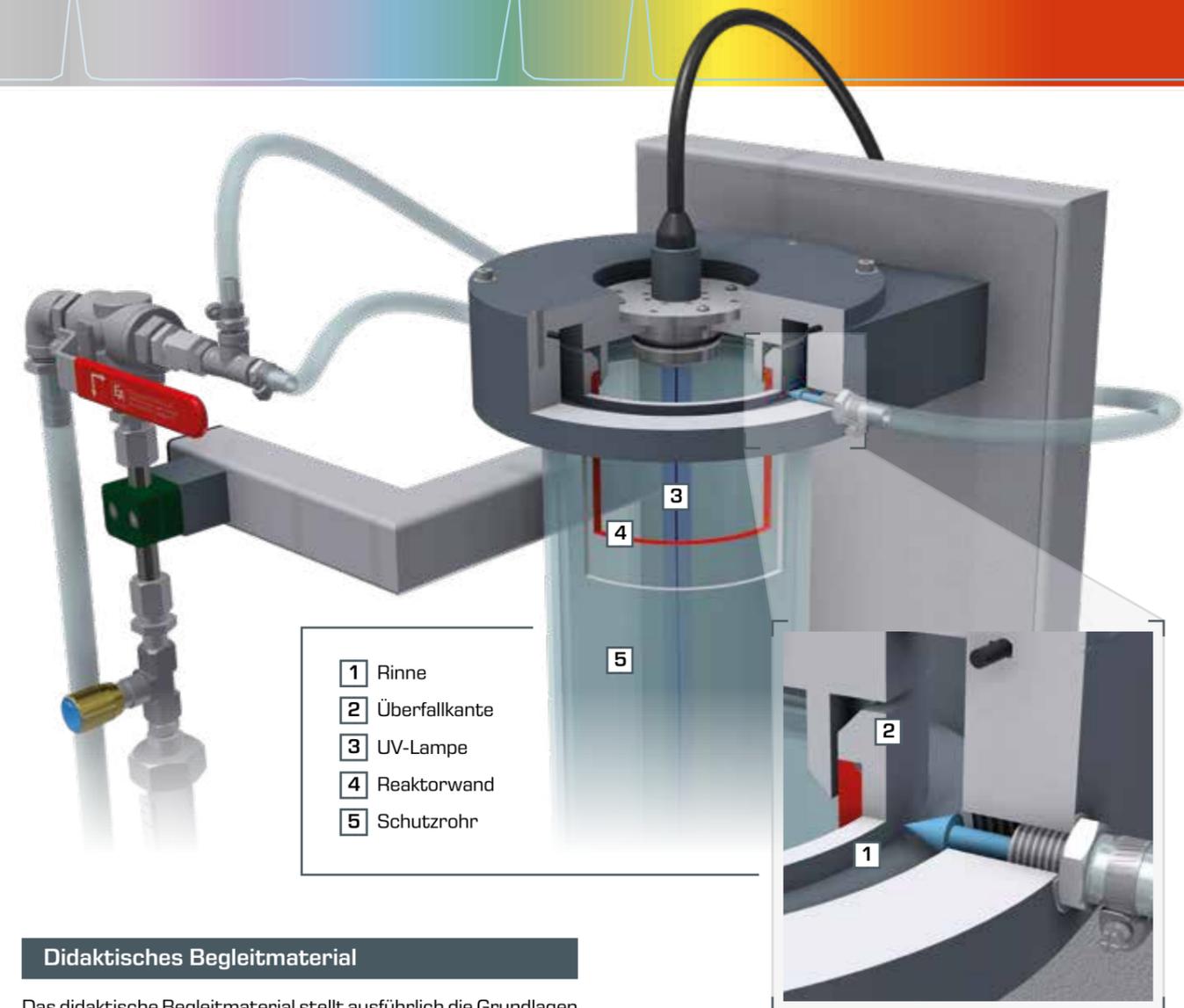
CE 584 Erweiterte Oxidation – H₂O₂ und UV

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 (H₂O₂) und UV-Strahlung untersuchen. Der didaktische Schwerpunkt liegt in der experimentellen Anwendung reaktionskinetischer Zusammenhänge.

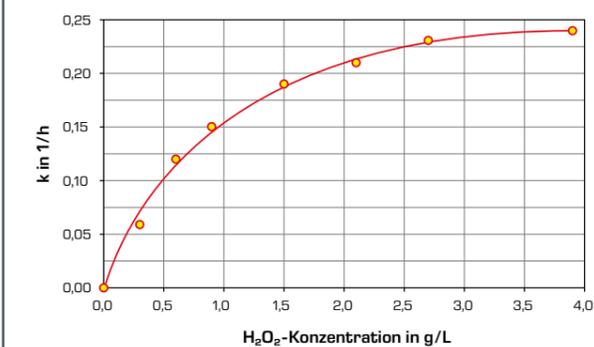
Hauptkomponente des Gerätes ist ein Fallfilmreaktor, der diskontinuierlich betrieben wird. Das mit Wasserstoffperoxid versetzte Rohwasser wird aus einem Behälter in eine Rinne am oberen Ende des Reaktors gepumpt. Über eine Überfallkante strömt das Wasser an der Innenwand des Reaktors entlang als dünner 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 H₂O₂-Menge. Als organischer Schadstoff wurde Triethylglycoldimethylether verwendet.

Lerninhalte

- Aufnahme von Konzentrations-Zeit-Verläufen
- Untersuchung der Reaktionskinetik
 - ▶ Reaktionsordnung
 - ▶ Reaktionsgeschwindigkeit
- Einfluss der H₂O₂-Menge auf den Reaktionsverlauf

Zum Produkt:



Basiswissen

Mehrstufige Wasserbehandlung

Mehrstufige Wasserbehandlung

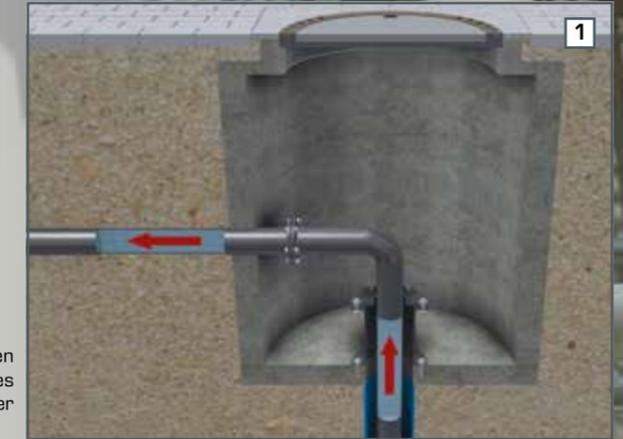
Zu behandelndes Wasser enthält in der Regel mehrere Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften. Zur Entfernung dieser Stoffe reicht ein einzelnes Grundverfahren folglich nicht aus. Daher sind Wasserbehandlungsanlagen in der Regel mehrstufig aufgebaut.

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



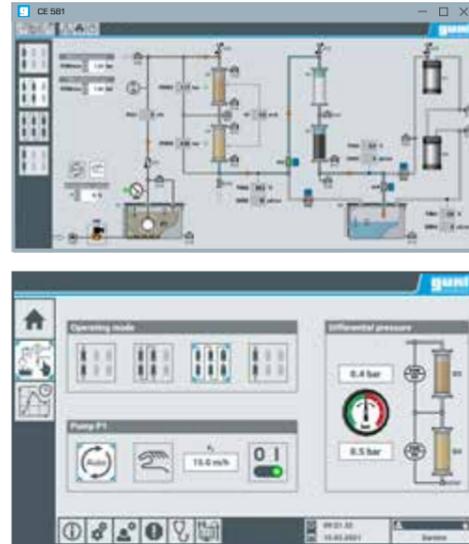
Mehrstufige Grundwasserreinigungsanlage

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

CE 581 Wasserbehandlung Anlage 1

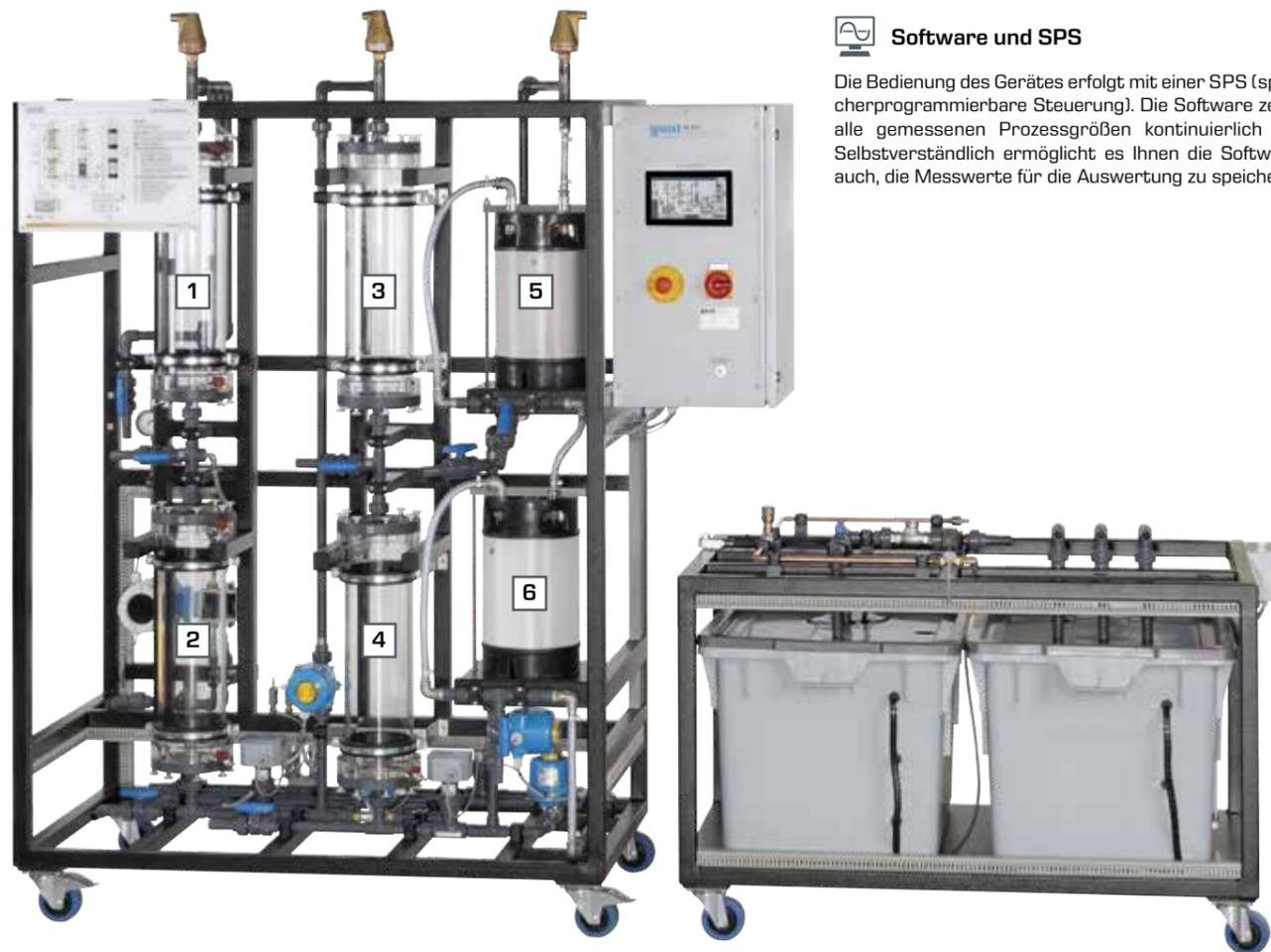
Mit diesem Gerät können Sie die Besonderheiten einer mehrstufigen Wasserbehandlung anschaulich demonstrieren und untersuchen. Hierfür stehen Ihnen sechs aufeinander folgende Verfahrensstufen zur Verfügung.

Tiefenfiltration	1 Kiesfilter
	2 Sandfilter
Adsorption	3 Aluminiumoxid
	4 Aktivkohle
Ionenaustausch	5 Mischbettaustauscher
	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.



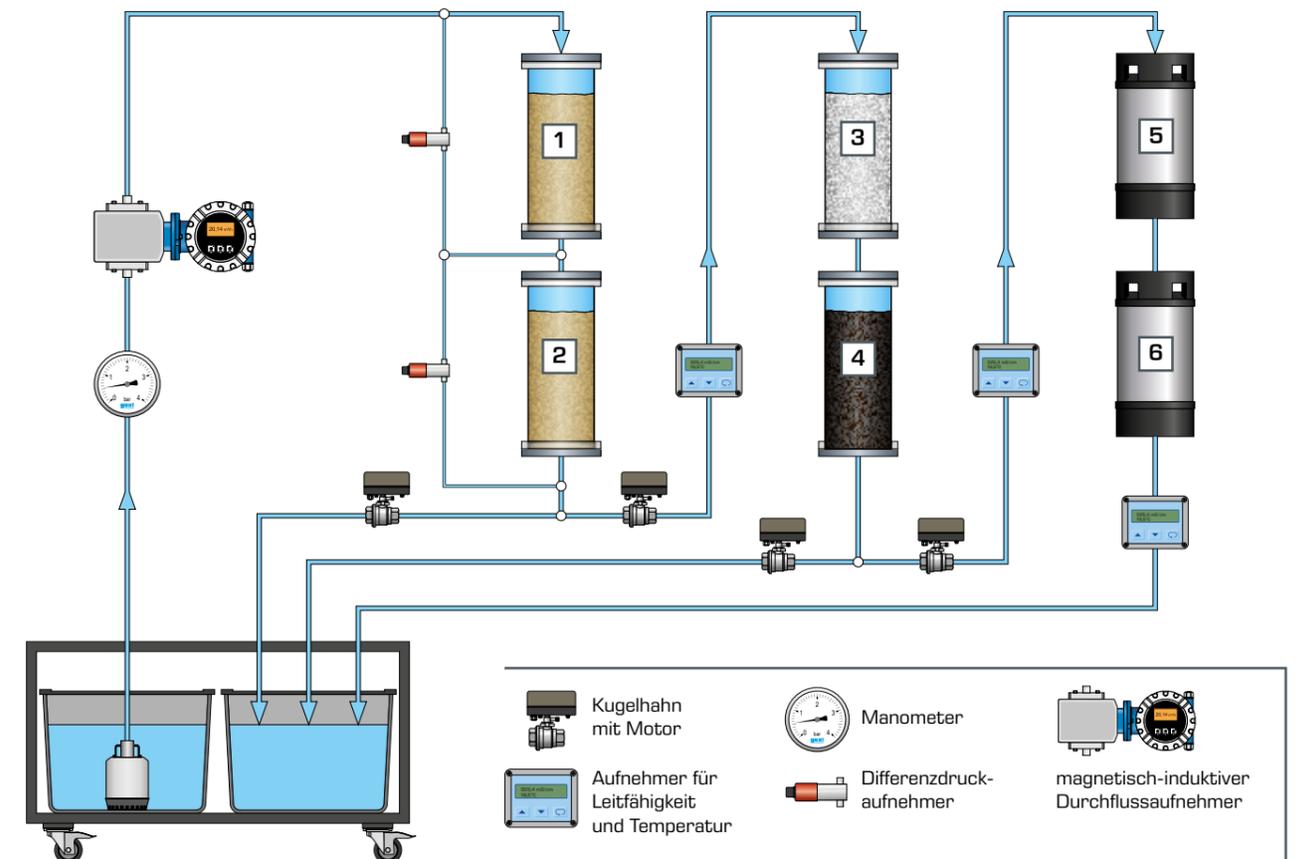
Betriebsvarianten

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

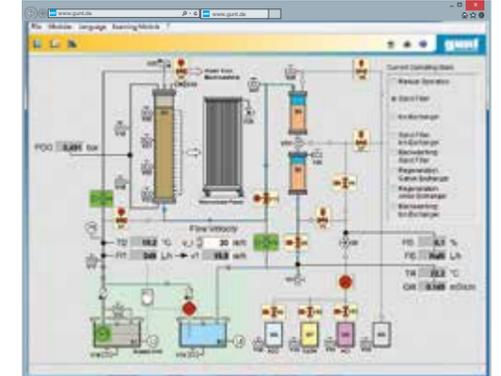
Zum Produkt:



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.

Lerninhalte

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

Einführung

Lernfelder Luft	058
---------------------------	-----

Basiswissen Luftreinhaltung	060
---------------------------------------	-----

Mechanische Verfahren

CE 235 Gaszyklon	062
----------------------------	-----

Thermische Verfahren

CE 400 Gasabsorption	064
--------------------------------	-----

CE 540 Adsorptive Lufttrocknung	066
---	-----

Lernfelder
Luft

Lernfelder

Produkte

Im Themenbereich Luft liegt der didaktische Schwerpunkt auf den verschiedenen Verfahren zur Reinigung gasförmiger Medien (Luftreinhaltung). Die meisten Verunreinigungen lassen sich durch mechanische oder thermische Verfahren aus einem Abluftstrom entfernen.

Mechanische Verfahren

Mechanische Verfahren dienen dazu, Feststoffpartikel aus einem Abluftstrom zu entfernen (Entstaubung). Eine sehr effektive und daher weit verbreitete Methode für die Entstaubung stellen Gaszyklone dar. Mit unserem Versuchsstand CE 235 können Sie dieses Verfahren anschaulich demonstrieren.

Thermische Verfahren

Enthält die zu reinigende Abluft gasförmige Verunreinigungen, eignet sich der Einsatz thermischer Verfahren. Am häufigsten werden hierbei die Absorption und Adsorption eingesetzt. Für diese beiden Verfahren bieten wir Ihnen jeweils einen Versuchsstand an, um die theoretischen Grundlagen dieser beiden Verfahren auf praktische Weise im Labormaßstab untersuchen zu können.



» Prozesstechnik

Die bei der Luftreinhaltung eingesetzten Verfahren haben ihren Ursprung in der klassischen Verfahrenstechnik. Weitere interessante Geräte aus diesem Themenbereich finden Sie in unserem Produktbereich „Prozesstechnik“.

Mechanische Verfahren

CE 235
Gaszyklon

Thermische Verfahren

CE 400
Gasabsorption**CE 540**
Adsorptive Lufttrocknung

Basiswissen

Luftreinhalung

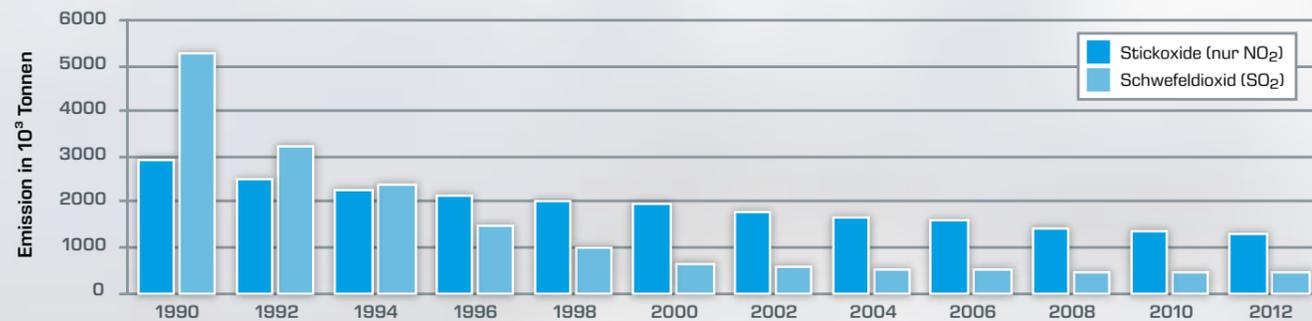
Luft – Lebensgrundlage für alle Lebewesen

Durch den Eingriff des Menschen hat sich die Zusammensetzung der Atmosphäre seit Beginn der Industrialisierung entscheidend verändert. Die Zerstörung der Ozonschicht und die globale Erderwärmung werden immer deutlicher sichtbar und sind zweifelsfrei auf einen übermäßigen Eintrag von Schadstoffen in die Atmosphäre zurück zu führen. Dies stellt eine ernsthafte Bedrohung aller Lebewesen auf der Erde dar. Ziel muss es daher sein, den Eintrag von Schadstoffen in die Atmosphäre so weit wie möglich zu reduzieren. Primär ist es anzustreben, die anfallende Schadstoffmenge zu reduzieren. Wo dies nicht möglich ist, muss Abluft durch geeignete Verfahren gereinigt werden.

Weltweiter Schadstofftransport

Die Auswirkungen eines Schadstoffeintrags in die Atmosphäre sind nicht örtlich begrenzt. Vielmehr werden Verunreinigungen durch Wind über viele tausend Kilometer über die Erde transportiert. Dies erklärt, weshalb heutzutage selbst in den entlegensten Regionen fernab der Zivilisation Schadstoffe in der Atmosphäre nachweisbar sind.

Das wohl bekannteste Beispiel hierfür ist der sogenannte „Arctic Haze“, der als gelblich-brauner Dunst im Winter und Frühjahr über der Arktis auftritt. Als Hauptursache für dieses Phänomen gelten Aerosole aus den Industrieregionen in Osteuropa und Asien. Die Aerosole bestehen hauptsächlich aus Schwefel und Kohlenstoff.



Emissionen von Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxiden (nur NO₂) in Deutschland

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen (Stand: 2014)

Verfahren der Luftreinhalung

Für die Luftreinhalung stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, von denen sich die meisten in eine der folgenden Gruppen einordnen lassen:

- Mechanische Verfahren
- Biologische Verfahren
- Thermische Verfahren

Biologische Verfahren

Bei biologischen Verfahren werden gasförmige Inhaltsstoffe mikrobiologisch abgebaut. Da die Inhaltsstoffe biologisch abbaubar sein müssen und nur in geringen Konzentrationen vorliegen dürfen, ist das Einsatzgebiet biologischer Verfahren jedoch sehr begrenzt. Biologische Verfahren werden überwiegend bei Geruchsproblemen eingesetzt, wie sie z.B. bei Tierkörperverwertungsanlagen auftreten.

Mechanische Verfahren

Ziel mechanischer Verfahren ist die Abscheidung von Partikeln aus einem Abgasstrom (Entstaubung). Vor allem die Abscheidung von Feinstäuben ist dabei von großer Bedeutung.

Fliehkraftabscheider (Zyklon)

Bei einem Zyklon wird der zu reinigende Gasstrom auf eine spiralförmige Kreisbahn gezwungen. Die dadurch auf die Staubpartikel wirkende Fliehkraft beträgt ein Vielfaches der Schwerkraft. Dies erklärt, weshalb sich mit diesem Verfahren im Vergleich zur einfachen Schwerkraftabscheidung (Sedimentation) auch sehr kleine Partikel abtrennen lassen. Die Trenngrenze von Zyklonen liegt in der Größenordnung von 10 µm.

Elektroabscheider

Bei einem Elektroabscheider werden die Partikel zunächst elektrisch aufgeladen. Die aufgeladenen Partikel lagern sich dann an einer entgegengesetzt geladenen Elektrode ab. Auf der Elektrode bildet sich so eine Staubschicht, die von Zeit zu Zeit mechanisch entfernt werden muss. Mit einem Elektroabscheider lassen sich selbst Partikel abtrennen, die kleiner als 1 µm sind.

Thermische Verfahren

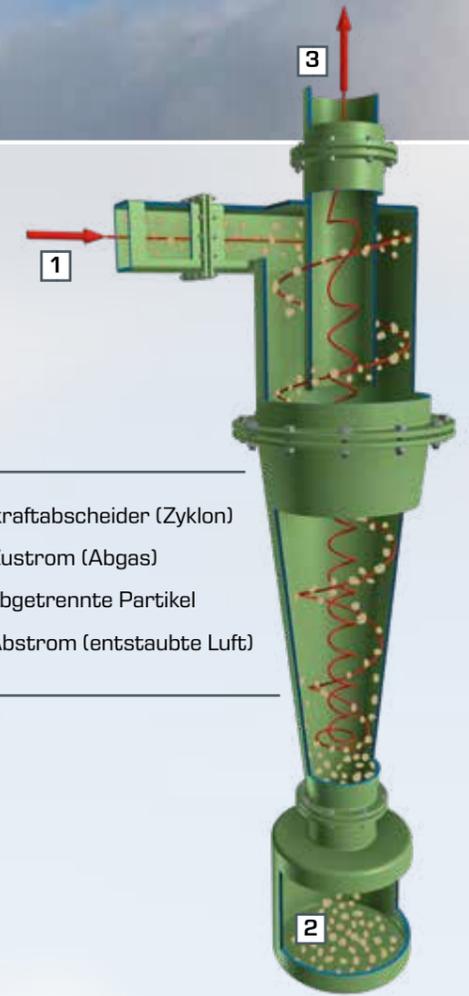
Thermische Verfahren werden zur Entfernung gasförmiger Verunreinigungen eingesetzt. Zu den verbreitetsten Verfahren gehören die Absorption und Adsorption. Beide Verfahren sind vielseitig einsetzbar und eignen sich z.B. zur Entfernung von Stickoxiden, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid. Grundsätzlich gilt für beide Prozesse, dass das Abgas weitestgehend staubfrei sein sollte, so dass gegebenenfalls zunächst eine mechanische Reinigung erfolgen muss.

Absorption

An einer Absorption sind mindestens drei Komponenten beteiligt: der abzutrennende Schadstoff, das Trägergas und ein Lösungsmittel. Das Lösungsmittel nimmt den gasförmigen Stoff auf, wobei dies physikalisch oder chemisch erfolgen kann. Um sicherzustellen, dass das Lösungsmittel nur den Schadstoff und nicht das Trägergas absorbiert, muss das Lösungsmittel an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden.

Adsorption

Bei der Adsorption wird der abzutrennende Schadstoff an der Oberfläche eines Feststoffes (Adsorbens) gebunden. Wie auch bei der Absorption kann dies auf physikalische oder chemische Weise erfolgen. Ein sehr häufig eingesetztes Adsorbens ist Aktivkohle. Die Adsorption wird durch niedrige Temperaturen begünstigt. Daher sollte das zu reinigende Abgas nicht wärmer als 30°C sein.



Fliehkraftabscheider (Zyklon)

1 Zustrom (Abgas)

2 abgetrennte Partikel

3 Abstrom (entstaubte Luft)

CE 235 Gaszyklon

Gaszyklone dienen zur Abtrennung von Feststoffpartikeln aus einem Luftstrom. Mit diesem Gerät können Sie die Grundlagen dieses wichtigen Verfahrens aus dem Bereich der Luftreinigung anschaulich vermitteln.

Der Zyklon von CE 235 ist aus transparentem Material gefertigt. Dadurch können Sie die spiralförmige Bewegung der Feststoffpartikel zum Boden des Zyklons sehr gut beobachten.

Selbstverständlich können Sie alle für den Prozess relevanten Kenngrößen einstellen. Hierzu zählen der Volumenstrom und der Feststoffgehalt des Rohgases. Zur Einstellung des Feststoffgehaltes ist das Gerät mit einer Dispergiereinrichtung ausgestattet. Die Temperatur des Rohgases, der Differenzdruck am Zyklon und die Vorschubgeschwindigkeit des Aufgabegutes werden messtechnisch erfasst und digital angezeigt.



- 1 Gebläse
- 2 Zyklon
- 3 Behälter für abgetrennte Partikel
- 4 digitale Messwertanzeigen
- 5 Durchflussmesser
- 6 Dispergiereinrichtung



Abscheidung von Quarzfeinstaub im Gaszyklon während des Testbetriebs in unserem Labor. Man erkennt die für Zyklone charakteristische spiralförmige Bewegung der Partikel.

Lerninhalte

- Einfluss des Feststoffgehalts und des Volumenstroms der Luft auf
 - ▶ Druckverlust am Zyklon
 - ▶ Abscheidegrad
 - ▶ Trenngradkurve und Trennkorngröße
- Vergleich von Druckverlust und Abscheidegrad mit theoretisch berechneten Werten

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Dieses Gerät wurde von unseren erfahrenen Ingenieuren in Zusammenarbeit mit dem Institut für Feststoffverfahrenstechnik und Partikeltechnologie der Technischen Universität Hamburg-Harburg entwickelt.

Zum Produkt:



CE 400 Gasabsorption

Absorptionsverfahren werden bei der Luftreinigung vielfach eingesetzt. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Abluftreinigung in Kraftwerken zur Entschwefelung von Gasen. Der Versuchstand CE 400 ermöglicht es Ihnen, die komplexen theoretischen Grundlagen dieses Verfahrens im Labormaßstab auf anschauliche Weise zu vermitteln.

Das Gerät ist für die absorptive Abtrennung von Kohlendioxid aus einem Luftstrom konzipiert. Als Lösungsmittel zur Aufnahme des Kohlendioxids wird Wasser verwendet. Dadurch ist für die Benutzer des Gerätes ein sicherer Betrieb gewährleistet.



- 1 Schaltschrank
- 2 Absorptionskolonnen
- 3 U-Rohr-Manometer
- 4 Desorptionskolonne
- 5 Kälteaggregat
- 6 Kühlbehälter
- 7 Prozessschema

Funktionsweise

Hauptkomponenten des Gerätes sind zwei mit Raschigringen gefüllte Absorptionskolonnen. Von unten wird das zuvor gekühlte Luft/CO₂-Gemisch in die Absorptionskolonnen gefördert. Im Gegenstrom rieselt das Lösungsmittel (Wasser) von oben nach unten durch die Absorptionskolonnen, wobei das Kohlendioxid im Wasser gelöst wird. Das so mit Kohlendioxid angereicherte Wasser kann in einer Desorptionskolonne anschließend regeneriert werden und steht dann für die Absorption wieder zur Verfügung.

Messtechnik

Das Gerät ist mit umfangreicher Mess- und Regelungstechnik ausgestattet. Alle relevanten Durchflüsse, Temperaturen und Drücke werden kontinuierlich gemessen und angezeigt. Die Absorptionskolonnen sind überdies mit je einem U-Rohr-Manometer zur Messung der Differenzdrücke ausgestattet. Den Erfolg des Absorptionsprozesses können Sie mit Hilfe des mitgelieferten Gasanalysegerätes überprüfen. Somit benötigen Sie keine weitere messtechnische Ausrüstung, um quantifizierbare Ergebnisse zu erhalten.



Gasanalysegerät zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes und Kohlendioxidgehaltes.

Zum Produkt:



UNIVERSITY OF Hull

CE 400 ist an vielen Hochschulen weltweit erfolgreich im Einsatz. So zum Beispiel an der University of Hull (England).



Ein Mitarbeiter von GUNT erläutert Dozenten von der University of Hull die Funktionsweise der Gasabsorption CE 400.

Lerninhalte

- Untersuchung des Absorptionsvorganges bei der Trennung von Gasgemischen in einer Füllkörperkolonne
- Bestimmung der Druckverluste in der Kolonne
- Darstellung des Absorptionsvorganges im Beladungsdiagramm
- Untersuchung der Einflussgrößen auf die Absorptionseffektivität

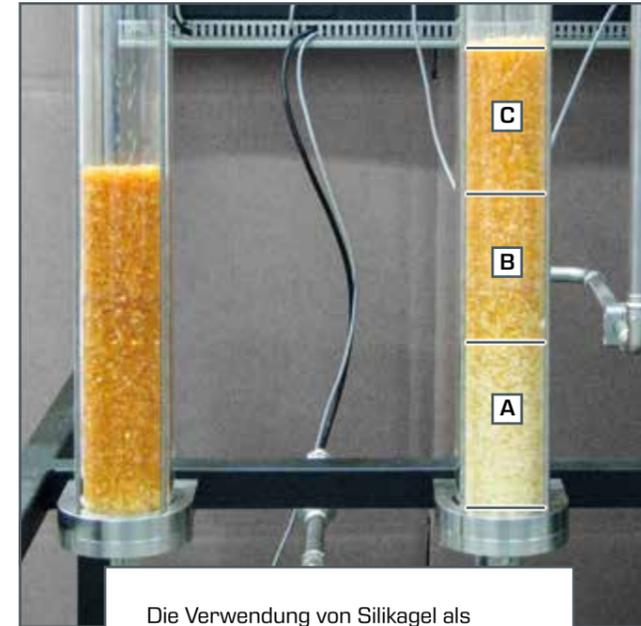
CE 540 Adsorptive Lufttrocknung

Adsorptionsverfahren werden bei der Luftreinigung vielfach eingesetzt. Ein typisches Anwendungsbeispiel stellt die Entfernung kohlenwasserstoffhaltiger Schadstoffe dar, wie sie z.B. bei Lackier- und Druckprozessen anfallen. Der Versuchstand CE 540 ermöglicht es Ihnen, die komplexen theoretischen Grundlagen dieses Verfahrens im Labormaßstab auf anschauliche Weise zu vermitteln.

Das Gerät ist für die adsorptive Abtrennung von Feuchtigkeit aus einem Luftstrom konzipiert. Als Adsorbens zur Aufnahme der Feuchtigkeit wird Silikagel verwendet. Dadurch ist für die Benutzer des Gerätes ein sicherer Betrieb gewährleistet. Mit zunehmender Beladung verfärbt sich das Silikagel, was den Adsorptionsprozess zudem auch visuell gut sichtbar macht.



- 1 Adsorptionskolonnen
- 2 Befeuchter (Wasserbad)
- 3 Verdichter für Zuluft
- 4 Kälteaggregat
- 5 Durchflussmesser
- 6 Schaltschrank
- 7 Erhitzer für Regenerationsluft



Die Verwendung von Silikagel als Adsorbens macht die drei Zonen in einem Adsorber gut sichtbar:

- A Silikagel beladen
- B Silikagel teilweise beladen (Massenübergangszone)
- C Silikagel unbeladen

Funktionsweise

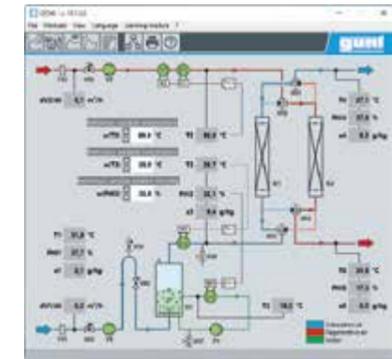
Hauptkomponenten des Gerätes sind zwei mit Silikagel gefüllte Kolonnen. Zunächst wird angefeuchtete Umgebungsluft mit einem Verdichter von unten in die Kolonnen geleitet. Dabei adsorbiert das Silikagel die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit. Sobald die maximale Beladung des Silikagels erreicht ist, können Sie das Silikagel regenerieren. Die Regeneration des Silikagels erfolgt über die Durchleitung erhitzter Luft. Dabei nimmt das Silikagel wieder seine ursprüngliche Farbe an und kann erneut verwendet werden. Dadurch fallen für Sie keine Verbrauchsstoffe an, die entsorgt werden müssen.

Messtechnik

Temperaturen und Feuchtigkeiten werden an allen relevanten Stellen gemessen. Dies ermöglicht es Ihnen, den Prozess vollständig zu bilanzieren.

Software

Die übersichtliche Software von CE 540 zeigt alle erfassten Messwerte kontinuierlich an. Ferner fungiert die Software als Regler für die Temperatur und Feuchte im Zustrom des Adsorbers. Selbstverständlich können Sie alle Messwerte zur weiteren Auswertung speichern.



Lerninhalte

- Grundprinzip der Adsorption und der Desorption
- Einflussgrößen auf den Adsorptions- und Desorptionsprozess untersuchen
 - ▶ Volumenstrom der Luft
 - ▶ Feuchte und Temperatur der Luft
 - ▶ Schüttungshöhe des Adsorbens
- Darstellung der Prozesse im Mollierdiagramm
- Aufnahme von Durchbruchkurven
- Bestimmung der Durchbruchzeit

Einführung

Lernfelder Boden	070
----------------------------	-----

Hydrogeologie

Basiswissen Hydrogeologie	072
HM 165 Hydrologische Untersuchungen	074
HM 141 Abflussganglinien nach Niederschlägen	076
HM 167 Grundwasserströmungen	078
HM 169 Visualisierung von Sickerströmungen	080
CE 117 Durchströmung von Partikelschichten	082

Bodenbehandlung

Basiswissen Bodenbehandlung	084
CE 225 Hydrozyklon	086
CE 630 Fest-Flüssig-Extraktion	088



Lernfelder
Boden

Lernfelder

Produkte

Im Boden finden komplexe Prozesse statt, die negative Auswirkungen auf diesen Lebensraum haben können. Für angehende Ingenieure und Facharbeiter im Bereich der Umwelttechnik ist es daher erforderlich, ein Verständnis dieser Prozesse zu entwickeln. Die Lernfelder im Bereich Boden umfassen dabei die Bereiche Hydrogeologie und Bodenbehandlung.

Hydrogeologie

Im Bereich Hydrogeologie bieten wir Ihnen ausgewählte Lehrgeräte an, die es Ihnen erleichtern, die grundlegenden hydrogeologischen Vorgänge in Böden praktisch und anschaulich zu vermitteln. Themen wie Versickerung von Niederschlägen, Sickerströmungen und Grundwasserströmungen stehen dabei im Fokus. Weitere interessante Geräte zu diesen und verwandten Themen finden Sie in unserem Produktbereich „Hydraulik für Bauingenieure“.

Bodenbehandlung

Im diesem Lernfeld finden Sie ausgewählte Lehrgeräte, welche die bei der Behandlung kontaminierter Böden typischerweise eingesetzten Verfahren behandeln. Die meisten dieser Verfahren haben Ihren Ursprung in der klassischen Verfahrenstechnik. Das komplette Programm finden Sie in unserem Produktbereich „Prozesstechnik“.

Hydrogeologie

HM 165

Hydrologische Untersuchungen

HM 141

Abflussganglinien nach Niederschlägen

HM 167

Grundwasserströmungen

HM 169

Visualisierung von Sickerströmungen

CE 117

Durchströmung von Partikelschichten

Bodenbehandlung

CE 225

Hydrozyklon

CE 630

Fest-Flüssig-Extraktion

Hydraulik
für Bauingenieure» Hydraulik für
Bauingenieure

Prozesstechnik



» Prozesstechnik

Basiswissen

Hydrogeologie

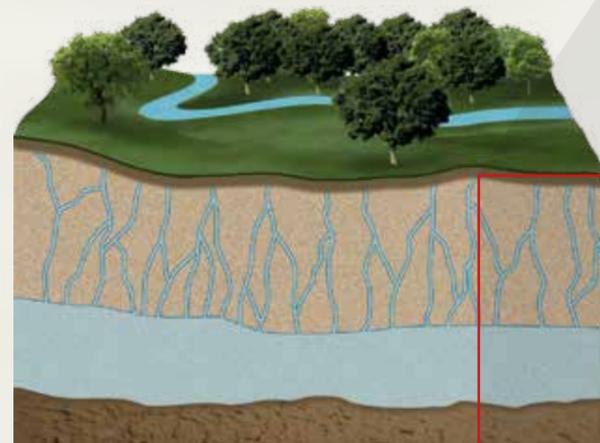
Was ist Hydrogeologie?

Die Hydrogeologie ist eine angewandte Disziplin der Geowissenschaften. Im Gegensatz zur Hydrologie, die sich mit oberirdischem Wasser befasst, behandelt die Hydrogeologie alle Aspekte, die im Zusammenhang mit dem im Erdreich vorhandenen Wasser stehen. Hierzu zählen vor allem folgende Themenbereiche:

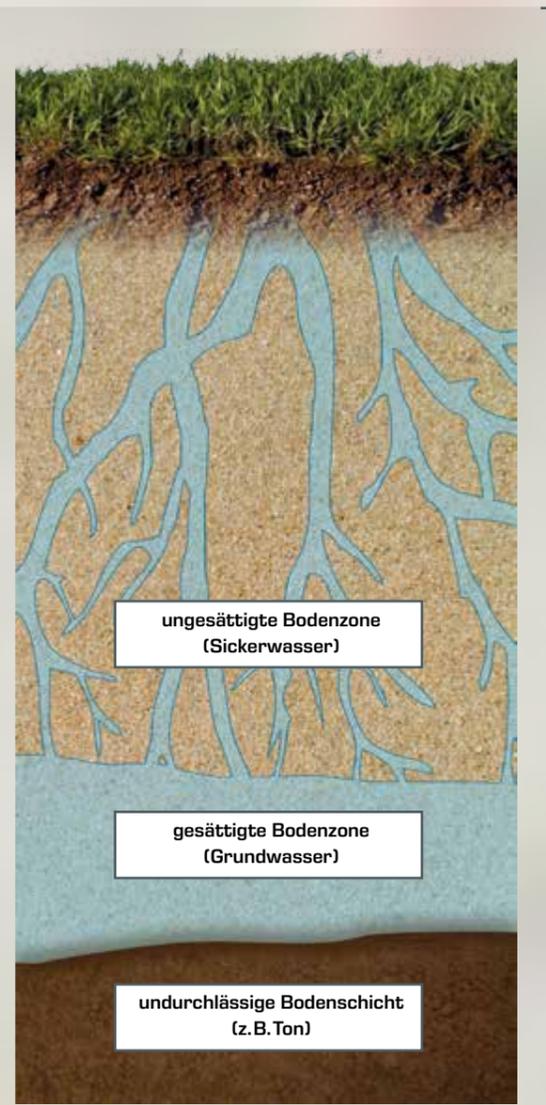
- Versickerung und Speicherung von Niederschlägen
- Strömungsvorgänge in Böden (z. B. Sickerströmungen)
- Neubildung, Strömung und Förderung von Grundwasser
- Maßnahmen zur Entwässerung
- Einfluss von Baumaßnahmen auf die hydrogeologischen Verhältnisse im Erdreich

Strömungsvorgänge in Böden

Von zentraler Bedeutung sind in der Hydrogeologie die Strömungsvorgänge in Böden. Derartige Strömungsvorgänge finden in verschiedenen Bodenschichten statt, wobei man grundsätzlich zwischen der ungesättigten und der gesättigten Bodenzone unterscheiden muss. Die obere Schicht ist in der Regel nicht vollständig mit Wasser gesättigt, so dass einige Hohlräume auch Luft enthalten. Unterhalb dieses Bereiches schließt sich eine Bodenzone an, dessen Hohlräume hingegen vollständig mit Wasser gefüllt sind. Diese Zone bezeichnet man daher auch als gesättigte Bodenzone.



Grundlagenwissen aus diesen Themengebieten ist z. B. bei der Erkundung, Bewertung und Nutzung von Grundwasservorräten erforderlich. Weitere Anwendungsgebiete sind der Schutz des Grundwassers durch Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen sowie die Ableitung von Niederschlägen.



Grundwasser: lebenswichtiges Reservoir

Grundwasser ist unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird. Grundwasser erfüllt viele wichtige Funktionen. So dient es beispielsweise als Reservoir für die Trinkwassergewinnung. Ferner ist ein intakter Grundwasserhaushalt ein wichtiger Baustein des globalen Wasserkreislaufs.

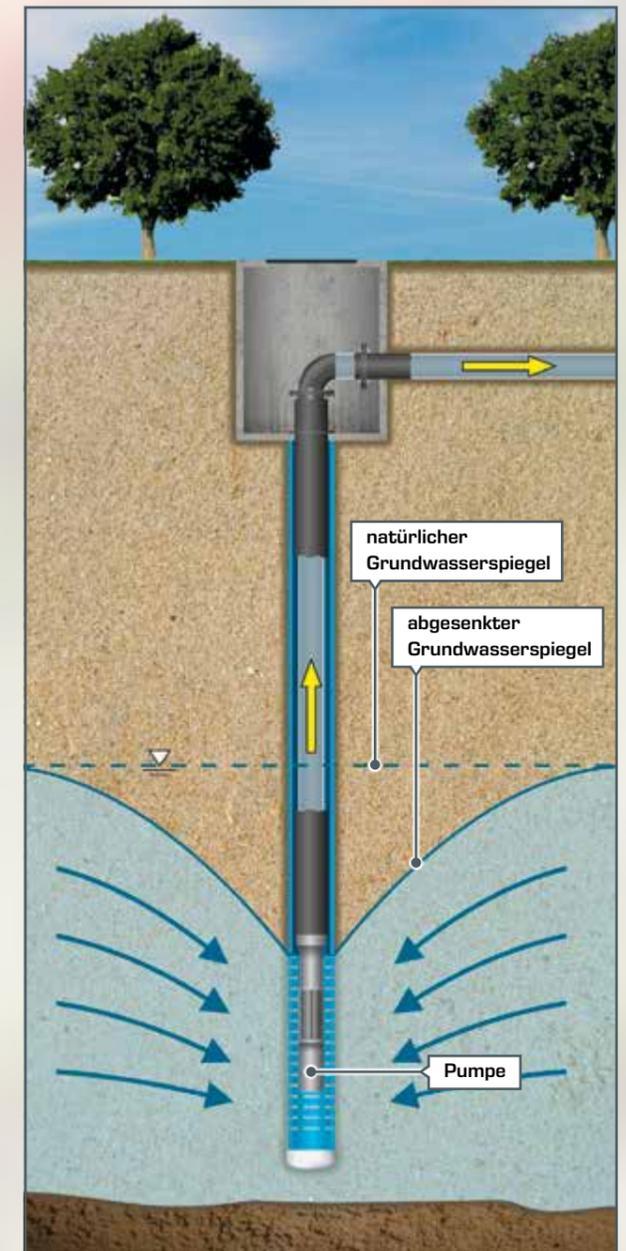
Eingriffe in die Hydrogeologie

Durch unsachgemäßen Umgang mit Chemikalien sind in der Vergangenheit viele giftige Stoffe ins Grundwasser gelangt. Ziel einer nachhaltigen Umwelttechnik ist es daher, eine schonende Nutzung des Grundwassers zu ermöglichen und gleichzeitig schädigende Einflüsse auf den Grundwasserhaushalt weitestgehend zu vermeiden. Wo bereits Schadstoffe ins Grundwasser gelangt sind, ist eine Sicherung bzw. Sanierung des betroffenen Bereiches erforderlich, um eine weitere Ausbreitung der Kontaminationen zu vermeiden.

Viele bauliche Maßnahmen beeinflussen die hydrogeologischen Verhältnisse im Erdreich erheblich. Derartige Baumaßnahmen erfordern daher fundierte hydrogeologische Kenntnisse und müssen mit großer Sorgfalt geplant werden.

So kommt es bei der Entnahme von Grundwasser um den Förderbrunnen herum z. B. zu einer trichterförmigen Absenkung des Grundwasserspiegels.

Bei unter- bzw. durchströmten Bauwerken, wie z. B. Spundwänden und Dämmen, ist die genaue Kenntnis über den Verlauf der Sickerströmungen ein entscheidender Faktor für die Standsicherheit der Bauwerke. Auch derartige Bauwerke müssen also unter Beachtung der hydrogeologischen Auswirkungen durchgeführt werden.



Absenktrichter bei der Entnahme von Grundwasser

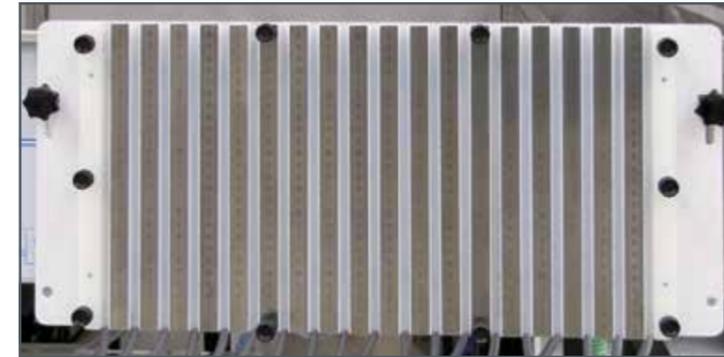
HM 165 Hydrologische Untersuchungen

Hydrologische Untersuchungen werden im Zusammenhang mit dem Entwurf, Bau und Betrieb von wasserbaulichen Anlagen sowie wasserwirtschaftlichen Aufgaben durchgeführt. Themen wie Versickerung und Strömung des Wassers im Boden sowie die Nutzung von Grundwasservorkommen stehen hier im Vordergrund.

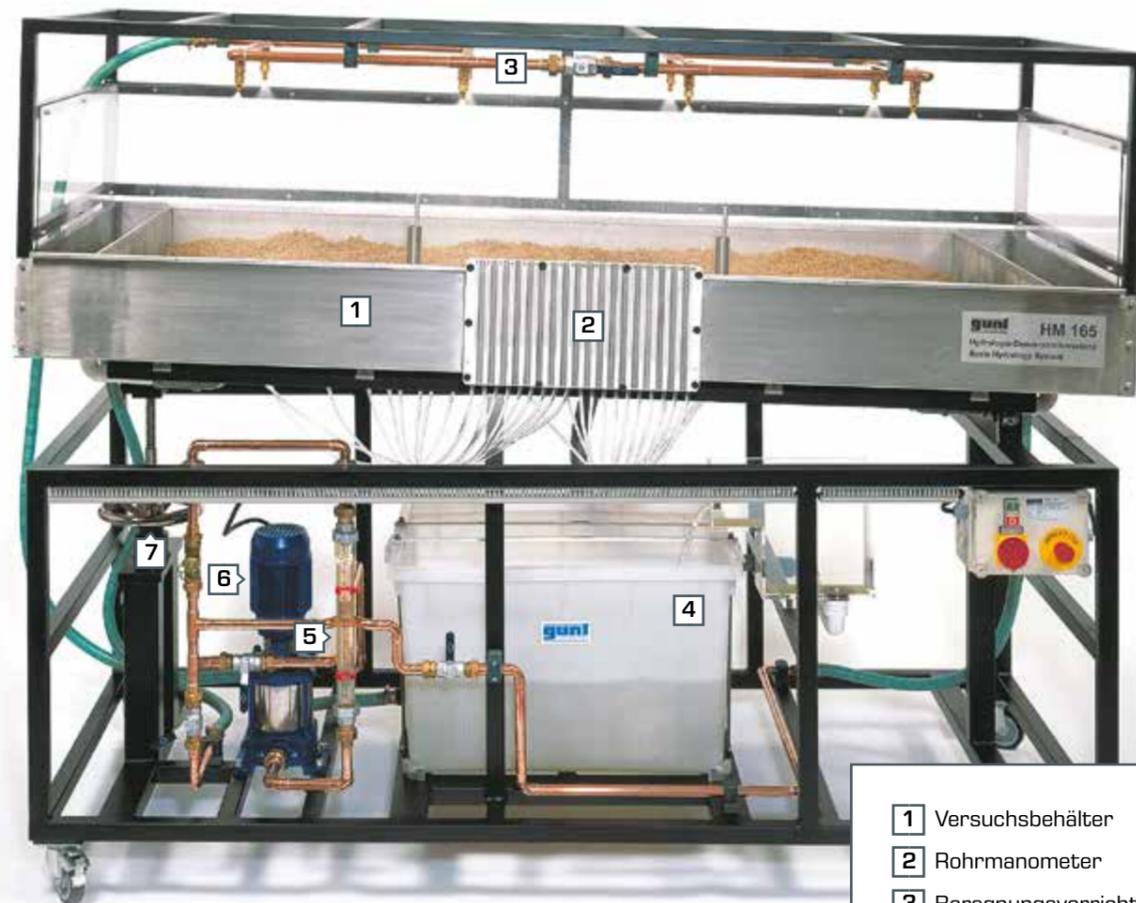
Mit diesem Gerät können Sie Sicker- und Grundwasserströmungen nach Niederschlägen untersuchen. Insbesondere Durchlässigkeit und Speichervermögen von Böden lassen sich gut beobachten. Viele einstellbare Parameter ermöglichen ein umfangreiches Versuchsspektrum.



Beregnungsvorrichtung mit Düsen zur realistischen Simulation von Niederschlägen.



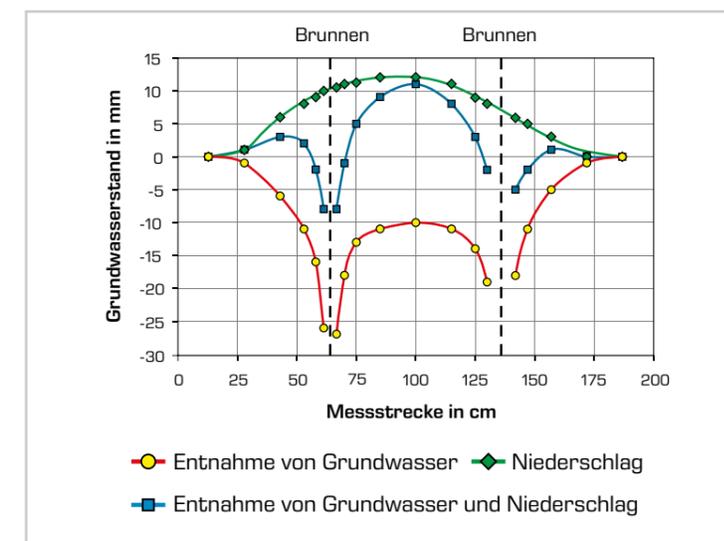
19 Rohrmanometer ermöglichen eine sehr detaillierte Messung des Grundwasserspiegels.



- 1 Versuchsbehälter
- 2 Rohrmanometer
- 3 Beregnungsvorrichtung
- 4 Vorratsbehälter
- 5 Durchflussmesser
- 6 Pumpe
- 7 Neigungsverstellung

Um Grundwasserströmung darzustellen, erfolgt der Wasserzulauf in den Versuchsbehälter über zwei seitliche Kammern. Zur Untersuchung von Niederschlägen ist eine Beregnungsvorrichtung vorhanden. Für die Untersuchung verschiedener Entwässerungen stehen zwei Brunnen mit Siebröhen oder die beiden seitlichen Kammern mit Drainagesieben zur Verfügung. Am Boden des Versuchsbehälters befinden sich 19 Anschlüsse zur Messung der Grundwasserstände, die an Rohrmanometern angezeigt werden.

Selbstverständlich erhalten Sie auch zu diesem Gerät umfangreiches didaktisches Begleitmaterial. Eine detaillierte Beschreibung ausgewählter Versuche ermöglicht es Ihnen, das Gerät schnell in Ihren Unterricht zu integrieren.



Auszug aus der Anleitung von HM 165: Gemessene Grundwasserstände einer Insel für drei verschiedene Szenarien.



Lerninhalte	
■	instationäre Vorgänge untersuchen
▶	Auswirkung von Niederschlägen unterschiedlicher Dauer auf den Abfluss
▶	Speichervermögen eines Bodens
■	stationäre Vorgänge untersuchen
▶	Sickerströmung untersuchen
▶	Auswirkungen von Brunnen auf den Grundwasserverlauf

Zum Produkt:



HM 141 Abflussganglinien nach Niederschlägen

Abflussganglinien stellen ein wichtiges Instrument zur Darstellung hydrologischer Daten, wie z.B. Niederschläge, Grundwasserstände oder Abflüsse, dar. Ferner ist eine Abflussganglinie Grundlage zur Bemessung von Kanalnetzen. Dabei spielt der zeitliche Verlauf der Niederschlagsmenge eine ebenso wichtige Rolle wie die Beschaffenheit des Bodens.

i Abflussganglinie

Als Abflussganglinie bezeichnet man die grafische Darstellung des Abflusses (z.B. in m^3/h) an einer bestimmten Messstelle in Abhängigkeit von der Zeit.

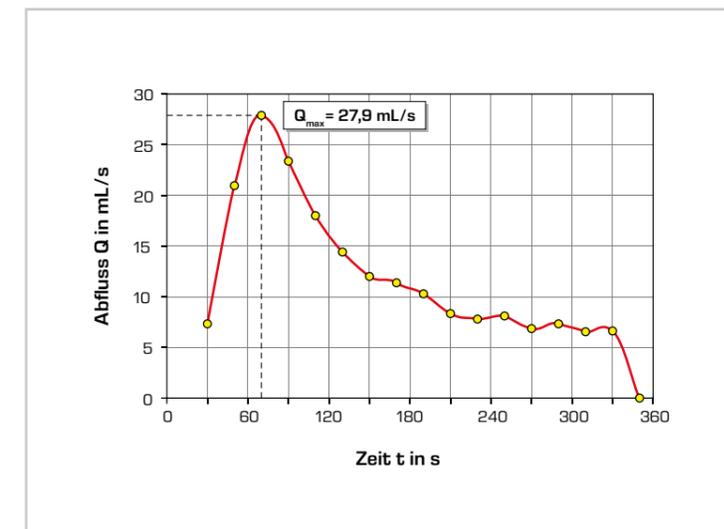


Kernelement von HM 141 ist ein mit Sand bzw. Kies gefüllter Versuchsbehälter. Mittels Zeitschaltuhren können Sie die Versuchsfläche mit Niederschlägen unterschiedlicher Dauer und Intensität beaufschlagen. Die Entwässerung der Versuchsfläche kann wahlweise mit einem Drainagerohr oder einer an der Seite des Versuchsbehälters befindlichen Ablaufkammer erfolgen.

Das aus dem Versuchsbehälter ablaufende Wasser wird zeitgesteuert nacheinander in 17 Messkammern gefüllt. Durch Bestimmung der Wassermenge in den einzelnen Messkammern können Sie so den zeitlichen Verlauf des Abflusses aus der Versuchsfläche, also die Abflussganglinie, bestimmen.



Die Messkammern werden zeitgesteuert nacheinander befüllt.



Auszug aus der Anleitung von HM 141: Typischer Verlauf der Abflussganglinie bei Entwässerung über seitliche Ablaufkammer. Aus der Abflussganglinie kann der bei diesem Niederschlagsereignis maximal auftretende Abfluss ermittelt werden.

Lerninhalte

- Einfluss von Niederschlägen unterschiedlicher Dauer oder Stärke auf Böden mit unterschiedlicher Sättigung
- Abflussganglinien nach Niederschlägen aufnehmen
- natürliche Entwässerung mit Entwässerung über Drainagerohr vergleichen
- Einfluss von Regenrückhaltebecken auf die Abflussganglinie

Zum Produkt:



HM 167 Grundwasserströmungen

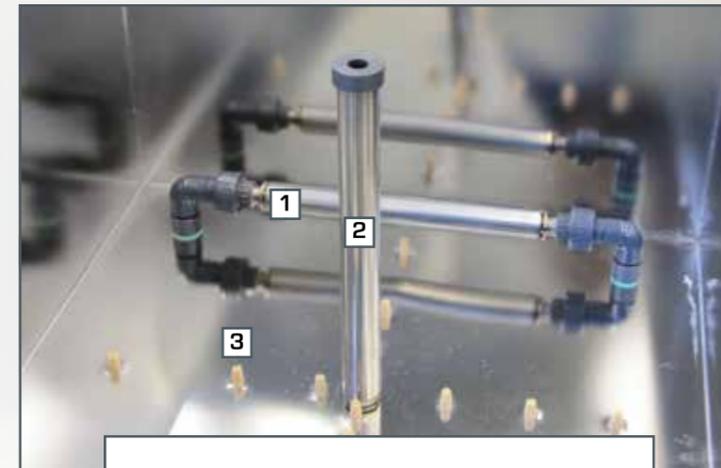
Viele bauliche Maßnahmen haben einen Einfluss auf den Grundwasserspiegel. Dies kann beispielsweise bei der Nutzung von Grundwasser, beim Hochwasserschutz oder bei Sanierungsmaßnahmen der Fall sein. Genaue Kenntnisse über die Auswirkungen derartiger Baumaßnahmen auf den Grundwasserspiegel sind daher eine wichtige Planungsgrundlage für Umwelttechniker.

Um derartige Themen praktisch erlernen zu können, haben wir unseren Versuchsstand HM 167 entwickelt. Der Versuchsstand ermöglicht es Ihnen, typische bauliche Szenarien darzustellen und deren Einfluss auf die Grundwasserströmung dreidimensional zu untersuchen.

Kernelement von HM 167 ist ein mit Sand bzw. Kies gefüllter Versuchsbehälter. Zur Simulation von Bauwerken können Sie verschiedene Modelle in den Versuchsbehälter einsetzen. Mit den Modellen lassen sich Gräben, Baugruben und Brunnen untersuchen.



Modelle zum Einbau in den Versuchsbehälter



- 1** Versuchsbehälter mit Wasserzulauf
- 2** Brunnen
- 3** Messstellen für Grundwasserspiegel

Der Versuchsbehälter ist an beiden Stirnseiten mit je einem Zulauf ausgestattet. Die Untersuchung verschiedener Entwässerungen wird durch zwei Brunnen ermöglicht. Sie können die Zuläufe und Brunnen unabhängig voneinander aktivieren. Dadurch ergeben sich viele verschiedene Versuchsmöglichkeiten.

Zur Bestimmung der Grundwasserstände ist der Versuchsbehälter mit insgesamt 19 Messstellen ausgestattet. Die Grundwasserstände werden übersichtlich an Rohrmanometern angezeigt. Neben den Rohrmanometern angebrachte Skalen ermöglichen ein leichtes und genaues Ablesen der Grundwasserstände.

Lerninhalte

- Grundwasserspiegel bestimmen
- Grundwasserabsenkung durch einen oder zwei Brunnen
- Grundwasserströmung an Baugruben
- Grundwasseruntersuchungen bei konzentrischer Last auf den Untergrund



Zum Produkt:



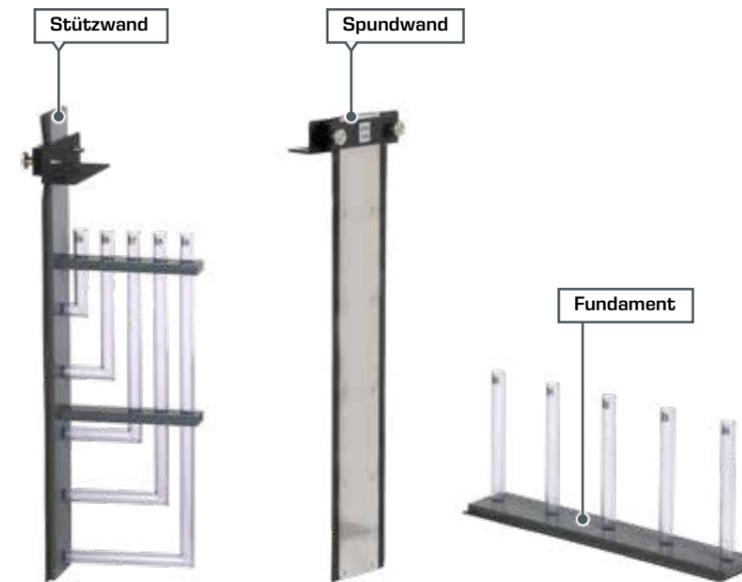
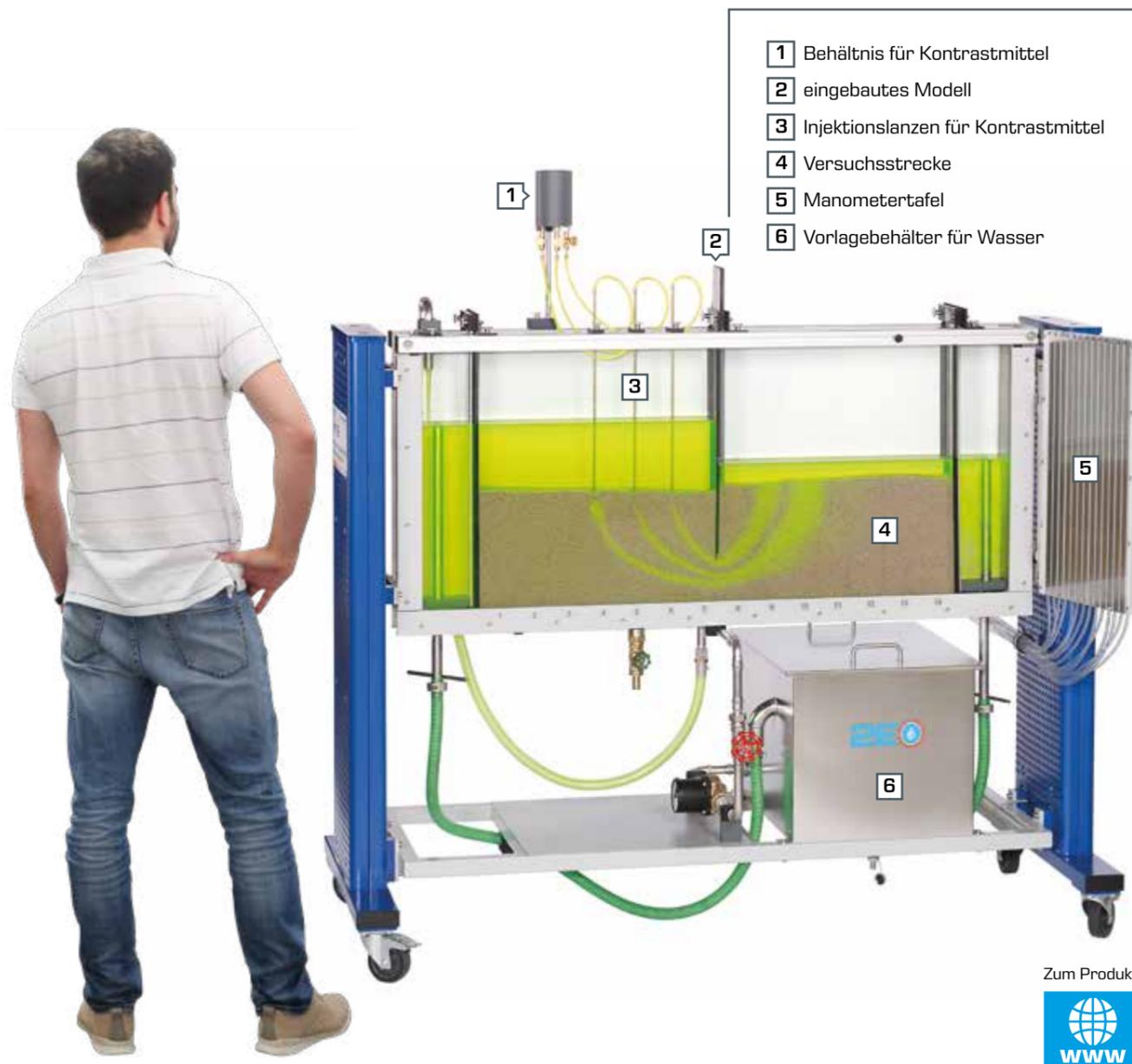
HM 169 Visualisierung von Sickerströmungen

Sickerströmungen – Schutz von Grundwasser und Bauwerken

Bei Baumaßnahmen in wasserführenden Schichten spielen Sickerströmungen eine große Rolle. Hierbei ist zum einen die Durchströmung bzw. Umströmung von Bauwerken relevant. Zum anderen ist der hydrostatische Druck, der auf die Bauwerke wirkt, von Interesse.

Eine anschauliche Methode zur Untersuchung von Sicker- und Grundwasserströmung ist die Visualisierung der Stromlinien und deren grafische Darstellung als Strömungsnetz. Das Strömungsnetz liefert Informationen über das Durchsickern von Wasser bei Bauwerken, wie z.B. Dämmen und Spundwänden.

Mit unserem Versuchsstand HM 169 können Sie Stromlinien um Bauwerke anschaulich visualisieren und untersuchen. Hierfür stehen Ihnen verschiedene Modelle typischer Bauwerke zur Verfügung, die Sie leicht in die Versuchsstrecke einsetzen können.



Durch Injektion eines Kontrastmittels, wie z.B. Fluorescein oder Tinte, lassen sich die Stromlinien eindrucksvoll und sehr anschaulich sichtbar machen. Bei den beiden Modellen „Stützwand“ und „Fundament“ werden ferner die Druckverläufe dieser Bauwerke angezeigt. Die Grundwasserstände in der Versuchsstrecke können Sie mit Rohrmanometern leicht und mit großer Genauigkeit messen.



Interessierten Mitarbeitern der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg werden die Möglichkeiten von HM 169 im Rahmen einer Vorführung demonstriert.

Lerninhalte	
■	Strömungsnetze in durchlässigen Medien grafisch bestimmen
▶	Stromlinien unter einer Spundwand
▶	Stromlinien durch einen Damm
▶	Entwässerung an einem Graben
■	Druckverlauf an einem Fundament bestimmen
■	Druckverlauf an einer Stützwand bestimmen
■	Verlauf der Grundwasserstände bei verschiedenen Modellen

CE117 Durchströmung von Partikelschichten

Sickerströmungen

Als Sickerströmung bezeichnet man in der Hydrologie die Strömung eines Fluids (Wasser) in durchlässigen Bodenschichten wie z.B. Sand. Das Fluid füllt die Poren in der wasserungesättigten Bodenschicht mehr oder weniger aus und bewegt sich unter der Einwirkung der Schwerkraft abwärts in tiefere Bodenschichten. Damit das Sickerwasser sich nicht staut, muss der Boden durchlässig sein.

In weniger durchlässigen Böden kann sich das Sickerwasser temporär stauen. Trifft das Sickerwasser auf eine undurchlässige Bodenschicht bzw. undurchlässiges Gestein, findet ein Versickern nicht mehr statt und das Sickerwasser staut sich dauerhaft auf. Solche unterirdische Wasseransammlungen werden als Grundwasser bezeichnet. Hydraulisch betrachtet entspricht die Sickerströmung der Durchströmung einer Partikelschicht.

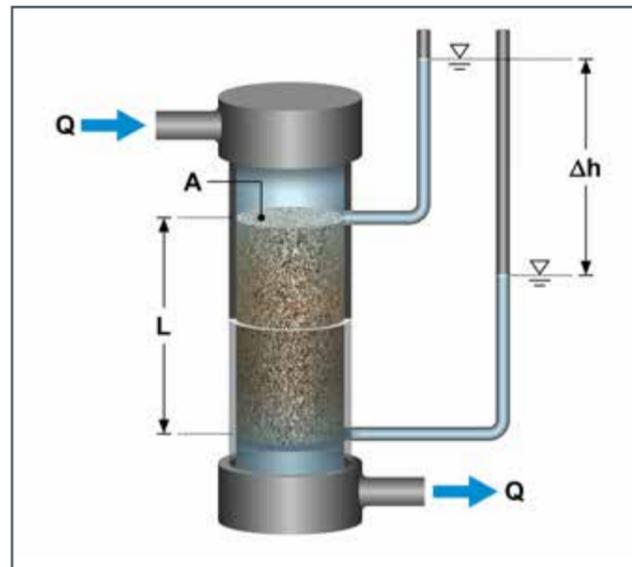
Gesetz von Darcy

Die Erforschung der grundlegenden Zusammenhänge bei der Durchströmung von Partikelschichten gehen auf **Henry Darcy** (1803 - 1858) zurück.

Eine durchströmte Partikelschicht setzt der Strömung einen Widerstand entgegen, der zu einem Druckverlust führt. **Darcy** stellte fest, dass bei laminarer Strömung zwischen dem Durchfluss Q und dem Druckverlust (Differenzdruckhöhe Δh) ein linearer Zusammenhang besteht.

$$Q = k_f \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

Die dimensionslose Größe $\Delta h/L$ wird als hydraulischer Gradient bezeichnet. Die Durchlässigkeit einer Partikelschicht wird mit dem Durchlässigkeitskoeffizienten k_f in der Einheit m/s beschrieben und ist abhängig von der Korngröße und dem nutzbaren Porenraum.

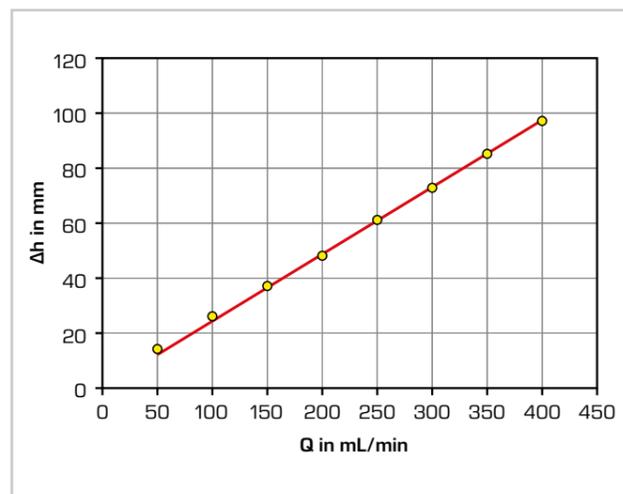


Durchströmung einer Partikelschicht

Versuchsgerät CE117

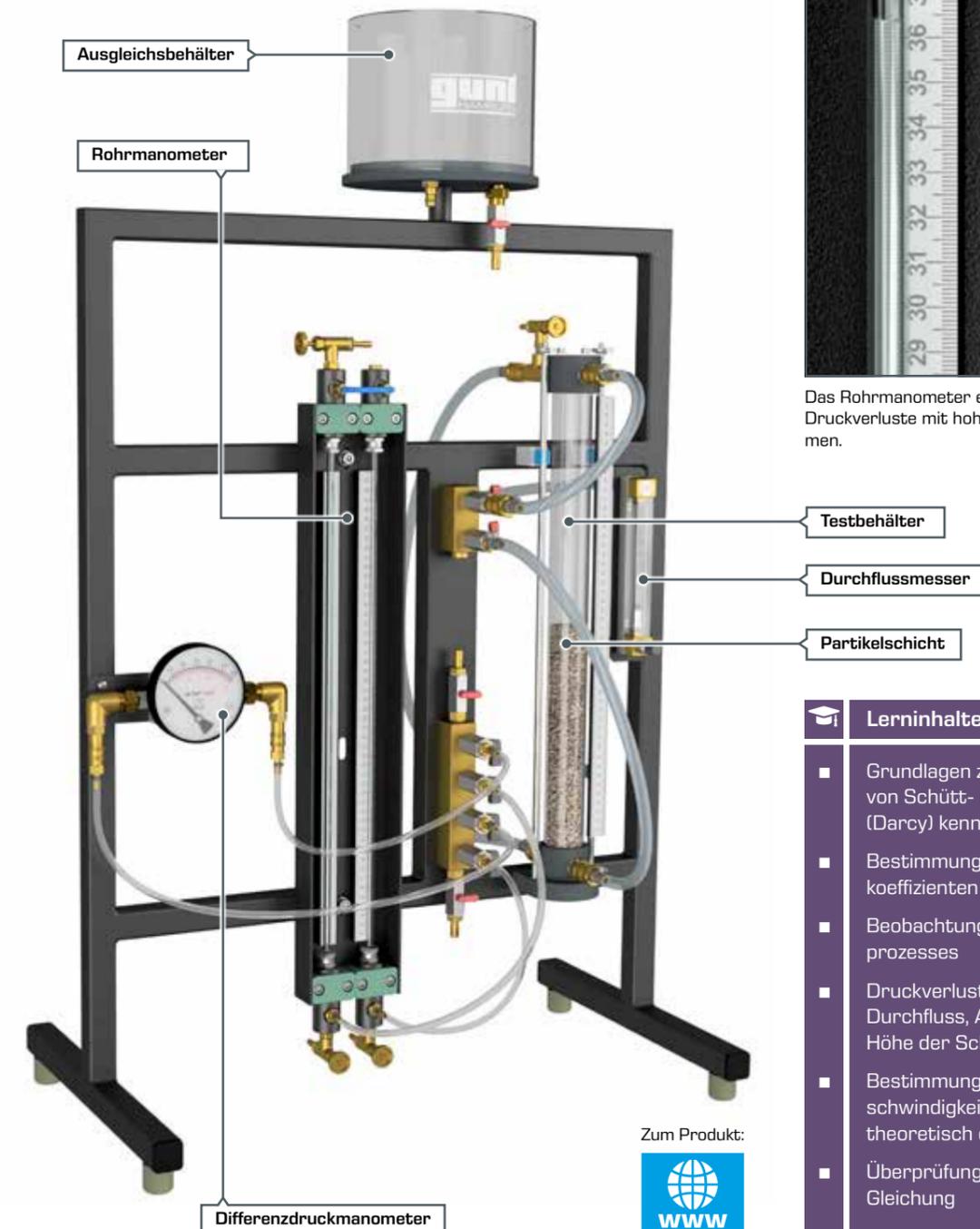
Mit dem Versuchsgerät CE117 können die strömungsmechanischen Grundlagen der Durchströmung von Schüttschichten untersucht werden. Dazu verfügt das Versuchsgerät über einen transparenten Testbehälter, welche die Beobachtung der Vorgänge optimal ermöglicht. Zur Bestimmung des Druckverlustes stehen zwei Manometer mit unterschiedlichen Messbereichen zur Verfügung.

Der Versuchsaufbau kann mit Hilfe leicht lösbarer Schnellkupplungen verändert werden. Auf diese Weise ist es auch möglich, den Testbehälter in der Gegenrichtung zu durchströmen und Wirbelschichten zu untersuchen. Der Durchfluss wird mit einem Ventil eingestellt und an einem Durchflussmesser angezeigt.



Gemessene Differenzdruckhöhe Δh in Abhängigkeit vom Durchfluss Q (Sand: $d = 1...2 \text{ mm}$, $L = 60 \text{ mm}$)

- strömungsmechanische Grundlagenversuche an Partikelschichten
- Durchströmung von Schüttschichten (Festbett)
- Durchströmung von Wirbelschichten (Fließbett)
- Druckverluste in Schüttschicht und Wirbelschicht



Zum Produkt:



Das Rohrmanometer ermöglicht es, geringe Druckverluste mit hoher Genauigkeit zu bestimmen.

Lerninhalte

- Grundlagen zur Durchströmung von Schütt- und Wirbelschichten (Darcy) kennenlernen
- Bestimmung des Durchlässigkeitskoeffizienten
- Beobachtung des Fluidisierungsprozesses
- Druckverluste abhängig von Durchfluss, Art, Partikelgröße und Höhe der Schüttung
- Bestimmung der Lockerungsgeschwindigkeit und Vergleich mit theoretisch errechneten Werten
- Überprüfung der Carman-Kozeny-Gleichung

Basiswissen

Bodenbehandlung

Schadstoffe im Boden – eine Gefahr für die Umwelt

In der Vergangenheit wurde dem Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen vielfach nicht die erforderliche Aufmerksamkeit gewidmet. Auf diese Weise konnten giftige Stoffe, wie z.B. chlorierte Kohlenwasserstoffe, vielerorts ins Erdreich eindringen. Ein Großteil dieser Kontaminationen stammt aus Deponien und ehemaligen Industriestand-

orten und stellt eine Gefahr für die Umwelt und insbesondere für das Grundwasser dar. In solchen Fällen muss eine Sanierung des kontaminierten Bodens erfolgen. Je nach Art des Bodens und Art der Kontamination stehen hierfür eine Reihe verschiedener Verfahren zur Verfügung.

Boden: ein Mehrphasengemisch

Im Boden sind in der Regel alle drei Phasen (fest, flüssig und gasförmig) anzutreffen. Entsprechend können von der Kontamination auch alle drei Phasen betroffen sein. Für die Behandlung von Böden ist daher ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der alle drei Phasen im Boden und deren komplexen Wechselwirkungen berücksichtigt.



Behandlung kontaminierter Böden: eine komplexe Aufgabe

Hauptziel der Bodenbehandlung ist der Schutz des Grundwassers und – sofern möglich – die ursprüngliche Funktion des kontaminierten Bodens wieder herzustellen. Aufgrund der Tatsache, dass von der Kontamination alle drei Phasen betroffen sein können, ist die Bodenbehandlung eine sehr komplexe Aufgabe.

Neben dem kontaminierten Boden fällt bei der Behandlung in der Regel auch belastetes Prozesswasser und Abluft an. Hierfür ist ebenfalls eine Behandlung erforderlich, wofür wiederum gängige Verfahren der Wasserbehandlung bzw. Luftreinhaltung zum Einsatz kommen. Grundlegend lassen sich bei der Bodenbehandlung zwei verschiedene Vorgehensweisen unterscheiden:

In-Situ

Die Behandlung findet direkt im Boden, also am Ort der Kontamination, statt.

Ex-Situ

Der kontaminierte Boden wird entnommen und extern in einer Anlage behandelt.

In-Situ Bodenbehandlung

Die in-Situ Behandlung von Böden eignet sich vor allem für die flüssige und gasförmige Phase:

- **flüssige Phase:** Pump and Treat
- **gasförmige Phase:** Bodenluftabsaugung

Bei beiden Verfahren wird das Fluid aus dem Boden gefördert, der Schadstoff vom Fluid abgetrennt und das gereinigte Fluid anschließend wieder zurück in den Boden geleitet. Die Trennung von Schadstoff und Fluid erfolgt dabei entweder mit gängigen Verfahren der Wasserbehandlung (Pump and Treat) oder mit den Methoden der Luftreinhaltung (Bodenluftabsaugung).

Ex-Situ Bodenbehandlung

Bei der Ex-Situ Behandlung von Böden wird der kontaminierte Boden zunächst entnommen. Anschließend wird der Boden in speziellen Anlagen behandelt. Die meisten dabei eingesetzten Verfahren haben ihren Ursprung im Bereich der Mechanischen bzw. Thermischen Verfahrenstechnik. Typische Verfahren, die bei der Bodenbehandlung eingesetzt werden sind beispielsweise:

- Zerkleinerung
- Siebung
- Fest-Flüssig-Trennung
- Abtrennung kleiner Partikel (z. B. mit Hydrozyklon)
- Fest-Flüssig-Extraktion

CE 225 Hydrozyklon

Hydrozyklone in der Bodenbehandlung

Erfahrungsgemäß sind Schadstoffe in kontaminierten Böden überwiegend an den feineren Partikeln und den organischen Komponenten gebunden. Mit Hydrozyklonen lassen sich diese feinen Partikel abtrennen, um sie anschließend mit weiteren Verfahren, wie z. B. Fest-Flüssig-Extraktion, zu behandeln.

Mit unserem Versuchsstand CE 225 können Sie die Funktionsweise eines Hydrozyklons auf praktische Weise demonstrieren und untersuchen. Hierbei unterstützt Sie das umfangreiche didaktische Begleitmaterial, das Ihnen auch Anregungen zur Durchführung Ihrer Versuche gibt.



Kernelement von CE 225: transparenter Hydrozyklon zur optimalen Beobachtung des Trennprozesses

Das Gerät verfügt über einen großen Vorlagebehälter, in dem die zu trennende Suspension angesetzt wird. Der Zyklon ist aus transparentem Material gefertigt, um den Trennprozess auch optisch sichtbar zu machen. Der Durchfluss im Zulauf des Zyklons kann individuell eingestellt werden und wird mit einem magnetisch-induktiven Durchflussmesser gemessen.

Selbstverständlich können Sie an allen relevanten Stellen des Gerätes Proben nehmen, um die Versuche auch quantitativ auszuwerten.

Lerninhalte

- Grundprinzip und Betriebsverhalten eines Hydrozyklons
- Feststoffmassenströme in Zulauf, Oberlauf und Unterlauf
- Flüssigkeitsvolumenströme in Zulauf, Oberlauf und Unterlauf
- Kenngrößen für die Güte der Trennung
- Druckverlust am Zyklon in Abhängigkeit des Durchflusses im Zulauf
- Einfluss der Feststoffdichte auf die Kenngrößen und den Druckverlust

Dieses Gerät wurde von unseren erfahrenen Ingenieuren in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik an der Hochschule Anhalt entwickelt.

Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences

Zum Produkt:



CE 630 Fest-Flüssig-Extraktion

Anwendung eines thermisches Trennverfahrens für die Bodenbehandlung

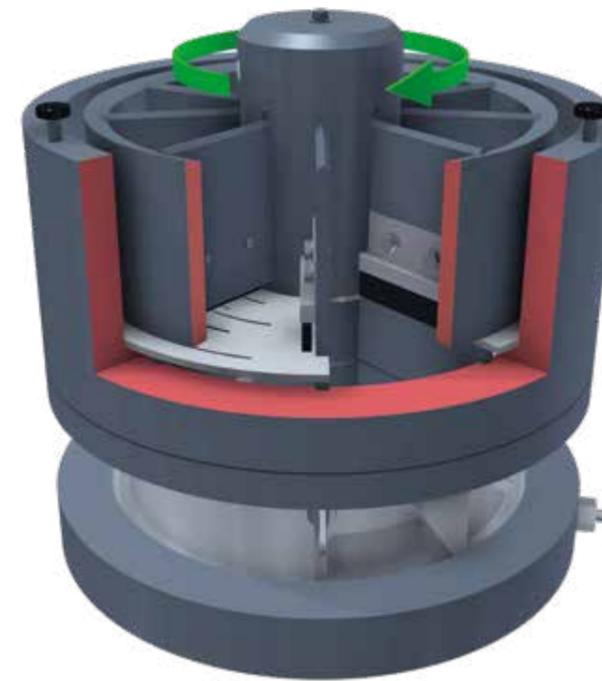
Schadstoffe können sorbiert an den Feststoffpartikeln des Bodens vorliegen. Die Fest-Flüssig-Extraktion ermöglicht die Abtrennung dieser Schadstoffe von den Bodenpartikeln. Je nach Schadstoff und Art des Bodens ist hierfür ein geeignetes Lösungsmittel zu wählen.

Um das Grundprinzip dieses Verfahrens praktisch und anschaulich zu vermitteln, eignet sich unser Lehrgerät CE 630 in besonderem Maße. Das Gerät können Sie wahlweise im kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Betrieb verwenden. Ferner können Sie die Temperatur des Lösungsmittels einstellen.

- 1 Prozessschema
- 2 Vorlage für Extraktionsgut (Feststoff)
- 3 Feststoffdosierer
- 4 Extraktor
- 5 Sammelbehälter für Extraktionsrückstand
- 6 Sammelbehälter für Extrakt
- 7 Vorlagebehälter für Lösungsmittel
- 8 Schaltschrank mit Bedienelementen und digitalen Anzeigen

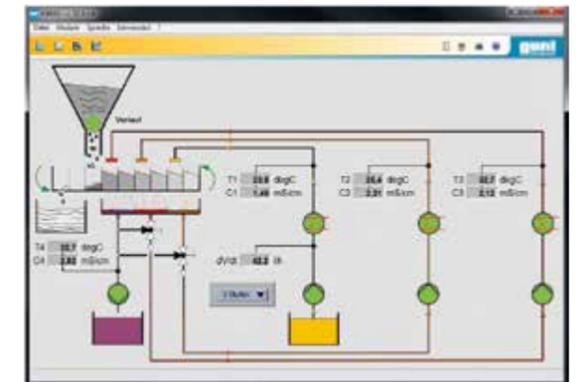


Zum Produkt:



Rotierender Extraktor

Hauptkomponente von CE 630 ist ein rotierender Extraktor, der in mehrere Kammern unterteilt ist. In diese Kammern gelangt das Extraktionsgut, also der Feststoff mit dem zu eliminierenden Stoff. Das Lösungsmittel gelangt mit drei Sprengern von oben in die Kammern und nimmt dabei den zu extrahierenden Stoff auf. Durch die Rotation des Extraktors ist eine 3-stufige Prozessführung möglich. Selbstverständlich können Sie die Drehzahl des Extraktors einstellen.



Software

Das Gerät ist mit einer Software ausgestattet, die alle wesentlichen Prozessgrößen kontinuierlich anzeigt. Selbstverständlich können Sie die erfassten Messwerte für die Auswertung der Versuche speichern.



Ein zufriedener Dozent des Industrial College in Yanbu (Saudi-Arabien) nach erfolgreicher Inbetriebnahme von CE 630



Lerninhalte

- Grundprinzip der Fest-Flüssig-Extraktion
- Einfluss der Betriebsweise (kontinuierlich / diskontinuierlich)
- Untersuchung des 1-, 2- und 3-stufigen Prozesses
- Einfluss typischer Parameter auf den Prozess:
 - ▶ Durchflusses des Lösungsmittels
 - ▶ Temperatur des Lösungsmittels
 - ▶ Fördermenge des Extraktionsguts
 - ▶ Drehzahl des Extraktors

Einführung	
Lernfelder Abfall	092
Basiswissen Abfall	094

Zerkleinerung	
CE 245 Kugelmühle	096

Trennverfahren	
CE 280 Magnetscheidung	098
CE 275 Windsichtung	100
MT 174 Sortieranlage	102



Lernfelder
Abfall Lernfelder

Produkte

Zerkleinerung

Die Zerkleinerung von Abfallstoffen spielt in der Abfallwirtschaft eine wichtige Rolle und ist eine Voraussetzung für viele Recyclingverfahren. Durch Zerkleinerung werden Abfallstoffe für nachfolgende Verfahrensschritte vorbereitet. Eine klassische Methode zur Zerkleinerung von Feststoffen stellen Kugelmühlen dar. Unser Versuchsgerät CE 245 demonstriert dieses Verfahren sehr anschaulich.

 Zerkleinerung**CE 245**
Kugelmühle**Trennverfahren**

Trennverfahren dienen dazu, Abfallgemische in einzelne Fraktionen aufzuteilen. Die Trennung kann dabei nach stofflichen Merkmalen (Materialien) oder geometrischen Merkmalen (Partikelgröße) erfolgen.

Ein klassisches Anwendungsbeispiel ist das Abtrennen von Metallen, um diese dann einem Recyclingprozess zuzuführen. Die Abtrennung von Metallen erfolgt üblicherweise mit Magnetscheidern. Mit unserem Versuchsstand CE 280 können Sie dieses Trennverfahren im Labormaßstab anwenden.

Bei der Windsichtung hingegen werden die einzelnen Fraktionen eines Abfallgemisches hinsichtlich ihrer geometrischen Eigenschaften voneinander getrennt. Um die Grundlagen dieses Verfahrens anschaulich vermitteln zu können, haben wir unseren Zick-Zack-Sichter CE 275 entwickelt.

 Trennverfahren**CE 280**
Magnetscheidung**CE 275**
Windsichtung**MT 174**
Sortieranlage

Prozesstechnik

Viele in der Abfallwirtschaft eingesetzte Verfahren haben ihren Ursprung in der klassischen Verfahrenstechnik. Insbesondere die Trennverfahren der Mechanischen Verfahrenstechnik kommen hierbei zum Einsatz. Weitere interessante Geräte aus diesem Themenbereich finden Sie in unserem Produktbereich „Prozesstechnik“.



» Prozesstechnik

Basiswissen
Abfall

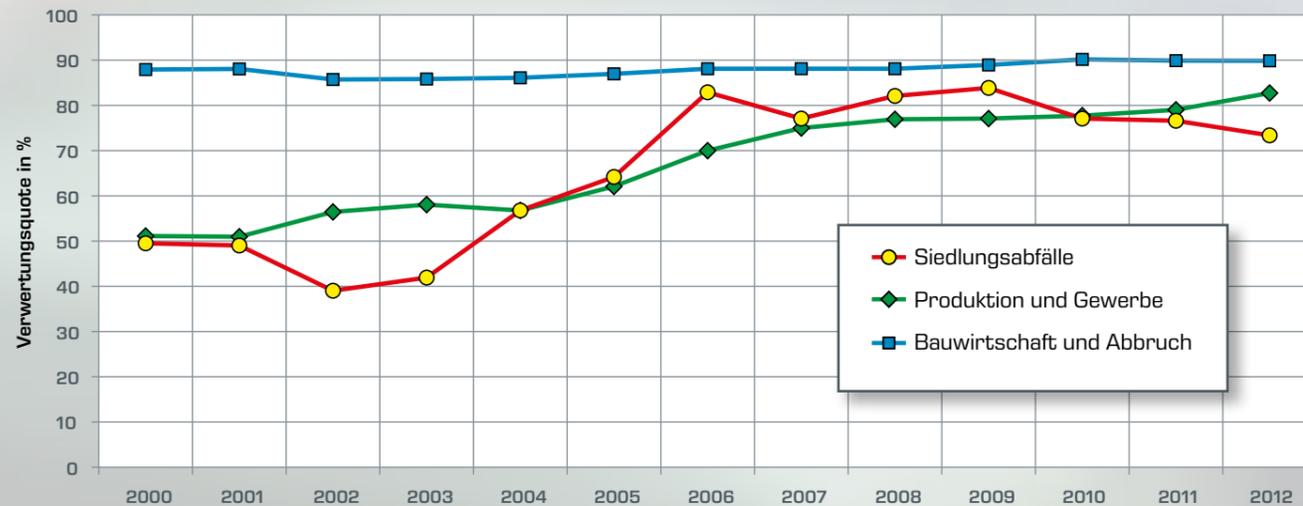
Abfall im Kreislauf der Wirtschaft

Jeder Einwohner in Deutschland produziert im Jahr ca. 500-600 kg Hausmüll. Dieser Abfall besteht aus unterschiedlichsten Materialien und stellt für die Wirtschaft eine wichtige Ressource zur Beschaffung von Rohstoffen dar. Das Abfallrecht wird in Deutschland durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz geregelt. Hauptziel des Gesetzes ist es, die Schonung der natürlichen Ressourcen durch Wiederverwendung bzw. Verwertung von Abfällen zu fördern und so den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen.

1	Vermeidung von Abfällen
2	Vorbereitung zur Wiederverwendung von Abfällen
3	Recycling von Abfällen
4	Sonstige Verwertung von Abfällen (z.B. energetisch)
5	Beseitigung von Abfällen

Die 5-stufige Abfallhierarchie

Ein zentraler Aspekt des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist die 5-stufige Abfallhierarchie. Gemäß dieser Rangfolge hat die Vermeidung von Abfällen oberste Priorität (1). Ist der Anfall von Abfall unvermeidbar, ist eine Wiederverwendung der Abfälle durch Reinigung oder Reparatur anzustreben (2). Ist eine direkte Wiederverwendung von gebrauchten Erzeugnissen nicht möglich, sind diese nach Materialeigenschaften sortiert zu recyceln (3). Ist dies nicht möglich oder unwirtschaftlich, sind die Abfälle anderweitig zu verwerten (4), wie z.B. energetisch. Den Abschluss dieser Rangfolge bildet die Beseitigung von Abfällen (5), was zumeist durch Deponierung erfolgt.



Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten in Deutschland

Quelle: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Abfallbilanz, verschiedene Jahrgänge; Umweltbundesamt, eigene Berechnungen

Zerkleinerung: Voraussetzung für effektives Recycling

In der Abfallwirtschaft spielt die Zerkleinerung von Abfällen eine wichtige Rolle. Durch die Zerkleinerung wird die Partikelgröße der Abfallstoffe verringert. Gleichzeitig führt die Zerkleinerung zu einer Erhöhung der spezifischen Oberfläche der Partikel. Die Zerkleinerung stellt in der Regel eine Vorbehandlung dar, an die sich weitere Prozessstufen anschließen. So wird das Einschmelzen von Kunststoffen z.B. durch eine geringe Partikelgröße erleichtert. Für die Zerkleinerung von Abfällen kommen verschiedene Techniken, wie z.B. Kugelmühlen, zum Einsatz.



Magnetscheidung

Bei der Magnetscheidung handelt es sich um ein Trennverfahren, bei dem man sich die Magnetisierbarkeit von Teilen (z.B. Eisen) eines Abfallgemisches zu Nutze macht. Das Abfallgemisch wird auf eine rotierende, unmagnetische Trommel gefördert. In einem Teilbereich der Trommel befindet sich ein Permanentmagnet, der die magnetisierbaren Teile an die Trommel haftet und mitführt. Die nichtmagnetisierbaren Teile fallen aufgrund der Schwerkraft in einen Sammelbehälter. Die magnetisierbaren Teile lösen sich hingegen erst von der Trommel, sobald Sie den Einflussbereich des Permanentmagneten verlassen haben und fallen in einen anderen Sammelbehälter.

Windsichtung

Dieses Trennverfahren nutzt die unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten von Partikeln in einem Luftstrom. Die Sinkgeschwindigkeit hängt von Größe, Dichte und Form der einzelnen Partikel und den daraus resultierenden Strömungswiderstands- und Gewichtskräften ab. Für die Windsichtung werden überwiegend sogenannte Zick-Zack-Sichter eingesetzt. Bei einem Zick-Zack-Sichter wird das zu trennende Abfallgemisch von der Seite dem Zick-Zack-Kanal zugeführt, in dem sich ein Luftstrom aufwärts bewegt. Die Partikel werden abhängig von der Geometrie und der Dichte von dem Luftstrom mitgenommen oder fallen aufgrund der Schwerkraft nach unten. Oftmals ist einem Zick-Zack-Sichter ein Zyklon nachgeschaltet. Dadurch wird die vom Luftstrom mitgeführte Fraktion abgetrennt, so dass die Luft im Kreis geführt werden kann.

Windsichtung

- 1 Abfallgemisch
- 2 Zick-Zack-Sichter
- 3 Gaszyklon
- 4 Gebläse
- 5 Behälter für Feingut
- 6 Behälter für Grobgut

CE 245 Kugelmühle



Viele beim Recycling von Abfällen eingesetzte Verfahren werden durch eine kleine Partikelgröße der Abfälle begünstigt. Daher müssen Abfälle in der Regel zunächst zerkleinert werden. Hierbei kommen verschiedene Techniken, wie z.B. Kugelmühlen, zum Einsatz.



Großtechnische Kugelmühle in der Abfallwirtschaft

Mit unserem Versuchsgert CE 245 können Sie die Grundlagen dieses Zerkleinerungsverfahrens praxisgerecht vermitteln. Ihnen stehen drei verschiedene Trommeln zur Verfügung. Alle Trommeln verfügen über transparente Stirnflächen. Auf diese Weise können Sie den Zerkleinerungsprozess und die für Kugelmühlen charakteristischen Bewegungszustände im Inneren der Trommel gut beobachten.

Die Drehzahl der Kugelmühle ist stufenlos einstellbar. Drehzahl und Leistungsaufnahme des Antriebsmotors werden digital angezeigt. Dies ermöglicht es Ihnen, den theoretischen mit dem realen Leistungsbedarf vergleichen zu können. Mit Hilfe einer Zeitschaltuhr können Sie die gewünschte Mahlzeit einstellen.

Das didaktische Begleitmaterial stellt ausführlich die Grundlagen dieses Verfahrens dar. Exemplarisch durchgeführte Versuche werden anschaulich beschrieben und ausgewertet.



Zur Auswertung der Versuche empfehlen wir unsere Siebmaschine CE 264.

Lerninhalte
■ Kaskadenbewegung
■ Kataraktbewegung
■ Bestimmung der kritischen Drehzahl
■ Vergleich von theoretischem und realem Leistungsbedarf
■ Einfluss folgender Parameter auf den Zerkleinerungsgrad: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mahlzeit ▶ Drehzahl ▶ Kugeldurchmesser ▶ Kugelfüllungsgrad ▶ Mahlgut

Zum Produkt:



CE 280 Magnetscheidung



Magnetscheidung: Rückgewinnung wichtiger Rohstoffe

Die Rückgewinnung von Wertstoffen stellt einen zentralen Aspekt in der Abfallwirtschaft dar. Eine sehr effektive und daher weit verbreitete Methode, um magnetisierbare Wertstoffe, wie z. B. Eisen, aus einem Abfallgemisch abzutrennen, stellen Magnetscheider dar.

Magnetscheider CE 280

Mit unserem Versuchsstand CE 280 können Sie die Funktionsweise eines Magnetscheiders sehr anschaulich demonstrieren. Hauptkomponente ist ein professioneller Trommel-magnetscheider, wie er auch in der Industrie zur Sortierung von Feststoffgemischen vielfach eingesetzt wird.

Das zu trennende Gemisch wird mit einer Vibrationsrinne gleichmäßig zum Magnetscheider gefördert. Durch den höhenverstellbaren Aufgabetrichter können Sie den Abstand zwischen dem Trichterauslauf und der Vibrationsrinne anpassen. Die Schwingweite und Frequenz der Vibrationsrinne kann individuell eingestellt werden. Durch diese drei Einstellmöglichkeiten können Sie den Massenstrom des Aufgabegutes beeinflussen.

Selbstverständlich können Sie die Drehzahl des Trommel-magnetscheiders stufenlos einstellen, um so den Einfluss der Drehzahl auf die Effektivität der Trennung zu untersuchen.

Lerninhalte

- Grundprinzip und Betriebsverhalten eines Trommel-magnetscheiders
- Einfluss folgender Größen auf die Effektivität der Trennung:
 - ▶ Massenstrom des Aufgabegutes
 - ▶ Mischungsverhältnis des Aufgabegutes
 - ▶ Art des Aufgabegutes
 - ▶ Trommeldrehzahl

Zum Produkt:

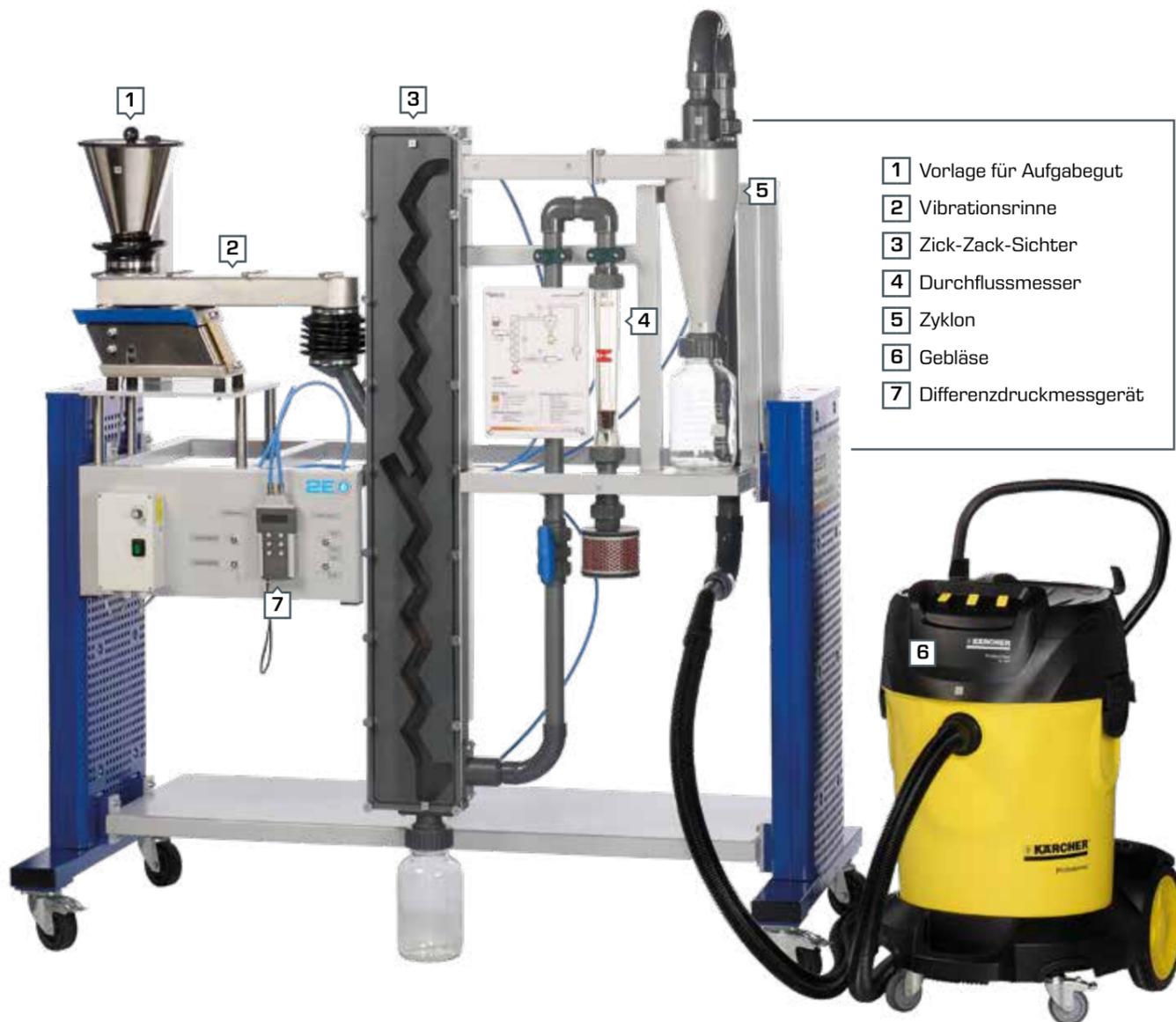


CE 275 Windsichtung

Windsichtung mit Zick-Zack-Sichter: ein mechanisches Trennverfahren

Die Windsichtung ist ein mechanisches Trennverfahren aus dem Bereich der klassischen Verfahrenstechnik. In der Abfallwirtschaft wird dieses Verfahren zur Trennung verschiedener Abfälle eingesetzt, z.B. um Staub, Sand oder nicht verwertbare Stoffe von den Wertstoffen zu trennen. Hierfür werden überwiegend Zick-Zack-Sichter eingesetzt.

Dieses Lehrgerät ist hervorragend dafür geeignet, die theoretischen Grundlagen dieses Verfahrens anschaulich und praxisgerecht zu vermitteln. Hauptelement von CE 275 ist ein 20-stufiger Zick-Zack-Sichter, der mit einer transparenten Abdeckung versehen ist. Dadurch können Sie den Trennvorgang im Zick-Zack-Kanal über die gesamte Höhe optimal beobachten.



Funktionsprinzip

Das zu trennende Abfallgemisch (Aufgabegut) wird mit Hilfe einer Vibrationsrinne gleichmäßig in den Zick-Zack-Sichter gefördert. Das Gebläse erzeugt den zur Trennung erforderlichen, aufwärts gerichteten Luftstrom durch den Zick-Zack-Kanal. Selbstverständlich können Sie den Massenstrom des Aufgabegutes und den Volumenstrom der Luft einstellen. Die mit der Luft transportierte Fraktion des Aufgabegutes wird anschließend in einem Zyklon abgetrennt. Dies ermöglicht für den Luftstrom einen geschlossenen Kreislauf. Der Zick-Zack-Sichter und der Zyklon sind jeweils mit einer Differenzdruckmessung ausgestattet.



CE 275 während des Probebetriebes:
Die Vibrationsrinne fördert das zu trennende Gemisch aus Dinkelspelz und Kirschkernen gleichmäßig zum Zick-Zack-Sichter.



In dem Zick-Zack-Kanal lässt sich die Trennung des Gemisches eindrucksvoll und anschaulich beobachten.

Dieses Gerät wurde von unseren erfahrenen Ingenieuren in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik an der Hochschule Anhalt entwickelt.

Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences

Empfohlenes Zubehör



Zur Auswertung der Versuche empfehlen wir unsere Siebmaschine CE 264.

Lerninhalte

- Grundprinzip der Windsichtung kennenlernen
 - Einfluss des Massenstroms und des Luftvolumenstroms auf
 - ▶ Feingutanteil
 - ▶ Güte der Trennung
 - ▶ Druckverlust des Sichters
 - ▶ Druckverlust des Zyklons
 - ▶ Fraktionsbilanz
 - ▶ Trenngradkurve
 - ▶ Trennkorngröße
 - ▶ Trennschärfe
- } mit
CE 264

Zum Produkt:

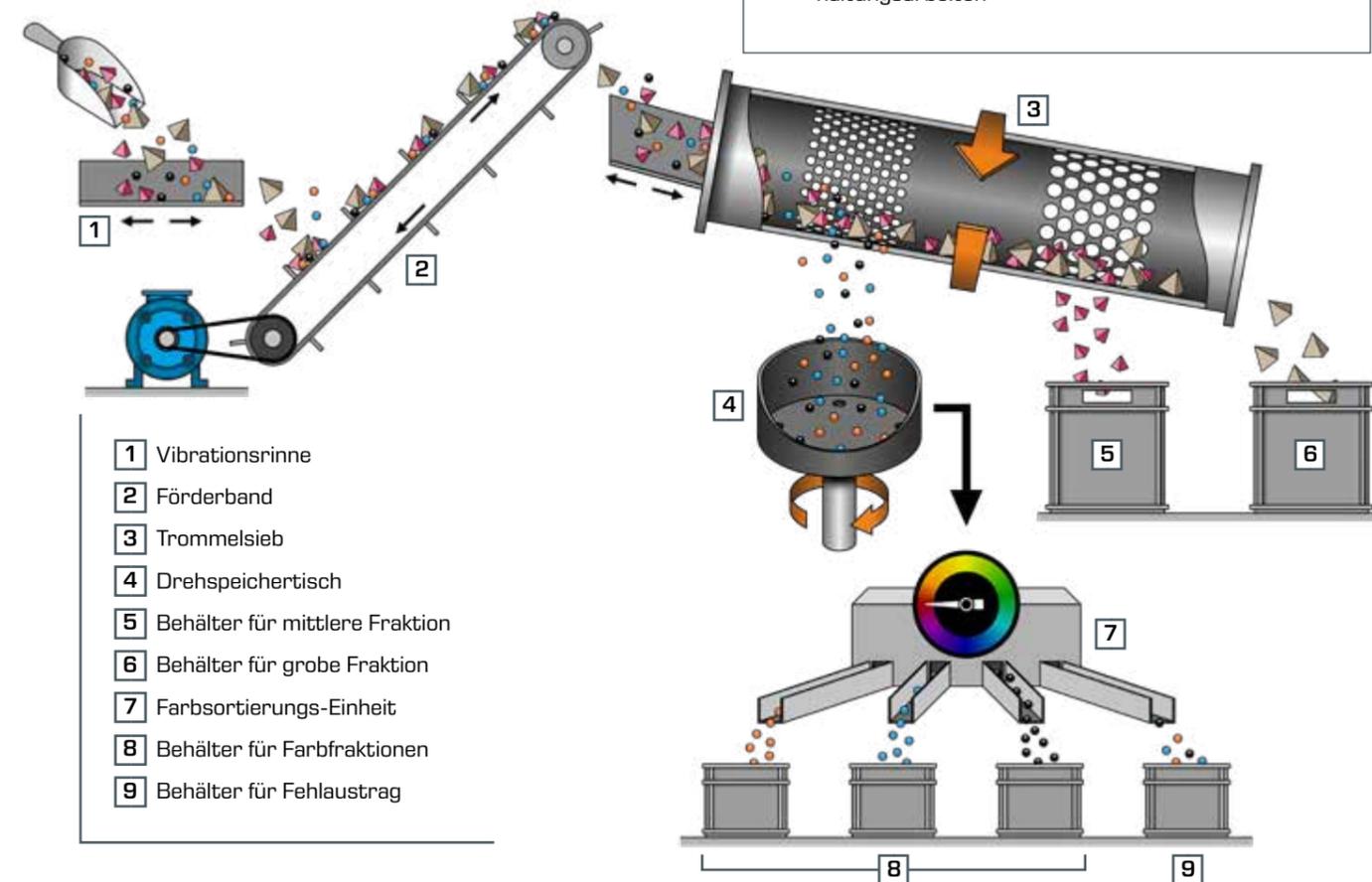


MT174 Sortieranlage

Das Trennen von Abfallgemischen in einzelne Fraktionen mit jeweils gleichen Eigenschaften spielt in der Abfallwirtschaft eine zentrale Rolle. Dies ist Voraussetzung für effektive Recyclingprozesse, um Wertstoffe wieder dem Kreislauf zuführen zu können.

Die Sortieranlage MT174 ist einem typischen Trennprozess aus der Abfallwirtschaft nachempfunden und beinhaltet eine Klassierung mit einem Trommelsieb und eine Farbsortierung.

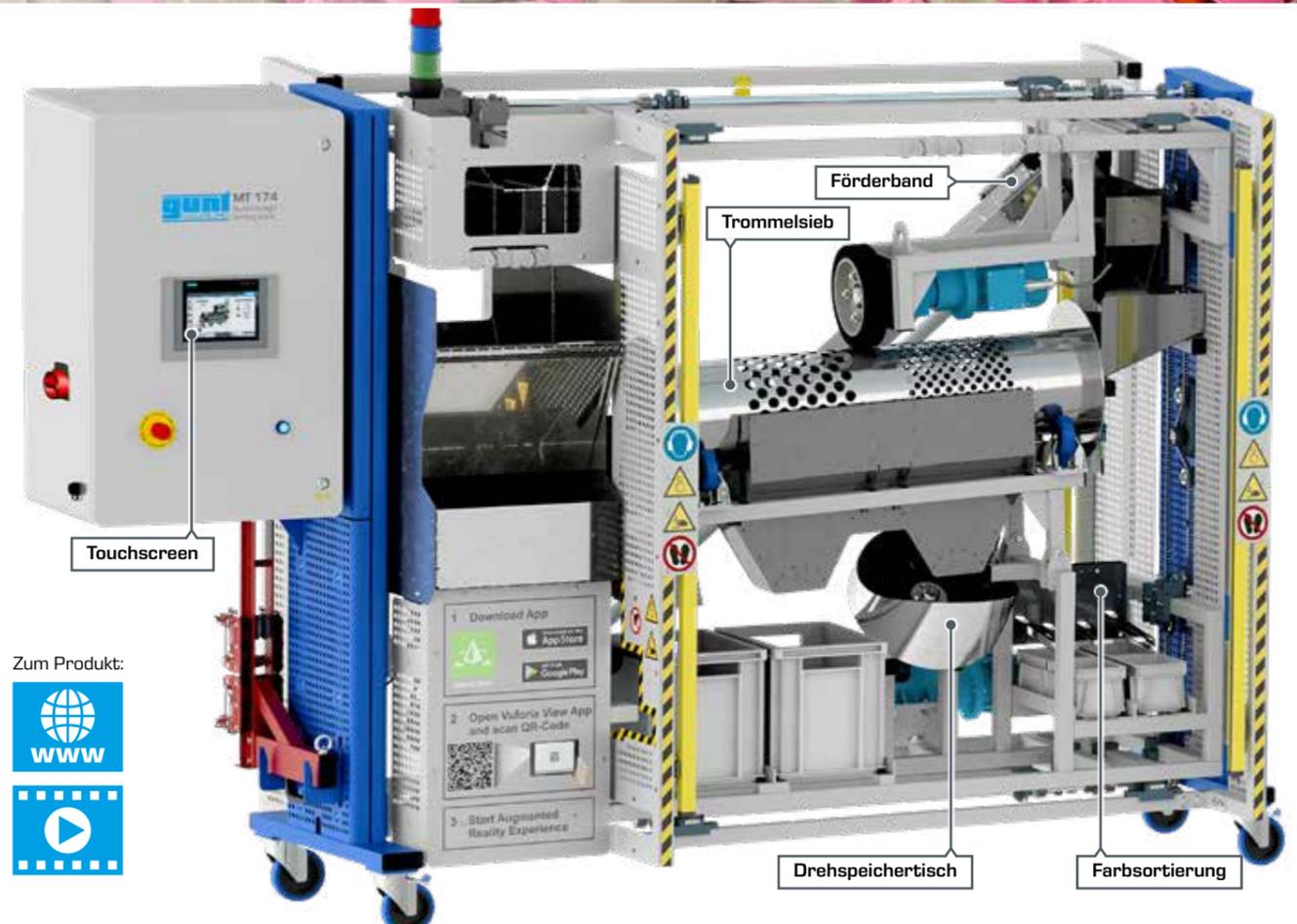
- Sortieranlage im Labormaßstab mit industrieeüblichen Komponenten
- Trennung in 3 Größenfraktionen mit Trommelsieb
- Farbsortierung in 3 Fraktionen
- Steuerung der Versuchsanlage mit einer SPS, über Touchscreen bedienbar
- Augmented Reality zur Visualisierung von Instandhaltungsarbeiten



Trommelsieb



Drehspeichertisch und Farbsortierung

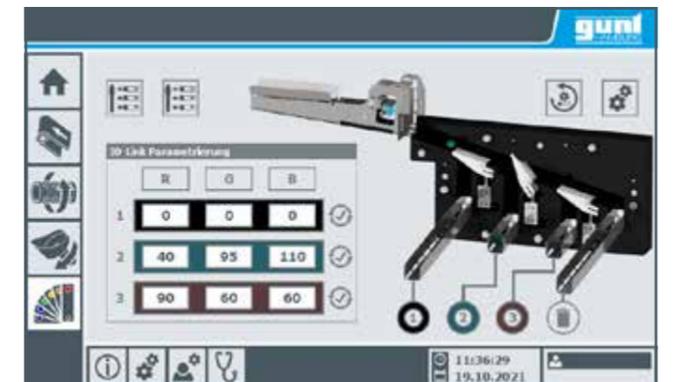


Zum Produkt:



SPS mit Touchscreen

Die Anlage wird von einer modernen SPS mit Touchscreen gesteuert. Zwecks Übersichtlichkeit steht für jede funktionelle Gruppe eine separate Bedienoberfläche zur Verfügung. Alle für den Trennprozess relevanten Parameter können mit der SPS eingestellt werden. Hierzu zählen z.B. die Drehzahl und Neigung des Trommelsiebes. Ferner können die Farben der zu sortierenden Partikel in der SPS definiert werden.



Screenshot der SPS (Farbsortierung)

Instandhaltung

Wartung und Instandhaltung sind Voraussetzungen für den zuverlässigen Betrieb einer Sortieranlage. Daher können zu Ausbildungszwecken auch Instandhaltungsarbeiten an der Sortieranlage durchgeführt werden. Wird die Anlage im Trainingsmodus betrieben, generiert die SPS eigenständig zeit- und sensorgesteuerte Meldungen für durchzuführende Wartungsarbeiten. Zur Visualisierung der Instandhaltungsarbeiten steht eine Augmented Reality Oberfläche für mobile Endgeräte zur Verfügung.

Lerninhalte

- Einfluss folgender Parameter auf den Trennprozess:
 - ▶ Geschwindigkeit des Förderbandes
 - ▶ Neigung und Drehzahl des Trommelsiebes
 - ▶ Drehzahl des Drehspeichertisches
 - ▶ Frequenz der Vibrationsrinnen
 - ▶ Farbdefinition für die Farbsortierung
- Instandhaltungsarbeiten an einer industriellen Anlage
 - ▶ zeitgesteuert
 - ▶ sensorgesteuert
 - ▶ unterstützt durch Augmented Reality

MT174 Sortieranlage – GUNT DigiSkills 3

Skill Level				
1	2	3	4	5

Die Digitalisierung der Arbeitswelt – neue Anforderungen an die Berufsbildung

Ausbildung in industriellen Metall- und Elektroberufen gestalten

Standard Berufsbildpositionen 1-4 am Beispiel von Industrie Mechaniker*in

- Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen oder mit Maschinen
- Herstellen von einfachen Baugruppen
- Herstellen, Inbetriebnehmen und Instandsetzen von technischen Systemen
- Warten technischer Systeme

Neue Berufsbildposition 5 Digitalisierung der Arbeit

- betriebsübliche Software nutzen, z. B. ERP, CAD, CAM
- Daten konvertieren
- digitale Techniken und Arbeitsmittel nutzen, z. B. LAN/WLAN, QR-Code, RFID, Bluetooth
- Computer Based Training (CBT) und Web Based Training (WBT)
- Umgang mit mobilen Endgeräten
- Augmented Reality
- Virtual Reality
- Condition Monitoring



Demontage des Getriebes



Ersatzteilerstellung: 3D-Druck oder CNC



Montage des Getriebes



Funktionsprüfung zur Qualitätssicherung



Ausbau des Getriebes



Instandhaltungsmeldung



Als Betriebsanlage dient die Sortieranlage MT174

So schaffen Sie den digitalen Wandel zu Industrie 4.0

**Didaktisches Konzept
GUNT-DigiSkills 3**

Planung von Ausbildungselementen und Unterrichtsverläufen für ein komplexes Lernprojekt



Besuchen Sie
GUNT-DigiSkills
auf www.gunt.de

Das GUNT-Gesamtprogramm – Systeme für die Technische Ausbildung



Technische Mechanik und Konstruktionslehre

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



Mechatronik

- Technisches Zeichnen
- Schnittmodelle
- Längenprüftechnik
- Maschinen- und Geräte-
technik
- Fertigungstechnik
- Montagetechnik
- Instandhaltung
- Maschinenzustands-
überwachung
- Automatisierung und
Regelungstechnik



Thermische Energietechnik

- Thermodynamische
Grundlagen
- Thermodynamische
Anwendungen in der
Versorgungstechnik
- Regenerative Energien
- Thermische Fluid-
energiemaschinen
- Kälte- und Klimatechnik



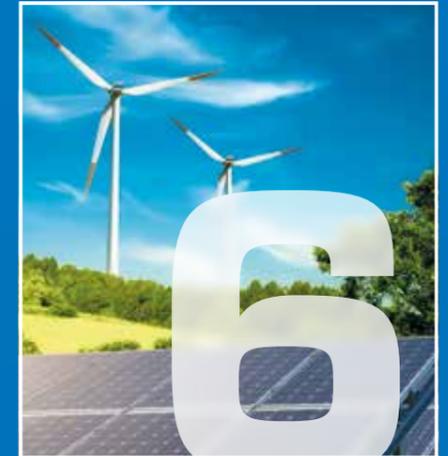
Technische Strömungsmechanik

- Stationäre Strömung
- Instationäre Strömung
- Umströmung von Körpern
- Fluidenergiemaschinen
- Elemente aus dem Rohr-
leitungs- und Anlagenbau
- Wasserbau



Prozesstechnik

- Mechanische
Verfahrenstechnik
- Thermische
Verfahrenstechnik
- Chemische
Verfahrenstechnik
- Biologische
Verfahrenstechnik
- Pilotanlagen



2E Energy & Environment

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

Planung und Beratung · Technischer Service
Inbetriebnahme und Schulung

Sachregister

Stichwort	Code (Seite)	
A		
Abflussganglinie	HM 141 (76)	
Absorption	CE 400 (64)	
Adsorption	CE 540 (66)	CE 581 (52)
	CE 583 (42)	
Airlift	CE 730 (34)	
Aktivkohle	CE 581 (52)	CE 583 (42)
Augmented Reality	MT 174 (102)	
B		
Belebtschlammverfahren	CE 704 (30)	CE 705 (26)
Biofilm	CE 701 (32)	
Biogas	CE 702 (36)	
Bodenbehandlung	CE 225 (86)	CE 630 (88)
Brunnen	HM 165 (74)	HM 167 (78)
C		
Carman-Kozeny	CE 117 (82)	
D		
Darcy	CE 117 (82)	CE 579 (22)
Denitrifikation	CE 701 (32)	CE 704 (30)
	CE 705 (26)	
Desorption	CE 400 (64)	
Differenzdruck	CE 117 (82)	CE 225 (86)
	CE 235 (62)	CE 275 (100)
	CE 579 (22)	CE 581 (52)
	CE 582 (54)	
Differenzdruckhöhe	CE 117 (82)	CE 579 (22)
Druckentspannungsflotation	CE 587 (18)	CE 588 (20)
Druckverlust	CE 117 (82)	CE 225 (86)
	CE 235 (62)	CE 275 (100)
	CE 579 (22)	CE 581 (52)
	CE 582 (54)	
Durchbruchskurve	CE 540 (66)	CE 582 (54)
	CE 583 (42)	
Durchlässigkeit	CE 117 (82)	
E		
Extraktion	CE 630 (88)	
F		
Fällung	CE 586 (46)	
Farbsortierung	MT 174 (102)	
Filtration	CE 117 (82)	CE 579 (22)
	CE 581 (52)	CE 582 (54)
Flockung	CE 586 (46)	CE 587 (18)
	CE 588 (20)	
Flotation	CE 587 (18)	CE 588 (20)
Förderband	MT 174 (102)	

Stichwort	Code (Seite)	
G		
Grundwasserströmung	CE 117 (82)	HM 165 (74)
	HM 167 (78)	HM 169 (80)
H		
Hydrogeologie	CE 117 (82)	HM 141 (76)
	HM 165 (74)	HM 167 (78)
	HM 169 (80)	
I		
Instandhaltung	MT 174 (102)	
Ionenaustausch	CE 300 (45)	CE 581 (52)
	CE 582 (54)	
K		
Kläranlage	CE 701 (32)	CE 702 (36)
	CE 704 (30)	CE 705 (26)
Klassierung	MT 174 (102)	
Konzentrationsprofil	CE 583 (42)	CE 701 (32)
Kugelmühle	CE 245 (96)	
L		
Lamellenklärer	CE 586 (46)	HM 142 (16)
Lockerungsgeschwindigkeit	CE 117 (82)	CE 579 (22)
Luftreinhaltung	CE 235 (62)	CE 400 (64)
	CE 540 (66)	
M		
Magnetscheidung	CE 280 (98)	
Massenübergangszone	CE 540 (66)	CE 583 (42)
Membrantrennverfahren	CE 530 (44)	
Methan	CE 702 (36)	
Micheau	CE 579 (22)	CE 582 (54)
N		
Nachklärung	CE 701 (32)	CE 702 (36)
	CE 705 (26)	
Nitrifikation	CE 701 (32)	CE 704 (30)
	CE 705 (26)	

Stichwort	Code (Seite)	
O		
Oxidation	CE 584 (48)	
P		
Partikelschicht	CE 117 (82)	
R		
Reaktionskinetik	CE 584 (48)	
Reaktor, Rühr-	CE 702 (36)	CE 704 (30)
Regen	HM 141 (76)	HM 165 (74)
Regenrückhaltebecken	HM 141 (76)	
Rückspülung	CE 579 (22)	CE 581 (52)
	CE 582 (54)	
S		
Sandfilter	CE 579 (22)	CE 581 (52)
	CE 582 (54)	
SBR	CE 704 (30)	
Schüttschicht	CE 117 (82)	
Sedimentation	HM 142 (16)	CE 586 (46)
	CE 704 (30)	CE 705 (26)
Sequencing Batch Reactor	CE 704 (30)	
Sickerströmung	CE 117 (82)	HM 165 (74)
	HM 167 (78)	HM 169 (80)
Sortieren	CE 280 (98)	MT 174 (102)
Speicherungsvermögen (von Boden)	HM 141 (76)	HM 165 (74)
Spiralwickelmodul	CE 530 (44)	
SPS	CE 530 (44)	CE 581 (52)
	CE 705 (26)	MT 174 (102)
Spundwand	HM 169 (80)	
Stromlinien	HM 169 (80)	
Stützwand	HM 169 (80)	
T		
Touchscreen	CE 530 (44)	CE 581 (52)
	CE 704 (30)	CE 705 (26)
	MT 174 (102)	
Trenngradkurve	CE 235 (62)	CE 275 (100)
Trennkorngröße	CE 235 (62)	CE 275 (100)
Trennverfahren	CE 280 (98)	MT 174 (102)
Trommelsieb	MT 174 (102)	
Tropfkörper	CE 701 (32)	
U		
UASB	CE 702 (36)	
Umkehrosiose	CE 530 (44)	
UV-Licht	CE 584 (48)	

Stichwort	Code (Seite)	
W		
Wasserbehandlung (aerob)	CE 701 (32)	CE 704 (30)
	CE 705 (26)	CE 730 (34)
Wasserbehandlung (anaerob)	CE 702 (36)	
Wasserbehandlung (biologisch)	CE 701 (32)	CE 702 (36)
	CE 704 (30)	CE 705 (26)
	CE 730 (34)	
Wasserbehandlung (mechanisch)	CE 579 (22)	CE 587 (18)
	CE 588 (20)	HM 142 (16)
Wasserbehandlung (mehrstufig)	CE 581 (52)	CE 582 (54)
Wasserbehandlung (physikalisch/chemisch)	CE 300 (45)	CE 530 (44)
	CE 583 (42)	CE 584 (48)
	CE 586 (46)	
Wasserstoffperoxid	CE 584 (48)	
Windsichtung	CE 275 (100)	
Wirbelschicht	CE 117 (82)	CE 579 (22)
Z		
Zerkleinerung	CE 245 (96)	
Zick-Zack-Sichter	CE 275 (100)	
Zyklon	CE 225 (86)	CE 235 (62)
	CE 275 (100)	

Produktübersicht

CE		
CE 117	Durchströmung von Partikelschichten	082
CE 225	Hydrozyklon	086
CE 235	Gaszyklon	062
CE 245	Kugelmühle	096
CE 275	Windsichtung	100
CE 280	Magnetscheidung	098
CE 300	Ionenaustausch	045
CE 400	Gasabsorption	064
CE 530	Umkehrosmose	044
CE 540	Adsorptive Lufttrocknung	066
CE 579	Tiefenfiltration	022
CE 581	Wasserbehandlung Anlage 1	052
CE 582	Wasserbehandlung Anlage 2	054
CE 583	Adsorption	042
CE 584	Erweiterte Oxidation	048
CE 586	Fällung und Flockung	046
CE 587	Druckentspannungsfotation	018
CE 588	Demonstration der Druckentspannungsfotation	020
CE 630	Fest-Flüssig-Extraktion	088
CE 701	Biofilmverfahren	032
CE 702	Anaerobe Wasserbehandlung	036
CE 704	SBR-Verfahren	030
CE 705	Belebtschlammverfahren	026
CE 730	Airlift-Reaktor	034

HM		
HM 141	Abflussganglinien nach Niederschlägen	076
HM 142	Sedimentation in Absetzbecken	016
HM 165	Hydrologische Untersuchungen	074
HM 167	Grundwasserströmungen	078
HM 169	Visualisierung von Sickerströmungen	080

MT		
MT 174	Sortieranlage	102



Kontakt

G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15 -17
22885 Barsbüttel
+49 40 67 08 54 -0
sales@gunt.de
www.gunt.de



Besuchen Sie uns
im Internet unter
www.gunt.de

