

31. Sprechertagung ÖWAV-Kläranlagen-Nachbarschaften und 21. Sprechertagung ÖWAV-Kanal-Nachbarschaften



Mobile Messgeräte - Handsonden Einsatzmöglichkeiten und Wartung

Thomas Baumgartner und Wilhelm Frey

Inhalt

- Laborausstattung ÖWAV Regelblatt 7
- Arten von mobilen Messgeräten auf Kläranlagen
 - pH – Wert
 - Leitfähigkeit
 - Sauerstoff
 - Druckmessung
- Funktionsprinzip und Aufbau
- Kalibrieren/Überprüfen, Wartung, Reinigung, Lagerung
- Anwendungsbeispiele für mobile Messgeräte

Vorgaben für die Mindestausstattung

- **ÖWAV-Regelblatt 7** (aktuell in Überarbeitung)
- Regelt die Mindestanforderungen für die Ausrüstung biologischer Abwasserreinigungsanlagen (> 50 EW) für die Eigenüberwachung.
- Notwendige chemische, biologische und physikalische Messungen erfordern entsprechende Ausrüstung für die Überwachung.
- Mit zunehmender Anzahl eingebauter Messtechnik ist eine schnelle und einfache Überprüfung mit mobilen Sonden wichtig.
- Durch den Einsatz von mobilen Sonden oder mobilen Messsystemen können zusätzliche, nützliche Informationen für den Betrieb der Anlage gewonnen werden.

Mindestausstattung nach ÖWAV RB 7 derzeit in Überarbeitung

Art der Messung	> 50 bis 500 EW	> 500 bis 5.000 EW	> 5.000 bis 50.000 EW	> 50.000 EW
Thermometer	x	x	x	x
Mobile O ₂ -Sonde	x	x	x	x
Mobile pH-Sonde	-	x	x	x
Mobile LF-Sonde	-	-	-	x
CO ₂ -Messung	-	-	x	x
Druckmessung	-	x (± 0,1 kPa)	x (± 0,1 kPa)	x (± 0,1 kPa)
Mobile Durchflussmessung	-	-	-	x

HINWEIS: Sauerstoff-, pH- und Leitfähigkeitssonden haben Temperaturfühler eingebaut, sind aber KEIN Ersatz für ein Thermometer!

Mobile Messgeräte - Handsonden

Mobile Messgeräte zur Messung physikalischer oder chemischer Parameter bestehen aus

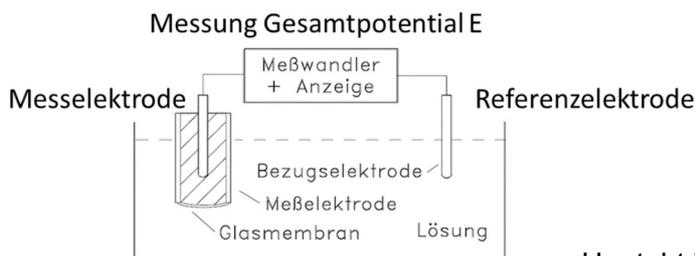
- Einem **Messwertaufnehmer** und einem **Messumformer**
- Der Messwertaufnehmer kann in den Messumformer **integriert** oder als **externe** Sonde (auch Sensor, Elektrode oder Fühler genannt; englisch „probe“) ausgeführt sein.
- Externe Sonden gibt es in (empfindlicher) **Laborausführung** oder **robuster** Ausführung für den Außeneinsatz.
- Es gibt Messumformer, an die **bis zu drei verschiedene** Messwertaufnehmer angeschlossen sein können.

Mobile Messgeräte - Handsonden



Mobile pH-Sonden

- **Funktionsprinzip** von pH-Sonden (Potentiometrische Methode)
 - Bei der potentiometrischen pH-Wert Messung wird eine **Spannung** (Potential) gemessen, die sich **zwischen 2 Elektroden** (Messelektrode und Referenzelektrode) bildet.
 - Das **Gesamtpotential E** errechnet sich über die Nernst-Gleichung und wird vom Spannungssignal in den pH-Wert umgerechnet (0 mV = pH 7).



Nernst-Gleichung:

$$E = E_0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{a(H^+)_{\text{außen}}}{a(H^+)_{\text{innen}}}$$

Vereinfacht dargestellt (T = 20 °C):

$$E [mV] = 58,2 \cdot (7 - pH_a)$$

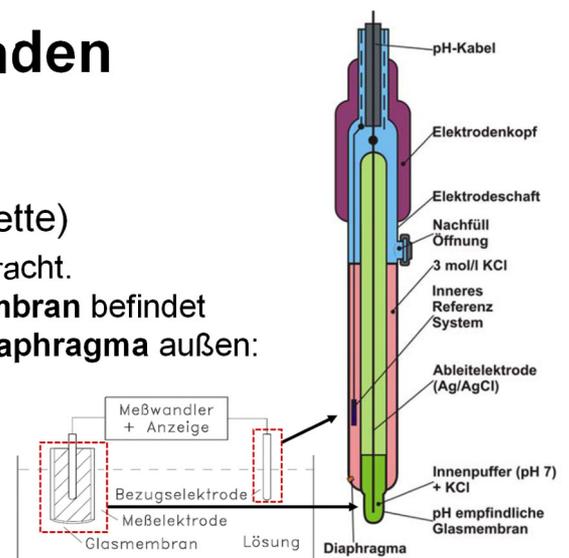
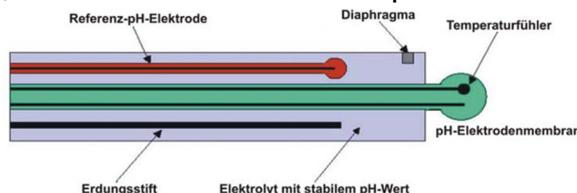
pH_a steht in der Gleichung für den pH-Wert in der Messlösung

Mobile pH-Sonden

- **Aufbau** von pH-Sonden
 - pH-Kombinationselektrode** (Einstabmesskette)
 - Beide Elektroden sind in einem Gehäuse untergebracht. Die Messelektrode mit der kugelförmigen **Glasmembran** befindet sich in der Mitte, die Referenzelektrode mit dem **Diaphragma** außen:

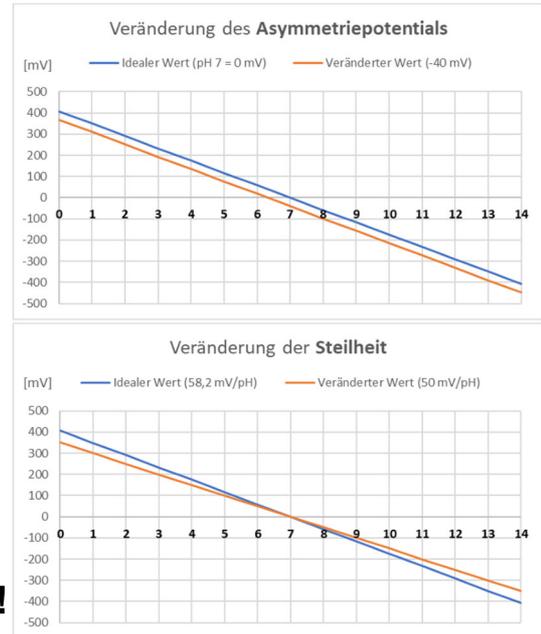
pH-Differenzialelektrode

- Die Differenzialelektrode hat keine herkömmliche Referenzelektrode sondern eine zweite Glaselektrode, die sich in einem stabilen pH-Puffer befindet:



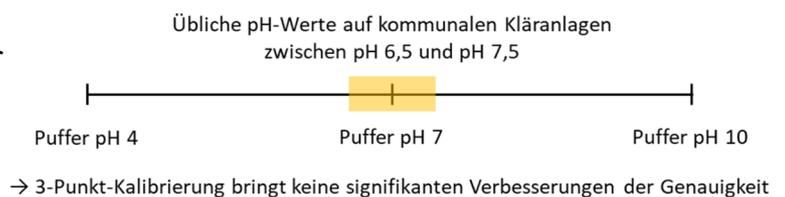
Mobile pH-Sonden

- **Veränderung von pH-Sonden mit der Zeit**
 - Durch die **Veränderung der Eigenschaften der Glaselektrode** kann sich das Asymmetriepotential verändern (Verschiebung Nullpunkt). Durch „**Alterung**“ der pH-Elektrode (Elektrolytverbrauch) nimmt die Steilheit im Laufe des Messbetriebs ab, die Elektrode wird weniger empfindlich.
 - Änderungen bei Glasmembran und/oder Diaphragma führen auch zu einer **Verlängerung der Ansprechzeit**.
 - **Daher regelmäßige Überprüfung der Sonde!**



Mobile pH-Sonden

- **Arbeitsschritte beim Kalibrieren von pH-Sonden**
 - Sondenkappe (gefüllt mit KCl-Lösung) entfernen.
 - Sonde mit klarem Wasser spülen und auf Beschädigungen überprüfen.
 - Sonde in einem geeigneten Behältnis mit Wasser eine Stunde konditionieren (stellt die Betriebsbereitschaft nach der Lagerung in KCl her).
 - Pufferlösungen (pH 4 und pH 7) für die Kalibrierung vorbereiten.
 - Kalibrierung nach **Angabe des Herstellers** durchführen.
 - Vor dem Eintauchen in den Puffer Sonde gut mit deionisiertem Wasser spülen und abtropfen lassen (nicht abstreifen oder Sonde stark schütteln).



Mobile pH-Sonden

- **Hinweise zur Reinigung** Glasmembran **UND** Diaphragma
 - Auf **Informationen des Herstellers** achten!
 - Lose Schmutzrückstände mit **klarem Wasser** abspülen. Zur Reinigung kann ein **feuchter Schwamm** verwendet werden.
 - Folgenden **Reinigungsmethoden** können abhängig von der Verschmutzung angewendet werden (Reinigungslösungen bei Hersteller bestellbar).
 - Kalkablagerungen durch Eintauchen in eine 0,1 mol/L starke Salzsäure entfernen.
 - Öl oder Fettrückstände mit einem alkoholgetränkten Wattebausch vorsichtig beseitigen.
 - Eiweiß und Proteinablagerungen durch längeres Einlegen der Sonde in einer Lösung von 0,4 % Ammoniaklösung und 5 g/L Pepsin entfernen. Hochresistente Verschmutzungen mit Wasserstoffperoxyd oder Chlornatron entfernen.
- Sensor spülen und **nach jeder Reinigung das Messsystem kalibrieren!**

Mobile pH-Sonden

- **Hinweise zur Reinigung** von pH-Sonden
 - Beim Abnehmen der Kappe **keinesfalls mit großer Kraft** an der Kappe und am Schaft **drehen**
 - **Auf keinen Fall** darf eine Elektrode **mechanisch** gereinigt werden.
 - **Reiben mit einem trockenen Tuch muss vermieden werden**, die Elektrode könnte sich statisch aufladen, was die Ansprechzeit extrem verlängert.
 - Nach der Reinigung und vor Kalibrierung **Sonde auf Schäden prüfen**:
 - Bruch der Glasmembran
 - Veränderung des Elektrolyts (Fehlermeldung beim Kalibrieren)
 - Beschädigungen am Kabel
 - Überprüfen des Temperatursensors mit einer Referenzmessung

Mobile pH-Sonden

- **Hinweise zur Lagerung** von pH-Sonden
 - Längere **Aufbewahrung in Wasser reduziert die Nutzungsdauer** der Elektrode! (Elektrolyt in der Referenzelektrode wird verdünnt und damit sinkt die Steilheit der Messkette, die Sonde wird unbrauchbar).
 - **Keinesfalls** die Sonde für längere Zeit **in deionisiertem Wasser** lagern.
 - Auch eine **Lagerung in Kläranlagenablauf** ist **nicht empfehlenswert**.
 - Vorübergehend kann die Sonde auch in Puffer pH 7 gelagert werden.
 - Bei längerer Lagerung der Sonden in KCl-Lösung ist eine Konditionierung in Wasser (mindestens 1 Stunde) vor einem Gebrauch erforderlich.
 - **Sonde nicht in Belebtschlamm lagern** (Vergiftung der Elektrode durch H_2S).

Mobile pH-Sonden

- **Anwendungsbeispiele** von mobilen pH-Sonden
 - **Überprüfung** von installierten **Betriebssonden**
 - Parallelmessung am Einbauort der Betriebssonde zur Plausibilitätsprüfung des Messwertes. Achtung bei Dämpfung/Glättung des Signals der Betriebssonde!
 - **Messung der Zu- und Ablaufproben** im Zuge der Eigenüberwachung
 - **Kontrolle von externem Abwasser** (z. B. Fäkalienübernahme)
 - **Ermittlung des Neutralisationsmittelbedarfs** bei Betriebsstörungen
 - **Ermittlung des pH-Wertes im Faulbehälter**
 - Messung des pH-Wertes im Faulschlamm sollte direkt nach der Entnahme aus dem Faulbehälter erfolgen!
 - Die Änderung des hydrostatischen Druckes und die außerhalb des Faulbehälters herrschende Atmosphäre bewirken eine spontane Entgasung im Faulschlamm. Damit verlassen Methan und Kohlendioxid den Faulschlamm → der pH-Wert steigt.

Mobile Leitfähigkeitssonden

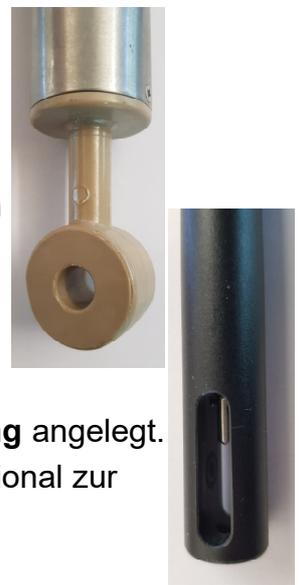
• Funktionsprinzip bzw. Grundlagen der LF-Messung

- Jeder Stoff, der bewegliche Ladungsträger aufweist, kann **elektrischen Strom** leiten. Ionen können sich im Wasser bewegen, durch diesen **Ladungstransport** kommt es zum **Stromfluss**.
- Die **Stromleitfähigkeit** wässriger Lösungen **hängt ab von**:
 - **Konzentration** der Wasserinhaltsstoffe (Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , ...)
 - **Dissoziationsgrad** (Ionisierungsgrad) und der **Wertigkeit** der Kationen (positiv geladene Teilchen) und Anionen (negativ geladene Teilchen)
 - Der **Beweglichkeit der Ionen** → von der **Temperatur** beeinflusst (sinkt die Temperatur, nimmt auch die Beweglichkeit der Ionen ab)
 - Im Abwasser gilt die Leitfähigkeit als ein Summenparameter für die Ionenkonzentration und damit für den **Salzgehalt** (bzw. „Verschmutzung“).
- Die **Einheit der Leitfähigkeit** ist **Siemens pro Meter (S/m)**

Mobile Leitfähigkeitssonden

• Aufbau von LF-Sonden

- Messprinzip **Induktiv**:
 - **Zwei Spulen** (Sendespule und Empfangsspule) werden vom Medium durchströmt.
 - In der Sendespule wird ein **magnetisches Wechselfeld** erzeugt, beim **Durchströmen** des Mediums wird **Wechselstrom** erzeugt.
 - Dadurch **wird in der Empfangsspule Strom induziert**. Je höher die Stromstärke, desto höher die Leitfähigkeit im Medium.
- Messprinzip **Konduktiv**:
 - An **zwei** gegenüberliegenden **Elektroden** wird eine **Wechselspannung** angelegt.
 - Dadurch wird **im zu messenden Medium Strom erzeugt**, der proportional zur Leitfähigkeit (Anzahl freier Anionen und Kationen) des Mediums ist.
 - Je mehr Strom fließt, desto höher ist die Leitfähigkeit.



Mobile Leitfähigkeitssonden

- **Arbeitsschritte beim Überprüfen** (Kalibrieren) von LF-Sonden
 - Leitfähigkeitssonden sind sehr robust und langzeitstabil. Trotzdem ist deren **Funktion** und die **Plausibilität** der Messwerte in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren. Auch **Temperaturmessung kontrollieren!**
 - Die **Überprüfung** (Kalibrierung) von Leitfähigkeitsmessgeräten wird in ionenfreiem Wasser (oder **an der Luft**) und einer **Kalibrierflüssigkeit mit definierter Leitfähigkeit** (beim Hersteller erhältlich) durchgeführt.
 - **An der Luft** oder im destillierten bzw. deionisierten Wasser wird der **Nullpunkt** kontrolliert.
 - Für die Überprüfung eines **zweiten Punktes Kalibrierlösung** verwenden.
 - Bei Bedarf können LF-Sonden auch kalibriert werden (Herstellerangabe beachten).

Mobile Leitfähigkeitssonden

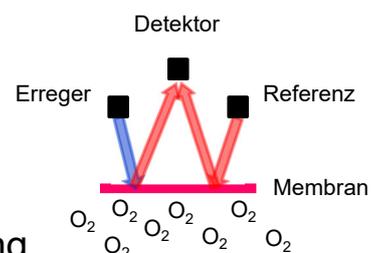
- **Hinweise zur Reinigung und Lagerung** von LF-Sonden
 - Der Sondenkopf ist **nach Gebrauch gut zu spülen**. Zusätzlich kann mit einem weichen Schwamm oder Tuch gereinigt werden.
 - Im Fall von **fetthaltigen Belägen** kann auch vorsichtig mit **Reinigungslösung und warmem Wasser** gereinigt werden.
 - Bei **mineralischen Ablagerungen** kann die Sonde kurz in **verdünnte Salzsäure** getaucht werden (Achtung auf Herstellerangaben!). Danach die Sonde gründlich (mit deionisiertem Wasser) spülen.
 - **Nach jeder Reinigung** ist die Sonde **gut mit Wasser zu spülen** und anschließend sanft mit einem sauberen Tuch trocken zu wischen.
 - Die **Aufbewahrung** sollte **trocken und geschützt** (Sondenkoffer oder Schutzkappe) erfolgen.

Mobile Leitfähigkeitssonden

- **Anwendungsbeispiele** von LF-Sonden
 - **Überprüfung** von installierten **Betriebssonden**
 - Parallelmessung am Einbauort der Betriebssonde zur Plausibilitätsprüfung des Messwertes.
 - **Suche nach Fremdwasser im Kanal**
 - Durch Messungen der LF in den verschiedenen Sammlern im Kanalnetz kann die Einleitung von Fremdwasser detektiert werden (Fremdwasser = z. B. Grundwasser oder Drainagewasser mit deutlich geringerer Leitfähigkeit im Vergleich zu Abwasser).
 - **Erkennen von Abwasser aus Gewerbe- und Industriebetrieben**
 - Industrie-/Gewerbeabwasser hat häufig deutlich höhere Leitfähigkeit.
 - **Einleitung von „Salzwasser“** (Schmelz- oder Schwimmbadwasser)
 - Führt oft zu Problemen in der biologischen Stufe und kann mit der LF-Messung frühzeitig erkannt werden → z. B. Umleitung in Pufferbecken

Mobile Sauerstoffsonden

- **Funktionsprinzip** und **Aufbau** von optischen O₂-Elektroden
 - **Optische O₂-Elektroden** bestehen häufig aus **zwei Lichtquellen** (z. B. eine blaue und eine rote Lichtquelle) **und einer Membran**, in die ein Farbstoff eingebettet ist.
 - Das blaue Licht trifft auf die Membran, rotes Licht wird zurückgestrahlt und von einem **Detektor** gemessen.
 - **Sauerstoffmoleküle** an der Außenseite der Membran **reduzieren die Intensität des rückgestrahlten Lichtes**, es kommt zur Abschwächung.
 - Je höher die O₂-Konzentration, desto schwächer das gemessene Signal.
 - Die rote Lichtquelle wird ohne Reduktion durch O₂ zurückgestrahlt und dient als **Referenz** (zeigt die **Veränderung des Materials**).



Mobile Sauerstoffsonden

- **Arbeitsschritte beim Kalibrieren/Überprüfen von O₂-Sonden**
 - Optische O₂-Elektroden sind üblicherweise ab Werk kalibriert. Es wird eine **regelmäßige Überprüfung** (wenn nötig Kalibrierung) **empfohlen**.
 - Dazu bietet sich eine **2-Punkt-Überprüfung/Kalibrierung** (sauerstoff-gesättigtes Wasser und Nulllösung = 0 mg/L O₂) an.
 - **Überprüfen des Nullpunktes**
 - Herstellen einer Nulllösung: Belebtschlamm aus Belebungsbecken entnehmen und für ca. eine Stunde stehen lassen.
 - Im denitrifizierenden Belebtschlamm ist die O₂-Konzentration 0 mg/L.
 - Sonde eintauchen, vorsichtig umrühren (Vermeidung von Luftblasen an der Membran) und warten bis das Signal stabil ist.
 - Der gemessene Wert sollte nahe Null sein.

Mobile Sauerstoffsonden

- **Arbeitsschritte beim Kalibrieren/Überprüfen von O₂-Sonden**
 - **Überprüfen der Sättigungskonzentration**
 - Herstellen einer Sättigungslösung (sauerstoffgesättigtes Wasser).
 - Behälter (ca. 1 L) zu einem Drittel mit Wasser füllen, verschließen und für ca. eine Minute kräftig schütteln. Sonde eintauchen und warten bis das Signal stabil ist.
 - Sättigungswert bei aktueller Wassertemperatur (t₁) unter Normalbedingungen (1.013 hPa) aus Tabelle ablesen und mit dem aktuell gemessenen Luftdruck (p₁) am jeweiligen Standort den tatsächlichen Sättigungswert (c_S) im Wasser anhand folgender Gleichung errechnen:

$$c_S \left[\frac{mg}{L} \right] = \left(\text{Sauerstoffkonzentration aus Tabelle bei 1.013 hPa und } t_1 \left[\frac{mg}{L} \right] \right) * \frac{p_1 [hPa]}{1.013 [hPa]}$$

Bsp.: aktueller Luftdruck p₁ = 900 hPa, T = 20 °C

Sättigungswert Tabelle (20 °C, 1.013 hPa): 9,09 mg/L

$$c_S = 9,09 \left[\frac{mg}{L} \right] * \frac{900 [hPa]}{1.013 [hPa]} = 8,08 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Mobile Sauerstoffsonden

- **Hinweise zur Reinigung und Lagerung** von O₂-Sonden
 - **Sensorkappe** nach der Messung **sanft mit Wasser** und einem weichen Tuch (bzw. mit einem Wattestäbchen) **reinigen**. Bei Bedarf Spülmittel verwenden (Sonde danach gut mit Wasser spülen).
 - Achtung: nicht die schwarze Beschichtung der Sensorkappe entfernen!
 - Die O₂-Sonde sollte **trocken und geschützt** (z. B. Sondenkoffer) gelagert werden.
 - **Sensorkappen haben eine begrenzte Lebensdauer** und müssen in regelmäßigen Abständen (Herstellerangabe beachten) ersetzt werden.
 - Sind Sensorkappen beschädigt oder stark verschmutzt, müssen sie vor Ablauf der Haltbarkeit lt. Hersteller für eine ordentliche Messung getauscht werden.

Mobile Sauerstoffsonden

- **Anwendungsbeispiele** von O₂-Sonden
 - **Überprüfung** von installierten **Betriebssonden**
 - Parallelmessung am Einbauort der Betriebssonde zur Plausibilitätsprüfung des Messwertes. Achtung bei Dämpfung/Glättung des Signals der Betriebssonde!
 - **Überprüfung** von Nitrifikations- und **Denitrifikationsbereichen**
 - Durch Messen mit der mobilen Sonde ist eine Überprüfung von O₂-Eintrag in der Denitrifikationszone durch z. B. Rückströmungen, Überfälle, ... leicht möglich.
 - **Überprüfung** der Funktion des **Anaerobbeckens** (vermehrte biologische P-Elimination bzw. Bio-P)
 - Grundprinzip für das Funktionieren von Bio-P ist eine entsprechend große anaerobe Zone. Kommt es zum Eintrag von O₂, ist die Funktion als Bio-P-Becken nicht gegeben. (Hinweis: auch der Eintrag von Nitrat über den Rücklaufschlamm verhindert anaerobe Zonen → Messung von NO₃-N im Bio-P-Becken)

Mobile Sauerstoffsonden

- **Anwendungsbeispiele** von O₂-Sonden
 - Überprüfung der Atmung von Mikroorganismen (**Atmungsmessung**)
 - Atmungsmessung = Messung des Sauerstoffverbrauches von Belebtschlamm
 - Bakterien reagieren empfindlich auf manche Hemmstoffe, die Aktivität der Bakterien verlangsamt sich oder kommt zum Erliegen.
 - Mit der Atmungsmessung kann man z. B. die Reaktion der Mikroorganismen auf bestimmte Substanzen schon vor der Einleitung in die biologische Stufe testen.
 - Es wird eine entsprechende Menge der zu untersuchenden Substanz dem Atmungsgefäß zugegeben und die Reaktion der Mikroorganismen über die Bestimmung der Atmung beobachtet. Der Vergleich der Atmungsaktivität ohne Zugabe der Substanz zeigt, ob eine Beeinflussung der Aktivität verursacht wird.



$$\text{Atmung} \left[\frac{mg \text{ O}_2}{(L * h)} \right] = \frac{\text{Konzentrationsdifferenz} \left[\frac{mg \text{ O}_2}{L} \right]}{\text{Zeitdifferenz} [min]} * 60 \left[\frac{min}{h} \right]$$

Mobile Druckmessung

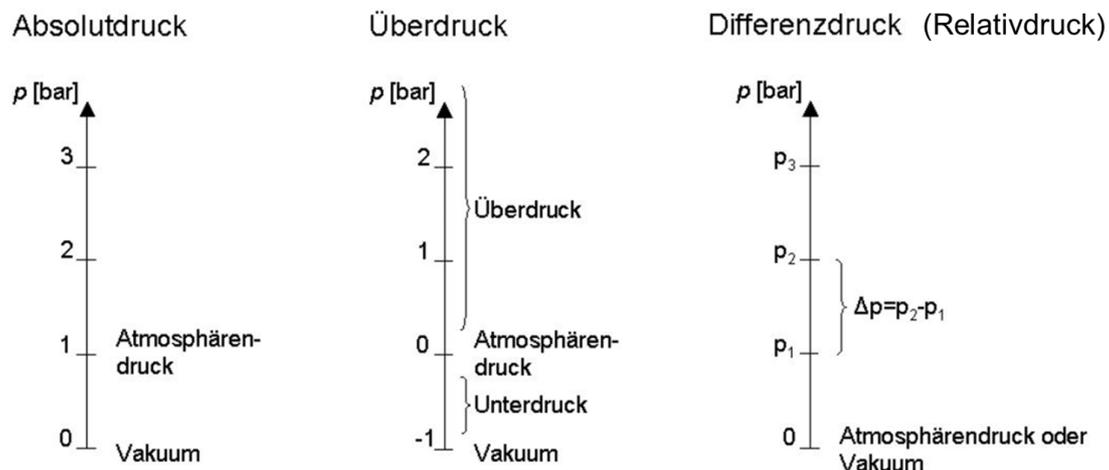
- **Definitionen – Allgemein**
 - Als **Kraft** [Newton = kg·m/s²] bezeichnet man das Produkt aus **Masse** [kg] mal **Beschleunigung** [m/s²].
 - Auf einen auf der Erdoberfläche ruhenden Körper wirkt die **Erdbeschleunigung** (9,81 m/s²).
 - **Druck** [kg/(m·s²)] ist die **Kraft** [kg·m/s²] pro **Fläche** [m²].
 - Ein Druck von 1 N/m² wird auch 1 **Pascal** genannt.
 - 1 bar = 100.000 Pa → es gilt daher: 1 mbar = 1 hPa
 - 1 mWS = 98,1 hPa = 98,1 mbar
 - 1 atm = 1.013 hPa
 - ACHTUNG: 10 hPa = 1 kPa (sollte nach Normvorgaben verwendet werden!)



<https://www.doldering.ch/wissen/Einheiten/Einheiten-index.htm>

Mobile Druckmessung

• Definitionen – Druckarten



Mobile Druckmessung

• Funktionsprinzip

– Durch das Einwirken einer Kraft wird eine **Membran verformt**. Diese Verformung wird mittels verschiedener Sensoren bestimmt. Typische Sensoren sind:

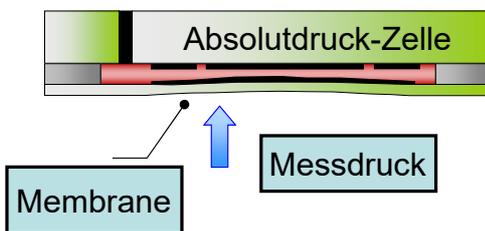
- **Piezoresistive Sensoren:** (Dehnmessstreifen; Wheatstonesche Brückenschaltung): Bei Einwirkung einer mechanischen Kraft auf einen elektrischen Leiter wird dessen elektrischer Widerstand einerseits durch Form- und Geometrieänderung (Länge und Querschnitt) als auch durch Änderung der Materialeigenschaften (spezifischer Widerstand) verändert.
- **Kapazitive Sensoren:** Durch den Druck wird der Elektrodenabstand verändert und dadurch die Kapazität eines Kondensators geändert.

Mobile Druckmessung

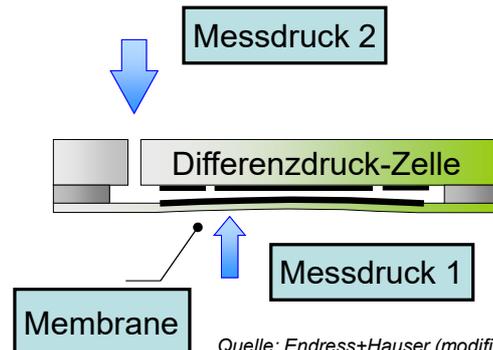
• Funktionsprinzip

- Bei einem Handdruckmessgerät ist der Drucksensor im Messumformer eingebaut. Man unterscheidet Messgeräte für verschiedene Druckarten:

Absolutdruck



Differenzdruck (Relativdruck)



<https://www.youtube.com/watch?v=RyGfOzWp-qHo>

Quelle: Endress+Hauser (modifiziert)

Mobile Druckmessung

• Auswahl

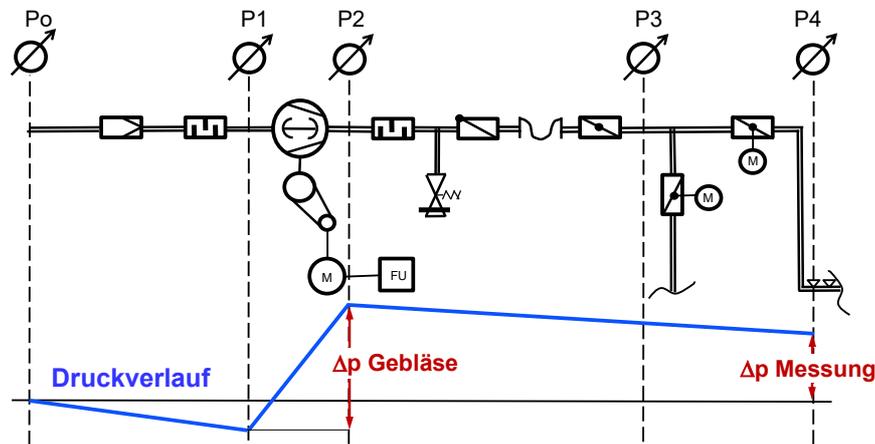
- Für den Einsatz auf einer Kläranlage eignen sich **Differenzdruckmessgeräte** besser als Absolutdruckmessgeräte.
 - Großer Vorteil ist der einfache Null-Abgleich.
- Bei der Anschaffung ist auf den **Messbereich** zu achten.
 - Typischer Messbereich bei Differenzdruckmessgeräten: 0 – 1000 hPa (0 – 100 kPa)
 - Typischer Messbereich bei Absolutdruckmessgeräten: 0 – 2000 hPa (0 – 200 kPa)
 - Wenig Auswahl, da die häufigen Anwendungen im Bereich Haustechnik kleinere Messbereiche haben.



Quelle: <https://www.greisinger.de>

Mobile Druckmessung

- **Anwendung - Beispiel**
 - Druckverlust in den Belüfterelementen



http://www.aabfrey.com/wp-content/uploads/2009/12/KAN_2005.pdf

In Zusammenarbeit von

Dipl.-Ing. Thomas Baumgartner

IBB Ingenieurbüro
Baumgartner

Staatlich geprüftes Ingenieurbüro für
Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

Tel.: +43 664 917 84 54

Mail: thomas-baumgartner@outlook.com

Univ. Lektor Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Frey

AAB Frey

Abwassertechnische
Ausbildung und Beratung

Tel.: +43 664 14 20 181

Mail: aab.frey@kabsi.at

