

Funktionsprinzipien und Grenzen der häufigst eingesetzten Sensoren

 W-18, 2013 / 2014 Martina Hofer Seite 1


Ablauf

Inhalt

Messverfahren	Sensoren	Zeit [min]
Ionen Selektiv	pH	40`
	NH ₄ , NO ₃ , K ⁺ , Cl ⁻	40`
Optisch	TS, Trübung	20`
Elektrochemisch und optisch	O ₂	20`

Jede Einheit beinhaltet:

- Theorie- Block mit Tipps aus der Praxis
- Übungen inkl. Besprechung

 W-18, 2013 / 2014 Martina Hofer Seite 2

Lernziele

Die Teilnehmer...

- kennen die Bedeutung der pH-Messung in der Abwasserreinigung
- wissen wie die pH-Messung funktioniert (Referenz- und Messelektrode)
- wissen wie eine pH-Sonde kalibriert wird
- können Störungen einer Online pH-Sonde erkennen
- kennen das Funktionsprinzip einer Ionen Selektiven Ammonium Sonde
- wissen wo Ionen Selektive Ammonium und Nitrat Sensoren eingesetzt werden
- kennen die Störeinflüsse für die Ammonium- und Nitrat- Messung
- wissen wie eine 2-Punkt Kalibration für eine Ammonium Sonde durchgeführt wird



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 3

Lernziele

Die Teilnehmer...

- wissen wo TS Sensoren zum Einsatz kommen
- kennen das Funktionsprinzip der TS Messung
- kennen Störeinflüsse der TS- Messung
- kennen die 2 Typen von Sauerstoff Sensoren
- kennen die 3 physikalischen Einflussparameter auf die Sauerstoffmessung
- wissen wie ein Sauerstoff Sensor eingebaut werden muss
- wissen wie ein Sauerstoff Sensor überprüft werden kann



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 4

pH- Sensoren



pH in der Abwasserreinigung

Für die Abwasserreinigung ist der Online gemessene pH- Wert in unterschiedlichen Prozessstufen eine wichtige Messgröße:

- Zulauf ARA:** Havariedetektion / Schutz der Anlage
- Biologie:** pH-Wert sollte im Bereich von 6.5 – 9 liegen
- Anammox:** Wichtige Prozessregelgröße bei der Schlammwasserbehandlung
- Faulung:** Qualitätsparameter Kontrolle Säurebildung!
- Kanalisation:** Überwachung Industrieeinleiter
- Diverse:** pH- Kontrolle mit Handmessgerät



pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

pH- Messung eine Übersicht

Einsatz pH- Messung
Bestimmung, wie sauer oder alkalisch (basisch) eine wässrige Lösung / das Abwasser ist.

z.B. Essigsäure neutral z.B. Ammoniak
 sauer alkalisch
 pH 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Abbildung: pH- Skala von pH- Wert 0 bis 14 (Quelle: PHscalenolang.svg)

Merke: der pH- Wert hat keine Einheit

W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 7

pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Definition von pH- Wert

Bei der pH- Messung wird im weitesten Sinne die Konzentration an Wasserstoffionen H^+ gemessen. Er entspricht dem negativen dekadischen (Zehner) Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität.

In Formeln geschreiben: $pH = -\log c(H^+)$

Reines Wasser hat einen pH- Wert von 7 (pH neutral):

$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$

Wobei $c(H_3O^+) = c(OH^-) = 10^{-7} \text{ mol/l}$ ($-\log 10 = 7$)

Eine Säure mit pH 0 hat eine H^+ -Konzentration von 1 mol/l (0)
 Eine Base mit pH 14 hat eine H^+ -Konzentration von 10^{-14} mol/l (0.00000000000001)

W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 8

pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Funktionsprinzip der pH- Messung

Abbildung: Aufbau Ionen- Selektives Messsystem.
Bildquelle: <http://www.bingo-ev.de/~kh3515/phmess.html>

Potentiometrische Messung (I)

- Referenzelektrode mit Diaphragma und konstantem elektrischen Potential
- Messelektrode mit Elektrolytlösung (KCl) und (meist) dünne Glasmembran an der sich die H⁺- Ionen von Aussen an die Elektrode anlagern. Die Änderung des Potentials an der Messelektrode führt zu einer Messwert-änderung (mV Anzeige)
- Die pH- Messung ist **temperaturabhängig!** Daher muss beim Einsatz in der Praxis die Temperatur auch gemessen und überprüft werden!

W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 9

pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Funktionsprinzip der pH- Messung

Abbildung: Einstabmesskette (Bildquelle: <http://www.bingo-ev.de/~kh3515/phmess.html>)

Potentiometrische Messung (II)

In der Praxis werden in der Regel sogenannte **Einstabmessketten** eingesetzt. Hierbei sind die Referenz- und Messelektrode in einer Elektrode zusammen gebaut. An der Funktionsweise der Messung ändert sich jedoch nichts.

Wichtig: Der pH- Sensor muss angeströmt werden. Falls notwendig den Sensor im Messmedium von Hand bewegen (bei Kalibrationen!)

W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 10

pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration von pH- Elektroden

Wie funktioniert die Kalibration?

1. Im Puffer pH 7 den 0- Punkt bestimmen
2. Mit Puffer pH 4 oder 10 wird die Steilheit / Steigung bestimmt
3. Die Steilheit beträgt im Idealfall ca. 59 mV pro pH Einheit und ist stark temperaturabhängig

Nullpunkteinstellung

Steigungseinstellung

Abbildung: Auswirkung einer 2- Punktkalibration auf die Kalibrationsfunktion (Bildquelle: <http://www.water-monitoring.com>)

W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 11

pH- Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration von pH- Elektroden

Vorgehen

- Sonde aus Messstelle ausbauen und reinigen
- Bestimmen 0 – Punkt in Pufferlösung pH 7
- Sonde aus Puffer entnehmen und reinigen
- Bestimmen der Steigung / Steilheit in Puffer pH 4 (oder pH 10)
- Berechnung der Elektrodengüte (Steilheit) am Messumformer abwarten, wenn ok, Sonde wieder einbauen; ansonsten Sonde austauschen
- Nicht vergessen: Überprüfen der angezeigten Temperatur der Sonde!

W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 12

Wartung und Unterhalt der pH- Messung

Online pH Sensoren

- Reinigungsintervalle einhalten (Häufigkeit abhängig von Messstelle)
- Reinigung mit nassem Schwamm oder Tuch; keine abrasiven Materialien verwenden
- Messwertkontrolle periodisch durchführen
 - Nach Vorgaben QS ARA
 - Richtwert ca. 1x pro Monat
 - Bei Prozesssteuerung ca. 2x pro Monat
- Messwertkontrolle mit Handmessgerät (Vorsicht: vorher überprüfen ggf. neu kalibrieren) oder mit Pufferlösungen
- Bei Abweichungen Sensoren mit Pufferlösungen kalibrieren



Beurteilung der pH- Messung

Mögliche Probleme beim Einsatz von Online pH- Sensoren

- Verschmutzung der Elektrode führt zu falschen Messresultaten
- Vorsicht beim Einsatz in Messstellen nach Fällmitteldosierung; Ablagerungen können zu Verunreinigung / Verkleben des Diaphragmas führen
- Erkennen von Problemen durch:
 - a. Regelmässige Beurteilung der Ganglinien am PLS und Überprüfen Driftverhalten, Sprünge in Messwerten, etc.
 - b. Kontrolle der Messwerte mit Handmessgerät oder mit Pufferlösungen



Übungen – Repetitionsfragen

pH- Messung

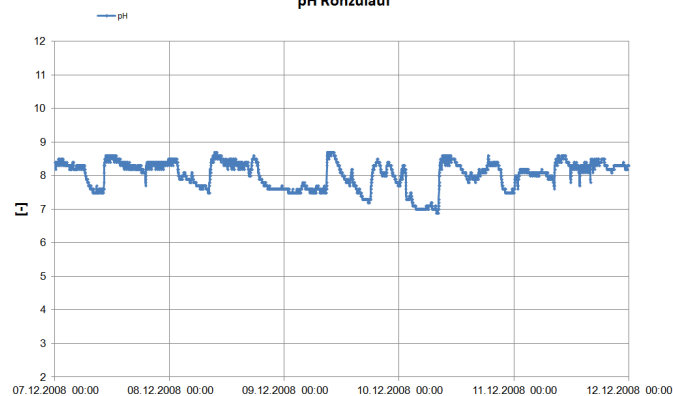
Lösen Sie nachfolgende Aufgaben in 2-er Gruppen:

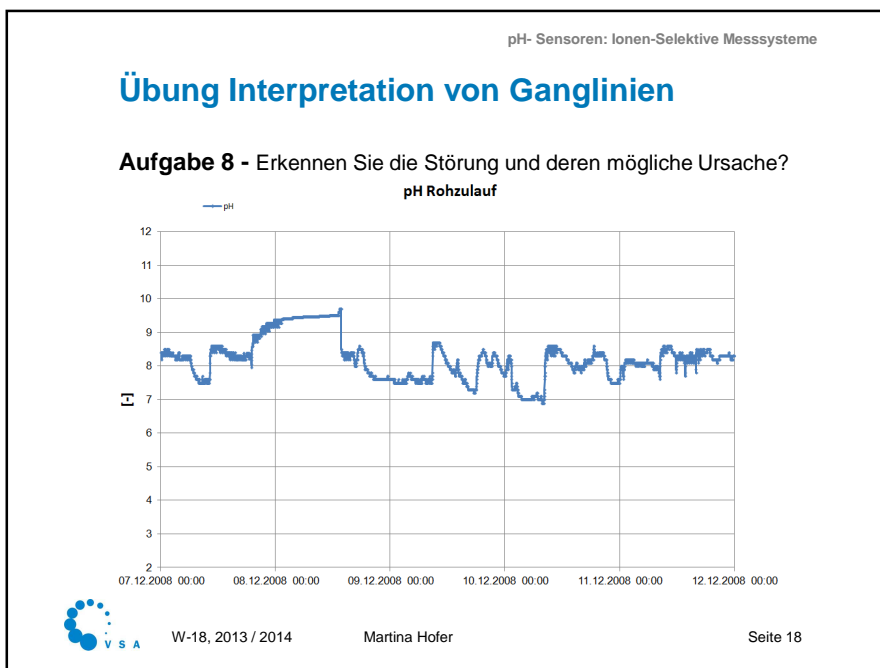
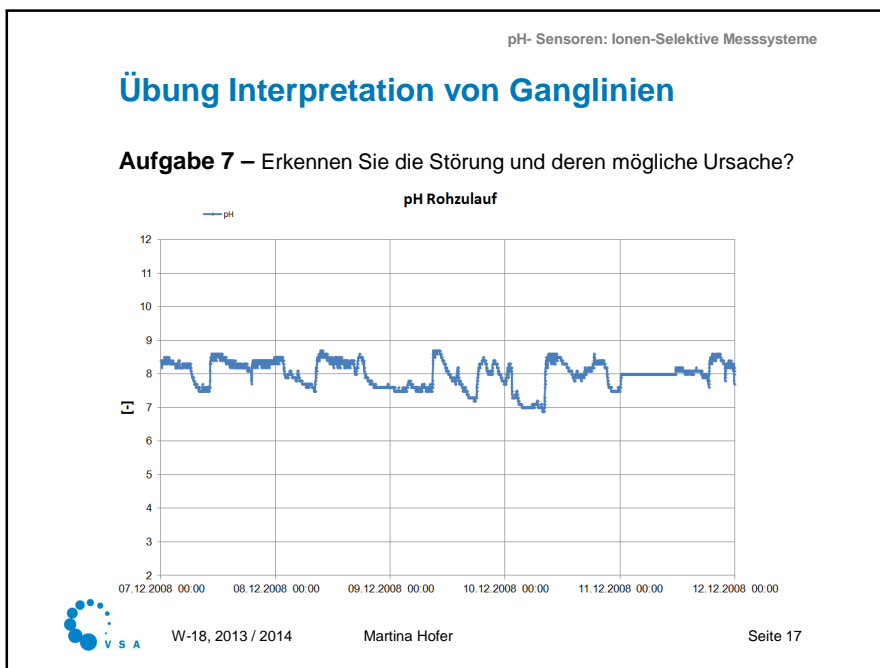
1. Was sagt der pH- Wert aus?
2. Wo auf der Anlage wird der pH- Wert und wozu gemessen?
3. Wie häufig kontrollieren Sie eine Online pH- Sonde?
4. Wie kontrollieren Sie die Online pH- Sonde?
5. Von welchem Parameter ist der pH- Wert stark abhängig?



Übung Interpretation von Ganglinien

Aufgabe 6 – Interpretieren Sie den Verlauf der Ganglinie pH Rohzulauf





Lösungen – Repetitionsfragen

pH- Messung

1. Wie sauer oder basisch das Abwasser ist. Der pH- Wert sollte im Bereich zwischen 6.5 und 9 liegen.
2. Vgl. Folie 6
3. Je nach QS ARA; mindestens 1x pro Monat
4. Mit kalibriertem Handmessgerät, oder mit Pufferlösungen
5. Von der Temperatur. Daher bei der Kalibration die Temperatur überprüfen und ggf. neu kalibrieren



Lösungen – Repetitionsfragen

pH- Messung – Interpretation von Ganglinien

6. Schwankungen in dem Verlauf der Ganglinie liegen im Bereich zwischen pH 7 und rund 8.5. Dieser Messewertbereich ist für den Betrieb der ARA unbedenklich. Die pH Werte < 8 deuten auf die Einleitung von Abwasser aus Industrie, oder Faulwasser hin
7. Ab dem 11.12.2008 ist der Messwert über mehrere Stunden konstant. Ursachen hierfür sind ein Defekt des Sensors, oder ein Fehler bei der Übertragung des 4-20 mA / BUS Signals
8. Zwischen dem 7. und 8.12.2008 steigt der Messwert auf über 9 an und fällt innert kurzer Zeit wieder auf einen Wert von ca. 8. Ursachen hierfür könnten eine Verunreinigung der Membrane sein. Nach der Reinigung fällt der Messwert wieder ab



Ionen-Selektive NH₄-N / NO₃-N Sensoren



Einsatzgebiete in der Abwasserreinigung

Ionen Selektive Ammonium und Nitrat Sensoren werden in unterschiedlichen Teilstufen von Abwasserreinigungsanlagen eingesetzt. Am Beispiel von Ammonium:

- Zulauf ARA:** Havariedetektion / Teilersatz 24 h Sammelprobe
- Zulauf Biologie:** Teilersatz 24 h Sammelprobe / Bilanzierung
- Biologie:** Steuerung / Regelung
- Ablauf Biologie:** Steuerung / Regelung
- Ablauf ARA:** Qualitätsüberwachung / Teilersatz 24 h Sammelprobe
- Anammox:** Ammonium ist eine wichtige Prozessregelgröße bei der Faulwasserbehandlung

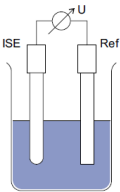


NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Funktionsprinzip NH₄-N / NO₃-N Messung

Potentiometrische Messung


Der Aufbau für die Messung von Ammonium oder Nitrat mit Ionen Selektiven Sonden, entspricht demjenigen des pH- Sensors (vgl. Folie 9). Der Unterschied liegt darin, dass die Messelektrode nicht auf H⁺, sondern selektiv auf NH₄⁺, NO₃⁻ etc. reagiert.



Wichtig:
 NH₄-N ist pH abhängig (vgl. Folie 25)
 NH₄-N ist Querempfindlich zu K⁺
 NO₃-N ist Querempfindlich zu Cl⁻

Alle ISE - Messungen sind temperaturabhängig!
 Sensoren müssen angestört werden (wie pH!)

Abbildung: Aufbau ISE – Sensore (Bildquelle: Fibel zur ionenselektiven Messung WTW)



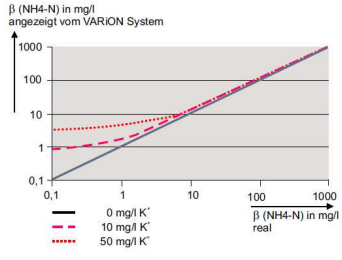
W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 23

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Funktionsprinzip NH₄-N / NO₃-N Messung

Querempfindlichkeiten am Beispiel von Kalium


Ionen-Selektiven Sensoren weisen Querempfindlichkeiten auf. Daher müssen (je nach Messbereich) die Konzentrationen der Störionen auch gemessen werden.



Für einen Messbereich von NH₄-N < 5 mg/l muss Kalium online gemessen und kompensiert werden! Die Kaliumkonzentration variiert zwischen 10-30 mg/l. Dabei entsprechen 20 mg/l K⁺ ca. 1 mg/l NH₄⁺.

Bei höheren Konzentrationen spielt der Einfluss von Kalium eine untergeordnete Rolle.

Bild 5 Einfluss von Kalium auf den Ammoniumwert
 Bildquelle: Fibel zur Ionen- Selektiven Messung WTW



W-18, 2013 / 2014
Martina Hofer
Seite 24

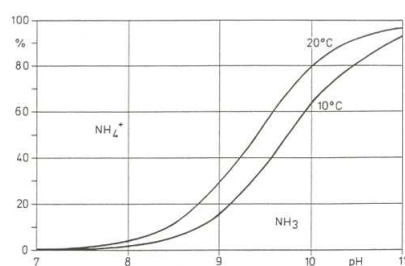
NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Funktionsprinzip NH₄-N / NO₃-N Messung

Ammonium- / Ammoniak- Gleichgewicht

Ammonium (NH₄⁺) ist eine ungiftige, schwache Säure, führt jedoch zu Eutrophierung der Gewässer → daher Umwandlung in ARA!

Ammoniak (NH₃) ist eine starke Base und sehr giftig



Das Gleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak ist stark pH- und auch temperaturabhängig.

Merke: Beim Einsatz von Ionen-Selektiven Sensoren zur online Messung von Ammonium, sollte bei pH- Werten > 7.5 eine pH Kompensation eingebaut werden!



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 25

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Aufbau einer NH₄-N / NO₃-N Messung

Bestückung eines Sensors

Kombination Ammonium- und Nitrat- Messung:

- pH – Sensor bei pH-Werten > 7.5
- Referenzelektrode (teilweise dient die pH- Elektrode als Referenz)
- NH₄⁺ - Elektrode
- K⁺- Elektrode für Messbereiche < 5 mg/l NH₄-N
- NO₃⁻ - Elektrode
- Cl⁻ - Elektrode (immer empfehlenswert bei Nitratmessung)



Abbildung: Bsp. Endress+Hauser

W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 26

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration der NH₄-N / NO₃-N Sensoren

Einleitung

Die Art der Kalibration hängt vom Einsatzgebiet ab. In der Regel können die Sensoren mittels einer 1-Punkt Kalibration kalibriert werden.

Achtung: Bei Ammonium – Konzentrationen < 5 mg/l immer eine 2-Punkt Kalibration machen!

Folgende Reihenfolge MUSS bei der Kalibration der Sensoren eingehalten werden:

1. Temperatursensor
2. pH- Sensor
3. Kalium – Wert bei NH₄-N / Chlorid – Wert bei NO₃-N
4. Ammonium – Wert / Nitrat – Wert



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

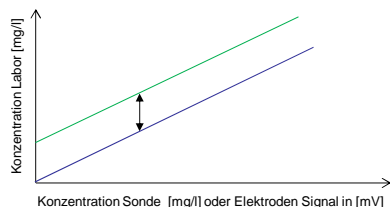
Seite 27

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration der NH₄-N / NO₃-N Sensoren

Praktisches Vorgehen 1. Punkt Kalibration

1. Entnahme einer Stichprobe und notieren / registrieren des Momentanwerts (Konzentration oder mV- Wert der Sonde)
2. Analyse der Parameter im Labor (je nach Bestückung Sonde)
3. Warten auf stabiles mV – Signal und Eingabe des Messwertes
4. Auswirkung: Parallelverschiebung / Offset - Kalibration



Kalibrationsfunktion

Steigung (a) und y- Achsenabschnitt (b)

$$\text{Funktion: } y = a \cdot x + b$$

y = Konzentration Labor

x = Signal / Konzentration Sensor

Eine **1. Punkt Kalibration** bewirkt eine Parallelverschiebung der Kalibrationsfunktion, d. h. der **y- Achsenabschnitt** wird verändert, die Steigung bleibt gleich.



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 28

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration der NH₄-N / NO₃-N Sensoren

Praktisches Vorgehen 2. Punkt Kalibration Ammonium

1. Entnahme von rund 2 L Wasser aus der Messstelle
2. Bestimmen der Konzentration von Ammonium und Kalium (Ausgangslösung)
3. In 1 L Wasser eine Konzentration von ca. 3 mg/l herstellen (Aufstocklösung) -> genaue Konzentration messen!
4. Sonde in genügend Menge Ausgangslösung mit tiefer Ammoniumkonzentration stellen
5. Warten auf stabiles mV Signal bei Kalium und Eingabe des Labormesswertes (z.B. 20 mg/l)
6. Warten auf stabiles mV Signal bei Ammonium und Eingabe des Labormesswertes (z.B. 0.3 mg/l)
7. Sonde in genügend Menge Aufstocklösung stellen



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

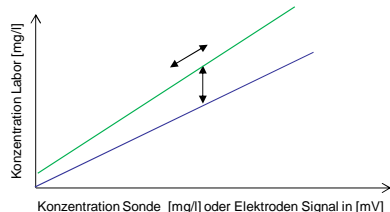
Seite 29

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration der NH₄-N / NO₃-N Sensoren

Praktisches Vorgehen 2. Punkt Kalibration Ammonium

8. Warten auf stabiles mV Signal bei Ammonium und Eingabe des Labormesswertes (z.B. 3.5 mg/l)
9. Wenn Steilheit (Steigung) ok ist, wird die neue Kalibrationsfunktion von der Software übernommen



Kalibrationsfunktion

Steigung (a) und y- Achsenabschnitt (b)

Funktion: $y = a \cdot x + b$

y = Konzentration Labor

x = Signal / Konzentration Sensor

Eine **2. Punkt Kalibration** bewirkt eine Veränderung der **Steigung** und des **y – Achsenabschnitts** der Kalibrationsfunktion



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 30

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Kalibration der NH₄-N / NO₃-N Sensoren

Kontroll- und Kalibrationsintervall

Reinigung und Kontrolle Messgenauigkeit 1x pro Woche (gutes QS!)

Kontrollmöglichkeiten:

- a.) Über Vergleich Messwert Sonde mit Laborwert einer Stichprobe: Vorsicht bei dynamischen Prozessen!
Ansprechzeit Elektroden > 2 – 3 Minuten!
- b.) Über Vergleich 24 h Mittelwert Sonde mit Laborwert der 24 h Sammelprobe



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 31

NH₄-N / NO₃-N - Sensoren: Ionen-Selektive Messsysteme

Praktische Hinweise

Erfahrungswerte (unabhängig vom Hersteller)

- Die Lebensdauer der Elektroden hängt vom Messmedium ab
- Hohe Konzentrationen von Tensiden können die Membranen beschädigen (Vorsicht bei Messung im Rohzulauf)
- Nach Starkregen können die Messwerte falsch sein, da Elektrolytlösung in Elektroden verdünnt → Kalibrationen erst nach 1-2 Tagen Trockenwetter durchführen!
- Kalibrationsintervall hängt von Einbauort und von Qualität der Membranen ab → daher regelmässige Kontrolle wichtig!



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 32

Übungen – Repetitionsfragen

NH₄-N / NO₃-N – Messung

Lösen Sie selbständig nachfolgende Aufgaben:

1. Sie haben auf Ihrer Kläranlage eine Ionen-Selektive Ammoniumsonde im Ablauf der Kläranlage installiert. Um deren Messgenauigkeit zu überprüfen sollen Sie eine Standardlösung (Aufstocklösung) aus NH₄NO₃ Salz (Pulver) mit einer definierten Konzentration von 1 g/l NH₄-N herstellen.

Das Molgewicht von NH₄NO₃ beträgt 80.04 g/Mol

Wie viel NH₄NO₃ Salz müssen Sie einwiegen, damit Sie eine Endkonzentration von 1 g/l NH₄-N erhalten?



Übungen – Repetitionsfragen

NH₄-N / NO₃-N - Messung

2. Sie haben eine Ammoniumsonde im Auslauf ARA installiert und bei der Routineüberprüfung festgestellt, dass der Messwert nicht mehr stimmt. Nun haben Sie die Aufgabe die Parameter K⁺ und NH₄-N zu kalibrieren.

- Welchen Parameter kalibrieren Sie zuerst?
- Beschreiben Sie, wie Sie die Kalibrationen durchführen würden (1- Punkt; 2-Punkt; praktische Durchführung)



Lösungen –Repetitionsfragen

NH₄-N / NO₃-N - Messung

1. Molgewicht: 80.04 g/Mol

→ wenn Sie 80.04 g Salz auf einen Liter dest. Wasser auflösen, hätten Sie eine Lösung von 18 g NH₄ / l (22 % Molgewicht stammt vom NH₄), dies entspricht 13.98 mg NH₄-N / l.

→ für eine Lösung mit 1 g NH₄-N / l brauchen Sie also 13.98 x weniger als 80.04 g d.h. nur 5.73 g NH₄NO₃ Salz

→ **Hinweis:** Für die Herstellung einer Lösung mit 3 mg/l werden 3 ml Aufstocklösung in 1 Liter Wasser pipettiert



Lösungen –Repetitionsfragen

NH₄-N / NO₃-N - Messung

2. Welchen Parameter kalibrieren Sie zuerst?

Zuerst Kalium, da dieser Parameter den Ammoniumwert beeinflusst

Danach Ammonium

Beschreiben Sie, wie Sie die Kalibrationen durchführen würden (1- Punkt; 2-Punkt; praktische Durchführung).

Kalium:

1-Punkt Kalibration direkt im Prozess kalibrieren

Ammonium:

2-Punkt Kalibration mit 2 Proben unterschiedlicher Konzentration (tiefe Konzentration und aufgestockte Lösung)



Feststoff (TS) - Sonden



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 37

Einsatz TS Messung in ARA

TS Sensoren werden in folgenden Prozessstufen eingesetzt:

- Primärschlamm:** Bilanzierung
- Belebtschlamm:** Steuerung / Regelung
- Faulschlamm:** Bilanzierung
- Rücklaufschlamm:** Steuerung / Regelung / Bilanzierung
- Ablauf ARA:** Qualitätskontrolle / Teilersatz 24 h
Sammelprobe



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 38

TS Messung

Einführung

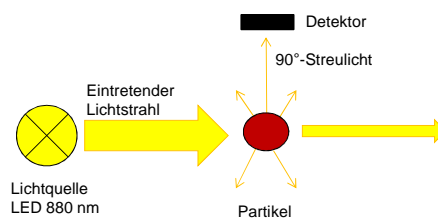
- Für die TS Messung werden die gleichen Sensoren eingesetzt, wie für Trübungs- oder GUS- Messungen.
- Es sind optische Messsysteme, welche in der Regel nach dem Streulicht Messverfahren funktionieren.
- Für eine optimale Funktion der Systeme sind der Einbau, die Kalibration, sowie die Reinigung entscheidend.



Messprinzip TS Messung

TS – Messung → Trübungsmessung

Messprinzip: 90°- Streulichtmessung nach EN ISO 7027
 Detektion der Lichtenergie, welche durch die Partikel in der Probe im 90° Winkel reflektiert werden



Kalibrierung TS Messung

Vorgehen

Die TS- Sonden sind durch den Lieferanten auf Trübungswerte (FNU; TEF) mit dem Standard Formazin Werkskalibriert.

Für die TS – Messung (g/l) muss eine Kalibration vor Ort durchgeführt werden. Dies kann abhängig von der Matrix des Mediums eine 1- Punkt, oder eine Mehrpunktkalibration sein.

→ Bei Mehrpunktkalibrationen berücksichtigen, dass Werte über den gesamten Messbereich entnommen werden

Vorsicht: Repräsentative Probenahme! Messfehler Labor!



Kalibrierung TS Messung

Kalibrationsfunktion Mehrpunktkalibration

Kalibration Messbereich 0 – 3.0 g/l mit 3 Datenpunkten

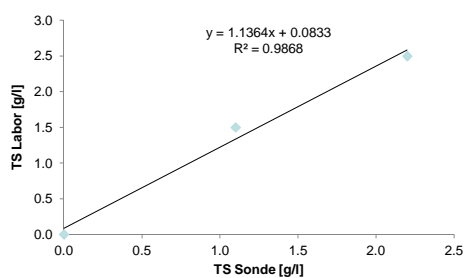


Abbildung: Beispiel einer Kalibrationsfunktion mit 3 Datenpunkten



Einbau / Unterhalt TS Messung

Praktische Hinweise

Beim Einbau der Sonde sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

- Distanz zum Beckenrand / Boden → Reflexion von Oberflächen
- Einbau abgewinkelt (wenn Sonde keine Abschrägung hat), da Luftblasen das Messsignal beeinflussen
- Automatische Reinigungsvorrichtung notwendig für störungsfreie Messung in stark trübem Medium
- Manuelle Reinigung in periodischen Abständen notwendig
- Periodische Kontrolle des Messwertes durch Laborvergleich



Störeinflüsse TS Messung

Praktische Hinweise

Die TS Messung kann negativ beeinflusst werden durch:

- a. Absetzen / Anheften von Luftblasen auf dem Messfenster
- b. Matrixeinfluss wie unterschiedliche Flockengrösse, Farbe des Schlamms

Lösungsansätze

- a. Einbau nach Angaben / Vorgaben Hersteller
- b. Mehrpunktkalibration bei Matrixschwankungen

Häufigere Messwertüberprüfung / Kalibration bei Matrixschwankungen



Übungen – Repetitionsfragen

TS – Messung

Diskutieren Sie die folgenden Fragestellungen in einer 2-er Gruppe:

1. Wo sind mögliche Messstellen für Online TS-Sensoren / Systeme?
2. Welchen Nutzen bringen die Messresultate je Messstelle?
3. Wie würden Sie für die Erstellung einer 1-Punkt Kalibration für eine TS Sonde in der Belebung vorgehen?
4. Welche Problemstellungen kennen Sie von Ihrem ARA – Alltag?



Lösungen – Repetitionsfragen

TS – Messung

1. Primärschlamm, Belebtschlamm, ausgefallter Schlamm, Rücklaufschlamm, Ablauf (als Trübungs- oder GUS-Messung)
2. Primärschlamm: Bilanzierung
 Belebtschlamm: Steuerung / Regelung
 Ausgefallter Schlamm: Bilanzierung
 Rücklaufschlamm: Steuerung / Regelung / Bilanzierung
 Ablauf: Qualitätskontrolle



Lösungen – Repetitionsfragen

TS – Messung

3. Entnahme einer Schlammprobe direkt aus dem Belebungsbecken möglichst auf Eintauchhöhe der TS-Sonde

Analyse der Probe im Labor

Eingabe des Labormesswertes im Messumformer der Sonde gemäss Angaben und Anleitung des Herstellers

4. Individuelle Punkte / Problemstellungen



Sauerstoff (O₂) - Sonden



Einsatz O₂ Messung in ARA

Sauerstoff Sensoren werden in folgenden Prozessstufen eingesetzt:

- Biologie:** Steuerung / Regelung
- Anammox:** Steuerung / Regelung
- Diverse:** Handmessungen z.B. Auslauf ARA



Funktionsweise von Sauerstoffsonden

A. Elektrochemische Sauerstoff - Sensoren

1. Sauerstoff diffundiert durch die Membrane des Sensors
2. Der Sauerstoff wird unter Verbrauch des Elektroylten in einer chemischen Reaktion umgesetzt
3. Dabei wird Strom verbraucht → direkt proportional zur O₂ Konzentration



Funktionsweise von Sauerstoffsonden

B. Optische Sauerstoff - Sensoren

1. Fluoreszenzfarbstoff in der Membrankappe wird durch kurzwelliges Licht angeregt
2. In Abwesenheit von Sauerstoff wird Licht mit höherer Wellenlänge abgestrahlt, welches als Signal erfasst wird
3. Bei der Diffusion von Sauerstoff in die Membrankappe kommt dieser mit dem Farbstoff in Kontakt
4. Durch den Kontakt mit Sauerstoff verkürzt sich die Dauer der Rückstrahlung des Lichtes in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt der Probe
5. Bei der Messung der Fluoreszenzsignale handelt es sich um eine hoch präzise Zeitmessung



Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration

Einflussparameter

Luftdruck, Ortshöhe und Temperatur

Die theoretische Gelöstsauerstoffkonzentration (C) im Wasser kann berechnet werden durch:

$$C = S \cdot H \cdot L$$

S = Sättigungskonstante in Abhängigkeit der Temperatur

H = Ortshöhenfaktor

L = Aktueller Luftdruck

°C	S [mg/l]
10	11.25
14	10.28
18	9.45
20	9.08
24	8.41
28	7.82
30	7.55



O₂- Sensoren: Elektrochemische und optische Messsysteme

Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration

Einflussparameter

Der wichtigste Einflussfaktor ist die Temperatur. Die Löslichkeit eines Gases in Wasser nimmt mit steigender Temperatur ab!

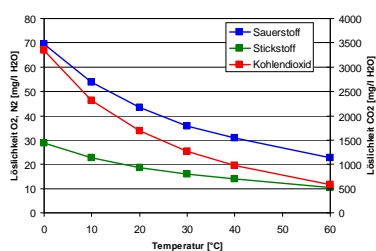


Abbildung 1: Löslichkeit von reinen Gasen in Wasser: Sauerstoff (O₂), Stickstoff (N₂), und Kohlendioxid (CO₂)

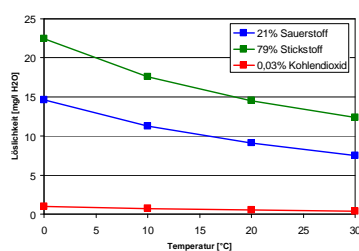


Abbildung 2: Löslichkeit der Luftbestandteile Sauerstoff (O₂), Stickstoff (N₂), und Kohlendioxid (CO₂) in Wasser



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 53

O₂- Sensoren: Elektrochemische und optische Messsysteme

Kalibrierung Sauerstoffsonden

Bei Auslieferung der Sensoren sind diese werkseitig kalibriert. Es ist empfehlenswert die Sonde periodisch auf die Messgenauigkeit zu überprüfen:

Überprüfung / Kalibrierung der Sonde:

0-Punkt:

Eintauchen der Sonde in gesättigte Natriumsulfitlösung (Na₂SO₃)

Sättigungspunkt:

Sensor in mit Wasserdampf gesättigter Luft ca. 10 Minuten stabilisieren lassen

Theoretischer Löslichkeitswert berechnen ($C = S \cdot H \cdot L$)



W-18, 2013 / 2014

Martina Hofer

Seite 54

Einbau / Unterhalt Sauerstoff - Messung

Praktische Hinweise

Beim Einbau der Sonde sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

- Einbau abgewinkelt (wenn Sonde keine Abschrägung hat), da Luftblasen das Messsignal beeinflussen
- Automatische Reinigungsvorrichtung notwendig für störungsfreie Messung in stark trübem Medium
- Manuelle Reinigung in periodischen Abständen notwendig
- Periodische Kontrolle des Messwertes durch Vergleichsmessungen, oder durch Kontrolle des 0- Punktes und des Sättigungswertes (vgl. Folie 54)



Störeinflüsse Sauerstoff - Messung

Praktische Hinweise

Die Sauerstoff - Messung kann negativ beeinflusst werden durch:

- a. Absetzen / Anheften von **Luftblasen** auf dem Messfenster
- b. **Vergiftung Membrane** (elektrochemische Sensoren)
Alterung Membrane (elektrochemische und Fluoreszenz Sensoren)

Lösungsansätze

- a. Einbau nach Angaben / Vorgaben Hersteller
- b. Messwertüberprüfung / Kalibration, Austausch Membranen



Übungen – Repetitionsfragen

Sauerstoff – Messung

Diskutieren Sie die folgenden Fragestellungen in einer 2-er Gruppe:

1. Sie haben einen Sauerstoffsensor in der Belebung installiert und bei der Routinekontrolle festgestellt, dass der angezeigte Messwert zu niedrig ist. Welche Massnahmen ergreifen Sie und warum?
2. Wie überprüfen Sie, ob die Membrane Ihres Sauerstoffsensors noch intakt ist?
3. Welche Sensoren – Typen (elektrochemische oder optische) setzen Sie auf der ARA ein?



Lösungen – Repetitionsfragen

Sauerstoff – Messung

1. a. Ausbau, Reinigung des Sensors, Kontrolle Funktion automatische Reinigung (der zu niedrige Messwert Anzeichen auf Verschmutzung der Membrane)
 - b. Überprüfen des Messwertes bei Wasserdampf gesättigter Luft
 - c. Falls notwendig Kalibration oder Austausch Membrane
2. Sichtkontrolle
Messwertüberprüfung 0-Punkt und Sättigungspunkt
3. Individuelle Antworten der Teilnehmer

