



## *Thema: Wasseranalyse*





## Vorab ein paar Erklärungen zu Fachbegriffen

**Blank:** Als Blank wird die Vergleichsprobe bezeichnet. Sie besteht in den meisten Fällen aus destilliertem Wasser. Sie durchläuft alle Analyseschritte wie die normalen Proben.

**Chemische Abkürzungen:** Im Laufe des Skriptes begegnen Dir Abkürzungen, die in der Chemie allgegenwärtig sind.

Die wichtigsten Angaben sind:

- **mol – mmol:** sie geben indirekt die Teilchenzahl einer Stoffportion an. Dabei können die Teilchen Atome, Ionen oder auch Moleküle sein. Sie beschreibt somit die Stoffmenge (Formelzeichen  $n$ ). 1 mol entspricht 1000 mmol und umgekehrt sind 1 mmol umgerechnet 0,001 mol.
- **g/mol:** wenn Du diese Einheit vorfindest, handelt es sich um die Molare Masse (Abk. „M“). Das ist der Quotient aus der Masse und der Stoffmenge. Der Zahlenwert ergibt sich aus der Summe der mittleren Atommasse, der an der chemischen Verbindung beteiligten Elemente von einem Mol Teilchen.
- **w=...%:** das „w“ steht für den Massenanteil einer Verbindung oder eines Elements. Das heißt bei einem Massenanteil von  $w=30\%$ , würde ausgehend von einer Gesamtmasse von 100 g, 30 g der Chemikalie vorhanden sein.
- **mol/L:** das ist die Angabe zur Stoffmengenkonzentration. Die Abkürzung lautet „c“. Das ist der Quotient aus der Stoffmenge eines gelösten Stoffes und dem Volumen der Lösung.
- **dH°:** die Abkürzung steht für den Grad deutscher Härte. Das ist eine veraltete Form, um die Wasserhärte zu beschreiben. Heutzutage verwendet man die Angabe millimol pro Liter (mmol/L)
- **Fotometrische Untersuchung:** Analyseverfahren, das mit Hilfe eines Fotometers (siehe Zusatzblatt „Fotometrie“ funktioniert.

## Trinkwasserverordnung – Was ist das?

„Zweck der Verordnung ist es, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, durch Gewährleistung seiner Genussstauglichkeit und Reinheit [...] zu schützen.“

*Zitat aus der Trinkwasserverordnung*



Die Trinkwasserverordnung erfasst die Bestimmungen der Schutzvorschriften für das Trinkwasser. Sie regelt die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Im Vordergrund stehen die Kontrollen chemischer sowie mikrobiologischer Kontamination. Sie schreibt vor, welche Werte an Substanzen nicht überschritten werden dürfen. Diese Werte werden auch „Grenzwerte“ genannt.

## Was machen wir heute?

Wir untersuchen Wasserproben und vergleichen die Ergebnisse miteinander, wobei wir als Vergleichsprobe Trinkwasser analysieren.

### Allgemeine Parameter

- Färbung
- Trübung
- Geruch
- Temperatur
- Leitfähigkeit
- pH-Wert

### Anorganische Wasserinhaltsstoffe

- Quantitative Wasserhärtebestimmung – Magnesium/Calcium
- Nitrat
- Nitrit
- Sulfat
- Eisen
- Phosphat

Im Folgenden sind die wichtigsten Punkte aufgelistet, die in einem Analysenformular enthalten sein müssen. Das Analysenformular enthält alle Informationen, die für eine Bewertung der Probe notwendig sind. Um an späteren Zeitpunkten die Messergebnisse sowie



die Wasserprobe zuordnen zu können, ist es erforderlich, alles so genau wie möglich zu dokumentieren!

### Beispiel eines Probenahmeprotokolls

|  |  |
|--|--|
| Datum und Uhrzeit  |  |
| Außentemperatur  |  |
| Wetter (Sonne, Wolken, Regen, etc.)                                    |  |
| Ort der Probenahme (GPS-Koordinaten)                                   |  |
| Probenart (flüssig, fest, ...)   |  |
| Probenmenge (ca.)  |  |
| Färbung  |  |
| Trübung  |  |
| Geruch   |  |
| Wassertemperatur (bei Probenahme)                                      |  |
| Sonstige wichtige Informationen oder Anmerkungen (evtl. Grenzwerte...) |  |

---

Unterschrift des Verantwortlichen



## Analysewerte der verschiedenen Wasserproben

In diesem Protokoll könnt ihr eure Werte eintragen, sie miteinander vergleichen und feststellen, ob die Messwerte unter oder über den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) liegen.

Jede Gruppe sollte beide Proben analysieren.

Bitte vergesst bei den verschiedenen Untersuchungen nicht eure Vergleichsprobe (Referenz)- das Leitungswasser.

| Parameter     | Einheit | Messwert Probe 1: | Messwert Probe 2: | Messwert Referenz: Leitungswasser | Grenzwert TrinkwV |
|---------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Färbung       | 1/m     |                   |                   |                                   | 0,5               |
| Trübung       |         |                   |                   |                                   | -                 |
| Geruch        |         |                   |                   |                                   | -                 |
| Temperatur    | °C      |                   |                   |                                   | -                 |
| Leitfähigkeit | µS/cm   |                   |                   |                                   | 2500              |
| pH- Wert      |         |                   |                   |                                   | 6,5-9,5           |
| Wasserhärte   | °dH     |                   |                   |                                   | -                 |
| Nitrat        | mg/L    |                   |                   |                                   | 50                |
| Nitrit        | mg/L    |                   |                   |                                   | 0,1               |
| Sulfat        | mg/L    |                   |                   |                                   | 40                |
| Eisen         | mg/L    |                   |                   |                                   | 0,2               |
| Phosphat      | mg/L    |                   |                   |                                   | -                 |
| Ammonium      | mg/L    |                   |                   |                                   | -                 |

### Färbung

Die Verordnung besagt, dass das Trinkwasser farblos sein sollte. Es kann jedoch zu einer Färbung (gelb bis gelbbraun) kommen, wenn organische Substanzen aber auch Fäkalien sowie mikrobiologische Verunreinigungen enthalten sind. Durch eine fotometrische Messung der Wasserprobe kann bestimmt werden, ob eine gelbliche Färbung vorhanden ist. Dafür misst man bei einer Wellenlänge von 436 nm. Ist der Wert gleich 0 so liegt keine Färbung vor.



Messe mit Hilfe einer Küvette das Absorptionsmaximum Deiner Wasserprobe:

**Ergebnis:**

### Trübung

Homogenisiere Deine Probe! Überführe anschließend einen angemessenen Teil der Probe in ein geeignetes Gefäß, um eine mögliche Trübung feststellen zu können. Unter einer Trübung versteht man die Streuung von ungelösten Wasserinhaltsstoffen.

**Notiere Deine Beobachtung:**

### Geruch

Rieche an Deiner Wasserprobe. Was fällt Dir auf?

**Ergebnis:**

### Temperatur

Notiere Dir die Temperatur Deiner Wasserprobe! Achte darauf, dass alle nachfolgenden Experimente möglichst konstant bei derselben Temperatur ablaufen. Es sollte zu keinen großen Temperaturschwankungen kommen!

Die Temperatur Deiner Probe sollte zwischen 20 °C-25 °C betragen!

**Temperatur der Wasserprobe:**

### Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten ist abhängig von der Ionenanzahl. Allgemein kann gesagt werden, je mehr Ionen in einer Flüssigkeit vorhanden sind, desto höher ist die elektrische Leitfähigkeit.

Bestimme die elektrische Leitfähigkeit von Deiner Wasserprobe sowie von destilliertem (entsalztes) Wasser. Benutze für die Messung ein Leitfähigkeitsmessgerät. Notiere anschließend die Werte:

**Elektrische Leitfähigkeit von dest. Wasser:**

**Elektrische Leitfähigkeit der Wasserprobe:**

Vergleiche die gemessenen Werte miteinander! Was kannst Du aus den Messwerten schließen?



## pH-Wert

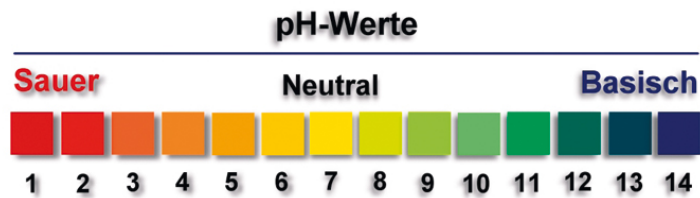
Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration. Wird also der pH-Wert ermittelt, kann rechnerisch eine Aussage über die H<sup>+</sup>-Ionenkonzentration geschlossen werden. Je höher die Konzentration ist, desto saurer ist die Lösung. Parallel dazu gibt es noch den pOH-Wert. Dieser beschreibt die Hydroxidionen Konzentration einer Lösung. Je mehr Hydroxid-Ionen (OH<sup>-</sup>) vorhanden sind, desto alkalischer ist die Lösung.

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$\text{pOH} = -\log c(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Nimm Dir einen Teststreifen und ein pH-Meter um den Wert Deiner Probe zu bestimmen.



Nehme ebenfalls das pH-Wert Set aus dem Wasseranalysenkoffer!

**pH-Wert der Wasserprobe:**

Entspricht der gemessene pH-Wert den Richtlinien der Trinkwasserversorgung?

Wieso ist die Einhaltung des pH-Wertes wichtig? Welche Folgen hätte ein zu niedrig oder zu hoher pH-Wert?



## Wasserhärte

Die Härte des Wassers (Wasserhärte), hängt von dem Gehalt an Calcium- und Magnesiumverbindungen ab. Je höher der Gehalt ist, desto härter ist das Wasser. Die Härte des Wassers spielt beim Waschen der Wäsche eine erhebliche Rolle. Je weicher das Wasser, desto weniger Wasserenthärter (bzw. Waschmittel) sind bei der Wäschepflege erforderlich.

Die Härtebereiche sind wie folgt unterteilt:

- Härtebereich weich: weniger als 1,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht 8,4 °dH)
- Härtebereich mittel: 1,5 bis 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht 8,4 bis 14 °dH)
- Härtebereich hart: mehr als 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht mehr als 14 °dH)

Nimm Dir nun einen Teststreifen um die Wasserhärte Deiner Probe zu bestimmen.

Bestimme die Wasserhärte ebenfalls mit dem Test-Kit des Wasserkoffers oder nutze unten beschriebene Titration

## Gesamthärtetitation von Wasser


### Komplexometrische Titration einer Wasserprobe

#### Sicherheit:

| Chemikalie  | Piktogramm  | H und P-Sätze  |
|---|-------------|--|
| EDTA<br>C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> | <br>Achtung | H319 Verursacht schwere Augenreizung.<br>P305 + P351 + P338. BEI BERÜHRUNG MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen   |
| Ammoniak<br>NH <sub>3</sub>   | <br>Gefahr  | H221 Entzündbares Gas.<br>H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.<br>H331 Giftig bei Einatmen.<br>H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden<br>H400 Sehr giftig für Wasserorganismen.<br>EUH071 Ätzend für die Atemwege<br><br>P210 Von Hitze, Funken, offenen Flammen, heißen Oberflächen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.<br>P260 Staub/ Rauch/ Gas/ Nebel/ Dampf/ Aerosol nicht einatmen.<br>P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.<br>P304 BEI EINATMEN: P340 Die betroffene Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen.<br>P303 + P361 + P353 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen<br>P305 + P351 + P338. BEI BERÜHRUNG MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen P315 Sofort ärztlichen Rat |





|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
|                          |  | einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen. P377 Brand bei Gasleckage: Nicht löschen, bis Leckage gefahrlos gestoppt werden kann.<br>P381 Alle Zündquellen entfernen, falls gefahrlos möglich. P405 Unter Verschluss aufbewahren. P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  |
| Indikatorpuffertabletten | <br>Achtung | H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.<br><br>P280 geeignete Schutzhandschuhe /geschlossener Kittel/ Laborbrille tragen/im Abzug arbeiten<br>P302+P352 BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.<br>P333 + P313 Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen |

**Chemikalien:**

EDTA-Lsg.(Titriplex III) 0,1 mol/l, Ammoniaklsg 25%, Indikatorpuffertabletten

**Geräte:**

Erlenmeyerkolben 250 ml, bürette 50 ml, Rührkern, Magnetrührer, Vollpipette 100 ml, Glastrichter, weißes Unterlegpapier

**Material:**

Wasserproben

**Durchführung:**

1. Füllen der Bürette mittels Trichter mit 50 ml EDTA-Lsg
2. Überführen mittels Vollpipette von 100 ml der Wasserprobe in den Erlenmeyerkolben
3. Unter schwenken lösen einer Indikatortablette in der Wasserprobe
4. Im Abzug wird konzentrierte Ammoniaklsg hinzu pipettiert bis die der Indikator nach rot umschlägt
5. Der Erlenmeyerkolben wird mit Rührkern bestückt auf den Magnetrührer unter die Bürette gestellt
6. Nun wird immer ein Milliliter hinzu titriert bis der Umschlagspunkt zu erahnen ist, dann nur noch tropfenweise bis der Indikator von rot nach blau-grün-grau umschwenkt.

Berechnung der Wasserhärte:  $1 \text{ ml EDTA}(c_{0,01} \text{ mol/L}) = 0,05608^\circ \text{ dH} = 0,1 \text{ mmol Ca}^{2+}/\text{L}$

Achtung nur bei der Vorlage von 100 ml Probe entspricht 1 ml EDTA mit  $c_{0,01} \text{ mol/L}$  der Wasserhärte von  $0,05608^\circ \text{ dH}$

**Entsorgung:**

Lösungen in den Ausguß

Zu welchem Härtebereich lässt sich Deine Wasserprobe einordnen?

**Gesamthärte der Probe:**

## Anorganische Wasserinhaltsstoffe

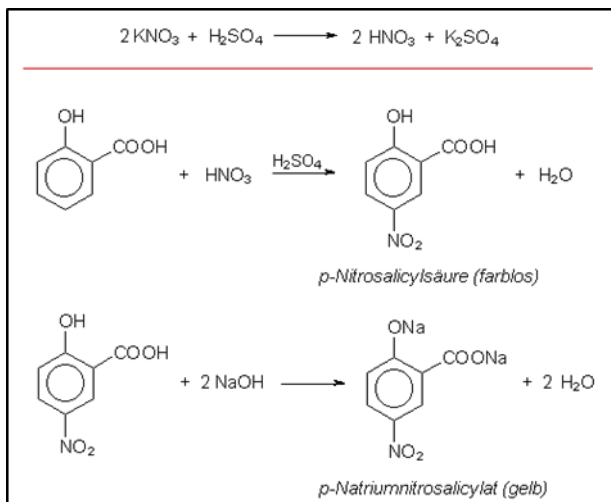
Mit Hilfe von Schnelltests aus dem Wasserkoffer kannst du nun die Konzentration von Phosphat, Sulfat, Nitrat, Nitrit, Ammonium und Eisen in deiner Probe ermitteln.

Liegen alle Werte unterhalb der Grenzwerte, die die Trinkwasserverordnung vorschreibt?

### Quantitativer Nachweis von Nitrat als Natriumnitrosalicylat

**Aufgabenstellung:** Es soll der Nitrat-Gehalt in Wasserproben ermittelt werden. Zur Analyse wird ein Fotometer verwendet.

Reaktionsprinzip: Nach dem Eindampfen der Wasserprobe verbleibt Nitrat in fester Form. Durch Zugabe von konzentrierter Schwefelsäure entsteht Salpetersäure. Es findet nun eine Nitrierung der ebenfalls vorhandenen Salicylsäure statt (s. Abbildung unten Reaktion 1). Im basischen Milieu (NaOH) kommt es zu einer Salzbildung. Es entsteht das Natriumnitrosalicylat, welches eine gelbe Färbung besitzt um im Fotometer als Extinktion gemessen werden kann.



**Geräte:** Messkolben (100ml), Bechergläser, Bürette mit Stativ, Vollpipetten, Einmalpipetten, Magnetrührer, Rührkern, Trichter

**Chemikalien:** Natriumsalicylatlösung (w=0,5%), konzentrierte Schwefelsäure, Natronlauge(w=30%), Kaliumnitrat



| Chemikalie                   | Piktogramme | H- & P-Sätze   |
|------------------------------|-------------|--|
| Natriumsalicylat<br>(w=0,5%) |             | H302-H319<br>P260-P305+P351+P338                                 |
| Konzentrierte Schwefelsäure  |             | H314-H290<br>P280-P301<br>P330+P331-P309-P310-<br>P305+P351+P338 |
| Natronlauge<br>(w=30%)       |             | H314   |
| Kaliumnitrat<br>(0,004 M)    | <br>        | H271-H302<br>P220  |

#### Durchführung:

- Zuerst muss eine Kaliumnitrat-Stammlösung mit der Konz.  $c=0,004 \text{ mol/l}$  hergestellt werden. Dazu löst man 0,4 g  $\text{KNO}_3$  in 1000ml Aqua dest. im Messkolben.  
**Ansetzen der Kalibrierlösungen**
- Nehme Dir 5 Messkolben (100ml) & eine Bürette mit Stativ
  - Fülle Dir ein Teil der  $\text{KNO}_3$  - Stammlösung in ein Becherglas (100ml).
  - Zum Überführen der Lösung in die Bürette kannst Du Dir einen kleinen Trichter zur Hilfe nehmen.
  - Es sollten nun 50 ml Deiner Lösung in der Bürette vorhanden sein.
  - Kontrolliere, ob sich in der Bürette Blasen befinden! Wenn ja, warte bis sie sich aufgelöst haben.
- Kalibrierlösungen
  - Kalibrierlösung 1: Überführe 2,5 ml Deiner  $\text{KNO}_3$  Stammlösung in Deinen Messkolben (100ml) und fülle diesen bis zur Marke mit dest. Wasser auf.
  - Kalibrierlösung 2: Überführe 5 ml Deiner  $\text{KNO}_3$  Stammlösung in Deinen Messkolben (100ml) und fülle diesen bis zur Marke mit dest. Wasser auf.
  - Kalibrierlösung 3: Überführe 10 ml Deiner  $\text{KNO}_3$  Stammlösung in Deinen Messkolben (100ml) und fülle diesen bis zur Marke mit dest. Wasser auf.
  - Kalibrierlösung 4: Überführe 15 ml Deiner  $\text{KNO}_3$  Stammlösung in Deinen Messkolben (100ml) und fülle diesen bis zur Marke mit dest. Wasser auf.
  - Kalibrierlösung 5: Überführe 20 ml Deiner  $\text{KNO}_3$  Stammlösung in Deinen Messkolben (100ml) und fülle diesen bis zur Marke mit dest. Wasser auf.



### Aufbereitung der Proben & der Kalibrationsreihe

- Mit einer Vollpipette entnimmst Du von allen Deinen vorbereiteten Lösungen 10 ml und gibst das Volumen in ein Becherglas.
- Von deinen Proben entnimmst du ebenfalls 10 ml und gibst das Volumen in ein Becherglas
- Füge in ein weiteres Becherglas 10 ml dest. Wasser hinzu, dies wird deine Nulllösung fürs Photometer.
- In jedes Becherglas gibst Du 1 Tropfen NaOH.
- Gebe nun auch 1ml von der Natriumsalicylatlösung hinzu.
- Stelle die Bechergläser auf eine Heizplatte und lass das Wasser verdampfen. Du kannst für leichteres Verdampfen einen Glasstab in das Becherglas stellen.
- Tropfe **vorsichtig** 1ml Schwefelsäure hinzu. Achte darauf das alles benetzt wird. Warte 10 min!
- Verdünne mit 6 ml dest. Wasser. **ACHUNG SPRITZGEFAHR!** LANGSAM ZUGEBEN UND DABEI UMRÜHREN!!!
- Gebe erneut NaOH hinzu (10ml).
- Überführe die Lösungen in einen Messkolben (100ml) und fülle mit dest. Wasser auf, danach gut schütteln.

### Ermitteln des Extinktion

- Nun kannst Du mit Hilfe einer Küvette und des Fotometers die Extinktion in Deinen Wasserproben messen. Zuerst musst du allerdings einen Wellenlängenscan mit einer deiner Kalibrierlösungen machen, um die korrekte zu messende Wellenlänge zu ermitteln!
- Nutze für alle Messungen immer dieselbe Küvette und pass auf, dass Du die Küvette nicht an der Seite anfässt, wo gemessen wird!
- Du kannst Deine Proben mit einer Einmalpipette in die Küvette überführen.
- Nach der Messung wird die Küvette mit dest. Wasser ausgespült und getrocknet.
- Die Küvette darf **auf gar keinen Fall** nass oder feucht in das Messgerät gestellt werden!
- Vergiss nicht alle Messungen zu notieren!

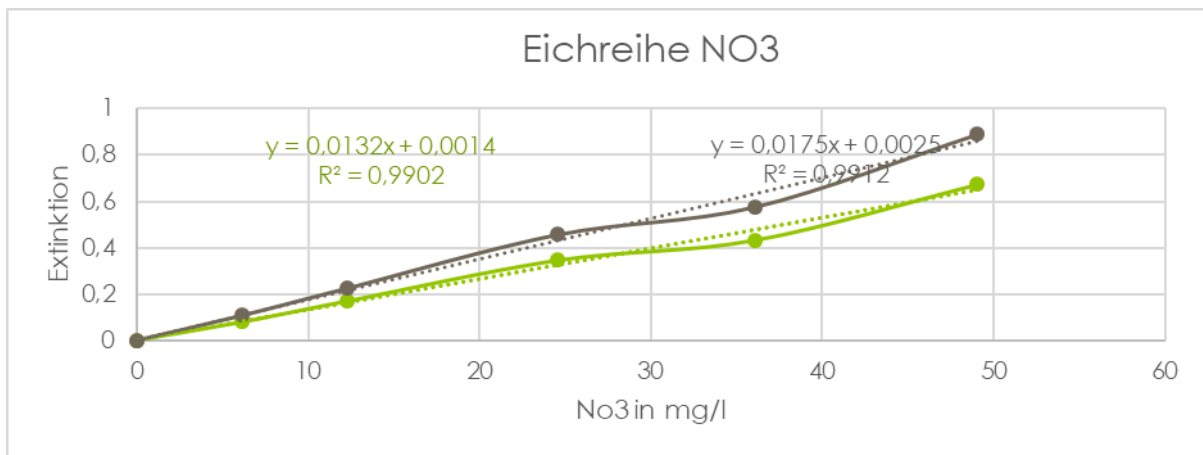
| Kalibrierlösungen | Nitratgehalt (mg/L) | Extinktion |
|-------------------|---------------------|------------|
| Blank             | 0,00                |            |
| Kal 1             | 6,13                |            |
| Kal 2             | 12,26               |            |
| Kal 3             | 24,53               |            |
| Kal 4             | 36,08               |            |
| Kal 5             | 49,06               |            |
| Probe 1           |                     |            |
| Probe 2           |                     |            |
| Probe 3           |                     |            |
| Probe 4           |                     |            |



**Ergebnis:** Erstelle mit Hilfe von Excel oder Millimeterpapier eine Eichgerade und ermittle die Nitratkonzentration Deiner Wasserproben. Nutze dazu auch das Lambert Beer'sches Gesetz, (18. Fotometrie – Infoblatt)

Nun kannst Du Deine gemessenen Nitratkonzentrationen mit den von anderen Wässern vergleichen.

Beispiel einer Kalibriergrade in Excel



R<sup>2</sup> als das Bestimmtheitsmaß trifft folgende Aussage

- 0 (oder 0 %): kein linearer Zusammenhang und
- 1 (oder 100 %): perfekter linearer Zusammenhang.

Je näher R<sup>2</sup> an 1 ist, desto genauer sind nachher die berechneten Werte.



## 17. Standard, Blank & Kalibrierung

### Standard

Ein chemischer Standard besitzt eine bekannte Konzentration der zu messenden Substanz. In der Wissenschaft werden Standards von bestimmten Firmen hergestellt und an die Labore verkauft. Das hat den Vorteil, dass auf der ganzen Welt die gleichen Standards verwendet werden und man somit alle Ergebnisse miteinander vergleichen kann.

Billiger ist es natürlich seinen eigenen Standard herzustellen.

### Blank

Genau wie beim Standard ist hier die Konzentration bekannt, sie ist nämlich immer Null. Dafür wird destilliertes Wasser verwendet. Der Blank durchläuft dieselben Schritte der Aufbereitung, wie die richtigen Proben auch. Am Ende kann dadurch überprüft werden, ob es während des Experimentierens zu Verunreinigungen kam.

### Kalibrierung & Kalibrationsreihe

Bei der Kalibrierung wird versucht die Beziehung zwischen der zu messenden Größe (in unserem Fall ist das das Natriumnitrosalicylat, was die gelbe Farbe verursacht) und der Anzeige des Gerätes abzuleiten.

Für die Kalibrationsreihe nimmt man nun einen Blank und stellt zusätzlich eine beliebige Anzahl an eigenen Standards her, um daraus eine lineare Beziehung (Eichgerade) abzuleiten mit der man dann die Konzentrationen in seinen eigentlichen Proben berechnen kann.

## Fotometrie – Infoblatt

**Allgemein:** Die Fotometrie wird als ein Messverfahren bezeichnet, das im Wellenlängenbereich des ultravioletten sowie des sichtbaren Lichts misst.

**Messprinzip:** Es wird die Durchlässigkeit (Transmission) von monochromatischem Licht gemessen. Wird Licht einer bestimmten Wellenlänge ausgestrahlt und trifft auf ein Medium, wird ein Teil des Lichtes vom Medium verschluckt (Absorption). Der restliche Teil des Lichtes durchwandert das Medium und tritt somit in einer geschwächten Form (geringere Intensität) aus dem Medium aus.

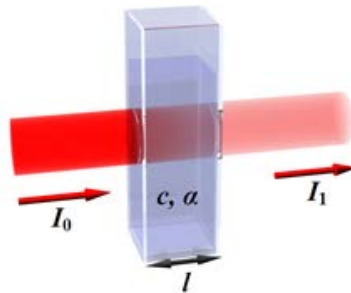


Abbildung 1 – Transmission

Der gesamte schematische Aufbau eines Fotometers sieht wie folgt aus:

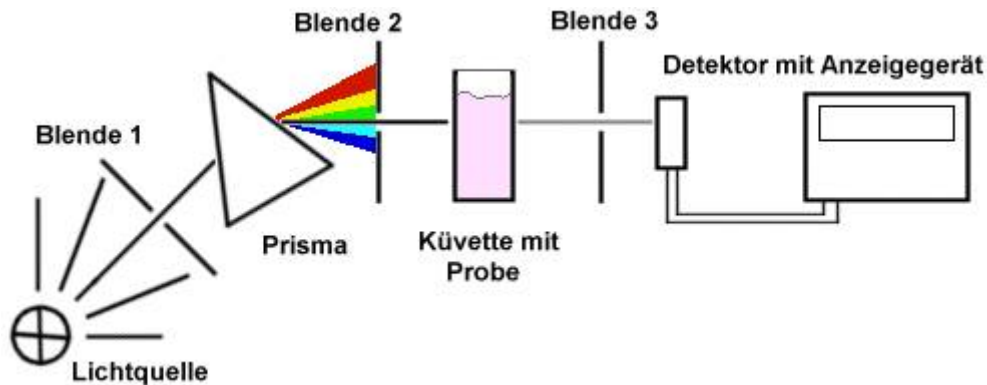


Abbildung 2 - Aufbau eines Fotometers

Eine Lichtquelle erzeugt polychromatisches Licht (weißes Licht). Über eine Blende, welche einen kleinen Spalt besitzt, wird ein geringer Lichtstrahl durchgelassen. Der Lichtstrahl trifft nun auf einen Monochromator (dieser zerlegt das weiße Licht in die einzelnen Wellenlängen). Als Monochromator wird hier ein Prisma verwendet. Wie die Abbildung zeigt, gelangt nur eine Farbe durch die zweite Blende, die ebenfalls nur eine geringe Spaltbreite besitzt.

Um genau zu sein, kommt nur eine definierte Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung durch. Das monochromatische Licht trifft nun auf den Probenbehälter (Kuvette). Dort befindet sich die Probe. Ein Teil der Strahlung wird absorbiert. Der andere Teil wandert durch die Kuvette und gelangt, nachdem er wieder durch eine Blende gelangt, zum Detektor. Der Detektor misst die geschwächte Strahlung und wandelt die Lichtintensität in ein digitales



Messergebnis um. Die dabei gemessene Lichtintensität ist proportional zur Konzentration der Probe.

Für eine genaue Messung ist es wichtig, dass die Probe sowie die Kalibrierlösungen auswertbare Konzentrationen besitzen. Um dies zu ermöglichen, kann das Lambert Beer'sche Gesetz hinzugezogen werden.

#### Lambert Beer'sches Gesetz:

$$E = \epsilon \cdot d \cdot c$$

- Das „E“ steht für die Extinktion. Sie ist der negative Logarithmus der Transmission (Durchgelassene Lichtintensität). Die Extinktion sollte dabei Minimum den Wert 0,1 und maximal den Wert 0,9 annehmen. Die Extinktion hat keine Einheit.
- Das „ε“ ist das griechische Epsilon. Es ist der molare Extinktionskoeffizient. Er wird in  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  angegeben. Der Wert ist stoffspezifisch und wird zu einer definierten Wellenlänge zugeordnet.
- Das „d“ steht für die Schichtdicke der Küvette. Diese beträgt meistens 1 cm.
- Das „c“ steht für die Konzentration. (Näheres dazu findet ihr auf euren Bogen „Allgemeine Informationen“)

Wenn man nun die Faktoren der Gradengleichung durch unsere Faktoren ersetzt und die Gleichung nach c umstellt kann man die genaue Konzentration ermitteln:

$$Y = mx + b \rightarrow E = mc + b \rightarrow c = (E - b) / m$$

Quellen:

Abb. 1: [http://www.romerlabs.com/fileadmin/user\\_upload/Content/Images/Knowledge/Lambert\\_Beer\\_law.png](http://www.romerlabs.com/fileadmin/user_upload/Content/Images/Knowledge/Lambert_Beer_law.png)

Abb.2: [http://www.elhardt.de/matthias/chemie/photometer/Photometer\\_Prinzip.gif](http://www.elhardt.de/matthias/chemie/photometer/Photometer_Prinzip.gif)

