

14.1 Saure und basische Lösungen, Säuren und Basen – ein Gegensatz

Nachweis der Hydroxid-Ionen in basischen Lösungen (Baars)

Vorbemerkungen / Hinweise

Wie lässt sich experimentell auf Teilchenebene nachweisen, dass Hydroxid-Ionen das Charakteristikum basischer Lösungen sind? Im einführenden Kapitel 14.1 werden zu Beginn saure und alkalische Lösungen aus dem Alltag anhand ihrer Erkennungsmerkmale auf Stoffebene vorgeführt: elektrische Leitfähigkeit und Färben eines Indikators auf typische Weise (Universalindikator rot bei saurer bzw. blauviolett bei basischer Lösung). Auf Teilchenebene z. B. gelingt es mit der Elektrolyse einer Hydrochlorid-Lösung («Salzsäure») exemplarisch zu zeigen, dass Oxonium-Ionen (H_3O^+) das Charakteristikum saurer Lösungen sind. Vergleicht man bekannte Lösungen von Natriumhydroxid und Natriumchlorid auf elektrische Leitfähigkeit, so färbt nur die Hydroxid-Lösung den Universalindikator blauviolett. Damit ist klar, dass die Hydroxid-Ionen für die basischen Eigenschaften verantwortlich sind.

Anhand der Reaktion Natrium mit Wasser steht eine kleine Versuchsserie zur Verfügung, mit der sich quantitativ die Hydroxid-Ionen den basischen Lösungen als Merkmal zuordnen lassen. Dabei kann auf die Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler aus früheren Kapiteln zurückgegriffen werden:

- Knallgasprobe
- basische Lösung auf Stoffebene
- polare Bindungen
- Ladung und Grösse der Rumpfe von Metallatomen
- molares Volumen
- molare Masse

Die Versuche werden durch die Lehrperson ausgeführt.

Arbeitsmaterialien für die Versuche V1 und V2

Brenner, Dreifuss und Drahtnetz mit Keramikauflage; 600-ml-Becherglas als Wasserbad; 50-ml-Becherglas zum Nachweis der elektrischen Leitfähigkeit; Glaswanne Ø 22 cm; 100-ml-Kolbenprober; Reagenzgläser (RG); 100-ml-Zweihalskolben, dazu Übergangsstück mit kurzem Gummischlauch; schwarz glasierte Porzellanschale Ø 8.5 cm; Filterpapier; scharfes Messer; Septum; Siedesteinchen; 1-ml-Spritze mit 0.1 ml Gradierung; Messgerät zur elektrischen Leitfähigkeit mit Stromkabel; 2 Stative mit je einer Doppelmuffe und einer Stativklemme

Chemikalien

Die H-Sätze findet man unter www.hep-verlag.ch/chemie-zusatzmaterial-lehrpersonen: «Sicherer Umgang mit Chemikalien, Mikroorganismen und Strahlenquellen an Schulen», Anhang C S. 58ff

Natrium, Na(s)

H260 H314

Ethanol, C₂H₅OH(l)

H225 H319



Natronlauge, NaOH(aq)

H290 H315 H319



Natriumchlorid, NaCl(aq)

Universalindikator

Wasser, dest., H₂O(l)

V1 Natrium + Wasser (qualitativ)

Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen; Schutzscheibe gegen die Klasse hin verwenden

Versuchsbeschreibung

- In die Glaswanne, die etwa zur Hälfte mit dest. Wasser gefüllt ist, gibt man ein kleines Stück Natrium (evtl. Projektion des Reaktionsverlaufs). Wenig der dabei entstehenden Lösung wird auf elektrische Leitfähigkeit geprüft und anschliessend mit etwas Universalindikator versetzt.
- Man wiederholt das Experiment mit der Lösung von a), hält aber das Natrium auf einem kleinen Stück Filterpapier auf der Wasseroberfläche fest.
- In einem RG lässt man ein kleines Stück Natrium mit Ethanol («Trinkalkohol») reagieren und macht die Knallgasprobe: Die Reagenzglasöffnung wird mit einem Daumen so lange verschlossen, bis ein Gasdruck spürbar ist. Man nimmt den Daumen bei schräg gehaltenem RG weg und wartet ca. 3 bis 5 Sekunden. Anschliessend hält man die RG-Öffnung direkt in die Flamme. [Erklärung für die Schülerinnen und Schüler: Ethanol reagiert mit Natrium gleich wie Wasser, aber weniger heftig. Wasser und Natrium im RG kann zu einer Explosion führen!]
- Auf dem Wasserbad wird wenig von der erhaltenen Lösung von a) in einer schwarz glasierten Porzellanschale auf dem Wasserbad (Becherglas mit siedendem Wasser; Siedesteinchen) eingedampft.

Entsorgung

Die wässrige Lösung von b) und das Natriumhydroxid(s) aus der Porzellanschale kommen zu den basischen/sauren Abfällen. Die Alkoholat-Lösung wird im Ausguss entsorgt.

Beobachtung und Interpretation

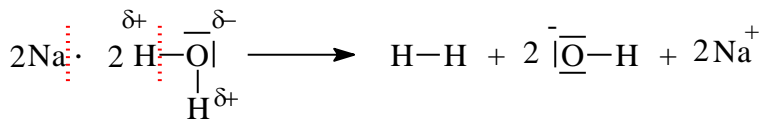
- Das Natrium schmilzt auf der Wasseroberfläche, es bildet sich sofort ein Kügelchen, das wie auf einem Luftkissen umherfährt und allmählich verschwindet. Ausserdem ist Schlierenbildung zu beobachten.

Die stark exotherme Reaktion ist die Ursache für das augenblickliche Schmelzen des Metalls. Das «Luftkissenverhalten» weist auf eine Gasentwicklung hin. Warum das Metall ein Kügelchen bildet, lässt sich sehr gut mit den S+S diskutieren (Oberflächenspannung!), z.

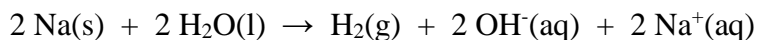
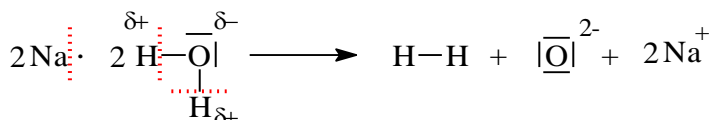
B. mit einem Wassertropfen, der aus einem Wasserhahn austritt: Kugelform, die durch die Gravitationskraft zu einem «Tropfen» wird. Oder der Hinweis auf Wasserkügelchen auf einem frisch gewachsenen Auto oder auf unserer Haut nach einem Bad; eventuell auch mit einer Wasseroberfläche, auf der eine Rasierklinge schwimmt (vgl. auch Exkurs 21.4, S. 2). Die Schlierenbildung deutet darauf hin, dass sich einer der bei der Reaktion entstehenden Stoffe im Wasser löst (unterschiedliche Dichte führt zu unterschiedlicher Lichtbrechung). Die wässrige Lösung färbt Universalindikator blauviolett und leitet den elektrischen Strom → Bei der Reaktion Natrium + Wasser entsteht also eine basische Lösung (Stoffebene).

- b) Hält man das Natrium auf dem Filterpapier fest, kommt es zu einer Verbrennung. Die bei der Reaktion frei werdende Wärme wird im Gegensatz zum vorangehenden Experiment nicht mehr verteilt, sondern konzentriert sich an einem Ort. Dadurch kommt es zur Verbrennung des gebildeten Gases.
- c) Bei der Reaktion Natrium + Ethanol und damit auch Natrium + Wasser entsteht Wasserstoff.
- d) Beim Eindampfen der Lösung bleibt ein weisser, fester Stoff übrig.

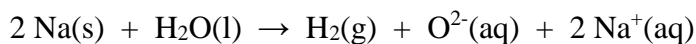
Entsprechend den Überlegungen im Abschnitt 11.1 geben die Natrium-Atome ihr schwach gebundenes Valenzelektron ab, das sich mit dem Proton eines Wasser-Moleküls zu einem Wasserstoff-Atom verbindet (schwach gebundenes Proton in der polaren Bindung O–H). Je zwei H-Atome bilden anschliessend ein H₂-Molekül. Nicht klar ist jedoch, ob ein Wasser-Molekül ein oder zwei Protonen abgeben kann:



oder



oder



Welche der beiden Reaktionen tatsächlich abläuft, lässt sich mit folgendem Experiment zeigen

V2 Natrium + Wasser (quantitativ)

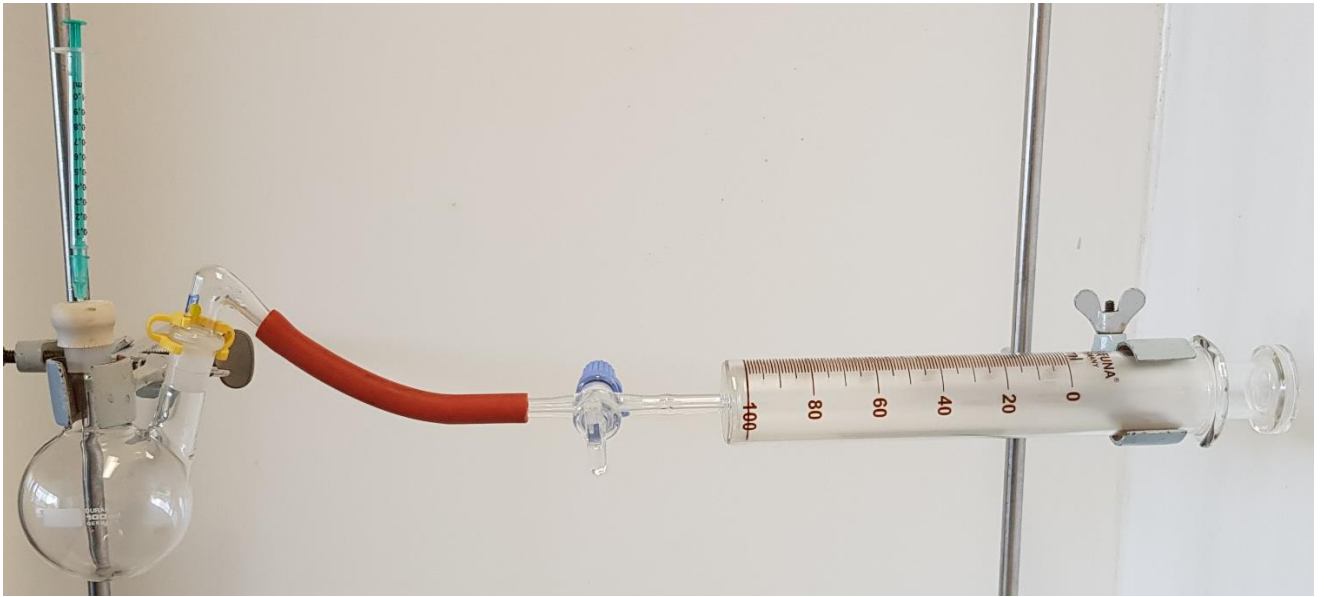
Vor dem Experiment sollen die S+S die Aufgabe am Schluss dieses Textes lösen.

Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen; Schutzglas gegen die Klasse

Versuchsbeschreibung

Ein nicht zu kleines Stück Natrium wird in feine Scheibchen zerschnitten und diese im 100-ml-Zweihalskolben verteilt (am Messer aufspießen und in den Kolben geben). Es ist wichtig, die Metallscheibchen möglichst grossflächig zu verteilen, da das sich bildende Natriumhydroxid das darunter liegende Metall vor der weiteren Reaktion mit dem Wasser schützt. Der eine Kolbenhals wird mit einem Septum verschlossen, der andere über ein gebogenes Verbindungsstück und ein kurzes Schlauchstück mit einem Kolbenprober (der Hahn ist geöffnet) verbunden. Anschliessend zieht man 0.1 ml dest. Wasser in eine 1-ml-Mikrospritze auf.



Versuchsanordnung

Das Wasser wird nun Tropfen für Tropfen (!) mit der Mikrospritze durch das Septum in den Glaskolben gespritzt, möglichst jeweils auf eine noch frische Metalloberfläche.

Nach jeder Wasserzugabe wartet man, bis die Gasentwicklung aufgehört hat. Das Septum lässt es zu, die Nadel immer wieder auf einen anderen Ort zu richten. Ist der Kolben der Spritze unten, zieht man ihn nochmals ganz nach oben und drückt ihn dann ruckartig nach unten. So werden auch die noch verbliebenen geringen Wasserreste in der Spritze und der Nadel ausgestossen. Dies verbessert das Versuchsergebnis deutlich. Der entstandene Wasserstoff wird laufend durch die zweite Öffnung des Glaskolbens in den 100-ml-Kolbenprober geleitet und so das Volumen des gebildeten Wasserstoffs bestimmt. Man drückt ihn anschliessend aus dem Kolbenprober in ein RG, das man mit einem Daumen verschliesst und führt dann die Knallgasprobe durch (vgl. V1).

Entsorgung

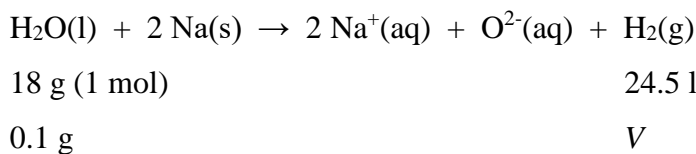
Mit genügend Ethanol bringt man das Restnatrium im Zweihalskolben zur Reaktion (Abzug) und entsorgt die Lösung mit viel Leitungswasser im Ausguss.

Beobachtung und Interpretation

Bei der Reaktion von 0.1 ml Wasser mit Natrium bilden sich 70 ml Wasserstoff.

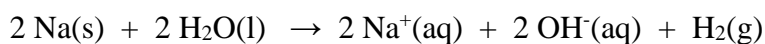
Vor dem Versuch 2 gibt man den S+S folgenden Aufgabe:

Wie viele ml Wasserstoff können bei der Reaktion von 0.1 ml (0.1 g) Wasser mit Natrium unter Normbedingungen maximal entstehen?



$$\frac{24.5 \text{ l}}{18 \text{ g}} = \frac{V}{0.1 \text{ g}}; V = \frac{24.5 \text{ l} \cdot 0.1 \text{ g}}{18 \text{ l}} = 0.14 \text{ l}; V = 140 \text{ ml}$$

Es entsteht die Hälfte der theoretisch möglichen Wasserstoffmenge. Für die Reaktion von Natrium mit Wasser gilt folglich:



→ Dieser quantitative Versuch zeigt exemplarisch, dass basische Lösungen durch viele Hydroxid-Ionen gekennzeichnet sind. Die Aussage, $c(\text{OH}^-) > 10^{-7} \text{ mol/l}$ für basische Lösungen, erfolgt später im Abschnitt 14.4.