



Vorbemerkung:

Der unten aufgezeigte Weg, um zur Formel von Wasser zu gelangen, wurde in vielen Jahren in NRW mit Erfolg beschritten. Platziert war dieser Weg zu Beginn der Klasse 9 (heute: Klasse 8), brachte sehr viel Freude und bescherte den bis dahin noch unvoreingenommen Schülerinnen und Schülern überdurchschnittlich gute Noten in der abschließenden schriftlichen Übung.

Da an nicht allen Schulen in den verschiedenen Bundesländern die gleichen Voraussetzungen bzw. Hauscurricula vorhanden sind, um genau den gleichen Weg zu gehen, muss eventuell die eine oder andere Passage (s.u.) abgeändert werden.

Als zusätzliche Hilfe zu dem didaktischen Vorschlag findet man über der Darstellung Links zu Hilfen wie Filmen oder Arbeitsblätter.

Inhalt

Bedeutung der Abkürzungen: LV Lehrerversuch, SV Schülerversuch, IB Informationsblatt, AB Arbeitsblatt, HA Hausaufgabe, Vi Videofilm, Co Computerprogramm, Hy App für Handy

		LV	SV	IB	AB	HA	Vi	Co	Hy
1	Was wir schon über Wasser wissen: Wasser-Wasser								
1.1	Zusatzmaterial						+		
1.2	Steckbrief von Wasser					+			
1.3	Experimente zu den Eigenschaften von Wasser	+	+		+				
1.4	Wiederholung: Teilchenmodell				+		+		
2	Qualitative Analyse von Wasser								
2.1	Vorüberlegungen und Vorversuche								
2.2	Qualitative Analyse von Wasser (Halbmikrotechnik)	+	?		+				
2.3	Qualitative Analyse von Wasser (Reagenzglasvariante)	+	?		+				
3	Qualitative Synthese von Wasser								
3.1	Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff miteinander?		+						
3.2	Entsteht bei der Reaktion von Wasserst. u. Sauerst. Wasser?		+						
3.3	Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser?	+					+		
4	Quantitative Analyse von Wasser								
4.1	Elektrolyse/Quantitative Analyse der Gaszusammensetzung		+		+				
4.2	Elektrolyse im Elektrolyseur	+	?		+				
5	Quantitative Synthese von Wasser?								
5.1	Halbquantitative Synthese von Wasser?		+		+				
5.2	Die Hypothese von Avogadro								
5.3	Quantitative Synthese zu Wasserdampf	+	?				+		
6.	Die Formel von Wasser								
6.1	Rumprobieren bis zu einer "vernünftigen Formel"								

Wasser aus einem Schülerheft (etwas überarbeitet und mit neuen Links versehen)

Wir sollen im zweiten Jahr Chemie selbst erfahren, wie Naturwissenschaftler arbeiten. Dabei sollen wir nicht nur Stoffe und ihre Eigenschaften kennenlernen, sondern auch erfahren wie das Ergebnis eines Experiments zur Frage nach einem weiteren führen kann.

Wir haben uns das Thema Wasser ausgesucht, da wir mit diesem Stoff täglich umgehen und ihn schon in Physik und Biologie besprochen haben: Wir kennen schon die **Formel von Wasser "H₂O"**- wissen aber nicht so richtig, was sie bedeutet. Der Lehrer gibt zu unserem Erstaunen sofort bekannt: Am Ende dieser Reihe (in etwa 6 Wochen) schreiben wir einen Test und die einzige Frage, die auf dem Zettel steht, lautet: "Wie gelangt man zur Formel von Wasser?"









1.0 Was wir schon über Wasser wissen:

(Brainstorming)

In Biologie und Physik aber auch in Chemie Klasse 7 haben wir schon viel zu Wasser und seiner Bedeutung gehört und erfahren:



Gletscher, Wasserfall, Wüste, Kläranlage, Wasserfloh, Dampfmaschine



1.1 Was wir schon über Wasser wissen: Zusatzmaterial			
 A01M / 1:32 min Wasser - Trinkwasser - Bedeutung für die Menschheit		 A01P / 3:32 min Dichte von Eis, Wasser sprengt Eisenkugel, Draht wandert durch Eisblock, Löse- und Transportmittel	
 A01P / 3:21 min Wasser im Körper (aus biologischer Sicht)		 A01R / 3:41 min Judith hat von ihrem Opa eine Kassette mitgebracht und wir hören das Lied: „Wasser ist zum Waschen da“ von den Peheiros. Es ist lustig. Den gibt's auch bei YouTube „Wasser ist zum Waschen da“ (Musik mit Bildern)	

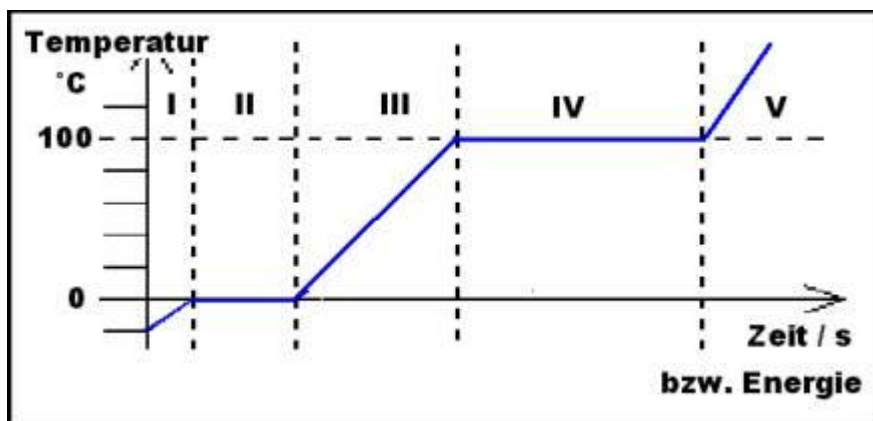
1.2 Bei welchem Stoff handelt es sich um Wasser? (Steckbrief)

Wenn wir Wasser untersuchen wollen, müssen wir wissen, dass es sich wirklich um Wasser handelt. Der Stoff darf weder eine wasserähnliche Flüssigkeit, noch durch Fremdstoffe - insbesondere Salze oder Gase - verunreinigtes Wasser sein.

-  Farbe: keine
-  Geruch: keiner






Wasser und Energie (Teilchenmodell)

Wir wiederholen den Versuch aus der Klasse 7, bei dem wir Eis auf einem beheizbaren Magnetrührer erhitzt und dabei die Zeit und die Temperatur (manche sogar mit dem Computer) gemessen haben. (hier: **theoretisierte Kurve**)



In den Phasen I, III und V wird die zugeführte Energie dafür verwendet, um Bewegung der kleinsten Teilchen zu erhöhen (= das Wasser zu erwärmen). Bei I wird gefrorenes, bei III flüssiges und bei V gasförmiges Wasser erwärmt.

In den Phasen II und IV wird die zugeführte Energie dafür verwendet, um die Anziehungskräfte der kleinsten Teilchen zu vermindern oder aufzuheben (= den Aggregatzustand zu verändern). In Phase II wird die Energie benötigt, um festes Wasser zu schmelzen, und bei IV, um flüssiges Wasser zu verdampfen.

-  Schmelztemperatur: 0°C (siehe Graph)
-  Siedetemperatur: 100°C (siehe Graph) (! bei 101,3 kPa)
-  Dichte: 1,00 g/mL
-  Stromleitung: leitend, aber sehr gering. Jede Zugabe von Salz erhöht die Leitfähigkeit sehr stark.
-  Chemisch: Färbt weißes Kupfersulfat (besser WATESMO- Streifen) blau.

Der Stoff muss also alle der obigen aufgeführten Eigenschaften haben, um Wasser zu sein.
Wir nennen den Stoff „reinstes Wasser“ oder „**Wasser-Wasser**“

Bei manchen der folgenden Experimente müssen wir entscheiden, wie rein das Wasser wirklich sein muss.

1.3	Experimente zum Verhalten von Wasser beim Erhitzen / Dichte / Elektrische Leitfähigkeit			
 G16		 L11		 D02
				 D01S

1.4	Wiederholung: Teilchenmodell			
 W00b W00bl		 A01M 0:53 min Trick-Animationen (englisch)		 A01K 1:38 min Schmelzen aus ZÖF: Studienprogramm Chemie

2. Welche Stoffe sind im Wasser-Wasser? (Qualitative Analyse)

Einige in unserer Klasse glauben zu wissen, dass in der Formel das Zeichen "H" für Wasserstoff und das Zeichen "O" für Sauerstoff steht. Also schauen wir erst mal nach diesen beiden Stoffen.

2.1 Vorüberlegungen und Vorversuche

Nachweis von Sauerstoff

Aus der Klasse 7 wissen wir, dass man Sauerstoff mit der **Glimmspanprobe** nachweisen kann (Reagenzglas mit der Öffnung nach oben):
Entflammt ein glimmender Span, so ist Sauerstoff vorhanden.

Nachweis von Wasserstoff

Aus der Klasse 7 wissen wir, dass man Wasserstoff mit der **Knallgasprobe** nachweist (Reagenzglas mit der Öffnung nach unten).
Wenn man das Reagenzglas einer Flamme nähert und es eine kleine Explosion gibt, so handelt es sich um Wasserstoff

- a. Im mit Sauerstoff gefüllten Reagenzglas entflammt der Span. Die Probe ist positiv.
- b. Mit flüssigem Wasser ist das Ergebnis der Glimmspanprobe negativ.
- c. Auch im Wasserdampf (der wird erzeugt, indem wir Wasser im Reaktionsgefäß GL25 auf dem AK-SÜS Magnetrührer erhitzen) geht der Span aus.

Aus der Klasse 7 wissen wir, dass Magnesium mit (Luft-)Sauerstoff heftiger reagiert als mit Holz. Die Flamme ist grellweiß. Es entsteht dabei weißes Magnesia (Magnesiumoxid). Die Bildung von Magnesia ist ein sichererer Nachweis für Sauerstoff (auch für den in der Luft).

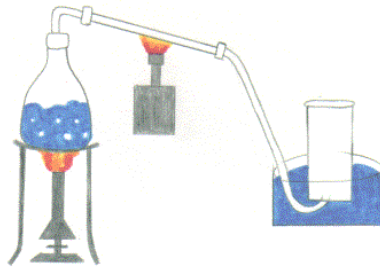
Vorsicht: Augen etwas zukneifen (blinzeln): Es entstehen UV-Strahlen.

d. Bei flüssigem Wasser ist das Ergebnis wieder negativ.

e. Im Wasserdampf scheint das Magnesium sogar noch ein bisschen heller zu brennen als in Luft.

Ganz sicher können wir aber nur sein, wenn wir ausschließen, dass noch Luft vorhanden ist.

Erdachter Versuchsaufbau:



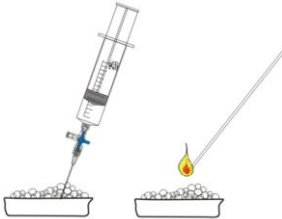
Links wird Wasserdampf erzeugt. Die durch den Wasserdampf verdrängte Luft gelangt in die mit Wasser gefüllte Spritze ("pneumatische Wanne"). Weil der Wasserdampf in dem Wasser kondensiert, müssen die Bläschen Luft sein. Steigen keine Bläschen mehr auf, wird der Standzylinder wieder vollständig mit Wasser gefüllt. Das Magnesiumband wird mittels Gasbrenner entzündet. Der Versuch lässt alternativ sich auch mit AK SÜS-Teilen durchführen.

2.2 Wasser-Wasser Qualitative Analyse	
<p>A01</p>	
<p>Film</p>	
<p>Zusatzversuch</p>	<p>Im Standzylinder (in der "pneumatischen Spritze") sammelt sich ein farbloses Gas. Es muss gleichzeitig bei der Reaktion des Magnesiums mit (aus) dem Wasser entstanden sein. Durch die Knallgasprobe ("Plop" bzw. "Puii") identifizieren wir es als Wasserstoff.</p>
<p>Ergebnis:</p>	<p>Wasser-Wasser besteht <u>mindestens</u> aus Sauerstoff und (nach Zusatzversuch) aus Wasserstoff.</p>

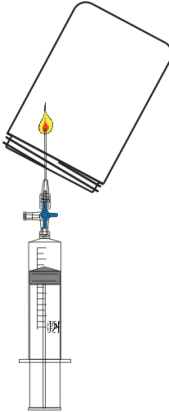
2.3 Wasser-Wasser Qualitative Analyse (für Geübte: noch preiswerter: Reagenzglasvariante)	
<p>A01a</p>	
<p>Film</p>	

3. Entsteht aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser? (Qualitative Synthese)

Überlegung: Um Wasser nicht auf jeden Stoff, den es gibt, überprüfen zu müssen, versuchen wir Wasser nur aus Wasserstoff und Sauerstoff zu synthetisieren.

3.1a Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff miteinander?	
Prinzip:	Wir zünden Wasserstoff in "bruchsicheren" Seifenblasen an
Skizze:	
Material:	Schutzbrille, Bunsenbrenner, Spritze 10 -30 mL mit Nadel und Einwegehahn, Feuerzeug, Porzellanschale
Chemikalien:	Seifenlauge, Wasserstoffgas, Sauerstoffgas
Durchführung und Beobachtung:	Mit Hilfe einer Spritze erzeugen wir Seifenblasen mit reinem Wasserstoff in einer Porzellanschale mit Spülmittellösung. Der Mutigste aus unserer Klasse darf sie mit einem langen brennenden Span anzünden. Der Lehrer gibt uns noch den Hinweis: "Macht bitte den Mund auf!" (Druckausgleich). Der Wasserstoff brennt mit einem leisen Geräusch ab. Wir sind etwas enttäuscht.
Zusatzversuch	Wir wiederholen den Versuch; mischen aber Wasserstoff und reinen Sauerstoff in der Spritze. Diesmal gibt es beim Zünden einen so lauten Knall, dass sich alle erschrecken. Sogar die Porzellanschale ist zerbrochen.
Ergebnis:	Wasserstoff und Sauerstoff reagieren miteinander. Selbst bei kleinen Mengen gibt es eine Explosion.

Bei dem Versuch ist leider das Reaktionsprodukt "in die Luft gegangen". Weil uns der Versuch mit reinem Sauerstoff zu gefährlich war, wollen wir Wasserstoff in „gebremstem Sauerstoff“, in Luft verbrennen.

3.2 Entsteht bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff Wasser?	
Prinzip:	Wir zünden Wasserstoff in mit Stickstoff verdünntem Sauerstoff an und weisen Wasser mit WATESMO nach
Skizze:	
Material:	Schutzbrille, Bunsenbrenner, Spritze 10 -30 mL mit Nadel und Einwegehahn, Feuerzeug, Marmeladenglas
Chemikalien:	Wasserstoffgas, WATESMO-Papier
Durchführung und Beobachtung:	Der Wasserstoff wird in die Spritze gefüllt und diese mit dem Stempel auf den Tisch gestellt. Man drückt das Gas aus der Spritze und zündet es an. Ein trockenes Marmeladenglas beschlägt sich. Der WATESMO- Streifen wird durch den Beschlag blau.
Ergebnis:	Wasserstoff und Sauerstoff reagieren miteinander. Bei der Reaktion entsteht Wasser.

Mit der Aussage: "Luft ist im Prinzip wie gebremster Sauerstoff" geben wir uns nicht zufrieden. Auch wollen wir eine deutliche Menge Wasser sehen.

3.3 Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser?



A02a

AK Kappenberg Synthese von Wasser aus den Elementen

Ziele:

- 1. Die Wasserstoff- und Sauerstoffgasentwicklung durch Elektrolyse nachvollziehen.
- 2. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.
- 3. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.

Aufbau und Geräte:

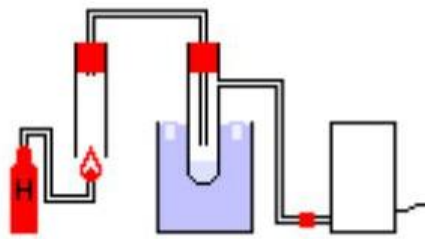
- 1. Elektrolyseapparat
- 2. Gasvolumenmessung
- 3. Gasvolumenmessung
- 4. Gasvolumenmessung
- 5. Gasvolumenmessung
- 6. Gasvolumenmessung
- 7. Gasvolumenmessung
- 8. Gasvolumenmessung
- 9. Gasvolumenmessung
- 10. Gasvolumenmessung

Beobachtung:

Es entstehen zwei farblose Gase. Das Gas an der Kathode (Minuspole) ist Wasserstoff, das Gas an der Anode (Pluspole) ist Sauerstoff. Die Gasentwicklung erfolgt in einem Verhältnis von 2:1.

Schlussfolgerung:

Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff.



Es entsteht eine farblose Flüssigkeit. Der Lehrer behauptet, es sei Wasser, will es aber nicht trinken.



Film



Ergebnis: Wasser-Wasser besteht nur aus Wasserstoff und Sauerstoff.

4. Wie hoch ist der Anteil an Wasserstoff bzw. Sauerstoff im Wasser? (Quantitative Analyse)

Natürlich stellt sich uns sofort die Frage: In welchem Verhältnis sind Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser enthalten? Elektrolyse (Zerlegung von Wasser mit Hilfe des elektrischen Stroms) Unser Lehrer behauptet, dass das geht.

Da, wie wir wissen, Wasser den Strom schlecht leitet, müssen wir das Wasser mit etwas Schwefelsäure oder Kalilauge versetzen, damit es genügend leitet. Der Lehrer versichert uns aber, dass durch die Säure keine anderen störenden Reaktionen ablaufen. Wir müssen die Apparatur aus einem Krautsalatbecher vorher selbst bauen!!

4.1 Wasser(Natriumsulfat) - Elektrolyse - Qualitative Analyse



A01B

AK Kappenberg Quantitative Wasseranalyse Elektrolyse im „Krautsalatbecher“

Ziele:

- 1. Die Wasserstoff- und Sauerstoffgasentwicklung durch Elektrolyse nachvollziehen.
- 2. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.
- 3. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.

Aufbau und Geräte:

- 1. Elektrolyseapparat
- 2. Gasvolumenmessung
- 3. Gasvolumenmessung
- 4. Gasvolumenmessung
- 5. Gasvolumenmessung
- 6. Gasvolumenmessung
- 7. Gasvolumenmessung
- 8. Gasvolumenmessung
- 9. Gasvolumenmessung
- 10. Gasvolumenmessung

Beobachtung:

Es entstehen zwei farblose Gase. Das Gas an der Kathode (Minuspole) ist Wasserstoff, das Gas an der Anode (Pluspole) ist Sauerstoff. Die Gasentwicklung erfolgt in einem Verhältnis von 2:1.

Schlussfolgerung:

Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff.



M01BS

AK Kappenberg Einzel-Elektrolyse Einzel-Elektrolyse

Ziele:

- 1. Die Wasserstoff- und Sauerstoffgasentwicklung durch Elektrolyse nachvollziehen.
- 2. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.
- 3. Die Gasentwicklung an den Elektroden durch die Gasvolumenmessung nachvollziehen.

Aufbau und Geräte:

- 1. Elektrolyseapparat
- 2. Gasvolumenmessung
- 3. Gasvolumenmessung
- 4. Gasvolumenmessung
- 5. Gasvolumenmessung
- 6. Gasvolumenmessung
- 7. Gasvolumenmessung
- 8. Gasvolumenmessung
- 9. Gasvolumenmessung
- 10. Gasvolumenmessung

Beobachtung:

Es entstehen zwei farblose Gase. Das Gas an der Kathode (Minuspole) ist Wasserstoff, das Gas an der Anode (Pluspole) ist Sauerstoff. Die Gasentwicklung erfolgt in einem Verhältnis von 2:1.

Schlussfolgerung:

Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff.

Wir legen an diese komplizierte Apparatur Gleichspannung (ca. 20 V) an und in ca. sieben Minuten bilden sich am Minuspol 31 ml und am Pluspol 15,1 ml Gas.

- ☀ Knallgasprobe mit dem „- Polgas“: positiv
- ☀ Glimmspanprobe mit dem „+ Polgas“: positiv

Ergebnis: bei der Elektrolyse entsteht am Minuspol doppelt so viel Wasserstoff wie am Pluspol Sauerstoff.

Ausnahmsweise war diesmal der Lehrer unzufrieden und sagte: "Ich habe extra für Euch Elektrolyseure gekauft!" Diesmal kein Pfuscher mit Säurezugabe! Es darf nur destilliertes Wasser verwendet werden.

4.2 Wasser-Wasser Elektrolyse - Qualitative Analyse im Elektrolyseur	
<p>M01c</p>	
Durchführung und Ergebnisse wie bei 4a	
Ergebnis:	Wasserstoff und Sauerstoff sind im Wasser - zumindest nach der Zerlegung - im Volumen-Verhältnis 2:1 enthalten.

5. In welchem Verhältnis reagieren Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser? (Quantitative Synthese)

Wir wollen überprüfen, ob nun umgekehrt bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff im Volumenverhältnis 2:1 Wasser entsteht.

Einer von uns schlägt vor, die beiden Gase zu mischen und wieder in der Seifenschale anzuzünden. Die "optimale Mischung" müsste dann am lautesten knallen. Die meisten haben aber Angst vor dem Knall. Wir müssen uns einen gefahrloseren Versuch ausdenken.

5.1 Wasser-Synthese im „Spritzen-Eudiometer	
Prinzip:	Wir mischen Sauerstoff und Wasserstoff und zünden das Gemisch
<p>A03</p>	
Material:	Schutzbrille, Zündapparatur, Piezozünder
Chemikalien:	Wasserstoff, Sauerstoff
Durchführung und Beobachtung:	Wir geben 2 Volumenteile Wasserstoff und 2 Volumenteile Sauerstoff in die Spritze. Nach der Zündung ist noch ein Volumenteil Gas übrig. Nach Zugabe von weiteren 2 Volumenteilen Wasserstoff gibt es wieder eine Reaktion, und es ist fast kein Gas mehr im Gerät. Also war das Restgas Sauerstoff. Das entstandene Wasser sieht man aber (fast) nicht, da es flüssig ist und als dünner Film auf dem Stempel auftritt. Das Wasser sieht man aber nicht, da es flüssig ist und damit verschwinden wenig. (24200 mL gasförmiges Wasser entsprechen 18 mL flüssigem Wasser. 4 mL Wasserdampf liefern also etwa 0,003 mL flüssiges Wasser)
Ergebnis:	2 Volumenteile Wasserstoff reagieren mit 2 Volumenteilen Sauerstoff zu Wasser.

An dieser Stelle gibt es vom Lehrer einen notwendigen Hinweis:

"Es gibt für manche chemischen Beziehungen so etwas ähnliches, wie ein Naturgesetz

5.2. Die Hypothese von Avogadro

Merksatz mit den vier "G"s: **Nur für**

Gase gilt:

gleiche Volumina enthalten bei

gleichem Druck und

gleicher Temperatur

gleichviele Teilchen.

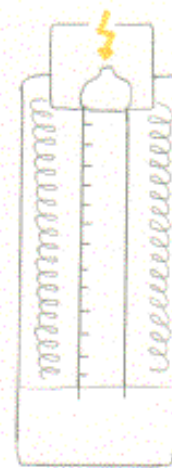
Um die Hypothese von Avogadro anwenden zu können, müssen wir aber unbedingt unser entstehendes Wasser gasförmig machen und evtl. als Wasserdampf halten.

Dazu wird das ganze Reaktionsrohr auf über 100°C erhitzt, damit wir gasförmiges Wasser erhalten.

Im "beheizten Eudiometer" kann daher auch kein Wasser als Sperrflüssigkeit verwendet werden. Dafür wurde Quecksilber eingesetzt. Das ist nun verboten.

Der Lehrer weiß für uns noch einen LowCost - Ausweg:

Spritzeneudiometer für den Trockenschrank, bestehend aus Teilen, die auch bei dieser Temperatur nicht schmelzen also dicht sind.



Wie viel Wasserdampf entsteht, wenn Wasserstoff mit Sauerstoff reagiert? (2. Quantitative Synthese)

5.3 Wasser-Synthese aus den Elementen bei über 100 °C	
<p>A03A</p>	
	<p>A03B¹ 3:06 min</p>
Durchführung und Ergebnisse wie bei 4a	
Ergebnis:	Bei über 100°C entstehen aus <u>zwei</u> Volumenteilen Wasserstoff und <u>einem</u> Volumenteil Sauerstoff immer <u>zwei</u> Volumenteile Wasserdampf.

Einige Filme sind von YouTube heruntergeladen.

¹ Der Film ist dem in die Jahre gekommenen "Studienprogramm Chemie des ZDF" entnommen.

² Dieser Film stammt wahrscheinlich aus der Serie Quarks & Co.

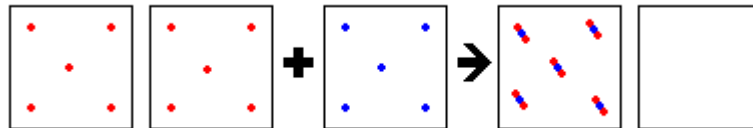
6.1 Rumprobieren bis zu einer "vernünftigen Formel"

Wir probieren mehrere Varianten, um die richtige Reaktionsgleichung zu ermitteln. Ein Kästchen soll nach Avogadro immer das gleiche Volumen unter gleichen Bedingungen sein.

Es sollen bei uns immer 5 gleiche Teilchen in einem Kästchen sein.

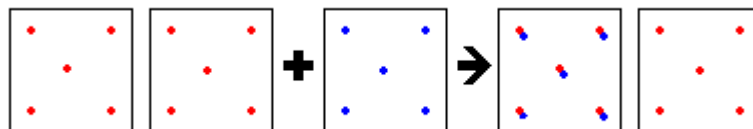
Wir brauchen jeweils 5 Kästchen: 2 für Wasserstoff, eines für Sauerstoff und 2 für Wasserdampf.

1. Versuch (liegt nahe)



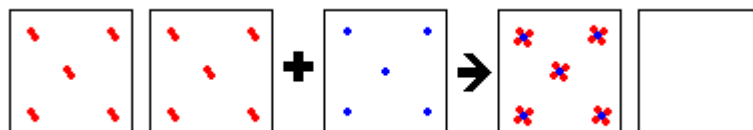
kann aber nicht stimmen, da hier ein Kästchen leer ist: Es entsteht bei diesem Vorschlag nur ein Volumenteil Wasser. - Im beheizbaren Eudiometer entstehen aber zwei Volumenteile.

2. Versuch



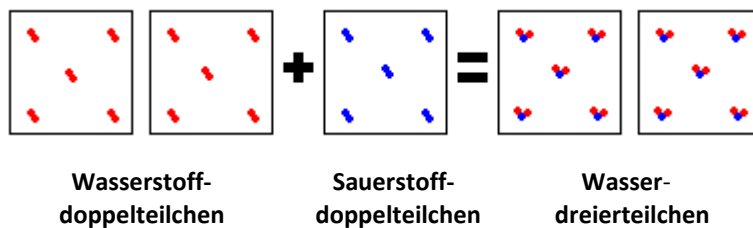
Auch dieses kann nicht stimmen, da hier noch ein Volumenteil Wasserstoff übrig bleibt

3. Versuch



kann nicht stimmen, da hier nur ein Volumenteil (Wasser) entsteht.

x. Versuch



Die Reaktionsgleichung in Worten:

Zwei Volumenteile Wasserstoff und ein Volumenteil Sauerstoff

ergeben zwei Volumenteile Wasserdampf

Dieses Ergebnis ist nur dann gültig, wenn sowohl Wasserstoff als auch Sauerstoff aus "Doppelteilchen" bestehen.

Also lautet die Formel von Wasser:

