

# Ammoniak-Darstellung aus den Elementen (Haber-Bosch-Verfahren, mit Phenolphthaleinlösung)



Die Schüler und Studenten lernen in diesem Versuch das Haber-Bosch-Verfahren kennen.

Chemie

Industrielle Chemie

industrielle Synthese



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

**PHYWE**  
excellence in science

# Allgemeine Informationen

## Anwendung

**PHYWE**  
excellence in science

Versuchsaufbau

In diesem Versuch lernen die Schüler das Haber-Bosch-Verfahren kennen, eine Synthese von Ammoniak aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff. Das Haber-Bosch-Verfahren ist dabei heute immer noch das wichtigste (industrielle) Verfahren zur Herstellung von Ammoniak.

Die Schüler wiederholen in diesem Versuch ihre Kenntnisse zu chemischen Reaktionen. Selbst Elemente, die in einer chemischen Reaktion unter Energiefreisetzung reagieren (exotherme Reaktion), benötigen Aktivierungsenergie bzw. einen Katalysator, um die Reaktion in Gang zu setzen. Bei dem Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch handelt es sich daher (bei Raumtemperatur) um ein metastabiles System.

## Sonstige Informationen (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits in der Theorie mit der Ammoniak-Darstellung aus Elementen und dem Haber-Bosch-Verfahren vertraut sein.

### Prinzip



Die Umsetzung von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak ist eine exotherm ablaufende Reaktion (zusätzlich noch unter Volumenverminderung). Daher wird die Ammoniakbildung mit fallender Temperatur und steigendem Druck begünstigt.

## Sonstige Informationen (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Lernziel



Die Schüler und Studenten lernen in diesem Versuch das Haber-Bosch-Verfahren kennen.

### Aufgaben



Die Schüler und Studenten untersuchen die Darstellung von Ammoniak und aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff. Dazu wird Stickstoff und Wasserstoff aus Gasflaschen in ein Quarzrohr geführt (Gasmischung im Quarzrohr: etwa dreimal so viel Wasserstoff wie Stickstoff). Die Kontrolle erfolgt dabei über die Blasenählung in den beiden Reagenzgläsern, durch die das Gas in das Quarzrohr strömt).

## Sicherheitshinweise

**PHYWE**  
excellence in science

- Handschuhe und Schutzbrille tragen!
- Bei unsachgemäßer Durchführung des Versuches besteht Explosionsgefahr (Bildung von explosionsfähigen Sauerstoff- Wasserstoff-Gemischen).
- Gründliches Spülen der Apparatur vor dem Versuch mit Stickstoff und Wasserstoff (Knallgasprobe) sowie nach dem Versuch (Abkühlphase) mit Stickstoff sind daher unbedingt erforderlich.
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Theorie

Das Haber-Bosch-Verfahren war die erste großtechnische Möglichkeit zur Gewinnung von Stickstoffverbindungen aus Luftstickstoff. Da die Umsetzung von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak eine exotherm ablaufende Reaktion ist (zusätzlich noch unter Volumenverminderung) wird die Ammoniakbildung mit fallender Temperatur und steigendem Druck begünstigt.

Bei Zimmertemperatur würde die Reaktionsgeschwindigkeit (aufgrund der sehr stabilen Dreifachbindung des Stickstoffmoleküls) aber äußerst klein sein. Darüber hinaus wirken die Katalysatoren, die benötigt werden, erst bei höheren Temperaturen (etwa 400 - 500°C). Würde man bei diesen Temperaturen (400 - 500°C) und Normaldruck arbeiten, dann liegt die Ammoniakausbeute bei ca. 0,1 Vol-%. Technische Verfahren erreichen durch Erhöhung des Druckes eine Ausbeute von etwa 11%.

In diesem Versuch wird ein "vereinfachtes" Haber-Bosch-Verfahren verwendet. Wie auch beim industriellen Haber-Bosch-Verfahren wird auch in diesem Versuch ein Gasgemisch aus Wasserstoff und Stickstoff (im Verhältnis 3:1) verwendet, das an einem Katalysator aus Platin und Aluminiumoxid bei Temperaturen von über 400 °C zur Reaktion gebracht wird.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, dreieckförmig, für 6 Stangen, d ≤ 14 mm	02007-55	1
2	Auflegplatte für Stativ-Fuß DEMO	02007-01	1
3	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
4	Doppelmuffe, Kreuzklemme	37697-00	5
5	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	5
6	Labor-Hebebühne, 160 x 130 mm	02074-00	1
7	Teclubrenner mit Nadelventil, für Erdgas, DIN-Ausführung	32171-05	1
8	Sicherheits-Gasschlauch, DVGW , lfd. Meter	39281-10	1
9	Anzünder für Erd- und Flüssiggas	38874-00	1
10	Schlauchschnelle für d = 12-20 mm, 1 Stück	40995-00	2
11	Verbrennungsrohr, Quarzglas, l = 300 mm, NS 19	33948-01	1
12	Ansatzstück, DURAN®, NS 19/26 auf GL 18/8	35678-01	2
13	Gaswaschflasche ohne Fritte, Boro, 100 ml, NS 29/32	36691-00	1
14	Schliffklemme, Kunststoff, NS 19	43614-00	2
15	Schliffklemme, Kunststoff, NS 29	43615-00	1
16	Teflon-Manschetten NS 19, 10 Stück	43616-00	1
17	Teflon-Manschetten NS 29, 10 Stück	43617-00	1
18	Dreiweghahn, Boro, T-förmig, NS	36731-00	1
19	Reagenzglas mit Olive, Duran®, GL 25/8	36330-15	2
20	Glasröhrchen, rechtwinklig , 230 x 55, 10 Stück	36701-59	1
21	Glasröhrchen, rechtwinklig mit Spitze, 85 x 80, 10 Stück	36701-53	1
22	Stickstoff, 2 l, Stahlflasche	41777-00	1
23	Wasserstoff, 2 l, Stahlflasche	41775-00	1
24	Druckminderventil für N <sub>2</sub>	33483-00	1
25	Druckminderventil für Wasserstoff	33484-00	1
26	Tischständer für 2 l-Stahlflaschen	41774-00	2
27	Maulschlüssel 32/30 für Stahlflaschen	40322-00	1
28	Reagenzglas, d = 16 mm, l = 160 mm, 100 Stück	37656-10	1
29	Spritzflasche, 500 ml, Kunststoff	33931-00	1
30	Gummischlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	39282-00	4
31	Löffelspatel, Stahl, l = 150 mm	33398-00	1
32	Pinzette, l = 200 mm, gerade, stumpf	40955-00	1
33	Pasteurpipetten, Laborglas, l = 145 mm, 250 St.	36590-00	1
34	Gummihütchen, 10 Stück	39275-03	1
35	Glaswolle 10 g	31773-03	1
36	Phenolphthaleinlösung 0,5% in Ethanol, 100 ml	31715-10	1
37	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1
38	Platin-Palladium-Katalysator, 0,15% Pt + 0,15% Pd, 50 g	31763-03	1



# Aufbau und Durchführung

## Aufbau

Die beiden Reagenzgläser mit Olive und die Waschflasche füllt man jeweils zu etwa einem Drittel mit destilliertem Wasser, das mit ein paar Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzt wurde. Ein etwa 2 -3 cm langer Streifen Katalysatorkugel (Palladium-Aluminiumoxid-Kugeln) wird in die Mitte des Verbrennungsrohres aus Quarz geschoben und mit zwei Quarzglaswollebäusche gesichert bzw. verschlossen.

An die beiden Reagenzgläser mit Olive, die über einen Dreiwegehahn mit dem Verbrennungsrohr verbunden sind, schließt man mittels Gummischlauch an die Stahlflaschen (Achtung: Druckminderer verwenden) mit Wasserstoff bzw. Stickstoff an. Anschließend wird der Dreiwegehahn so positioniert, dass Stickstoff durch die Apparatur geleitet wird, um den größten Teil der Luft aus der Apparatur zu verdrängen.



Versuchsaufbau

## Durchführung

**PHYWE**  
excellence in science

- Nachdem die Apparatur aufgebaut ist, und der Großteil der Luft in der Apparatur durch den durchströmenden Stickstoff verdrängt wurde, reduziert man den Stickstoffstrom und schickt etwa zusätzlich die dreifache Menge Wasserstoff durch die Apparatur (Abschätzen anhand der Blasen in den Reagenzgläsern).
- Das Gasgemisch, das am anderen Ende des Quarzrohres in die Waschflasche strömt, wird durch die Knallgasprobe untersucht. Erst nachdem die Knallgasprobe negativ ausfällt, erhitzt man mit dem Gasbrenner die Katalysatorkugeln im Reaktionsrohr (durch die negative Knallgasprobe kann ausgeschlossen werden, dass sich in der Apparatur noch Rest-Sauerstoff befindet).
- Sobald in der Waschflasche (die an das Quarzrohr angeschlossen ist) eine Farbänderung auftritt, wird der Versuch beendet. Dazu wird der Gasbrenner gelöscht und die Wasserstoffzufuhr abgesperrt. Stickstoff lässt man bis zum Erkalten des Reaktionsrohres weiterströmen.

**PHYWE**  
excellence in science

## Auswertung

## Auswertung (1/5)

**PHYWE**  
excellence in science

### Beobachtung

Nachdem der Versuch ungefähr 5 Minuten gelaufen ist, wird eine Farbänderung in der Waschflasche am Ende der Apparatur sichtbar.

In den Reagenzgläsern, durch die der Stickstoff bzw. Wasserstoff in die Apparatur strömt, zeigt keine Färbung, während sich die Lösung in der Waschflasche sich die Phenolphthaleinlösung pink färbt.

Diese Färbung ist darauf zurückzuführen, dass im Reaktionsrohr der Stickstoff mit dem Wasserstoff zu Ammoniak (gasförmig) reagiert und sich im Wasser der Waschflasche in Wasser löst (Ammoniaklösung). Das Phenolphthalein als Indikator für die Bildung einer alkalischen Lösung (Ammoniak-Lösung)

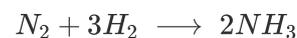
## Auswertung (2/5)

**PHYWE**  
excellence in science

### Auswertung

Das gasförmige Ammoniak löst sich anschließend in Wasser und bildet eine Ammoniaklösung. Die Bildung dieser wässrigen, alkalischen Lösung wird mit Hilfe des Indikators Phenolphthalein nachgewiesen. Das Haber-Bosch-Verfahren war die erste großtechnische Möglichkeit zur Gewinnung von Stickstoffverbindungen aus Luftstickstoff. Der hier benutzte Aufbau zeigt stark vereinfacht das Prinzip des Haber-Bosch-Verfahrens, da für den Prozess die optimalen Bedingungen (Temperaturen von ca. 400 - 500 °C und Druck von ca. 200 bar) mit schulischen Mitteln nur äußerst schwer realisierbar sind.

In dem Reaktionsrohr reagieren Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak (gasförmig):



$$\Delta H = -46,2 \text{ kJ/mol}$$

## Auswertung (3/5)

**PHYWE**  
excellence in science

Was ist das Haber-Bosch-Verfahren?

- Das Haber-Bosch-Verfahren war die erste großtechnische Möglichkeit zur Gewinnung von Stickstoffverbindungen aus Luftstickstoff.
- Das Haber-Bosch-Verfahren ist ein von den Herren Haber und Bosch entwickeltes Instrument, welche den Stickstoffgehalt der Luft misst.
- Das Haber-Bosch-Verfahren war die erste großtechnische Möglichkeit zur Gewinnung von Sauerstoffverbindungen aus Luftsauerstoff.

✓ Überprüfen

## Auswertung (4/5)

**PHYWE**  
excellence in science

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Da die Umsetzung von Stickstoff und Wasserstoff zu  eine  ablaufende Reaktion ist (zusätzlich noch unter Volumenverminderung) wird die Ammoniakbildung mit fallender  und steigendem  begünstigt. Bei Zimmertemperatur würde die Reaktionsgeschwindigkeit aber äußerst klein sein. Darüber hinaus wirken die Katalysatoren, die benötigt werden, erst bei höheren Temperaturen (etwa 400 - 500°C). Würde man bei diesen Temperaturen (400 - 500°C) und Normaldruck arbeiten, dann liegt die Ammoniakausbeute bei ca. 0,1 Vol-%.

Druck

Ammoniak

exotherm

Temperatur

✓ Überprüfen

## Auswertung (5/5)

Was passiert in dem Reaktionsrohr in diesem Versuch?

- In dem Reaktionsrohr reagieren Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak (gasförmig).
- Keine der Antworten ist korrekt. In dem Reaktionsrohr passiert nichts.
- In dem Reaktionsrohr reagieren Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniumnitrat (gasförmig).
- In dem Reaktionsrohr reagieren Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasserstoffperoxid (gasförmig).

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 14: Haber-Bosch-Verfahren	0/1
Folie 15: Zusammenfassung	0/4
Folie 16: Reaktionsrohr	0/1

Gesamtsumme  0/6

👁️ Lösungen

🔄 Wiederholen