

## Versuche zur Organischen Chemie (einschließlich Naturstoffe)

von Werner Schötschel

### Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
V 1 Nachweis von Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukt organischer Verbindungen	1
V 2 Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff in organischen Verbindungen	1
V 3 Explosion eines Methan-Luft-Gemisches	1
V 4 Bromierung eines gesättigten Kohlenwasserstoffs (radikalische Substitution)	1
V 5 Nachweis von Halogenatomen in organischen Verbindungen (Beilstein-Probe)	2
V 6 Bindung der Chloratome in Halogenalkanen	2
V 7 Eigenschaften von Triiodmethan	2
V 8 Tetrachlormethan als Lösemittel für Fette	2
V 9 Eigenschaften von Chlorethan	2
V 10 Addition von Brom an Alkene (elektrophile Addition)	2
V 11 Nachweis des Chlors im PVC durch die Beilsteinprobe	2
V 12 Herstellung von Polystyrol (radikalische Polymerisation)	2
V 13 Darstellung von Ethin	3
V 14 Verbrennung von Ethin	3
V 15 Löslichkeit von Ethin in Propanon	3
V 16 Vergleich der Reaktion von Cyclohexen und Benzol mit Bromwasser	3
V 17 Bromierung von Benzol (elektrophile Substitution)	3
V 18 Vergleich der Reaktionsfähigkeit von Benzol und Methylbenzol	4
V 19 Katalytisches Cracken von Dieselkraftstoff oder Heizöl	4
V 20 Eigenschaften von Ethanol	5
V 21 Bereitung eines Obstweines	5
V 22 Schnapsbrennen	5
V 23 Selbstentzündung eines Gemisches von Propantriol und Kaliumpermanganat	5
V 24 Löslichkeit von Alkoholen in Wasser	5
V 25 Entstehung und Eigenschaften eines Alkoholats	6
V 26 Darstellung von Ethoxyethan	6
V 27 Dichte und Brennbarkeit von Ethoxyethan	6
V 28 Nachweis von Phenol mit Eisen(III)-chlorid-Lösung (bzw. mit Bromwasser)	6
V 29 Hydrochinon in der Fotografie	7
V 30 Darstellung von Methanal	7
V 31 Polymerisation des Methanals	7
V 32 Kondensation von Ethanal	7
V 33 Darstellung von Ethanal durch Einwirkung von heißem CuO auf Ethanol	7
V 34 Darstellung von Ethanal durch Einwirkung von Kaliumdichromat auf Ethanol	7
V 35 Silberspiegelprobe mit Aldehyden	7
V 36 Fehling-Reaktion mit Aldehyden	8
V 37 Addition von Natrium-hydrogensulfit an Benzaldehyd	8
V 38 Addition von Ammoniak an Ethanal	8
V 39 Vergleich der Einwirkung von Kaliumpermanganat-Lösung auf Ethanal und Propanon	8
V 40 Addition von Natrium-hydrogensulfit an Propanon	8
V 41 Umsetzung von Propanon mit Brom (Herstellung von Tränengas)	8

V 42	Darstellung von Ethansäure	8
V 43	Darstellung von Estern	9
V 44	Darstellung von Kohlenstoffmonooxid aus Methansäure	9
V 45	Reduzierende Wirkung der Methansäure	9
V 46	Herstellung von „Nitroglycerin“	9
V 47	Nachweis der Oberflächenspannung des Wassers	9
V 48	Belegung einer Wasseroberfläche durch Seifenanionen	10
V 49	Demonstration der Grenzflächenspannung Öl/Wasser und ihrer Herabsetzung durch Seife	10
V 50	Vergleich von Oberflächenspannungen mit einem Messring	10
V 51	Emulgiervermögen einer Seifenlösung	10
V 52	Spaltung von Seifen durch starke Säuren	10
V 53	Reaktion von Seife mit hartem Wasser	10
V 54	Wirkungsweise von Komplexbildnern bzw. Ionenaustauschern als Enthärter	11
V 55	Wirkungsweise des Pentanatriumtriphosphats: Komplexbildung mit Kalkseife	11
V 56	Phosphatnachweis	11
V 57	Wirkungsweise von Weißtönern in Waschmitteln	11
V 58	Keto-Enol-Tautomerie	11

### **Naturstoffe**

VN 1	Reduzierende Eigenschaften der Glucose	12
VN 2	Abbau von Stärke durch $\alpha$ -Amylase	12
VN 3	Spaltung der Cellulose	12
VN 4	Herstellung von Pergamentpapier	12
VN 5	Herstellung von Schießbaumwolle	12
VN 6	Biuretreaktion	13
VN 7	Xanthoproteinreaktion	13

## Vorbemerkung

Alle hier beschriebenen Versuche zur Organischen Chemie und zur Chemie der Naturstoffe sind über Jahrzehnte hin erprobt und optimiert worden, sodass bei genauer Beachtung der Angaben ein Gelingen der Versuche gesichert ist.

Die Reihenfolge der Experimente hält sich an die Abfolge, wie sie in den meisten Lehrplänen für den Chemie-Leistungskurs vorgesehen ist. Ein Teil der Versuche kann auch im Chemie-Grundkurs eingesetzt werden. Die für die Naturstoffe vorgeschlagenen Versuche entsprechen dem im saarländischen Lehrplan für den Ergänzungskurs „Naturstoffe“ im letzten Halbjahr der Oberstufe vorgeschriebenen Stoffumfang.

Alle Versuche sind so beschrieben, wie sie als Demonstrationsexperiment ausgeführt werden sollen. Jeder Lehrer muss selbst entscheiden, ob ein Versuch auch als Schülerexperiment geeignet ist.

Die Vorschriften für den Umgang mit Gefahrstoffen sind in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich. Die Lehrer und Lehrerinnen müssen aus ihrer Fachkenntnis und ihrer pädagogischen Verantwortung heraus unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben entscheiden, ob ein Experiment durchgeführt werden soll oder nicht. In dieser Zusammenstellung sind auch Versuche zu finden, deren Ausführung - aus welchen Gründen auch immer - von einzelnen Lehrern oder Lehrerinnen abgelehnt wird. In einem solchen Fall kann die Versuchsbeschreibung eine gute Anregung sein, Ersatzexperimente zu erarbeiten, die mit ungefährlicheren Stoffen das gleiche pädagogische Ziel erreichen. Denkbar ist auch, dass ein Experiment (z.B. die Bromierung von Benzol) nur als Filmaufnahme vorgeführt oder nur theoretisch besprochen wird. Dies sollte aber auf Ausnahmen beschränkt werden, denn ein fesselnder Chemieunterricht wird immer ein experimenteller Unterricht sein.

## Organische Chemie

### V 1 Nachweis von Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukt organischer Verbindungen

In einem Porzellanschälchen verbrennt man etwas Brennspritus und hält über die Flamme einen weithalsigen Erlenmeyer-Kolben. Dann gibt man in den Kolben etwas Calciumhydroxid-Lösung und schüttelt. Es entsteht eine Trübung.

### V 2 Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff in organischen Verbindungen

In ein waagrecht eingespanntes größeres Reagenzglas gibt man ein in einer Reibschale fein zerriebenes Gemenge von ca. 1,5 g Glucose und 3,5 g Kupfer(II)-oxid. Das Gemisch wird zunächst vorsichtig, dann stärker erhitzt. Wenn die Reaktion einsetzt, wird vorsichtig weiter erhitzt. Das entstehende Gas wird in ein Becherglas eingeleitet (durchbohrter Gummistopfen, Gaseinleitungsrohr), in dem sich Bariumhydroxid- oder Calciumhydroxid-Lösung befindet. Es entsteht ein weißer Niederschlag. Im Reagenzglas bildet sich rotes Kupfer. Nach Beendigung des Erhitzens wird sofort der Stopfen entfernt. Die klare Flüssigkeit, die sich im oberen Bereich des Reagenzglases abgeschieden hat, wird auf wasserfreies Kupfer(II)-sulfat gebracht. Die auftretende Blaufärbung zeigt, dass es sich bei der kondensierten Flüssigkeit um Wasser handelt.

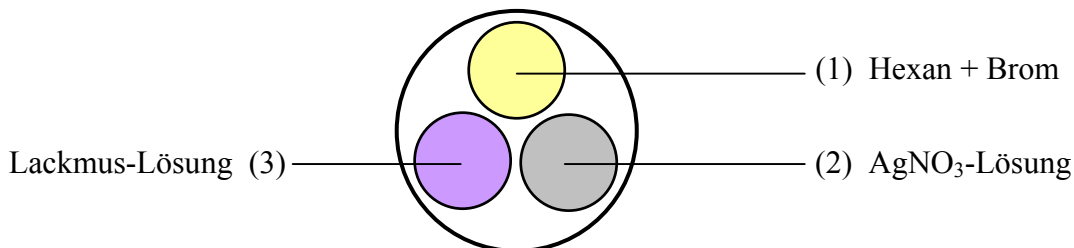
### V 3 Explosion eines Methan-Luft-Gemisches

Eine Explosionspipette wird mit Hilfe eines langen Schlauches aus der Gasleitung mit Methan gefüllt, der Schlauch aus der Explosionspipette herausgezogen und das aus dem langen Ansatzrohr aufsteigende Gas entzündet. Die Flamme wird immer kleiner und leuchtend blau. Schließlich wandert die Flamme in dem Rohr abwärts und zündet in der Pipettenkugel das Gemisch aus Erdgas und nachgeströmter Luft.

### V 4 Bromierung eines gesättigten Kohlenwasserstoffs (radikalische Substitution)

Vorversuch: Man gibt in ein Becherglas (50 ml) ca. 30 ml Hexan und dazu ca. 6 Tropfen Brom, gießt die Hälfte der braunen Lösung in ein zweites Becherglas und verdunkelt eines der Bechergläser durch Überstülpen einer Kartonschachtel oder Blechdose (rasch arbeiten!). Je nach der Stärke der Belichtung hellt sich der Inhalt des im Hellen stehenden Becherglases nach wenigen Minuten auf, nicht dagegen der Inhalt des im Dunkeln stehenden Becherglases. (Hinweis: Der Versuch verläuft ebenso mit Cyclohexan, während bei Verwendung von Pentan nach etwa 10 Minuten auch im Dunkeln eine Aufhellung festzustellen ist.)

Hauptversuch: In eine große Petrischale (15 cm Durchmesser) stellt man 3 kleine Petrischalen-Hälften (6 cm Durchmesser) und gibt in die erste der kleinen Schalen Hexan, in die zweite Silbernitrat-Lösung und in die dritte verdünnte Lackmus-Lösung. Dann fügt man zu dem Hexan einige Tropfen Brom, deckt die große Petrischale mit der oberen Schalenhälfte ab und stellt sie auf den eingeschalteten Overhead-Projektor.



Nach einiger Zeit wird die durch das Brom gefärbte Flüssigkeit in Schale 1 farblos. In Schale 2 fällt ein hellgelber Niederschlag aus, und in Schale 3 färbt sich die Lackmus-Lösung rot.

(Man kann ferner einen Vergleichsversuch im Dunkeln ansetzen. Wenn der Vorversuch durchgeführt worden ist, ist dies allerdings nicht erforderlich!)

#### V 5 Nachweis von Halogenatomen in organischen Verbindungen (Beilstein-Probe)

Das Ende eines dicken Kupferdrahtes wird zu einer Öse gebogen und dann der Draht ausgeglüht. Mit der Öse bringt man einen Tropfen Trichlormethan oder Tetrachlormethan in die nichtleuchtende Bunsenflamme: Grünfärbung der Bunsenflamme!

anderer Versuch: Ein Kupferblechstreifen wird an einem Stativ gehalten und auf den Streifen ein Tropfen Tetrachlormethan oder Trichlormethan gegeben. Anschließend wird der Rand des Kupferblechstreifens mit der nicht leuchtenden Bunsenflamme erhitzt: Grünfärbung der Bunsenflamme!

#### V 6 Bindung der Chloratome in Halogenalkanen

In ein großes Reagenzglas gibt man 5 ml Trichlormethan oder Tetrachlormethan. Fügt man nun einige Tropfen Silbernitrat-Lösung hinzu, so entsteht kein weißer Niederschlag, d.h. es sind keine Chloridionen nachzuweisen: Zwischen dem Kohlenstoffatom und den Chloratomen bestehen Elektronenpaarbindungen!

#### V 7 Eigenschaften von Triiodmethan

Etwas Triiodmethan (gelber Feststoff mit „Apothekengeruch“) wird in einem Reagenzglas schwach erwärmt: Es entsteht eine braunviolette Flüssigkeit, die bei weiterem Erhitzen violette Iod-Dämpfe entwickelt.

#### V 8 Tetrachlormethan als Lösemittel für Fette

Eine kleine Portion Fett oder ein mit einem Olivenöl-Fleck versehenes Stückchen Leinen wird in einem Reagenzglas mit Tetrachlormethan geschüttelt. Einige Tropfen der entstehenden Lösung gibt man auf ein Filtrierpapier und lässt das Tetrachlormethan im Abzug verdunsten.

#### V 9 Eigenschaften von Chlorethan

Eine Spritzampulle mit Chlorethan wird gezeigt und einem Schüler etwas Chlorethan auf die Hand gespritzt: Kältegefühl. Etwas Chlorethan wird in die Flamme eines Bunsenbrenners gespritzt: Das Chlorethan brennt mit grüner Flamme.

#### V 10 Addition von Brom an Alkene (elektrophile Addition)

a) In einem kleinen Becherglas (150 ml) leitet man in Bromwasser Ethen aus der Stahlflasche ein. Nach einiger Zeit wird die Lösung farblos.

b) In einem großen Reagenzglas wird zu Cyclohexen Bromwasser gegeben und die Mischung geschüttelt. Das Bromwasser wird entfärbt. - Zum Vergleich wird der Versuch mit Cyclohexan wiederholt: Es tritt keine Entfärbung des Bromwassers ein.

c) In einem großen Reagenzglas wird Olivenöl mit Bromwasser geschüttelt: Das Bromwasser wird entfärbt.

#### V 11 Nachweis des Chlors im PVC durch die Beilsteinprobe

Ein blank geschmirgelter Kupferdraht wird ausgeglüht. Reibt man mit dem heißen Draht über ein Probestäbchen aus PVC und hält dann den Kupferdraht in die nicht leuchtende Bunsenflamme, so wird nach einigen Sekunden der Flammensaum grün gefärbt.

(Vergleichsversuch mit einem Probestäbchen aus Polyethen!)

#### V 12 Herstellung von Polystyrol (radikalische Polymerisation)

0,3 g Azo-bis-isobutyronitril („Azoisobutyrodinitril“) werden in einem dünnwandigen Reagenzglas in 5 ml stabilisiertem Styrol gelöst und mit kleiner Flamme ca. 5 bis 10 Minuten vorsichtig erwärmt (starkes Aufschäumen!), bis die Flüssigkeit zäh fließt (langsames Aufsteigen der Gasblasen). Danach kühlt man das Reaktionsprodukt zunächst 2 Minuten an der Luft, anschließend unter fließen-

dem kaltem Wasser und legt dann das Glas 10 Minuten ins Tiefkühlfach. Nach dem Zerschlagen des Glases erhält man eine klare Polystyrol-Stange.

(Durch das Erhitzen zerfällt der Initiator in Radikale. Diese bewirken die Polymerisation des Styrols.)

#### V 13 Darstellung von Ethin

In einer Porzellanschale übergießt man etwas Calciumcarbid mit Wasser.

#### V 14 Verbrennung von Ethin

Im Freien (!) übergießt man in einer Porzellanschale etwas Calciumcarbid mit Wasser und stülpt einen alten Trichter über die Porzellanschale. Das entweichende Gas wird mit einem Streichholz entzündet. Es verbrennt mit stark rußender Flamme.

#### V 15 Löslichkeit von Ethin in Propanon

In einer Gasentwicklungsapparatur stellt man aus Calciumcarbid und Wasser Ethin her, wobei man am besten einen 100-ml-Erlenmeyerkolben mit Schliff verwendet, damit das Volumen des Reaktionsgefäßes möglichst klein ist. Das entstehende Gas fängt man unter Verwendung einer pneumatischen Wanne in einem wassergefüllten großen Reagenzglas auf. Zuvor wartet man genügend lange, bis die Luft in der Apparatur vollständig von dem entstehenden Ethin verdrängt worden ist. Das Reagenzglas verschließt man unter Wasser mit einem durchbohrten Gummistopfen, in dem ein mit der Spitze nach innen gerichtetes kurzes Glasrohr steckt (ca. 4 cm lang, nicht zu dünne Spitze!). Man füllt ein Becherglas (100 ml, hohe Form) mit durch Neutralrot oder Eosin (rotgelbe Fluoreszenzfarbe!) angefärbtem Propanon und stellt das Reagenzglas so hinein, dass das Glasrohr etwas schräg auf dem Boden des Reagenzglases steht. Das Propanon schießt nach einiger Zeit als Springbrunnen in das Reagenzglas. Sollte das Propanon nur bis zur Glasspitze ansteigen, so kann die Reaktion herbeigeführt werden, indem man das Becherglas mit dem in ihm stehenden Reagenzglas kurz und kräftig schüttelt.

#### V 16 Vergleich der Reaktion von Cyclohexen und Benzol mit Bromwasser

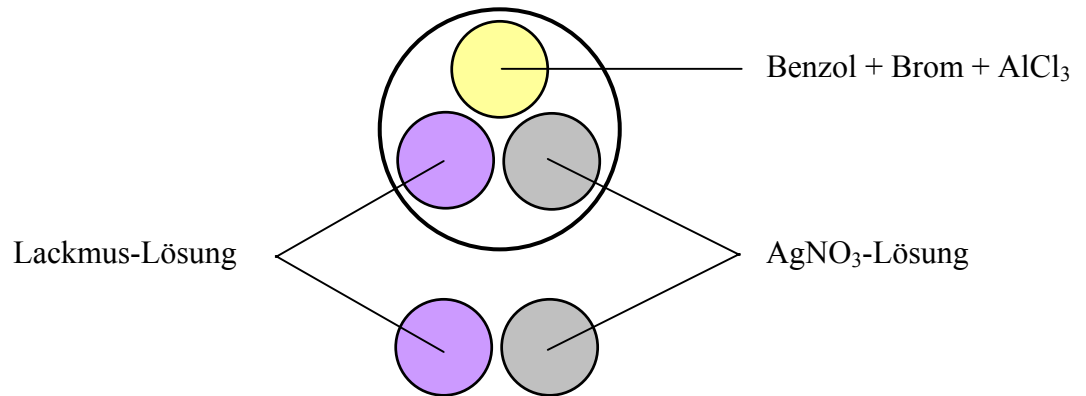
In 2 großen Reagenzgläsern unterschichtet man ca. 10 ml Cyclohexen bzw. ca. 10 ml Benzol mit jeweils ca. 5 ml Bromwasser und schüttelt beide Gläser. Während das Bromwasser durch das Cyclohexen entfärbt wird, tritt beim Schütteln des Bromwassers mit Benzol keine Entfärbung auf.

#### V 17 Bromierung von Benzol (elektrophile Substitution)

Vorversuch: Man gibt in ein Becherglas (50 ml) ca. 30 ml Benzol und dazu ca. 6 Tropfen Brom. Die braune Lösung verteilt man auf 2 große Reagenzgläser und gibt in eines der beiden einen Spatel wasserfreies Aluminiumchlorid. In diesem Glas wird die braune Lösung nach einiger Zeit gelb. (Vorsicht beim Säubern der Gläser: Die  $\text{AlCl}_3$ -Reste reagieren heftig mit Wasser!)

Hauptversuch: Die Projektionsplatte des Overhead-Projektors wird durch Auflegen einer Klarsichtfolie geschützt und darauf der Unterteil einer großen Petrischale (15 cm Durchmesser) gestellt. Je 2 Oberteile kleiner Petrischalen (6 cm Durchmesser) werden mit  $\text{AgNO}_3$ -Lösung bzw. mit verdünnter, hellvioletter Lackmus-Lösung gefüllt. Eine Petrischale mit  $\text{AgNO}_3$ -Lösung wird in den Unterteil der großen Petrischale gestellt, die andere als Vergleichslösung außen daneben. Ebenso werden die Petrischalen-Hälften mit der Lackmus-Lösung angeordnet.

In einem Becherglas versetzt man ca. 10 ml Benzol mit 3 Tropfen Brom (Abzug!). Man gibt die Lösung in den Oberteil einer kleinen Petrischale, stellt diese in die große Petrischale und schaltet den Overhead-Projektor ein. Dann gibt man mit dem Spatel eine kleine Menge  $\text{AlCl}_3$  zu der Lösung von Brom in Benzol und deckt schnell mit dem Oberteil der großen Petrischale ab. (Wenn dies möglich ist, wird der Raum verdunkelt.)



Die Entstehung weißer Nebel (die große Petrischale beschlägt und muss daher in gewissen Abständen geöffnet und trockengerieben werden), die Bildung eines Niederschlags in der  $\text{AgNO}_3$ -Lösung (besser sichtbar, wenn man mit einem Spatel in der Suspension rührt) und der Farbumschlag des Lackmus-Indikators von blauviolett nach rot zeigen die Bildung von Halogenwasserstoff (hier: Bromwasserstoff) an.

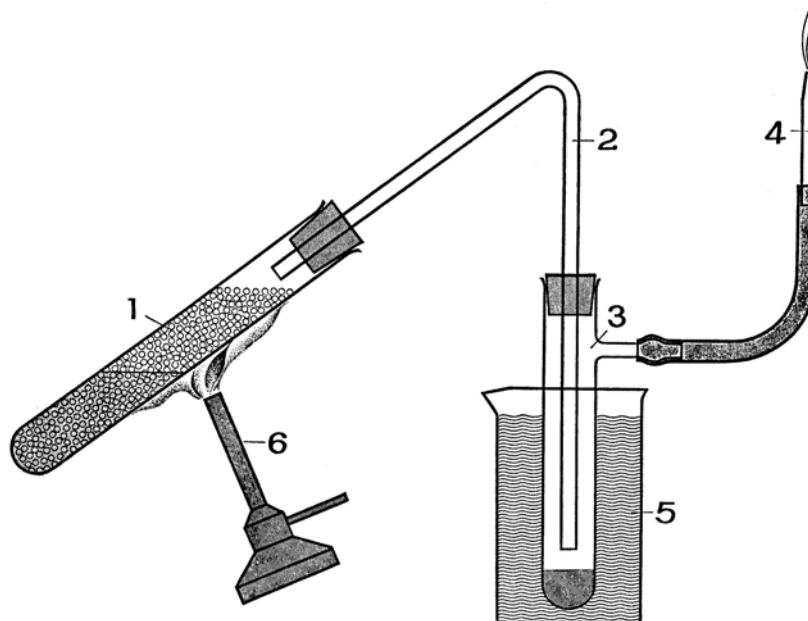
Hinweis: Durch die vom Projektionsgerät ausgestrahlte Licht- und Wärmeenergie kommt es auch ohne  $\text{AlCl}_3$  infolge einer radikalischen Additionsreaktion zu einer langsamen Entfärbung des Benzol-Brom-Gemisches.

#### V 18 Vergleich der Reaktionsfähigkeit von Benzol und Methylbenzol

In 2 Erlenmeyerkolben von 100 ml Inhalt werden 10 ml Benzol bzw. 10 ml Methylbenzol (= Toluol) mit je 1 ml Brom versetzt. Unter Ausschluss von hellem Licht (wichtig wegen der sonst möglichen radikalischen Bromierung der Seitenkette) werden die beiden Lösungen in 2 Bechergläser (250 ml, breite Form) gestellt. In die Bechergläser wird heißes Wasser gegeben. Methylbenzol bildet sofort  $\text{HBr}$ , Benzol zeigt keine Reaktion.

Anmerkungen: Noch schneller als Methylbenzol reagiert Dimethylbenzol (Xylol) mit Brom. Bei Einsatz einer UV-Tauchlampe erfolgt auch bei dem mit Brom versetzten Benzol eine Entfärbung (wobei kein  $\text{HBr}$  frei wird!): Addition an die Doppelbindungen unter Bildung von  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Br}_6$ .

#### V 19 Katalytisches Cracken von Dieselkraftstoff oder Heizöl



Ein schwer schmelzbares, größeres Reagenzglas wird zu  $\frac{1}{4}$  mit Dieseldieselkraftstoff oder Heizöl gefüllt und bis ca. 3 cm unter dem Rand KC-Perlkatalysator hinzugegeben. Zwischen Katalysator und Gummistopfen wird ein Bausch Glaswolle geschoben. Das Reagenzglas wird zunächst vorsichtig mit fächernder Flamme erhitzt und danach die Flüssigkeit mit nicht leuchtender Flamme zum Sieden gebracht. Dann wird die Brennerflamme auf die Höhe der trockenen Katalysatorperlen gerichtet und darauf geachtet, dass die Flüssigkeit konstant weitersiedet. Nachdem an der Glasspitze eine Knallgasprobe durchgeführt worden ist, werden die Crackgase abgefackelt, wobei durch fächerndes Erhitzen für einen gleichmäßigen Gasstrom gesorgt werden muss, damit die Flamme nicht erlischt. Das Destillat (dichte, weiße Nebel) schlägt sich in dem in ein Kühlbad aus Eis + Kochsalz eintauchenden Auffanggefäß nieder. Der Versuch wird abgebrochen, wenn sich etwas Destillat angesammelt hat oder die Reaktion beendet ist, also keine weißen Nebel mehr auftreten und die Flamme erlischt. Das Crackdestillat ist im Gegensatz zu dem Dieseldieselkraftstoff bzw. dem Heizöl leicht entflammbar, was nachgewiesen werden kann, indem man einige Tropfen des Destillats auf ein Uhrglas gibt und mit einem brennenden Streichholz entzündet.

#### V 20 Eigenschaften von Ethanol

Ethanol zeigen, schütteln (leichtbeweglich, d.h. geringe Dichte), einige Tropfen einem Schüler auf die Hand geben, riechen und schmecken lassen; rasche Verdunstung (also niedrige Siedetemperatur); mit Neutralpapier prüfen (keine Farbänderung); etwas Ethanol auf einem gefliesten Tisch oder einer anderen geeigneten Unterlage entzünden.

#### V 21 Bereitung eines Obstweines

Etwa 2 kg Obst (Kernobst, Beerenobst, entkerntes Steinobst) werden zerkleinert und mit einer Lösung von 250 g Zucker in einem halben Liter Wasser versetzt. In einem Gärgefäß gibt man zu der Mischung eine Portion Hefenährsalz und Reinzuchthefe. Dann wird das Gärgefäß mit einem Gäraufsatz verschlossen.

Nach etwa drei Wochen wird der Wein von den Obstrückständen abgezogen. Die weitere Klärung erfolgt durch das Absetzen der Hefe. Danach kann der Wein verkostet werden.

(Anstelle der Maische kann auch mit Traubenzucker angereicherter Fruchtsaft verwendet werden. Es genügt die Zugabe von Bäckerhefe.)

#### V 22 Schnapsbrennen

Eine geringe Menge des nach Versuch 21 selbst hergestellten Obstweines wird destilliert. Zum Nachweis des Alkohols wird das Destillat abgebrannt.

#### V 23 Selbstentzündung eines Gemisches von Propantriol und Kaliumpermanganat

5 Spatel Kaliumpermanganat werden in einer Reibschale fein pulverisiert und in einer Porzellschale (unter Verwendung einer zu einer Rinne gebogenen Spielkarte) zu einem Kegel aufgehäuft, dessen Spitze etwas eingedellt wird. Mit einer Pipette gibt man ca. 10 Tropfen Propantriol in die Vertiefung der Kegelspitze und einige weitere Tropfen auf andere Stellen des Kaliumpermanganats. Nach wenigen Sekunden entzündet sich das Gemisch. Die Flamme zeigt eine hellviolette Färbung. (Schutzbrille!)

#### V 24 Löslichkeit von Alkoholen in Wasser

Man füllt in 3 große Reagenzgläser jeweils 20 ml des zu untersuchenden Alkohols (Methanol, 1-Propanol, 1-Pentanol) und gibt dann ohne umzuschütteln jeweils 10 ml einer Lösung von 2,5 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in 50 ml Aqua purificata hinzu. Methanol vermischt sich sofort mit dem Wasser. Bei dem 1-Propanol bleibt am Boden des Reagenzglases eine geringe Menge Wasser mit intensiv blauer Färbung übrig. Das 1-Pentanol mischt sich nicht (oder zumindest nicht erkennbar) mit dem angefärbten Wasser. Nach einigen Minuten ist in dem Propanol enthaltenden Reagenzglas zu sehen, dass sich der kleine Rest der wässrigen Phase in der alkoholischen Phase völlig gelöst hat. Gleich-



zeitig kristallisieren am Boden des Reagenzglases Kupfervitriol-Kristalle aus (nicht umschütteln!). Auch in den beiden anderen Reagenzgläsern ist die Bildung von blauen Kristallen zu beobachten, da das Kupfersulfat in dem Gemisch aus Alkohol und Wasser schlechter löslich ist als in reinem Wasser.

#### V 25 Entstehung und Eigenschaften eines Alkoholats

In ein Reagenzglas werden 5 ml absolutes Ethanol gegeben und dazu einige sauber entrindete (!) Natriumstücke (nicht zu wenig; zusammen ca. 1 cm<sup>3</sup>!): lebhafte Gasentwicklung, Knallgasprobe positiv. Die Lösung wird 1 bis 2 Minuten in einem Wasserbad am Sieden gehalten. Nach dem Abkühlen befindet sich im Reagenzglas eine feste, zähe Masse.

Nachdem evtl. noch vorhandene Natriumreste entfernt worden sind, wird ein gehäufter Spatel des entstandenen Natriumethanolats unter Zuhilfenahme eines Holzspans in ein zweites Reagenzglas übertragen und Wasser hinzugegeben (vorsichtig, da noch Natriumreste vorhanden sein könnten!). Die stark alkalische Reaktion der Lösung wird mit rotem Lackmuspapier gezeigt und dann der Inhalt des Reagenzglases bis zum Sieden erwärmt. Es entweichen Dämpfe, die entzündet werden können (Alkohol). Durch die Natriumionen wird die Flamme gelb gefärbt.

#### V 26 Darstellung von Ethoxyethan

In ein größeres Reagenzglas gibt man 3 ml Ethanol und 1,5 ml konzentrierte Schwefelsäure (nicht mehr Schwefelsäure, sonst entsteht Ethen!). Man erhitzt bis zum Sieden, und zwar so lange, bis beim Schütteln auch ohne weiteres Erhitzen eine starke Gasentwicklung erfolgt. Am charakteristischen Geruch ist das Ethoxyethan (= Diethylether) zu erkennen.

#### V 27 Dichte und Brennbarkeit von Ethoxyethan

Man tränkt einen Wattebausch mit Ethoxyethan, legt ihn in den oberen Teil einer geneigt aufgestellten Aluminiumrinne und stellt an das untere Ende einen brennenden Bunsenbrenner oder eine brennende Kerze. Da die Etherdämpfe eine größere Dichte als Luft haben, sinken sie in der Rinne nach unten und entzünden sich. Die Flamme wandert in der Rinne nach oben, und der Wattebausch beginnt zu brennen.

Um zu zeigen, dass ein Etherbrand nicht mit Wasser gelöscht werden darf, ergreift man den brennenden Wattebausch mit einer Tiegelfange und drückt ihn in einer mit Wasser gefüllten Kristallisierschale unter Wasser (Vorsicht! Da brennende Teilchen umherspritzen können, stellt man die Kristallisierschale in eine Schutzwanne aus Zinkblech!) Die Flammen in der Kristallisierschale werden dann mit einem Holzbrett erstickt.

#### V 28 Nachweis von Phenol mit Eisen(III)-chlorid-Lösung (bzw. mit Bromwasser)

a) In einem großen Reagenzglas wird zu ca. 20 ml einer Lösung von 2 g Phenol in 100 ml Aqua purificata 1 Tropfen einer konzentrierten Eisen(III)-chlorid-Lösung gegeben. Die Phenol-Lösung färbt sich blauviolett. Bereits mit 2 oder 3 weiteren Tropfen der Eisen(III)-chlorid-Lösung wird die Violettfärbung sehr intensiv.

b) In einem großen Reagenzglas werden zu ca. 20 ml einer Lösung von 2 g Phenol in 100 ml Aqua purificata 4 bis 5 Tropfen elementares Brom gegeben. Über den auf den Boden des Glases sinkenden Bromtropfen steigt ein weißer Nebel auf, der sich beim Umschütteln zunächst auflöst und über den Bromtropfen wieder neu entsteht. Nach gründlichem Umschütteln lässt man das Glas ruhig stehen: In der Lösung bildet sich im Verlauf von einigen Minuten ein weißer, flockiger Niederschlag von Tribromphenol. Das restliche Brom am Boden des Reagenzglases überzieht sich mit einer weißgelben Kruste.

#### V 29 Hydrochinon in der Fotografie

- a) Zu einer Lösung von Hydrochinon wird etwas Natronlauge gegeben: Gelbfärbung.
- b) Zu einem frisch gefällten Silberbromid-Niederschlag gibt man einige Tropfen Natronlauge und anschließend eine Lösung von Hydrochinon: Die Lösung färbt sich braunschwarz.

#### V 30 Darstellung von Methanal

Ein zu einer Walze zusammengedrehtes Kupfernetz wird mit einer Tiegelzange ergriffen und bis zum Glühen erhitzt. Das heiße Netz überzieht sich an der Luft mit schwarzem Kupferoxid. Hierauf erhitzt man das Kupfernetz nochmals und lässt es noch glühend in ein Reagenzglas gleiten, in dem sich ca. 4 ml Methanol befinden. Das Kupfernetz wird wieder blank, und es tritt der stechende Geruch des Methanals auf.

#### V 31 Polymerisation des Methanals

In einem Porzellantiegel (Dreifuß, Tondreieck) werden ca. 2 ml Methanal-Lösung durch Erhitzen auf etwa  $\frac{1}{5}$  des Volumens eingeengt. Beim Abkühlen entsteht eine feste, weiße, geruchlose Substanz. Eine geringe Menge des entstandenen Paraformaldehyds wird mit einem Spatel auf einen Objektträger gegeben und erhitzt. Die weiße Masse schmilzt, und es entwickeln sich stechend riechende Dämpfe von Methanal.

#### V 32 Kondensation von Ethanal

In einem kleinen Becherglas werden einige Milliliter Ethanal mit wenig Natronlauge als Katalysator versetzt und erhitzt. Es entsteht eine zunächst gelbe, später braune Trübung. Bei weiterem Erhitzen scheidet sich auf der Flüssigkeit eine dunkelbraune Schicht ab, die nach dem Abkühlen ein dunkelbraunes Harz bildet (Glasstab!). Es empfiehlt sich, die Flüssigkeit nicht zu weit einzuengen, um ein zu starkes Spritzen zu vermeiden.

Eine geringe Menge des Harzes wird auf einem Objektträger erhitzt. Das Harz schmilzt zwar, aber es bildet sich kein Ethanal zurück.

#### V 33 Darstellung von Ethanal durch Einwirkung von heißem CuO auf Ethanol

Ein zu einer Walze zusammengedrehtes Kupfernetz wird mit einer Tiegelzange ergriffen und bis zum Glühen erhitzt. Das heiße Netz überzieht sich an der Luft mit schwarzem Kupferoxid. Hierauf erhitzt man das Kupfernetz nochmals und lässt es noch glühend in ein Reagenzglas gleiten, in dem sich ca. 4 ml absolutes Ethanol befinden. Das Kupfernetz wird wieder blank, und es tritt der kratzende Geruch des Ethanals auf.

#### V 34 Darstellung von Ethanal durch Einwirkung von Kaliumdichromat auf Ethanol

In einem Reagenzglas wird Kaliumdichromat gelöst, die Lösung mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure angesäuert (Farbvertiefung!) und vorsichtig Ethanol zugegeben. Die Lösung färbt sich grün, und es tritt der charakteristische, kratzende Geruch des Ethanals auf, der in schwacher Konzentration an den Geruch unreifer Äpfel erinnert.

#### V 35 Silberspiegelprobe mit Aldehyden

In ein neues Reagenzglas gibt man ca. 5 ml Silbernitrat-Lösung ( $c(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ), fügt einige Tropfen Natronlauge hinzu und löst den entstehenden gelbbraunen Niederschlag mit einigen Tropfen konzentriertem Ammoniakwasser. (Man kann auch zu der Silbernitrat-Lösung sofort konzentriertes Ammoniakwasser geben, sieht dann allerdings meist nicht die bei Zugabe des ersten Tropfens erfolgende Bildung eines Niederschlags!) Zu dieser klaren „ammoniakalischen Silbernitrat-Lösung“ werden ca. 10 Tropfen Methanal-Lösung oder Ethanal gegeben. Nach kurzer Zeit färbt sich der Inhalt des Reagenzglases braunschwarz, und an der Innenwand des Glases scheidet sich metallisch glänzendes Silber ab. Am besten hängt man das Reagenzglas in ein auf einem Laborlift stehendes Becherglas, das mit Wasser von etwa 50 °C gefüllt ist. (Der Silberspiegel ist meist

nur schlecht ausgebildet. Einen schönen Silberspiegel erhält man bei Verwendung einer Glucose-Lösung; vergl. VN 1!)

#### V 36 Fehling-Reaktion mit Aldehyden

Man gibt in einem großen Reagenzglas gleiche Volumina Fehling A und Fehling B zusammen, versetzt die tiefblaue Lösung mit einigen Tropfen Methanal-Lösung und erwärmt den Inhalt des Reagenzglases. Es entsteht ein hellbrauner Niederschlag von der Zusammensetzung  $4\text{Cu}_2\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Bei weiterem Erwärmen entsteht unter Wasserabspaltung das hellrote  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Führt man den Versuch in einem neuen Reagenzglas unter vorsichtigem Erwärmen (ohne Schütteln, am Saum der Bunsenflamme) durch, so bildet sich am Rand der Flüssigkeitsoberfläche ein Kupfer-ring. Die Reduktion kann also bis zum metallischen Kupfer führen!

#### V 37 Addition von Natrium-hydrogensulfit an Benzaldehyd

5 ml einer konzentrierten Lösung von Natrium-hydrogensulfit (im Vorrat: 39 %ige Lösung!) werden mit 2 ml Benzaldehyd versetzt und kräftig geschüttelt. Im Reagenzglas entsteht eine weiße Masse.

#### V 38 Addition von Ammoniak an Ethanal

In einen großen Rundkolben (1 l) gibt man 1 bis 2 ml Ethanal und leitet Ammoniakgas aus der Stahlflasche ein, wobei der Kolben so gehalten wird, dass das Ammoniak nach oben steigen kann. Dann verschließt man den Kolben mit einem Korkstopfen und schüttelt etwa eine Minute um. Auf der Innenwand des Kolbens bilden sich große, weiße Kristalle. (Evtl. müssen die Einleitung von Ammoniak und das Schütteln zwei- oder dreimal wiederholt werden.)

#### V 39 Vergleich der Einwirkung von Kaliumpermanganat-Lösung auf Ethanal und Propanon

Man bereitet eine stark verdünnte (hellrote) wässrige Lösung von  $\text{KMnO}_4$ , säuert sie mit verdünnter Schwefelsäure an und verteilt die Lösung auf 2 große Reagenzgläser. In das eine Reagenzglas gibt man ca. 1 ml Ethanal, in das andere Reagenzglas ca. 1 ml Propanon. Während durch die Zugabe von Ethanal die  $\text{KMnO}_4$ -Lösung entfärbt wird, bewirkt die Zugabe von Propanon keine Änderung der Farbe.

Anmerkung: Die  $\text{KMnO}_4$ -Lösung muss angesäuert werden, damit sich kein Braunstein bilden kann. Es ist darauf zu achten, dass reines (farbloses!) Ethanal verwendet wird!

#### V 40 Addition von Natrium-hydrogensulfit an Propanon

In einem Reagenzglas gibt man zu 10 ml Propanon 10 ml einer konzentrierten Lösung von Natrium-hydrogensulfit (im Vorrat: 39 %ige Lösung!). Phasengrenze beobachten! Beim Umschütteln erfolgt eine starke Erwärmung des Reaktionsgemisches, und es fällt ein weißer Niederschlag aus.

#### V 41 Umsetzung von Propanon mit Brom (Herstellung von Tränen gas)

In einem großen Reagenzglas werden 2 bis 3 ml Propanon mit 2 bis 3 Tropfen Brom gemischt und vorsichtig erwärmt. In einer heftigen Reaktion erfolgt eine Entfärbung der Flüssigkeit, und es entweicht ein zu Tränen reizendes Gas.

#### V 42 Darstellung von Ethansäure

In einem Reagenzglas wird festes (!) Kaliumdichromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) mit konzentrierter Schwefelsäure übergossen und vorsichtig (tropfenweise!) Ethanol zugegeben. Es erfolgt eine heftige Reaktion: Grünverfärbung, stechender Geruch nach Essig.

#### V 43 Darstellung von Estern

a) In ein Reagenzglas gibt man je 2 ml Butansäure und Ethanol, versetzt die Mischung mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure, schüttelt und erwärmt. Das Reaktionsprodukt gießt man in eine mit verdünnter Natronlauge gefüllte Glas- oder Porzellanschale: Ananasduft!

oder: In einen Schliffkolben werden 10 ml Butansäure, 10 ml Ethanol und 10 ml konzentrierte Phosphorsäure gegeben. Die Mischung wird destilliert und der Geruch des Destillats geprüft.

b) In einem Reagenzglas löst man einen Spatel Benzoësäure in einigen Millilitern Methanol und fügt einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure hinzu. Das Reagenzglas wird erwärmt und das Reaktionsprodukt in eine mit Wasser gefüllte Glas- oder Porzellanschale gegossen: Geruch von Seifenparfüm!

c) In eine Abdampfschale werden ca. 10 ml Methanol, eine Spatelspitze Borsäure und einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure gegeben. Die entweichenden Dämpfe des leicht flüchtigen Trimethylborats ( $\text{CH}_3)_3\text{BO}_3$  werden mit einem Bunsenbrenner entzündet: Sie verbrennen mit leuchtend grüner Flamme (Nachweis von Borverbindungen!).

#### V 44 Darstellung von Kohlenstoffmonooxid aus Methansäure

2 Volumenanteile Methansäure und ein Volumenanteil konzentrierte Schwefelsäure werden in einem Reagenzglas gemischt und erhitzt (durchbohrter Stopfen mit zu einer Spitze ausgezogenem Glasrohr). Das entweichende Gas wird angezündet und verbrennt mit blauer Flamme.

#### V 45 Reduzierende Wirkung der Methansäure

Silberspiegelprobe! (vergl. V 35!)

#### V 46 Herstellung von „Nitroglycerin“

In einem Reagenzglas, das in Eiswasser steht, werden 6 ml konzentrierte Schwefelsäure und 3 ml konzentrierte Salpetersäure gemischt. Wenn die Temperatur des Säuregemisches unter 5 °C gesunken ist, lässt man aus einer Pipette vorsichtig unter fortgesetztem Kühlen und Schütteln 1 ml Propantriol hinzutropfen. (Bei zu rascher Zugabe erfolgt eine starke Erwärmung und die Bildung von nitrosen Gasen!) Die Lösung gießt man dann in ein Becherglas mit Eiswasser. Es scheiden sich dabei schwere Tropfen von „Nitroglycerin“ ab. Man dekantiert und wäscht das „Nitroglycerin“ mehrmals mit Wasser. Schließlich gießt man nach erneutem Dekantieren die ölige Flüssigkeit, die sich am Boden des Becherglases befindet, durch einen Rundfilter: Das „Nitroglycerin“ bleibt auf dem Filter zurück.

In das „Nitroglycerin“ taucht man eine 15 bis 20 cm lange Glaskapillare und lässt etwa 1 bis 2 cm Flüssigkeit in der Kapillare hochsteigen. Durch Kippen der Kapillare lässt man die Flüssigkeit bis etwa in die Mitte laufen. Zunächst wird das der Eintauchseite gegenüberliegende Ende der Kapillare zugeschmolzen, dann tupft man die Außenseite des anderen Endes mit einem Stück Filterpapier sauber und schmilzt auch dieses Ende zu. Nun hält man den Bereich der Kapillare, in dem sich das „Nitroglycerin“ befindet, in den heißen Abschnitt der Bunsenflamme (Schutzbrille, Ohrenschützer). Das „Nitroglycerin“ explodiert so heftig, dass die Kapillare zerstäubt. (Reste von „Nitroglycerin“ werden auf dem Rundfilter verbrannt.)

#### V 47 Nachweis der Oberflächenspannung des Wassers

Eine runde Glasschale wird zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt und - nachdem das Wasser zur Ruhe gekommen ist - eine Nähnadel mit Hilfe einer Pinzette auf die Wasseroberfläche gelegt. Aus einer Pipette wird Wasser dazugetropft. Die Oberfläche wird bewegt, aber sonst ereignet sich nichts. Werden aber 1 bis 2 Tropfen Seifenlösung nach Boutron-Boudet oder Extran neben die Nadel gegeben, so wird die Nadel abgestoßen und sinkt schließlich zu Boden.

V 48 Belegung einer Wasseroberfläche durch Seifenanionen

Man füllt eine runde Glaswanne von 20 bis 30 cm Durchmesser halb mit Wasser. Sobald das Wasser zur Ruhe gekommen ist, bestreut man die Oberfläche gleichmäßig aus einer Pfeffermühle mit gemahlenem Pfeffer. Dann taucht man in der Mitte der Wanne ein Seifenstück kurz mit einer Ecke in das Wasser. Um das Seifenstück herum entsteht eine fast runde, pfefferfreie Zone. Durch das kurzzeitige Eintauchen hat sich eine winzige Menge Seife gelöst. Die Seifenanionen bedecken als monomolekulare Schicht eine sehr große Fläche und schieben die Pfefferteilchen vor sich her.

Anmerkung: Statt Pfeffer kann man auch Talkumpuder verwenden. Ferner kann man anstelle des Eintauchens eines Seifenstückes auch einen Tropfen Seifenlösung oder einen Tropfen eines Spülmittels in die Mitte der Glaswanne fallen lassen.

V 49 Demonstration der Grenzflächenspannung Öl/Wasser und ihrer Herabsetzung durch Seife

Ein enghalsiges Fläschchen wird randvoll mit angefärbtem Sonnenblumenöl gefüllt und in ein mit Aqua purificata gefülltes Becherglas (1 l) gestellt, sodass die Flaschenöffnung mindestens 3 bis 4 cm unter der Wasseroberfläche ist. Das Öl fließt nicht aus der Flasche, obwohl es eine geringere Dichte als Wasser hat.

Anschließend taucht man eine mit ca. 2 ml alkoholischer Seifenlösung gefüllte Pipette so in das Becherglas ein, dass sich die Pipettenspitze 1 bis 2 cm über der Flaschenöffnung befindet, und lässt die Seifenlösung auslaufen. Das Öl fließt dann aus dem Fläschchen an die Oberfläche, d.h. durch die Zugabe der Seifenlösung wird die Grenzflächenspannung des Wassers stark herabgesetzt.

V 50 Vergleich von Oberflächenspannungen mit einem Messring

Gerätebedarf: Messring, Kraftmesser 100 mN, Kristallisierschale von 100 mm Durchmesser, Laborlift, Stativ, Muffe mit Haken

Der Kraftmesser wird an einem Stativ befestigt und der Messring am unteren Ende des Kraftmessers möglichst gut horizontal aufgehängt. Eine Kristallisierschale mit der zu untersuchenden Flüssigkeit (z.B. Leitungswasser oder durch Zugabe eines Tensids entspanntes Wasser) wird auf einen Laborlift gesetzt und unter den Messring gebracht. Der Laborlift wird so weit hochgeschraubt, dass der Messring etwa 1 bis 2 mm in die Flüssigkeit eintaucht. Dann wird der Laborlift wieder langsam gesenkt, wobei infolge der Oberflächenspannung die Anzeige am Kraftmesser ansteigt und kurz vor dem Abreißen der Flüssigkeit ihren Maximalwert erreicht.

V 51 Emulgiervermögen einer Seifenlösung

In zwei Reagenzgläser gibt man 1 bis 2 ml angefärbtes Sonnenblumenöl und 10 ml Aqua purificata bzw. 10 ml wässrige Seifenlösung. Nach Aufsetzen von Stopfen schüttelt man beide Gläser längere Zeit und stellt sie dann in einem Reagenzglasständer ab. In dem Reagenzglas mit der Seifenlösung bildet sich eine längere Zeit haltbare, feine Öl-Wasser-Emulsion.

V 52 Spaltung von Seifen durch starke Säuren

Ein Reagenzglas füllt man zu einem Drittel mit Seifenlösung nach Boutron-Boudet und gibt dann einen Tropfen verdünnte Salzsäure hinzu. Es tritt eine Trübung auf, die beim Umschütteln wieder verschwindet. Gibt man nun verdünnte Salzsäure im Überschuss hinzu, so entsteht eine bleibende Trübung, und auf der Oberfläche scheidet sich eine gelbe, ölige Flüssigkeit ab.

V 53 Reaktion von Seife mit hartem Wasser

In einem kleinen Becherglas wird Leitungswasser durch Zugabe je einer Spatelspitze Magnesiumsulfat und Calciumchlorid aufgehärtet. Dann füllt man ein Reagenzglas zu einem Drittel mit Aqua purificata und ein zweites zu einem Drittel mit dem frisch hergestellten harten Wasser. In beide Gläser gibt man tropfenweise alkoholische Seifenlösung. Nach Zugabe von jeweils 2 bis 3 Tropfen wird geschüttelt. Das Aqua purificata bleibt klar und entwickelt schon beim ersten Schütteln kräftig Schaum. Das harte Wasser trübt sich sofort, und beim Schütteln entsteht kein Schaum. Gibt man zu

hartem Wasser genügend Seife, so entwickelt sich erst nach vollständiger Ausfällung der Härtebildner Schaum. Dieser ist mit Flocken von Kalkseife durchsetzt.

V 54 Wirkungsweise von Komplexbildnern bzw. Ionenaustauschern als Enthärter

Ein Becherglas wird zur Hälfte mit Aqua purificata gefüllt und etwas salzsaure Eisen(III)-chlorid-Lösung (ca. 0,5 g auf 100 ml) sowie einige ml Ammonium-thiocyanat-Lösung (ca. 10 g auf 100 ml) zugesetzt. Anschließend werden 1 bis 2 Spatelspitzen des Komplexbildners Pentanatriumtriphosphat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) oder des Ionenaustauschers Sasil (Aluminium-natrium-silicat) zugegeben. Bei Zugabe von Pentanatriumtriphosphat entsteht mit den  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen ein sehr stabiler Komplex, der farblos und wasserlöslich ist. Die Wirkungsweise des Sasils beruht darauf, dass  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen durch  $\text{Na}^+$ -Ionen ersetzt werden: Nach kräftigem Schütteln und Absetzen des gelb verfärbten Sasils ist die Lösung farblos.

V 55 Wirkungsweise des Pentanatriumtriphosphats: Komplexbildung mit Kalkseife

Etwa 100 ml aufgehärtetes Wasser (vergl. V 53!) werden in einem Erlenmeyerkolben mit ca. 8 ml wässriger Seifenlösung versetzt. Anschließend gibt man 1 bis 2 Spatel des Komplexbildners Pentanatriumtriphosphat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) hinzu und erwärmt unter häufigem Umschütteln auf 50 bis 60 °C. Durch die zunächst gebildete Kalkseife wird die Lösung trüb (Suspension). Nach Zugabe des Komplexbildners verschwindet die Trübung, und die Lösung schäumt wieder.

V 56 Phosphatnachweis

Man kocht die Probelösung mit dem gleichen Volumen konzentrierter Salpetersäure auf und lässt das Reaktionsprodukt langsam in eine salpetersaure Lösung von Ammoniumheptamolybdat eintropfen. Bei Anwesenheit von Phosphat entsteht ein kristalliner, gelber Niederschlag.

V 57 Wirkungsweise von Weißtönern in Waschmitteln

In eine Petrischale gibt man Aufheller-Lösung (ca. 0,4 g auf 100 ml) und betrachtet sie im UV-Licht (abgedunkelter Raum!). In die Aufheller-Lösung taucht man ein nicht aufgehelltes Baumwoll-Läppchen nur zur Hälfte ein, lässt es trocknen und betrachtet es anschließend im UV-Licht. Danach spült man das Läppchen intensiv unter fließendem Wasser, wringt es aus und betrachtet es erneut im UV-Licht. Die Aufheller-Lösung zeigt blaue Fluoreszenz, ebenso das mit der Lösung in Berührung gekommene Gewebestück. Die Grenze zwischen dem aufgehelltem und dem nicht aufgehelltem Teil wird deutlich sichtbar. Die blaue Fluoreszenz bleibt auch nach dem Auswaschen und Auswringen erhalten. (Das Gewebe muss vollständig benetzbar sein. Es sollte daher vorher eventuell entfettet bzw. entwachst werden, sonst ist kein ausreichendes und gleichmäßiges Aufziehen möglich.)

V 58 Keto-Enol-Tautomerie

Gibt man in einem großen Reagenzglas zu Propanon einige Tropfen Brom, so ist (bei Vermeidung von zu heller Belichtung) keine Reaktion oder höchstens eine extrem langsame Reaktion festzustellen. Gibt man dagegen in einem zweiten Reagenzglas zu 2,4-Pentandion (= Acetylaceton) einige Tropfen Brom, so erfolgt eine sehr rasche Entfärbung. Propanon liegt nämlich zu 99,99975 % in der Keto- und nur zu 0,00025 % in der Enolform vor, das 2,4-Pentandion dagegen nur zu 15 % in der Ketoform und zu 85 % in der Enolform. Eine weitere Bestätigung liefert die Baeyersche Probe: Baeyersche Lösung (10 g Soda in 100 ml Aqua purificata und dazu einige Körnchen  $\text{KMnO}_4$ ) wird durch Propanon sehr langsam, durch 2,4-Pentandion dagegen schnell entfärbt.

## Naturstoffe

### VN 1 Reduzierende Eigenschaften der Glucose

Silberspiegelprobe (vergl. V 35!) und Fehling-Reaktion (vergl. V 36!)

Die Silberspiegelprobe kann in einem kleinen Rundkolben (ca. 65 ml) durchgeführt werden. Man gibt zu ca. 50 ml einer „ammoniakalischen Silbernitrat-Lösung“ (vergl. V 35!) ca. 10 ml Glucose-Lösung (1 g Glucose und 2,5 g Kaliumhydroxid in 25 ml Aqua purificata gelöst). Ein besonders schöner Silberspiegel bildet sich, wenn man den Rundkolben mit einer Klemme an einem Stativ befestigt und das Gefäß nach Zugabe der Glucose-Lösung ohne Umschütteln in heißes Wasser eintaucht, am besten, indem man ein unter dem Rundkolben stehendes, mit Wasser von ca. 60 °C gefülltes Becherglas mit Hilfe eines Laborlifts langsam anhebt.

### VN 2 Abbau von Stärke durch $\alpha$ -Amylase

In ein Becherglas (50 ml) gibt man 20 ml Wasser, in ein zweites Becherglas (50 ml) zunächst etwas Speichel und dazu ebenfalls 20 ml Wasser. Dann gibt man in jedes der beiden Bechergläser mit zwei Tropfpipetten 2 Tropfen Stärke-Lösung und anschließend 2 Tropfen Iodtinktur. Die Lösung im ersten Becherglas färbt sich bei Zugabe der Iodtinktur sofort tiefblau, die Lösung im zweiten Becherglas zeigt diese Farbreaktion nicht.

Erklärung: Der Speichel des Menschen enthält das Enzym  $\alpha$ -Amylase. Dieses Enzym spaltet die Stärkemoleküle in Dextrine. Daher fällt in dem zweiten Becherglas die Iodprobe auf Stärke negativ aus.

### VN 3 Spaltung der Cellulose

Ein Stückchen Filtrierpapier oder eine geringe Menge Filterschleim oder Cellulosewatte wird mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure angefeuchtet. Nach kurzer Zeit spritzt man einige Tropfen Wasser darauf. Die Cellulose löst sich dann in der Säure zu einer bräunlichen Flüssigkeit. Nach dem Verdünnen mit einigen Millilitern Wasser wird bis zum Sieden erhitzt. Nach Zugabe von Natronlauge bis zur alkalischen Reaktion wird die Fehling-Probe ausgeführt: Sie verläuft positiv.

### VN 4 Herstellung von Pergamentpapier

Man mischt 1 Volumenanteil Wasser und 2 Volumenanteile konzentrierte Schwefelsäure. Nach dem Abkühlen zieht man einen Streifen Filtrierpapier 6 bis 7 Sekunden durch die verdünnte Schwefelsäure, schwenkt ihn in einer mit Wasser gefüllten Schale und trocknet ihn. Der Stärkenachweis mit Lugolscher Lösung (= Lösung von Iod in Kaliumiodid) verläuft positiv.

(Durch die Schwefelsäure quillt die Cellulose oberflächlich stark auf, und es entsteht eine stärke-ähnliche Verbindung, ein „Amyloid“. Die Luft wird aus den kleinsten Hohlräumen im Papier verdrängt, sodass das Pergamentpapier glasig durchscheinend ist.)

### VN 5 Herstellung von Schießbaumwolle

In einer Porzellanschale werden 20 ml konz. Salpetersäure und 40 ml konz. Schwefelsäure gemischt. Nachdem die Mischung abgekühlt ist, werden 2 g Cellulose-Watte mit Hilfe eines Glasstabes etwa 10 min in der Mischung bewegt und gedrückt, dann etwa 2 Stunden in dem Nitriergemisch belassen und anschließend in fließendem Wasser bis zur neutralen Reaktion gespült. Das Wasser wird ausgepresst und der Bausch zerzupft. Die Flöckchen werden in der Nähe der Heizung oder bei ca. 50 °C im Wärmeschrank gut getrocknet. Wird ein Flöckchen der so erhaltenen Schießbaumwolle im Reagenzglas erhitzt, so verpufft es, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Berührt man die Schießbaumwolle mit der Flamme eines Gasbrenners, so brennt sie rasch und ohne Rauch und Rückstand ab. (zum Vergleich: Verbrennen von normaler Watte!)

VN 6 Biuretreaktion

Zu einer verdünnten Kupfersulfat-Lösung werden 3 Tropfen einer Eiweiß-Lösung gegeben und dann verdünnte Natronlauge: Violettfärbung.

VN 7 Xanthoproteinreaktion

Zu einer Eiweiß-Lösung gibt man 3 Tropfen konzentrierte Salpetersäure. Es tritt ein weißer Niederschlag auf, der sich beim Erwärmen gelb färbt. Gibt man nach dem Erkalten Ammoniakwasser im Überschuss hinzu, so schlägt die Farbe nach Orange um.

weiterer Versuch: Unverdünntes Eiklar oder mehrere Stücke gekochtes Eiklar werden in einem Reagenzglas mit konz. Salpetersäure übergossen. Nach wenigen Minuten tritt eine Gelbfärbung auf.