

GYMNASIUM

KLAUSUREN

MEHR  
ERFAHREN

# Chemie Oberstufe

VON BORSTEL · GERL · MAULBETSCH · SCHÄPF



**STARK**

# Inhalt

Vorwort  
Stichwortverzeichnis

## **Aromatische Chemie/Organische Verbindungen und Reaktionen**

---

Klausur 1:	Aromatische Chemie .....	1
	Inhalte: Aromatische Systeme, <i>para</i> -Aminobenzoesäure in Sonnenschutzmitteln, Erst- und Zweitsubstitution an Aromaten, Elektrophile aromatische Substitution	
Klausur 2:	Organische Verbindungen .....	13
	Inhalte: Kohlenwasserstoffe im Autogas, Chlorierung, Nitrierung, Analytik, Fehling'sche Probe, Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	
Klausur 3:	Organische Chemie und Reaktionen .....	22
	Inhalte: DDT-Synthese, Elektrophile aromatische Substitution, Zweitsubstitution, Fehling'sche Probe, Zwischenmolekulare Wechselwirkungen, Radikalische Substitution, Bindungsenergie	
Klausur 4:	Organische Verbindungen .....	31
	Inhalte: IUPAC-Nomenklatur, Halogenierte Kohlenwasserstoffe, Beilstein-Probe, Radikalische Substitution, Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	
Klausur 5:	Organische Reaktionen .....	36
	Inhalte: Elektrophile Addition, Eliminierung, Nucleophile Substitution, Radikalische Substitution, Asymmetrisches Kohlenstoffatom, Enantiomer	

## **Farbstoffe**

---

Klausur 6:	Farbstoffe – Methylrot .....	45
	Inhalte: pH-Indikator, Methylrot, Azofarbstoff, Bindungsverhältnisse im Benzol, Mesomere Grenzstrukturen, Farbigekeit, Titration, Polyester, Polykondensation, Dispersionsfarbstoff	
Klausur 7:	Farbstoffe – Indigo und Reaktivschwarz 5 .....	52
	Inhalte: Küpfenfärbung, Indigo, Reaktivfärbung, Reaktivschwarz 5, Azofarbstoff, Waschechtheit, Fasern, Intermolekulare Wechselwirkungen	
Klausur 8:	Farbstoffe – Bismarckbraun .....	58
	Inhalte: Cochenillerot A, Lebensmittelfarbstoff, Bismarckbraun, Azofarbstoff, Elektrophile aromatische Substitution, Nitrierung, Erst- und Zweitsubstitution, Farbigekeit in Abhängigkeit von Struktur und pH-Wert, Mesomere Grenzstrukturen	

## **Kunststoffe**

---

Klausur 9: Kunststoffe – Sportbekleidung .....	65
Inhalte: Polymere, Polyamide, Polyester, Polyurethane, Thermoplast, Elastomer, Duroplast, Polyaddition, Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	
Klausur 10: Kunststoffe – Verpackungsmaterialien .....	71
Inhalte: Polymere, Polyester, Polystyrol, Polymilchsäure, Nachwachsende Rohstoffe	

## **Kohlenhydrate/Aminosäuren/Fette**

---

Klausur 11: Kohlenhydrate und Aminosäuren .....	78
Inhalte: Stärkeverdauung, Enzymreaktionen, Fehling'sche Probe, Katalysator, Aminosäuren, Proteine, Isoelektrischer Punkt, Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	
Klausur 12: Kohlenhydrate und Aminosäuren – Naturstoffe aus marinen Organismen .....	84
Inhalte: Aminosäuren, Proteine, Analytik, Fischer-Projektion, Kohlenhydrate, Galactose	
Klausur 13: Kohlenhydrate, Aminosäuren und Fette – Chemie der Gummibärchen.....	91
Inhalte: Stärke, Fructose, Fischer- und Haworth-Projektion, GOD-Test, Gelatine, Aminosäuren, Primär-, Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur, Bienenwachs, Veresterung, Verseifungszahl	
Klausur 14: Fette .....	98
Inhalte: Fette und ihre Reaktionen, Gesättigte Fettsäuren, Ungesättigte Fettsäuren, Bromwasserprobe, Aldehyd-Nachweise, Peroxid-Zahl, Redoxreaktion, Seife, Umesterung, Brennwert	

## **Chemisches Gleichgewicht**

---

Klausur 15: Chemisches Gleichgewicht .....	103
Inhalte: Ammoniaksynthese, Haber-Bosch-Verfahren, Gleichgewichtsreaktionen, Katalysator, Le Chatelier, Gleichgewichtskonstante, Massenwirkungsgesetz, Veresterung	
Klausur 16: Chemisches Gleichgewicht .....	110
Inhalte: Carboanhydrase, pH-Wert des Bluts, Gleichgewichtsreaktionen, Ammoniaksynthese, Haber-Bosch-Verfahren, Reaktionsgeschwindigkeit, Katalysator, Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante, Le Chatelier	

## **Protolysegleichgewichte**

---

Klausur 17: Protolysegleichgewichte .....	117
Inhalte: Säure-Base-Reaktionen, Indikator, Titration, Massenwirkungsgesetz, Ionenprodukt, pH-Wert	

## **Redoxreaktionen/Elektrochemie/Energetik**

---

Klausur 18: Redoxreaktionen und Elektrochemie .....	125
Inhalte: Redoxreaktionen, Standard-Redoxpotenzial, Halbzelle, Nernst'sche Gleichung	
Klausur 19: Redoxreaktionen und Elektrochemie .....	129
Inhalte: Galvanische Elemente, Leerlaufspannung, Redoxreaktionen, Standard-Redoxpotenzial	
Klausur 20: Redoxreaktionen und Elektrochemie .....	133
Inhalte: Korrosion, Korrosionsschutz, Analytik, Lokalelement, Opferanode, Elektrolyse wässriger Lösungen, Zersetzungsspannung, Überspannung, Nernst'sche Gleichung, Elektrolyse von Salzschnmelzen, Faraday'sche Gesetze, Recycling	
Klausur 21: Elektrochemie und Energetik .....	146
Inhalte: Massenwirkungsgesetz, Galvanische Elemente, Nernst'sche Gleichung, Kalorimetrie, Reaktionsenthalpie, Freie Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie, Redoxreaktionen	
Klausur 22: Energetik .....	152
Inhalte: Energiebedarf, Standardreaktionsenthalpie, Glucose, Haworth-Projektion, Kalorimetrie, Standardbildungsenthalpie, Satz von Hess, Energetik, Freie Standardreaktionsenthalpie, Standardreaktionsentropie	

## **Komplexchemie**

---

Klausur 23: Komplexverbindungen .....	157
Inhalte: Aufbau von Komplexen, Nomenklatur, Eisen- und Kupfer-Komplexe, Gefahrstoffkennzeichnung, Analytik, Löslichkeitsprodukt	

### **Autoren:**

Gregor von Borstel (Klausuren 1, 5, 7, 8, 16, 20)

Thomas Gerl (Klausuren 2, 3, 4, 15, 17, 18, 19)

Christoph Maulbetsch (Klausuren 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22)

Steffen Schäfer (Klausuren 6, 23)



# Vorwort

Lieber Schüler, liebe Schülerin,

der vorliegende Band unterstützt Sie mit **über 20 Musterklausuren** bei Ihrer Vorbereitung auf die Klausuren in der gymnasialen Oberstufe.

**Detaillierte Lösungsvorschläge** zu den Musterklausuren ermöglichen Ihnen die Überprüfung Ihres Wissens und die Einschätzung Ihres Leistungsstandes. **Hinweise** zur Lösung der Aufgaben sind durch *kursiven* Druck hervorgehoben.

Gemäß Oberstufenlehrplan ist ein Großteil der Klausuren den Schwerpunktthemen Aromatische Kohlenwasserstoffe, Farbstoffe, Kunststoffe, Kohlenhydrate, Aminosäuren, Fette, Chemisches Gleichgewicht, Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen gewidmet. Weitere Klausuren aus den ebenfalls klausurrelevanten Stoffgebieten Energetik und Komplexverbindungen runden die Auswahl ab.

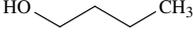
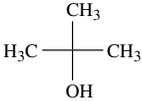
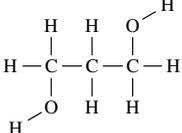
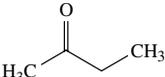
Zu Ihrer Orientierung ist bei jeder Klausur als Richtwert die **Bearbeitungszeit** angegeben. Die **Bewertung und Gewichtung** der einzelnen Aufgaben gibt Ihnen Rückschluss auf den Lösungsumfang der jeweiligen Aufgabe. Hinweise auf deren Anspruch liefert der Einsatz der Operatoren. Um nach der Bearbeitung einer Klausur abschätzen zu können, welcher Note Ihre Leistung entspricht, orientieren Sie sich an den Punkteschlüssel-Tabellen am Ende der jeweiligen Klausur.

Wir sind überzeugt, dass es Ihnen mithilfe dieses Bandes gelingt, Ihre Kenntnisse zu vertiefen und im Umgang mit den Inhalten und Anforderungen der Oberstufe an Sicherheit zu gewinnen.

Viel Erfolg bei Ihrer Vorbereitung wünscht Ihnen  
Ihr Autorenteam



3.1

			
Butan-1-ol	2-Methyl-propan-2-ol	Propan-1,3-diol	Butan-2-on

3.2  *Hinweis: Bei Aufgaben, in denen nach einer Reihenfolge der Schmelz- oder Siedepunkte gefragt ist, muss man stets die zwischenmolekularen Kräfte zwischen den beteiligten Molekülen betrachten. Prinzipiell kommen folgende zwischenmolekularen Kräfte vor:*

<i>Van-der-Waals-Kräfte</i>	<i>Schwächste Wechselwirkungen, die zwischen allen Teilchen herrschen, d. h. immer auftreten.</i>
<i>Dipol-Dipol-Kräfte</i>	<i>Zweitschwächste Wechselwirkung, die zwischen polaren Molekülen, deren Ladungsschwerpunkt nicht zusammenfällt, auftritt.</i>
<i>Wasserstoffbrückenbindungen</i>	<i>Zweitstärkste Wechselwirkung, die ein Spezialfall der Dipolkräfte ist und immer dann auftritt, wenn im Molekül polare –O–H-, –N–H- oder –F–H-Bindungen auftreten.</i>
<i>Ionenkräfte</i>	<i>Stärkste Wechselwirkung, die nur zwischen geladenen Teilchen auftritt.</i>

Die betrachteten Stoffe fließen in folgender Reihenfolge aus der Destillationsapparatur:

D ⇒ B ⇒ A ⇒ C

Substanzen mit niedrigen Siedetemperaturen werden schneller abdestilliert als solche mit hohem Siedepunkt. C hat den höchsten Siedepunkt, da neben Van-der-Waals-Wechselwirkungen und Dipol-Kräften noch zwei Wasserstoffbrückenbindungen als zwischenmolekulare Kräfte auftreten.

A und B bilden jeweils eine Wasserstoffbrückenbindung aus. A hat aber einen höheren Siedepunkt als B, weil hier die Van-der-Waals-Kräfte wegen der größeren Moleküloberfläche größer sind als bei B.

Den niedrigsten Siedepunkt hat D, weil hier keine Wasserstoffbrückenbindungen, sondern nur Van-der-Waals- und Dipol-Dipol-Kräfte auftreten.

4

R	Die Masse $m$ von Butansäure, die sich in 1 L Wasser auflösen lässt, ist größer als die Masse $m$ von Butanal.
R	Die Viskosität von Alkanolen ist bei gleicher Anzahl an C-Atomen größer als die Viskosität entsprechender Alkanale, weil die zwischenmolekularen Kräfte der Alkanole größer sind.
F	Primäre Alkanole sind bei gleicher C-Atomzahl genauso gut wasserlöslich wie sekundäre Alkanole, weil die zwischenmolekularen Kräfte beider Stoffgruppen vergleichbar sind.
R	Die Masse $m$ von Propan-1,2,3-triol, die sich in 1 L Wasser auflösen lässt, ist größer als die Masse $m$ von Propan-1-ol.
F	Mit zunehmender Kettenlänge werden Alkansäuren immer lipophiler, weil der polare Rest immer größeren Einfluss bekommt.

Punkteschlüssel								
Punkte	15	14	13	12	11	10	9	8
BE	ab 29 bis 30	ab 27,5 bis 28,5	ab 26 bis 27	ab 24,5 bis 25,5	ab 23 bis 24	ab 21,5 bis 22,5	ab 20 bis 21	ab 18,5 bis 19,5
Punkte	7	6	5	4	3	2	1	0
BE	ab 17 bis 18	ab 15,5 bis 16,5	ab 14 bis 15	ab 12,5 bis 13,5	ab 10 bis 12	ab 8 bis 9,5	ab 6 bis 7,5	< 6

**Klausuren Chemie**  
**Klausur 5: Organische Reaktionen (Bearbeitungszeit: 180 min)**

BE

**Aufgabe 1: Verknüpfung von Reaktionen zu Reaktionswegen**  
**Aufgabenstellung**

- 1.1 Geben Sie für alle Pfeile in Abb. 1 die entsprechenden Reaktionstypen an. 7
- 1.2 Formulieren Sie für die Monobromierung von Butan die einzelnen Reaktionsschritte der radikalischen Substitution und benennen Sie die zwei möglichen Hauptreaktionsprodukte neben Bromwasserstoff. 6
- 1.3 Ordnen Sie die in Abb. 2 und Abb. 3 dargestellten Chromatogramme den entsprechenden Reaktionen (Bromierung oder Chlorierung) zu. Ordnen Sie den einzelnen Peaks in den Chromatogrammen dann die jeweils entsprechenden Reaktionsprodukte zu und begründen Sie die Produktverteilung. 8
- 1.4 Durch die Zugabe von Iod lässt sich die Halogenierung verlangsamen bzw. ganz stoppen. Erklären Sie dieses Phänomen unter Berücksichtigung der entsprechenden Bindungsenergien (s. Übersicht). 3
- 1.5 Erklären Sie das Zustandekommen der Produktverteilung bei der Chlorierung von 1-Chlorbutan. 9

33

**Fachspezifische Vorgaben**

Abbildung 1 zeigt, wie aus Butan verschiedene chemische Produkte gewonnen werden können.

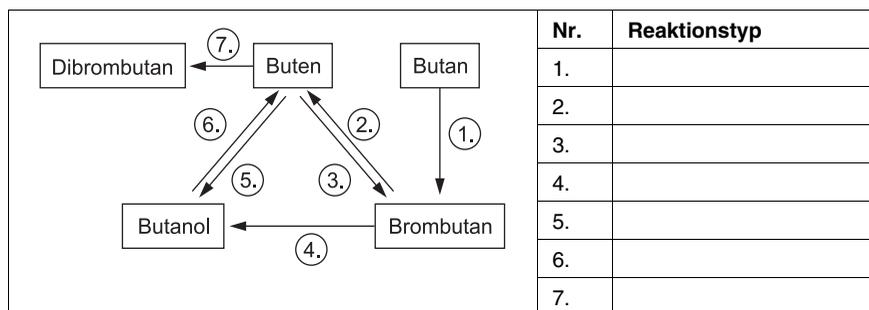


Abb. 1: Reaktionen von Butan

Butan lässt sich schon bei Raumtemperatur unter Lichteinfluss sowohl mit Brom als auch mit Chlor zum entsprechenden Halogenalkan umsetzen. Setzt man die Edukte in einem geeigneten Mengenverhältnis ein, so treten ausschließlich Monosubstitutionsprodukte auf.

Die Reaktionsprodukte beider Reaktionen können anschließend jeweils für sich gaschromatographisch untersucht werden. Die Abb. 2 und 3 zeigen die entsprechenden Chromatogramme der Reaktionsprodukte.

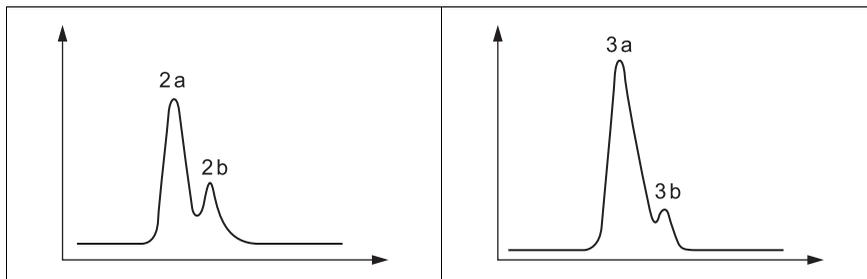


Abb. 2

Abb. 3

### Mittlere Bindungsenergien

I-I:	151 kJ · mol <sup>-1</sup>
H-I:	297 kJ · mol <sup>-1</sup>
I-Cl:	208 kJ · mol <sup>-1</sup>
I-Br:	175 kJ · mol <sup>-1</sup>
C-H:	414 kJ · mol <sup>-1</sup>
C-Br:	285 kJ · mol <sup>-1</sup>
C-Cl:	326 kJ · mol <sup>-1</sup>
C-I:	213 kJ · mol <sup>-1</sup>

1-Chlorbutan lässt sich dann einer weiteren radikalischen Chlorierung unterziehen. Setzt man die Edukte in einem geeigneten Mengenverhältnis ein, treten nur disubstituierte Butane als Reaktionsprodukte auf.

Die gaschromatographische Auftrennung der entstandenen Dichlorbutane ergibt folgende Produktverteilung: 47 % 1,3-Dichlorbutan; 22 % 1,2-Dichlorbutan; 21 % 1,4-Dichlorbutan und 9 % 1,1-Dichlorbutan.

### Aufgabe 2: Reaktion von Halogenalkanen mit wässriger Silbernitratlösung

#### Aufgabenstellung

- 2.1 Erläutern Sie den Unterschied zwischen einer S<sub>N</sub>1- und S<sub>N</sub>2-Reaktion. Benennen Sie dabei zwei Faktoren, die Einfluss darauf haben, ob oder wie schnell eine Reaktion nach S<sub>N</sub>1 oder S<sub>N</sub>2 abläuft.
- 2.2 Deuten Sie die Beobachtungen aus dem Versuch sowie den ersten Hinweis. Formulieren Sie für Ansatz B den Reaktionsverlauf mit Strukturformeln und benennen Sie das Nucleophil.

6

Erklären Sie, welche Reaktion schneller sein müsste, wenn beide Reaktionen nach  $S_N2$  verlaufen würden und diskutieren Sie die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten in den beiden Ansätzen.

10

2.3 Zeichnen Sie gemäß der Cahn-Ingold-Prelog-Konvention (*R/S*-Systematik) die Strukturformeln von (*R*)-2-Brombutan und (*S*)-2-Butanol.

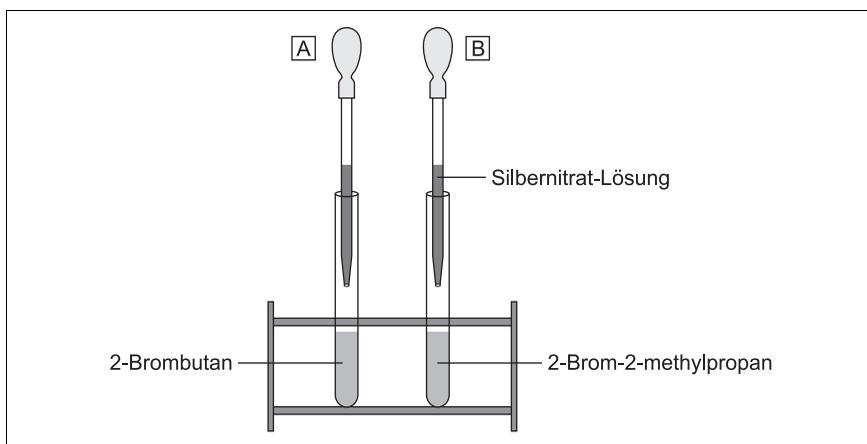
Erklären Sie die Begriffe asymmetrisches C-Atom und Enantiomer.

8  
24

### Fachspezifische Vorgaben

Versuch:

5 mL der Flüssigkeiten 2-Brombutan und 2-Brom-2-methylpropan werden in je ein Reagenzglas gegeben. In beide Reagenzgläser werden dann gleichzeitig jeweils 5 mL wässrige Silbernitratlösung getropft.



Beobachtungen:

In beiden Ansätzen tritt ein weißlich-gelber Niederschlag auf, allerdings nach unterschiedlichen Zeiten. Die nachfolgende Tabelle gibt diese Zeiten sowie den pH-Wert der wässrigen Phase des Reaktionsansatzes nach 15 min an.

	2-Brombutan	2-Brom-2-methylpropan
Zeit bis zum Auftreten des Niederschlags	2 min	10 sec
pH-Wert nach 15 min	3,5	0,5

### Hinweise

Verwendet man (*R*)-2-Brombutan, entsteht bei der Reaktion im ersten Ansatz ausschließlich (*S*)-2-Butanol.

Nicht immer sind  $S_N1$ -Reaktionen langsamer als  $S_N2$ -Reaktionen.

### Aufgabe 3: Reaktionen von 2-Pentanol

#### Aufgabenstellung

- 3.1 Schließen Sie anhand der Untersuchungen auf die Reaktionsprodukte. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus mithilfe der entsprechenden Reaktionsgleichungen (mit Strukturformeln) und benennen Sie die Produkte A und B. 10
- 3.2 Erklären Sie, warum man die Produkte in größerer Ausbeute erhält, wenn man Sie durch das Erhitzen aus der Lösung „vertreibt“? 2
- 3.3 Angenommen, man hat die Produkte A und B voneinander getrennt und lässt sie danach jeweils mit Bromwasserstofflösung ( $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ ) reagieren. In beiden Reaktionen sind je zwei Produkte denkbar. Benennen Sie den Reaktionstyp, beschreiben Sie die Reaktionen mit Reaktionsgleichungen und begründen Sie, ob und ggf. welches Produkt jeweils bevorzugt gebildet wird.  
*Hinweis:* Sollte es Ihnen nicht gelingen, in Aufgabe 3.1 die Produkte zu bestimmen, können Sie anstelle der Verbindungen A und B mit Propen und 2-Hexen weiterarbeiten. 8

20

#### Fachspezifische Vorgaben

Versuch:

In einem Rundkolben mit Thermometer werden 20 mL 2-Pentanol nach Zugabe von wenigen mL Phosphorsäure auf 120 °C erhitzt. Die bei der Reaktion entstehenden Gase werden in einer eisgekühlten „Kühlfalle“ zur Kondensation gebracht. Die dabei entstehende Flüssigkeit wird anschließend näher untersucht.

- (I) Bromwasserprobe: Zu beiden Verbindungen A und B wird Bromwasser gegeben. Es zeigt sich in beiden Fällen (auch ohne Belichtung) eine Entfärbung des Bromwassers.
- (II) Destillation: Bei der Destillation zeigt sich, dass die Flüssigkeit aus zwei verschiedenen Stoffen A und B besteht.
- (III) Siedepunktbestimmung: Die Siedetemperatur der Verbindung A beträgt 30 °C, die der Verbindung B 36 °C (zum Vergleich: der Siedepunkt von 2-Pentanol beträgt 119 °C).

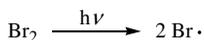
77

## Lösung

Inhalte: Elektrophile Addition, Eliminierung, Nucleophile Substitution, Radikalische Substitution

- 1.1 1. (radikalische) Substitution
2. Eliminierung
3. (elektrophile) Addition
4. (nucleophile) Substitution
5. Eliminierung
6. (elektrophile) Addition
7. (elektrophile) Addition

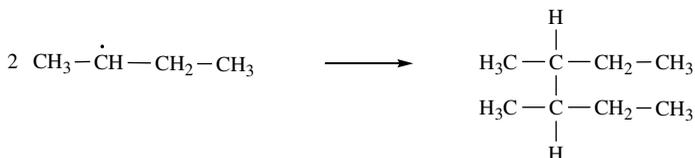
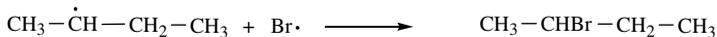
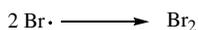
1.2 Startreaktion:



Kettenreaktion:



Abbruchreaktionen:



Mögliche Reaktionsprodukte: 2-Brombutan und 1-Brombutan

1.3 Diagramme: Abb. 2: Chlorierung, Abb. 3 Bromierung

Peaks: 2a: 2-Chlorbutan, 2b: 1-Chlorbutan,

3a: 2-Brombutan, 3b: 1-Brombutan.

Bromierung: 2-Brompropan wird als Hauptprodukt gebildet, da dieses aus dem sekundären Butylradikal gebildet wird. 1-Brombutan dagegen wird aus dem primären Butylradikal gebildet. Die Bildung des sekundären Butylradikals ist zwar statistisch unwahrscheinlicher (4:6), aber es ist stabiler (bzw. energieärmer) als das primäre Butylradikal (zwei +I-Substituenten beim sekundären, ein +I-Substituent beim primären Butylradikal  $\Rightarrow$  Abschwächung des Elektronenmangels am radikalischen C-Atom) und wird somit häufiger gebildet.

Bei der Chlorierung gilt grundsätzlich die gleiche Argumentation, allerdings ist die Selektivität der Reaktion weniger stark ausgeprägt.

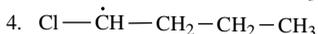
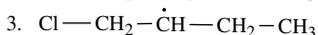
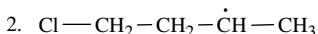
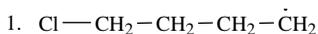
♣ *Hinweis: Das Nebenprodukt tritt häufiger auf als bei der Bromierung.*

Grund hierfür ist die größere Reaktivität des Chlors.

♣ *Hinweis: Die größere Reaktivität des Chlors wird durch die geringere Stabilität des kleineren Radikals bedingt.*

1.4 Die während der Reaktion entstehenden Radikale spalten bevorzugt das I<sub>2</sub>-Molekül (Bindungsenergie: 151 kJ · mol<sup>-1</sup>), sodass ein Iodradikal entsteht. Dieses ist allerdings so wenig reaktiv, dass die Reaktion abbricht. Die Spaltung einer C–H-Bindung: (414 kJ · mol<sup>-1</sup>) ist z. B. nicht möglich, da beim Knüpfen einer H–I-Bindung nur 297 kJ · mol<sup>-1</sup> frei werden.

1.5 Die Zweitsubstitution kann über vier verschiedene Radikale ablaufen:



Nr. 4 ist am instabilsten, da es zum einen ein primäres Radikal ist und zum anderen am radikalischen C-Atom noch ein –I-Substituent gebunden ist, der den Elektronenmangel am radikalischen C-Atom noch verstärkt, deshalb wird das daraus entstehende Produkt (1,1-Dichlorbutan) am seltensten gebildet.

Nr. 1 ist ebenfalls relativ instabil, da es sich ebenfalls um ein primäres Radikal handelt, aber ohne –I-Substituent am radikalischen C-Atom, deshalb ist das abgeleitete Produkt 1,4-Dichlorbutan das zweitseltenste Produkt.

Nr. 2 und 3 sind sekundäre Radikale und damit etwas stabiler. Allerdings ist bei Nr. 3 das radikalische C-Atom nur durch eine CH<sub>2</sub>-Gruppe vom –I-Substituenten getrennt, dadurch wird das Radikal destabilisiert und tritt damit weniger häufig auf als das Radikal Nr. 2. Somit ist 1,2-Dichlorbutan das zweithäufigste Produkt.

Bei Nr. 2 ist das radikalische C-Atom durch zwei CH<sub>2</sub>-Gruppen vom –I-Substituenten getrennt, deshalb wirkt sich dieser weniger stark aus. Somit tritt das abgeleitete Produkt 1,3-Dichlorbutan am häufigsten auf.

2.1 S<sub>N</sub>1: Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt hängt nur von der Konzentration des „Substrats“ ab, nicht von der Konzentration des Nucleophils. Die Abgangsgruppe löst sich, erst danach erfolgt der Angriff des Nucleophils. Als Zwischenprodukt tritt ein trigonal-planar substituiertes Carbokation auf.

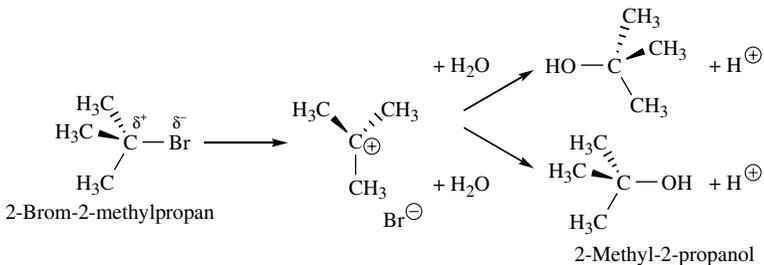
$S_N2$ : Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt hängt von der Konzentration des Substrats und von der Konzentration des Nucleophils ab. Im Übergangszustand erfolgen der Angriff des Nucleophils und das Ablösen der Abgangsgruppe gleichzeitig, so dass bevorzugt ein Rückseitenangriff stattfindet.

Denkbare Faktoren:

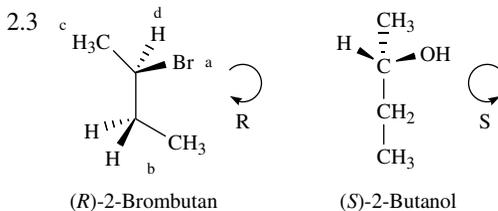
**Abgangsgruppe** (gute/schlechte Stabilisierung der Elektronen korreliert mit Basizität), **Art des Nucleophils** (Ladung, Polarisierbarkeit der Elektronenhülle), **Struktur des Substrats** (sterische Hinderung, Stabilisierung des Carbokations), **Lösemittel** (unpolar/polar, protisch/aprotisch, Solvatisierung der Ionen, Solvatisierung des Nucleophils).

- 2.2 Das Auftreten eines weißlich-gelben Niederschlags zeigt das Entstehen von Bromid-Ionen (Fällung als schwerlösliches Silberbromid) an. Die Erniedrigung des pH-Werts deutet auf die Entstehung von  $H^+$ -Ionen hin, die beschriebene Inversion auf den Ablauf der ersten Reaktion nach dem  $S_N2$ -Mechanismus.

Reaktionsverlauf für Ansatz B: Das Nucleophil ist ein Wassermolekül:



Die Reaktion in Ansatz A verläuft ebenfalls über eine  $S_N2$ -Reaktion (Inversion), die aber aufgrund der sterischen Hinderung und des polar protischen Lösemittels sowie der geringen Nucleophilie von Wasser hier allerdings relativ langsam verläuft. Die Reaktion in Ansatz B müsste aufgrund der größeren sterischen Hinderung nach  $S_N2$  langsamer ablaufen. Sie verläuft aber über das stabilisierte tertiäre Carbokation als Zwischenprodukt nach dem  $S_N1$ -Mechanismus im polaren Lösemittel Wasser schnell ab.



▮ *Hinweis: Adäquate alternative Darstellungsweisen sind zulässig.*



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)

[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**