

11 Alkohole

11.20 Zusammenfassung und Übung (S. 348 – 350)

Zu den Aufgaben

A1

Name	Summenformel	Halbstrukturformel	Strukturformel
Methanol	CH ₄ O	CH ₃ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\overline{\text{O}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Ethanol	C ₂ H ₆ O	CH ₃ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\overline{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Propan-1-ol	C ₃ H ₈ O	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\overline{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Butan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\overline{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

A2

Butan-1-ol	Butan-2-ol	2-Methylpropan-2-ol
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
prim.	sek.	tert.

Andere Lösungen sind möglich.

A3 Es gibt zwei mögliche Lösungen:

Name	Strukturformel
2-Methylbutan-1,2,3-triol	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \quad \text{H} \end{array}$
3-Methylbutan-1,2,3-triol	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$

A4

Butan-1-ol	2-Methylpropan-1-ol	Butan-2-ol	2-Methylpropan-2-ol
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
prim.	prim.	sek.	tert.

A5

a) Siedetemperatur Wasser: 100 °C, Siedetemperatur Ethanol: 78,37 °C

Die hohe Siedetemperatur des Wassers deutet darauf hin, dass der Zusammenhalt zwischen den Wasser-Molekülen außergewöhnlich groß ist. Zwischen einem Wasserstoff-Atom eines Moleküls und dem Sauerstoff-Atom eines anderen Moleküls besteht eine starke Anziehung, die man als Wasserstoffbrücke (H-Brücke) bezeichnet. Jedes Wasser-Molekül kann zwei Wasserstoffbrücken zu Nachbar-Molekülen bilden. Dabei geht jeweils ein Wasserstoff-Atom eine Wechselwirkung mit einem nicht bindenden Elektronenpaar eines Sauerstoff-Atoms ein. Wasserstoffbrücken werden ständig gelöst und mit anderen Molekülen neu gebildet. Wasserstoffbrücken sind starke Wechselwirkungen zwischen den polaren Bindungen der Moleküle von Wasserstoff-Verbindungen. Das Ethanol-Molekül besitzt eine OH- bzw. Hydroxygruppe. Die Bindung zwischen dem Wasserstoff- und dem Sauerstoff-Atom ist stark polar, mit einer positiven Teilladung am Wasserstoff-Atom und einer negativen am Sauerstoff-Atom. Es liegt ein Dipol vor. Zwischen Ethanol-Molekülen können sich Wasserstoffbrücken ausbilden.

b) Siedetemperatur Wasser: 100 °C, Siedetemperatur Methanol: 64,7 °C

Im Unterschied zu einem Wasser-Molekül kann jedes Methanol-Molekül nur ein Wasserstoff-Atom zur Verfügung stellen, um eine Wasserstoffbrücke zum Nachbar-Molekül auszubilden. Insgesamt sind daher die zwischenmolekularen Kräfte schwächer als beim Wasser. Dementsprechend ist auch die Siedetemperatur von Methanol mit 67,7 °C niedriger als die von Wasser.

A6

a) Das Diagramm beschreibt den Verlauf der Siedetemperaturen für die Stoffklassen der Alkane und Alkanole. Auf der x-Achse ist die Zahl der Elektronen im Molekül und auf der y-Achse die entsprechende Siedetemperatur aufgetragen. In beiden Fällen steigen die Kurven innerhalb der homologen Reihe an. Die Kurve der Alkanole liegt über der der Alkane.

Während die Kurven bei den ersten Gliedern der homologen Reihen noch weit auseinanderliegen, kommt es am Ende zu einer Annäherung der Siedetemperaturen.

b) Die Siedertemperaturkurve der Alkanole liegt über der Kurve der Alkane mit ähnlicher Kettenlänge und Elektronenzahl. Dies ist auf die Polarität der OH-Gruppe zurückzuführen, die zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Alkanol-Molekülen führt.

c) Mit zunehmender Kettenlänge nähern sich allerdings die Siedetemperaturen von Alkanen und entsprechenden Alkanolen an, da die London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte) zwischen den Alkan-Molekülen bzw. Alkylgruppen mit zunehmender Molekülgröße und damit zunehmender Elektronenzahl immer größer werden. Sie gewinnen gegenüber den Wasserstoffbrücken einen immer größeren Anteil an den zwischenmolekularen Kräften. Der erste bei Zimmertemperatur feste Alkohol ist Dodecan-1-ol.

A7

a) Obwohl beide Moleküle ähnliche Molekülmassen besitzen, hat Butan eine deutlich geringere Siedetemperatur als 1-Propanol. Die zwischenmolekularen Kräfte müssen zwischen den Butan-Molekülen wesentlich schwächer sein als zwischen den Propan-1-ol-Molekülen. Zwischen den Butan-Molekülen herrschen schwache London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte), dagegen zwischen Propan-1-ol-Molekülen relativ starke Wasserstoffbrücken.

b) Aufgrund der Kettenlänge der Hexan-Moleküle sind die London-Kräfte (Van-der-Waals-Kräfte) zwischen den Hexan-Molekülen ähnlich groß wie die Wasserstoffbrücken zwischen den Methanol-Molekülen. Daraus folgen die ähnlichen Siedetemperaturen von Methanol und Hexan.

A8 Ethanolmoleküle besitzen eine polare Hydroxygruppe und eine unpolare Ethylgruppe. Der Stoff ist daher sowohl hydrophil als auch lipophil. Das Ethanol wirkt als Lösungsvermittler (Emulgator).

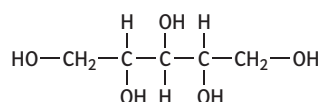
A9 Es gibt kein Pentan-2,2-diol, denn es ist instabil. Die Erlenmeyer-Regel besagt, dass chemische Verbindungen, die an einem Kohlenstoff-Atom mehr als eine Hydroxygruppe (–OH) tragen, nicht stabil sind, sondern zur Abspaltung von Wasser neigen.

A10

a) Glycerin-Moleküle können aufgrund der OH-Gruppen Wasserstoffbrücken zu Wasser-Molekülen ausbilden. Glycerin dient daher als Feuchthaltemittel in Kuchen (dieser bleibt länger saftig). In Cremes dient Glycerin der Haut als Feuchtigkeitsspender.

b) Glycerin ist hygroskopisch und bindet Wasser aus der Luftfeuchtigkeit.

A11



Xylit (Pentan-1,2,3,4,5-pentol)

Aufgrund der zahlreichen Hydroxygruppen ist Xylit in Wasser leicht löslich.

Zuckeralkohole, eigentlich Alditole, sind nichtcycliche Polyole, die sich strukturell als Reduktionsprodukte von Kohlenhydraten (Zuckern) ableiten.

Die allgemeine Formel lautet $\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_n\text{CH}_2\text{OH}$.

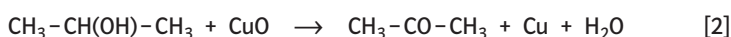
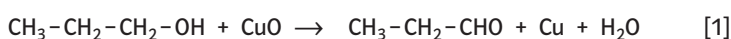
A12

Name	Strukturformel	Oxidationszahlen
Methan		- IV CH ₄
Ethan		- III, - III CH ₃ CH ₃
Methanol		- II CH ₃ OH
Ethanol		- III, - I CH ₃ CH ₂ OH
Propan-2-ol		- III, 0, - III CH ₃ CH(OH)CH ₃
2-Methylpropan-2-ol		- III, + I, - III, - III CH ₃ C(OH)(CH ₃)CH ₃

A13

Propan-1-ol	Propan-2-ol
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
prim.	sek.

Man hält ein Kupferblech in die rauschende Brennerflamme, wodurch Kupferoxid (CuO) entsteht. Das noch heiße Blech taucht man anschließend einmal in Propan-1-ol und in einem weiteren Versuch in Propan-2-ol. Im Falle des Propan-1-ols [1] (prim. Alkanol) entsteht ein Aldehyd (Propanal). Im Falle des Propan-2-ols [2] (sek. Alkanol) entsteht ein Keton (Propanon).



Das in [1] entstandene Propanal kann mit der Benedict- oder Tollensprobe nachgewiesen werden, während das Keton in [2] damit nicht reagiert.

A14

Name	Struktur	Siedetemperatur	
Butan	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	-0,5 °C	Es handelt sich um ein unpolares Molekül. Nur relativ schwache London-Kräfte wirken zwischen den Molekülen. Die Siedetemperatur ist vergleichsweise niedrig.
Acetaldehyd	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	20 °C	Das Acetaldehyd-Molekül ist aufgrund der polaren C=O-Bindung und seines räumlichen Aufbaus ein permanenter Dipol. Die Anziehungskräfte zwischen permanenten Dipolen sind größer als die London-Kräfte zwischen Molekülen vergleichbarer Größe oder Molekülmasse.
Propan-1-ol	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \end{array} $	97 °C	Die stärkeren Wasserstoffbrücken zwischen den Hydroxygruppen führen zu einer deutlich höheren Siedetemperatur.
Ethan-1,2-diol	$ \begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & & \\ & \text{H} & \text{H} \end{array} $	197 °C	Aufgrund von zwei vorhandenen Hydroxygruppen sind die zwischenmolekularen Kräfte durch die Wasserstoffbrücken in diesem Fall stärker und daher ist die Siedetemperatur des Diols nochmals höher.

A15 Die Aldehydgruppe ist polar, weshalb Dipolkräfte/Dipol-Dipol-Kräfte zwischen Ethanal-Molekülen wirken. Da die Aldehydgruppe jedoch kein polar gebundenes (sauerstoffgebundenes) Wasserstoff-Atom besitzt, sind keine Wasserstoffbrücken möglich.

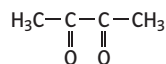
Wasserstoffbrücken zu Wasser-Molekülen können sich jedoch ausbilden, da die Sauerstoff-Atome der Aldehydgruppen eine negative Teilladung und freie Elektronenpaare aufweisen und Wasserstoffbrücken zu den Wasserstoff-Atomen mit der positiven Teilladung der Wasser-Moleküle gebildet werden können.

Aldehyde, wie Acetaldehyd, deren Moleküle nur kurze Alkylgruppen enthalten, sind daher gut wasserlöslich.

A16

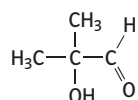
Name	Struktur
Butan-1,2-diol	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} $
2-Methylpropan-1,2-diol	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} $

b) Kupfer wird in der Brennerflamme zu Kupfer(II)oxid (CuO) oxidiert, das Blech wird schwarz. Kupfer(II)oxid (CuO) oxidiert den 2-fach sekundären Alkohol Butan-1,2-diol zum Diketon (konkret: Diacetyl):

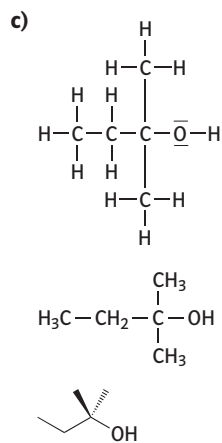
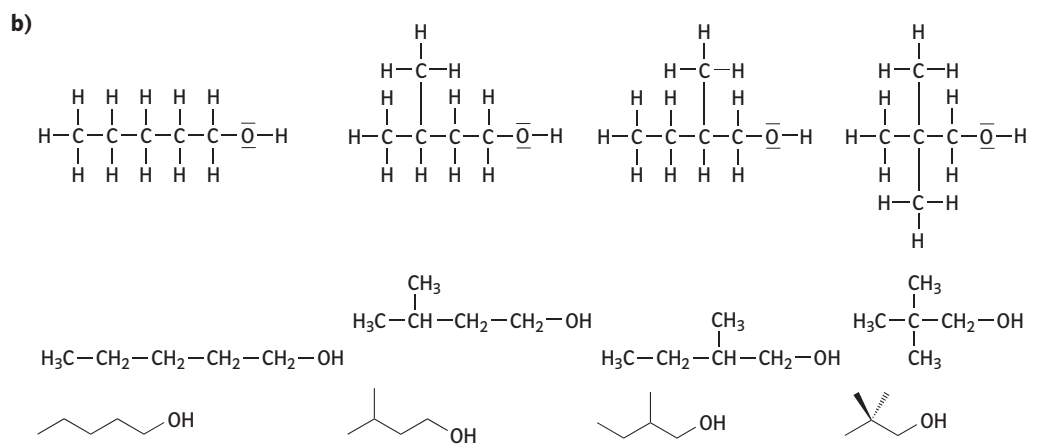
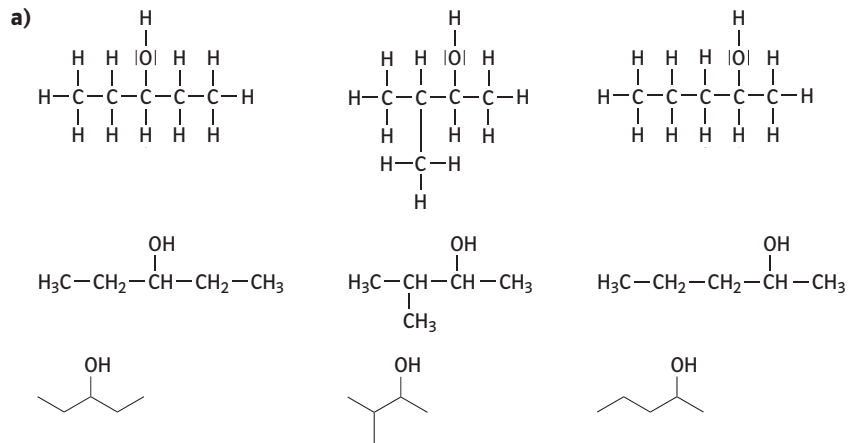


Kupferoxid wird dabei reduziert, und das Kupferblech wird wieder blank.

2-Methylpropan-1,2-diol besitzt eine tertiäre und eine primäre Hydroxygruppe. Das tertiäre C-Atom wird nicht oxidiert, während die primäre Gruppe zur Aldehydgruppe oxidiert wird. Das Produkt ist ein Hydroxyaldehyd (konkret: 2-Methyl-2-hydroxypropanal):

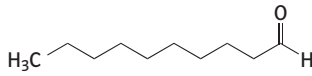
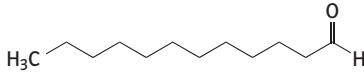
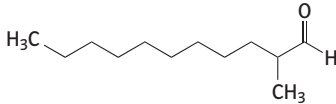


A17

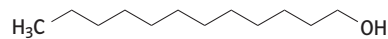


Bei **a**) handelt es sich um die Moleküle sekundärer Alkanole, die zu Alkanonen (Ketonen) oxidiert werden,
 bei **b**) um die Moleküle primärer Alkanole, die zu Alkanalen (Aldehyden) oxidiert werden und
c) ist ein tertiäres Alkanol-Molekül, das ohne Zerstörung des Kohlenstoff-Atom-Gerüsts nicht oxidiert werden kann.

A18

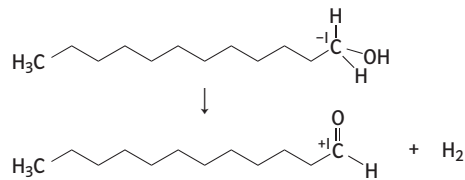
a) Name	Struktur	
Decanal		
Dodecanal		Gleiche Molekülformel (C ₁₂ H ₂₄ O), daher Isomere
2-Methylundecanal		

b) Der IUPAC-Name des Laurylalkohols ist 1-Dodecanol.



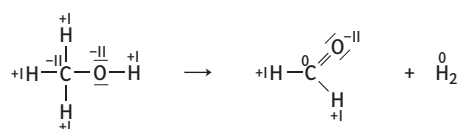
Die Oxidationszahl des C-1-Atoms ändert sich von -I (Dodecanol) auf +I (Dodecanal).

Die Oxidationszahl zweier Wasserstoff-Atome ändert sich von +I (Dodecanol) auf 0 (H₂).


A19

Name	Strukturformel	Oxidationszahl des C-Atoms, das mit dem Sauerstoff-Atom verbunden ist.
Propan-1-ol	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	-I
Propan-2-ol	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \end{array}$	0
Propanal	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad // \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	+I
Propanon	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ \quad // \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	+II
Propansäure	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad // \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \end{array}$	+III

A20 Zwischen den polaren Aldehydgruppen wirken Dipolkräfte. Diese sind größer als die London-Kräfte, die zwischen Alkan-Molekülen wirken, aber kleiner als die Wasserstoffbrücken, die zwischen Alkanol-Molekülen ausgebildet werden. Die Siedetemperaturkurve für die Alkanale liegt daher zwischen den Kurven für die Alkane und Alkanole.

A21


Es handelt sich bei der Reaktion um eine Redoxreaktion. Das Kohlenstoff-Atom im Methanol wird oxidiert, zwei Wasserstoff-Atome werden reduziert.

A22

- a)** Die Verwendung von Ethanol anstelle von Benzin soll die Abhängigkeit von Erdölimporten mindern. Ferner handelt es sich bei Ethanol um einen nachwachsenden Rohstoff.
- b)** Einige Probleme, die mit der Herstellung von Ethanol aus Zuckerrohr aufgetreten sind:
- Der Anbau von Zuckerrohr auf Flächen, die bisher der Nahrungsmittelproduktion dienten, führte dazu, dass Grundnahrungsmittel importiert werden mussten und zu einer Landflucht mit Bildung von Slums in den Großstädten.
 - Der Zuckerrohranbau erforderte eine intensive Düngung mit ihren negativen Folgen.
 - Die Abwässer der Ethanolfabriken verschmutzten die Flüsse.
 - Die staatliche Förderung führte zu einer Festlegung auf den Pkw als dominantes Verkehrsmittel; der öffentliche Personennahverkehr wurde nicht mehr gefördert.
 - Der enorme Aufwand an Steuermitteln (bis zu 15 Mrd. US-Dollar pro Jahr) führte dazu, dass das Geld für lebenswichtige Projekte fehlte.
- c)** Nachwachsende Rohstoffe besitzen eine wesentlich günstigere Kohlenstoffdioxid-Bilanz als fossile Rohstoffe. Wenn man den Kohlenstoffdioxid-Ausstoß bei Anbau, Pflege, Düngung, Ernte und Verarbeitung nicht berücksichtigt, wird bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe nur gerade so viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie die Pflanze beim Wachstum gebunden hat. Diesem Vorteil stehen allerdings die in **b)** genannten Nachteile gegenüber.