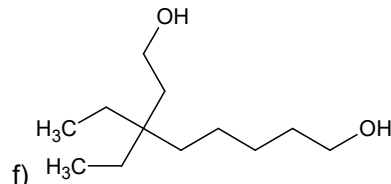
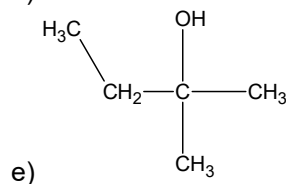
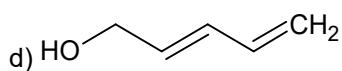
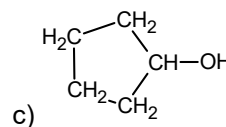
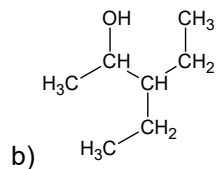
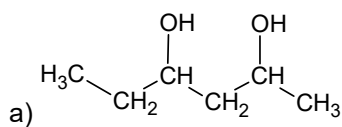
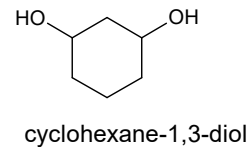
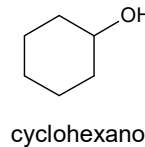
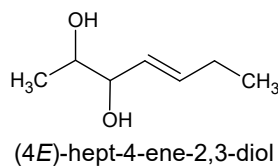
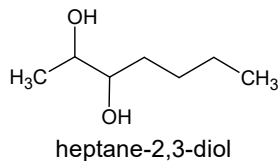
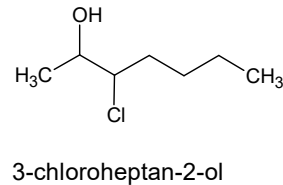
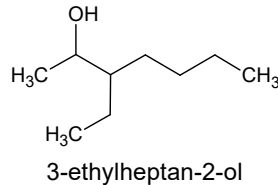
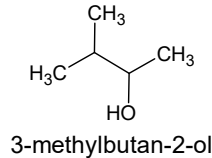
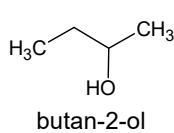
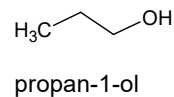
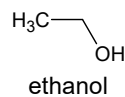
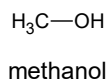
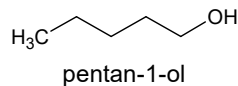


## 1. Reaktionen von und zu Alkoholen und deren Eigenschaften

1.1 Anbei finden Sie einige Skelettformeln von Alkoholen mit ihren englischen systematischen Namen. Leiten Sie daraus Nomenklaturregeln ab und benennen Sie dann die Alkohole a) bis f) mit deutschem systematischen Namen



1.2 Geben Sie die Strukturformeln von 3 tertiären Alkoholen an und benennen Sie die Verbindungen mit systematischen Namen.

1.3 Geben Sie Strukturformeln und systematischen Namen von 3 dreiwertigen Alkoholen an.

1.4 Zuckerfreier Kaugummi enthält als süß schmeckenden Zuckerersatzstoff eine Verbindung mit dem Trivialnamen *Xylit*. Eine Analyse ergab die Summenformel  $C_5H_{12}O_5$ . Schlagen Sie eine Strukturformel vor und geben Sie den dazugehörigen systematischen Namen an

1.5 Bei der Dehydratisierung (= Entzug von Wasser) von 3-Methylhexan-3-ol sind mehrere Alkene als Reaktionsprodukte denkbar.

- Geben Sie die Strukturformel des Ausgangsstoffs an.
- Geben Sie die möglichen Strukturformeln der Alkene an und benennen Sie die Verbindungen.

1.6 20 g Glycerin wird in Sauerstoffatmosphäre vollständig verbrannt. Notieren Sie die Reaktionsgleichung und berechnen Sie die Massen der Ausgangsstoffe und der entstehenden Endprodukte.

1.7 2-Methyl-Propan-2-ol ist mit Wasser in jedem Verhältnis zu einer homogenen Lösung mischbar.

- Gibt man zu dem Alkohol konzentrierte Salzsäure ( $HCl_{conc}$ ), so entsteht nach einiger Zeit und Schütteln neben der wässrigen Phase eine weitere Phase. Erklären Sie dies unter Zuhilfenahme einer Brutto-Reaktionsgleichung.
- Mechanismus: Zuerst lagert sich in einer Säure-Base-Reaktion mit  $H_3O^+$  (in  $HCl_{conc}$  enthalten!) an die Hydroxylgruppe ein Proton an. Daraufhin kann dann das Nucleophil noch leichter angreifen (warum?). Bei der nun

stattfindenden nucleophilen Substitution spaltet sich  $\text{H}_2\text{O}$  ab, eine deutlich bessere Abgangsgruppe als  $\text{OH}^-$ . Formulieren Sie die passende Reaktionsgleichungen zum Mechanismus.

**1.8** Durch Reaktion von 2-Brombutan mit konz. Kaliumhydroxidlösung ( $\text{KOH}_{\text{aq}}$ ) entsteht ein Alkohol. Geben Sie den Reaktionstyp und die Reaktionsgleichung an.

**1.9** Die Herstellung von Chlorbenzen aus aromatischem Phenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) mit Salzsäure scheitert. Begründen Sie!

**1.10** Geben Sie 2 voneinander unabhängige Möglichkeiten an, Cyclohexanol zu synthetisieren.

**1.11** Formulieren Sie den Inhalt der Erlenmeyer-Regel in Textform und geben Sie ein Beispiel als Reaktionsgleichung an.

2. Ab hier können sich die Aufgaben auch auf Ether beziehen

### 2.1 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

- Geben Sie die Produkte und deren Stoffmengen an, die bei der vollständigen Verbrennung von 10 g Ethanol entstehen.
- Verbrennt man 10 Gramm eines anderen organischen Stoff, so entstehen exakt die gleichen Produkte und Stoffmengen wie bei 9a). Welche Gemeinsamkeit muss der Stoff mit Ethanol besitzen? Schlagen Sie eine Strukturformel vor und notieren Sie den Namen.
- Ordnen Sie die folgenden Eigenschaften einem der beiden Stoffe begründet zu.  
I)  $\text{Sdp} = 78\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{Sdp} = -25\text{ }^\circ\text{C}$       II) in Wasser mäßig löslich (70g/L); in Wasser vollständig löslich

### 2.2 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

- Geben Sie die Strukturformeln aller 6 Stoffe mit der Summenformel  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  an (Alkohole + Ether). Benennen Sie 5 der Verbindungen mit systematischem Namen.
- Ordnen Sie den Stoffen aus a) folgende Sdp. begründet zu:  $31\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $35\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $39\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $83\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $99\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $108\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $118\text{ }^\circ\text{C}$ .

**2.3** Aus 3-Methyl-3-chlor-heptan kann ein Alkohol synthetisiert werden. Benennen Sie den Reaktionspartner, notieren Sie die Bruttoreaktionsgleichung und benennen Sie den Reaktionstyp.

**2.4** Ein Gemisch aus Ethanol und Propan-2-ol wird zur Einleitung von Kondensationsreaktionen mit Salzsäure angesäuert und gekocht.

- Geben Sie die Strukturformeln aller Kondensationsprodukte an!
- Im Reaktionsprodukt findet sich als Nebenprodukt auch eine Verbindung mit der Summenformel  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ . Erklären Sie deren Anwesenheit mit einer Reaktionsgleichung.
- Beim Ethanol kann es auch zu einer säurekatalysierten Eliminierung von Wasser kommen. Notieren Sie das Reaktionsprodukt.

**2.5** Alkoholate sind die Salze der Alkohole. Sie entstehen, wenn aus der Hydroxylgruppe der Alkohole ein Proton abgespalten wird. allgemeine Strukturformel der Natriumalkoholate:  $\text{Na}^+ \text{ } ^-\text{O-R}$ . Alkoholat-Anionen sind sehr gute Nucleophile. Welches Produkte entstehen bei der Reaktion von Natriumethanolat mit Bromethan?

**2.6** Alkoholate sind starke Basen. Welches Produkt entstehen, wenn man das Salz Natriumethanolat in Wasser löst?

**2.7** Stellt die Reaktion von Ethanol zu Diethylether eine Redox-Reaktion dar? Begründen Sie!

**2.8** Mechanismus der Etherbildung: Die Reaktion läuft unter Säurekatalyse (mit  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) ab. Zuerst wird die Hydroxylgruppe des einen Alkoholmoleküls protoniert, d.h. lagert ein Proton an. Anschließend kann das andere Alkoholmolekül mit seiner Hydroxylgruppe nucleophil angreifen, wobei  $\text{H}_2\text{O}$  abgespalten wird. Das Reaktionsprodukt wird deprotoniert und der Katalysator regeneriert! Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen!



## Lösungshinweise

### Zum Einstieg: youtube-Videos zu Alkoholen

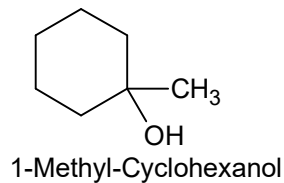
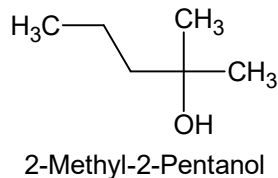
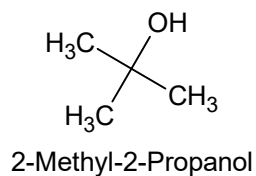
Einfache Grundlagen, primäre, sekundäre, tertiäre Alkohole: <https://www.youtube.com/watch?v=gar0bkf9c14>

mehrwertige Alkohole und aromatische Alkohole (Phenole): <https://www.youtube.com/watch?v=qKqHclWxUs4>

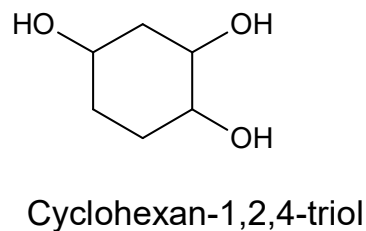
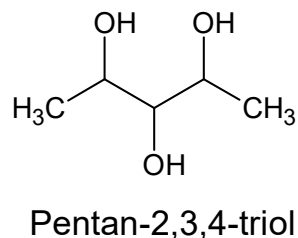
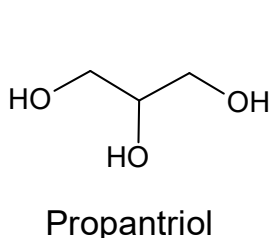
1.1

- a) Hexan-2,4-diol
- b) 3-Ethyl-Pentan-2-ol: Die OH-Gruppe hat in der Nummerierung Priorität
- c) Cyclopentanol
- d) 2,4-Pentadien-1-ol: Die OH-Gruppe hat in der Nummerierung Priorität
- e) 2-Methyl-Butan-2-ol
- f) 3,3-Diethyl-Octan-1,8-diol

1.2



1.3



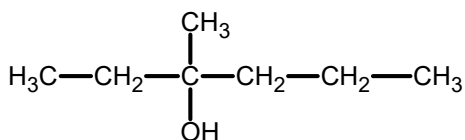
1.4

Mehrwertige Alkohole besitzen einen süßen Geschmack. Wegen der ERLIENMEYER-Regel können die meisten stabilen Verbindungen an einem C-Atom i.d.R. nicht mehrere OH-Gruppen gleichzeitig tragen.

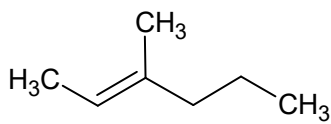
Es handelt sich um Pentanpentaol:  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$

1.5

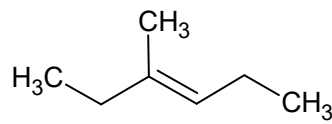
a)



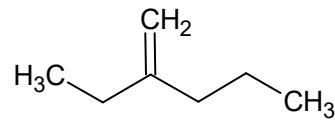
b)



3-Methyl-hex-2-en



3-Methyl-hex-3-en



2-Ethyl-1-Pent-1-en

Nicht berücksichtigt ist dabei, dass es auch noch *E/Z*-Isomere (*cis/trans*-Isomere) dieser Verbindungen geben kann.

1.6

Bei der Verbrennung von Molekülen die aus C, H und O bestehen, entstehen als Reaktionsprodukte immer  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ :

Reaktionsgleichung:  $2 \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 7 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2$

**Berechnung der Stoffmenge Glycerin (Propantriol)**

$$n(\text{Gly}) = \frac{m(\text{Gly})}{M(\text{Gly})} \Rightarrow n(\text{Gly}) = \frac{20 \text{ g}}{92 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,21739 \text{ mol}$$

**Berechnung der Stoffmengen und Massen der übrigen Reaktionspartner**

Laut Reaktionsgleichung werden für die Verbrennung von 2 Molekülen  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  genau 7 Moleküle  $\text{O}_2$  verbraucht (also 7/2

= 3,5 mal so viel). Bei der Verbrennung von 0,21739 mol  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  werden  $n(\text{O}_2) = \frac{7}{2} \cdot 0,21739 \text{ mol} = 0,76087 \text{ mol}$   $\text{O}_2$

verbraucht. Das entspricht folgender Masse:

$$m(\text{O}_2) = M(\text{O}_2) \cdot n(\text{O}_2) \Rightarrow m(\text{O}_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,76087 \text{ mol} = 24,35 \text{ g}$$

Laut Reaktionsgleichung werden für die Verbrennung von 2 Molekülen  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  genau 8 Moleküle  $\text{H}_2\text{O}$  gebildet (also 8/2 =

4 mal so viel). Bei der Verbrennung von 0,21739 mol  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  werden  $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8}{2} \cdot 0,21739 \text{ mol} = 0,86956 \text{ mol}$   $\text{H}_2\text{O}$

gebildet. Das entspricht folgender Masse:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,86956 \text{ mol} = 15,65 \text{ g}$$

Laut Reaktionsgleichung werden für die Verbrennung von 2 Molekülen  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  genau 6 Moleküle  $\text{CO}_2$  gebildet (also 6/2 =

3 mal so viel). Bei der Verbrennung von 0,21739 mol  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  werden  $n(\text{CO}_2) = \frac{6}{2} \cdot 0,21739 \text{ mol} = 0,65217 \text{ mol}$   $\text{CO}_2$

gebildet. Das entspricht folgender Masse:

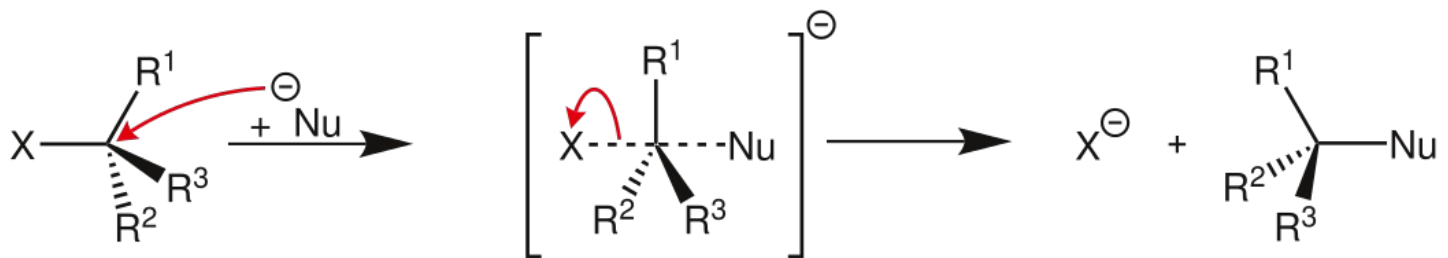
$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot n(\text{CO}_2) \Rightarrow m(\text{CO}_2) = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,65217 \text{ mol} = 28,70 \text{ g}$$

<b>Rkt.Gleichung</b>	$2 \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	+	$7 \text{O}_2$	$\rightarrow$	$8 \text{H}_2\text{O}$	+	$6 \text{CO}_2$
<b>Stoffmenge</b>	0,21739 mol		0,76087 mol		0,86956 mol		0,65217 mol
<b>Massen</b>	20,00 g		24,35 g		15,65 g		28,70 g

1.7

a) Es handelt sich um eine Substitutionsreaktion. Hier verläuft sie über einen nucleophilen Mechanismus. Was das ist haben wir im Unterricht behandelt. Das Nucleophil ist hier das Chlorid-Ion. Es greift als nucleophiles Teilchen am positiv polarisierten C-Atom des Alkohols an. Unter dem Strich entsteht das entsprechende Halogenalkan. Da das Halogenalkan keine Wasserstoffbrückenbindungen zu Wassermolekülen ausbilden kann, separiert sich diese Verbindung von den Wassermolekülen. Insgesamt resultiert im 2-phasigen Zustand ein energieärmerer Zustand als im 1-phasigen Zustand (also einer Lösung), denn die Wassermoleküle können unter sich starke Wechselwirkungen eingehen, die Halogenalkanmoleküle halten untereinander durch Dipol-Dipol-Wechselwirkungen zusammen.

b) Nu<sup>-</sup>: Nucleophil. bei uns: Halogenid-Ion. X: Abgangsgruppe. bei uns: <sup>-</sup>OH<sub>2</sub> (protonierte Hydroxylgruppe)



1.8

Auch hier handelt es sich um eine Substitutionsreaktion nach dem nucleophilen Mechanismus. Es entsteht ein sekundärer Alkohol.

siehe auch: [https://www.youtube.com/watch?v=vD\\_Zw4fUI\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=vD_Zw4fUI_U) ACHTUNG: Nur Prinzip beachten, warum das Ganze SN2 heißt, haben wir nicht behandelt. Nur bis ca. 3. Minute für Sie nachvollziehbar!

1.9

Phenol ist ein Aromat. Der aromatische Ring ist reaktionsträge und wegen den ausladenden Elektronenwolken von 3 Elektronenpaaren nicht durch Nucleophile angreifbar. Nicht alle Reaktionen, die auf dem Papier möglich sind, finden auch statt!

Hinweis: Bei den Aromaten haben wir die Substitution am Aromaten kennen gelernt. Sie verläuft aber nach einem völlig anderen Mechanismus durch andere Teilchen, also nicht durch Nucleophile, wie z.B. Cl<sup>-</sup>.

Zur Wiederholung. Sie kennen 3 Substitutionsreaktionen

- Substitution am Alkylrest. Mechanismus (genau behandelt): RADIKALISCHE Substitution
- Substitution an Halogenalkanen oder Alkoholen. Mechanismus (kurz behandelt): NUCLEOPHILE Substitution
- Substitution am Aromaten: Mechanismus nicht behandelt.

1.10

Hier nur Lösungshinweise. Reaktionen selbst formulieren.

- Hydratisierung eines Alkens
- Substitution eines Halogenatoms

1.11

Zwillings-OH-Gruppen (geminale OH-Gruppen) neigen zur Eliminierung von H<sub>2</sub>O, weshalb Moleküle mit mehr als 2 OH-Gruppen an einem C-Atom in der Regel instabil sind (mit wenigen Ausnahmen).

So entsteht aus Ethan-1,1-diol durch Dehydratisierung Ethanal.

## 2.1

a) Organische Stoffe aus C, H und O ( $C_xH_yO_z$ ) verbrennen bei vollständiger Verbrennung mit Luftsauerstoff zu  $CO_2$  und  $H_2O$

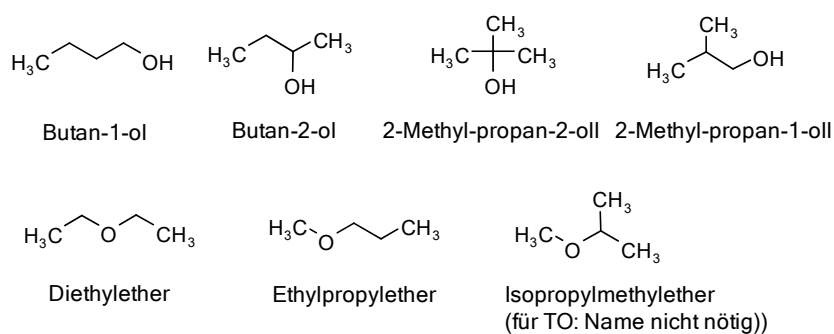
b) Der Stoff muss dieselbe atomare Zusammensetzung haben, also auch  $C_2H_6O$ . Es handelt sich um Dimethylether:  
 $H_3C-O-CH_3$

c) Ether können mit ihresgleichen keine Wasserstoffbrückenwechselwirkungen eingehen, weil ihnen ein polar gebundenes H-Atom fehlt (O-H-, N-H-, F-H- oder Cl-H-Bindung). Deshalb besitzen sie einen niedrigeren Siedepunkt als Stoffe vergleichbarer Kettenlänge/Molekülmasse, die untereinander H-Brücken-Wechselwirkungen eingehen können. Wohl können sie aber der passive H-Brücken-Bindungspartner sein, wenn ein andersartiges Molekül ein polar gebundenes H-Atom stellt, z.B. Wasser:  $HOH \cdots O(CH_3)_2$ . Deshalb lösen sich kleinere Ether noch relativ gut in Wasser (immerhin z.B. 70 g/L). Beim Versuch mehr des Ethers in Wasser zu lösen, beginnt sich eine Phasengrenze auszubilden. Die Löslichkeit ist überschritten. Das zum Dimethylether isomere Ethanol ist hingegen polar genug, um sich in jedem Verhältnis in Wasser zu lösen. Es ist übrigens auch unpolar genug, dass es sich auch in jedem Verhältnis in n-Alkanen löst, z.B. in n-Hexan oder in Benzin (Alkangemisch). Mit anderen Worten: Ethanol ist amphiphil. Es ist ein Universallösungsmittel.

siehe auch: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffbr%C3%BCckenbindung>

siehe auch: [https://www.youtube.com/watch?v=IO\\_NSF1PeVI](https://www.youtube.com/watch?v=IO_NSF1PeVI)

## 2.2



## 2.3

Analog zu Aufgabe 1.8: Substitutionsreaktion

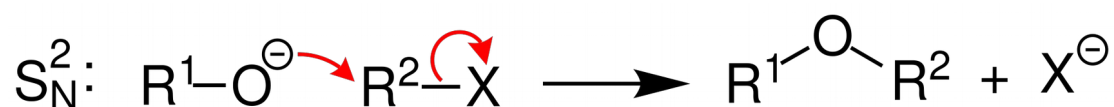
## 2.4 Ethersynthesen

siehe zum Einstieg auch: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_w657a83a2g](https://www.youtube.com/watch?v=_w657a83a2g)

Konkretisierung zu dieser Aufgabe: Es entstehen nicht nur die symmetrischen Ether  $R_1-O-R_1$  und  $R_2-O-R_2$ , sondern auch der asymmetrische Ether:  $R_1-O-R_2$ .

## 2.5

Hinweis: Oft werden die freien Elektronenpaare weggelassen (so wie in unterer Abbildung). Wir vereinbaren jedoch, dass sie immer mit zu zeichnen sind! Schöne Übung: Ergänzen Sie in folgender Abb. die freien Elektronenpaare und prüfen Sie, ob die angegebenen Ladungen an den Atomen zutreffen.



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Williamson-Ethersynthese>

## 2.6

Hier muss man sich erinnern was Basen sind! Das sind Stoffe, die Protonen (Wasserstoffatome, denen man das Elektron weggenommen hat, also nackte Protonen:  $H^+$ ), aufnehmen können. Alkoholate ( $R-O^-$ ) entreißen  $H_2O$  ein Proton ( $H^+$ ). Wo wird es wohl im Alkoholat ( $R-O^-$ ) angelagert? Was entsteht dabei? Zu was wird  $H_2O$ , wenn man ein  $H^+$  entfernt? Sie müssen schon selbst nachdenken. Dann ist das gar nicht schwer. Tipp: Schauen Sie doch noch mal den Infotext von Aufgabe 2.5 an. Hier wird Ihnen auch geholfen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Alkoholate>

## 2.7

Wenn sich die Oxidationszahlen von Elementen ändern, ist es eine Redox-Reaktion. Wie man die ermittelt, haben wir immer wieder behandelt.

Wenn Sie es nicht mehr wissen: <https://www.youtube.com/watch?v=YGZIRZBbJmo>

Schauen Sie also, ob sich die OZ von O ändert, oder die von C-Atomen (Mittelwert bilden!) oder die von H-Atomen.