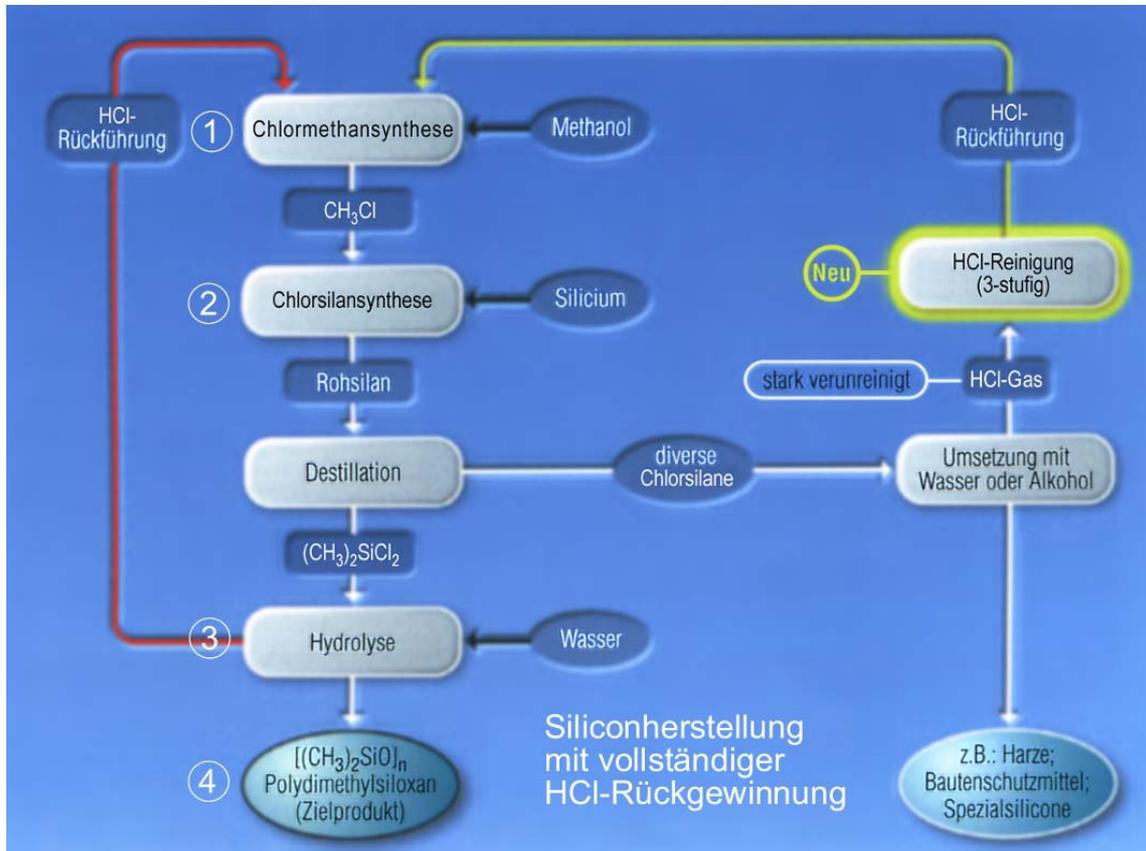


Arbeitsblatt 1.1  
Herstellung von Siliconen

Name:

Klasse:

Datum:



1.) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen zu den in der Grafik mit Zahlen gekennzeichneten Prozessen:

**1** Chlormethansynthese:

**2** Chlorsilansynthese (Mono-, Di-, Trichlorsilan):

Arbeitsblatt 1.2 Herstellung von Siliconen	Name:
	Klasse:
	Datum:

3 Hydrolyse von Dichlordimethylsilan:

4 Kondensation von Dihydroxydimethylsilan:

2.) Benennen Sie die Ausgangsstoffe und Endprodukte bei diesem industriellen Prozess.

3.) Erläutern Sie die beiden HCl-Kreisläufe. Worin unterscheiden sie sich bezüglich des recycelten Chlorwasserstoffgases?

Arbeitsblatt 1.3 Herstellung von Siliconen	Name:
	Klasse:
	Datum:

4.) Welche Chlorverbindungen kommen bei der Siliconherstellung vor? Geben Sie die Formeln und die Namen an.

5.) Warum ist bei diesem Prozess „Chlorchemie“ nötig, obwohl die Siliconprodukte chlorfrei sind?

6.) Wieso ist es möglich, bei der Siliconherstellung chlorhaltige Emissionen zu vermeiden? Welche Vorteile sind damit verbunden?

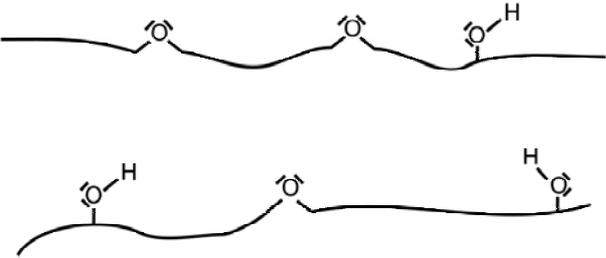
Arbeitsblatt 2.1 Hydrophobierung	Name:
	Klasse:
	Datum:

1.) Papier hat eine hydrophile Oberfläche, Polyethylen (PE) eine hydrophobe. Woran liegt das?

- Papier ist natürlicher Herkunft (Cellulose), PE ist ein synthetischer Stoff.
- Wasser-Moleküle bilden mit Molekülen aus dem Papier stärkere Wechselwirkungen aus als mit den Molekülen einer PE-Folie.
- Papier ist weiß, PE ist durchsichtig.
- Papier hat eine rauhere Oberfläche als PE.

2.) In der folgenden Abbildung sehen sie links, stark vereinfacht, einige Strukturelemente aus Cellulose-Molekülen.

a) Zeichnen Sie in den rechten Kasten einen Ausschnitt von PE-Molekülen ein.

Schematischer Ausschnitt aus Cellulose-Molekülen	Ausschnitt aus PE-Molekülen
	

b) Zu welcher Art von zwischenmolekularen Kräften kommt es zwischen Wasser-Molekülen und Cellulose-Molekülen? Zeichnen Sie diese oben im linken Kasten ein.

Arbeitsblatt 2.2  
Hydrophobierung

Name:

Klasse:

Datum:

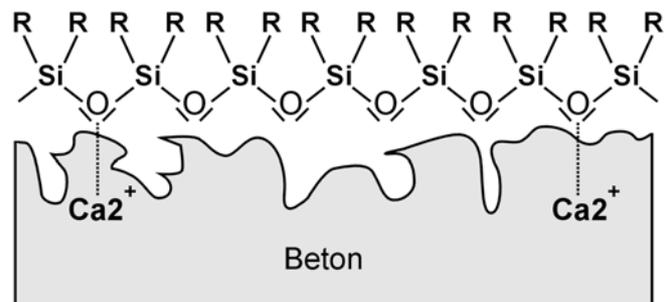
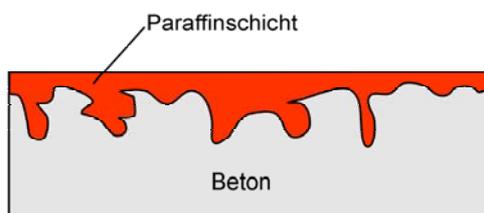
c) Welche dieser zwischenmolekularen Wechselwirkungen sind auch zwischen Wasser-Molekülen und Silicon-Molekülen möglich?

d) Wie kann man prinzipiell eine polare Oberfläche wasserabstoßend (hydrophob) machen?

3.) Ein Stück Beton (besteht zum größten Teil aus Calciumcarbonat) kann

- mit Paraffin (Alkangemisch) oder
- mit Siliconöl hydrophobiert werden

(vgl. Skizzen).



Arbeitsblatt 2.3 Hydrophobierung	Name:
	Klasse:
	Datum:

Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede bezüglich der:

a) Schichtdicke des Überzugs

b) Haftung des hydrophoben Überzugs

c) Beständigkeit des Schutzes bei mechanischen und thermischen Belastungen

Arbeitsblatt 2.4 Hydrophobierung	Name:
	Klasse:
	Datum:

d) Verbrauch an Überzugssubstanz pro m<sup>2</sup>

e) Auftragungsverfahren

4.) Welches der beiden Verfahren schneidet Ihrer Meinung nach besser ab?  
Begründen Sie!

Arbeitsblatt 3.1  
Emulsionen und Antischaummittel

Name:

Klasse:

Datum:

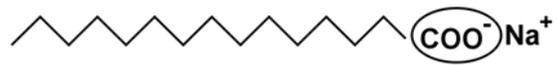
Stark vereinfachtes Schema eines Tensidteilchens



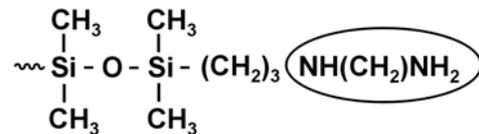
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

a) herkömmliches Tensid  
(Natriumsalz einer Fettsäure; Seife)



b) Silicon-Tensid  
(Amino-Siliconöl)



1.) Beschriften Sie zunächst die beiden allgemeinen Baueinheiten eines Tensidteilchens und beschreiben Sie dann dessen Wirkungsweise.

2.) Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den beiden oben rechts angegebenen Tensiden a) und b).

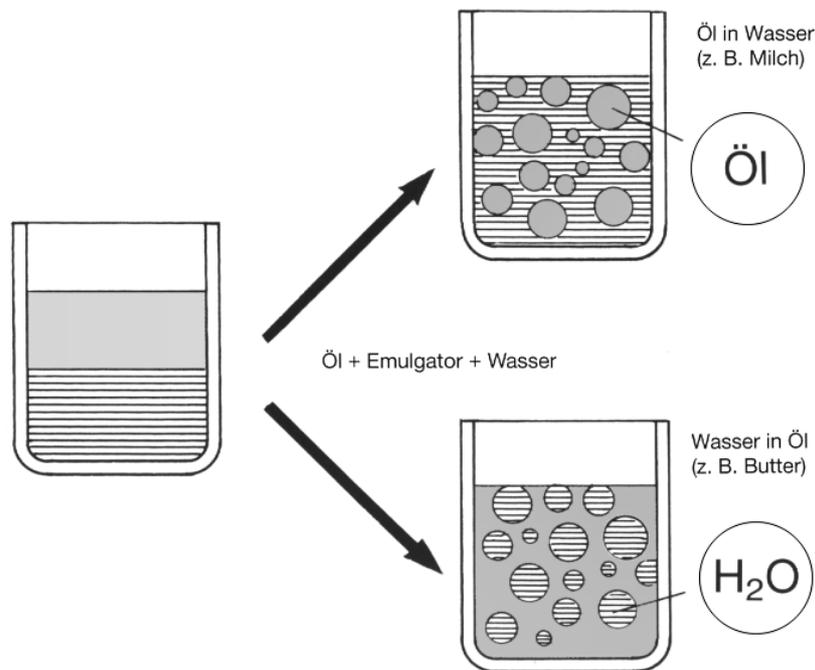
Arbeitsblatt 3.2  
Emulsionen und Antischaummittel

Name:

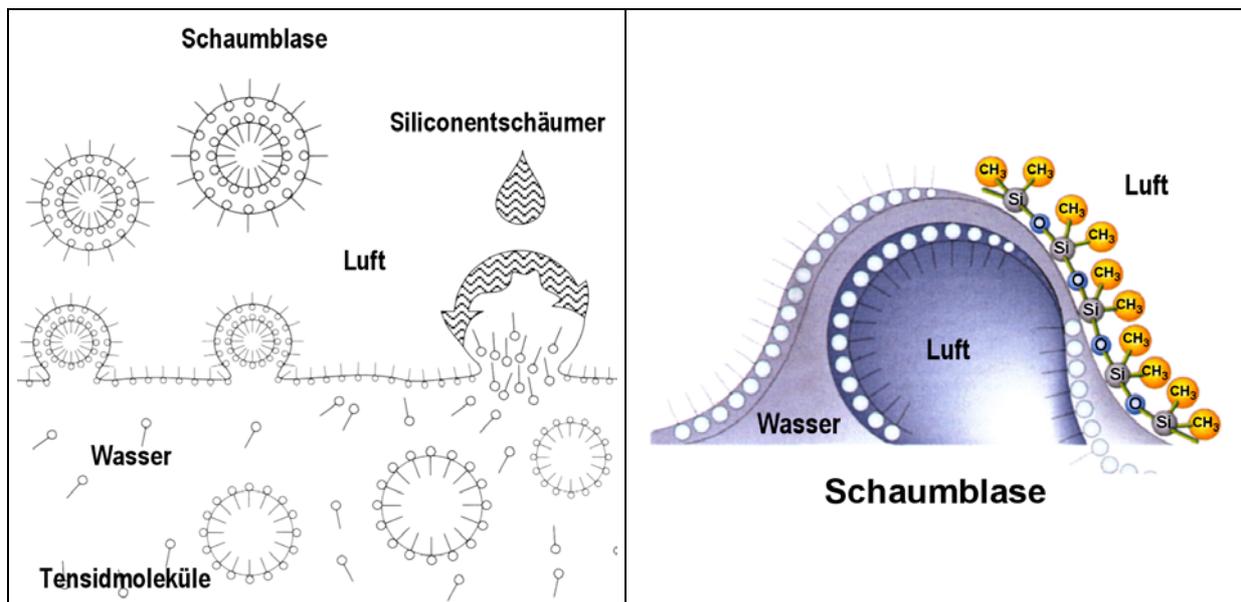
Klasse:

Datum:

3.) Zeichnen Sie jeweils ein Schema des Öl- bzw. Wassertropfens, indem Sie die Tensidteilchen am Rande der Tropfen richtig anordnen.



4.) Beschreiben Sie anhand des linken Bildes die Entstehung und den Aufbau einer Schaumblase.



Arbeitsblatt 3.3 Emulsionen und Antischaummittel	Name:
	Klasse:
	Datum:

5.) Erklären Sie mit Hilfe beider Abbildungen den Zerfall einer Schaumblase unter Einwirkung des Siliconentschäumers.

6.) Welche Art von Wechselwirkungen sind bei  
- der Schaumblase  
- beim Entschäumungsvorgang  
wirksam?

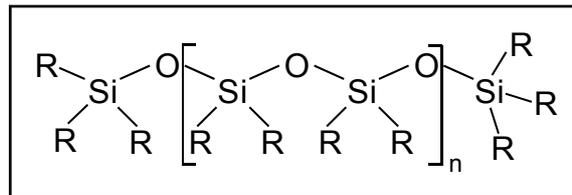
Arbeitsblatt 4.1 Siliconöle, -harze, -kautschuk	Name:
	Klasse:
	Datum:

1.) Ausgangsstoffe bei der Herstellung von Siliconen sind:

„monofunktionelle Einheiten“ (Monochlorsilan)	„difunktionelle Einheiten“ (Dichlorsilan)	„trifunktionelle Einheiten“ (Trichlorsilan)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{Si}-\text{Cl} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{Cl}-\text{Si}-\text{Cl} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{Si}-\text{Cl} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$

Tragen Sie die korrekten Namen der angegebenen Verbindungen ein.

2.) In der folgenden Abbildung sehen Sie die typische Struktur eines Siliconöls. (Mit R wird ein beliebiger organischer Rest symbolisiert.)



a) Welche der drei in Aufgabe 1 angegebenen Silan-Einheiten müssen bei der Herstellung eines Siliconöls eingesetzt werden?

b) Formulieren Sie die Synthese eines Siliconöls mit der o. a. Molekülstruktur in 2 Schritten und benennen Sie die Reaktionstypen.

1. Schritt:

Arbeitsblatt 4.2 Siliconöle, -harze, -kautschuk	Name:
	Klasse:
	Datum:

Reaktionstyp:

2. Schritt:

Reaktionstyp:

c) Welche Funktion kommt den eingesetzten Silan-Einheiten in der Siliconöl-Kette zu?

d) Die Länge des Moleküls kann durch die Dosierung der funktionellen Einheiten gesteuert werden. Erklären Sie den Sachverhalt.

Arbeitsblatt 4.3 Siliconöle, -harze, -kautschuk	Name:
	Klasse:
	Datum:

2.) Ordnen Sie den Begriffen „Siliconöl“, „Siliconharz“, „Siliconkautschuk“ die folgenden Eigenschaften zu:  
fest, hart, elastisch, flüssig, hydrophob, elektrisch leitend, isolierend, chemikalienbeständig.

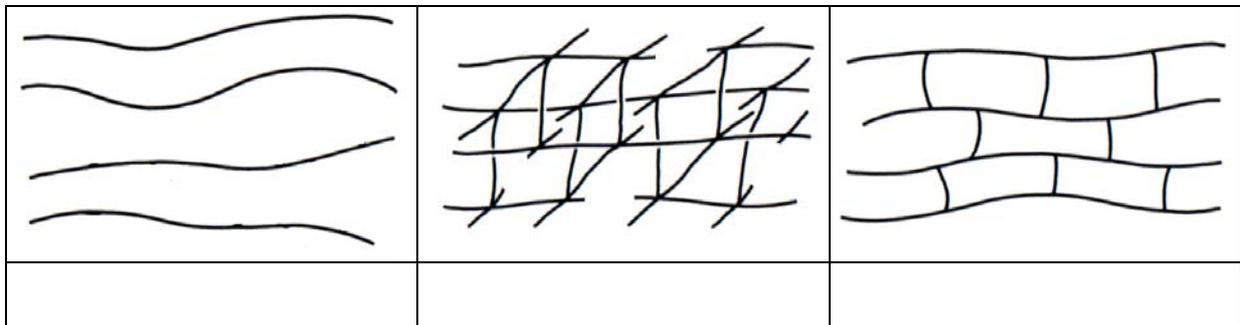
(Hinweis: Eine Eigenschaft kann mehrfach vorkommen.)

Siliconöl:

Siliconharz:

Siliconkautschuk:

3.) Im folgenden sehen Sie drei Abbildungen mit Strukturausschnitten aus typischen Siliconprodukten:



a) Ordnen Sie den Bildern den jeweiligen Silicontyp (-Kautschuk, -Öl, -Harz) zu.

b) Begründen Sie die Eigenschaften aus Aufgabe 2 mithilfe der obigen Strukturmodelle.

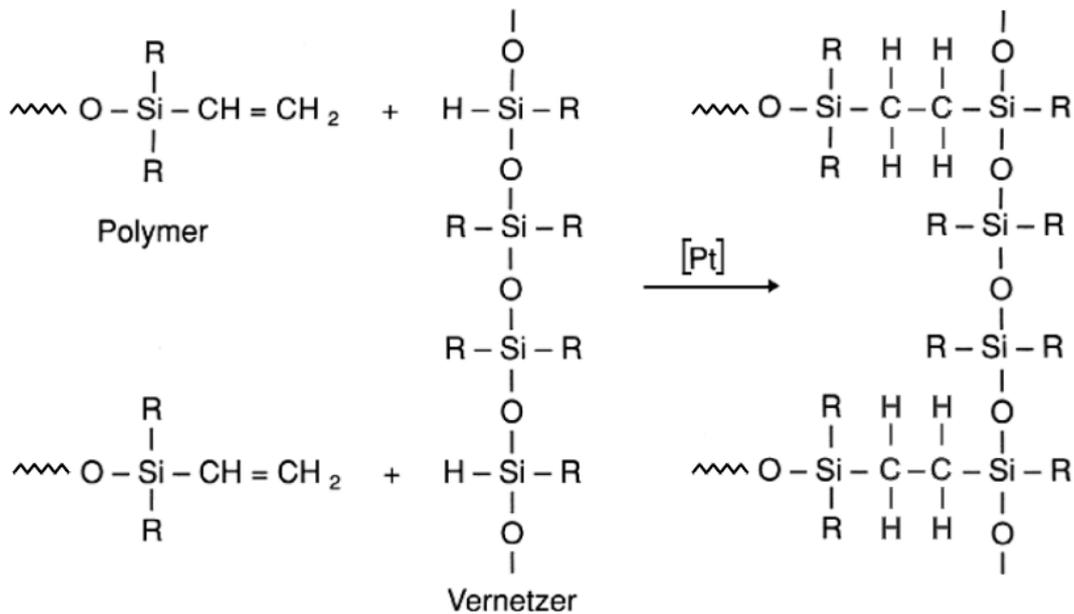
Arbeitsblatt 4.4  
 Siliconöle, -harze, -kautschuk

Name:

Klasse:

Datum:

4.) Die unten formulierte Vernetzungsreaktion von linearen Polymeren zu Elastomeren (Siliconkautschuk) heißt Additionsvernetzung.



a) Begründen Sie diese Bezeichnung.

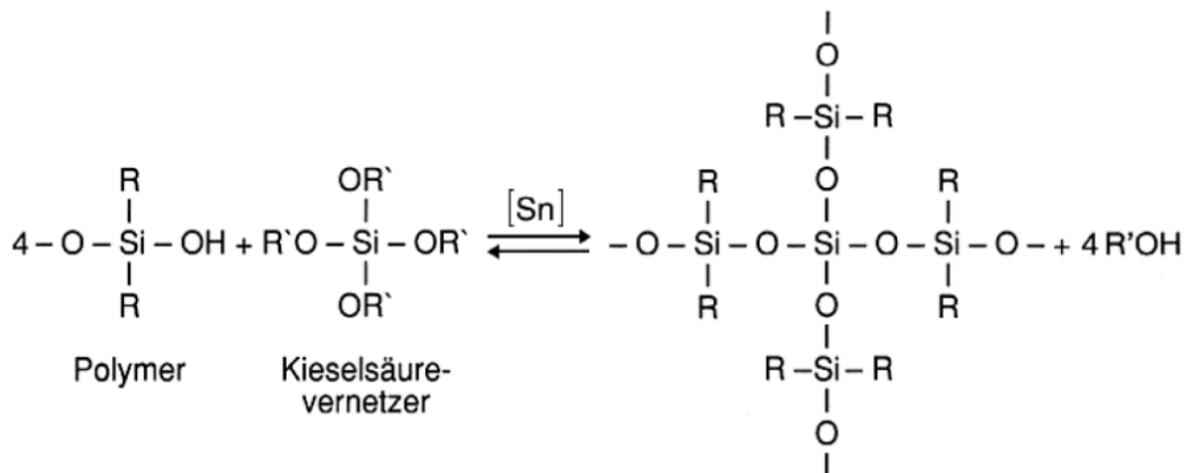
b) Markieren Sie die neugeknüpften Bindungen.

Arbeitsblatt 4.5 Siliconöle, -harze, -kautschuk	Name:
	Klasse:
	Datum:

c) Welcher Substituent am Si-Atom ist beim Vernetzermolekül notwendig?

.

5.) Die unten formulierte Vernetzungsreaktion wird als Kondensationsvernetzung bezeichnet.



a) Begründen Sie diese Bezeichnung.

b) Markieren Sie die neugeknüpften Bindungen und die abgespaltenen Moleküle.

c) Welches strukturelle Merkmal ist am Vernetzermolekül notwendig?

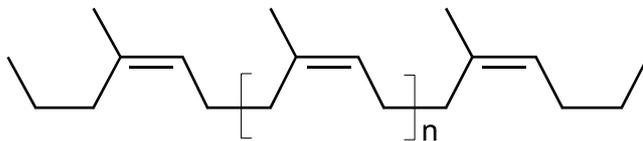
6.) Bei welchem der beiden Vernetzungstypen (vgl. Aufgabe 4 + 5) kommt es am ehesten zu einer vollständigen Aushärtung des Materials? Begründen Sie.

Arbeitsblatt 4.6  
 Siliconöle, -harze, -kautschuk

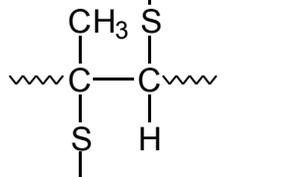
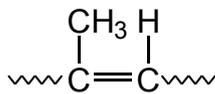
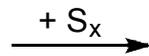
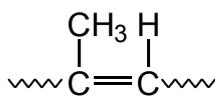
Name:

Klasse:

Datum:



**cis-1,4-Polyisopren**



7.) Links im Kasten sehen Sie die Struktur von Naturkautschuk (cis-1,4-Polyisopren) und darunter dessen Vulkanisationsreaktion.

a) Treffen Sie Aussagen über die elementare Zusammensetzung von vulkanisiertem Naturkautschuk (Gummi) und Siliconkautschuk.

b) Welchem der beiden Typen der Siliconvernetzung ist die Vulkanisation von Naturkautschuk ähnlicher? Begründen Sie.

Arbeitsblatt 4.7 Siliconöle, -harze, -kautschuk	Name:
	Klasse:
	Datum:

8.) Welche Verbrennungsprodukte entstehen bei der vollständigen Verbrennung von Gummi und Siliconkautschuk? Geben Sie Formeln und Namen an.

9.) Die Bildungsenthalpien von Kohlendioxid, Siliciumdioxid, Schwefeldioxid und Wasser betragen:

$$\Delta H_B^0(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta H_B^0(\text{SiO}_2) = -910 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta H_B^0(\text{SO}_2) = -297 \text{ kJ/mol} \quad \text{und} \\ \Delta H_B^0(\text{H}_2\text{O}) = -287 \text{ kJ/mol}.$$

Kann man aus diesen Angaben Aussagen über die unterschiedliche Wärmeentwicklung bei der Verbrennung von Gummi und Siliconkautschuk treffen? Erläutern Sie ausführlich.

10.) Welche positive Eigenschaft besitzt im Falle eines Brandes Siliconkautschuk gegenüber Gummi?

.

Arbeitsblatt 5.1

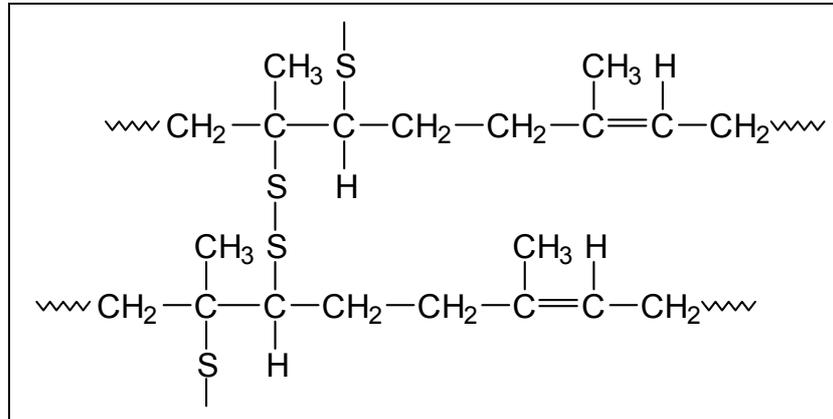
Vergleich: Siliconkautschuk –  
Gummi

Name:

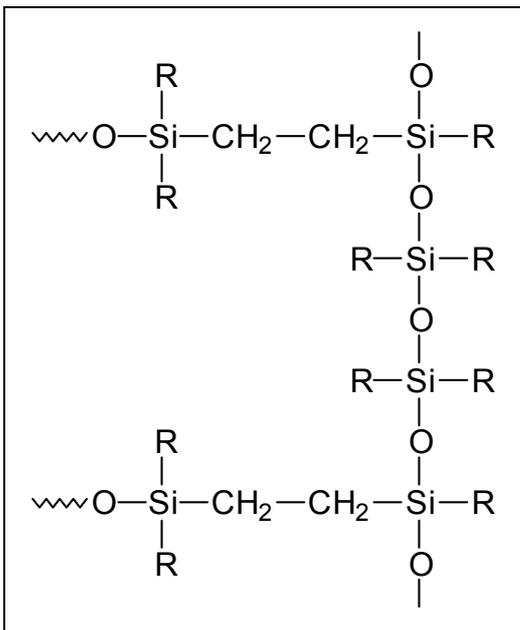
Klasse:

Datum:

**Strukturausschnitt aus "Gummi"**



**Strukturausschnitt aus Siliconkautschuk**



1.) Gummi löst sich in Paraffinöl (Alkan-Gemisch) allmählich auf, Siliconkautschuk nicht.

Begründen Sie den Unterschied mithilfe der abgebildeten Strukturausschnitte.

Arbeitsblatt 5.2 Vergleich: Siliconkautschuk – Gummi	Name:
	Klasse:
	Datum:

2.) Bei Begasung mit Ozon entstehen im Gummi Risse. Siliconkautschuk zeigt keine Veränderungen. Informieren Sie sich in Lehrbüchern der Organischen Chemie über den Begriff der "Ozonolyse" und erklären Sie den Unterschied mithilfe der abgebildeten Strukturausschnitte.

3.) Die Bindungsenergien der C-C Bindung, bzw. der C-H Bindung und der Si-O Bindung betragen (die Angaben beziehen sich auf 298 K):

C-C: 607 kJ/mol

C-H: 338 kJ/mol

Si-O: 800 kJ/mol

Erklären Sie anhand der Angaben und der abgebildeten Strukturausschnitte die größere Hitzebeständigkeit von Siliconkautschuk im Vergleich zu Gummi.

Arbeitsblatt 6.1 Eigenschaften von Tetrachlorsilan	Name:
	Klasse:
	Datum:

Die Chlorverbindungen der Elemente der zweiten Periode lauten:

	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	<b>SiCl<sub>4</sub></b>	PCl <sub>3</sub>	SCl <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>
Schmp.	fest	fest	fest	<b>flüssig</b>	flüssig	flüssig	gasförmig
Sdp.	800 °C	712 °C	192,5 °C (unter Druck)	<b>- 67,7 °C</b>	- 92 °C	-78 °C	- 101 °C
$\Delta$ EN			sub. 180 °C	<b>56,7 °C</b>	74,5 °C	59 °C	- 34,1 °C
				<b>1,2</b>			

1.) Ermitteln Sie die fehlenden Elektronegativitätsdifferenzen  $\Delta$ EN und tragen Sie diese in die entsprechenden Tabellenfelder ein.

Tragen Sie in die Felder links und rechts vom Pfeil den jeweiligen Bindungstyp ein, der für NaCl bzw. Cl<sub>2</sub> zutrifft.

2.) Erklären Sie den Zusammenhang zwischen der Elektronegativitätsdifferenz, dem partiellen Ionencharakter und dem Aggregatzustand bei Raumtemperatur.

Arbeitsblatt 6.2 Eigenschaften von Tetrachlorsilan	Name:
	Klasse:
	Datum:

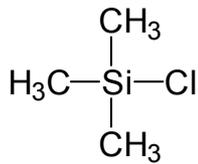
3.) Ergänzen Sie die folgende Tabelle. Kreuzen Sie jeweils das Feld "Ja" oder "Nein" an und geben Sie gegebenenfalls die Ionen bzw. die Hydrolyseprodukte an.

	Ionen?		Hydrolyse?	
NaCl <small>Denken Sie an Kochsalzlösung.</small>	Ja <input type="radio"/>		Ja <input type="radio"/>	
	Nein <input type="radio"/>		Nein <input type="radio"/>	
AlCl <sub>3</sub>	Ja <input type="radio"/>		Ja <input type="radio"/>	
	Nein <input type="radio"/>		Nein <input type="radio"/>	
SiCl <sub>4</sub> <small>vgl. Versuch: Hydrolyse von Tetrachlorsilan</small>	Ja <input type="radio"/>		Ja <input type="radio"/>	
	Nein <input type="radio"/>		Nein <input type="radio"/>	
PCl <sub>3</sub>	Ja <input type="radio"/>		Ja <input type="radio"/>	
	Nein <input type="radio"/>		Nein <input type="radio"/>	
Cl <sub>2</sub> <small>Denken Sie an Chlorwasser.</small>	Ja <input type="radio"/>		Ja <input type="radio"/>	
	Nein <input type="radio"/>		Nein <input type="radio"/>	

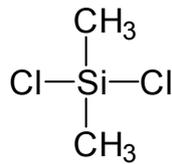
4.) Erklären Sie das unterschiedliche Verhalten der Chloride in Wasser.

Arbeitsblatt 7.1 Hydrolyse und Hydrolysegeschwindigkeit von Chlormethylsilanen	Name:
	Klasse:
	Datum:

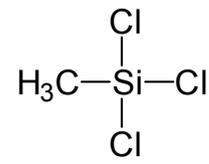
In den Versuchen "Hydrolyse von Chlormethylsilanen" und "Geschwindigkeit der Hydrolyse von Chlormethylsilanen" sind bei den drei Chlormethylsilanen



Chlortrimethylsilan



Dichlordimethylsilan



Trichlormethylsilan

Gemeinsamkeiten und Unterschiede festgestellt worden.

1.) Nennen Sie die beobachteten Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

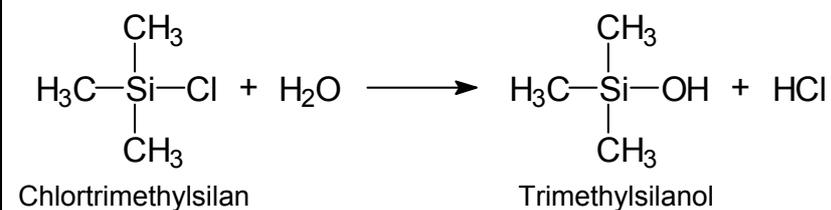
Gemeinsamkeiten:

Unterschiede:

2.) Erklären Sie die unterschiedlichen Eigenschaften der Hydrolyseprodukte mithilfe der Formeln.

a) Chlortrimethylsilan

Hydrolyse:



## Arbeitsblatt 7.2

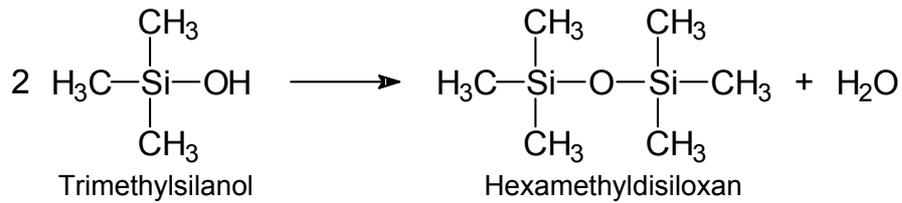
Hydrolyse und Hydrolysegeschwindigkeit von  
Chlormethylsilanen

Name:

Klasse:

Datum:

Kondensation:



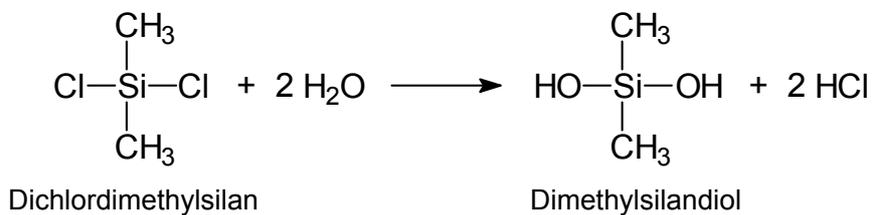
Produkt:



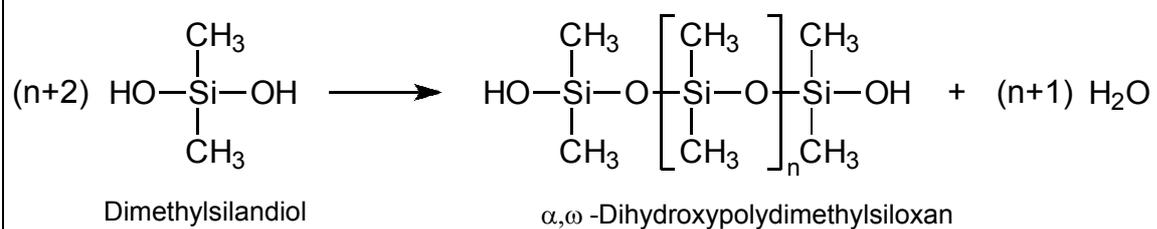
Eigenschaften:

### b) Dichlordimethylsilan

Hydrolyse:



Kondensation:





## Arbeitsblatt 7.4

Hydrolyse und Hydrolysegeschwindigkeit von  
Chlormethylsilanen

Name:

Klasse:

Datum:

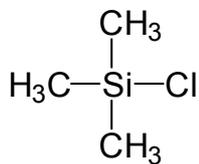
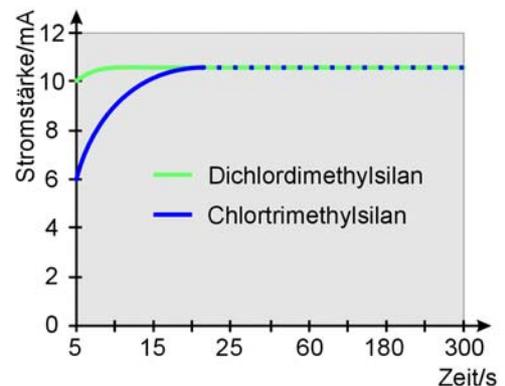
Produkt:



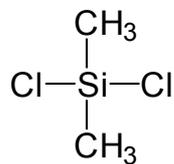
Eigenschaften:

3.) In dem Versuch "Geschwindigkeit der Hydrolyse von Chlormethylsilanen" sind unterschiedliche Hydrolysegeschwindigkeiten festgestellt worden.

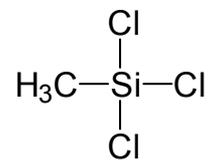
Worauf führen Sie die unterschiedlichen Hydrolysegeschwindigkeiten zurück? Zeichnen Sie in die folgenden Formeln der Chlormethylsilane ein, wo der nucleophile Angriff des Wassermoleküls am leichtesten erfolgt und begründen Sie dies.



Chlorotrimethylsilan



Dichlordimethylsilan



Trichlormethylsilan

Arbeitsblatt 7.5 Hydrolyse und Hydrolysegeschwindigkeit von Chlormethylsilanen	Name:
	Klasse:
	Datum:

4.) Welches Verhalten erwarten Sie für die Hydrolyse von Tetrachlorsilan?

5.) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Hydrolyse und Kondensation von Tetrachlorsilan analog der Gleichungen aus Aufgabe 2.

Arbeitsblatt 8.1  
RTV-1-Siliconkautschuke

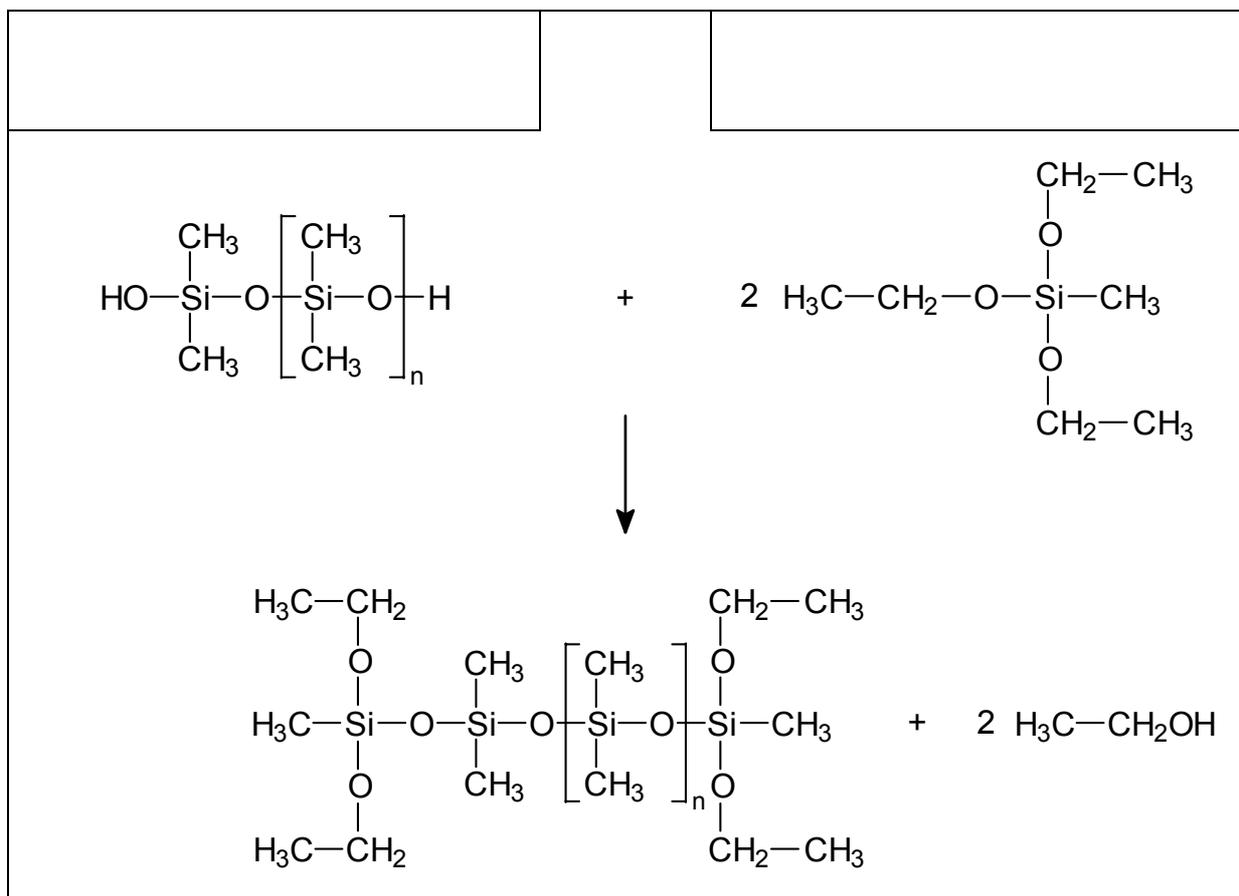
Name:

Klasse:

Datum:

Bestimmt sind Sie schon einmal in Ihrem Alltag mit kaltvulkanisierenden einkomponentigen Siliconkautschuken (engl.: room temperature vulcanizing RTV-1) in Berührung gekommen. Zum Beispiel begegnet man ihnen beim morgendlichen Duschen in Form von Sanitärfugen zwischen Badkachel und Duschwanne. Zur Herstellung der RTV-1-Siliconkautschuke lässt man endständige Hydroxy-Gruppen von Polydimethylsiloxanmolekülen mit Vernetzern  $\text{RSiX}_3$  ( $\text{X} = \text{z.B. CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{RO}^-$ ,  $\text{RHN}^-$ ,  $\text{R}'^-$ ,  $\text{RCNO}^-$ ) zu vulkanisierbaren Produkten reagieren, welche später bei Zutritt von Luftfeuchtigkeit aushärten.

1.) Tragen Sie in das Reaktionsschema für die Herstellung eines RTV-1-Siliconkautschuk aus Triethoxymethylsilan und  $\alpha,\omega$ -Dihydroxypolydimethylsiloxan die Namen der Edukte über die entsprechenden Formeln ein.



2.) Welchem Reaktionstyp würden sie die Reaktion aus Aufgabe 1 zuordnen?

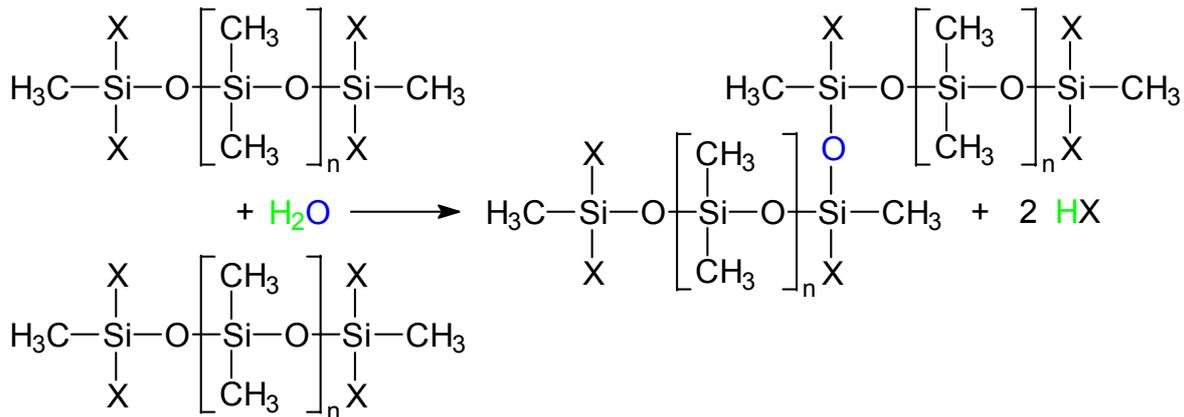
Arbeitsblatt 8.2  
RTV-1-Siliconkautschuke

Name:

Klasse:

Datum:

3.) Das folgende Reaktionsschema steht für die Aushärtung des Siliconkautschuks aus Aufgabe 1 beim Zutritt von Luftfeuchtigkeit. Kreisen Sie die reagierenden Gruppen ein und benennen Sie X und HX.



X =

HX =

**Versuch:** Man klebt zwei U-Profilleisten mit einem Klebeband ab, spritzt eine der beiden Leistenhohlräume mit der Siliconmasse ELASTOSIL<sup>®</sup> E43 aus und drückt mit einem feuchten Finger die Masse an. Ebenso verfährt man mit der zweiten Profilleiste, hier verwendet man jedoch ELASTOSIL<sup>®</sup> N199. Eine dritte Profilleiste wird hohlräumfrei mit Gips befüllt und der Überstand mit einem Spatel abgezogen. Nun legt man auf den Rand von jedem U-Profil einen befeuchteten Streifen pH-Papier und lässt die Masse aushärten. Beobachtung?  
Nach dem Aushärten werden die Proben auf Schlagfestigkeit, Konsistenz und Überstreichbarkeit mit Wasserfarben geprüft.

4.) Tragen Sie die Beobachtungen in eine Tabelle ein und vergleichen Sie die Eigenschaften der Proben.

	ELASTOSIL <sup>®</sup> E43	ELASTOSIL <sup>®</sup> N199	Gips
Geruch			
pH-Papier			
Schlagfestigkeit			
Konsistenz			
Überstreichbarkeit mit Wasserfarbe			

Arbeitsblatt 8.3 RTV-1-Siliconkautschuke	Name:
	Klasse:
	Datum:

5.) Erklären Sie die unterschiedliche Geruchsentwicklung sowie die unterschiedliche Färbung des pH-Papiers bei der Aushärtung der verschiedenen Proben.

ELASTOSIL<sup>®</sup> E43:

ELASTOSIL<sup>®</sup> N199:

Gips:

6.) Erklären sie mit Hilfe der Struktur der Proben, warum Gips bei starker mechanischer Einwirkung zerbricht, während sich die beiden anderen Proben elastisch verhalten.

Arbeitsblatt 8.4 RTV-1-Siliconkautschuke	Name:
	Klasse:
	Datum:

7.) Womit ist die unterschiedlich gute Haftbarkeit von Wasserfarbe auf den verschiedenen Proben zu erklären?

8.) In der Bauindustrie werden Siliconkautschuke und Gips als Fugenmaterial verwendet. Welches der beiden Materialien würden Sie für Fugen mit ständigen Bewegungen und Spannungen verwenden?

9.) Erläutern Sie, warum ELASTOSIL<sup>®</sup> E43 zum Verbinden zweier Marmorstücke ungeeignet ist.

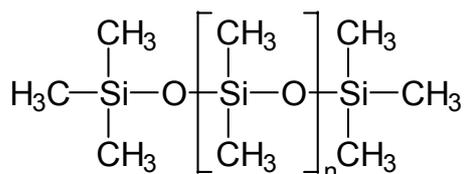
Arbeitsblatt 9.1 Eigenschaften von Siliconölen	Name:
	Klasse:
	Datum:

### Hydrophobe Eigenschaften von Siliconölen

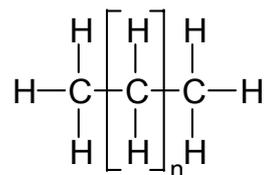
**Versuch 1:** Verschiedene glatte und saubere Oberflächen, z.B. Glas-, Kupfer-, Holzplatte, Papiertaschentuch usw., werden partiell einmal mit Siliconöl AK 5000 aus dem WACKER-Schulversuchskoffer und einmal mit Glycerin bestrichen. Zusätzlich überzieht man einen Pappdeckel mit einer Kerzenwachsschicht. Dann gibt man jeweils auf die behandelten und unbehandelten Oberflächen einen Tropfen mit Methyleneblau angefärbten Wassers. Beobachtung?

Beobachtung:

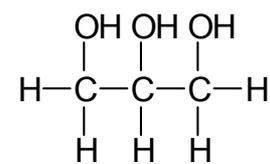
1.) Versuchen Sie mit Hilfe der Konstitutionsformeln von Siliconöl, Glycerin und Paraffin die Beobachtungen aus Versuch 1 zu erklären.



Siliconöl (Polydimethylsiloxan)



Paraffin (höheres Alkan)



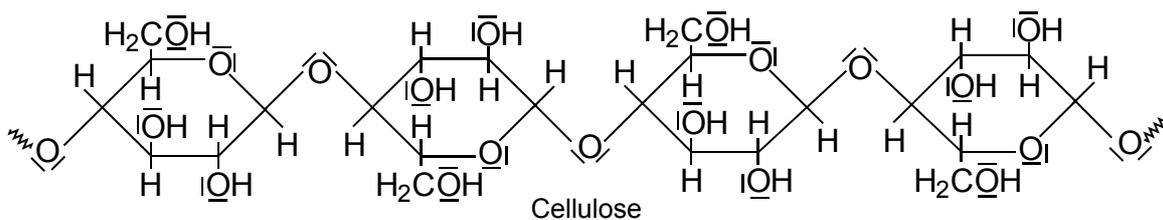
Glycerin

Erklärung:

Arbeitsblatt 9.2 Eigenschaften von Siliconölen	Name:
	Klasse:
	Datum:

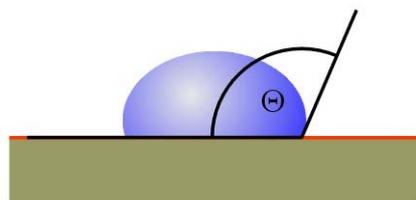
2.) Während sich die Paraffinschicht relativ leicht abkratzen lässt, haftet das Siliconöl aufgrund zwischenmolekularer Wechselwirkungen (elektrostatische Anziehungskräfte, Wasserstoffbrücken) verhältnismäßig gut auf Oberflächen wie Glas, Baustoffen und Textilien (z.B. Cellulose).

Zeichnen Sie in die nachfolgende Abbildung den Ausschnitt eines Silicon-Moleküls ein und markieren Sie durch gestrichelte Linien die Wechselwirkungen zwischen der Cellulose-Oberfläche und dem Siliconmolekül.



### Einbrennen von Siliconölen auf Glasoberflächen

Die Haftfestigkeit und Filmbildung der Siliconschicht kann durch chemische Reaktionen mit funktionellen Gruppen der Oberfläche, z.B. Hydroxy-Gruppen, wesentlich verstärkt werden. So ist es möglich, dass bei hohen Einbrenntemperaturen Polydimethylsiloxanmoleküle an Glasoberflächen durch gelegentliche Spaltung einer Si-CH<sub>3</sub>-Bindung unter der Einwirkung von Sauerstoff und Wasser sowie anschließender Kondensation mit Siloxygruppen Si-OH der Oberfläche durch Hauptvalenzen verankert werden. Es kann beobachtet werden, dass durch diese Behandlung der Berührungswinkel  $\theta$  (vgl. Abb.), den das Wasser mit der siliconisierten Glasoberfläche bildet, auf bis zu 100-110° ansteigt.



Berührungswinkel  $\theta$  eines Wassertropfens auf einer (hydrophoben) Oberfläche

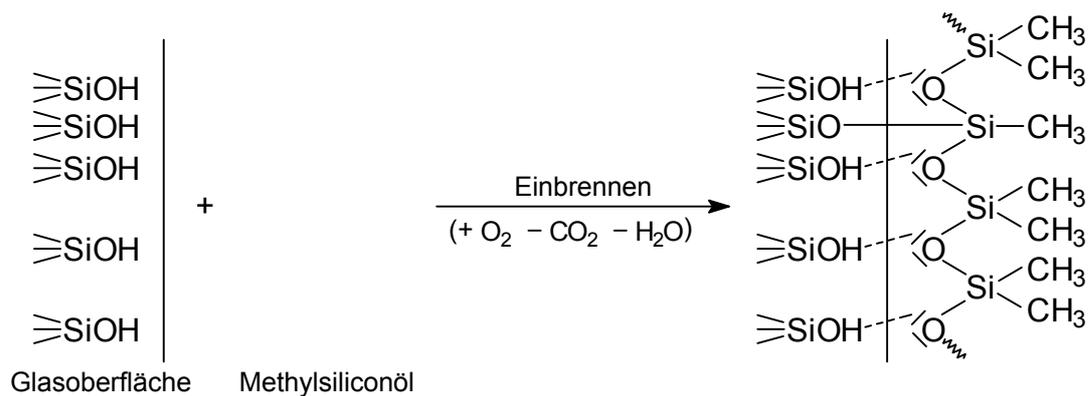
Arbeitsblatt 9.3  
Eigenschaften von Siliconölen

Name:

Klasse:

Datum:

3.) Markieren Sie mithilfe der vorangegangenen Texterläuterungen in dem unten formulierten Produkt der Verankerung eines Methylsiliconöls auf einer Glasoberfläche die Wasserstoffbrückenbindungen und die Hauptvalenzen mit unterschiedlichen Farben. Tragen Sie auf der Edukt-Seite den Formelausschnitt des Siliconmoleküls ein.



### Viskosität von Siliconölen

**Versuch 2:** Bestimmen Sie die Fallzeit einer Metallkugel zwischen den Markierungen eines Glasrohrs (Becherglas-Viskosimeter) in Olivenöl, Nähmaschinenöl, Siliconöl AK 1000 und Siliconöl AK 5000 aus dem WACKER-Schulversuchskoffer bei 5 verschiedenen Temperaturen.

4.) Tragen Sie den natürlichen Logarithmus der Fallzeit (y-Achse) gegen die Temperatur auf. Fällt Ihnen dabei etwas auf?

Arbeitsblatt 9.4 Eigenschaften von Siliconölen	Name:
	Klasse:
	Datum:

5.) Erklären Sie, worauf die ermittelte Temperaturabhängigkeit der Viskosität zurückzuführen ist.

6.) Angenommen Sie bekämen die Aufgabe, eines der vier untersuchten Öle für den Betrieb von hydraulischen Anlagen bei großen Temperaturschwankungen, zum Beispiel in einem Flugzeug, auszuwählen. Begründen Sie, für welches Öl Sie sich entscheiden würden

Arbeitsblatt 9.5 Eigenschaften von Siliconölen	Name:
	Klasse:
	Datum:

### Viskositätsmessungen

Außer von der Temperatur hängt die Viskosität einer Substanz auch von der Molekülmasse, der Molekülgestalt und den zwischenmolekularen Bindungen ab. Unter standardisierten Bedingungen kann man daher aus der Viskosität direkt auf die mittlere molare Masse des gelösten Polymers schließen. Viskositätsmessungen werden beispielsweise in der Produktionsüberwachung eingesetzt, um zu überprüfen, wie weit eine Polymerisation fortgeschritten ist, d.h. ob das synthetisierte Polymer schon die gewünschte Molekülmasse erreicht hat.

7.) Erläutern Sie, warum sich gerade Viskositätsmessungen für Routineuntersuchungen eignen.

8.) Überlegen Sie sich, welche Einsatzgebiete für Siliconöle aufgrund der ermittelten Eigenschaften in Frage kommen.

Arbeitsblatt 10.1 Tenside und Antischaummittel	Name:
	Klasse:
	Datum:

**Versuch 1:** Man füllt eine mittelgroße Glasschale mit Wasser und legt vorsichtig eine Büroklammer auf die Oberfläche des Wassers. Anschließend gibt man mit einer Pipette am Rand der Glasschale einige Tropfen Wasser und danach einige Tropfen einer Spülmittellösung hinzu. Beobachtung?

Beobachtung:

1.) Wie würden Sie ihre Beobachtungen aus Versuch 1 deuten und erklären?

Deutung:

Erklärung:

2.) Wie würden Sie aufgrund ihrer Erfahrungen in Versuch 1 die besonderen Fähigkeiten des Wasserläufers (vgl. Foto) erklären?



Arbeitsblatt 10.2 Tenside und Antischaummittel	Name:
	Klasse:
	Datum:

Erklärung:

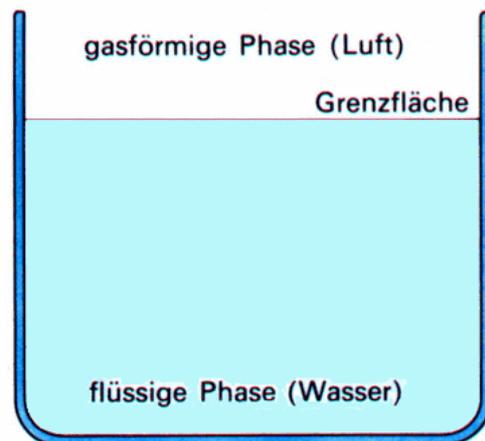
3.) Die eigentlich aktiven Substanzen in den Waschmitteln sind die Tenside. Diese können Anionen, Kationen, Zwitterionen oder Moleküle sein. Charakteristisch für alle Tensid-Teilchen ist, dass sie alle über ein hydrophiles und ein hydrophobes Ende verfügen.

Zeichnen Sie mit Hilfe dieser Angaben das Modell eines anionischen Tensids mit der Formel:  $\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_n\text{COO}^-\text{Na}^+$  ( $n = 9$  bis  $19$ ).

Zeichnung:

4) Tenside werden auch als grenzflächenaktive Stoffe bezeichnet. Beschreiben Sie zeichnerisch (in Abb. rechts), wie sich die Tensid-Teilchen an der Wasseroberfläche und im Wasser ausrichten und erklären Sie, wie dadurch die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt wird.

Erklärung:



Arbeitsblatt 10.3 Tenside und Antischaummittel	Name:
	Klasse:
	Datum:

**Versuch 2:** Ein Schnappdeckelglas wird zu  $\frac{2}{3}$  mit Wasser gefüllt und mit einigen Tropfen Spülmittel versetzt. Nach dem Verschließen wird kräftig geschüttelt. Beobachtung? Wie verändert sich der Schaum im Laufe der Zeit?

Beobachtung:

5) Wie würden Sie ihre Beobachtungen aus Versuch 2 erklären?

Erklärung:

**Versuch 3:** Man legt eine Tensidlösung vor und gibt nach dem Schütteln einen Tropfen der Antischaumemulsion AS-EM SRE aus dem WACKER-Schulversuchskoffer dazu. Beobachtung? Was beobachtet man bei erneutem Schütteln?

Beobachtung:

Arbeitsblatt 10.4  
Tenside und Antischaummittel

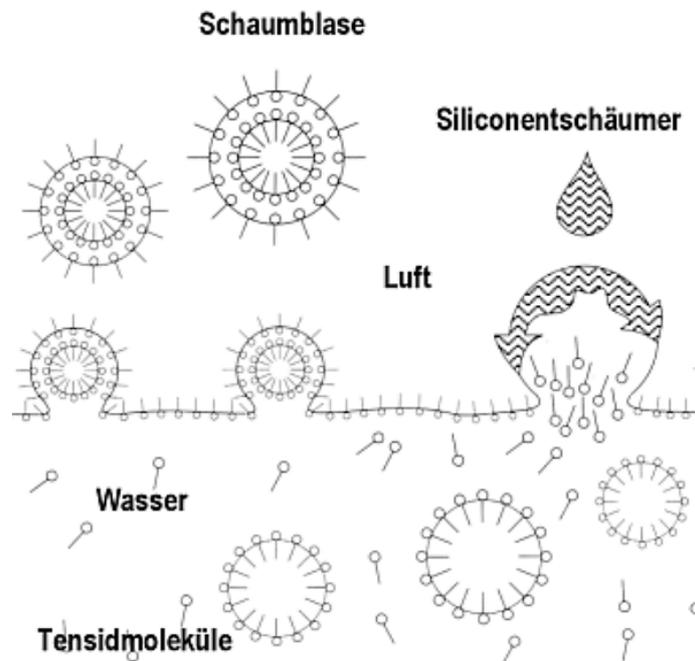
Name:

Klasse:

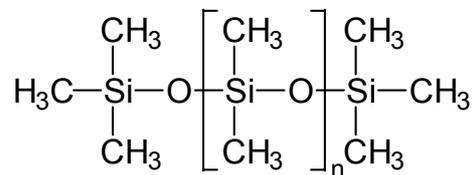
Datum:

6.) Erklären Sie Ihre Beobachtungen aus Versuch 3 mithilfe der Abbildung rechts.

Erklärung:



7.) Entscheidend für die Wirkung eines Antischaummittels ist eine sehr geringe Oberflächenspannung, Unlöslichkeit im schäumenden Medium und ein hohes Spreitungsvermögen. Gleichzeitig beruht die Tendenz zur Schaumbildung ebenfalls auf einer geringen Oberflächenspannung. Im Versuch wurde ein Methylsiliconöl (siehe Abb.) als Antischaummittel eingesetzt. Erklären Sie mithilfe der Struktur des Methylsiliconöls, warum dieses trotz einer im Vergleich zu den Tensiden geringeren Oberflächenspannung (Methylsiliconöl ca. 20 mN/m, Tenside ca. 30 mN/m) als Antischaummittel wirkt.



Valenzstrichformel eines Methylsiliconöls

Erklärung:

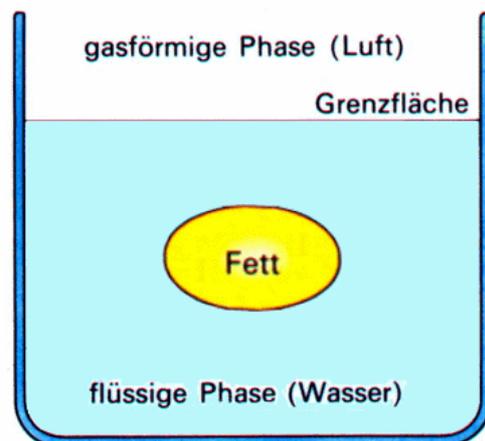
Arbeitsblatt 10.5 Tenside und Antischaummittel	Name:
	Klasse:
	Datum:

**Versuch 4:** Schütteln Sie im Reagenzglas 2 ml Wasser, 0,5 ml Olivenöl und 1 ml Tensidlösung kräftig durch, stellen Sie das Reagenzglas in den Ständer und beobachten Sie die Entmischung. Führen Sie den gleichen Versuch mit der Tensidlösung aus Versuch 3 und ohne Zusatz von Tensidlösung durch.

Beobachtung:

8.) Wie würden Sie ihre Beobachtungen aus Versuch 4 mithilfe des Tensid-Modells erklären. Zeichnen Sie dazu die Anordnung der Tensid-Teilchen an den Grenzflächen Luft-Wasser und Wasser-Öl ein.

Erklärung:



Arbeitsblatt 11.1  
Müller-Rochow Synthese

Name:

Klasse:

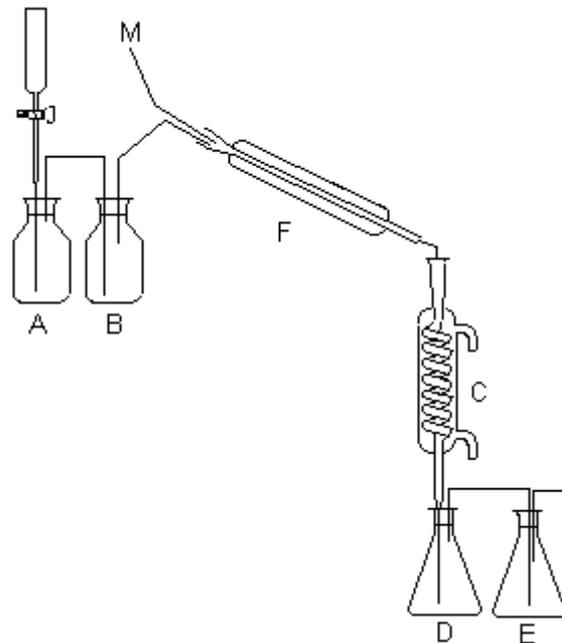
Datum:

### Historisches

Am 9. und 10. Mai 1940 machte der Chemiker E. G. Rochow ein Experiment zur Herstellung von Siliconen, welches als Direkt- bzw. Müller-Rochow Synthese (R. Müller kam parallel und unabhängig ein dreiviertel Jahr später zu den gleichen Ergebnissen wie Rochow) in die Chemiegeschichte einging. In seinem damaligen Laborjournal hat Rochow das durchgeführte Experiment festgehalten:

#### 9. Mai 1940

Ich zerkleinerte eine Menge 50 % Cu-Si von der Niagara Falls Smelting Co. im Backenbecher und füllte ein Nonex-Rohr mit dem Material (Körnung etwa 6-7 mm herunter bis zu feinem Pulver). Ich brachte das Rohr im Ofen unter und schloß es an Zuleitungen für  $\text{CH}_3\text{Cl}$  &  $\text{HCl}$  an. Nur eine  $\text{CO}_2$ -Kühlfalle am Austrittsende.



- A = Chlorwasserstoffquelle
- B = Blasenähler
- C = Kühler für Reaktionsprodukte
- D = Vorlage auf 0 °C gekühlt
- E = Vorlage auf - 80 °C gekühlt
- F = Ofen mit innenliegenden Reaktionsrohr

M = Chlormethan

Ursprüngliche von Rochow für die Reaktion von Chlormethan aus Silicium eingesetzte Apparatur

**10. Mai 1940** Ich erhitzte das Rohr im Ofen auf 370 °C und hielt es auf dieser Temperatur. Ich leitete zuerst etwas  $\text{HCl}$  durch, um die Legierung oberflächlich anzuätzen, dann leitete ich einen langsamen Strom von  $\text{CH}_3\text{Cl}$  ein. Apparatur lief den ganzen Tag.

**4.40 Uhr Nachmittags** Ich unterbrach den  $\text{CH}_3\text{Cl}$ -Strom. Etwa 5 cm<sup>3</sup> Flüssigkeit hatten sich in der Kühlfalle angesammelt sowie etwas Flüssigkeit am kalten Rohrende. Ich brachte die Gesamtmenge in Eiswasser ein, das mit Ether überschichtet war, und rührte. Das Material hydrolysierte unter Bildung einiger Trübung, es bildete sich aber keine große Menge Kieselsäure; es scheint auch nur wenig  $\text{CH}_3\text{Cl}$  zu enthalten.

Ich dekantiere etwas von der etherischen Lösung in eine Petrischale und verjagte den Ether. Eine klare dickflüssige glycerinartige Substanz blieb zurück. Diese Flüssigkeit fühlt sich klebrig an, hat sehr große Ähnlichkeit mit Methylsilicon.

Arbeitsblatt 11.2 Müller-Rochow Synthese	Name:
	Klasse:
	Datum:

1.) Erläutern Sie, welche Reaktionen im beschriebenen Versuch bis zur Hydrolyse ablaufen. (Achtung, das eingesetzte Kupfer wird bei der Reaktion nicht verbraucht!)



2.) Welche Reaktionen laufen bei der Hydrolyse ab? (Geben Sie die Reaktionsgleichung nicht stöchiometrisch an.)



3.) Wie bereits gesagt, wird das Kupfer bei der Reaktion nicht verbraucht. Andererseits läuft der Versuch mit reinem Silicium nicht ab. Erklären Sie diesen Sachverhalt.

4.) Beschreiben Sie, wie sich eine Temperatur- bzw. Druckerhöhung auf den Verlauf der bei Aufgabe 1 formulierten Reaktionsgleichung auswirkt. (Hinweise: 1. Bei der Reaktionstemperatur sind alle Reaktionsteilnehmer außer Silicium gasförmig. 2. Die Hinreaktion verläuft exotherm.)

### Industrielle Umsetzung

Die Bedeutung des oben beschriebenen Versuches lässt sich daran erkennen, dass heutzutage die großtechnische Synthese von Chlormethylsilanen ausschließlich durch Umsetzung von Chlormethan mit Silicium in Gegenwart von Kupfer als Katalysator durchgeführt wird.

