

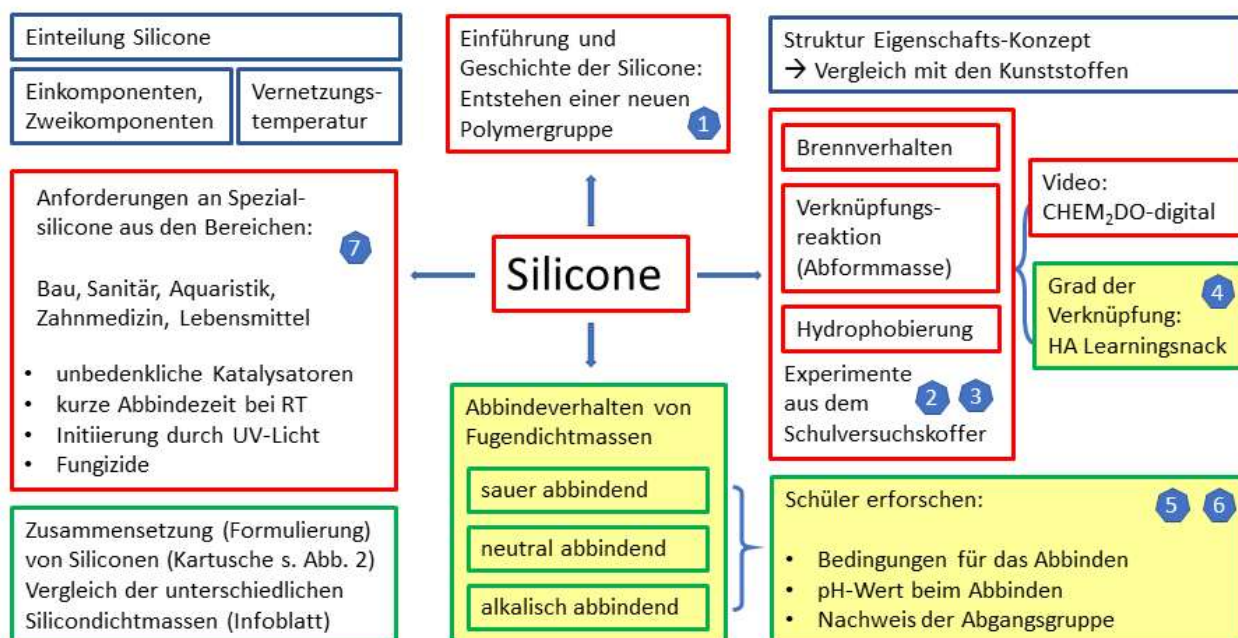
Online Material zum Artikel:

Kristina Hock, Jutta Reger

Silicondichtmassen ein alltägliches Produkt

Naturwissenschaft im Unterricht Chemie, Heft 186, Industrielle Chemie

Unterrichtseinheit Silicone



Stundenkonzeption der Unterrichtseinheit

Stunde 1	Einführung zur Geschichte der Silicone Lehrerinput und Materialien aus CHEM ₂ DO digital
Stunde 2 und 3	Schülerexperimente, Anleitungen und Aufgabenblätter aus dem CHEM ₂ DO-Koffer (Brennverhalten, Abformmasse, Hydrophobierung)
Stunde 4	Eine Frage der Verknüpfung – Silicon vielfältig einsetzbar (ausgearbeitet, s.u.)
Stunde 5 und 6	Wer sagt dem Silicon, dass es reagieren soll? (ausgearbeitet, s.u.)
Stunde 7	Vom Polymer zur gebrauchsfertigen Mischung, Spezialdichtmassen (Abb. 3, Infoblatt, Schülerarbeitsblatt)

Stunde 4

Eine Frage der Verknüpfung - Silicone vielfältig einsetzbar!

Unterrichtsverfahren: forschend-entwickelnd

Jgst.	Bayern: Gym NTG 12.3.2 synthetische Makromoleküle Thüringen: Gym 10.3.2 Zusammenhang zwischen Atombau, chemischer Bindung, Stoffeigenschaften und chemischen Reaktionen der organischen Chemie, Jgst. 12 4.5 Kunststoffe oder Projektunterricht	
Lehrplanbezug	C 12 3.2: Synthetische Makromoleküle – Werkstoffe nach Maß - Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe (Thermoplast, Duroplast, Elastomer): Schmelzverhalten, Zersetzung, Härte, Elastizität - Bauprinzip von Kunststoffen: Monomer, Polymer, Makromoleküle, Copolymerisate, Vernetzung - Synthese von Kunststoffen durch: radikalische Polymerisation (mit Reaktionsmechanismus: Startreaktion, Kettenreaktion, Kettenabbruch), Polykondensation (Polyester, Polyamid; bi- und trifunktionelle Monomere), Polyaddition (Polyurethan)	
Lernziele , die in dieser Stunde erzielt werden sollen	Die SuS ... <ul style="list-style-type: none"> • erstellen eigenständig Siliconpolymere mit unterschiedlichem Verknüpfungsgrad (am Papier oder mit marvinsketch) Anforderungsbereich II, Kompetenzbereich: FW, EK • leiten aus dem Verknüpfungsgrad eines Modellsilicons seine Eigenschaften ab. Anforderungsbereich II, EK • überprüfen ihre Hypothesen an Text und Film-Materialien aus dem Internet (CHEM₂DO) Kunststoffe und Silicone im Vergleich, Anforderungsbereich III, EK, K 	
Bezüge zu Basis-konzept(en)	Struktur-Eigenschaftsbeziehung	
Für diese Stunde aktiviertes Vorwissen	Struktur-Eigenschaft-Konzept bei Kunststoffen Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition (Mechanismus? oder Beispiele)	
Grundwissen , das aus dieser Stunde hervorgeht	<ul style="list-style-type: none"> • Silicone sind Makromoleküle mit einem -Si-O-Si-O- Grundgerüst • Ein Teil ihrer Eigenschaften können wie bei den Kunststoffen mit dem Verknüpfungsgrad der Makromoleküle erklärt werden. 	
Inner- und außerfachliche Anwendung(en) des Wissens	Verschiedene Anwendungsbeispiele von Silikonen aus dem Alltag: Gezielte Auswahl des Verknüpfungsgrades um Silicone mit bestimmten Eigenschaften zu erhalten	

Artikulationsstufen	Stundenthema: Eine Frage der Verknüpfung - Silicone vielfältig einsetzbar!	A, S, M
Z	Unterrichtsverfahren: forschend -entwickelnd	
Problem- gewinnung 5 Min	Kann man die Eigenschaften von Siliconen vorhersagen? Bsp. Sammeln von Beispielen zum Siliconeinsatz im Alltag Fokusfrage: Kann man auch aus dem Bau der Silicone auf ihre Verknüpfung auf ihre Eigenschaften schließen? (vgl. Kunststoffe)	Bildmaterial, Schüler- beiträge
Planung der Lösung 10 Min	Mechanismus der Polykondensation anwenden vgl. https://www.chem2do.de/c2d/de/silicone/herstellung/herstellung.jsp	Hinweis auf Vorwissen, evtl. Film
Durchführung des Lösungs- vorschlags 20 Min	Struktur der Silicone, insbesondere die Art der Verknüpfung analysieren: Eigenes Siliconpolymer auf dem Papier oder mit MarvinSketch erstellen. Konstruktion eines Siliconharz das stark 3D vernetzt ist. https://www.learningsnacks.de/share/185477/	Kurzanleitung MarvinSketch, AB, Silicon Learning snack
Abstraktion 5 Min	Zwischensicherung/ Hefteintrag: Verknüpfungsgrad bestimmt eine der Eigenschaften	
Wissens- sicherung 5 Min	Könnte man auch noch andere Eigenschaften untersuchen: Elastizität, Hydrophobie, Haftung auf verschiedenen Untergründen, Vergleich im Video Klassifizierung von Siliconen Nochmals anschauen https://www.chem2do.de/c2d/de/silicone/im_vergleich_kunststoffe/einstieg_kunststoffe_vs_silicone.jsp	SL gemeinsame Zusammen- fassung Video, ppt
HA	daraus Hefteintrag Vorschau auf nächste Stunde: „Thema Fugensilicone“ Arbeitsauftrag /Hausaufgabe: Schau im Baumarkt oder zuhause nach, wo Gebrauchssilicone verkauft werden, z.B. Fugensilicon, Abformmasse, Backtrennmittel, Teigschaber, Backform	

A Aktionsform, S Sozialform, M Medien, Z Zeit
AB Arbeitsblatt, SL Schüler-Lehrerinteraktion

Stunde 5 und 6

Wer sagt dem Silicon, dass es reagieren soll?

Jgst.	Bayern: Gym NTG 12.3.2 synthetische Makromoleküle Thüringen: Gym 10.3.2 Zusammenhang zwischen Atombau, chemischer Bindung, Stoffeigenschaften und chemischen Reaktionen der organischen Chemie, Jgst. 12 4.5 Kunststoffe oder Projektunterricht	
Lehrplanbezug	C 12 3.2: Synthetische Makromoleküle – Werkstoffe nach Maß - Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe (Thermoplast, Duroplast, Elastomer): Schmelzverhalten, Zersetzung, Härte, Elastizität - Bauprinzip von Kunststoffen: Monomer, Polymer, Makromoleküle, Copolymerisate, Vernetzung - Synthese von Kunststoffen durch: radikalische Polymerisation (mit Reaktionsmechanismus: Startreaktion, Kettenreaktion, Kettenabbruch), Polykondensation (Polyester, Polyamid; bi- und trifunktionelle Monomere), Polyaddition (Polyurethan)	
Lernziele , die in dieser Stunde erzielt werden sollen	SuS ... <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die unterschiedliche Einteilung der Silicone: 2 Komponentensystem bei Abformmasse, 1 Komponentensystem beim Fugensilicon (EK) • erläutern die unterschiedlichen Reaktionsmechanismen am Modell oder den Reaktionsgleichungen (FW, EK) • planen eigenständig Experimente um das Abbinden zu untersuchen (hinsichtlich der Bedeutung der Luftfeuchtigkeit und der Unterschiede zwischen den Silicon-Sorten) 	Doppelstunde
Bezüge zu Basis-konzept(en)	Chemische Reaktion	
Für diese Stunde aktiviertes Vorwissen	Reaktionsmechanismen bei Kunststoffen, Polykondensation, Polyaddition, Katalysator	
Grundwissen , das aus dieser Stunde hervorgeht	Mechanismus der Polyaddition und der Polykondensation Zusammensetzung von Siliconen für die Anwendung zu Hause	
Inner- und außerfachliche Anwendung(en) des Wissens	Ähnlichkeit und Unterschiede bei Kunststoffen und Siliconen bei Materialeigenschaften und Herstellung, Reaktionsmechanismen Nutzung des Wissens im Alltag: Bad Sanierung, Hausbau, Kunst	

Von der Idee her wird nach dem forschend entwickelnden Unterrichtsverfahren vorgegangen (Schüler planen die Experimente und führen diese arbeitsteilig durch), aufgrund der Verschränkung mit der Vorstunde können die sonst üblichen Artikulationsstufen hier nicht so richtig eingesetzt werden.

Artikulation:	<p>Stundenthema: Wer sagt dem Silicon, dass es reagieren soll?</p> <p>Unterrichtsverfahren: forschend entwickelnd</p>	A, S, M
Einführung /Motivation	Wenn man z.B. Fugensilicon oder Abformmasse kauft, findet nicht gleich eine Reaktion statt.	Material Beispiele mitbringen
Problem-gewinnung 5Min	<p>Fokusfrage: Wie wird der Abbinde- (Polykondensations)-prozess beim Baumarktsilicon unterbunden bzw. durch welche Bedingung kann er initiiert werden?</p>	
Planung der Lösung 1	<p>Sammeln von Schülervorschlägen (Hypothesen)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fugensilicon in Kartusche, → evtl. ohne Luft oder Luftfeuchtigkeit, nur eine Komponente - Abformmasse: 2 Komponenten reagiert bei Raumtemperatur. - Siliconabformung beim Zahnarzt muss schnell bei RT aushärten <p>Die verschiedenen Reaktionsmechanismen erfordern unterschiedliche Maßnahmen:</p>	Schülerbei-träge
Erarbeitung 1 15 Min	<p>Auswertung / Wiederholung aus der Vorstunde</p> <p>1. Katalysierte Polyadditionsreaktion (Abformmasse, 2 K) Experiment mit Abformmasse durchführen oder in der Vorstunde durchgeführte Abformung entformen [In Aluförmchen gießen z.B. Muschel abformen (Vernetzungsreaktion im Wasserbad durchführen, ca. 10 Min)]</p> <p>Wie wird hier die vorzeitige Reaktion verhindert? → Die Reaktionspartner müssen erst gemischt werden.</p>	Partnerarbeit SExp. oder der Exp. Film
Je nachdem: 15 Min	<p>Reaktionsmechanismus besprechen https://www.chem2do.de/c2d/de/schulversuche/v3_abformung/3_chemische_reaktion_sek_1/playerseite_2.jsp?vidIndex=1</p>	Durchführung des Exp. evtl. schon im Vorstunde
Sicherung 1 5 Min	<p>Komponente A enthält Polymer und Vernetzermoleküle Komponente B enthält Polymer und Katalysatorteilchen (Platin Katalysator)</p>	Animation zeigen Sek I oder Sek II
Erarbeitung 2 15 Min	<p>Erste wenn beide Komponenten gemischt werden, ist eine Polyadditionsreaktion möglich. Bei Siliconformen die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen oder z.B. Babyschnuller muss darauf geachtet werden, dass der eingesetzte Katalysator nicht giftig ist.</p> <p>Welche Eigenschaften hat das Produkt? Auswertung der eigenen Abformungen, konnte die Reaktion durch Temperaturerhöhung beschleunigt werden? Formtreue, Schrumpfung?</p>	Zus SuS
Sicherung 2		UG

5 Min	2. Polykondensationsreaktion (Fugensilicon, 1K) Kaltvulkanisierbare Einkomponenten Silicondichtstoffe (vgl. letzte Stunde)	Zus durch SuS
Planung der Lösung 2		
5 Min	Experimente ansetzen: Unterschiedliches Aushärten von neutral und sauervernetzendem Fugensilicon	UG Klasse
Durchführung des Lösungsvorschlages 2	Experimente entwickeln zu den unterschiedlichen Hypothesen	Partnerarbeit arbeitsteilig
15 Min	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Atmosphären untersuchen (z.B. Luft, N₂, CO₂, O₂, evakuierter Exsikkator) • pH-Wert beim Abbinden mit Universalindikator • Nachweis der Spaltprodukte <p>Fugensilicon: Erst der Zutritt von Luftfeuchtigkeit setzt den Polymerisationsprozess in Gang Erarbeiten eines Experimentes das dieses zeigt → „Reaktion ohne Luftfeuchtigkeit z.B. im evakuierten Exsikkator</p>	LG
Sicherung 3	3. Ausblick auf Abformsilicon beim Zahnarzt	Kurze Expertenbefragung z. B. Zahnarzt
5 Min	Reaktion muss bei RT sehr schnell verlaufen, Katalysator darf nicht giftig sein, deshalb werden Spezialsilicone verwendet.	
Abstraktion		
5 Min		

Stunde 7

Weitere Inhaltsstoffe der Kartuschen bei Silicondichtmassen

Anforderungen an Spezialsilicone:

Sanitärsilicon (Fungizid),

Dachsilicon (UV Beständigkeit, wasserabweisend)

Zahnarzt (bei Abdrücken: schnelle Vernetzungsreaktion, formtreue, keine Schrumpfung)

Küchen und Baubereich (keine sauer vernetzenden Fugendichtmassen, Säure greift Marmor an)

vgl. dazu Abb. 2, Infoblatt und Arbeitsblatt für Schüler

Abbindeverhalten eines sauer vernetzenden Silikondichtstoffes

Geräte:

V1: Becherglas 1000 ml mit passendem Uhrglas oder Abdeckung, magnetischer Heizrührer, Föhn, Kartuschenpresse, 2 kleine Uhrgläser, Petrischale, Alufolie, Spatel, 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

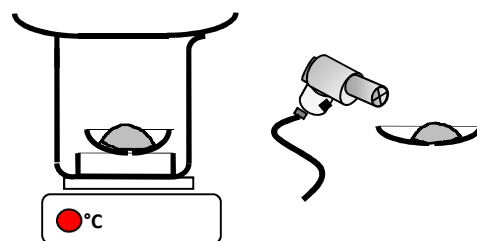
Chemikalien:

Acetoxy-Silikondichtstoff (z.B. Kartusche Soudal Qualitätssilikon weiss, *Hornbach*), dest. H₂O oder Elastosil® 4300 von Wacker, dünnes Kupferblech (3 Streifen; 2 x 6 cm)

V1 Abbindezeit von Acetoxy-Silikondichtstoff beeinflusst durch die Feuchtigkeit

Durchführung:

Ansatz 1: In das Becherglas gerade so viel Wasser geben, das der Boden ca. 1 cm hoch bedeckt ist. In die Mitte des Becherglases eine kleine Petrischale als Erhöhung verkehrt herum legen und darauf ein Uhrglas legen. Auf ein Stück Alufolie (4 cm x 4 cm) etwas Acetoxy-Dichtstoff auftragen und auf dem Uhrglas platzieren. Die gesamte Anordnung auf einen Heizrührer stellen und auf 100 °C erhitzen. Sobald das Wasser anfängt zu kochen, das große Uhrglas auf das Becherglas legen und den Dichtstoff 5 min lang im geschlossenen System dem Wasserdampf aussetzen.



Ansatz 2: Auf ein Stück Alufolie (4 cm* 4 cm) etwas Acetoxy-Dichtstoff auftragen, auf ein Uhrglas platzieren und dann, sobald das Wasser bei Ansatz 1 kocht, 5 min lang heißföhnen.

Beobachtung:

Vergleiche das Abbinden bei beiden Ansätzen. Welche Beschaffenheit weist die Oberfläche auf? Bis in welche Tiefe ist das Abbinden vorgedrungen?

Berührt man den Dichtstoff aus dem 1. Ansatz mit einem Spatel lässt sich deutlich spüren, dass dieser härter geworden ist, als der Dichtstoff aus dem 2. Ansatz. Ansatz 1 zieht darüber hinaus kaum noch Fäden, wohingegen sich bei Ansatz 2 nur die äußere Schicht verfestigt hat. Der darunterliegende Dichtstoff ist unverändert geblieben.

Theorie:

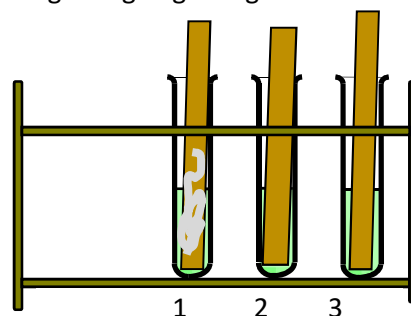
Das Abbinden des Silikondichtstoffes wird durch eine feuchte bzw. heiße Umgebung begünstigt.

V2 Einfluss des sauren Reaktionsproduktes auf ein Kupferblech

Drei Reagenzgläser werden wie folgt beschickt:

- 1) Wasser und Kupferstreifen mit Acetoxy-Silikondichtstoff
- 2) Wasser und Kupferstreifen
- 3) Wasser und Essigsäurelösung

Die Kupferstreifen werden über Nacht stehen gelassen, die Farbveränderung am nächsten Tag beobachtet. Bei Reagenzglas 1 und 3 kann die typische türkisblaue Farbe der Cu²⁺-Ionen festgestellt werden. Reagenzglas 2 dient als Negativprobe, Reagenzglas 3 als Positivprobe



Entsorgung:

Die ausgehärteten Silikonstücke können über den Hausmüll entsorgt werden. Die Lösungen aus Versuch 2 werden im Behälter für Metallsalzlösungen entsorgt.

Nachweis von Eliminierungsprodukten bei Silcondichtmassen


Geräte:

2 Bechergläser 100 ml, 2 Messzylinder 20 ml, zwei 3-geteilte Plastik-Petrischalen oder (6 kleine Wägeschiffchen), Einmalpipetten, Kartuschenpresse, 2 Spatel

Chemikalien:

Acetoxy-Silcondichtstoff (z.B: ELASTOSIL® 4300 von WACKER oder Kartusche Soudal Qualitätssilikon weiss, Hornbach),

Alkoxy-Silcondichtstoff (z.B: Kartusche Akkit 603 Bau Silikon weiss, Hornbach),

Kaliumpermanganat-Lösung $c(\text{KMnO}_4) = 0,01 \text{ mol/l}$ ( GHS09), Natronlauge $c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ mol/l}$ ( GHS05), Universalindikator

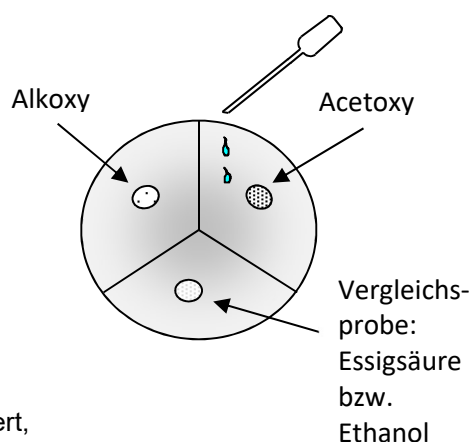
Vorbereitung

Indikator-Lösung: 50 mL Wasser in ein Becherglas werden mit ca. 10 Tropfen einer 0,1%igen Universalindikator-Lösung versetzt.

Alkalische Kaliumpermanganat-Lösung: zu 20-ml NaOH-Lsg. ($c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ mol/L}$) werden 10 ml KMnO_4 -Lsg $c(\text{KMnO}_4) = 0,01 \text{ mol/l}$ hinzugefügt.

Die Petrischalen oder Wägeschiffchen, werden wie in der Abbildung gezeigt, vorbereitet:
In jedes Feld werden ca. 1 Spatelspitze von einem der Silcondichtstoffe bzw. wenige Tropfen der Vergleichsprobe gegeben.

In jedes Feld der ersten Petrischale werden 5-6 ml Indikatorlösung pipettiert, in jedes Feld der zweiten Petrischale 5-6 ml alkalische KMnO_4 -Lösung.
Die Farbveränderung wird sofort und nach 5 Min beobachtet.



Beobachtungen:

Farbveränderung	pH-Wert	KMnO_4 -Lösung
Acetoxy	schnelle Gelbfärbung	langsame blau-grün Färbung
Alkoxy	gelb bis grünliche Farbe	langsame Braunfärbung
Vergleichsprobe	mit verd. Essigsäure Gelbfärbung	mit Methanol schnelle Braunfärbung

Theorie:

pH-Wert: Beim Acetoxy-Dichtstoff ist ein saures Eliminierungsprodukt nachweisbar, auch der Geruch zeigt Essigsäure an.

Kaliumpermanganat: Bei Alkoxy Dichtstoffen wird Permanganat durch das im Abbindungsvorgang entstehende Methanol reduziert.

Entsorgung:

Reaktionslösungen sammeln, neutralisieren und über den Sammelbehälter für wässrige Metallsalzlösungen entsorgen. Dichtstoffe ausspülen, aushärten lassen und über die Sondermülltonne entsorgen.

Literatur:

Tausch M. et al., Didaktische Silicon Dokumentation, 2014

Hoßfeld Viviane, Lühken Armin, Einfache Polymerchemie im Badezimmer, Chemkon 2015, 22, 1

Maßgeschneiderte Silicon-Dichtmassen

Wann setzt man welches Silicon ein?

Vergleich der verschiedenen Fugensilicone

	Acetoxy-Silicondichtmasse	Alkoxy-Silicondichtmasse	Amin-Silicondichtmasse
Untersuchtes Silicon: Hersteller Typenbezeichnung	Kartusche Elastosil 4300® von Wacker oder Kartusche Soudal Qualitätsilicon weiss (Hornbach)	Kartusche Akkit 603 Bau Silicon weiss (Hornbach)	Kartusche 460 Dach + Solar Dichtstoff, farbig (Ramsauer)
Reaktionstyp	1 K RTV	1 K RTV	1 K RTV
Vernetzung wird ausgelöst durch	Luftfeuchtigkeit	Luftfeuchtigkeit	Luftfeuchtigkeit
Vernetzermponente Formel:	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}}-\text{O}-$	$\text{R}-\text{O}-$	$\text{R}-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-$
Katalysatorsystem	Organozinnverbindung	Organotitanverbindung	Organozinnverbindung
Geruch beim Abbinden	Essig	keiner	fischig
Eliminierungsprodukt	Essigsäure	Alkohol	Amin
Nachweismethode und Ergebnis	pH-Wert → sauer KMnO ₄ → keine	pH-Wert → neutral KMnO ₄ → bräunlich	pH-Wert → alkalisch
Aushärten beginnt	an der Oberfläche schnell abbindend (15 Min)	an der Oberfläche	an der Oberfläche
Beschaffenheit nach dem Aushärten	elastisch	elastisch	elastisch
Einsatzgebiet	Sanitärsilicon, nicht für säureempfindliche Oberflächen wie Marmor oder Buntmetalle geeignet	Fugensilicon Keine Korrosion auf Metallen und Kunststoffen	Baubereich Dach und Solardichtstoff
Gute Haftung auf	Glas, Keramik, Kunststoff	Beton, Kunststoff, Naturstein	Beton, Glas, Keramik, Kunststoff
Eigenschaften	Hohe Transparenz, gute mechanische Eigenschaften, hydrophob,	hydrophob, UV-beständig, ozonbeständig	hydrophob, UV-beständig, ozonbeständig
Zusatzstoffe	Füllstoffe, Fungizid	Füllstoffe, Weichmacher	Füllstoffe, Weichmacher

Lit.: Tausch M. et. al., Didaktische Silicon Dokumentation (DiSiDo), 2014

Wolf A.T., Dicht- und Klebstoffe auf Siliconbasis, Teil I Verfestigungsmechanismen, ChiuZ, 5, 2020, 54, 284-295

Wann setzt man welches Silicon ein?

Recherchiere und vergleiche die Eigenschaften von Fugendichtmasse und Abformmasse

	Acetoxy- Silicondichtmasse	Alkoxy- Silicondichtmasse	Silicon Abformmasse
Untersuchtes Silicon: Hersteller Typenbezeichnung			
Reaktionstyp			
Vernetzung wird ausgelöst durch			
Vernetzerkomponente			
Formel:			
Katalysatorsystem			
Geruch beim Abbinden			
Eliminierungsprodukt			
Nachweismethode und Ergebnis	pH-Wert → KMnO ₄ →	pH-Wert → KMnO ₄ →	pH-Wert → KMnO ₄ →
Aushärten beginnt			
Beschaffenheit nach dem Aushärten			
Einsatzgebiet			
Gute Haftung auf			
Eigenschaften			
Zusatzstoffe			

Lit.:

Tausch M. et. al., Didaktische Silicon Dokumentation (DiSiDo), 2014

Wolf A.T., Dicht- und Klebstoffe auf Siliconbasis, Teil I Verfestigungsmechanismen, ChiuZ, 5, 2020, 54, 284-295