

# Arbeitsblätter Kunststofftechnik

## Lernfelder 5 bis 8 – Lösungen

### Lernsituationen mit Versuchen und Übungen

**Autoren:**

Küspert, Karl-Heinz  
Morgner, Dietmar  
Rudolph, Ulrike  
Schmidt, Albrecht  
Schwarze, Frank

Hof  
Chemnitz  
Sonneberg  
Selbitz  
Sonneberg

**Lektorat:**

Morgner, Dietmar

Chemnitz

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern  
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

3. erweiterte und verbesserte Auflage 2019  
Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert bleiben.

ISBN 978-3-8085-1467-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar  
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar  
Umschlagfoto: Coperion Werner & Pfeiderer GmbH & Co. KG, 70469 Stuttgart  
Druck: optimal media GmbH, 17207 Röbel/Müritz

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 13965**

Die Arbeitsblätter sind für alle Auszubildenden im Bereich Kunststoff- und Kautschuktechnik geeignet, die über ein ausreichendes theoretisches Wissen verfügen und damit komplexe praktische Aufgabenstellungen lösen können. Sie eignen sich zur Lehrstoffvermittlung und -festigung sowie zur Kontrolle. Die Arbeitsblätter sind für den handlungsorientierten Unterricht in der Berufsschule, im Berufsgrundbildungsjahr, in der Berufsfachschule und im technischen Gymnasium ausgelegt.

Die Themen der Arbeitsblätter entsprechen den verbindlichen Lehrplänen für Verfahrensmechaniker der Kunststofftechnik. Die Basis für eine solide Ausbildung des Facharbeiternachwuchses aller Spezialisierungsrichtungen in der Kunststofftechnik wird im zweiten Ausbildungsjahr mithilfe der Lernfelder 5 bis 8 geschaffen:

- ◆ **Lernfeld 5: Fertigungsvoraussetzungen für die Polymerverarbeitung schaffen**
- ◆ **Lernfeld 6: Werkzeuge, Maschinen und Zusatzgeräte instand halten**
- ◆ **Lernfeld 7: Eigenschaften von polymeren Werkstoffen prüfen und analysieren**
- ◆ **Lernfeld 8: Steuerungstechnische Systeme für die Be- und Verarbeitung von Polymeren anwenden und prüfen**


Die Lehrplaninhalte der vier Lernfelder werden durch praxisorientierte Problemstellungen vermittelt. Handlungsorientierte Aufgabenstellungen sind das Hauptanliegen der Arbeitsblätter.

Für Bundesländer, die die ausgewiesenen Unterrichtsstunden des Rahmenplanes aller Lernfelder mit fachpraktischen Lerninhalten ergänzen, sind im Anschluss an den fachtheoretischen Teil der Lernsituationen geeignete Versuche und Übungen aufgeführt.

Für Bundesländer **ohne** festgelegte Unterrichtsstunden für praxisorientierte Versuche und Übungen eignen sich die Aufgabenstellungen der Versuche und Übungen als Demonstrationsversuche zur verbesserten Wissensvermittlung und Erkenntnisbildung.

In der **3. Auflage** sind aktualisierte DIN-Nummern und DIN-Inhalte eingearbeitet sowie erforderliche Korrekturen durchgeführt worden.



Mithilfe der zu lösenden Teilaufgaben, symbolisiert durch , ist eine logische und sinnvolle Arbeitsweise zur Erkenntnisbildung der Auszubildenden gesichert. Die Aufgabenstellungen sind geeignet, eigenverantwortliches Handeln und kritisches Bewerten von Sachverhalten zu erlernen.

Die gezielte Verwendung von Fach- und Tabellenbüchern unterstützt den Erwerb von fachlichem Wissen und Können. Im symbolisierten Merkfeld können die ermittelten Seitenangaben eingetragen werden.



Der Verlag und die Autoren der Arbeitsblätter Kunststofftechnik sind für Anregungen und kritische Hinweise, die der Verbesserung der folgenden Auflagen dienen, dankbar. Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und somit dem Autorenteam über

[lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)

zugestellt werden.

Für die umfangreiche und kompetente Unterstützung danken wir allen Unternehmen, Verbänden und Institutionen, die uns mit zahlreichen praxisbezogenen Unterlagen bei der Erarbeitung des Arbeitsheftes unterstützt haben.

Autoren und Verlag

Herbst 2019

### ◆ Fertigungstechnik

#### Lernfeld 5      Fertigungsvorraussetzungen für die Polymerverarbeitung schaffen

Mindmap	5
<b>Projekt: Fensterprofil aus PVC-U</b>	6 ... 26
Extrudieren	27
Extrusionsblasen	29
Spritzgießen	31
Pressen	33
Mischen und Zerkleinern	35

#### Lernfeld 6      Werkzeuge, Maschinen und Zusatzgeräte instand halten

Mindmap	37
<b>Projekt: Blasanlage</b>	38 ... 62
Extrusionswerkzeuge	63
Extrusionsblaswerkzeuge	65
Spritzgießwerkzeuge	67
Presswerkzeuge	69

#### Lernfeld 7      Eigenschaften von polymeren Werkstoffen prüfen und analysieren

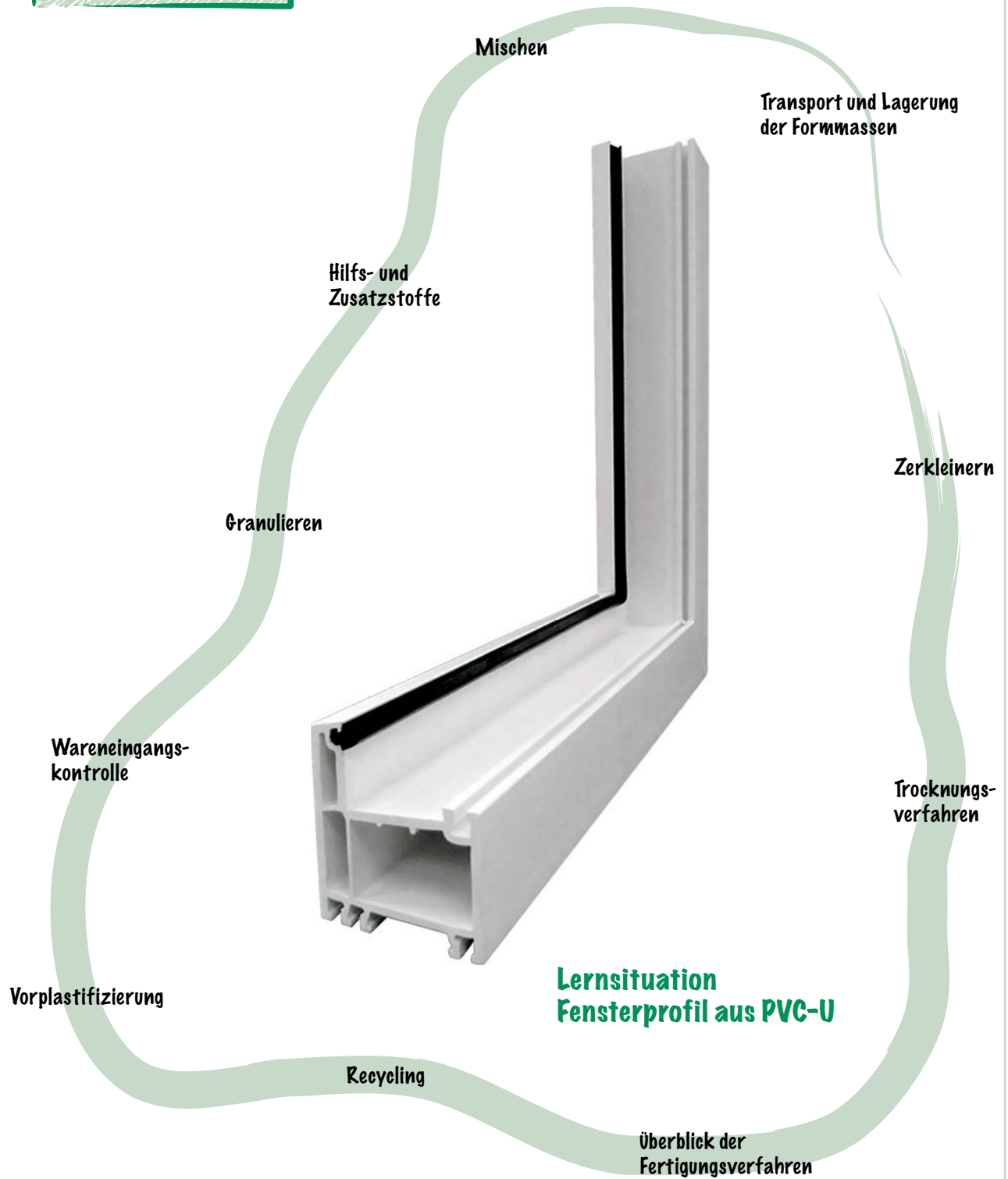
Mindmap	71
<b>Projekt: Elektrohandwerkzeug</b>	72 ... 90
Schüttdichte und Rieselfähigkeit	91
Feuchte- und Vicatmessung	93
Schmelzindexbestimmung	95
Zugprüfung	97
Shore- und Kugeldruckhärte	99
Dichte- und Kerbschlagprüfung	101

### Lernfeld 8

### Steuerungstechnische Systeme für die Be- und Verarbeitung von Polymeren anwenden und prüfen

Mindmap	103
<b>Projekt: Verteilstation</b>	104 ... 122
Aufbau von Pneumatikschaltungen	123
Kolbengeschwindigkeit und -kräfte	125
Logische Grundsaltungen	127
Direkte und indirekte E-Pneumatikschaltungen	129
Elektropneumatische Selbsthaltung	131
Steuerungsarten	133
◆ <b>Firmenverzeichnis</b>	135
◆ <b>Kunststoffeigenschaften</b>	136

### Lehrplaninhalte



## Projekt: Fensterprofil aus PVC-U

### Beschreibung der Lernsituation

Fenster sollen eine Lebensdauer von etwa 50 Jahren erreichen. Dabei werden sie einer Reihe von Umwelteinflüssen ausgesetzt und müssen verschiedene Aufgaben erfüllen. Für den Rahmen können unterschiedliche Werkstoffe eingesetzt werden. Bei Kunststoff-Fensterprofilen wird meist PVC-U verwendet. Der reine Kunststoff weist nicht in vollem Maße die Eigenschaften auf, die für den Einsatz im Außenbereich notwendig sind. Um die Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften zu verbessern, muss er aufbereitet werden.

### Aufgaben

Es ist eine PVC-U-Mischungsrezeptur mit den notwendigen Additiven für Fensterprofile zu entwickeln. Desweiteren müssen geeignete Maschinen, Geräte und Anlagen zur Zerkleinerung der Mischungsbestandteile, zum Vermischen und schließlich zum Granulieren ausgewählt werden.

1. Die Wahl eines Fensters richtet sich nach optischen, technischen und funktionellen Aspekten.

◆ Nennen Sie Aufgaben, die Fenster erfüllen müssen.

sorgen für Licht und Luft im Gebäude; dichten ab gegen Regen, Wind und Kälte; müssen Witterungseinflüssen standhalten; sollen optisch zum Gebäude passen



2. Fensterprofile bestehen entweder aus Holz, Aluminiumlegierungen oder PVC-U. Den größten Marktanteil nimmt zur Zeit PVC-U mit über 50 % ein.

◆ Welche Vorteile haben Kunststofffenster gegenüber Fenstern aus anderen Werkstoffen?

geringere Wärmeleitfähigkeit und damit bessere Wärmedämmung; in jeder Farbe einfärbbar; pflegeleicht; resistenter gegenüber Umwelteinflüssen; geringeres Eigengewicht



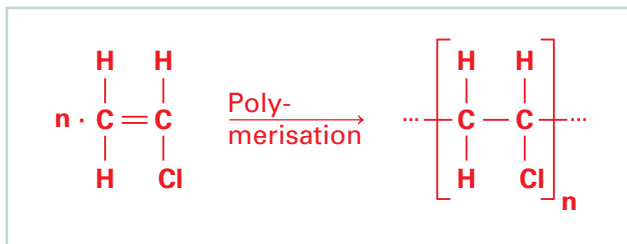
### Polyvinylchlorid PVC-U

3. Aufgrund seiner guten Witterungsbeständigkeit ist PVC-U hervorragend geeignet für den Außenbereich wie z. B. Fensterrahmen, Rollläden, Gartenmöbel u.v.m.

◆ Welche chemischen Elemente sind am Aufbau von PVC beteiligt?

Wasserstoff, Kohlenstoff, Chlor

◆ Zeichnen Sie die Strukturformel des Monomers und Polymers von PVC und benennen Sie diese.



**Monomer:** Vinylchlorid

**Polymer:** Polyvinylchlorid



4. PVC wird durch Polymerisation hergestellt. Je nach Polymerisationsverfahren erhält man unterschiedliche Eigenschaften.

◆ Vervollständigen Sie mithilfe des Lehrbuches folgende Tabelle.



Polymerisationsverfahren	PVC-Typ	Aussehen	Eigenschaften
Massepolymerisation	M-PVC	glasklar	sehr rein
Suspensionspolymerisation	S-PVC	glasklar	rein, rieselfähig
Emulsionspolymerisation	E-PVC	milchig-trübe	nicht rieselfähig

5. Durch Beimischung anderer Polymere kann man die Eigenschaften der jeweiligen Kunststoffe kombinieren.

◆ Welche Eigenschaft erzielt man durch Beimischung von chloriertem PE?

Erhöhung der Schlagzähigkeit in der Kälte unter Beibehaltung der anderen Eigenschaften von PVC.





### Zuschlag- und Hilfsstoffe

6. Nach Verlassen des Reaktionskessels hat der reine Kunststoffrohstoff noch nicht die geforderten Eigenschaften für die Verarbeitung und den Gebrauch. Er muss durch Zusatzstoffe, sogenannte Additive, modifiziert werden. Dabei sollen die Additive die Eigenschaften von Kunststoffen verbessern, dürfen sich an anderer Stelle aber nicht nachteilig auswirken.

- ◆ Welche Eigenschaften müssen Additive grundsätzlich erfüllen?

hohe Thermostabilität; hohe Beständigkeit gegen Migration; physikalische Unbedenklichkeit; Farbneutralität; gute Verträglichkeit mit anderen Additiven



7. Die Zusatzstoffe werden in Zuschlag- und Hilfsstoffe unterschieden.

- ◆ Wodurch unterscheiden sich diese Stoffgruppen?

**Zuschlagstoffe:** Verändern der Gebrauchseigenschaften wie Festigkeit, Härte und Zähigkeit

**Hilfsstoffe:** Verändern der Verarbeitungseigenschaften wie das Fließverhalten

- ◆ Vervollständigen Sie folgende Tabelle mit Beispielen.

Zuschlagstoffe	Hilfsstoffe
Weichmacher	Gleitmittel
Füll- und Verstärkungsstoffe	Wärmestabilisatoren
Treibmittel	Beschleuniger
Farbstoffe	Mastifiziermittel
UV-Stabilisatoren	Vulkanisationsbeschleuniger
Flammschutzmittel	Vernetzungsmittel

- ◆ Welche dieser Zusatzstoffe werden ausschließlich in der Kautschukverarbeitung eingesetzt?

Mastifiziermittel, Vulkanisationsbeschleuniger



8. Im Einsatz sind Fenster einer Reihe verschiedener Umwelteinflüsse ausgesetzt. Sowohl der Rahmen als auch das Glas müssen dafür ausgerichtet sein.

◆ Tragen Sie in die Übersicht mögliche Umwelteinflüsse ein.

Kälte bzw. Wärme

---

---

---

mechanische  
Beanspruchung  
durch Öffnen  
und Schließen



UV-Strahlung

---

---

---

Feuchtigkeit  
durch Regen,  
Schnee und  
Hagel

---

---

---

9. Der Rahmen ist beispielsweise durch das Scheibengewicht und die Windlast großen mechanischen Belastungen ausgesetzt.

◆ Welche Zusatzstoffe können verwendet werden, um die Festigkeit und Härte des Rahmenmaterials zu verbessern?

### Füll- und Verstärkungsstoffe

◆ Die Stoffgruppe kann man in zwei Gruppen einteilen.  
Ordnen Sie diesen Gruppen Beispiele zu.

organisch	anorganisch
Holzmehl	Glasfasern
Baumwolle	Kreide
Zellulose	Ruß



◆ Manchmal ist es notwendig, auch das Glas zu verstärken, zum Beispiel an Bankschaltern oder an der Frontscheibe von Pkws. Man spricht hier von Sicherheitsglas. Wie wird dort die höhere Festigkeit realisiert?

Zwischen zwei Glasscheiben wird eine Kunststoffolie eingebracht. Es entsteht ein Mehrschichtverbund.

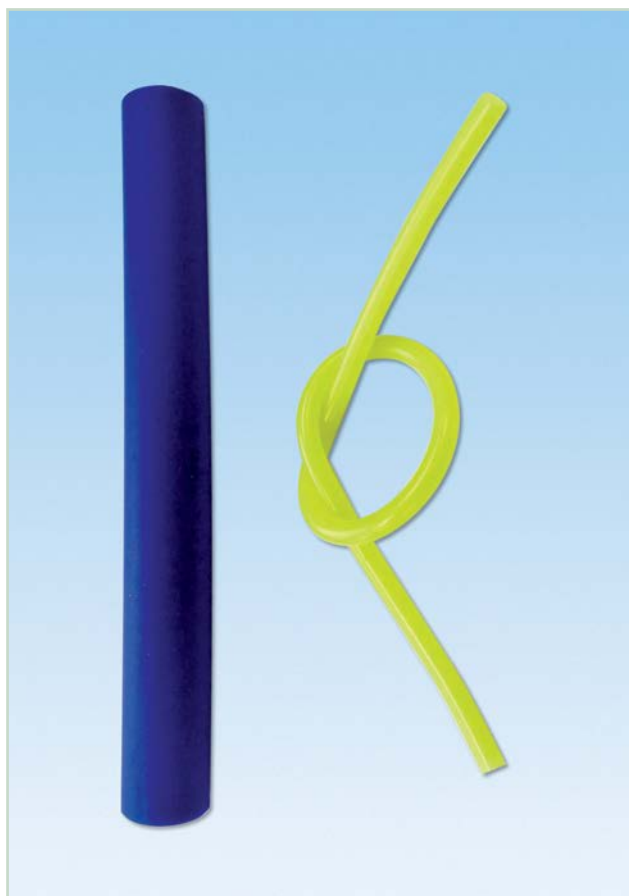
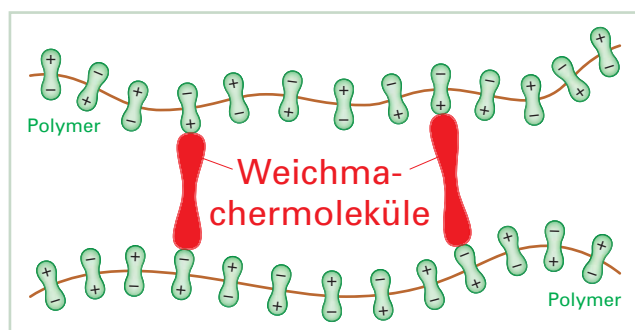
10. PVC-U wird für Fensterrahmen und Rohre, PVC-P für Schläuche, Fußbodenbeläge und Kabelummantelungen eingesetzt.

- ◆ PVC-P wird durch Weichmacher elastisch gemacht. Welche Wirkungsweise haben Weichmacher im Molekülgefüge?

Weichmacher ordnen sich zwischen den Molekülketten an und halten sie auf Abstand.

Dabei werden die Nebenvalenzkräfte schwächer.

- ◆ Zeichnen Sie in die dargestellten Molekülketten zwei Weichmachermoleküle.



11. In eine PVC-Mischung gehören neben Füllstoffen oder Weichmachern noch eine Reihe weiterer Zusatzstoffe, welche die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften modifizieren.

- ◆ Welche Aufgabe haben Schlagzähmacher?

Sie sollen Kunststoffe in Bezug auf ihre Schlagzähigkeit verbessern.

- ◆ Die meisten Kunststoffe brennen verhältnismäßig leicht. Dies kann im Bauwesen und bei anderen Anwendungen verheerende Auswirkungen haben. Deshalb müssen flammhemmende Zusätze verwendet werden. Erklären Sie deren Wirkungsweise.

Durch den Einsatz von flammhemmenden Substanzen wird der Sauerstoff vom Brandherd abgeschirmt, der Verbrennungsmechanismus eingedämmt und die thermische Zersetzung des Kunststoffes vermindert.

- ◆ Fenster haben auch eine dekorative Wirkung. Man kann sie deshalb in den unterschiedlichsten Farben erwerben. Zum Einfärben der Rahmen werden Farbstoffe und Pigmente eingesetzt. Nennen Sie deren unterscheidende Merkmale.

Farbstoffe	Pigmente
löslich in Wasser und organischen Lösungsmitteln	unlöslich in Wasser und organischen Lösungsmitteln; migrationsstabil

- ◆ Welcher Zusatzstoff ist unbedingt notwendig, wenn PVC verarbeitet wird?

Es müssen **Wärmestabilisatoren** verwendet werden, damit der thermoplastische Bereich vergrößert wird und der Kunststoff sich beim Urformen nicht zersetzen kann.

- ◆ Was ist mit dem Lichtschalter im Außenbereich auf dem nebenstehenden Bild geschehen und wie kann man diesem Prozess entgegenwirken?

Der Lichtschalter ist durch **UV-Strahlung vergilbt**. Durch sogenannte **UV-Absorber** wird die UV-Strahlung in Wärme umgewandelt und somit ein Vergilben vermindert.



12. Den PVC-Mischungen werden außerdem Antioxidantien zur höheren Temperaturbeständigkeit und Metallseifen für eine bessere Witterungsbeständigkeit beigemengt. Ausschlaggebend für einen qualitativ hochwertigen Fensterrahmen ist hierbei, in welchem Verhältnis die Zusatzstoffe dem Kunststoff zugefügt werden. Deshalb muss eine Mischungsrezeptur entwickelt werden.

- ◆ Eine PVC-U Mischung wird nach folgender Rezeptur hergestellt:

PVC	37 Teile
Füllstoff	14 Teile
Farbmittel	1,8 Teile
UV-Absorber	0,7 Teile
Wärmestabilisator	0,3 Teile

Die Gesamtmasse beträgt 271 kg.

Wie viel Wärmestabilisator in kg muss beigemischt werden?

$$37 \text{ Teile} + 14 \text{ Teile} + 1,8 \text{ Teile} + 0,7 \text{ Teile} + 0,3 \text{ Teile} = \mathbf{53,8 \text{ Gesamtteile}}$$

$$\frac{271 \text{ kg}}{53,8 \text{ Teile}} = \frac{x}{0,3 \text{ Teile}}$$

$$x = 271 \text{ kg} \cdot \frac{0,3 \text{ Teile}}{53,8 \text{ Teile}} = \mathbf{1,5 \text{ kg}}$$

Es müssen **1,5 kg Wärmestabilisator** beigemischt werden.

13. Die Bestandteile einer Mischungsrezeptur können auch in Prozent angegeben werden.

- ◆ Eine Mischung von 205 kg für einen PVC-U Kunststoffrahmen könnte dann folgendermaßen aussehen: 75 % PVC-U, 12 % Füllstoff, 8 % Gleitmittel, 3 % Farbmittel und 2 % Wärmestabilisator.

Berechnen Sie die Massen der einzelnen Bestandteile.

$$\frac{205 \text{ kg}}{100 \%} = \frac{x}{75 \%}$$

$$x = \frac{205 \text{ kg} \cdot 75 \%}{100 \%} = \mathbf{153,75 \text{ kg PVC-U}}$$

$$\frac{205 \text{ kg}}{100 \%} = \frac{x}{12 \%}$$

$$x = \frac{205 \text{ kg} \cdot 12 \%}{100 \%} = \mathbf{24,6 \text{ kg Füllstoff}}$$

$$\frac{205 \text{ kg}}{100 \%} = \frac{x}{8 \%}$$

$$x = \frac{205 \text{ kg} \cdot 8 \%}{100 \%} = \mathbf{16,4 \text{ kg Gleitmittel}}$$

$$\frac{205 \text{ kg}}{100 \%} = \frac{x}{3 \%}$$

$$x = \frac{205 \text{ kg} \cdot 3 \%}{100 \%} = \mathbf{6,15 \text{ kg Farbmittel}}$$

$$\frac{205 \text{ kg}}{100 \%} = \frac{x}{2 \%}$$

$$x = \frac{205 \text{ kg} \cdot 2 \%}{100 \%} = \mathbf{4,1 \text{ kg Wärmestabilisator}}$$

### Wareneingangskontrolle

Kunststofffenster sind sehr komplex aufgebaut und bestehen deshalb aus verschiedenen Materialien, um deren positive Eigenschaften miteinander zu verbinden. Bevor diese Ausgangsstoffe verarbeitet werden können, müssen sie einer Wareneingangskontrolle unterzogen werden.

14. Der Hersteller von Kunststoff-Fensterprofilen hat eine Lieferung von 15 t PVC-Pulver erhalten.

- ◆ Welche wichtigen Punkte müssen bereits vor der Warenannahme überprüft werden? (mindestens drei)

Lieferschein, Warenmenge, Liefertermin, Verpackung

- ◆ Das PVC-Pulver soll in einem Silo mit einem Volumen von 10 m<sup>3</sup> gelagert werden. Ist die Kapazität ausreichend? ( $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$ )

$V = \frac{m}{\rho} = \frac{15 \text{ t}}{1,4 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}} = 10,7 \text{ m}^3$	Die Kapazität ist nicht ausreichend, es wird ein weiteres Silo benötigt.
------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

15. Nennen Sie die Aufgaben, die der Wareneingangskontrolle zugrunde liegen.

Die Wareneingangskontrolle umfasst:

- die Identitätsprüfung
- die Mengenprüfung
- die Qualitätsprüfung

16. Welche einfachen Prüfmethoden werden grundsätzlich für Kunststoffe in der Wareneingangskontrolle angewandt?

- Rohdichte
- Schmelzindex
- Bestimmung des Aschegehaltes
- Bestimmung der Restfeuchte
- Farbe, Glanz, mechanische Eigenschaften

17. Während der Stichprobenkontrolle wurde im Prüflabor festgestellt, dass die Rohdichte des PVC-Pulvers von dem vorgegebenen Wert auf dem Materialzertifikat abweicht.

- ◆ Wie ist weiter zu verfahren?

Werden Mängel festgestellt, muss die gesamte Charge gesperrt werden. Es erfolgen weitere Kontrollen. Wenn die Rohdichte abweicht, kann dies Folgen auf die Qualität des Kunststoff-Fensterprofils haben. Deshalb muss die Charge an den Hersteller zurück geschickt werden.

- ◆ Welche äußeren Mängel können an einer Lieferung vorliegen?

- Verpackung defekt
- grobe Verschmutzung
- durchnässte Verpackung

### Aufbereitung

18. Sind die Bestandteile der PVC-Mischung für die Herstellung eines Fensterprofils festgelegt worden, werden sie vermischt. Voraussetzung hierfür ist beispielsweise die richtige Korngröße der Füllstoffe oder der Farbmittel. Eventuell müssen sie noch zerkleinert werden. Ist die Mischung fertiggestellt, wird sie meist granuliert.

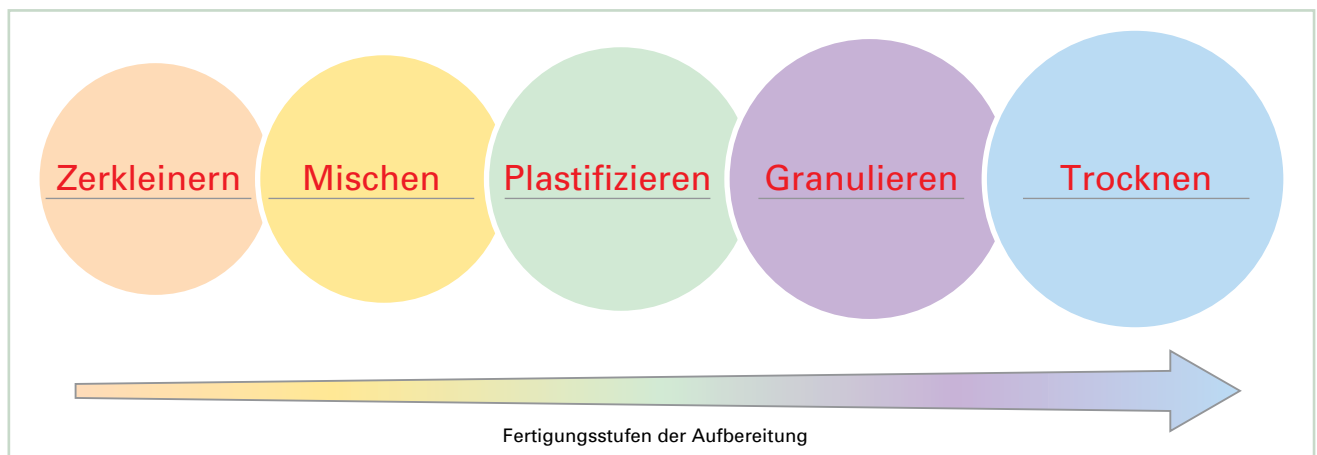
- Was bedeutet der Begriff „Aufbereitung“?

Die Aufbereitung umfasst alle Verfahrensschritte, die notwendig sind, um aus dem Kunststoffrohstoff eine verarbeitbare Formmasse herzustellen.

- Wie lautet die englische Bezeichnung für Aufbereitung?  
compounding



- Tragen Sie in die Übersicht ein, welche Verfahren zur Aufbereitung gehören.



### Zerkleinern

19. Je feinkörniger das PVC und die eingesetzten Zusatzstoffe sind, desto gleichmäßiger lassen sie sich vermischen. Außerdem lassen sie sich so besser aufschmelzen und benötigen kürzere Trockenzeiten. Manche Bestandteile müssen also zerkleinert werden.

- Wie wird der Begriff „Zerkleinern“ definiert?

Das Zerkleinern ist das Vermindern der Größe von Feststoffkörpern durch mechanische Beanspruchung.

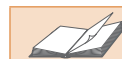


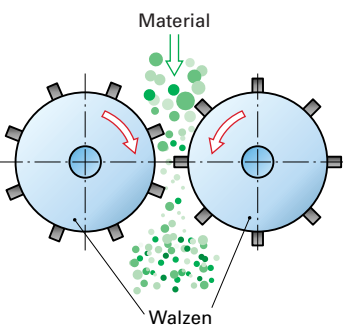
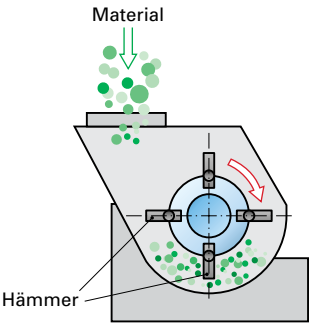
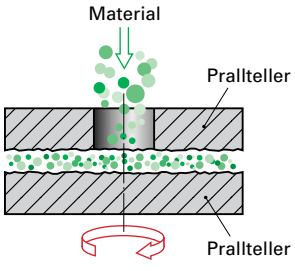
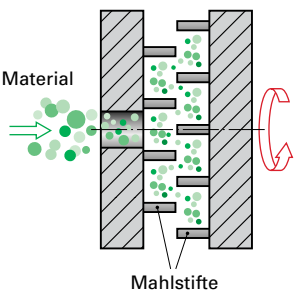
- Wo ist das Zerkleinern außerdem notwendig?

Um die im Produktionsprozess anfallenden Angüsse, Butzen, Ausschuss und Anfahrteile usw. wieder verwenden zu können.



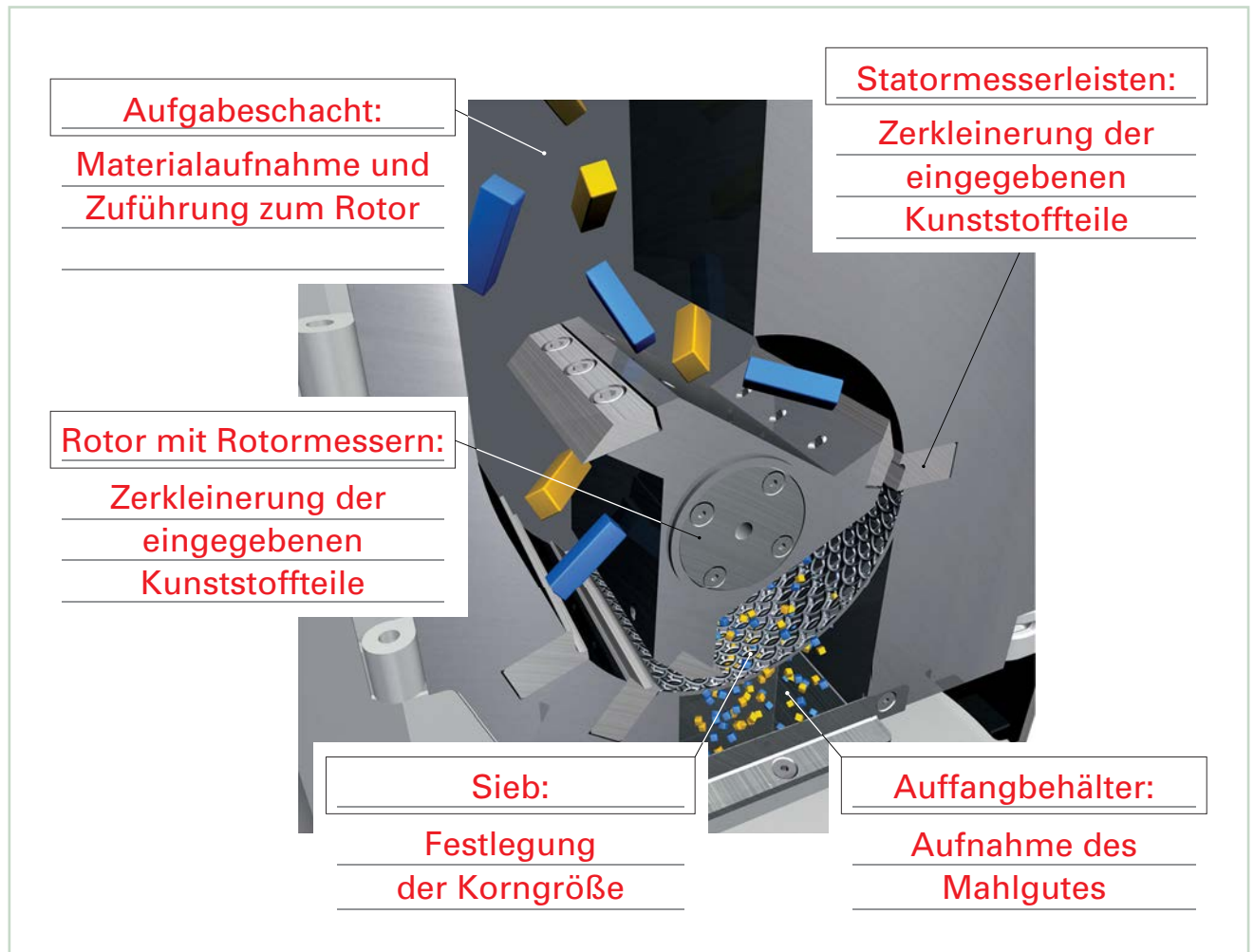
♦ Vervollständigen Sie folgende Tabelle mithilfe Ihres Lehrbuches.



Verfahrensprinzip	Wirkungsweise	Einsatz
 <p><b>Walzenbrecher</b></p>	<p>Die Zerkleinerung des Materials erfolgt zwischen zwei Rotoren, auf denen sich aus Hartmetall bestückte Zähne befinden. Das Material wird zerdrückt bzw. zerrissen.</p>	<p>Grobzerkleinerung von harten spröden Kunststoffen, z. B. große harte Anfahrbrocken, Formteile wie Stoßfänger, Kästen, Formteile aus PS oder PF</p>
 <p><b>Hammermühle</b></p>	<p>Die am Rotorkörper pendelnd aufgehängten Schläger stellen sich bei Rotorrotation durch Fliehkraft nach außen und zertrümmern das in der Mahlkammer umher wirbelnde Mahlgut.</p>	<p>Feinzerkleinerung von harten spröden Kunststoffen, z. B. PS, PF und PMMA</p>
 <p><b>Prallttermühle</b></p>	<p>Die Prallttermühle besteht aus einer feststehenden Scheibe und einer Rotorscheibe mit jeweils geriffelter Oberfläche. Das zu pulverisierende Material wird durch die feststehende Scheibe zentrisch zugeführt. Durch die Zentrifugalkraft wird das Material nach außen befördert und zu Pulver vermahlen.</p>	<p>Feinzerkleinerung von mittelharten spröden bis zäh-harten Kunststoffen z. B. PE, PVC und PC</p>
 <p><b>Stiftmühle</b></p>	<p>Durch eine mit hoher Umfangsgeschwindigkeit rotierende und eine feststehende Stiftscheibe wird das Material durch den Aufprall auf die Mahlstifte zerkleinert.</p>	<p>Feinzerkleinerung von mittelharten spröden bis zäh harten Kunststoffen, z. B. PE, PVC und PC</p>

20. In den meisten kunststoffverarbeitenden Unternehmen kommt eine Schneidmühle zum Einsatz. Dies ist auf ihre Vielseitigkeit zurückzuführen. Sie eignet sich sowohl zur Zerkleinerung spröder als auch zäher und elastischer Kunststoffe. Auch ihre geringe Baugröße spielt eine entscheidende Rolle.

- ◆ Benennen Sie die Bauteile einer Schneidmühle mithilfe des Lehrbuches.
- ◆ Welche Aufgaben haben diese Bauteile?



21. Bei der Herstellung von Kunststoffteilen entstehen Abfälle in Form von Angüssen, Butzen, Anfahrtteilen usw. Sie können in zerkleinerter Form dem Produktionsprozess wieder zugeführt werden, um Materialkosten zu sparen.

- ◆ Ein Spritzgießteil aus PE-LD hat eine Masse von 23 g und wird in einem Werkzeug mit 5 Formnestern hergestellt. Dabei fällt ein Anguss mit einer Masse von 17 g an. Es sollen 4000 Schuss gefertigt werden. Berechnen Sie die Gesamtmasse, die bereit gestellt werden muss.

4000 Schuss	Anzahl der Formnester = $4000 \cdot 5$
	= 20000 Teile
$20000 \cdot 0,023 \text{ kg} = 460 \text{ kg}$	
$4000 \cdot 0,017 \text{ kg} = 68 \text{ kg}$	
$460 \text{ kg} + 68 \text{ kg} = 528 \text{ kg Gesamtmasse}$	



- ◆ Ein Kilogramm Granulat kostet 2,35 €. Welche Kosten können eingespart werden, wenn die Angüsse in Form von Mahlgut sofort wiederverwendet werden? Geben Sie die Kostenersparnis außerdem in % an.

$$528 \text{ kg} \cdot 2,35 \text{ €/kg} = 1240,80 \text{ €}$$

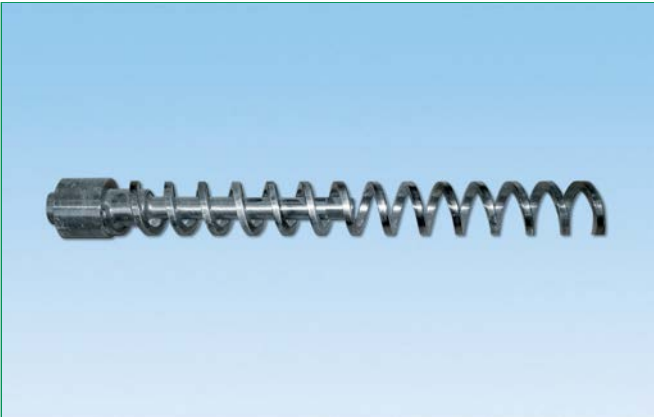

$$68 \text{ kg} \cdot 2,35 \text{ €/kg} = 159,80 \text{ €}$$

$$x = \frac{159,80 \text{ €} \cdot 100 \%}{1240,80 \text{ €}} = 12,9 \% \text{ Kosteneinsparung}$$

## Mischen

22. Bevor die Bestandteile einer Kunststoff-Formmasse vermischt werden können, müssen sie dosiert werden. Man kann sie vor Ort abwiegen oder man verwendet ein Dosiergerät.

- ◆ Welche Arten von Dosiergeräten unterscheidet man und wie werden die dargestellten Vorrichtungen bezeichnet?

	
volumetrisches (volumenabhängiges) Dosiersystem	gravimetrisches (gewichtsabhängiges) Dosiersystem
Dosierschnecke	Waage

23. Die erforderlichen Zusätze sollen möglichst gleichmäßig in einer Kunststoffmischung verteilt werden. Dazu sind Mischer, wie auf dem Bild dargestellt, erforderlich.

- ◆ Wie wird der Begriff „Mischen“ definiert?

Mischen ist das Vermengen verschiedener Stoffe zur Herstellung eines homogenen Mischverhältnisses.

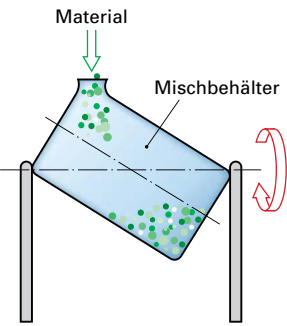
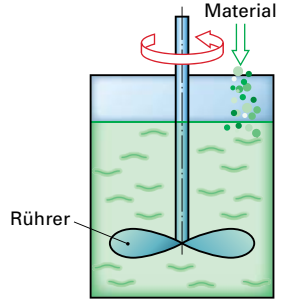
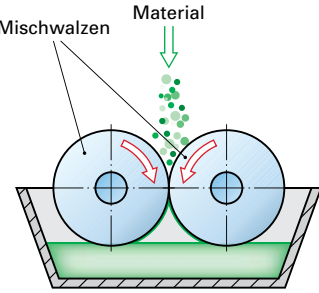
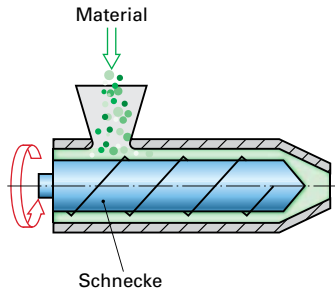


- ◆ Nach welchen Kriterien richtet sich die Auswahl eines geeigneten Mischverfahrens?

Die Auswahl richtet sich nach der Beschaffenheit der Roh- und Zuschlagstoffe.

♦ Vervollständigen Sie folgende Tabelle mithilfe Ihres Lehrbuches.



Verfahrensprinzip	Wirkungsweise	Einsatz
 <p><b>Taumelmischer</b></p>	<p><b>Der Taumelmischer ist ein Freifallmischer.</b></p> <p><b>Durch die Bewegung laden sich die Granulatkörner elektrostatisch auf und bewirken so ein Anhaften der Zuschlagstoffe.</b></p>	<p>Mischen von Stoffen unterschiedlicher Korngröße, z. B. Granulat und Pulver</p>
 <p><b>Rührwerk</b></p>	<p><b>Diese Mischer arbeiten mit einem vertikal angeordneten Mischquirl, der in einem zylindrischen Behälter rotiert.</b></p>	<p><b>Mischen von Pasten mit niedriger Viskosität, geeignet zur Evakuierung, um möglichst wenig Luft einzurühren.</b></p>
 <p><b>Mischwalzwerk</b></p>	<p><b>Das Mischwalzwerk besteht aus zwei gegenläufigen Walzen, die beheizt sind und mit geringfügig unterschiedlichen Drehzahlen laufen.</b></p>	<p>Mischen von hochviskosen Stoffen z. B. Kautschukmischungen und PVC-Mischungen für den Kalandrierprozess</p>
 <p><b>Schneckenkneteter</b></p>	<p>Schneckenkneteter arbeiten kontinuierlich. Durch die Drehbewegung der Schnecke wird das Material gefördert und dabei gleichzeitig homogenisiert.</p>	<p><b>Mischen von Thermoplasten</b></p>

24. Die Herstellung von Mischungen für Fensterprofile wird üblicherweise in eigenen Mischereien durchgeführt. Das pulvrige PVC wird dabei mit UV-Stabilisatoren, Gleitmitteln, Wärmestabilisatoren, Pigmenten und Füllstoffen vermengt. Diese Stoffe können pulvrig, pastös oder flüssig vorliegen. Aufgabe der Mischer ist es, alle Komponenten homogen zu verteilen und in einen trockenen, rieselfähigen Zustand zu überführen.

- ◆ Welcher Mischer eignet sich für diese Aufgabe?

### Heiz-Kühlmischer-Kombination

- ◆ Benennen Sie die Hauptbestandteile des Mixers.
- ◆ Erläutern Sie in Stichpunkten die Funktionsweise dieser Bestandteile.

**Heizmischer:** Erwärmung auf ca. 130 °C; schnelles Vermischen durch hohe Drehzahlen; Anhaften der Partikel am PVC; Entstehung von leicht klebrigem Mischgut

**Kühlmischer:** Abkühlung auf ca. 40 °C; Verhinderung des Zusammenbackens der Masse; dauerhaftes Verbinden der Zusatzstoffe und des PVC; Entstehung eines rieselfähigen Pulvers



Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages.  
Copyright 2019 by Europa-Lehrmittel

## Plastifizieren

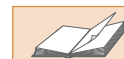
25. Die Plastifizierung der Formmasse findet bei den meisten Verarbeitungsverfahren, wie z. B. Extrudieren oder Spritzgießen, direkt in der Maschine statt. Bei anderen Verfahren muss bereits im Vorfeld plastifiziert werden, um die Anlagen zu schonen oder die Zykluszeit zu verkürzen.

- ◆ Was bedeutet der Begriff „Plastifizieren“?

### Aufschmelzen der Formmasse

26. Der Kunststoff muss dazu in den thermoplastischen Zustand oberhalb des Schmelztemperaturbereiches überführt werden.

- ◆ Ermitteln Sie mithilfe Ihres Tabellenbuches die Schmelztemperaturen folgender Kunststoffe beim Extrudieren.



PVC-U 170 °C ... 190 °C

PS 180 °C ... 220 °C

PE 190 °C ... 230 °C

PA 210 °C ... 275 °C

- ◆ Welche Wärmemenge ist notwendig, um 15 kg PS von Raumtemperatur (20 °C) auf Schmelztemperatur zu erwärmen?

$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$	$\Delta t = t_2 - t_1 = 180 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 160 \text{ °C oder } 160 \text{ K}$
$Q = 15 \text{ kg} \cdot 1,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 160 \text{ K} = 3120 \text{ kJ}$	

27. Die Plastifizierung kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Sollen nur kleine Mengen aufbereitet werden, eignet sich hervorragend der diskontinuierlich arbeitende Innenknetter.

- ◆ Erläutern Sie den Begriff diskontinuierlich.

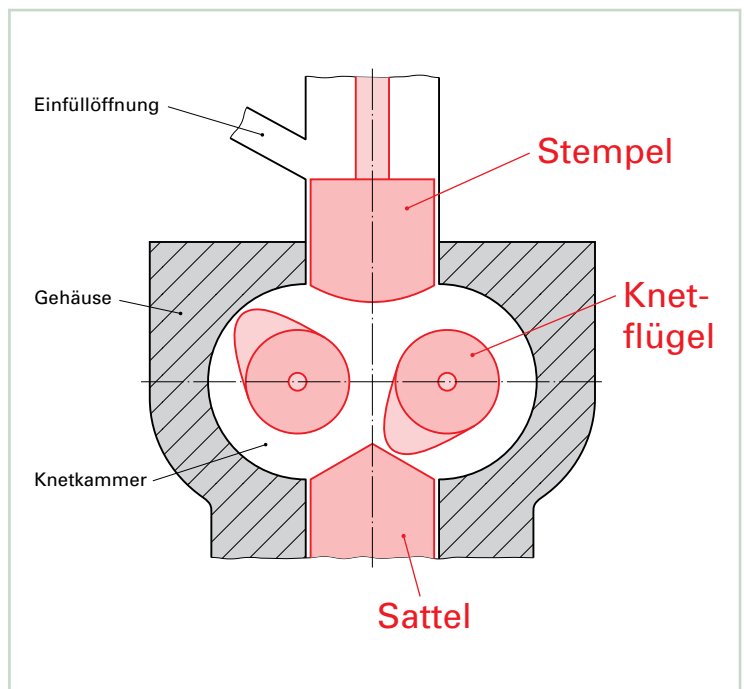
mit Unterbrechungen  
arbeitend

- ◆ Ergänzen Sie nebenstehende Skizze eines Innenkneters und beschriften Sie die einzelnen Bestandteile.

28. Für die Granulatherstellung und die Kalenderbeschickung eignen sich kontinuierlich arbeitende Plastifizieranlagen. Man unterscheidet hier Ein- und Mehrschneckenextruder.

- ◆ Nennen Sie je ein Beispiel für diese beiden Gruppen.

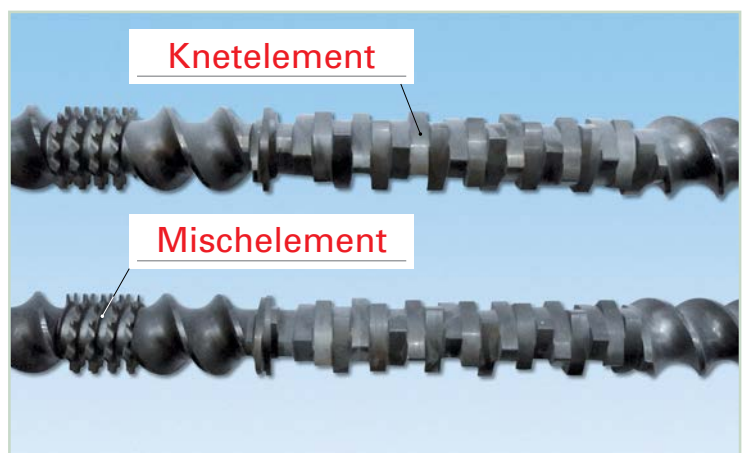
Kokneter und Planetwalzenextruder



- ◆ Erläutern Sie die Förderung der Formmasse bei gleichläufig arbeitenden Doppelschneckenextrudern und kennzeichnen Sie die dargestellten Elemente.



Die Materialförderung erfolgt durch Schleppströmung. Dabei wird die Formmasse spiralförmig entlang des achtförmigen Zylinderquerschnittes gelenkt. Bei jeder Umdrehung erfolgt die Übergabe der Schmelze auf die andere Schnecke. Somit entstehen hohe Scherkräfte zur besseren Homogenisierung. Verstärkt wird dies durch zusätzliche Misch-, Scher- und Knetteile.



## Granulieren

29. Kunststoffe werden meist in Granulatform in den verarbeitenden Unternehmen angeliefert.

◆ Was versteht man unter dem Begriff Granulat?

Als Granulat bezeichnet man allgemein einen körnigen bis pulverförmigen, leicht schüttbaren Feststoff und in der Kunststoffverarbeitung ein körniges Rohmaterial, welches kugelig, linsenförmig oder zylindrisch ist.

◆ Welche Vorteile hat Granulat gegenüber anderen Lieferformen?

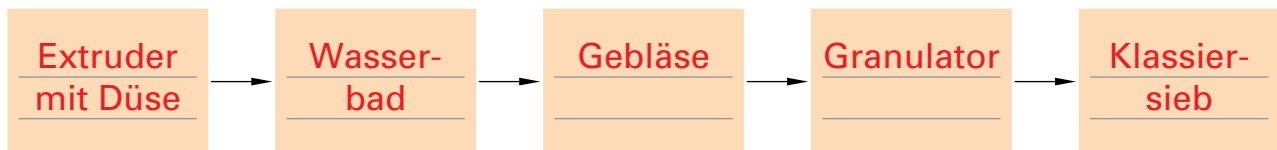
unkomplizierte Lagerhaltung; staubfreie Verarbeitung; höhere Ausstoßleistung; höhere Betriebssicherheit; einfachere Förderung



30. Das Granulat wird auf Extrusionsanlagen hergestellt. Dabei wird zwischen Heiß- und Kaltgranulierung unterschieden.



◆ Erstellen Sie mithilfe Ihres Lehrbuches das Blockschema einer Kaltgranulieranlage.



◆ Wodurch ist das Granulat der Kaltgranulierung gekennzeichnet?

Es hat meist eine zylindrische Form und eine gerade Schnittfläche.

31. Eine Heißgranulieranlage besteht aus folgenden Bestandteilen: Anfahrventil 1, Wasserkühlung 2, Zentrifugaltrockner 3, Lochplatte 4, Schneidkammer 5

◆ Ordnen Sie die Begriffe der folgenden Darstellung zu.

