

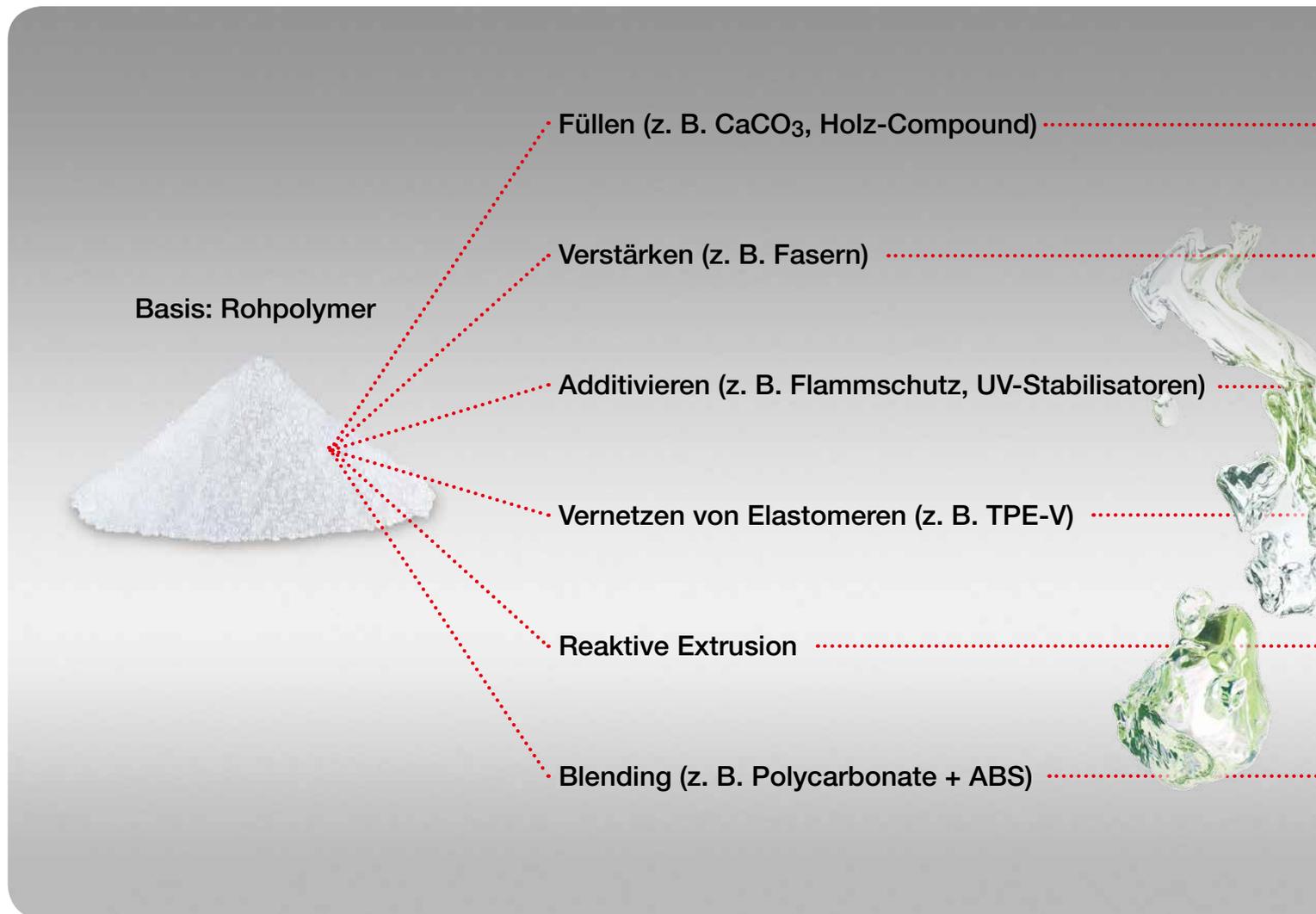
Leistritz

LEISTRITZ EXTRUSIONSTECHNIK GMBH

refreshing
extrusion
technology



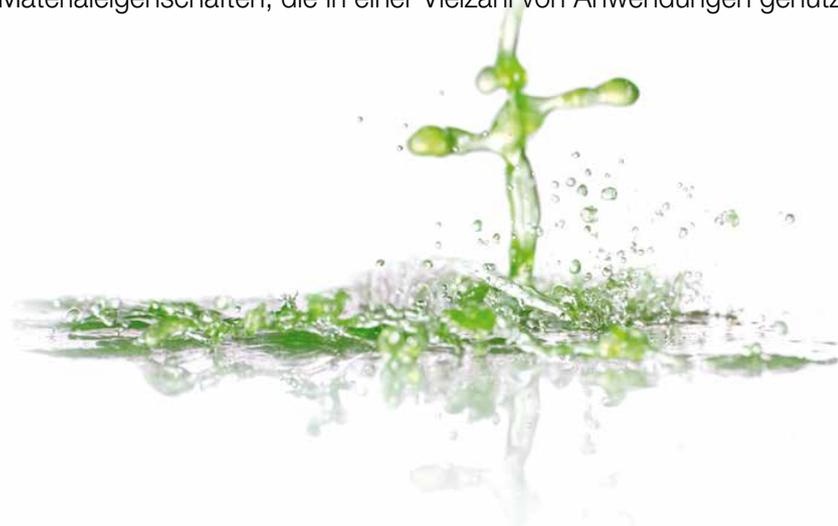
COMPOUNDING



Compoundieren...

...ist ein Verfahren, bei dem das Polymer aufgeschmolzen und mit anderen Zusätzen, wie Additiven, Füllstoffen oder Verstärkungsmitteln, gemischt wird. Dieser Prozess ändert die physikalischen, thermischen, elektrischen oder ästhetischen Eigenschaften (Leitfähigkeit, Flammwidrigkeit, Abriebfestigkeit, strukturelles Verhalten, Farben...) des Kunststoffes. Das Endprodukt wird Compound oder Verbundwerkstoff genannt.

Das Compoundieren, also das Aufbereiten von Kunststoffen, ist eine Paradedisziplin der Leistritz-Doppelschneckenextruder. Verschiedenste Einarbeitungsmöglichkeiten von Füll- und Verstärkungsmaterialien in die Polymermatrix sind möglich und führen zu neuen Materialeigenschaften, die in einer Vielzahl von Anwendungen genutzt werden.



Endprodukt

- z. B. Computergehäuse
- z. B. Auto-Frontend-Teile
- z. B. Gartenmöbel
- z. B. Werkzeuggriffe
- z. B. Schuhsohlen, Skistiefel
- z. B. Scheinwerfergehäuse für Autos



Typische Compoundieraufgaben sind u.a.

- Verstärken von Polymeren, z. B. durch die Einarbeitung von Fasern (Glas,- Kohle- oder Naturfasern)
- Schlagzäh-Modifizierung von Thermoplasten, z. B. durch das Blenden mit Kautschuk-Komponenten
- Verbesserung der Formstabilität und Bruchfestigkeit von Polymeren, z. B. durch die Einarbeitung von anorganischen Füllstoffen, Glaskugeln
- Verbesserung des Fließ- und Flammschutzverhaltens von Polymeren, z. B. durch die Einarbeitung von niederviskosen Substanzen oder Flammschutzmitteln
- Herstellung von Polymerblends, z. B. durch das Mischen von kompatiblen oder inkompatiblen Polymeren
- Verbesserung der chemischen/physikalischen Beständigkeit von Polymeren, z. B. durch die Einarbeitung von Stabilisatoren, Antistatika



Die Zugabe von Füllstoffen zu Polymeren dient zur Verbesserung der Polymereigenschaften oder/und zur Reduzierung des Compoundpreises. Die guten Einarbeitungsmöglichkeiten von Füllstoffen in die Polymermatrix werden in einer großen Vielzahl von Anwendungen, wie etwa der Herstellung von Computergehäusen, genutzt. Weiteres Beispiel: Abwasserrohre. Hier wird der Füllstoff zur Geräuschkämpfung verwendet, damit keine Spülgeräusche in Mehrfamilienhäusern hörbar sind. Leistritz-Extruder sind in der Lage, sehr hohe Füllstoffanteile einzuarbeiten, etwa beim Füllstoff-Masterbatch. Hier kann das Polymer mit weit über 80% Füllstoffen wie z. B. Kreide oder Talkum versetzt werden.

Die vorrangige Anforderung an den Extruder ist es, große Mengen des Füllstoffes einzuarbeiten. Dabei besteht die Hauptaufgabe darin, den Füllstoff optimal zu dispergieren bzw. zu verteilen.

Der Dispergierungsprozess kann in die folgenden Schritte unterteilt werden:

- Aufschmelzen der Matrix
- Benetzen des Füllmaterials
- Verteilung in der Matrix
- Homogenisierung und Entgasung der Schmelze

Beim Einarbeiten von Füllstoffen werden Seitenbeschickungen verwendet. Bei größeren Anteilen von Füllstoffen können zwei oder mehr zum Einsatz kommen. Der modular aufgebaute Extruder wird in diesen Fällen einfach verlängert. Der Volumenstrom der zugeführten Materialien wird - je nach Formulierung - auf die vorhandenen Zufuhrmöglichkeiten verteilt, um Abrasion zu minimieren und den Füllstoff möglichst gut zu benetzen.



Beispiel eines **ZSE 50 MAXX** mit zwei Seitenbeschickungen

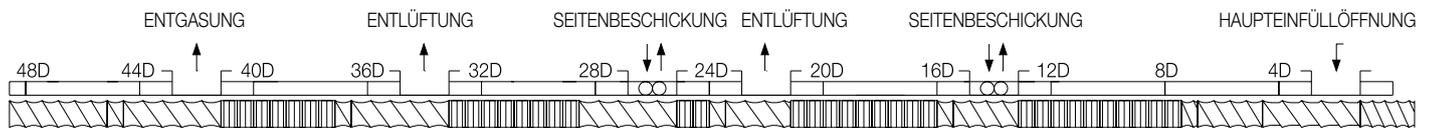
Häufig verwendete Füllstoffe

- **Talkum** ist plättchenförmig: wird vorzugsweise über eine Seitenbeschickung in die Schmelze zudosiert.
- **Calciumcarbonat** ist kugelförmig oder kubisch: kann auch über den Haupteinzug zudosiert werden. Es ist in drei Zustandsformen vorhanden: Kreide, Kalkstein und Marmor.

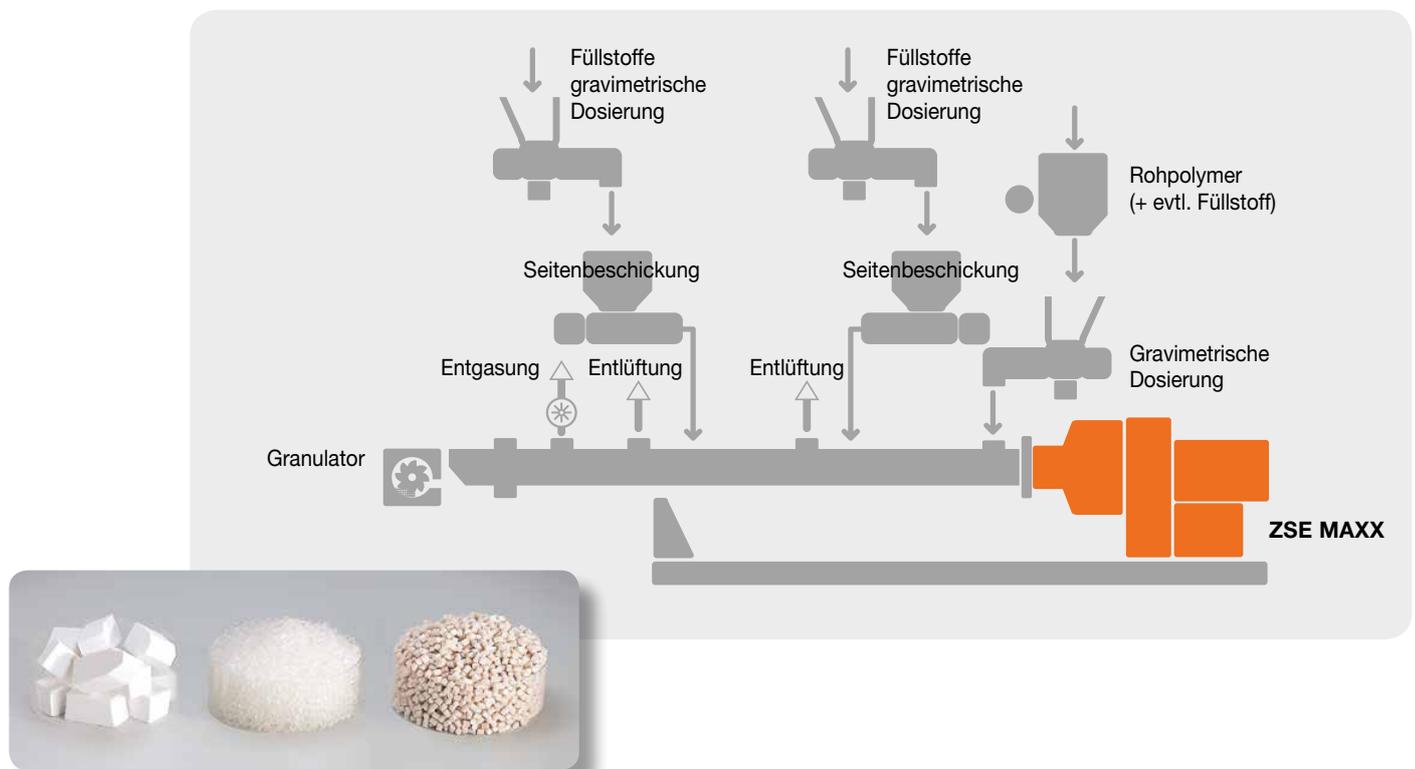


Anwendungsbeispiel: Formulierung: 13 - 20% PP + 80 - 87% CaCO₃

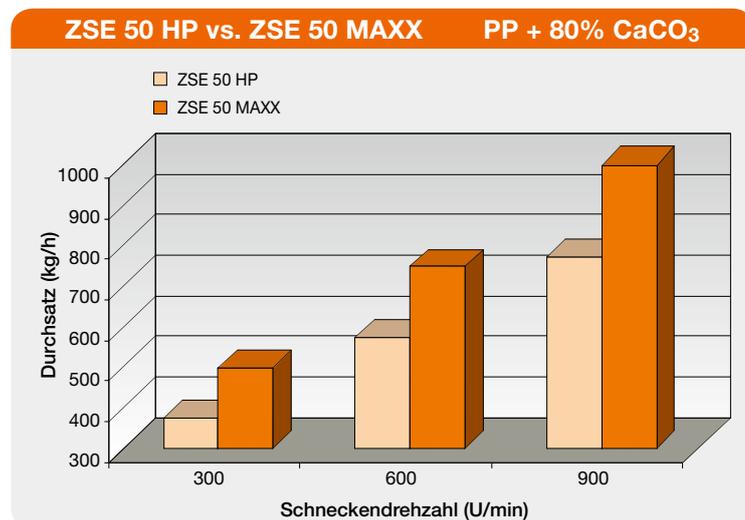
Schneckengeometrie:



Anlagenlayout:



Das Versuchsergebnis:



ZSE MAXX-Extruder stellen den Stand der Technik dar mit dem optimalen Verhältnis von Drehmoment und Volumen:

- $D_a/D_i = 1,66$
- Drehmomentdichte von bis zu 15,0 Nm/cm³

Vorgängermodell ZSE HP:

- $D_a/D_i = 1,5$
- Drehmomentdichte von bis zu 10,5 Nm/cm³

Besonders bei Anwendungen, bei denen es auf Eigenschaften wie Bruchfestigkeit oder Schlagzähigkeit ankommt, wird das Polymer (z. B. PP oder PE) mit Materialien wie Glasfasern, Kohlefasern oder auch Naturfasern verstärkt. Je nach Anwendungsfall kann der Füllgrad von z. B. PP mit Glasfasern bis zu 60% betragen.

Durch die Anlagerung und Verbindung der Polymerketten an die Faserstrukturen entsteht eine hoch bruchfeste und schlagzähe Verbindung, die den metallischen Eigenschaften metallischer Werkstoffe in nichts nachsteht. Ihr geringes Gewicht macht verstärkte Thermoplaste besonders im Automobilbau zu einem sehr gefragten Material.

Glasfasern, Glaskugeln

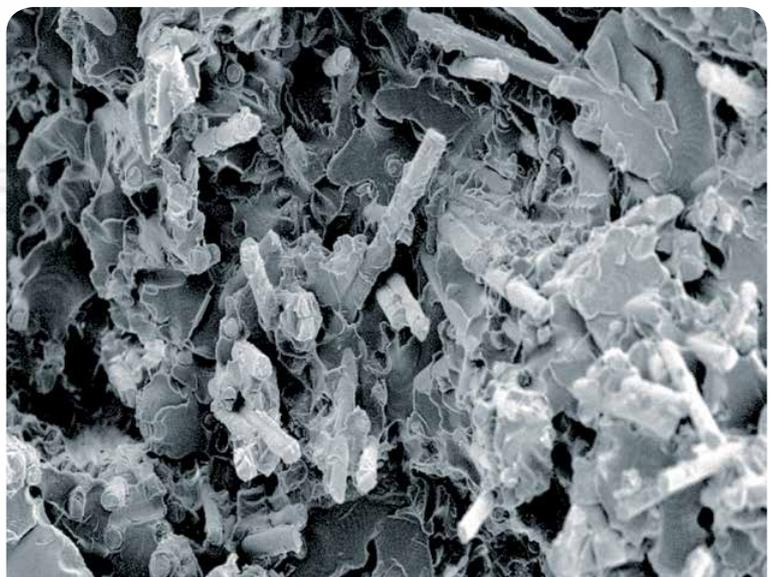
Das Ziel bei der Glasfaserverarbeitung im Doppelschneckenextruder ist, die Fasern oder Kugeln homogen in der Polymermatrix zu verteilen bzw. eine optimale Längensverteilung im Endprodukt zu erlangen sowie die Fasern so wenig wie möglich zu zerstören. Zum Einsatz kommen hauptsächlich Schnittglas oder Kurzglas mit Ausgangsfaserlängen von bis ca. 3 mm. Langfasern können eine Länge von 25 bis 30 mm im Produkt haben.

- lange Fasern → bessere mechanische Produkteigenschaften, schlechteres Fließverhalten in der Schmelze (z.B. bei der Weiterverarbeitung im Spritzguss)
- kurze Fasern → schlechtere mechanische Produkteigenschaften, besseres Formfüllverhalten im Spritzgussverfahren

Verarbeitung im Doppelschneckenextruder

Bei der Glasfasereinblendung ist es wichtig, die auf den Fasern befindliche Schlichte (macht diese geschmeidiger und widerstandsfähiger gegen mechanische Belastung) nicht durch eine zu hohe Temperatur zu beschädigen oder gar zu verdampfen. Die Schlichte muss dabei zur Polymermatrix passen.

Aus diesem Grund erfolgt die Zuführung der Fasern bei der Compoundierung in der Regel nach dem Plastifizieren in die Polymerschmelze. Fügt man sie bereits über den Haupteinzug zu, würde das eine zu starke Zerkleinerung der Fasern in der Plastifiziereinheit und hohen Verschleiß in der Aufschmelzzone zur Folge haben.



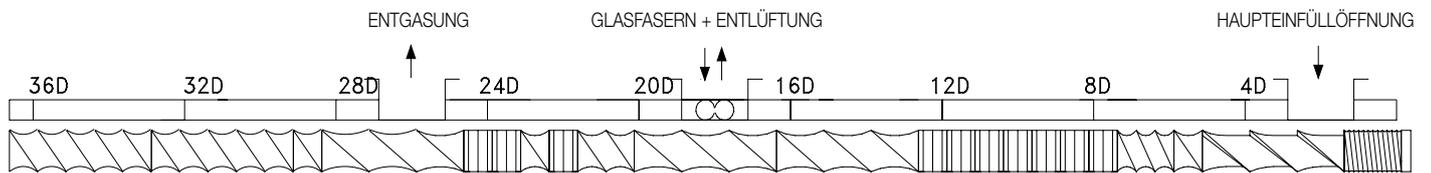
REM-Bild: gut eingebettete Glasfasern in einer PC-Matrix

100 µm

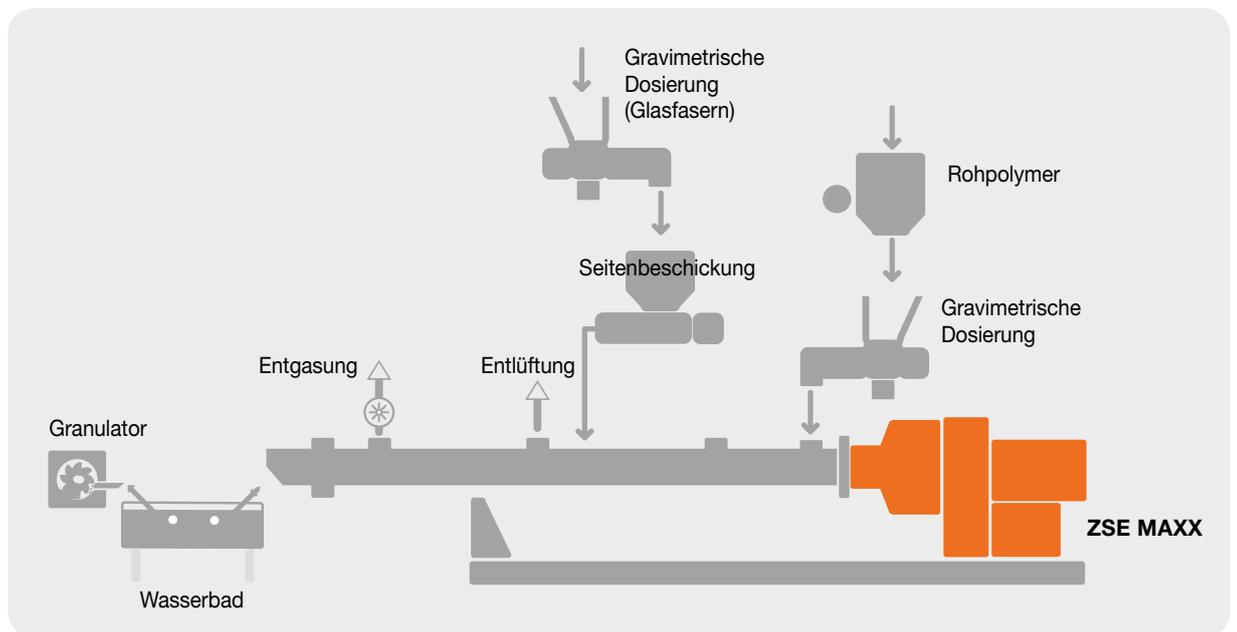
Quelle: Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte Wissenschaften

Anwendungsbeispiel: Einarbeitung von Glasfasern (40%) in Polycarbonat (60%)

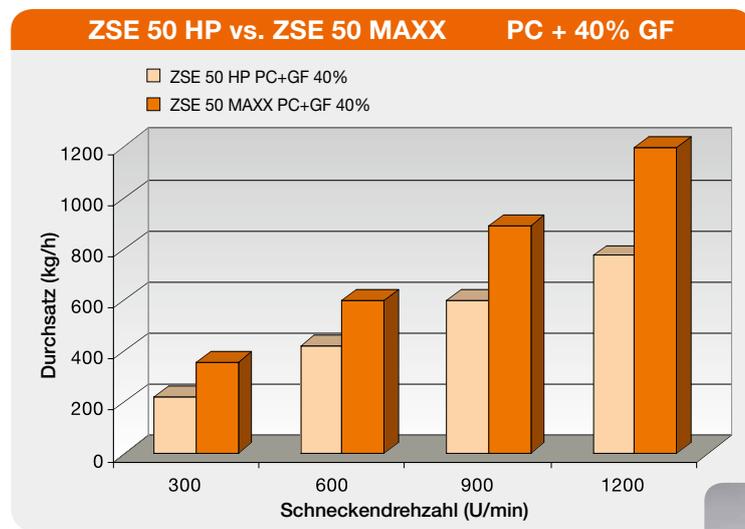
Schneckengeometrie:



Anlagenlayout:



Versuchsergebnisse: ZSE 50 MAXX vs. ZSE 50 HP



Resultate:

- Bei scherempfindlichen Anwendungen ist ein ZSE MAXX-Extruder die richtige Wahl.
- Bis zu 55% mehr Durchsatz können hier realisiert werden.
- Aufgrund der höheren Dosierungen können Energieeinsparungen von bis zu 18% erreicht werden.



Spezialcompounds sind Kunststoffe, die für außergewöhnliche Erfordernisse entwickelt werden. Bei den für Spezialcompounds verwendeten Polymeren handelt es sich um technische Thermoplaste wie beispielsweise um PA 6, PA66, PA 12 (Polyamide), PET (Polyethylenterephthalat), PPA (Polyphthalamide), PSU (Polysulfone), PEEK (Polyetheretherketon), PBT (Polybutylenterephthalat), POM (Polyoxymethylen), PPS (Polyphenyl Sulfide) oder TPE (thermoplastische Elastomere).

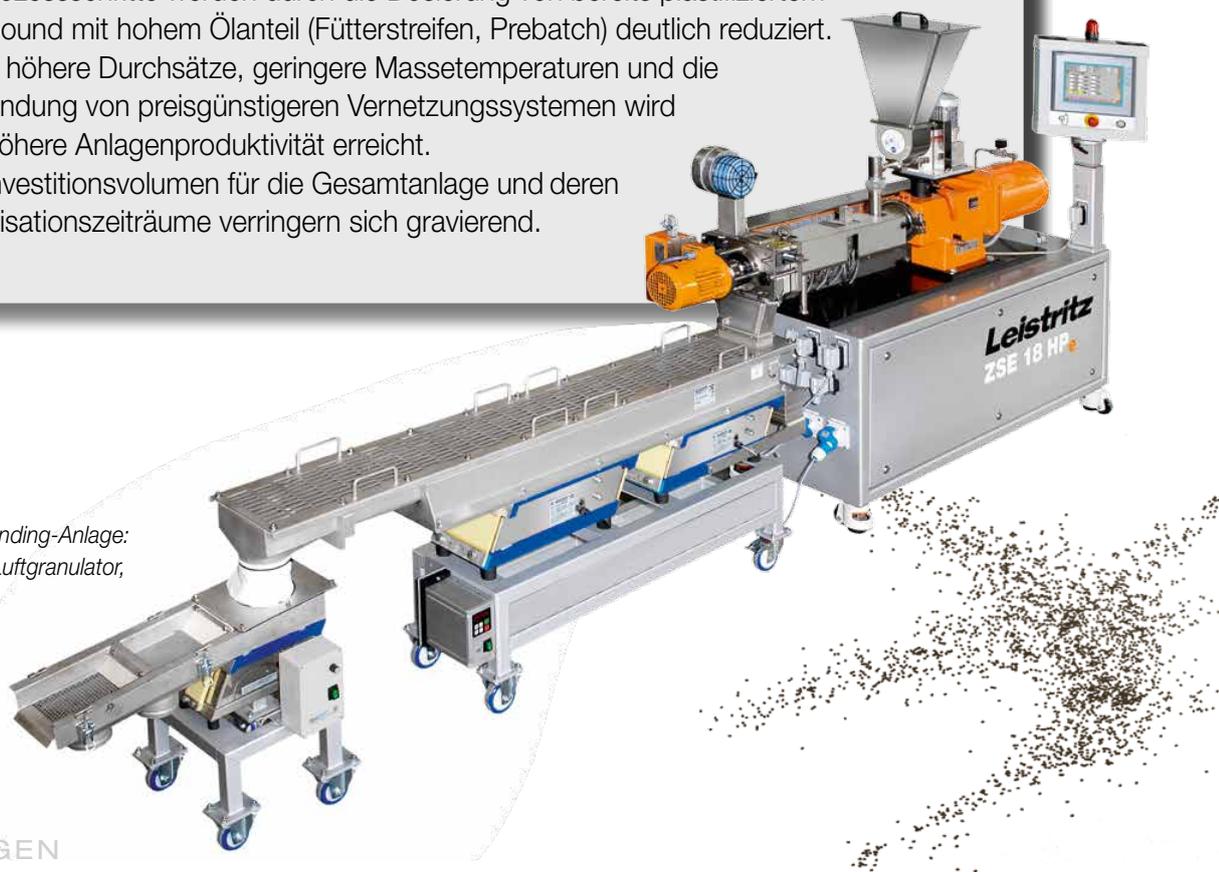
Diese Kunststoffe werden durch entsprechende Additive weiter veredelt. Dies führt zu speziellen Eigenschaften des Produkts, z.B.:

- tribologisch optimierte Materialien durch: PTFE (Polytetrafluorethylen), Aramid, Kohlenstofffasern, PFPE (Perfluorpolyether), spezielle Schmiersysteme
- leitfähige Materialien (Antistatik, EMV-Abschirmung) durch: permanent Antistatikum, Leitruß, Kohlenstofffasern, Edelstahlfasern, CNTs
- weitere Additive zur Verbesserung von Formtrennung, Fließverhalten, Wärmeleitfähigkeit, UV-Stabilisierung, Brandverhalten, Flammhemmung, Haptik, Wasseraufnahme, Schlagzähigkeit und vieles mehr
- Metall-Compounding auf Basis von z. B. PPS: Einsatz im Spritzguss-Bereich: Ringmagnete für Elektromotoren (siehe Bild unten)

Beispiel: TPE-V-Herstellung

Die Verarbeitung von TPE-V-Mischungen gilt aufgrund des zu dosierenden Kautschukanteils als relativ problematisch. Eine optimale Lösung stellt eine Extruder-Zahnradpumpen-Kombination dar, bestehend zum einen aus einem ZSE MAXX-Extruder (erreicht bis zu 30 % mehr Durchsatz durch ein D_a/D_i von 1,66 und einen sehr hohen Drehmoment von bis zu $15,0 \text{ Nm/cm}^3$), zum anderen aus einem Spezialzuführungsaggregat für Fütterstreifen. Dadurch ergeben sich wichtige Prozessvorteile:

- Die Prozessschritte werden durch die Dosierung von bereits plastifiziertem Compound mit hohem Ölanteil (Fütterstreifen, Prebatch) deutlich reduziert.
- Durch höhere Durchsätze, geringere Massetemperaturen und die Verwendung von preisgünstigeren Vernetzungssystemen wird eine höhere Anlagenproduktivität erreicht.
- Das Investitionsvolumen für die Gesamtanlage und deren Amortisationszeiträume verringern sich gravierend.



Beispiel einer Metall-Compounding-Anlage:
ZSE 18 HP_e mit Nachfolge (Luftgranulator,
Kühl- und Vibrationsrinne)

Direktextrusion oder Inline-Compounding bietet die Möglichkeit, Extrusionsprodukte durch Zusammenfassen verschiedener Verfahrensschritte besonders wirtschaftlich herzustellen. Auf den Zwischenschritt der Granulatherstellung wird verzichtet. Der Extruder wird sowohl zur Materialaufbereitung als auch zur Formgebung des Extrudats eingesetzt. Durch eine entsprechende Düse und Nachfolge können Folien, Rohre, Platten oder Profile direkt hergestellt werden.



Die Vorteile:

- Der Granulierschritt wird eingespart.
- Das Polymer wird nur einmal durch Temperatur und Scherung beansprucht.
- Wertvolles Rezeptur-Know-how bleibt in einer Hand.
- Eine flexible Produktions- und Produktplanung wird ermöglicht.
- Mit dem Prozess wird Energie eingespart.

Mit der Direktextrusion wird dem Produkt eine zweite energetische Belastung erspart, was neben dem wirtschaftlichen Vorteil auch häufig zu verbesserten mechanischen Eigenschaften führt.

Beispiel: In-line PET-Verarbeitung mit und ohne Vortrocknung für mehrlagige Folien im Co-Extrusionsverfahren

PET-Verarbeitungsprozess mit Vortrocknung:

Vortrocknung

Compounder

Granulierung

Vortrocknung

Extrusion

Flachfolie

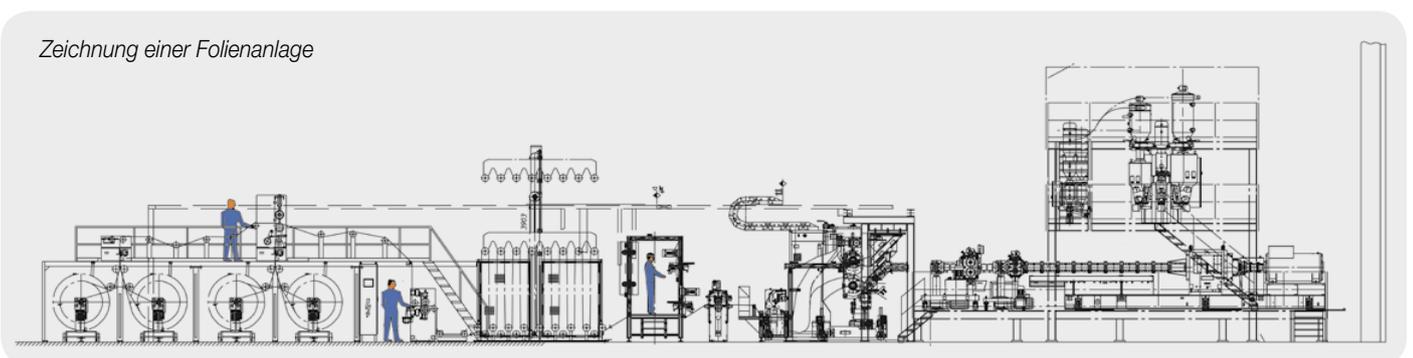
Im Gegensatz dazu stellt sich der Prozess als In-line-Prozess folgendermaßen dar:

Compounder

Flachfolie

Es entfällt quasi der Granulierschritt sowie das zweite Aufschmelzen und Vortrocknen des Polymers.

Zeichnung einer Folienanlage



Leistritz Seitenbeschickung: LSB 50 XX

Die Seitenbeschickung wird in den meisten Fällen zum Zudosieren von Pulvern verwendet. Hier kommen wie beim Extruder Doppelschnecken zum Einsatz, um das Material dem Prozess sicher zuführen zu können. Ein wichtiger Parameter der LSB-Schnecken liegt im hohen D_a/D_i -Verhältnis. Dadurch können auch Materialien mit sehr niedrigen Schüttdichten gefördert werden.



Mit der LSB 50 XX hat Leistritz einen Schritt weiter gedacht. Eine Besonderheit dieser Seitenbeschickung ist die Möglichkeit, segmentierte Schnecken einzusetzen. Wie beim Extruder können die Schnecken so konfiguriert werden, wie es das Rohmaterial erfordert. Dadurch wird z. B. ermöglicht, das Produkt vorzukompaktieren und Luft aus dem Prozess zu bekommen. Auch die Adaption der LSB an den Extruder wurde überdacht. Hier werden Zuganker verwendet. Mit ihnen kann die LSB im kalten, leicht zugänglichen Bereich des Getriebes ohne Verletzungsrisiko am Extruderzylinder befestigt werden. Hierfür wurden auch die entsprechenden Zylinder am Extruder neu konzipiert. Sowohl Schnecke als auch Zylinder können so ohne Einschränkungen in jedem, auch für den Extruder verfügbaren Werkstoff ausgeführt werden. Somit ist es nun möglich sowohl hoch abrasive (z. B. TiO_2) als auch hoch korrosive Produkte über die Seitenbeschickung dem Verfahren zuführen.

Als weitere Option besteht die Möglichkeit, die Schnecken von innen zu kühlen. Das ist durch die spezielle Getriebekonstruktion möglich: Die Abtriebswellen verfügen über eine Durchgangsbohrung, durch die mittels angebauter Drehdurchführungen das Kühlmedium in die Schnecken geleitet werden.

Leistritz Seitenentgasung (LSE)

Neben den allgemein bekannten Verfahrensaufgaben wie Aufschmelzen, Mischen oder Homogenisieren ist das Entgasen flüchtiger Stoffe wesentlicher Bestandteil der Aufbereitungstechnik. Die LSE ist eine Alternative zu herkömmlichen Entgasungssystemen, die über dem Verfahrensteil angeordnet sind.

In Verbindung mit einem möglichst großen freien Volumen im Schneckengang und der ständigen Erneuerung der Produktoberfläche werden optimale Verhältnisse zur Entgasung der Polymerschmelze geschaffen. Die in der Entgasung eingebaute Schnecke drückt die eventuell entweichende Schmelze wieder in die Prozesskammer, lässt aber alle Gase entweichen. Verstopfungen oder Ablagerungen im Entgasungsdom werden auf diese Weise vermieden.



Die ZSE MAXX-Baureihe bietet maximale Werte für Drehmoment und Volumen ($D_a/D_i = 1,66$) in einem System. Die Leistungssteigerung um bis zu 50% durch ein optimiertes Volumen-/Drehmomentverhältnis ist beachtlich. Diese gesteigerten Möglichkeiten wurden durch die spezielle Welle-Nabe-Verbindung **maXXshaft** eröffnet. Das ermöglicht tiefer geschnittene Schnecken bei sehr hohen Drehmomenten, so dass das freie Volumen im Verfahrensteil um 30% erhöht wird und damit **maXXvolume** für volumenbegrenzte Verfahren zur Verfügung steht. Das Verhältnis von äußerem zu innerem Schneckendurchmesser: **$D_a/D_i = 1,66$**

Mit der neuesten Generation an Getrieben für die gesamte Baureihe wurde das Drehmoment enorm gesteigert, so dass man hier zu Recht von **maXXtorque** spricht. Das spezifische Drehmoment für die Baureihe beträgt: **$15,0 \text{ Nm/cm}^3$** . Bedingt durch die höhere Leistungsdichte ist auch eine stärkere Kühlung notwendig. Mit **maXXcooling** wird eine bis zu 30% verbesserte Kühlleistung durch ein ausgeklügeltes Strömungssystem erreicht. **Das modulare Zylinder- und Schneckensystem wird voll anwendbar durch ein flexibles Maschinendesign.**

Bis zu 50% mehr Durchsatz durch:

maXXvolume

erhöhtes, freies Schneckenvolumen ($D_a/D_i = 1,66$)

maXXshaft

sehr hohes Gesamtdrehmoment durch spezielle Welle-Nabe-Verbindung

maXXcooling

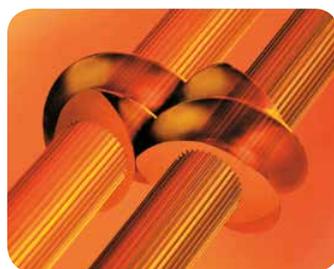
bis zu 30% verbesserte Kühlleistung durch optimierte Strömung des Kühlmediums durch den Zylinder

maXXtorque

sehr hohe Drehmomentdichte ($15,0 \text{ Nm/cm}^3$)



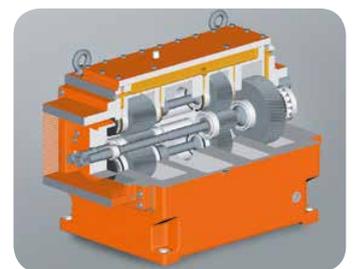
Erhöhtes Schneckenvolumen bei gleichem Achsabstand wie die ZSE HP-Baureihe (orange = Volumenzuwachs)



Schaftprofil mit viel Leistungspotenzial für die Zukunft



Aufgeräumtes Zylinderkühlkonzept mit wartungsfreien High-End-Ventilen



Extrem zuverlässiges und leistungsstarkes Gleichlaufextrudergetriebe

Leistritz

LEISTRITZ GROUP

**LEISTRITZ
TURBOMASCHINEN TECHNIK GMBH**

Schaufeln für Turbinen und Verdichter

**LEISTRITZ
PUMPEN GMBH**

Schraubenspindelpumpen und Systeme

**LEISTRITZ
EXTRUSIONSTECHNIK GMBH**

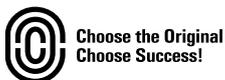
Extruder und Extrusionsanlagen

**LEISTRITZ
PRODUKTIONSTECHNIK GMBH**

Werkzeugmaschinen, Werkzeuge,
Rohrtechnik, Blechumformung

Partner für
moderne Technik

www.leistritz.com



LEISTRITZ EXTRUSIONSTECHNIK GMBH
Markgrafenstr. 29-39 · D-90459 Nürnberg

Telefon +49 (0) 911 / 43 06 - 240
Telefax +49 (0) 911 / 43 06 - 400
eMail extruder@leistritz.de

LEISTRITZ France Extrusion

Telefon +33 (474) 250 893
Telefax +33 (474) 250 864
eMail extruderfr@leistritz.com

LEISTRITZ Machinery (Taicang) Co., Ltd.
Niederlassung Shanghai

Telefon +86 21 6352 3268
Telefax +86 21 6352 3138
eMail sales@leistritz-china.cn

LEISTRITZ Italia Estrusione

Telefon +39 0331 500 956
Telefax +39 0331 482 586
eMail info@leistritz-italia.com

**Leistritz Advanced
Technologies Corp. · BU Extrusion**

Telefon +1 908 685 2333
Telefax +1 908 685 0247
eMail sales@alec-usa.com

LEISTRITZ SEA Pte Ltd.
Büro Singapur

Telefon +65 6569 3395
Telefax +65 6569 3396
eMail extruderasia@leistritz.com

refreshing extrusion technology