

HANSER

Leseprobe

Saechting Kunststoff Taschenbuch

Herausgegeben von Erwin Baur, Tim A. Osswald, Natalie Rudolph
Mitherausgeber Sigrid Brinkmann, Ernst Schmachtenberg

ISBN (Buch): 978-3-446-43442-4

ISBN (E-Book): 978-3-446-43729-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43442-4>

sowie im Buchhandel.

1

Kurzzeichen der Kunststoff-Technik

1

In der Kunststoffindustrie ist es allgemein üblich, Kunststoffe einer chemischen Familie zuzuordnen und über das Kurzzeichen dieser Familie zu identifizieren. Diese Praxis ist allgemein verbreitet, obwohl sie streng genommen nicht den Realitäten der Kunststoffbranche entspricht, weil letztendlich die Produkte als Handelsprodukte mit jeweils sehr spezifischem Eigenschaftsspektrum verkauft werden. Dabei ist der Handelsname (fast im Sinne einer Bestellnummer) das einzige identifizierende Kriterium. Normen, die die Eigenschaften von bestimmten Werkstoffklassen festlegen, wie sie im Metallsektor weit verbreitet sind, sind nur bei härtbaren Kunststoffen eingeführt. In der Regel streuen die Eigenschaften der Werkstoffe innerhalb einer Familie erheblich.

Trotzdem ist es unumgänglich im Sinne einer Strukturierung des Fachwissens, dass die Werkstoffe in einer logischen und nachvollziehbaren Weise kategorisiert werden.

In diesem Buch soll daher die verbreitete Methode der Kurzzeichen aufgegriffen werden. Dabei muss ein Kompromiss gefunden werden zwischen einer eindeutigen und starren Regeln folgenden Systematik und im Markt eingeführten und weit verbreiteten Bezeichnungen. Es gibt verschiedene Normen, welche die Kennzeichnung der Kunststoffe zum Inhalt haben. Sie sind aber leider nicht nur untereinander, sondern teilweise sogar in sich inkonsistent und widersprüchlich.

In Tafel I sind die Kurzzeichen der in diesem Buch behandelten Kunststoffe zusammengefasst. Dabei wird vorzugsweise nur der chemische Aufbau der Polymere berücksichtigt und Zusätze, die sich auf physikalische Eigenschaften oder Verarbeitungsverfahren beziehen, werden möglichst vermieden. Da aber in der Fachliteratur häufig derartige Benennungen (z.B. „A“ für amorph oder „B“ für Block-Copolymere) verwendet werden, kann hier nicht ganz darauf verzichtet werden. Wegen der fehlenden All-

gemeingültigkeit und vieler Widersprüche ist aber davon abzuraten, diese zu verwenden.

Die Liste der in Tafel I fett gedruckten und somit als Norm definierten Familienbezeichnungen greift auf einen Vorschlag zurück, der im Zusammenhang mit der Kunststoffdatenbank CAMPUS gemacht wurde. Dieser berücksichtigt die vorliegenden ISO-Normen so weit wie möglich, akzeptiert aber auch Ausnahmen, wenn sie allgemein verbreitet sind. Für CAMPUS wurde auf diese Weise eine Liste von so genannten Basispolymeren definiert, mit der fast der gesamte Kunststoffmarkt abgedeckt werden kann. Diese Liste wird regelmäßig überprüft und gegebenenfalls erweitert.

Tafel IA enthält Kurzzeichen für Kunststoffe und Kautschuke, Tafel IB (Seite 12) Kurzzeichen für *Weichmacher*.

Tafel I

**Alphabetische Gliederung verwendeter Kurzzeichen
für Kunststoffe, chemische Bezeichnung und Abschnitts-
Nummern, in denen das Produkt behandelt wird
(nur Homopolymere, Copolymere, Kautschuke und
Weichmacher)**

A Kunststoff und Kautschuk

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
*	Pyrrone	621
*	Polycyclone	621
*	Polyphenylene (Polyarylen)	620
*	Polytriazine	610
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer	480
ACM	Acrylat-Kautschuk, (AEM, ANM)	715
ACS	Acrylnitril-chloriertes Polyethylen-Styrol	480
AECM	Acrylester-Ethylen-Kautschuk	714
AEM	Acrylat-Ethylen-Polymethylen-Kautschuk	715
AES	Acrylnitril-Ethylen-Propylen-Dien-Styrol-Copolymer	480
AFMU	Nitroso-Kautschuk	720
AMMA	Acrylnitril-Methylmethacrylat	531
APE-CS	siehe ACS	
ASA	Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymer	480
AU	Polyesterurethan-Kautschuk	720
BIIR	Brombutyl-Kautschuk	711
BR	Butadien-Kautschuk	709
CA	Celluloseacetat	647
CAB	Celluloseacetobutyrat	647
CAP	Celluloseacetopropionat	647
CF	Kresol-Formaldehyd-Harz	669
CH	hydratisierte Cellulose, Zellglas	647
CIIR	Chlorbutyl-Kautschuk	709
CM	chlorierter Polyethylen-Kautschuk	715
CMC	Carboxymethylcellulose	647
CN	Cellulosenitrat, Celluloid	647

* Für diese Polymere sind keine Kurzzeichen bekannt.

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
CO	Epichlorhydrin-Kautschuk	716
COC	Cyclopolyolefin-Copolymere	446
COP	COC-Copolymerisat	458
CP	Cellulosepropionat	647
CR	Chloropren-Kautschuk	709
CSF	Casein-Formaldehyd-Harz, Kunsthorn	655
CSM	chlorsulfonierter Polyethylen-Kautschuk	713
CTA	Cellulosetriacetat	647
E/P	Ethylen-Propylen-Copolymer	446
EAM	Ethylen-Vinylacetat-Kautschuk	713
EAMA	Ethylen-Acrylsäureester-Maleinsäureanhydrid-Copolymer	446
EB	Ethylen-Buten-Copolymer	446
EBA	Ethylen-Butylacrylat-Copolymer	446
EC	Ethylcellulose	647
ECB	Ethylencopolymer-Bitumen-Blend	446
ECO	Epichlorhydrin-Kautschuk	716
ECTFE	Ethylen-Chlortrifluorethylen-Copolymer	446
EEAK	Ethylen-Ethylacrylat-Copolymer	446
EIM	Ionomer-Copolymer	446
EMA	Ethylen-Methacrylsäureester-Copolymer	446
EP	Epoxid-Harze	669
EP(D)M	siehe EPDM	713
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	713
EPM	Ethylen-Propylen-Kautschuk	713
ET	Poly-ethylenoxid-tetrasulfid-Kautschuk	719
ETER	Epichlorhydrin-Ethylenoxid-Kautschuk (Terpolymer)	716
ETFE	Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer	521
EU	Polyetherurethan-Kautschuk	719
EVAC	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer	446
EVAL	Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer, alte Bezeichnung EVOH	446
FEP	Polyfluorethylenpropylen	521
FF	Furan-Formaldehyd-Harz	669
FFKM	Perfluor-Kautschuk	713
FKM	Fluor-Kautschuk	713

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
FPM	Propylen-Tetrafluorethylen-Kautschuk	713
HNBR	hydrierter NBR-Kautschuk	709
ICP	intrinsisch leitfähige Polymere	651
IIR	Butyl-Kautschuk, (CIIR, BIIR)	709
IR	Isopren-Kautschuk	709
KWH	Kohlenwasserstoffharz	703
LCP	Liquid Christal Polymer	615
LSR	Flüssigsilikonkautschuk	719
MABS	Methylmethacrylat-Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer	526
MBS	Methacrylat-Butadien-Styrol-Copolymer	526
MC	Methylcellulose (Cellulosederivat)	647
MF	Melamin-Formaldehyd-Harz	669
MFA	Tetrafluorethylen-Perfluormethyl-Vinylether-Copolymer	525
MFQ	Methyl-Fluor-Silikon-Kautschuk	717
MMAEML	Methylmethacrylat-exo-Methylenlacton-Copolymer	532
MPF	Melamin-Phenol-Formaldehyd-Harz	669
MPQ	Methyl-Phenyl-Silikon-Kautschuk	717
MQ	Polydimethylsilikon-Kautschuk	717
MS	siehe PMS	
MUF	Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harz	669
MUPF	Melamin-Harnstoff-Phenol-Formaldehyd-Harz	669
MVFQ	Fluor-Silikon-Kautschuk	717
NBR	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	709
NCR	Acrylnitril-Chloropren-Kautschuk	709
NR	Naturkautschuk	709
PA	Polyamid (weitere Bezeichnungen siehe Kapitel 6.7)	550
PA 11	Polyamid aus Aminoundecansäure	550
PA 12	Polyamid aus Dodekansäure	550
PA 46	Polyamid aus Polytetramethylen-Adipinsäure	550
PA 6	Polyamid aus ϵ-Caprolactam	550
PA 610	Polyamid aus Hexamethylendiamin-Sebazinsäure	550
PA 612	Polyamid aus Hexamethylendiamin-Dodekansäure	550
PA 66	Polyamid aus Hexamethylendiamin-Adipinsäure	550
PA 69	Polyamid aus Hexamethylendiamin-Azelainsäure	550

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
PAA	Polyacrylsäureester	525
PAC	Polyacetylen	657
PAEK	Polyaryletherketon	559
PAI	Polyamidimid	611
PAN	Polyacrylnitril	525
PANI	Polyanilin, Polyphenylenamin	657
PAR	Polyarylate	658
PARI	Polyarylimid	611
PB	Polybuten	473
PBA	Polybutylacrylat	525
PBI	Polybenzimidazol	610
PBMI	Polybismaleinimid	609
PBN	Polybutylennaphthalat	588
PBO	Polyoxadiabenzimidazol	609
PBT	Polybutylenterephthalat	583
PC	Polycarbonat (aus Bisphenol-A)	569
PCTFE	Polychlortrifluorethylen	513
PDAP	Polydiallylphtalat-Harz	692
PDCPD	Polydicyclopentadien	478
PE	Polyethylen	432
PE-HD	Polyethylen-High Density	432
PE-HMW	Polyethylen-High Molecular Weight	432
PE-LD	Polyethylen-Low Density	432
PE-LLD	Polyethylen-Linear Low Density	432
PE-MD	Polyethylen Medium Density	432
PE-UHMW	Polyethylen-Ultra High Molecular Weight	432
PE-ULD	Polyethylen-Ultra Low Density	432
PE-VLD	Polyethylen Very Low Density	432
PE-X	Polyethylen, vernetzt	443
PEA	Polyesteramid	615
PEDT	Polyethylendioxythiophen	656
PEEK	Polyetheretheretherketon	599
PEEK	Polyetheretherketon	599
PEEK	Polyetheretherketonetherketon	599
PEKK	Polyetheretherketonketon	599

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
PEI	Polyetherimid	612
PEK	Polyetherketon	509
PEKEEK	Polyetherketonetheretherketon	509
PEKK	Polyetherketonketon	509
PEN	Polyethylennapthalat	586
PEOX	Polyethylenoxid	598
PESI	Polyesterimid	615
PES	Polyethersulfon	591
PET	Polyethylenterephthalat	578
PET-G	Polyethylenterephthalat, glykolmodifiziert	578
PF	Phenol-Formaldehyd-Harz	681
PFA	Perfluoralkoy	523
PFMT	Polyperfluortrimethyltriazin-Kautschuk	721
PFU	Polyfuran	656
PHA	Polyhydroxyalkanoate	654
PHB	Polyhydroxybutyrat	654
PHV	Polyhydroxyvaleriansäure	654
PI	Polyimid	604
PIB	Polyisobutylen	473
PISO	Polyimidsulfon	613
PK	Polyketon	660
PLA	Polylactid	655
PMA	Polymethylacrylat	525
PMI	Polymethacrylimid	611
PMMA	Polymethylmethacrylat	526
PMMI	Polymethacrylmethyylimid	532, 611
PMP	Poly-4-Methylpenten-1	477
PMPI	Poly-m-Phenylen-Isophthalamid	518
PMS	Poly- α -Methylstyrol	479
PNF	Fluor-Phosphazen-Kautschuk	720
PNR	Polynorbornen-Kautschuk	709
PO	Polypropylenoxid-Kautschuk	716
PO	Allgemeine Bezeichnung für die Gruppe der Polyolefine, Polyolefin-Derivate und -Copolymeriste	630
POM	Polyoxymethylen (Polyacetalharz, Polyformaldehyd)	534

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
PP	Polypropylen	460
PPA	Polyphthalamid	566
PPB	Polyphenylenbutadien	657
PPE	Polyphenylenether, alte Bezeichnung PPO	595
PPMS	Poly-para-methylstyrol	479
PPOX	Polypropylenoxid	598
PPP	Poly-para-Phenylen	657
PPS	Polyphenylensulfid	589
PPSU	Polyphenylensulfon	591
PPTA	Poly-p-Phenylenterephthalamid	568
PPV	Polyphenylenvinylen	657
PPY	Polypyrrol	657
PPYR	Polyparapyridin	657
PPYV	Polyparapyridinvinylen	657
PS	Polystyrol	479
PSAC	Polysaccharid, Stärke	649
PSU	Polysulfon	589
PT	Polythiophen	658
PTFE	Polytetrafluorethylen	513
PTHF	Polytetrahydrofuran	598
PTT	Polytrimethylenterephthalat	585
PUR	Polyurethan	622
PVAC	Polyvinylacetat	510
PVAL	Polyvinylalkohol	510
PVB	Polyvinylbutyral	510
PVC	Polyvinylchlorid	492
PVDC	Polyvinylidenchlorid	510
PVDF	Polyvinylidenfluorid	513, 519
PVF	Polyvinylfluorid	513, 520
PVFM	Polyvinylformal	510
PVK	Polyvinylcarbazol	510
PVME	Polyvinylmethylether	511
PVMQ	Polymethylsiloxan-Phenyl-Vinyl-Kautschuk	717
PVP	Polyvinylpyrrolidon	512
PZ	Phosphazhen-Kautschuk mit Phenoxygruppen	720

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
RF	Resorcin-Formaldehyd-Harz	669, 693
SAN	Styrol-Acrylnitril-Copolymer	480
SB	Styrol-Butadien-Copolymer	480
SBMMA	Styrol-Butadien-Methylmethacrylat-Copolymer	480
SBR	Styrol-Butadien-Kautschuk	709
SBS	Styrol-Butadien-Styrol-Copolymer	480
SCR	Styrol-Chloropren-Kautschuk	709
SEBS	Styrol-Ethenbuten-Styrol-Copolymer	480
SEPS	Styrol-Ethenpropen-Styrol-Copolymer	480
SI	Silikone, Silikonharze	669
SIMA	Styrol-Isopren-Maleinsäureanhydrid-Copolymer	480
SIR	Styrol-Isopren-Kautschuk	669
SIS	Styrol-Isopren-Styrol-Block-Copolymer	480
SMAB	Styrol-Maleinsäureanhydrid-Butadien-Copolymer	480
SMAH	Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymer	480
TCF	Thiocarbonyldifluorid-Copolymer-Kautschuk	719
TFEHPVDF	Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Vinylidenfluorid-Copolymer (THV)	524
TFEP	Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer	522
TOR	Polyoctenamer	707
TPA	thermoplastische Elastomere auf Basis Polyamid	662
TPC	thermoplastische Elastomere auf Basis Copolyester	662
TPE	thermoplastische Elastomere	662
TPE-A	siehe TPA	662
TPE-C	siehe TPC	662
TPE-O	siehe TPO	662
TPE-S	siehe TPS	662
TPE-U	siehe TPU	662
TPE-V	siehe TPV	662
TPO	thermoplastische Elastomere auf Basis von Olefinen	662
TPS	thermoplastische Elastomere auf Basis Styrol	662
TPU	thermoplastische Elastomere auf Basis Polyurethan	662
TPV	thermoplastische Elastomere auf Basis von vernetztem Kautschuk	662

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Seiten Nr.
TPZ	weitere thermoplastische Elastomere	662
UF	Harnstoff-Formaldehyd-Harz	669
UP	ungesättigtes Polyester-Harz	669
VCE	Vinylchlorid-Ethylen-Copolymer	507
VCEMAK	Vinylchlorid-Ethylen-Methylmethacrylat-Copolymer	507
VCEVAC	Vinylchlorid-Ethylen-Vinylacetat-Copolymer	507
VCMAAN	Vinylchlorid-Maleinsäureanhydrid-Acrylnitril-Copolymer	507
VCMAH	Vinylchlorid-Maleinsäureanhydrid-Copolymer	507
VCMAI	Vinylchlorid-Maleimid-Copolymer	507
VCMAK	Vinylchlorid-Methacrylat-Copolymer	507
VCMMA	Vinylchlorid-Methylmethacrylat-Copolymer	507
VCOAK	Vinylchlorid-Octylacrylat-Copolymer	507
VCPAEAN	Vinylchlorid-Acrylatkautschuk-Acrylnitril-Copolymer	507
VCPE-C	Vinylchlorid-chloriertes Ethylen-Copolymer	507
VCVAC	Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer	507
VCVDC	Vinylchlorid-Vinylidenchlorid-Copolymer	507
VCVDCAN	Vinylchlorid-Vinylidenchlorid-Acrylnitril-Copolymer	507
VDFHFP	Vinylidenchlorid-Hexafluorpropylen-Copolymer	507
VE	Vinylester-Harz	669
VF	Vulkanfiber	649
VMQ	Polymethylsiloxan-Vinyl-Kautschuk	717
VU	Vinylesterurethan-Harz	673
XBR	Butadien-Kautschuk, Carboxylgruppenhaltig	709
XCR	Chloropren-Kautschuk, Carboxylgruppenhaltig	709
XF	Xylenol-Formaldehyd-Harz	670
XNBR	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk, Carboxylgruppenhaltig	709
XSBR	Styrol-Butadien-Kautschuk, Carboxylgruppenhaltig	709

B Weichmacher, gebräuchliche

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung
DODP	Diocetyldecyldipthalat		
ASE	Alkylsulfonsäureester	DOP, DEHP	Diocetylphthalat
BBP	Benzylbutylphthalat	DOS	Diocetylsebacat
DBA	Dibutyladipat	DOZ	Diocetylazetat
DBP	Dibutylphthalat	DPCF	Diphenylkresylphosphat
DBS	Dibutylsebacat	DPOF	Diphenyloctylphosphat
DCHP	Dicyclohexylphthalat	DPP	Dipropylphthalat
DEP	Diethylphthalat	ELO	Epoxidiertes Leinöl
DHXP	Dihexylphthalat	ESO	Epoxidiertes Sojabohnenöl
DIBP	Diisobutylphthalat	ODA	Octyldecyldipat
DIDP	Diisodecylphthalat	ODP	Octyldecylphthalat
DINA	Diisononyladipat	PO	Paraffinöl
DMP	Dimethylphthalat	TBP	Tributylphosphat
DMS	Dimethylsebazat	TCEF	Trichlorethylphosphat
DNA	Dinonyladipat	TCF	Trikresylphosphat
DNODP	Di-n-octyl-n-decylphthalat	TIOTM	Triisooctyltrimellitat
DNOP	Di-n-octylphthalat	TOF	Trioctylphosphat
DNP	Dinonylphthalat	TPP	Triphenylphosphat
DOA (DEHA)	Diocetyladipat, auch Diethylhexyladipat, DEHA nicht mehr gebräuchlich		

■ Tafel II Grundeinheiten, ISO- und US-Einheiten

Längen

	mm	m	km	in	ft	yd	mile
1 mm	= 1	10^{-3}	10^{-6}	0,0394	0,0033	-	-
1 m	= 10^3	1	10^{-3}	39,37	3,281	1,094	-
1 km	= 10^6	10^{-3}	1	39 370	3281	1094	0,6214
1 inch (Zoll)	= 25,40	0,0254	-	1	0,0833	0,0278	-
1 foot (Fuß)	= 304,8	0,3048	-	12	1	0,3333	-
1 yard	= 914,4	0,9144	-	36	3	1	-
1 statute mile (Landmeile)	= 1609	1,609	-	5280	1760	1	-

Flächen

	cm ²	m ²	a	ha	km ²	in ²	ft ²	yd ²
1 cm ²	= 1	10^{-4}	-	-	-	0,155	-	-
1 m ²	= 10^4	1	0,01	10^{-4}	10^{-6}	1550	10,76	1,196
1 a	= -	100	1	0,01	10^{-4}	-	1076	119,6
1 ha	= -	10^4	100	1	0,01	-	-	-
1 km ²	= -	10^6	10^4	100	1	-	-	-
1 square inch	= 6,452	-	-	-	-	1	-	-
1 square foot	= 929	0,0929	-	-	-	144	1	0,1111
1 square yard	= 8361	0,8361	-	-	-	1256	9	1

Volumen											
		cm^3	dm^3	m^3	in^3	ft^3	yd^3	$\text{gal (US)}^2)$			
1 cm^3	=	1	10^{-3}	10^{-6}	0,061	-	-	-	-	-	
1 dm^3 ¹⁾	=	10^3	1	10^{-3}	61,02	0,0353	-	-	0,2642		
1 m^3	=	10^6	10^3	1	61023	35,31	1,308	-	264,2		
1 cubic inch	=	16,39	0,0164	-	1	-	-	-	-		
1 cubic foot	=	-	28,32	0,0283	1728	1	0,037	7,841	-		
1 cubic yard	=	-	764,6	0,7646	46656	27	1	202	-		
1 gallon (US)	=	3785	3,785	-	281	0,1337	-	1	-		

Kraft											
		N	dyn^2	dyn^2	kp						
Newton	1 N	=	1	10^5	-	-	-	-	-	-	
Kilopond ¹⁾	1kp	=	9,80665	980,665	-	0,101972	-	-	-	-	
pound-force	1lbf	=	4,44822	-	0,4536	-	-	-	-	-	

¹⁾ 1 Liter (l) = 1,0 dm^3 ¹⁾ Einheit nicht mehr zugelassen

Masse

		g	kg	t	oz	lb
1g	=	1	10^{-3}	10^{-5}	0,0353	
1kg	=	10^3	1	10^{-3}	35,27	2,205
1t	=	10^6	10^3	1	-	2205
1 ounce (oz)	=	28,35	0,0284	-	1	0,0625
1 pound (lb)	=	453,6	0,4536	-	16	1

Metrisches Karat 1 k = 0,200 g bei Edelsteinen. Das Wort „Karav“ bedeutet bei Goldlegierungen $\sqrt[24]{\text{Masseanteil Gold grain}} \cdot 1 \text{ gr} = (\text{k} / \gamma_{\text{gold}}) \text{ lb} = 0,0648 \text{ g}$

Druck

Werte gerundet, * Wert genau, siehe DIN 1314. Für den Druck gilt die Einheit Pascal (Pa) (DIN 1301)

	Pa = N/m²	Pa = N/m²	bar	kp/cm² = at	atm	Torr	lbf/in²	lbf/in²
1 Pa = 1 N/m ²	=	1	10^{-5}	$10,2 \cdot 10^{-6}$	$9,869 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	145,05 · 10^{-6}	-
1 bar	=	10^5	1	1,02	0,987	750	14,505	$1 \mu\text{bar} = 1 \text{dyn/cm}^2$ ¹⁾
1 kp/cm ² = 1 at (techn. Atmosphäre) ¹⁾	=	98 100	0,981	1	0,968	735,5	14,224	1 atm = 10m WS(4 °C)
1 atm (phys. Atmosphäre) ¹⁾	=	101 325*	1,013	1,033	1	760*	14,7	1 Torr = 1/760 atm
1 Torr ¹⁾	=	133,32	$1,333 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,316 \cdot 10^{-3}$	1	0,01934	1 Torr = 1 mm Hg (0 °C)
1 lbf/in ²	=	6894,8	0,6895	0,0703	0,066804	51,715	1	-

¹⁾ Einheiten nicht mehr zugelassen

Energie (Arbeit, Wärmemenge)

	J	kWh	kpm	PSh	kcal	Btu	Näheres s. DIN 1301 und DIN 1345
1 J = 1 WS = 1 Nm = 1 kg m ² /s ²	= 1	277,8 · 10 ⁻⁹	0,101972	377,5 · 10 ⁻⁹	238,8 · 10 ⁻⁶	984 · 10 ⁻⁶	1 J = 1 Nm = 10 ⁷ erg 1 eV = 1,602 · 10 ⁻¹⁹ J
1 kWh	= 3,6 · 10 ⁶	1	367 · 10 ³	1,360	859,8	3412	
1 kpm ¹⁾	= 9,80665	2,724 · 10 ⁻⁶	1	3,704 · 10 ⁻³	2,342 · 10 ⁻³	9,294 · 10 ⁻³	
1 PSh ¹⁾	= 2,648 · 10 ⁶	0,7355	270 · 10 ³	1	632,4	2509	
1 kcal ¹⁾	= 4186,8	1,163 · 10 ⁻³	426,9	1,581 · 10 ⁻³	1	3,968	
1 Btu (British Thermal Unit)	= 1055	293 · 10 ⁻⁶	107,6	398,5 · 10 ⁻⁶	0,252	1	

¹⁾ Einheiten nicht mehr zugelassen**Leistung**

	W	kW	kpm/s	PS	hp	
1 W	= 1	10 ⁻³	0,101972	1,36 · 10 ⁻³	1,341 · 10 ⁻³	1 W = 1 J/s = 10 ⁷ erg/s
1 kW	= 10 ³	1	101,975	1,36	1,341	
1 kpm/s ¹⁾	= 9,80665	9,80665 · 10 ⁻³	1	0,0133	0,0131	
1 PS ¹⁾	= 735,5	0,7355	75	1	0,986	
1 hp (horsepower)	= 745,7	0,746	76,04	1,014	1	1 hp = 550 ft lbf/s

¹⁾ Einheiten nicht mehr zugelassen

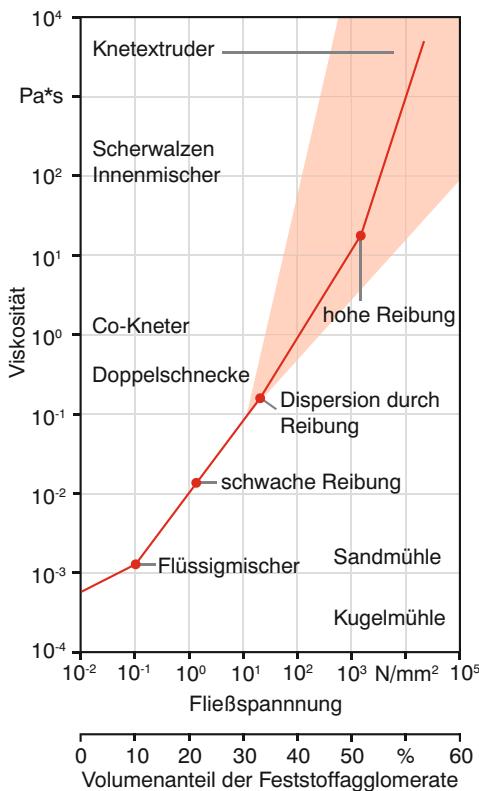


Bild 4.1
Übersicht: Verwendung dispersiver Mischer in Abhängigkeit von Füllstoffanteil und Viskosität

Die Koaleszenz beschreibt das Zusammenfließen einzelner Tropfen etwa durch Kollision im Strömungsfeld. Die Koaleszenz ist also der gegenteilige Vorgang zum Dispergieren. Je nach Füllstoffanteil und Oberflächenspannung kann der Prozess der Koaleszenz den Prozess des Dispergierens überwiegen. In einem solchen Fall vergröbert sich die Blendmorphologie beim Mischen.

4.1.1.1 Mischer

Grundsätzlich können die Mischer in zwei Kategorien unterschieden werden:

- diskontinuierlich arbeitende Mischer und
- kontinuierlich arbeitende Mischer.

Rotierende Feststoff-Mischbehälter

Die einzelnen Bauarten unterscheiden sich durch die Art der Mischtrommel und damit der Art der Mischwirkung. Es gibt einfache Rollfässer, Fässer mit Taumelbewegungen, Rhönradmischer, Taumelmischer (für größere Volumina), Doppelkonusmischer und V- oder Hosenmischer. Sie werden als Vormischer für rieselfähige Produkte und Zuschlagstoffe für die Weiterverarbeitung auf Schneckenknetern, Extrudern oder Spritzgießmaschinen oder zum Nachmischen fertiger Compounds zur Chargenvereinheitlichung und zur eventuellen Trocknung verwendet.

Feststoff-Mischer mit rotierenden Werkzeugen

Es gibt eine große Variantenvielfalt bei diesen Mischertypen. Die Werkzeuge arbeiten mit Umfangsgeschwindigkeiten von weniger als 2 m/s bis 50 m/s. Mit zunehmender Geschwindigkeit werden die Mischzeiten geringer und die Zerteileffekte und Energieaufnahme nehmen zu. Allerdings wird die Behandlung auch weniger schonend. Man unterscheidet diskontinuierliche (Bild 4.2) und kontinuierliche Mischer (Bild 4.3). Bei den kontinuierlichen Mischern weisen die Mischelemente eine zusätzliche Förderwirkung auf.

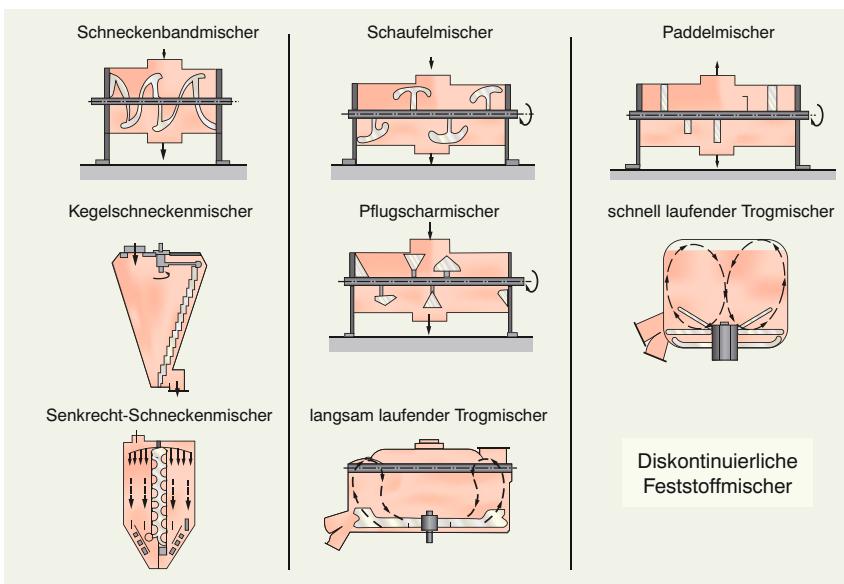


Bild 4.2 Diskontinuierliche Feststoffmischer

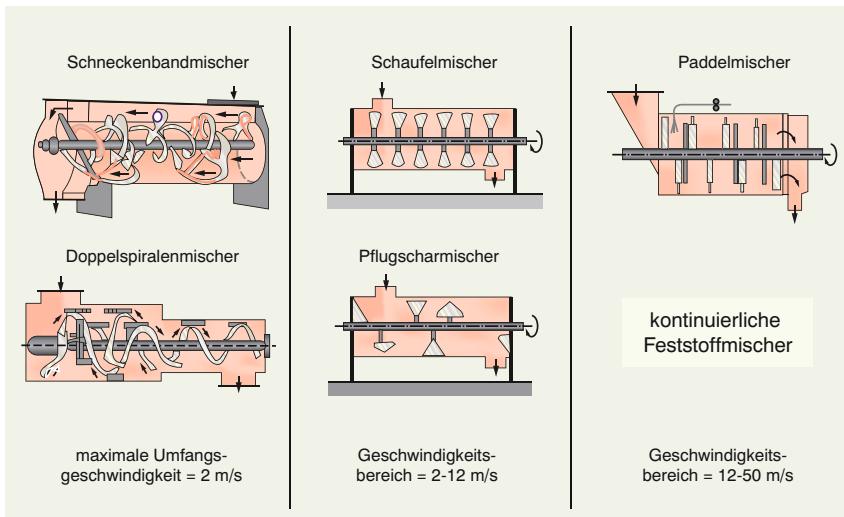


Bild 4.3 Kontinuierliche Feststoffmischer

Typisch für diese Mischerbauarten sind die rotierenden Wellen, die mit unterschiedlichen Mischelementen wie Schneckenbändern, Schaufeln, Spiralen oder Paddeln bestückt sind. Beim Kegel-Schnecken-Mischer wird die Schnecke so angetrieben, dass sie außer um ihre Längsachse auch planetenartig in einer Kreisbahn an der Innenwand eines konusförmigen Behälters vorbeiwandert. Solche Mischer haben ein Nutzvolumen bis zu 30 m³, die Silo-Senkrecht mischer bis zu 100 m³. Das Nutzvolumen der diskontinuierlichen Mischer mit einer horizontalen Welle beträgt bis zu 30 m³, der Durchsatz der kontinuierlichen Mischer bis zu 450 m³/h.

Mischer mit rotierenden Werkzeugen werden für alle Mischaufgaben eingesetzt. Zum Heißmischen oder Plastifizieren von PVC werden Heiz-Kühl-mischer-Kombinationen aus Trog- oder Schaufelmischern verwendet. Silo-Senkrecht- oder Kegel-Schneckenmischer dienen zum Vereinheitlichen größerer Granulatmengen.

4.1.1.2 Schneckenkneter für viskose Stoffe

Schneckenkneter werden zum kontinuierlichen Aufbereiten (Compoundieren) von Kunststoffen zu verarbeitungsfähigen Formmassen verwendet. Die vorgemischte oder über Dosierwaagensysteme kontinuierlich dosierte Rezeptur wird aufgeschmolzen und bis in den Mikrobereich hinein homo-

gen vermischt. Gasförmige Bestandteile können in Entgasungszonen ausgedampft werden, chemische Reaktionen sind durchführbar. Man unterscheidet ein- und zweiwellige Kneter.

Einwellige Kneter

In ihrem grundsätzlichen Aufbau sind sie den Plastifiziereinheiten der Extruder ähnlich, s. Abschnitt 4.2. In einem *Plastifikator* wird PVC-weich über eine Dosierschnecke einem konusförmigen Misch- und Scherteil zugeführt, dort durch Scherung plastifiziert und über eine nachgeschaltete Schnecke ausgetragen.

Der ebenfalls einwellige *Ko-Kneter* führt neben der Rotation eine axial oszillierende Bewegung aus (Bild 4.4). In den Lücken zwischen Schneckenflügeln und feststehenden Knetzähnen wird das Material in axialer und radialer Richtung geschert. Der Austrag erfolgt bei der Kalanderbeschickung direkt am Ende des Kneters oder über eine meist rechtwinklig zum Kneter angeordnete einwellige Schnecke in einen Granulator.

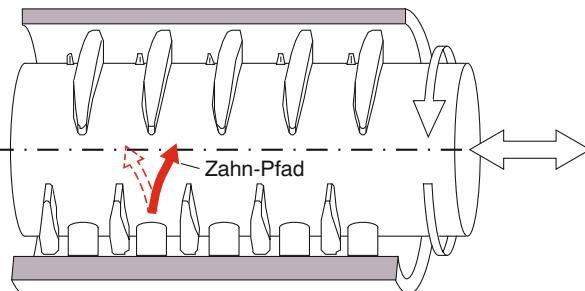


Bild 4.4 Prinzip des Ko-Kneters

Normale Einschneckenextruder für das Spritzgießen oder Extrudieren weisen eine geringe Mischwirkung auf. Diese Mischwirkung kann durch den Einbau von Mischteilen oder Scherteilen nach Bild 4.5 und Bild 4.6 verbessert werden. Z.B. wird in wassergekühlten Extrudern mit Schneckenlängen von 24 bis 40 D PE-LD in zwei bis vier hintereinander geschalteten Mallefer-Zonen zur Verbesserung der optischen und mechanischen Eigenschaften homogenisiert (s. auch Abschnitt 4.2). Die Beschickung erfolgt mit Schmelze.

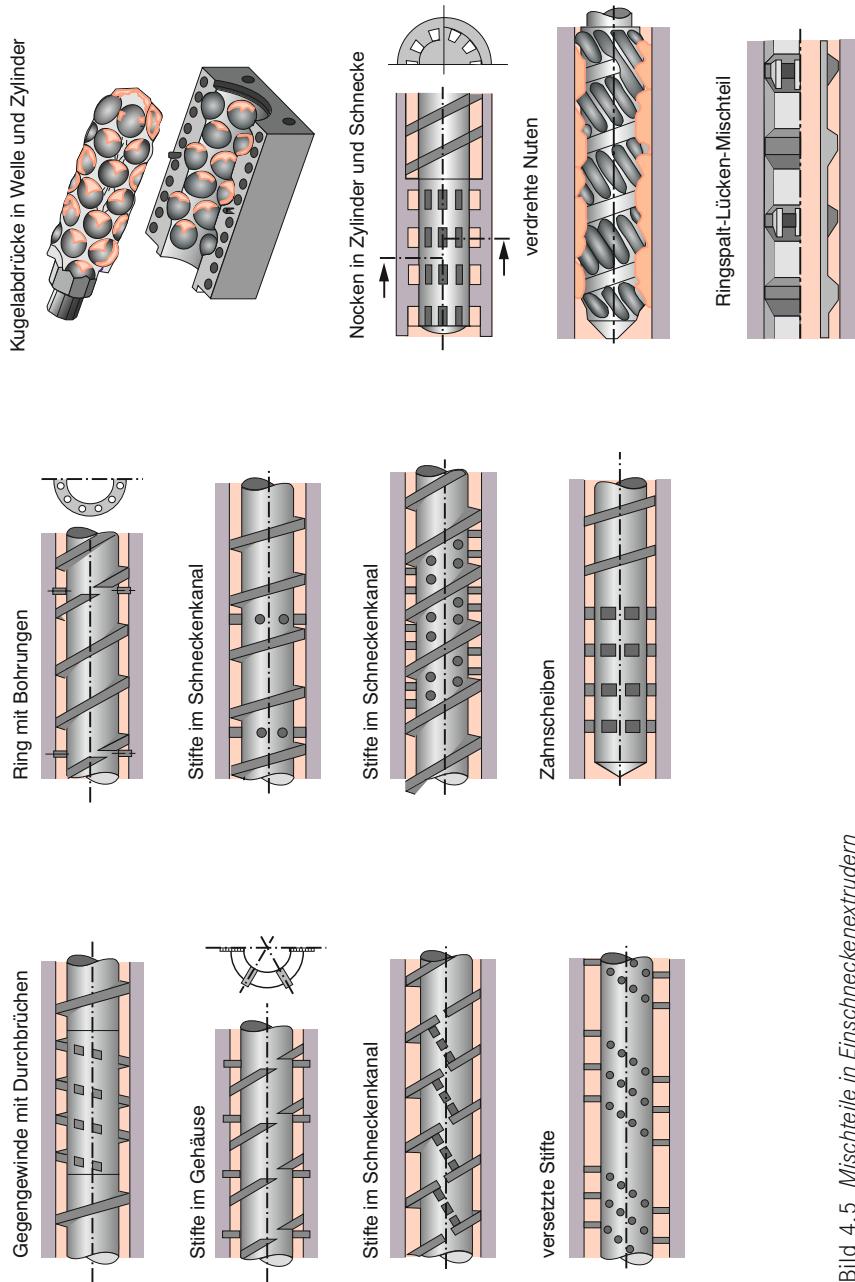


Bild 4.5 Mischteile in Einschneckenextrudern

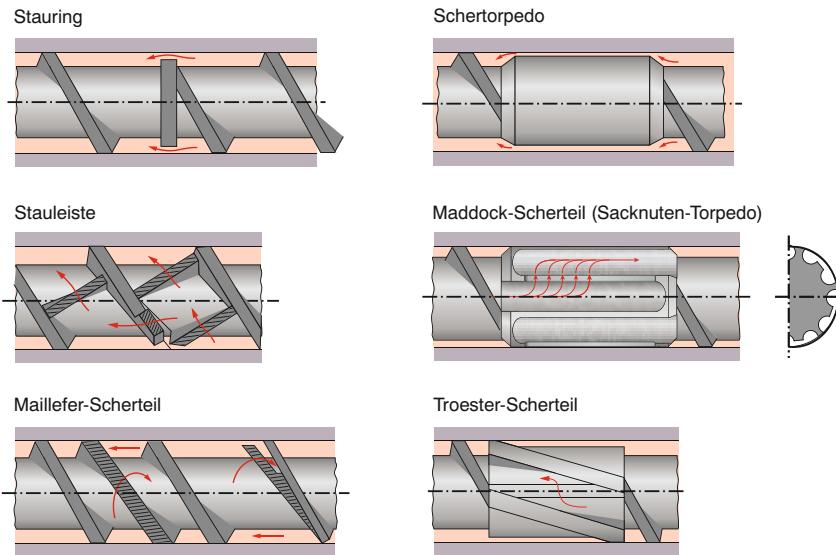


Bild 4.6 Schereteile in Einschneckenextrudern

Zweiwellige Kneter

Gleichläufige Schneckenkneter mit ineinander greifenden Schnecken werden am häufigsten zur Aufbereitung eingesetzt. Bei den sog. ZSK- oder ZE-Maschinen sind die Schnecken und Gehäuse nach dem Baukastenprinzip aufgebaut (Bild 4.7). Die einzelnen Elemente werden auf die Schneckenwellen aufgeschoben. Die Art und Abfolge der Förder-, Knet- und Dichtelemente können der Aufgabe entsprechend gewählt werden. Für die Entgasung oder Zugabe von Feststoffen, Schmelzen, Pasten oder Flüssigkeiten können entsprechende Gehäuseelemente eingebaut werden. ZSK-Maschinen sind selbstreinigend und können elektrisch, mit Flüssigkeiten oder mit Dampf beheizt werden.

Während bei der normalen ZSK-Maschine die Schmelze direkt am Schneckenende ausgetragen wird, erfolgt dies bei der *Kombiplast*-Maschine über eine rechtwinklig angeordnete, einwellige Schnecke mit einer Einzugs- und Entgasungszone, Endplastifizierzone und einer Druckaufbau- und Austragszone. Sie wird für empfindliche Kunststoffe wie PVC, vernetzbares PE oder hochmolekulare technische Kunststoffe eingesetzt.