

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Symbole	V
1 Einleitung und Zielstellung	1
2 Charakterisierung des Zähigkeitsverhaltens von Polyethylen-Werkstoffen und Möglichkeiten zur Bewertung des Rissausbreitungsprozesses	3
2.1 Struktur und mechanische Eigenschaften von Polyethylen-Werkstoffen	3
2.2 Deformationsmechanismen in teilkristallinen Kunststoffen	11
2.3 Korrelation der Struktur und der Zähigkeitseigenschaften von Polyethylen-Werkstoffen	15
2.3.1 Einfluss der Molmasse, des Verzweigungsgrades und der Tie-Molekül-Dichte	18
2.3.2 Einfluss der Kristallinität, der Sphärolith- und der Lamellenstruktur	23
2.3.3 Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit	28
2.3.4 Beurteilung des Einflusses der Strukturparameter auf die Zähigkeitseigenschaften	30
2.4 Rissinitiierungs- und Rissausbreitungsverhalten von amorphen und teilkristallinen Kunststoffen	32
2.5 Deformations- und Rissmodelle für Polyethylen-Werkstoffe	37
3 Experimentelles	45
3.1 Grundcharakterisierung der untersuchten PE-HD-Werkstoffe und Prüfkörperherstellung	45
3.1.1 Bestimmung der Kristallinität	47
3.1.2 Charakterisierung der Morphologie	50
3.1.3 Ermittlung von strukturellen Größen im Nanometerbereich	54
3.1.4 Berechnung der Tie-Molekül-Dichte	58
3.2 Experimentelle Methoden zur Bestimmung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte	65
3.2.1 Der instrumentierte Kerbschlagbiegeversuch	65
3.2.2 Bestimmung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte als Risszähigkeiten gegenüber instabiler Rissausbreitung	66
3.2.3 Bestimmung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte als Risszähigkeiten gegenüber stabiler Rissausbreitung	73
3.2.4 Auswerteprozedur zur Bestimmung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte als Risszähigkeiten gegenüber stabiler Rissausbreitung	74
3.2.5 Verwendung von Seitenkerben zur Ermittlung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte bei Polyethylen-Werkstoffen	80

	Seite
4 Experimentelle Ergebnisse zum Zähigkeitsverhalten	82
4.1 Schlagkraft-Durchbiegungsverhalten der Polyethylen-Werkstoffe	82
4.2 Einfluss von Seitenkerben auf die Ermittlung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte	84
4.2.1 Einfluss der Verwendung von Seitenkerben bei instabiler Rissausbreitung	84
4.2.2 Einfluss der Verwendung von Seitenkerben bei stabiler Rissausbreitung	89
4.3 Die Abhängigkeit der bruchmechanischen Werkstoffkennwerte vom Molekulargewicht	91
4.4 Die Abhängigkeit der bruchmechanischen Werkstoffkennwerte von der Kristallinität	95
4.5 Die Abhängigkeit der bruchmechanischen Werkstoffkennwerte von den strukturellen Größen im Nanometerbereich	100
4.6 Gültigkeit der ermittelten bruchmechanischen Werkstoffkennwerte	105
4.7 Bruchflächenstrukturanalyse der PE-HD-Werkstoffe	109
4.7.1 Bruchflächenstrukturen bei instabiler Rissausbreitung	109
4.7.2 Bruchflächenstrukturen bei stabiler Rissausbreitung	114
5 Diskussion der Ergebnisse	117
5.1 Einfluss der Strukturparameter auf das Zähigkeitsverhalten von Polyethylen-Werkstoffen	117
5.2 Geometrieunabhängigkeit der bruchmechanischen Werkstoffkennwerte	125
5.3 Rissinitiierungs- und Rissausbreitungsmechanismen in den Polyethylen-Werkstoffen	126
6 Zusammenfassung	133
Summary	139
Anhang	143
Literaturverzeichnis	174

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Formelzeichen

Abkürzungen

3PB	Dreipunktbiegung
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
ASTM	American Standards for Testing Materials
C	Kohlenstoff
CF	Carbon Fibre (Kohlenstofffaser)
COD	Crack Opening Displacement (Rissöffnungsverschiebung)
CT	Compact Tension (bruchmechanischer Zugprüfkörper)
CTOD	Crack Tip Opening Displacement (Rissspitzenöffnungsverschiebung)
D	PE-HD-Werkstoffe mit etwa gleicher Dichte und unterschiedlichem Molekulargewicht
DIN	Deutsche Industrie-Normen
DSC	Differential Scanning Calorimetry (Differentialkalorimetrie)
DTA	Differential Thermal Analysis (Differential-Thermoanalyse)
EDZ	Ebener Dehnungszustand
E-Modul	Elastizitätsmodul
EP	Ethylen-Propylen
ESIS	European Structural Integrity Society
ESZ	Ebener Spannungszustand
FBM	Fließbruchmechanik
FEM	Finite Element Method (Finite Elemente Methode)
GF	Glas Fibre (Glasfaser)
H	Wasserstoff
IKBV	Instrumentierter Kerbschlagbiegeversuch
ISO	International Standard Organization
J_R -Kurve	Risswiderstandskurve des Belastungsparameters J
K	kalt abgeschreckt bei 55 K/min Abkühlgeschwindigkeit
L	langsame Abkühlung bei 1 K/min Abkühlgeschwindigkeit
LCP	Liquid Crystalline Polymers (flüssigkristalline Polymere)
LEBM	Linear-Elastische Bruchmechanik
M	PE-HD-Werkstoffe mit gleichem Molekulargewicht und unterschiedlicher Kristallinität
NMR	Nuclear Magnetic Resonance (magnetische Kernresonanz)
norm.	normiert
PA	Polyamid
PBT	Polybutylenterephthalat
PC	Polycarbonat
PE	Polyethylen
PEEK	Polyetheretherketon
PE-HD	Polyethylen hoher Dichte
PE-HMW	Polyethylen hoher Molmasse
PEI	Polyetherimid
PE-LD	Polyethylen niederer Dichte
PE-LLD	lineares Polyethylen niederer Dichte
PE-MD	Polyethylen mittlerer Dichte
PES	Polyethersulfon
PET	Polyethylenterephthalat

PE-UHMW	Polyethylen ultra-hoher Molmasse
PE-ULD	Polyethylen ultra-niederer Dichte
PE-VLD	Polyethylen sehr niederer Dichte
PE-X	vernetztes Polyethylen
PK	Prüfkörper
PMMA	Polymethylmethacrylat
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PPS	Polyphenylensulfid
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PVCC	chloriertes Polyvinylchlorid
REM	Rasterelektronenmikroskop
R-Kurve	Risswiderstandskurve, grafische Darstellung der Abhängigkeit des Belastungsparameters (J-Integral oder d) von der stabilen Rissverlängerung Δa
SAN	Styrol-Acrylnitril
SAPT	Stress Activated Phase Transition (spannungsinduzierte Phasenumwandlung)
SAXS	Small Angle X-Ray Scattering
SENB	Single Edge Notched Bending (Dreipunktbiegeprüfkörper)
SENT	Single Edge Notched Tension (einseitig gekerbter Zugprüfkörper)
SK	Seitenkerben
TC	Technical Committee
TEM	Transmissionselektronenmikroskop
TPU	Thermoplastisches Polyurethan
Verzw.	Verzweigungen
d_R -Kurve	Risswiderstandskurve des Belastungsparameters d

Formelzeichen

a	[mm]	Ausgangsrislänge
a_{cN}	[kJ/m ²]	Charpy-Kerbschlagzähigkeit nach DIN EN ISO 179-1
a_{iN}	[kJ/m ²]	Izod-Kerbschlagzähigkeit nach DIN EN ISO 180
a_{eff}	[mm]	effektive Rislänge
a_S	[mm]	Bruchspiegel
A	[Nmm]	Verformungsenergie
A_{diss}	[Nmm]	Summe des plastischen Anteils der Verformungsenergie A_{pl} und der Rissverzögerungsenergie A_R
A_{el}	[Nmm]	elastischer Anteil der Verformungsenergie
A_G	[Nmm]	Verformungsenergie, ergibt sich aus der Fläche unter dem Kraft-Durchbiegungs-Diagramm bis zum Bruch des Prüfkörpers
A_H	[Nmm]	vom Pendelhammer für den Bruchvorgang angebotene Schlagenergie
A_{pl}	[Nmm]	plastischer Anteil der Verformungsenergie
A_R	[Nmm]	Rissverzögerungsenergie
A_{tot}	[Nmm]	totale Verformungsenergie, ergibt sich aus der gesamten Fläche unter dem Kraft-Durchbiegungs-Diagramm inklusive der Rissverzögerungsenergie
b		Konstante bei der Bestimmung der Wahrscheinlichkeit zur Bildung von Tie-Molekülen
B	[mm]	Prüfkörperdicke

B_n	[mm]	reduzierte Prüfkörperdicke durch Einbringen von Seitenkerben
B_U	[mm]	U-Kerb-Breite
C		charakteristische Konstante bei der Bestimmung des Kettenendenabstandes r
$C_{1...3}$		Regressionskonstanten der Potenzfunktion zur Beschreibung der J_R -Kurven nach ESIS P2-91
$C_{4...5}$		Regressionskonstanten der Wurzelfunktion zur Beschreibung der J_R -Kurven in Anlehnung an das JT_J -Konzept von Michel und Will
$C_{6...8}$		Regressionskonstanten der Potenzfunktion zur Beschreibung der d_R -Kurven nach ESIS P2-91
$C_{9...10}$		Regressionskonstanten der Wurzelfunktion zur Beschreibung der d_R -Kurven in Anlehnung an das JT_J -Konzept von Michel und Will
$CTOD_{bulk}$	[μm]	Rissspitzenöffnungsverschiebung durch Materialfließen
$CTOD_{craze}$	[μm]	Rissspitzenöffnungsverschiebung durch einen Craze
$CTOD_{total}$	[μm]	gesamte Rissspitzenöffnungsverschiebung
d		Konstante bei der Bestimmung der Wahrscheinlichkeit zur Bildung von Tie-Molekülen
d_n^*		Funktion des Verfestigungsverhaltens
$D.I.$		Duktilitäts-Index
$D.R.$		Duktilitäts-Verhältnis
E_d	[N/mm ²]	Elastizitätsmodul bei schlagartiger Beanspruchung
E_n	[kJ/m ²]	Kerbschlagzugzähigkeit nach DIN EN ISO 8256
E_t	[N/mm ²]	Elastizitätsmodul nach ISO 527-1
f	[mm]	Durchbiegung
$f(a/W)$		Geometriefunktion in Abhängigkeit vom Risslängen-Prüfkörperbreiten-Verhältnis
f_B	[mm]	Biegeanteil der maximalen Prüfkörperdurchbiegung
f_{gy}	[mm]	die bei der Kraft F_{gy} auftretende Durchbiegung
f_k	[mm]	Kerbanteil der maximalen Prüfkörperdurchbiegung
f_{max}	[mm]	maximale Durchbiegung
f_T		Tie-Molekül-Dichte
F	[N]	Schlagkraft
F_1	[N]	Aufschlagimpuls im Schlagkraft-Durchbiegungs-Diagramm
F_{am}	[cps \cdot °]	Interferenzspektrum der amorphen Phase
F_F	[N]	Bruchkraft nach dem Kraftmaximum F_{max} , bei der ein erheblicher Kraftabfall, verursacht durch instabiles Risswachstum, ohne Zunahme der Durchbiegung auftritt
F_{gy}	[N]	Schlagkraft beim Übergang vom elastischen zum elastisch-plastischen Werkstoffverhalten
F_{kr}	[cps \cdot °]	Interferenzpeakfläche der kristallinen Phase
F_{max}	[N]	maximale Schlagkraft
g_o	[%]	relative obere Grenze des Konfidenzintervalls
g_u	[%]	relative untere Grenze des Konfidenzintervalls
$g(x)$		ganze Zahl von x
G	[N/mm]	Energiefreisetzungsrate
I	[cps]	Beugungsintensität
$I(r, L_P)$		Konstante bei der Bestimmung von $T_1(M)$
J	[N/mm]	J-Integral, mathematische Beschreibung des lokalen Spannungs-Dehnungs-Feldes vor der Rissspitze, der bruchmechanische Werkstoffkennwert J wird mit Hilfe von Näherungslösungen berechnet

$J_{0,2}$	[N/mm]	technischer Rissinitiierungswert, kritischer J -Wert bei 0,2 mm Rissverlängerung
J_c	[N/mm]	kritischer J-Integral-Wert bei quasistatischer Beanspruchung
J_d	[N/mm]	J-Integral-Wert nach Sumpter und Turner mit Risslängenkorrektur bei der Bestimmung der J_R -Kurve, d - dynamisch, schlagartige Beanspruchung
J_{ic}	[N/mm]	kritischer J-Integral-Wert am Schnittpunkt der J_R -Kurve mit der Blunting-line
J_{id}	[N/mm]	kritischer J -Rissinitiierungswert bei schlagartiger Beanspruchung
J_{iphs}	[N/mm]	physikalischer J -Rissinitiierungswert, bestimmt mit Hilfe der Stretch-zonenweite
J_{Ic}	[N/mm]	kritischer J-Integral-Wert am Schnittpunkt der J_R -Kurve mit der um 0,2 mm verschobenen Blunting-line, quasistatische Beanspruchung
J_{Id}	[N/mm]	J-Integral-Wert, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, I – geometrieunabhängig bei Mode I Beanspruchung, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
J_{max}	[N/mm]	Gültigkeitsgrenze für J -kontrolliertes Risswachstum nach ESIS TC 4
J_{Qd}^{ST}	[N/mm]	J-Integral-Wert nach Sumpter und Turner, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, Q - geometrieabhängig, d - dynamisch, schlagartige Beanspruchung
JT_J	[N/mm]	Produkt $J \cdot T_J$ nach Michel und Will, charakterisiert das Energieaufnahmevermögen bei stabiler Rissausbreitung
K	[MPamm ^{1/2}]	Spannungsintensitätsfaktor, beschreibt das Spannungsfeld vor der Rissspitze
K_{Id}	[MPamm ^{1/2}]	Bruchzähigkeit, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, I - geometrieunabhängig bei Mode I Beanspruchung, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
K_{max}	[MPamm ^{1/2}]	Bruchzähigkeit bei quasistatischer Beanspruchung
K_{Qd}	[MPamm ^{1/2}]	Spannungsintensitätsfaktor, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, Q - geometrieabhängig, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
ΔK_{SC}	[MPamm ^{1/2}]	kritischer Schwellwert der Bruchzähigkeit für Risswachstum in da/dt -Kurven
l	[nm]	Bindungslänge
l_H	[m]	Pendellänge des Hammers
L	[mm]	Prüfkörperlänge
L_a	[nm]	Dicke der amorphen Bereiche aus L_{Pexp} bestimmt
L_{atheo}	[nm]	Dicke der amorphen Bereiche aus L_{ctheo} bestimmt
L_{aTEM}	[nm]	Dicke der amorphen Bereiche aus L_{cTEM} bestimmt
L_c	[nm]	Lamellendicke aus L_{Pexp} bestimmt
L_{cTEM}	[nm]	Lamellendicke, die mittels Bildverarbeitung aus den TEM-Aufnahmen bestimmt wurde
L_{ctheo}	[nm]	der aus der T_{SO}^E -Schmelztemperatur berechnete Wert für die Lamellendicke nach Illers und Hendus
L_P	[nm]	Langperiode
L_{Pexp}	[nm]	experimentell mit Kleinwinkelstreuungsmessungen bestimmte Langperiode
L_{Ptheo}	[nm]	Langperiode aus L_{ctheo} bestimmt
L_{PTEM}	[nm]	Langperiode aus L_{cTEM} bestimmt
L_T	[nm]	Mindestlänge zur Bildung eines Tie-Moleküls

L_R	[mm]	Rasierklingenkerblänge
L_U	[mm]	U-Kerb-Länge
m		Proportionalitätsfaktor in der Beziehung zwischen J-Integral- und CTOD-Konzept, Constraint-Faktor
m_H	[kg]	Hammermasse
M	[kg/mol]	Molmasse
M_c	[kg/mol]	kritische Molekülmasse
MFR	[g/10 min]	Schmelzfließrate nach DIN 53735
M_n	[kg/mol]	Zahlenmittel der mittleren Molmasse
M_w	[kg/mol]	Gewichtsmittel der mittleren Molmasse
n		Rotationsfaktor
N		Anzahl der Verschlaufungen pro Kette
$p(r)$		Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Kettenendenabstandes r in einer frei gegliederten Kette in der Schmelze
P		Wahrscheinlichkeit zur Bildung von Tie-Molekülen
P_1		Wahrscheinlichkeit zum Auftreten von Tie-Molekülen nach Huang
P_2		Wahrscheinlichkeit zum Auftreten von Tie-Molekülen nach Hedenqvist
r	[nm]	Kettenendenabstand eines Polymerknäuels
\bar{r}^2	[nm ²]	mittlerer quadratischer Kettenendenabstand eines Polymerknäuels
r_K	[μ m]	Kerbradius
R_{gr}	[nm]	Schwerpunktsabstand eines Polymerknäuels in der Schmelze
s	[mm]	Stützweite bzw. Auflagerabstand
S		empirische Standardabweichung bei Stichprobendaten
S_o		obere Standardabweichung des Konfidenzintervalls
S_u		untere Standardabweichung des Konfidenzintervalls
SCB		(Short Chain Branching) Anzahl der Kurzkettenverzweigungen pro 1000 C-Atome
SZH	[μ m]	Stretchzonenhöhe
SZW	[μ m]	Stretchzonenweite
t	[ms]	Zeit
t_B	[ms]	Bruchzeit
t_f	[min]	Versagenszeit
T	[° C]	Temperatur
T_1		Anzahl der Tie-Moleküle, die pro Kette gebildet werden können
$T_1(M)$		Tie-Molekül-Dichte in einem monodispersen Polymer mit der Molekülmasse M nach Yeh und Runt
T_2		Anzahl der Tie-Moleküle, die als Verschlaufungen pro Kette gebildet werden können
$T_2(M)$		Tie-Molekül-Dichte der als Verschlaufungen auftretenden Tie-Moleküle eines monodispersen Polymers mit der Molekülmasse M nach Yeh und Runt
$T_2(M, Strebel)$		Tie-Molekül-Dichte der als Verschlaufungen auftretenden Tie-Moleküle eines monodispersen Polymers mit der Molekülmasse M nach Strebel
$T(M_2)$		Tie-Molekül-Dichte der als Verschlaufungen auftretenden Tie-Moleküle eines monodispersen Polymers mit der Molekülmasse M nach Strebel (vereinfachte Berechnung)
T_8		Tearing-Modul (Widerstand gegenüber stabiler Rissausbreitung) für den Belastungsparameter kritische Rissöffnungsverschiebung, Funktion von Δa

$T_{\dot{a}}^{0,2}$		Funktionswert der Funktion $T_{\delta} = f(\Delta a)$ bei 0,2 mm Rissverlängerung
$T(M)$		gesamte Tie-Molekül-Dichte eines monodispersen Polymers mit der Molekülmasse M
T_G	[° C]	Glastemperatur
T_J		Tearing-Modul (Widerstand gegenüber stabiler Rissausbreitung) für den Belastungsparameter J-Integral, Funktion von Δa
$T_J^{0,2}$		Funktionswert der Funktion $T_J = f(\Delta a)$ bei 0,2 mm Rissverlängerung
T_m	[° C]	Schmelztemperatur (eines Kristalls mit endlicher Dicke)
T_m°	[K]	Gleichgewichtsschmelztemperatur
T_{SO}^E	[K]	Schmelztemperatur mittels DSC bestimmt (extrapolierte Peakanfangstemperatur nach DIN 53765)
v_{Ab}	[K/min]	Abkühlgeschwindigkeit
v_T	[mm/min]	Traversengeschwindigkeit
V_M	[cm ³ /mol]	hydrodynamisches Volumen einer Polymerkette mit der Molekülmasse M
V_{Mc}	[cm ³ /mol]	hydrodynamisches Volumen einer Polymerkette mit der kritischen Molekülmasse M_c
W	[mm]	Prüfkörperbreite
x		Anzahl der Kettenglieder einer Polymerkette
a_1	[%]	Kristallisationsgrad, berechnet aus der Dichte
a_2	[%]	Kristallisationsgrad, berechnet aus der gemessenen Schmelzenthalpie
a_3	[%]	Kristallisationsgrad, bestimmt mit Hilfe von Röntgenweitwinkelstreuungsmessungen
b		Proportionalitätsfaktor im Geometrie-kriterium des LEBM-Konzeptes, $b = f(K_{Id})$
$b_{0...5}$		Regressionskoeffizienten
d	[mm]	Rissöffnungsverschiebung, beschreibt das lokale Verformungsfeld vor der Rissspitze und wird im Dreipunktbiegeversuch mit Hilfe des Türangelmodells berechnet
$d_{0,2}$	[mm]	technischer Rissinitiierungswert für den Belastungsparameter, kritische Rissöffnungsverschiebung bei $\Delta a=0,2$ mm
d_{45}	[mm]	speziell definierte Rissspitzenverformung, bildet 45°-Winkel mit der Mitte der Rissspitze
d_c	[mm]	kritische Rissöffnungsverschiebung an der Rissspitze bei quasistatischer Beanspruchung
d_d	[mm]	Rissöffnungsverschiebung, berechnet aus f_{max} bei schlagartiger Beanspruchung
d_{dk}	[mm]	Rissöffnungsverschiebung nach erweitertem Türangelmodell, berechnet aus f_k bei schlagartiger Beanspruchung
d_{id}	[mm]	kritischer d -Rissinitiierungswert bei schlagartiger Beanspruchung
d_{ld}	[mm]	Rissöffnungsverschiebung, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, I - geometrieunabhängig bei Mode I Beanspruchung, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
d_{ldk}	[mm]	Rissöffnungsverschiebung nach erweitertem Türangelmodell, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, I - geometrieunabhängig bei Mode I Beanspruchung, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
d_{iphys}	[mm]	physikalischer d -Rissinitiierungswert, bestimmt mit Hilfe der Stretchzonenweite

d_{\max}	[mm]	Gültigkeitsgrenze für d -kontrolliertes Risswachstum
d_{Qd}	[mm]	kritische Rissöffnungsverschiebung, berechnet aus der maximalen Durchbiegung, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, Q - geometrieabhängig, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
d_{Qdk}	[mm]	kritische Rissöffnungsverschiebung nach erweitertem Türangelmodell, aus dem Kerbanteil der Durchbiegung bestimmt, kritischer Wert beim Einsetzen instabiler Rissausbreitung, Q - geometrieabhängig, d – dynamisch, schlagartige Beanspruchung
dT_{δ}	[mm]	Produkt $d \cdot T_{\delta}$, charakterisiert das Verformungsaufnahmevermögen bei stabiler Rissausbreitung
Δa	[mm]	stabile Rissverlängerung
Δa_{bl}	[mm]	Rissverlängerung bei der Rissabstumpfung
Δa_{\max}	[mm]	Gültigkeitsgrenze für maximalen Δa -Wert nach ESIS TC 4
Δa_{\min}	[mm]	Gültigkeitsgrenze für minimalen Δa -Wert nach ESIS TC 4
Δa_S	[mm]	stabile Rissverlängerung nach instabilem Risswachstum, auch Bruchspiegel a_S
ΔH_S	[J/g]	gemessene Schmelzenthalpie
ΔH_K	[J/g]	Schmelzenthalpie des 100% kristallinen Stoffes
ΔH_K^{∞}	[cal/g]	Schmelzenthalpie des unendlich ausgedehnten Kristalls
ΔT	[K]	Unterkühlung
e		Proportionalitätsfaktor im Geometrie-kriterium des J-Integral-Konzeptes, $e = f(J_{Id})$
e_R	[%]	Reißdehnung
e_y	[%]	Fließdehnung
J	[°]	Beugungswinkel
h_{el}, h_{pl}		Geometriefunktionen
n		Querkontraktionszahl
ρ	[kg/m ³]	gemessene Dichte
ρ_a	[kg/m ³]	ideale Dichte der amorphen Phase
ρ_k	[kg/m ³]	Dichte der kristallinen Phase am Schmelzpunkt
s	[N/mm ²]	Spannung
s_B	[N/mm ²]	Bruchspannung
s_d	[N/mm ²]	Streckgrenze bei schlagartiger Beanspruchung
s_e	[erg/cm ²]	spezifische Grenzflächenenergie der longitudinalen Grenzschicht
s_y	[N/mm ²]	Streckgrenze nach ISO 527-1
s_{V4R}	[MPa]	Vergleichsspannung am Rasierklingenkerb
s_{V4U}	[MPa]	Vergleichsspannung am U-Kerb
t		Periode der charakteristischen Trägheitsschwingung
w		Konstante zur Überprüfung der Gültigkeit der R-Kurve
x		Proportionalitätsfaktor im Geometrie-kriterium des COD-Konzeptes, $x = f(d_{Idk})$