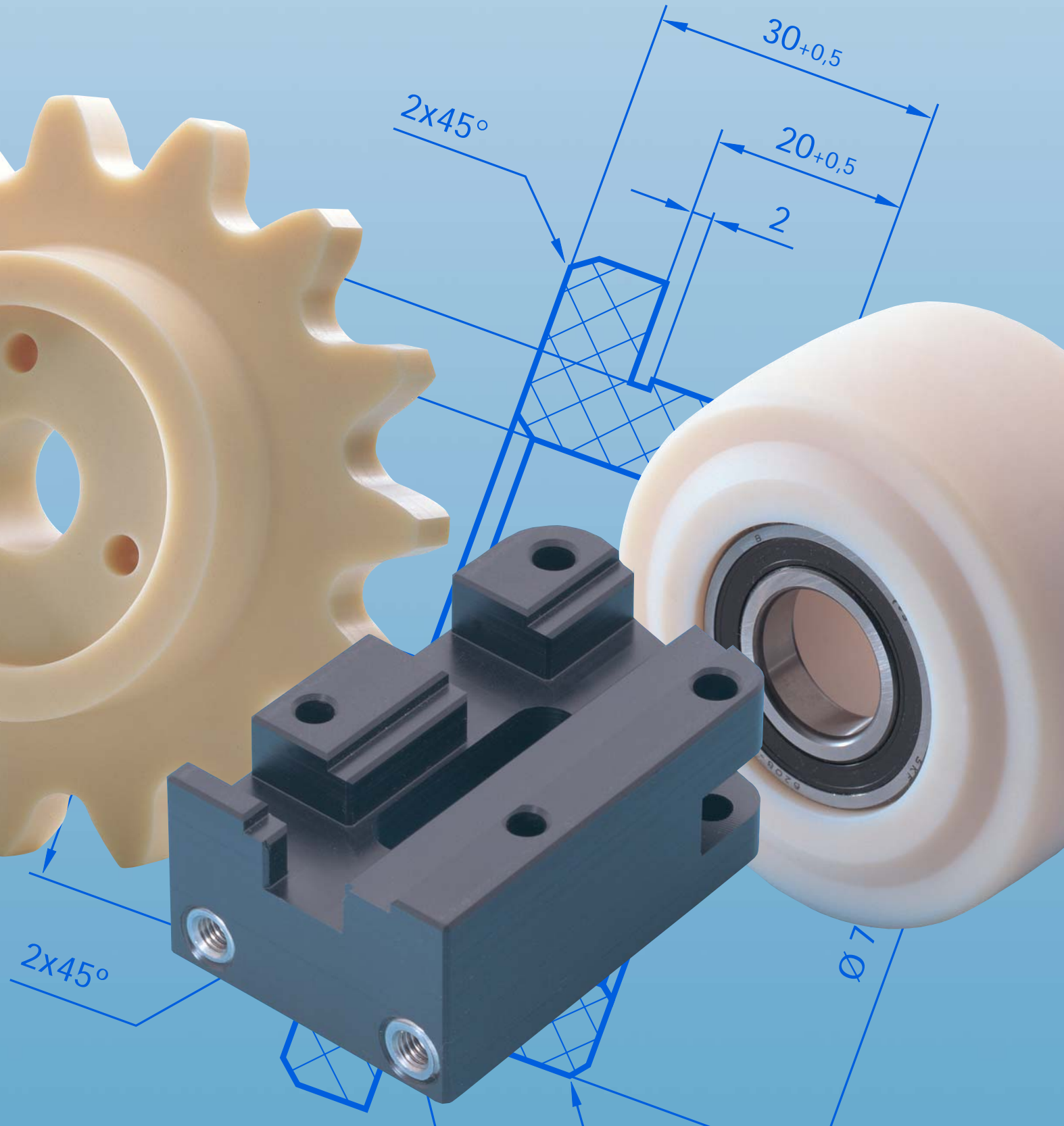


Konstruieren mit technischen Kunststoffen



Brandverhalten

1. Brandverhalten von Kunststoffen und Eingruppierung in Brandklassen

Kunststoffe sind im Allgemeinen organische Stoffe oder Abwandlungen von organischen Stoffen, die, wie andere organische Stoffe auch, bei höheren Temperaturen durch Kettenbruch, Abspaltung von Substituten und Oxidation bedroht sind. Bis auf wenige Ausnahmen sind Kunststoffe daher mehr oder weniger brennbar, was im konkreten Einsatz von Kunststoffen ein ernsthaftes technisches Problem darstellen kann.

1.1 Brennbarkeit

Werden Kunststoffe örtlich oder großflächig über ihre spezifische Zersetzungstemperatur hinaus erwärmt, spalten sie flüchtige, niedermolekulare Bestandteile ab. In vielen Fällen bilden diese mit dem Sauerstoff der Umgebung ein brennbares Gasgemisch, welches sich unter Hinzufügen einer Zündquelle und ausreichendem Sauerstoff entzünden kann.

Dabei ist es für die Entstehung eines Brandes und den Brandfortschritt von entscheidender Bedeutung, wie hoch die zugeführte Wärmemenge ist und auf welches Volumen mit welcher Oberflächengröße eines brennbaren Stoffes sie einwirken kann. Als weiterer entscheidender Faktor ist die Luftsauerstoffkonzentration anzusehen.

So ist es z.B. möglich, dass eine große Wärmemenge, die auf ein großes Volumen mit großer Oberfläche eines Stoffes einwirkt, unter Sauerstoffmangel anfangs nur zur pyrolytischen Spaltung (→ Abspaltung von leicht brennbaren, flüchtigen und niedermolekularen Bestandteilen) führt. Fügt man Sauerstoff in der richtigen Konzentration hinzu, kann es unter ungünstigen Umständen zur Verpuffung oder Explosion kommen.

Bei gleichem Volumen jedoch niedrigerer Wärmezufuhr und ausreichend hoher Sauerstoffkonzentration brennt derselbe Stoff dagegen nur langsam ab.

Eine brandtechnische Voraussage ist aufgrund dieses Verhaltens sehr schwierig, wenn nicht sogar unmöglich.

1.2 Brandgase

Wie bei der Verbrennung von anderen Stoffen entstehen auch beim Verbrennen von Kunststoffen diverse Brandgase. Diese werden in der Regel als besonders toxisch wirkend dargestellt. Dies ist insofern nicht richtig, als dass zum einen die Toxizität von der Art und Menge des am Brand beteiligten Kunststoffs abhängt, zum anderen grundsätzlich alle bei einer Verbrennung (stoffunabhängig) entstehenden Brandgase als toxisch wirkend anzusehen sind.

Als Beispiel ist das bei der Verbrennung von Polyethylen entstehende Brandgas zu nennen, welches neben geringen Mengen von Ruß und niedermolekularen Kunststoffanteilen, fast ausschließlich Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasser enthält. Dies ist vergleichbar mit dem Brandgas, welches bei der Verbrennung von Holz oder Stearin entsteht.

Dahingegen besteht bei der Verbrennung von Polyvinylchlorid die Gefahr des Abspaltens von Chlor, das mit der Luftfeuchtigkeit oder Löschwasser zu Salzsäure reagiert.

Viele Kunststoffe verbrennen unter starker Rußentwicklung, was die Erreichbarkeit des Brandherdes für die Rettungskräfte erschwert. Zu diesen Kunststoffen gehören die Poleolefine PE und PP, aber auch Styrolkunststoffe wie PS und ABS.

Für Konstruktionen in brandtechnisch kritischen Bereichen ist dies zu berücksichtigen.

1.3 Brandverhalten

Fast alle Kunststoffe sind brennbar. Eine Ausnahme bilden PTFE und Silikone, die als praktisch unbrennbar gelten. Die meisten Kunststoffe brennen nach Entzünden und Entfernen der Zündquelle weiter. Einige verlöschen nach Entfernen der Zündquelle, wohingegen andere wiederum nicht entzündet werden können. In vielen Fällen schmilzt der Kunststoff durch die entstehende Verbrennungswärme und tropft dann brennend ab, was die Brandverbreitung fördern kann. Die Brennbarkeit kann durch Zugabe von entsprechenden Additiven herabgesetzt werden. Es werden Additive, die auf folgenden Mechanismen basieren, verwendet:

- **Wärmeverbrauch**
Die Temperatur des Kunststoffs wird durch Abbau bzw. Verdampfen des Additivs herabgesetzt. Diese ist z.B. durch Wasserdepots (Aluminiumhydroxid) oder zugesetzte Phosphorverbindungen im Kunststoff möglich.
- **Radikalenbindung**
Die während des Brands entstehenden Radikale werden durch das Additiv gebunden und so wird der thermische Zerfall und damit die Abspaltung von brennbaren, flüchtigen Bestandteilen gebremst.
- **Bildung von schweren Gasen**
Durch die thermische Einwirkung auf das Additiv bilden sich schwere Gase, vorzugsweise Halogene, die den Kunststoff vom Luftsauerstoff abschirmen und somit eine Oxidation verhindern.

Die Verwendung von brandmindernden Additiven ermöglicht es jedoch nicht, Kunststoffe unbrennbar zu machen. Für Anwendungen, die eine Unbrennbarkeit des Kunststoffs fordern eignen sich ausschließlich die als unbrennbar geltenden Kunststoffe.

1.4 Brandklassen

Zur Bewertung des Brandverhaltens von Kunststoffen werden in der Regel nicht genau abgrenzbare Begriffe wie z. B. „leicht brennbar“, „schwer entflammbar“ oder „nicht entzündlich“ verwendet. Da aber keine allgemein gültigen Definitionen dieser Begriffe existieren, geben diese das tatsächliche Brandverhalten des Kunststoffs nur unzulänglich wieder. Ohne Kenntnis, auf welchem Prüfverfahren eine Bewertung basiert, erlauben sie daher nur bedingt einen Rückschluss auf die Verwendbarkeit eines Kunststoffs für einen bestimmten Anwendungsfall. So ist es beispielsweise möglich, dass ein Kunststoff bei einer Prüfung für die Elektrotechnik in einer schlechten Brandklasse eingruppiert wird, während er bei eine Prüfung im Verkehrswesen alle Brandschutzkriterien erfüllt. Entscheidend für die Bewertung ist also die Art und der Aufbau der jeweiligen Prüfung. Oftmals fällt die Auswahl eines für den Einsatzfall zutreffenden Prüfverfahrens jedoch schwer, denn die Vielzahl der möglichen Verfahren ist groß. Derzeit existieren für die Beurteilung des Brandverhaltens von Kunststoffen in den Einsatzbereichen Elektrotechnik, Verkehrswesen, Bauwesen usw. ca. 700 nationale und internationale Prüfverfahren.

Gleichwohl haben einige, wie zum Beispiel die UL-Prüfungen der Underwriters-Laboratories (USA), für die brandschutztechnische Bewertung weltweite Bedeutung erlangt. Ursprünglich für die Elektrotechnik gedacht, haben sich die Verfahren UL 94 HB bzw. UL 94 V als die Bedeutendsten durchgesetzt. Zwischenzeitlich orientieren sich aber auch andere Branchen zunehmend an den Prüfergebnissen, die mit diesem Verfahren erzielt werden. Kriterium der Prüfungen nach UL 94 sind die Abbrennzeit und das Abbrennverhalten von Kunststoffen. Diese werden mit zwei verschiedenen Prüfaufbauten ermittelt.

Horizontaler Flammversuch (UL 94 HB)

Die Proben werden mit einer um 45° zur Horizontalen geneigten Querachse waagrecht in den Probenhalter eingespannt und mit einem Bunsenbrenner am freien Ende entzündet. Auf der Pro-

be sind Markierungen im Abstand von 25,4 mm und 101,6 mm zum beflammt Ende angebracht. Der Probewerkstoff entspricht dann der Klassifizierung, wenn die Abbrandgeschwindigkeit zwischen den beiden Messmarken bei Probendicken von $\leq 3,05$ mm maximal 76,2 mm/min und Dicken $> 3,05$ mm maximal 38,1 mm/min beträgt. Zudem müssen die Proben vor Erreichen der 101,6 mm Marke von selbst verlöschen.

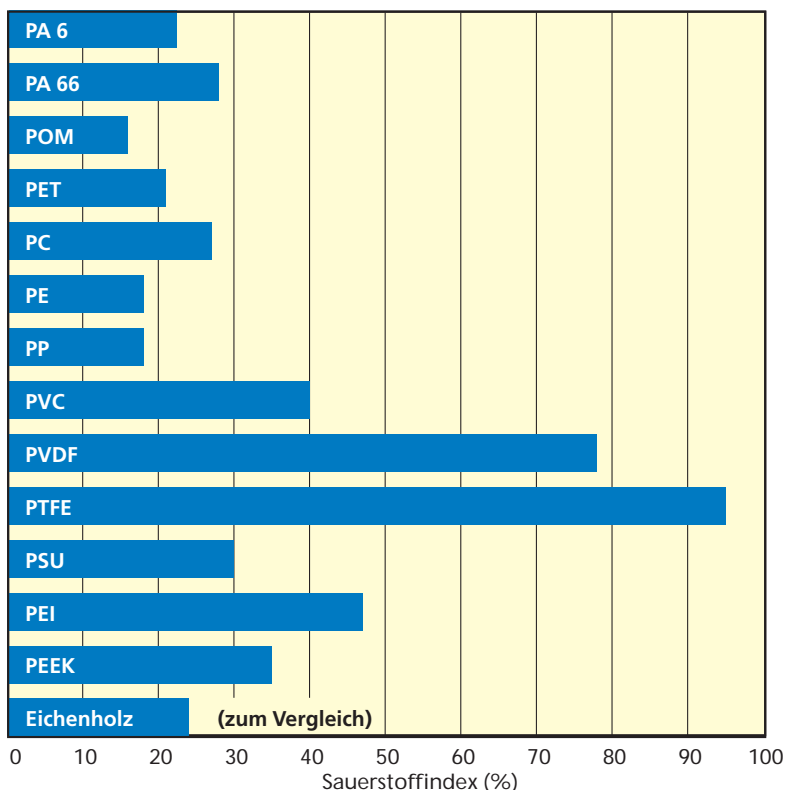
Vertikaler Flammversuch (UL 94 V)

Die Proben werden vertikal hängend in den Probenhalter eingespannt. Unterhalb des eingespannten Probekörpers ist im definierten Abstand eine Watte-Lage angeordnet. Mit einem senkrecht unter der Probe angeordneten Bunsenbrenner werden diese am freien Ende beflammt. Die Beflammung erfolgt je Probe zwei mal für die Dauer von 10 Sekunden. Prüfungskriterium zur Erfüllung der Prüfung ist die Zeitspanne, die zwischen der Wegnahme des Brenners und dem selbstständigen Verlöschen der Probe verstreicht. Als weiteres Kriterium für die Klassifizierung wird beobachtet, ob Teile der Proben brennend abtropfen und die unterhalb angeordnete Watte entzünden. Details zu den einzelnen Anforderungen der unterschiedlichen Klassifizierungen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	Klassifizierung nach UL 94		
	V0	V1	V2
Anzahl der Probekörper	5	5	5
zulässige Nachbrennzeit je Probe bei einer Beflammung	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
zulässige Gesamt-Nachbrennzeit bei 5 Proben und zwei Beflammungen	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
Bildung brennender Tropfen / Entzündung der Watte zulässig	nein	nein	ja

Eine weitere Möglichkeit, die Entflammbarkeit von Kunststoffen zu vergleichen, stellt der Sauerstoffindex dar. In einem regelbaren O_2/N_2 -Gemisch wird eine vertikal angeordnete Kunststoffprobe entzündet und der Volumenanteil an O_2 gemessen, der zur Verbrennung des Kunststoffs mindestens notwendig ist. Diese Prüfung erlaubt auch die Beobachtung der Wirkung von Flammenschutzmitteln. Die nachfolgende Abbildung enthält einige Sauerstoffindizes zum Vergleich. Indexwerte < 21 % können zum Weiterbrennen nach Entfernen der Zündquelle führen.

Informationen zu weiteren, in der Technik üblichen und angewendeten Prüfverfahren erhalten Sie auf Anfrage.





Unsere spangebenden Bearbeitungsmöglichkeiten:

- CNC-Fräsmaschinen bis Arbeitsbereich 3000 x 1000 mm
- 5-Achsen CNC-Fräsmaschinen
- CNC-Drehmaschinen bis \varnothing 1560 mm und 2000 mm Länge
- konventionellen Drehautomaten bis \varnothing 100 mm Spindeldurchlaß
- CNC-Drehautomaten bis \varnothing 100 mm Spindeldurchlaß
- Verzahnungen ab Modul 0,5 bis \varnothing 1500 mm
- Tischfräsen
- Kreissägen bis 170 mm Schnittstärke und 3100 mm Schnittlänge
- Vierseitenhobel bis 125 mm Dicke und 225 mm Breite
- Dickenhobel bis 230 mm Dicke und 1000 mm Breite



Wir verarbeiten:

- Polyamid
- Polyacetal
- Polyethylenterephthalat
- Polyethylen 1000
- Polyethylen 500
- Polyethylen 300
- Polypropylen
- Polyvinylchlorid (hart)
- Polyvinylidenfluorid
- Polytetrafluorethylen
- Polyetheretherketon
- Polysulfon
- Polyetherimid

- PA
- POM
- PET
- PE-UHMW
- PE-HMW
- PE-HD
- PP-H
- PVC-U
- PVDF
- PTFE
- PEEK
- PSU
- PEI

Beispiele für Konstruktionsteile:

- Seil- und Laufrollen
- Führungsrollen
- Umlenkrollen
- Gleitlager
- Gleitplatten
- Gleitleisten
- Zahnräder
- Kettenräder
- Bewegungsmuttern
- Einlaufbögen
- Einlaufsterne
- Einlaufschnecken
- Bogenführungen
- Dosierscheiben
- Kurvenscheiben
- Verschraubungen
- Dichtungen
- Schaugläser
- Ventilgehäuse
- Gerätegehäuse
- Spulenkörper
- Vakuumleisten/-platten
- Abstreiferleisten
- Stanzunterlagen

Hinweise zum Gebrauch

Alle Berechnungen, Ausführungen sowie technischen Angaben dienen nur zur Information und Beratung und entbinden nicht von der eigenen Prüfung hinsichtlich der Eignung der Werkstoffe für konkrete Anwendungsfälle. Aus dem Inhalt dieser Arbeitsunterlage können keine rechtsverbindlichen Zusicherungen von Eigenschaften und / oder Ergebnissen aus den Berechnungen abgeleitet werden. Die angegebenen Werkstoffkennwerte sind nicht als verbindliche Mindestwerte sondern als Richtwerte zu verstehen und wurden, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, mit genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur und 50 % relativer Luftfeuchte ermittelt. Die Entscheidung, welcher Werkstoff für einen konkreten Anwendungsfall verwendet wird, sowie die Verantwortung für die daraus hergestellten Teile obliegen dem Anwender. Wir empfehlen daher vor dem Serieneinsatz einen Eignungsnachweis durch einen praktischen Versuch.

Irrtümer und Änderungen hinsichtlich des Inhalts der Arbeitsunterlage bleiben ausdrücklich vorbehalten.

Die jeweils aktuelle Version, in der alle Änderungen und Ergänzungen berücksichtigt sind, erhalten Sie als PDF-Download im Internet unter www.licharz.de.

© Copyright by Licharz GmbH, Deutschland

Literaturverweis

Für die Erstellung der Arbeitsunterlage „Konstruieren mit Kunststoffen“ wurde folgende Literatur hinzugezogen:

Ebeling, F.W. / Lüpke, G. Schelter, W. / Schwarz, O.	Kunststoffverarbeitung; Vogel Verlag
Biederbick, K.	Kunststoffe; Vogel Verlag
Carlowitz, B.	Kunststofftabellen; Hanser Verlag
Böge, A.	Das Techniker Handbuch; Vieweg Verlag
Ehrenstein, Gottfried W.	Mit Kunststoffen Konstruieren; Hanser Verlag
Strickle, E. / Erhard G.	Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen Grundlagen und Verbindungselemente; VDI Verlag
Strickle, E. / Erhard G.	Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen Lager und Antriebselemente; VDI Verlag
Erhard, G.	Konstruieren mit Kunststoffen; Hanser Verlag
Severin, D.	Die Besonderheiten von Rädern aus Polymerwerkstoffen; Fachbericht TU-Berlin
Severin, D. / Liu, X.	Zum Rad-Schiene-System in der Fördertechnik, Fachbericht TU-Berlin
Severin, D.	Lehrunterlage Nr. 701, Pressungen
Liu, X.	persönliche Mitteilungen
Becker, R.	persönliche Mitteilungen
VDI 2545	Zahnräder aus thermoplastischen Kunststoffen; VDI Verlag
DIN 15061 Teil 1	Rillenprofile für Seilrollen; Beuth Verlag
DIN ISO 286	ISO-System für Grenzmaße und Passungen; Beuth Verlag
DIN ISO 2768 Teil 1	Allgemeintoleranzen; Beuth Verlag
DIN ISO 2768 Teil 2	Allgemeintoleranzen für Form und Lage; Beuth Verlag

Für weitere Informationen stehen zusätzliche Unterlagen zur Verfügung.
Bitte fordern Sie an:

- Lieferprogramm Halbzeuge
- Broschüre „Fertigungsspektrum Konstruktionsteile“

oder besuchen Sie uns unter www.licharz.de im Internet.



Licharz GmbH
Industriepark Nord
D-53567 Buchholz
Deutschland
Telefon: ++49 (0) 26 83-977 0
Telefax: ++49 (0) 26 83-977 111
Internet: www.licharz.de
E-Mail: info@licharz.de

Branch offices:
Licharz Ltd.
Daimler Close
Royal Oak Industrial Estate
Daventry, NN11 8QJ
Great Britain
Phone: ++44 (0) 1327 877 500
Fax: ++44 (0) 1327 877 333
Internet: www.licharz.co.uk
E-Mail: sales@licharz.co.uk

Schutzgebühr 18,- €