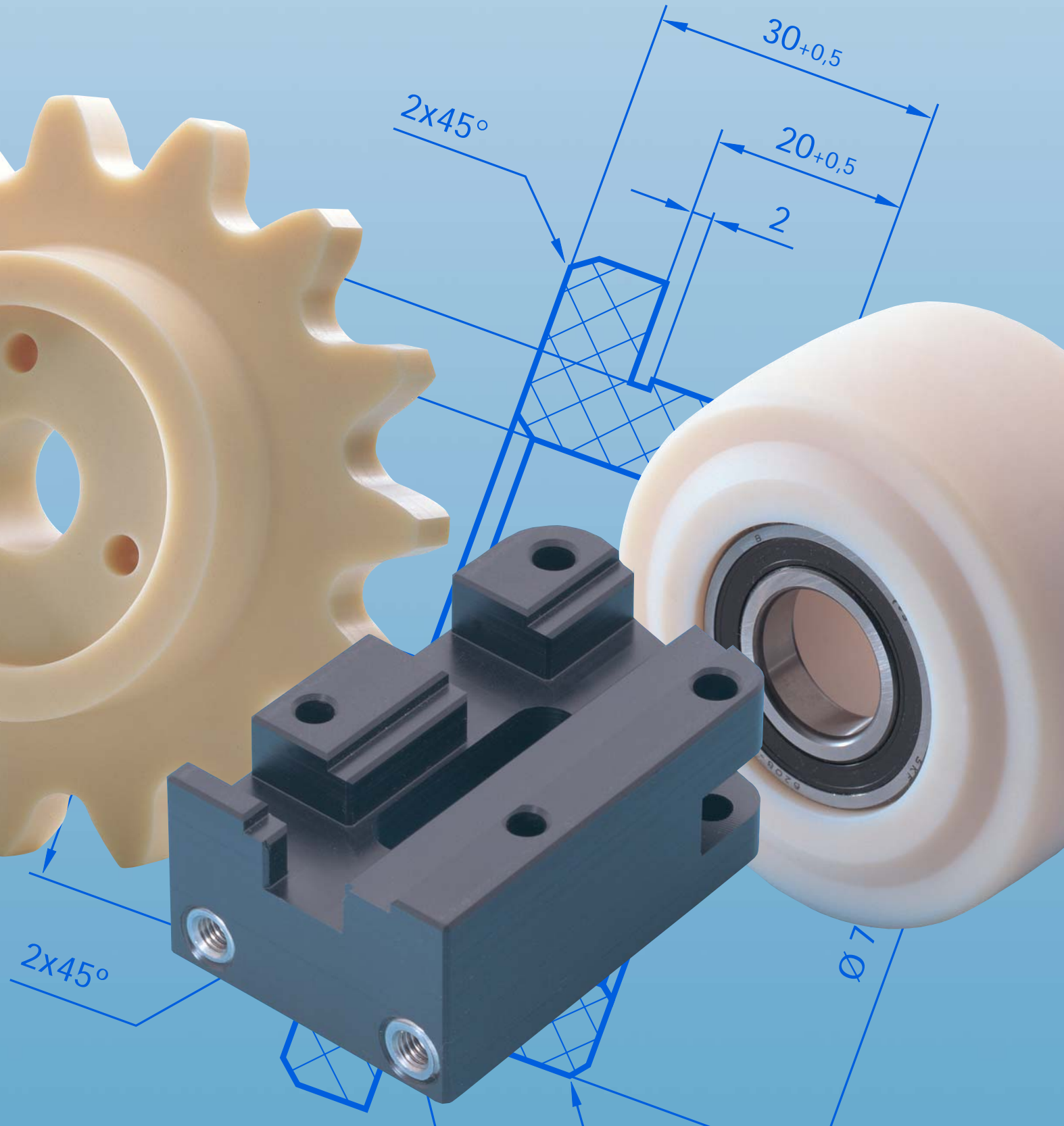


Konstruieren mit technischen Kunststoffen



Strahlen- und Witterungsbeständigkeit

1. Strahlen- und Witterungsbeständigkeit von Kunststoffen

Die Veränderung von Kunststoffen durch Witterungseinflüsse und energiereichen Strahlen wird häufig in Anlehnung an den Vorgang des biologischen Verfalls mit dem Begriff »Altern« bezeichnet. Dies liegt insofern nahe, als dass Kunststoffe als organische Werkstoffe nicht nur in ihren Bestandteilen eine Analogie zu den Naturstoffen zeigen, sondern auch in ihrem makromolekularen Aufbau.

Deutlich wird die Parallele auch daran, dass häufig von der „Lebensdauer“ eines Kunststoffprodukts gesprochen wird. Die Dauer wird vom Abbau des Kunststoffs bestimmt. Sie ist im Verhältnis zu anderen Naturstoffen recht lang, aber tatsächlich begrenzt.

1.1 Strahlung

Die Mehrzahl der Kunststoffe unterliegt unter Einwirkung von energiereicher Strahlung einem Abbau oder einer Vernetzung der makromolekularen Strukturen. Welche Strukturveränderung sich dabei im molekularen Aufbau ergibt, ist vom Luftsauerstoff abhängig.

Bei Anwesenheit von Sauerstoff tritt in der Regel der oxidative Abbau des Kunststoffs ein. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Strahlendosis klein, die Oberfläche des Produkts groß und die Wandstärken gering sind. Unter diesen Voraussetzungen hat der Luftsauerstoff ausreichend Zeit, in den Kunststoff einzudiffundieren und die durch die Strahlung entstandenen freien Valenzen zu besetzen.

In Abwesenheit von Sauerstoff wird der Kunststoff teilweise durch Hauptkettenbrüche abgebaut und teilweise vernetzt. Im Allgemeinen kommen Abbau- und Vernetzungsreaktion zur gleichen Zeit vor, wobei eine der Reaktionen überwiegt.

In jedem Fall gehen die Veränderungen des Kunststoffs durch Strahlung mit dem Verlust von mechanischen Eigenschaften, wie z.B. mechanischer Festigkeit, Steifigkeit und Härte oder Versprödung einher. Kunststoffe, die einer Vernetzung unterliegen, können eine Eigenschaftsveränderung bis zum gummielastischen Zustand erfahren. Zudem werden sowohl bei der Vernetzung als auch beim Abbau der Kunststoffe in geringen Mengen gasförmige Stoffe, wie z.B. Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid abgespalten.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass sich die beschriebenen Veränderungen nur allmählich einstellen und es keinesfalls plötzlich und ohne Vorankündigung zu Eigenschaftsänderungen kommt. Die Wirkung von Strahlung auf Kunststoffe ist von der Teilegeometrie, Dosierleistung, mechanischen Belastung, Temperatur und dem umgebenden Medium abhängig. Eine pauschale Angabe von Schädigungsdosen für die einzelnen Kunststoffe ist daher nicht möglich.

1.2 Witterungseinflüsse

Die Bewertung der Witterungsbeständigkeit wird größtenteils an der optischen Veränderung der Oberfläche festgemacht. Dabei bleibt die Frage nach den Veränderungen der mechanischen Werte jedoch unbeantwortet. Es ist nicht auszuschließen, dass einerseits Kunststoffe, die keiner nennenswerten optischen Veränderung unterliegen, einen gravierenden Verlust der mechanischen Eigenschaften aufweisen und andererseits Kunststoffe mit erheblichen optischen Veränderung nur unwesentliche Einbußen der mechanischen Eigenschaften verzeichnen. Für die Bewertung der Witterungsbeständigkeit müssen aber in jedem Fall auch die mechanischen Eigenschaften ein Maß der Dinge sein. Als Folge von Witterungseinflüssen sind der Rückgang von Festigkeit und Härte sowie Zunahme der Elastizität oder eine Versprödung zu nennen. Daneben kann die Oberfläche des Kunststoffs ausbleichen oder oxidativ zersetzt werden bzw. durch Spannungsrissebildung aufreißen.

Die Veränderungen der Kunststoffe unter Witterungseinflüssen wird hauptsächlich durch thermo- und photooxidative Reaktionen sowie durch die Einlagerung von Wassermolekülen in den Kettenaufbau des Kunststoffs hervorgerufen.

Einwirkende UV – Strahlung und Erwärmung durch direkte Sonneneinstrahlung führen zu Kettenabbau und freien Valenzen, die durch eindiffundierten Sauerstoff gesättigt werden. Die Oberfläche vergilbt bzw. bleicht aus.

Bei teilkristallinen Kunststoffen kann es zur Nachkristallisation und damit zu höherer Härte und Steifigkeit kommen. Folglich werden diese Kunststoffe aber auch spröder und verlieren einen Teil ihrer Elastizität. Eingefrorene Restspannungen aus dem Fertigungsprozess können durch die Wärmeeinwirkung, ähnlich eines Tempervorgangs, relaxieren und Verzug hervorrufen. Hiervon sind vor allem dünnwandige Fertigteile bedroht.

Durch die Aufnahme von Wasser werden die Kunststoffe zähelastisch und die Festigkeit und Steifigkeit gehen zurück, was bei dünnwandigen Fertigteilen ebenfalls ein Problem darstellen kann.

Ähnlich wie bei den Brandschutzadditiven lässt sich auch die Witterungsbeständigkeit durch Additive verbessern. Ein vollkommener Schutz gegen Abbau durch Witterungseinfluss ist aber auch hier nicht realisierbar.

Leider ist bis heute keine gültige Prüfnorm und damit einheitlicher Parameter bezüglich der künstlichen Bewitterung und deren Messgrößen zum Vergleich der Beständigkeiten festgelegt. Tendenziell läßt sich jedoch sagen, dass die mit Ruß schwarz eingefärbten oder gegen UV – Licht durch Additive stabilisierten Kunststoffe gegenüber Licht- und Witterungseinflüssen stabiler sind als die hell eingefärbten oder naturbelassenen Typen. Eine Ausnahme hiervon bilden die Kunststoffe PVDF und PTFE, die auch ohne Einfärbung oder Additive hervorragende Beständigkeit gegenüber Licht- und Witterungseinflüssen zeigen.

Aber auch Polyamide absorbieren aufgrund ihres chemischen Aufbaus keine UV-Strahlung und werden daher prinzipiell als witterungsstabiler Kunststoff eingestuft. Diese Einschätzung gilt, sofern es sich um dickwandige Bauteile (Wandstärken > 5 mm) handelt. Veränderungen der Werkstoffcharakteristik (z.B. Versprödung) werden häufig nur bei extrem dünnen Produkten (z.B. Folien) – insbesondere bei beidseitiger Bewitterung – beobachtet. Aber auch bei dickwandigen Bauteilen sind bei Einwirken von energiereichen Strahlen (UV-Strahlung o.a.) unter gleichzeitiger Sauerstoffeinwirkung Veränderungen zu beobachten. Es kann unter diesen Bedingungen zu Oberflächenoxidation kommen, die zu einer Verfärbungen der Oberfläche führen können. Da Polyamide aber unter anderem auch als Sauerstoffbarriere gelten, bleibt die schädigende Wirkung an der Oberfläche auf eine Tiefe von 0,2 – 0,3 mm begrenzt. Es bildet sich eine „Rinde“ aus, unter der der Kern des Bauteils vor einem weiteren oxidativen Angriffen gut geschützt ist. Auswirkungen auf die Werkstoffcharakteristik des Kernmaterials aufgrund der UV-Strahlung sind daher normalerweise nicht zu beobachten.

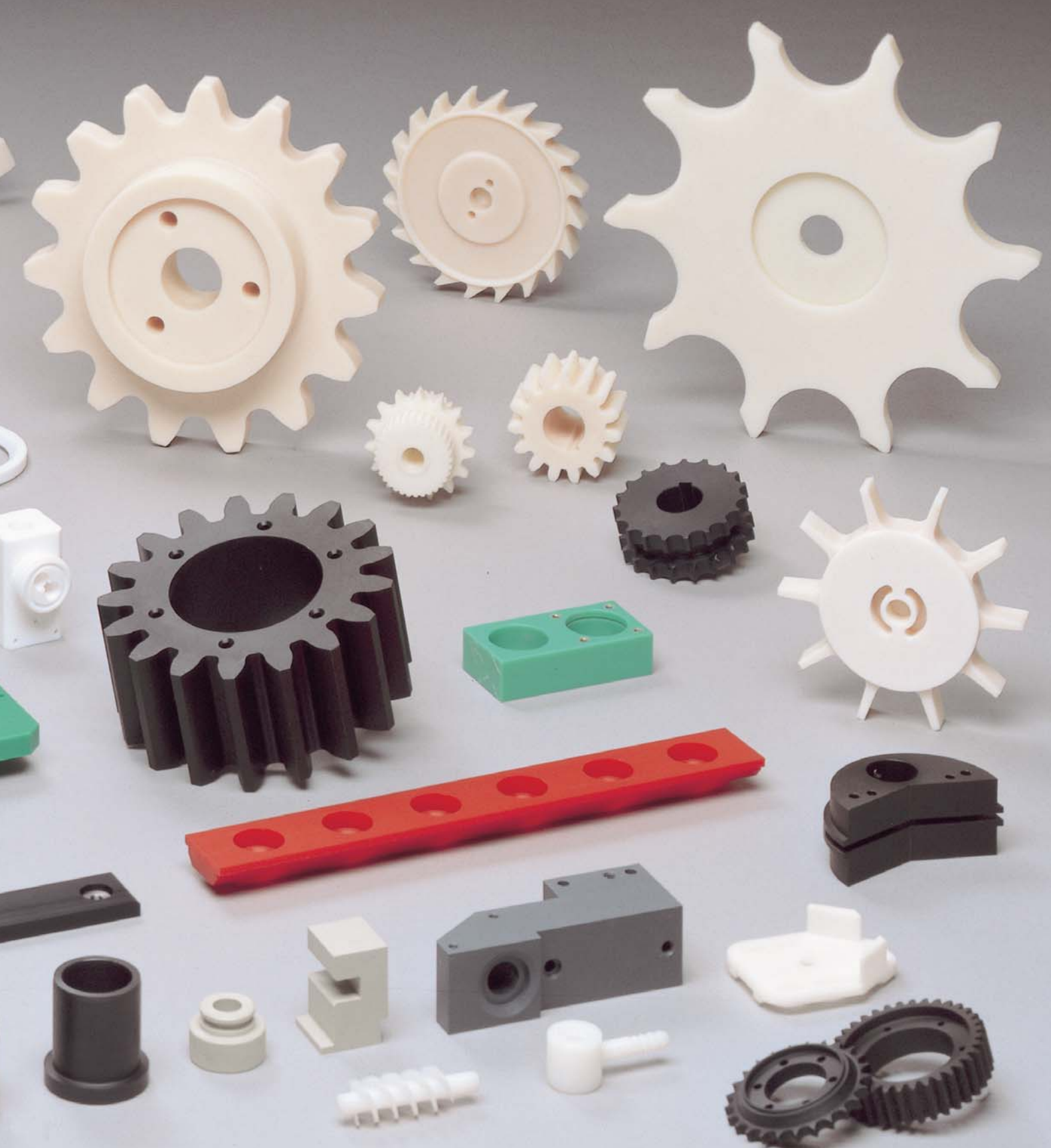
Das Phänomen der Rindenbildung gilt bei dickwandigen Bauteilen aus Polyamiden auch für die Wassereinlagerung. Auch hier sind Auswirkungen auf die Werkstoffcharakteristik des Kernmaterials (Zunahme der Elastizität bei gleichzeitiger Abnahme der Festigkeit) in der Regel erst dann zu beobachten, wenn das Ende der Bauteillebensdauer durch mechanische Einflüsse (z.B. Verschleiß) bereits erreicht wurde.

Es wird deutlich, dass bei der Bewertung der Witterungsbeständigkeit nicht nur der verwendete Kunststoff und die Einfärbung maßgeblich sind, sondern auch die Teilegeometrie entscheidend ist. Veränderungen, die durch Witterungseinflüsse hervorgerufen werden, spielen sich in der Regel nur im oberflächennahen Bereichen der Produkte ab. Tieferliegende Schichten werden im allgemeinen nicht angegriffen, so dass dickwandige Bauteile weniger von Veränderungen betroffen sind, als dünnwandige. Dennoch empfiehlt es sich, für Teile, die unter Witterungsbedingungen eingesetzt werden oder energiereichen Strahlen ausgesetzt sind, die als beständig geltenden Werkstoffe zu verwenden und die Beständigkeit durch einen (möglichst unter Einsatzbedingungen durchzuführenden) Versuch zu bestätigen.



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,- €