

Die Eigenschaften von Ultraform®

Ultraform® gehört auf Grund seines Eigenschaftsprofils zu den technischen Kunststoffen. Es lässt sich thermoplastisch verarbeiten und verfügt über ein teilkristallines Gefüge mit hohem Kristallisationsgrad. Ultraform® wird hergestellt durch Copolymerisation von Trioxan und einem weiteren Monomeren. Es besteht aus linearen Ketten, in denen das Co-Monomer statistisch verteilt fest eingebaut vorliegt. Diese Co-Monomer-Einheiten bewirken die hohe Stabilität von Ultraform® bei Verarbeitung, Dauerwärme und Chemikalieneinwirkung. Die Beständigkeit von homopolymerem Polyoxymethylen wird deutlich übertroffen.

Mechanische Eigenschaften

Das Besondere an Ultraform® ist die ideale Kombination von Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit, die auf die Struktur des Produktes zurückzuführen ist. Bedingt durch seine hohe Kristallinität ist Ultraform® vor allem im Temperaturbereich von 50°C bis 120°C steifer und fester als andere technische Kunststoffe. Zwischen der niedrigen Glasübergangstemperatur von ca. -65°C und der Schmelztemperatur von ca. 170°C weist Ultraform® keine Umwandlungen auf. Hieraus ergeben sich relativ konstante mechanische Eigenschaften über einen vergleichsweise großen, technisch sehr interessanten Temperaturbereich (Abb. 1).

Ultraform® hat bei Raumtemperatur eine ausgeprägte Streckgrenze bei etwa 8 bis 12 Prozent Dehnung. Unterhalb dieser Streckgrenze zeigt es auch bei wiederholter Belastung ein gutes Rückstellvermögen und eignet sich deshalb besonders für federnde Elemente.

Hinzu kommen eine hohe Zeitstandfestigkeit und eine geringe Kriechneigung (Abb. 2).

Diese Eigenschaftskombination in Verbindung mit einem guten Reibungs- und Verschleißverhalten prädestiniert es für technische Anwendungen.

Ultraform® nimmt nur sehr wenig Wasser auf: im Normalklima (DIN 50014-23/50-2) etwa 0,2 Prozent, bei vollständiger Sättigung mit Wasser bei 23°C nur etwa 0,8 Prozent. Die physikalischen Eigenschaften der Formteile ändern sich dadurch nur so geringfügig, dass es für den Gebrauch ohne Bedeutung ist.

Die mechanischen Eigenschaften können in weitem Umfang durch geeignete Elastomer-Zusätze, mineralische Füllstoffe und Glasfasern variiert werden. Elastomermodifizierte Ultraform®-Marken behalten weitgehend ihre POM-typischen Eigenschaften, weisen aber ein wesentlich höheres Zähigkeitsniveau und Energieaufnahmevermögen auf. Abhängig vom Modifizierungsgrad sind Steifigkeit und Härte bei diesen Marken vermindert.

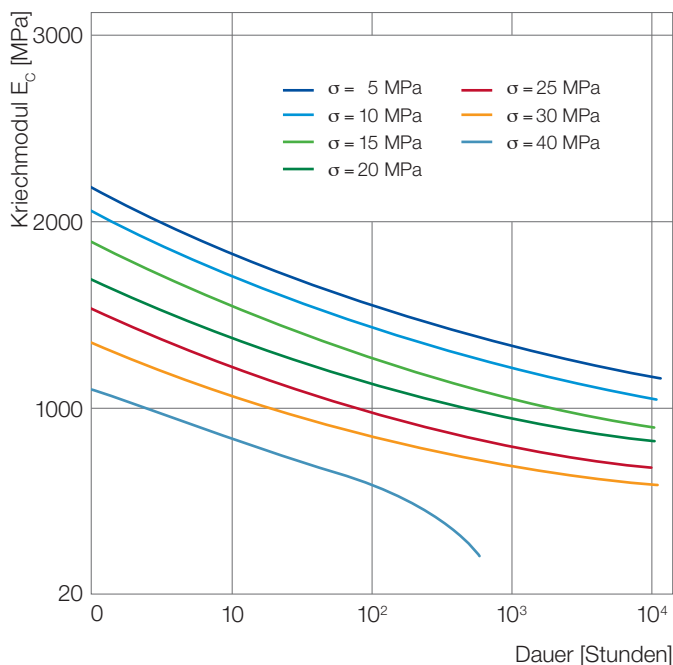
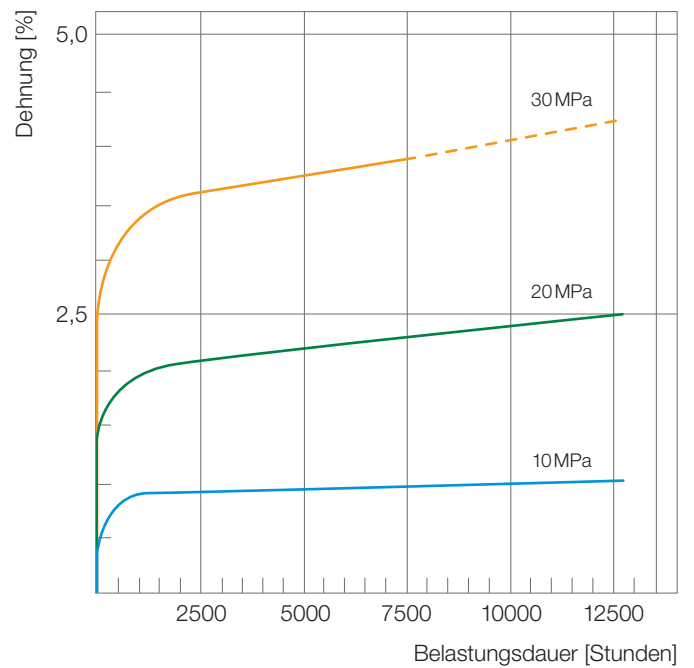
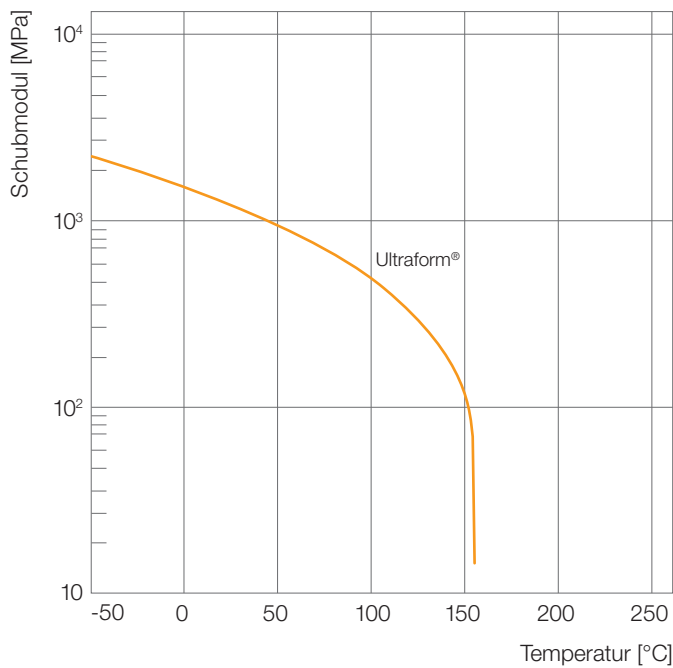
Mineralgefüllte und insbesondere glasfaserverstärkte Ultraform®-Marken weisen dagegen erhöhte Festigkeit, Steifigkeit und Härte auf.

In Abb. 7 ist das Zähigkeits-/Steifigkeitsverhältnis ausgewählter Marken dargestellt.

Verhalten bei langzeitiger statischer Belastung

Aufschluss über das Dehn-, Festigkeits-, Spannungsrelaxations-Verhalten unter Dauerbelastung geben der Zeitstandzugversuch nach ISO 899-1 und der Spannungsrelaxations-Versuch nach DIN 53441.

Dargestellt werden die Ergebnisse als Kriechmodullinien (Abb. 2) und Kriechkurven (Abb. 3).



Aus Abb. 4 und 5 sind die isochronen Spannungs-Dehnungslinien von Standard- und glasfaserverstärktem Ultraform® zu entnehmen.

Die hier wiedergegebenen Diagramme sind nur ein Ausschnitt aus unseren umfangreichen Untersuchungsergebnissen. Weitere Werte und Diagramme für andere Temperatur- und Klimabedingungen können entweder über den Ultraplaste-Infopoint abgefragt oder der Werkstoffdatenbank „Campus®“ im Internet entnommen werden.

Die bei einachsiger Zugbeanspruchung ermittelten Dimensionierungskennwerte ermöglichen es auch, das Werkstoffverhalten bei mehrachsiger Beanspruchung richtig abzuschätzen.

Zur Berechnung von Konstruktionselementen wie Schnapp-, Schraubverbindungen und biegebeanspruchten Trägern können die von BASF entwickelten PC-Programme „Snaps“, „Screws“ und „Beams“ eingesetzt werden.

Für einen mehrachsigen Spannungszustand und für allseitiges Einwirken von Wasser gelten die an Rohren aus Ultraform® ermittelten Zeitstandfestigkeitswerte (Abb. 6).

Zähigkeit

Teile aus Ultraform® bleiben in einem weiten Temperaturbereich zäh. Aufgrund der sehr tiefen Glasübergangstemperatur (ca. -65 °C) besitzt Ultraform® selbst bei -30 °C noch eine ausgezeichnete Schlagzähigkeit und ausreichende Kerbschlagzähigkeit.

Für Anwendungsbereiche mit erhöhten Zähigkeitsanforderungen stehen schlagzähe Marken mit abgestufter Modifizierung zur Verfügung. In Abb. 7 ist das Zähigkeits-/Steifigkeitsverhältnis dieser und anderer Marken dargestellt. Einer moderaten Einbuße an Steifigkeit steht ein beträchtlicher Zähigkeitsgewinn gegenüber.

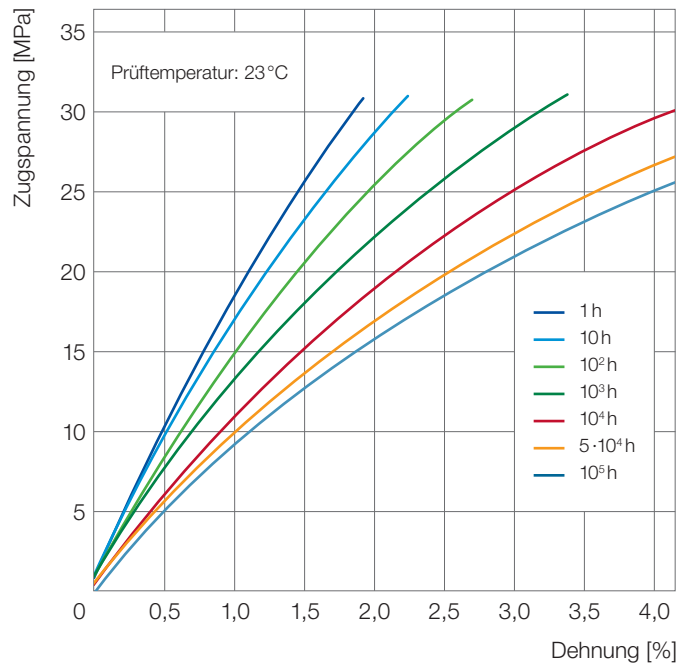


Abb. 4: Isochrone Spannungs-Dehnungs-Linien von Ultraform® N2320 003, gemessen nach ISO 899-1

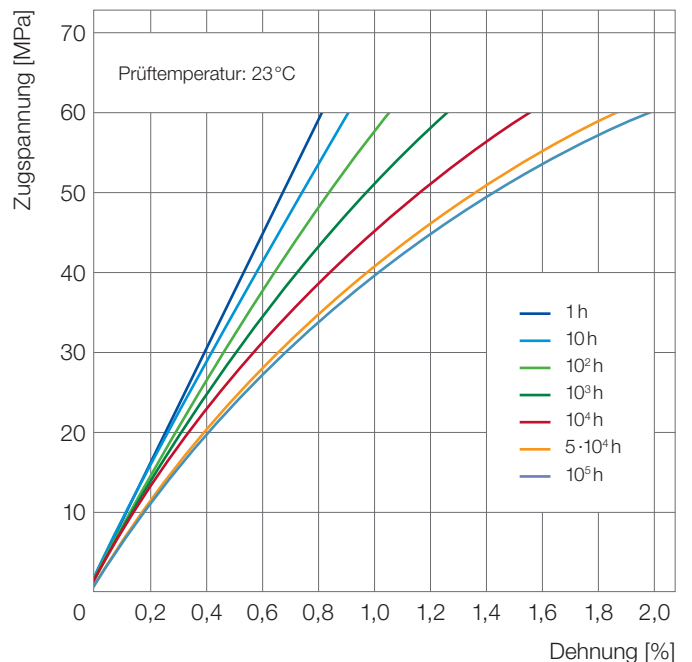


Abb. 5: Isochrone-Spannungs-Dehnungs-Linien von Ultraform® N2200 G53, gemessen nach ISO 899-1

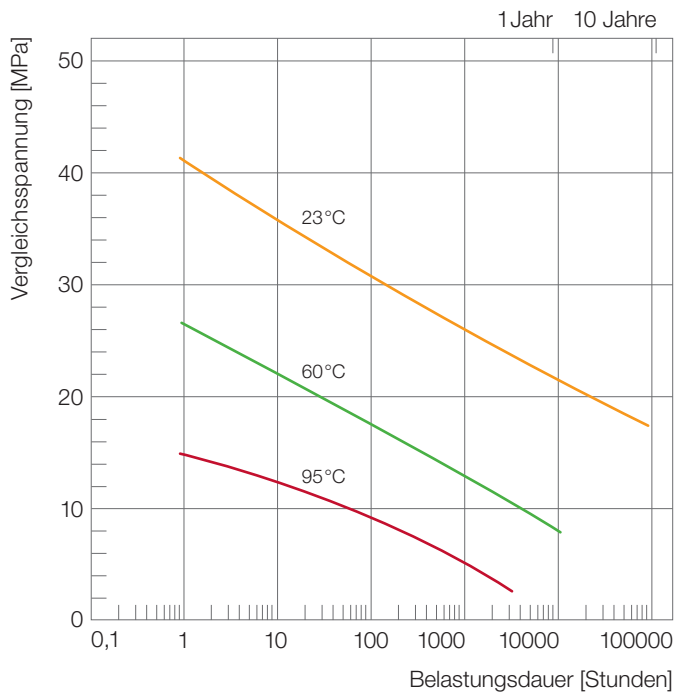


Abb. 6: Zeitstandfestigkeit von Rohren aus Ultraform® H4320 bei verschiedenen Temperaturen, innen und außen Wasser

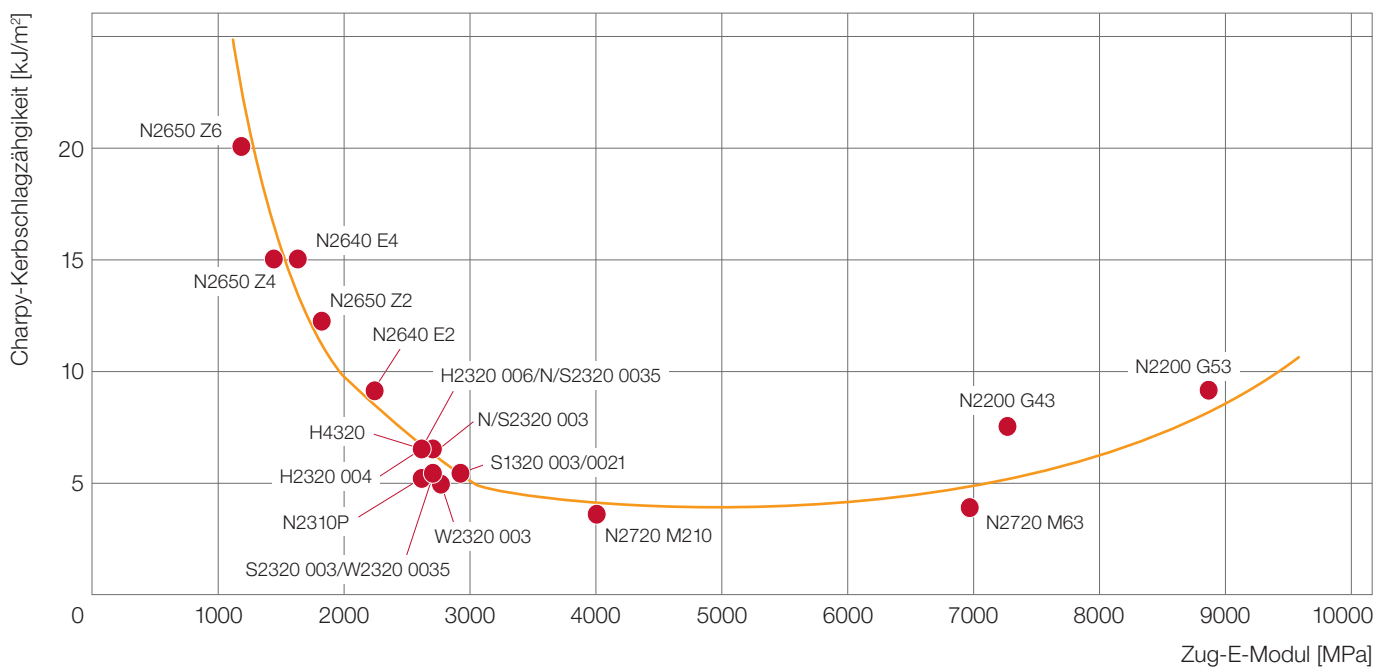


Abb. 7: Zähigkeits-/Steifigkeitsverhältnis ausgewählter Ultraform® Marken

Verhalten bei schwingender Beanspruchung, Biegewechselfestigkeit

Technische Teile werden häufig durch dynamische Kräfte beansprucht, vor allem bei Wechsel- oder Schwingungsbeanspruchungen, die periodisch in stets gleicher Weise auf das Konstruktionsteil einwirken. Das Verhalten eines Werkstoffes gegenüber solchen Beanspruchungen wird in Dauerprüfungen im Flachbiege- oder Umlaufbiegeversuch (DIN 50100) bis zu sehr großen Lastspielzahlen ermittelt. Die Ergebnisse sind in sog. Wöhler-Diagrammen dargestellt, die man durch Auftragen der aufgebrachtten Spannung über der jeweils erreichten Lastspielzahl erhält (Abb. 8).

Als Dauerbiegewechselfestigkeit bezeichnet man die Spannung, die eine Probe mindestens 10^7 Lastspiele erträgt.

Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass bei Ultraform® N2320 003 die Spannung oberhalb von ca. 10^7 Lastwechseln praktisch nicht mehr abfällt.

Bei der Übertragung der Prüfergebnisse in die Praxis ist zu berücksichtigen, dass sich bei hoher Lastwechselfrequenz die Werkstücke infolge innerer Reibung stark erwärmen können. In diesen Fällen ist ebenso wie bei höherer Betriebstemperatur mit niedrigeren Werten für die Biegewechselfestigkeit zu rechnen.

Reibungs- und Verschleißverhalten

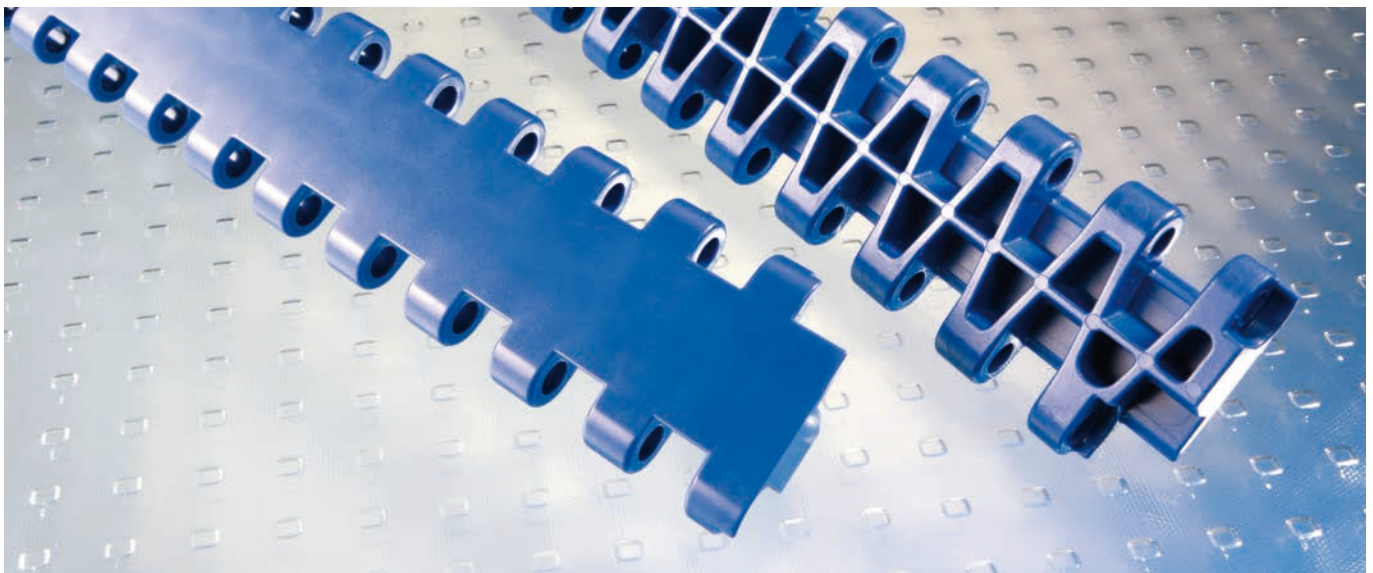
Die glatte und harte Oberfläche sowie die hochkristalline Struktur dieses Werkstoffes ermöglichen seine Anwendung für gleitbeanspruchte Funktionsteile. Selbst bei trockener Reibung ist nur mit einem geringen Verschleiß bei annehmbaren Gleitreibungskoeffizienten zu rechnen. Der Gleitreibungskoeffizient von Ultraform® wird mit zunehmender Oberflächenrauigkeit des Gleitpartners kleiner, wobei aber dann der Gleitverschleiß stärker zunimmt.

Eine deutliche Verbesserung des Gleit- und Abriebverhaltens zeigen die Spezialmarken Ultraform® N2310 P, N2770 K und N2720 M210. Letzteres weist optimale Eigenschaften auf bei höheren Flächenpressungen bzw. größeren Rauigkeiten des Gleitpartners. Für die Verwendung in der Feinwerktechnik sind im allgemeinen die Marken N2310 P und N2770 K am besten geeignet.

In Abb. 9 sind der Gleitreibungskoeffizient und die Gleitverschleißrate von Ultraform® N2320 003 und N2310 P als Funktion der durchschnittlichen Rautiefe dargestellt. Besonders günstig wirken sich die Eigenschaften von Ultraform® N2310 P bei geringen Rautiefen des Gleitpartners aus (Abb. 10).

Verschleiß und Reibung sind Systemeigenschaften, die von vielen Parametern wie Werkstoffpaarung, Temperaturen, Geschwindigkeiten, Belastungen usw. abhängen. Die in Versuchen ermittelten Ergebnisse erlauben zwar eine tribologische Abschätzung, ersetzen jedoch nicht den Eignungstest unter Praxisbedingungen für die konkret vorgesehene Materialpaarung.

Kettenglieder



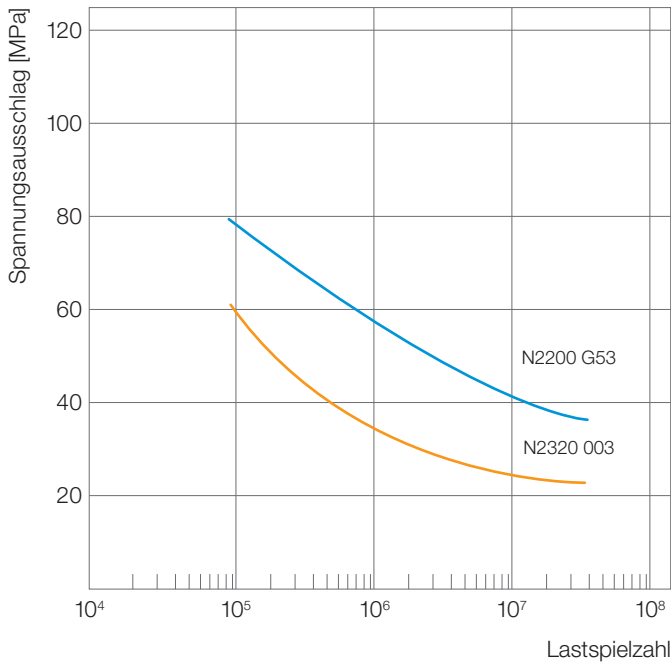


Abb. 8: Wöhler-Diagramm, von unverstärktem und verstärktem Ultraform® ermittelt im Wechselbiege-Versuch nach DIN 50100. Normalklima 23/50 nach DIN 50014, Lastwechselfrequenz 10Hz

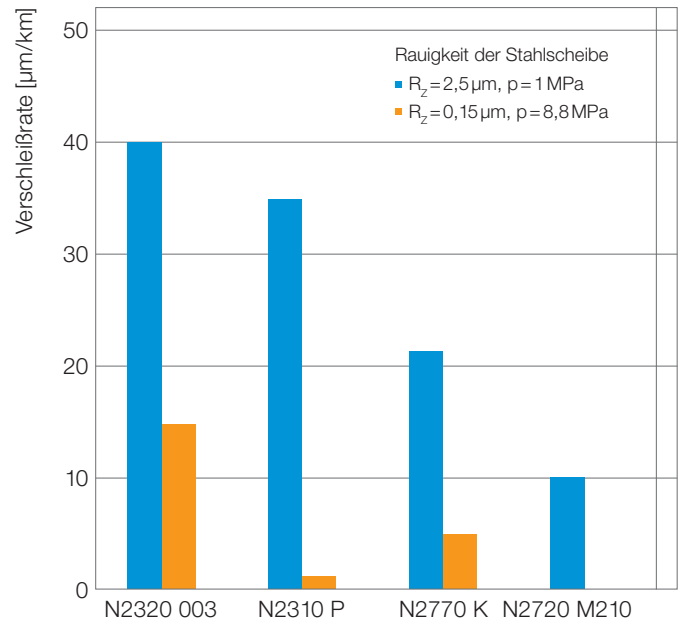


Abb. 10: Verschleißraten modifizierter Marken in Abhängigkeit von der Rauigkeit des Gleit-Reibe-Partners (Stahlscheibe); v=0,5 m/s; max. 40°C

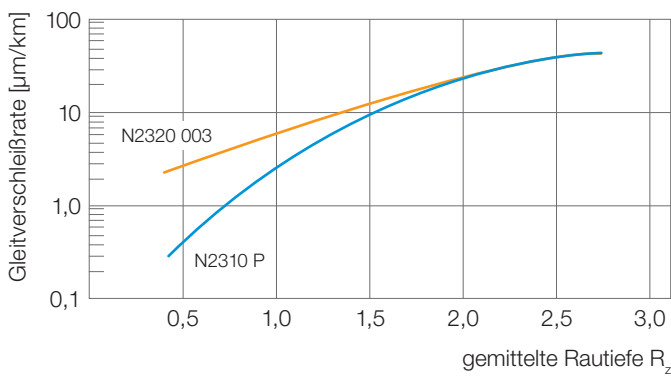
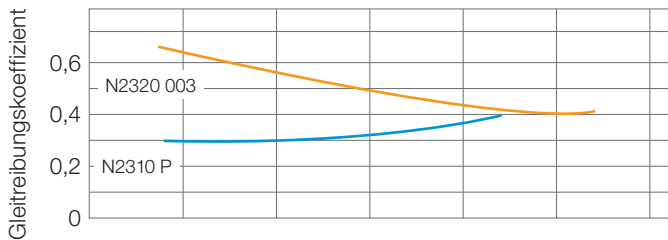


Abb. 9: Gleitreibungskoeffizient und Gleitverschleißrate von Ultraform® N2320 003 und N2310 P als Funktion der durchschnittlichen Rautiefe, Probekörper technisch trocken, Gleitpartner: Stahlscheibe 54 bis 56 HRC, 40°C, p=1 MPa, v=0,5 m/s