PolTolerances - Toleranzen für Kunststoff-Formteile (nach DIN ISO 20457/DIN 16742)

PolTolerances - Copyright © 1987,2011-2026, Makrolar GbR - Berlin

Inhaltsverzeichnis

PolTolerances - Einleitung ... 3
Schnelleinstieg ... 3
Anwendungs- und Entscheidungshilfen ... 4
- Tolerierungsgrundsätze und -empfehlungen ... 4
- Anwendungsbereich ... 5
- Definitionsgleichungen zur Verarbeitungsschwindung ... 5
- Ursachen und Einflussfaktoren auf die VS nicht poröser Kunststoffe ... 6
- Werkzeugbindung der Formteilmaße ... 7
- Prüfung und Gliederung des Steifigkeits- bzw. Härteniveaus von Polymeren ohne Feststoffzusätze ... 7
- Hinweise zur verfahrens- und formmasseabhängigen Einstufung der Toleranzgruppen 8
- Nennmaßdefinitionen ... 9
- Maßbezugsebenen, Maßänderungsursachen und Formteilabnahmebedingungen ... 9
- Hinweise zur Einstufung der Toleranzreihen ... 12

Bedienung ... 12
- Erfassung von Maßen ... 13
- Projektverwaltung ... 14
- Toleranzwerte-Tabellen ... 15
- Ermittlung der realisierbaren Toleranzreihe ... 16
- Verarbeitungs-Schwindungsbereiche ... 17
- Realisierbarkeit erforderlicher Funktionsabmaße ... 17

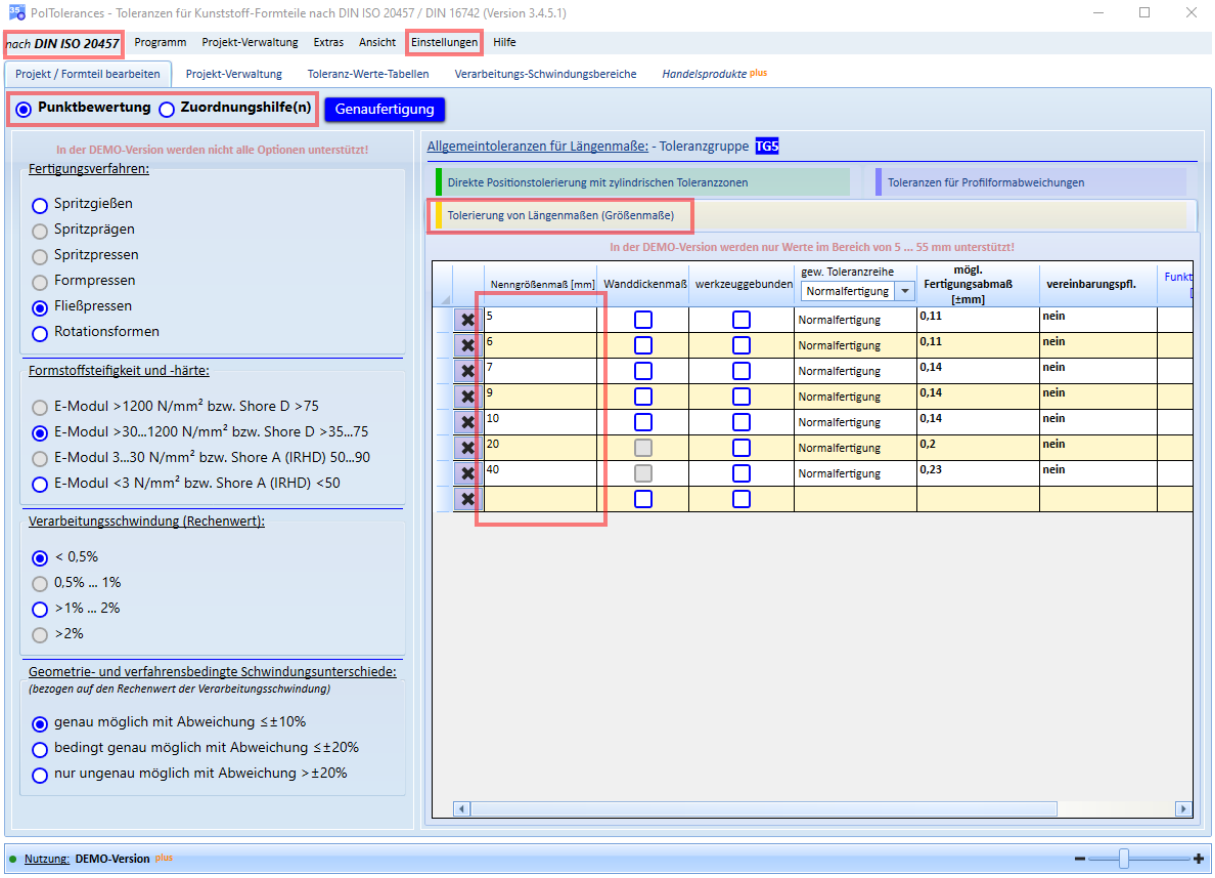
PolTolerances - Einleitung

Tolerierung von Kunststoff-Formteilen (nach ISO 20457/DIN 16742)

Für den Hersteller von Kunststoff-Formteilen sowie für den Abnehmer ist es wichtig, sinnvolle Maßtoleranzen zu vereinbaren. Zu hohe Genauigkeitsforderungen führen zu hohen Kosten u.a. für Werkzeuge, in der Formteil-Herstellung und damit verbunden in der Qualitätssicherung. Die Maß-, Form- und Lageabweichungen bei der Anwendung und Fertigung von Kunststoff-Formteilen können nicht mit denen von Metallteilen verglichen werden, da sich die Eigenschaften von Kunststoffen und Metallen bei Anwendung und Fertigung u.U. erheblich unterscheiden. Um bereits bei der Formteilentwicklung die technisch machbaren Genauigkeiten zu berücksichtigen, empfiehlt sich die Anwendung der neuen ISO 20457/DIN 16742.

Schnelleinstieg

Das Hauptfenster der Software ...



Der nachfolgende Ablauf ist ein Vorschlag. Die Reihenfolge Ihrer Eingaben/Entscheidungen spielt nur eine untergeordnete Rolle. Ergebnisse werden sofort angezeigt bzw. aktualisiert, wenn alle erforderlichen Eingaben und Entscheidungen vorliegen.

1. Geben Sie an, welche Toleranzwerte für die Berechnung verwendet werden sollen. Sie können zwischen "***ISO 20457***" und "***DIN 16742***" wählen (Menü *Einstellungen*).

2. Legen Sie die Bewertungsmethode zur Bestimmung der Toleranzgruppe fest. Sie können in der Software zwischen "***Punktbewertung***" und "***Zuordnungshilfe(n)***" wählen

3. Treffen Sie alle erforderlichen Eingaben und Entscheidungen zur gewählten Bewertungsmethode

4. Erfassen Sie die zu tolerierenden Formteilmaße in den entsprechenden Listen "***Tolerierung von Längenmaßen***", "***Toleranzen für Profilformabweichungen***" bzw. "***Direkte Positionstolerierung mit zylindrischen Toleranzzonen***".

5. Optional können Sie pro Nennmaß ein erforderliches Funktionsabmaß/eine erforderliche Toleranz zusätzlich angeben. Diese(s) wird dann mit dem möglichen Fertigungsabmaß/der möglichen Toleranz automatisch verglichen

6. Speichern Sie ggf. Ihre Eingaben und Entscheidungen in einer Datei ab. Wir empfehlen Ihnen pro Formteil eine entsprechende Datei anzulegen.

Anwendungs- und Entscheidungshilfen

1. Tolerierungsgrundsätze und -empfehlungen
2. Anwendungsbereich
3. Definitionsgleichungen zur Verarbeitungsschwindung
4. Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung (VS) nicht poröser Kunststoffe
5. Werkzeugbindung der Formteilmaße
6. Prüfung und Gliederung des Steifigkeits- bzw. Härteniveaus von Polymeren ohne Feststoffzusätze
7. Hinweise zur verfahrens- und formmasseabhängigen Einstufung der Toleranzgruppen
8. Nennmaßdefinitionen
9. Maßbezugsebenen, Maßänderungsursachen und Formteilabnahmebedingungen
10. Hinweise zur Einstufung der Toleranzreihen

Tolerierungsgrundsätze und -empfehlungen

- Es gilt der Grundsatz der Unabhängigkeit nach DIN EN ISO 8015. Abweichungen von diesem Prinzip (z. B. Hüllbedingung) müssen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

- Formteilzeichnungen bzw. CAD-Datensätze entsprechen der Nenngeometrie. Die Toleranzen werden symmetrisch zur Nenngeometrie als Grenzabmaße angegeben. Asymmetrische Toleranzen an Größenmaßen (z.B. Passmaße) müssen durch formale Nennmaßmodifizierung auf Toleranzmittenmaß in eine symmetrische Toleranzfeldlage umgewandelt werden: $100_{-0,6}$ $\rightarrow$ 99,7 ± 0,3.

- Die Verifikation des Formteils bezüglich Qualitätssicherung ist eindeutig festzulegen. Insbesondere bei nicht formstabilen Teilen ist das Messkonzept von besonderer Bedeutung, siehe auch DIN ISO 10579.

- Wenn nichts anderes vereinbart wurde, dürfen Formteile bei Nichteinhaltung der

Allgemeintoleranzen nicht automatisch zurückgewiesen werden, sofern die Funktion nicht beeinträchtigt wird.

- Konstruktiv vorgegebene Neigungsmaßdifferenzen durch Entformungsschrägen sind nicht Bestandteil von Maßtoleranzen sowie von Form- und Lageabweichungen. In der Spezifikation müssen für Funktionsmaße an geneigten Flächen Messpunkte festgelegt werden, um Zweipunktmaße zu definieren.

- Zur Spezifikation von Radien müssen mindestens 90° des Kreissegments als messbare Kontur vorhanden sein. Die Tolerierung von Radien kann alternativ durch Profilformtoleranzen erfolgen.

- Freiformflächen sind mit einer Profilformtoleranz zu spezifizieren. Die Verifikation ist abzustimmen.

- Direkt tolerierte Winkel und Kanten sind vereinbarungspflichtig. Alle nicht direkt tolerierten Winkel und Kanten sind bei der Verifikation zu vernachlässigen.

- Trenngrat, Werkzeugversatz und deren Kombination sind bezüglich der Lage der Trennlinien zwischen Abnehmer und Hersteller der Formteile zu vereinbaren.

- Hinsichtlich der Toleranzanalyse von Maßketten ist zu beachten, dass die üblichen Verfahren den starren Körper voraussetzen. Für Kunststoff-Formteile ist wegen der geringen Formstoffsteifigkeit und des Verzugs diese Bedingung meist nicht hinreichend erfüllt.

Anwendungsbereich

ISO 20457/DIN 16742 dient zur Festlegung fertigungstechnisch möglicher Toleranzen (Fertigungstoleranzen) und zum Vergleich mit Funktionstoleranzen, um die Erreichbarkeit einer konstruktiv erforderlichen Maßgenauigkeit zu überprüfen.

Erfasste Toleranzen: Grenzabmaße für Größenmaße (Zweipunktmaße) als indirekte Tolerierung (Allgemeintoleranzen) und als direkte Tolerierung (Abmaßangabe am Nenngrößenmaß).

Zur Tolerierung von Form- und Lageabweichungen mit Profilformtoleranzen als Allgemeintoleranzen und Positionstoleranzen für die direkte Tolerierung durch zylindrische Toleranzzonen.

Verfahrenstechnische Grundlagen: Urformverfahren mit allseitig geschlossenen Werkzeugen, wie Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen und Pressen von nicht porösen Formteilen aus Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren und Duroplasten sowie das Rotationsformen von Thermoplasten. Für spezielle Verfahrensvarianten der vorstehend benannten Verfahren ist eine sinngemäße Anwendung der Norm nach Vereinbarung mit dem Formteilhersteller möglich.

Normativ nicht erfasst: Poröse Formstoffe (z. B. Schaumstoffe) sowie andere Verarbeitungs- und Bearbeitungsverfahren. Gleiches gilt auch für Verfahrenskombinationen aus Urform- und Umformverfahren (z. B. Spritzgießblasen, Spritzgießstreckformen).

Abweichungen von der Formteiloberflächenqualität, wie Einfallstellen, unerwünschte Fließstrukturen und Rauheiten sowie Bindenähte sind nicht Gegenstand der Norm.

Werden Toleranzen außerhalb des Geltungsbereichs der Norm gefordert, sind diese mit dem Formteilhersteller zu vereinbaren und auf der Zeichnung zu spezifizieren.

Definitionsgleichungen zur Verarbeitungsschwindung

Gleichungen	Erläuterungen

$VS = \left(1 - \frac{L_F}{L_W}\right) \cdot 100[\%]$	VS Verarbeitungsschwindung L_F Formteilmaß L_W Werkzeugkonturmaß
$\Delta VS = \lvert VS_{\perp} - VS_{\parallel} \rvert$	ΔVS Absolutwert der VS-Differenz infolge Schwindungsanisotropie $VS^{\perp}$ VS quer zur Schmelzfließrichtung $VS_{\parallel}$ VS parallel zur Schmelzfließrichtung
$\Delta S = VS_{max} - VS_{min}$	ΔS Streubereich (Schwindungsschwankung) der VS VS_{max}, VS_{min} Extremwerte der VS durch die jeweiligen Einflussbedingungen
$VS_R = 0{,}5\,(VS_{max} + VS_{min})$	VS_R Rechenwert der VS, Mittelwert aus VS_{max} und VS_{min}

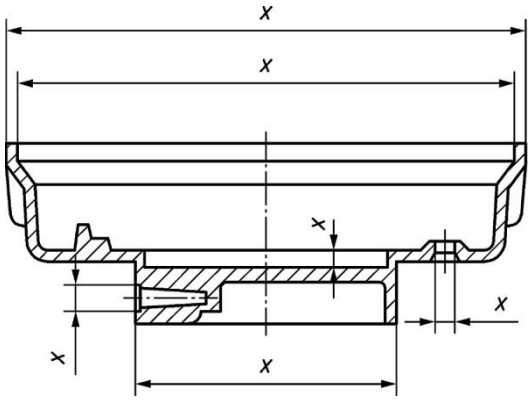
Ursachen und Einflussfaktoren auf die VS nicht poröser Kunststoffe

Ursachen	**Einfluss auf die Verarbeitungsschwindung**	
	verringernd	**erhöhend**
Dichtezunahme infolge thermischer Kontraktion durch Abkühlung von Entformungstemperatur auf Raumtemperatur und der Verdichtung durch Druckeinwirkung	• hoher wirksamer Druck auf Formmasse und Kontur bis zum Entformen (Nachdruck) • geringe Entformungstemperatur (lange Kühlzeit u./o. geringe Konturtemperatur) • geringer Wärmeausdehnungs-koeffizient (hartelastische Polymere)	• geringer bzw. vorzeitig zurück- genommener Nachdruck bis zum Entformen • hohe Entformungstemperatur (kurze Kühlzeit u./o. hohe Konturtemperatur) • großer Wärmeausdehnungskoeffizient (weich- bzw. gummielastische Polymere)
Dichtezunahme infolge thermodynamisch bedingter Strukturordnungsprozesse (Kristallisation; Gelierung)	• amorphe Polymere • geringer Kristallinitätsgrad teilkristalliner Polymere durch schnelles Erstarren (Unterkühlung infolge geringer Konturtemperatur u./o. dünnwandiger Teile) • hoher Geliergrad weichmacherhaltiger Polymere	• teilkristalline Polymere • hoher Kristallinitätsgrad durch langsames Erstarren (hohe Konturtemperatur u./o. dickwandige Teile) sowie durch verbesserte Keimbildung (Nukleierungszusätze) • geringer Geliergrad weichmacherhaltiger Polymere
Dichtezunahme infolge molekularer Aufbau- und Vernetzungs-prozesse (Härtung; Vulkanisation; Polyreaktion)	• hoher Vernetzungsgrad und dadurch geringerer Wärmeausdehnungskoeffizient (lange Härte- bzw. Vulkanisationszeit u./o. hohe Massetemperatur)	• geringer Vernetzungsgrad und dadurch höherer Wärmeausdehnungskoeffizient (kurze Härte- bzw. Vulkanisationszeit u./o. geringe Massetemperatur)

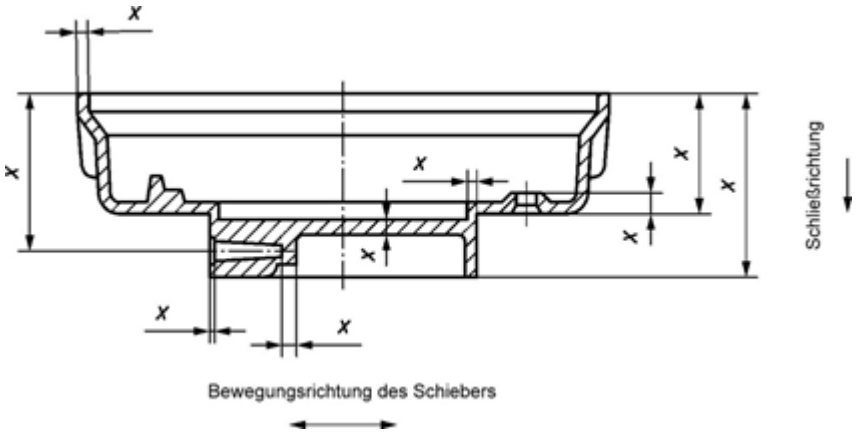
	• stofflich weitgehend vorgebildete bzw. vorvernetzte Formmassen (z.B. Prepolymere)	• unvernetzte Vorprodukte (Oligomere) bzw. Monomere als Formmassen
Steifigkeits- bzw. Härteveränderung durch Zusatzstoffe (z. B. Füll- und Verstärkungsstoffe; Weichmacher)	• Zusatzstoffe mit geringem Wärmeausdehnungskoeffizient (z B. anorganische Füll- u. Verstärkungsstoffe) • keine bzw. geringe Weichmacherzusätze	• Zusatzstoffe mit hohem Wärmeausdehnungskoeffizient (z.B. organische Füll- und Verstärkungsstoffe) • Weichmacherzusätze

Werkzeugbindung der Formteilmaße

Unterschiedliche Deformationen und Lageabweichungen von Werkzeugteilen infolge Druckbeanspruchung werden durch die Unterscheidung von werkzeuggebundenen und nicht werkzeuggebundenen Formteilmaßen erfasst. Werkzeuggebundene Maße sind Maße im gleichen Werkzeugteil, während nicht werkzeuggebundene Maße durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Werkzeugteile entstehen und dadurch tendenziell größere Maßstreuungen bewirken. Neben der Steifigkeit der Werkzeugkonstruktion haben dabei die Verarbeitungsbedingungen einen bedeutsamen Einfluss. Für die grafische Demonstration entsprechender Maße (x) wurde eine entsprechende Darstellung aus DIN 16742 übernommen.



Werkzeuggebundene Maße



Nicht werkzeuggebundene Maße

Prüfung und Gliederung des Steifigkeits- bzw. Härteniveaus von

Polymeren ohne Feststoffzusätze

Härtegrad	E in N/mm²	Shorehärte	IRHD	Polymere
hart	> 5000 bis 20000	—	—	LCP (selbstverstärkende Molekülanisotropie)
	> 1200 bis 5000	>75 D	—	Zähharte bis sprödharte Thermoplaste, Duroplaste Hartgummi
halbhart	> 300 bis 1200	> 60 bis 75 D	—	Elastomerähnliche (weichelastische) Thermoplaste, thermoplastische Elastomere und Gummi mit unterschiedlichen Härtegradabstufungen
	> 30 bis300	> 35 bis 60 D	—	
weich	3 bis 30	50 bis 90 A	50 bis 90	
sehr weich	< 3	< 50 A	< 50	
E: Urprungs-E-Modul aus der Kurzzeitzugprüfung nach DIN EN ISO 527 Shorehärte: Eindringhärte nach DIN EN ISO 868 (Verfahren A und D) IRHD: Internationaler Gummihärtegrad (Kugeldruckhärte) nach DIN EN ISO 48				Alle Prüfungen werden bei 23 °C und mit normalkonditionierten Prüfkörpern durchgeführt.

- Stahl zum Vergleich: E = 200 000 N/mm²
- Gefüllte bzw. verstärkte Polymere können mit ihrem E-Modul zugeordnet werden.

Hinweise zur verfahrens- und formmasseabhängigen Einstufung der Toleranzgruppen

- Zur Verfahrenseinstufung ist nur festzustellen, dass „Spritzverfahren“ eine größere Fertigungsgenauigkeit als Pressverfahren ermöglichen.
- Die Einstufung der Formstoffsteifigkeit und –härte ist unproblematisch, da entsprechende Daten immer verfügbar sind (Formmassehersteller, Datenbanken). Bei grenzüberschreitenden Daten liegt deren Einordnung im Ermessen des Nutzers.
- Die Einstufung des voraussichtlichen Rechenwertes der Verarbeitungsschwindung sollte mit dem Formteilhersteller abgestimmt werden, sofern keine eigenen Erfahrungen vorliegen. Eine ausführliche Zusammenstellung von Richtwerten ist im Programm als Orientierungshilfe verfügbar.
- Die Einschätzung der voraussichtlichen Schwindungsschwankungen ist infolge vieler Einflussfaktoren u. U. problematisch. Hier ist vom Formteilhersteller die effektivste Hilfe zu erwarten. Im Zweifelfall sollte „nur ungenau möglich“ eingegeben werden, um danach ggf. die weitere Bearbeitung durch eine genauere Toleranzreihe ins Auge zu fassen. In der ISO 20457/DIN 16742 sind für die Einstufung folgende Hilfen vorgegeben:
    1. **Genau möglich:** Rechenwerte der VS sind bekannt, z. B. aus Erfahrungen, systematischen Messungen, Computersimulationen. Schwindungsanisotropie ist bedeutungslos oder kann in der jeweiligen Maßrichtung hinreichend genau

berücksichtigt werden. Mögliche Abweichungen vom Rechenwert betragen max. ± 10 %.

2. **Bedingt genau möglich:** Rechenwerte sind in Bereichen max. bis ± 20 % bekannt.
3. **Nur ungenau möglich:** Rechenwerte der VS sind nur als grobe Richtwertbereiche bekannt. Schwindungsanisotropie kann nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden. Praktische Erfahrungen zum Abschätzen relevanter Rechenwerte sind nicht vorhanden. Mögliche Abweichungen vom Rechenwert liegen über ± 20 %.

In Abstimmung mit den Anwendern des Rotationsformens von Thermoplasten wurde für dieses Verfahren die Toleranzgruppe TG9 normativ festgelegt.

Bei Mehrkomponententeilen muss für jedes Material die Toleranzgruppe ermittelt und als separate Allgemeintoleranz angegeben werden (z. B. harte Komponente nach TG5, weiche Komponente nach TG7). Bei materialübergreifenden Größenmaßen ist das ungenauere Material Grundlage der Toleranzfestlegung.

Nennmaßdefinitionen

Nenngrößenmaße (Längenmaße, Zweipunktmaße) für Grenzabmaße nach Tabelle 2 der ISO 20457/DIN 16742 sind Toleranzmittenmaße für Zeichnungen und CAD-Datensätzen.

D_P-Maße (Abstandsmaße) nach ISO 20457/DIN 16742 sind Nennmaße für Positionstoleranzen nach Tabelle 9 und für Profilformtoleranzen nach Tabelle 10 mit folgender Definition:

> *„Ein Bauteil kann ein oder mehrere Bezugssysteme haben. Zur Bestimmung der Profilform- und Positionstoleranz ist die weiteste Entfernung des tolerierten Elements zum Ursprung des bei der Profilform- und Positionstolerierung verwendeten Bezugssystems (D_P-Maß) zu verwenden. Dies muss nicht mit dem Koordinatensystem vom Bauteil bzw. aus dem Zusammenbau übereinstimmen.“*

In ISO 20457/DIN 16742 ist dazu im Anhang G ein Beispiel für Positionstolerierung angegeben.

Zur Tolerierung des Abstandes paralleler Flächen, die sich nicht direkt gegenüberstehen, sondern zueinander versetzt angeordnet sind, ist als Nenngrößenmaß das D_P-Maß für Grenzabmaße nach Tabelle 9 der ISO 20457/DIN 16742 vorgesehen. Weiterhin gilt:

- Nennmaße unter 1 mm und über 1000 mm sind vereinbarungspflichtig.
- Für Allgemeintoleranzen gelten ausschließlich die Grenzabmaße für nicht werkzeuggebundene Formteilmaße.
- Grenzabmaße für Wanddicken sind vereinbarungspflichtig.
- Allgemeintoleranzen sind in den Konstruktionsdokumentationen wie folgt anzugeben: Beispiel: DIN 16742 — TG6.

Maßbezugsebenen, Maßänderungsursachen und Formteilabnahmebedingungen

Die Maßstreuungen bei Anwendung und Fertigung der Kunststoff-Formteile erfordert die Berücksichtigung von drei eng verbundener Maßbezugsebenen: **Teileanwendung, Teilefertigung, Werkzeugfertigung.** Für die Maßbezugsebenen sind unterschiedliche physikalische Kausalitätsbeziehungen zu beachten und systematisch zusammenzuführen, wobei der Konstruktionsentwurf gedanklich entgegengesetzt zur Richtung der Maßentstehung zu bearbeiten ist. Das Prinzip unterschiedlicher Maßbezugsebenen ist auch in der DIN 16742 (Anlage A) eindeutig erklärt.

In Bild 1 sind die Maßgrößen und Maßbeziehungen hinsichtlich Lage (Toleranzmittenmaß C), Verschiebung (Maßverschiebung ∆l), und Streuung (Toleranz T) für die Maßbezugsebenen angegeben. Die Richtung der Maßverschiebung wird durch Vorzeichen berücksichtigt.

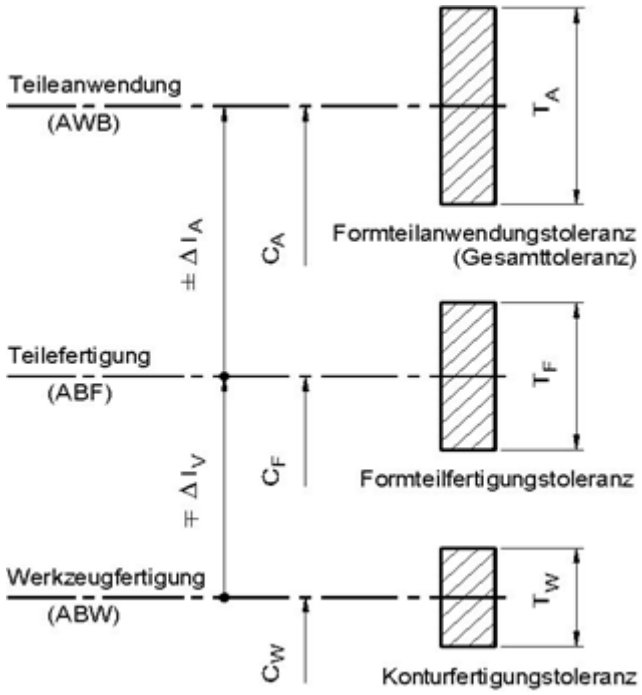


Bild 1 Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung von Kunststoffteilen

Anwendungsbedingungen (AWB): Alle Nutzungs- und Lagerungsbedingungen der Teile während des Anwendungszeitraumes nach der Fertigung, sofern sie sich auf die Maßhaltigkeit und Funktionserfüllung der Erzeugnisse auswirken.

Erfolgt Montage bzw. Komplettierung der Einzelteile zu Baugruppen erst in längeren Zeiträumen nach der Teilefertigung, so sind die Teilelagerungs- und Komplettierungsbedingungen u.U. als Sonderfall der AWB zu behandeln. Für weiche oder gummiartige Formstoffe kann der Einfluss der AWB relativ häufig vernachlässigt werden. Desgleichen bei Baugruppen aus völlig gleichen Werkstoffen. In jedem Einzelfall sind die AWB aber situations- und funktionsabhängig zu bestimmen. Für den Formteilanwender ist die Erfassung der betriebsspezifischen AWB und deren Einfluss auf die Maßhaltigkeit ein nützliches Rationalisierungsmittel. Eine generelle Zusammenstellung oder Normierung aller AWB ist wegen der Vielzahl und Komplexität der Einflüsse nicht möglich.

Verursachungsfaktoren der anwendungsbedingten Maßänderung: Alle relevanten Faktoren sind in Gruppen nachstehend zusammengefasst:

- Klimaeinwirkungen durch Umgebungstemperaturen, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge und Sonneneinstrahlung,
- Nutzungsbedingte Energieeinwirkungen durch Wärmequellen und energiereiche Strahlung,
- Diffusionskontakt mit Dämpfen und Flüssigkeiten sowie Migrationskontakt mit Feststoffen,
- Werkstoffabtrag (Verschleiß) durch Reibung, Kavitation und Erosion sowie biologische Einwirkungen,
- Mechanische Deformation durch äußere Kräfte und Momente sowie durch Relaxation innerer Spannungen,

- Molekulare und mikromorphologische Stoffstrukturumwandlungen.

Ursachen für fertigungsbedingte Längenmaßabweichungen:

- Formmasseabhängige und fertigungsbedingte Streuung der Verarbeitungsschwindung,
- Unsicherheiten bei der Festlegung von Rechenwerten der Verarbeitungsschwindung zur Werkzeugkonturberechnung, insbesondere bei großen Schwindungswerten und bei Schwindungsanisotropie,
- Unterschiedliches Rückverformungsverhalten der Teile nach der Entformung, abhängig von Formstoffsteifigkeit bzw. -härte,
- Herstellungsbedingte Maßstreuung der Werkzeugkonturen einschließlich Härteverzug und Oberflächenbeschichtung,
- Verformungen und Lageabweichungen von Werkzeugteilen infolge Druckbeanspruchung,
- Werkzeugkonturverschleiß.

Ursachen für den Formteilverzug: Der Verzug (Verwölbung, Verwindung, Verwerfung) ist die physikalische Ursache für Form-, Lage- und Winkelabweichungen der Kunststoff- Formteile. Er entsteht durch lokale und richtungsabhängige Schwindungsunterschiede (Schwindungsanisotropie) und bei extremen Nach- oder Pressdruck durch Rückverformung (Relaxation) elastischer Eigenspannungen. Formteilverzug ist prinzipiell nicht vermeidbar, aber minimierbar (Kapitel 5).

Abnahmebedingungen der Formteilfertigung (ABF): Für normative Abnahmebedingungen nach DIN 16742 und DIN EN ISO 219 gelten die Prüfmaße als Abnahmewerte, wenn die Formteile nach der Fertigung bis zur Abnahme bei 23 °C ± 2 K und 50 % ± 10 % relative Luftfeuchtigkeit gelagert sowie frühestens 16 h und spätestens 72 h nach der Herstellung geprüft werden.

Bei Abweichungen von den normativen ABF müssen die Abnahmeparameter für die Kontrollmaßprüfung nach DIN 16742 zwischen Hersteller und Abnehmer gesondert vereinbart und dokumentiert werden:

- Maßlage und Maßabweichungen (ggf. nach Erprobung),
- Maßprüfverfahren,
- Minimal- und Maximalzeitraum der Maßprüfung nach der Teilefertigung,
- Lagerungs- und Prüfbedingungen bis zur Teileabnahme (Raumlufttemperatur, relative Luftfeuche, ggf. eine spezielle Lagerungsordnung).

Abweichungen von den normativen ABF können sein:

- Folgeoperationen beim Teilehersteller mit Stoffauftrag (Lackieren, Beschichten) oder Stoffabtrag (Spanen, Schleifen, Polieren),
- Teilenachbehandlung durch Tempern (Vorwegnahme der Nachschwindung, Ausgleich innerer Spannungen, Nachhärten) oder Folgeoperationen mit deutlicher thermischer Teilebeanspruchung (Lackieren, Lötbadbehandlung u.a.)
- Teilenachbehandlung durch Konditionieren, z.B. durch Wässern (Vorwegnahme der Quellung,

Zähigkeitserhöhung),

- Geringe Maßstabilität von Struktur und Zustand des Formstoffs bei ABF. Beispiele sind Strukturveränderungen der kristallinen Phase teilkristalliner Polymere (z. B. PB) und Quellung sowie Weichmachung infolge Wasseraufnahme dünnwandiger Formteile aus hydrophilen Polymeren (z. B. PA6, PA66, PA46, Biopolymere).

Abnahmebedingungen der Werkzeugfertigung (ABW): Die durch Prüfung ermittelten Kontrollmaße der Werkzeugkonturen gelten als Abnahmewerte bei einer Bezugstemperatur von 23 °C ± 2 K. Sie schließen Härteverzug ein.

Hinweise zur Einstufung der Toleranzreihen

Die Realisierung eines erforderlichen Genauigkeitsniveaus der Formteilfertigung erfordert nach DIN 16742 eine Zuordnung zu den Toleranzreihen:

Reihe 1 (Normalfertigung): Fertigung mit Allgemeintoleranzen u. U. realisierbar. Maßhaltigkeitsforderungen bilden keinen besonderen Qualitätsschwerpunkt.
Reihe 2 (Genaufertigung): Fertigung und Qualitätssicherung sind auf höhere Maßhaltigkeitsforderungen orientiert.
Reihe 3 (Präzisionsfertigung): Vollständige Ausrichtung von Fertigung und Qualitätssicherung auf die sehr hohen Maßhaltigkeitsforderungen
Reihe 4 (Präzisionssonderfertigung): Wie Reihe 3, aber mit intensivierter Prozessüberwachung.
Die Toleranzreihen 3 und 4 sind immer vereinbarungspflichtig

Nur unbedingt erforderliche kleine Funktionstoleranzen rechtfertigen den Fertigungsaufwand der Reihen 3 und 4, der mit deutlichem Preisaufschlag abgegolten werden muss. Es muss daher zuerst zwischen Formteilabnehmer und -hersteller Klarheit darüber geschaffen werden, ob die Toleranzforderungen erfüllbar sind. Selbsttäuschungen sind dabei für alle Kooperationspartner schlechte Ratgeber. Es sollten folgende Voraussetzungen mit entsprechender Sachkenntnis überprüft werden:

- Maßhaltigkeitsgerechte Gestaltung und Dimensionierung des Formteils.
- Funktionssicherheit ausreichend steifer sowie thermisch und rheologisch ausbalancierter Werkzeuge.
- Betriebsweise erforderlicher Maschinen und Anlagen durch ausreichend qualifiziertes Bedienpersonal einschließlich Qualitätssicherung.
- Lieferbedingungen der Formmassen bezüglich maßhaltigkeitsrelevanter Eigenschaften, insbesondere der Schwindungsschwankungen.

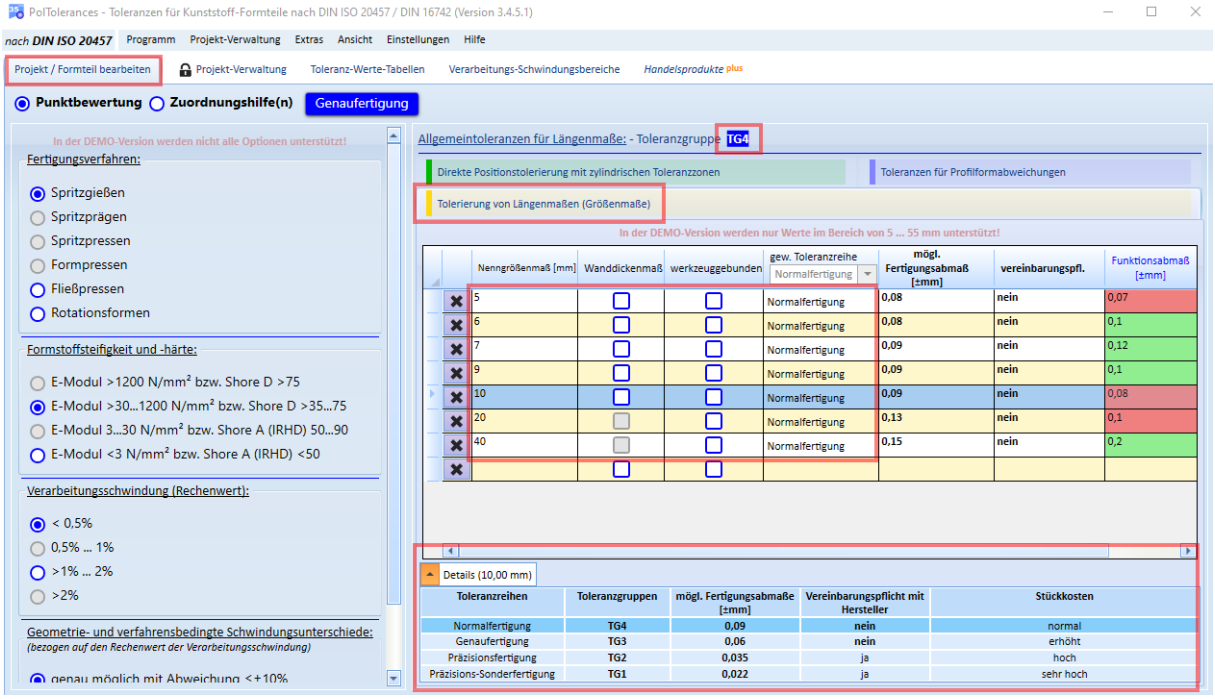
Zur Unterstützung der Reihenzuordnung sind im Anhang D der ISO 20457/DIN 16742 beispielhaft Auswahlkriterien für das Thermoplastspritzgießen aufgeführt. Diese Auswahlkriterien sind programmintern durch einen erweiterten Auswahlalgorithmus berücksichtigt.

Bedienung

Wir haben für einen Schnelleinstieg in die Bedienung auch ein entsprechendes YouTube-Video

veröffentlicht. Den Link zum Video finden Sie auf unserer Internetseite in der Beschreibung zum jeweiligen Software-Produkt.

Erfassung von Maßen

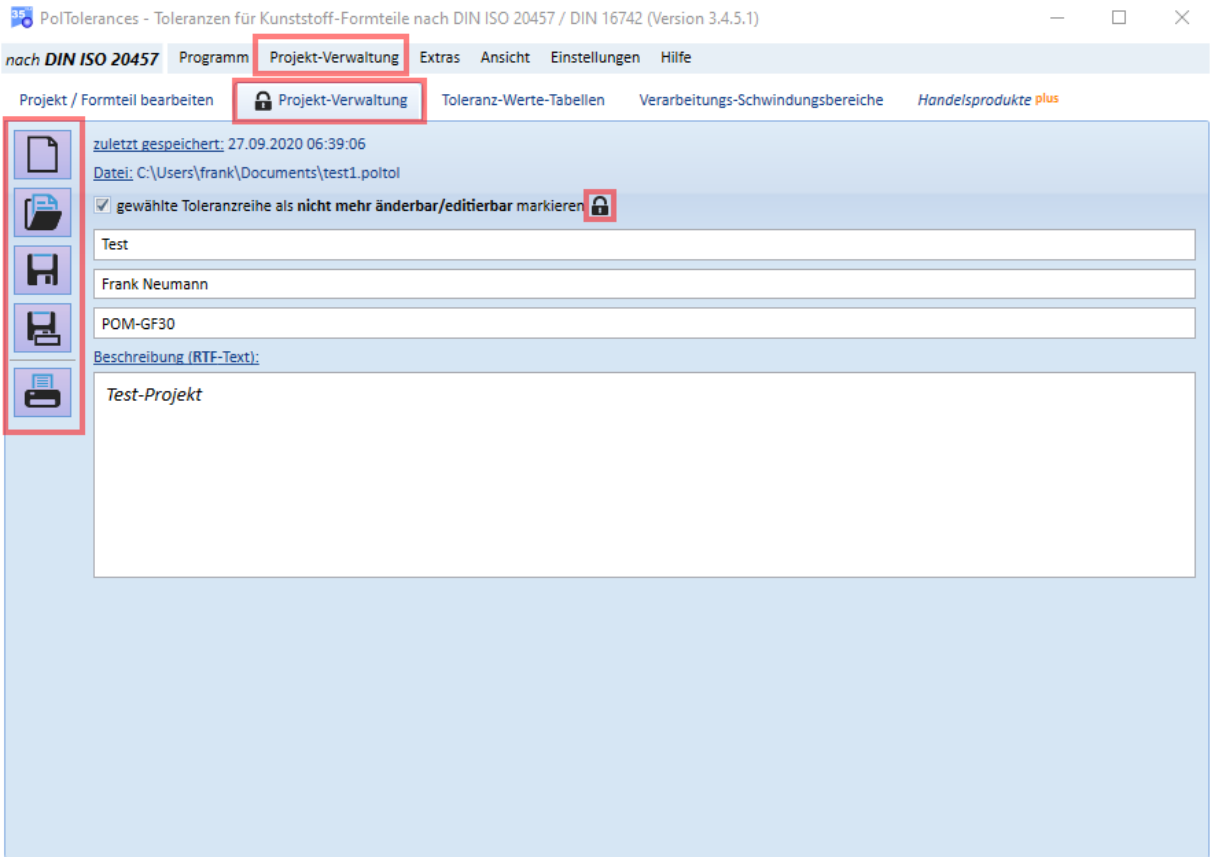


1. wählen Sie das entsprechende Register aus (hier: *Tolerierung von Längenmaßen*)
2. Geben Sie das entsprechende Maß in der ersten Spalte ein
3. Geben Sie ggf. zusätzliche Angaben zum jeweiligen Maß an (hier in den Spalten 2-4)
4. die Toleranzreihe kann übergeordnet für alle Maße angegeben werden, indem Sie diese in der Auswahlbox der Spaltenüberschrift auswählen
5. sobald auch alle Eingaben/Entscheidungen zur Bewertungs-Methode (*Punktbewertung* bzw. *Zuordnungshilfe(n)*) vorliegen, werden die Ergebnisse pro Maß sofort angezeigt/aktualisiert (hier: in den Spalten *mögl. Funktionsabmaß* und *vereinbarungspflichtig*)
6. haben Sie zusätzlich Angaben zur Funktionsabmaßen gemacht, wird das möglich Fertigungsabmaß mit dem Funktionsabmaß verglichen. Ist das erforderliche Funktionsabmaß größer oder gleich dem möglichen Fertigungsabmaß, dann wird die entsprechende Zelle der Tabelle **grün** markiert (ansonsten **rot**).

Wenn Sie einen Eintrag in der Tabelle auswählen, werden Ihnen unterhalb der Tabelle weitere Details zu diesem Maß angezeigt.

*Beachten Sie bitte, dass in der **DEMO-Version** nur Maße in einem eingeschränkten Werte-Bereich eingegeben werden können.*

Projektverwaltung



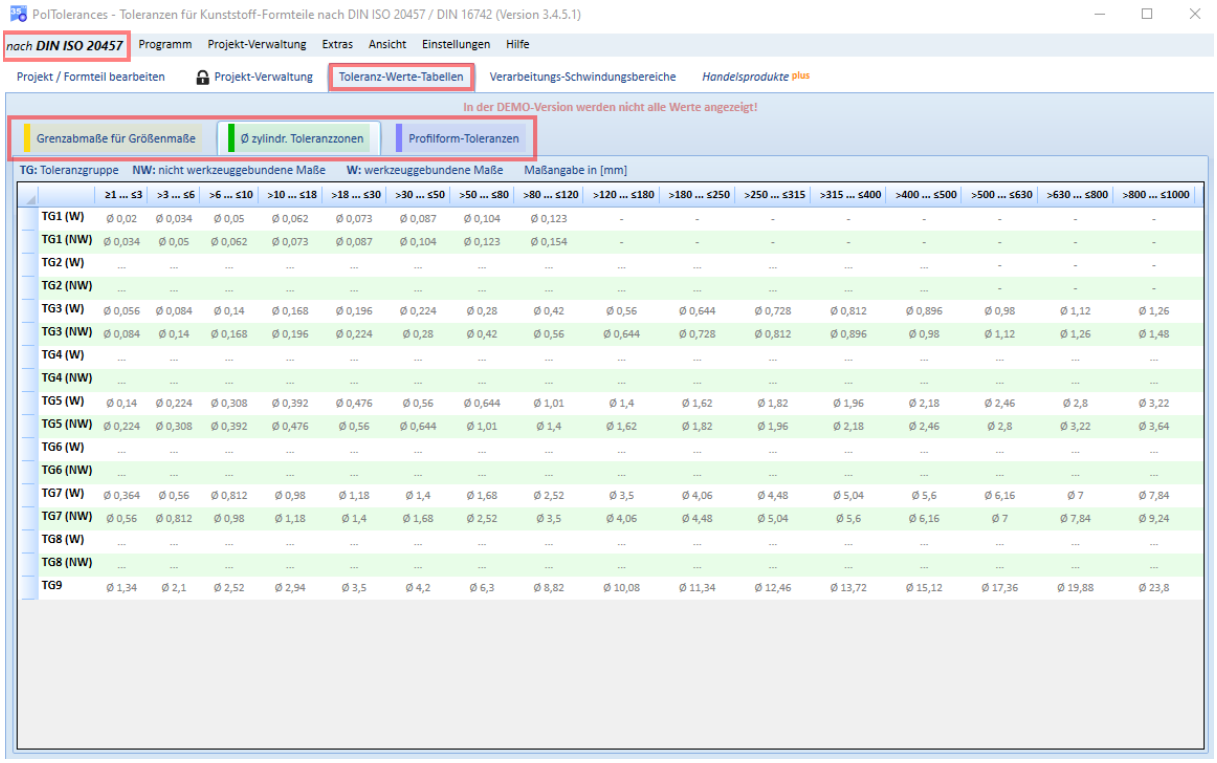
- alle Eingaben und Entscheidungen können Sie in einzelnen Projekt-Dateien verwalten.
- In der Regel betrachtet eine Projektdatei ein einzelnes zu tolerierendes Formteil

Folgende Funktionen stehen zur Auswahl und können über die gezeigten Schalter bzw. die entsprechenden Menüpunkte aufgerufen werden:

1. neues Projekt anlegen. Ihre bisherige Daten gehen verloren
2. ein vorhandenes Projekt laden. Ihre bisherigen Daten gehen verloren.
3. die aktuellen Daten speichern. Es muss mindestens eine Projektbezeichnung eingetragen sein, um das Projekt als Datei speichern zu können
4. die aktuellen Daten unter einer anderen Datei (Dateinamen) speichern
5. die Eingaben und Ergebnisse in einer Druckvorschau anzeigen lassen und ausdrucken

Weiterhin können Sie bestimmte Entscheidungen durch versehentliches Editieren schützen, in dem Sie das entsprechende Häkchen "*gewählte Toleranzreihe als nicht mehr änderbar/editierbar markieren*" setzen. Dieser Editierschutz wird durch ein entsprechendes Symbol zusätzlich hervorgehoben und in der Projektdatei gespeichert.

Toleranzwerte-Tabellen



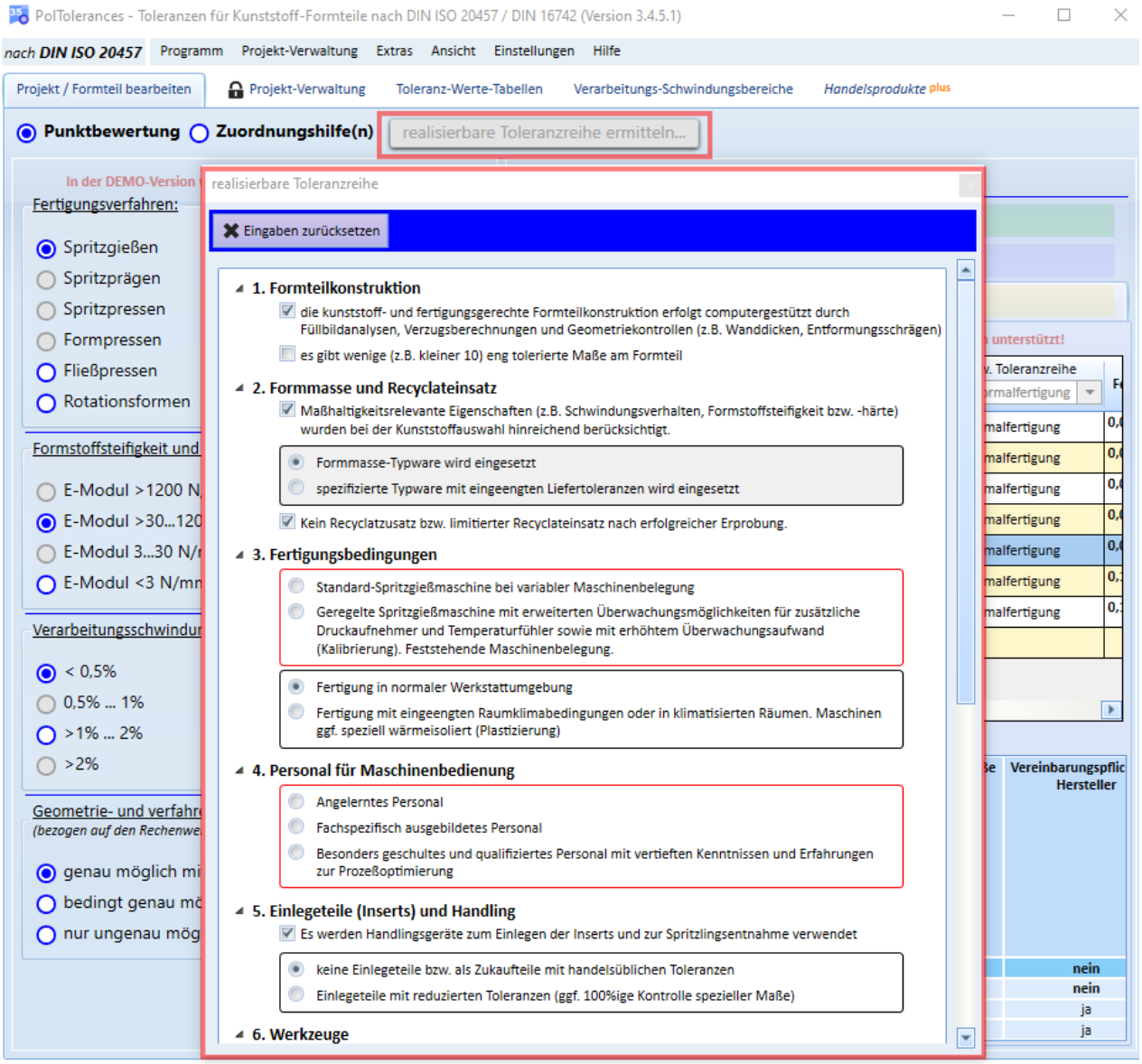
	≥1 ... ≤3	>3 ... ≤6	>6 ... ≤10	>10 ... ≤18	>18 ... ≤30	>30 ... ≤50	>50 ... ≤80	>80 ... ≤120	>120 ... ≤180	>180 ... ≤250	>250 ... ≤315	>315 ... ≤400	>400 ... ≤500	>500 ... ≤630	>630 ... ≤800	>800 ... ≤1000
TG1 (W)	Ø 0,02	Ø 0,034	Ø 0,05	Ø 0,062	Ø 0,073	Ø 0,087	Ø 0,104	Ø 0,123	-	-	-	-	-	-	-	-
TG1 (NW)	Ø 0,034	Ø 0,05	Ø 0,062	Ø 0,073	Ø 0,087	Ø 0,104	Ø 0,123	Ø 0,154	-	-	-	-	-	-	-	-
TG2 (W)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-	-	-
TG2 (NW)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-	-	-
TG3 (W)	Ø 0,056	Ø 0,084	Ø 0,14	Ø 0,168	Ø 0,196	Ø 0,224	Ø 0,28	Ø 0,42	Ø 0,56	Ø 0,644	Ø 0,728	Ø 0,812	Ø 0,896	Ø 0,98	Ø 1,12	Ø 1,26
TG3 (NW)	Ø 0,084	Ø 0,14	Ø 0,168	Ø 0,196	Ø 0,224	Ø 0,28	Ø 0,42	Ø 0,56	Ø 0,644	Ø 0,728	Ø 0,812	Ø 0,896	Ø 0,98	Ø 1,12	Ø 1,26	Ø 1,48
TG4 (W)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG4 (NW)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG5 (W)	Ø 0,14	Ø 0,224	Ø 0,308	Ø 0,392	Ø 0,476	Ø 0,56	Ø 0,644	Ø 1,01	Ø 1,4	Ø 1,62	Ø 1,82	Ø 1,96	Ø 2,18	Ø 2,46	Ø 2,8	Ø 3,22
TG5 (NW)	Ø 0,224	Ø 0,308	Ø 0,392	Ø 0,476	Ø 0,56	Ø 0,644	Ø 1,01	Ø 1,4	Ø 1,62	Ø 1,82	Ø 1,96	Ø 2,18	Ø 2,46	Ø 2,8	Ø 3,22	Ø 3,64
TG6 (W)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG6 (NW)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG7 (W)	Ø 0,364	Ø 0,56	Ø 0,812	Ø 0,98	Ø 1,18	Ø 1,4	Ø 1,68	Ø 2,52	Ø 3,5	Ø 4,06	Ø 4,48	Ø 5,04	Ø 5,6	Ø 6,16	Ø 7	Ø 7,84
TG7 (NW)	Ø 0,56	Ø 0,812	Ø 0,98	Ø 1,18	Ø 1,4	Ø 1,68	Ø 2,52	Ø 3,5	Ø 4,06	Ø 4,48	Ø 5,04	Ø 5,6	Ø 6,16	Ø 7	Ø 7,84	Ø 9,24
TG8 (W)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG8 (NW)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TG9	Ø 1,34	Ø 2,1	Ø 2,52	Ø 2,94	Ø 3,5	Ø 4,2	Ø 6,3	Ø 8,82	Ø 10,08	Ø 11,34	Ø 12,46	Ø 13,72	Ø 15,12	Ø 17,36	Ø 19,88	Ø 23,8

In dieser Ansicht können Sie sich die Toleranzwerte anzeigen lassen, die u.a. zur Berechnung/Bewertung verwendet werden.

Die angezeigten Werte sind abhängig von der gewählten Norm ***DIN ISO 20457*** bzw. ***DIN 16742***.

Beachten Sie, dass in der DEMO-Version nicht alle Werte angezeigt werden.

Ermittlung der realisierbaren Toleranzreihe



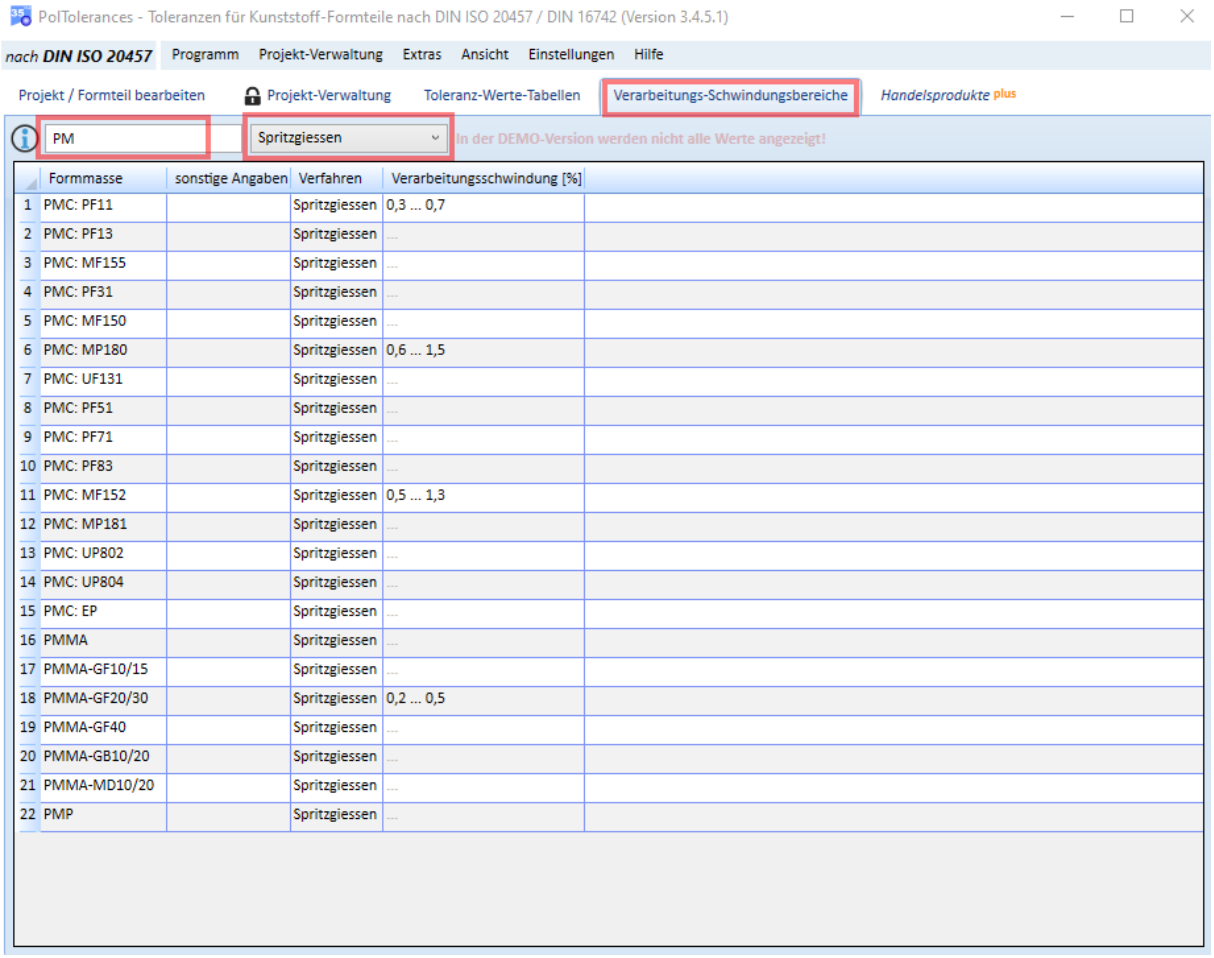
Wir haben zusätzlich eine Funktion vorgesehen, mit der Sie die realisierbare Toleranzreihe ermitteln können.

Im Hauptfenster finden Sie den Schalter [*realisierbare Toleranzreihe ermitteln*]. Wenn Sie diesen klicken wird ein weitere Fenster geöffnet.

Wenn Sie hier zu jedem Aspekt eine entsprechende Entscheidung/Auswahl getroffen haben, wird das Ergebnis oben (rechts neben dem Schalter [*Eingaben zurücksetzen*]) angezeigt. Sie können zu jeder Zeit die getroffenen Eingaben korrigieren. Alle hier getroffenen Eingaben/Entscheidungen werden auch im Druckprotokoll mit ausgegeben.

Noch offene Entscheidungen werden rot umrandet dargestellt.

Verarbeitungs-Schwindungsbereiche



	Formmasse	sonstige Angaben	Verfahren	Verarbeitungsschwindung [%]
1	PMC: PF11		Spritzgiessen	0,3 ... 0,7
2	PMC: PF13		Spritzgiessen	...
3	PMC: MF155		Spritzgiessen	...
4	PMC: PF31		Spritzgiessen	...
5	PMC: MF150		Spritzgiessen	...
6	PMC: MP180		Spritzgiessen	0,6 ... 1,5
7	PMC: UF131		Spritzgiessen	...
8	PMC: PF51		Spritzgiessen	...
9	PMC: PF71		Spritzgiessen	...
10	PMC: PF83		Spritzgiessen	...
11	PMC: MF152		Spritzgiessen	0,5 ... 1,3
12	PMC: MP181		Spritzgiessen	...
13	PMC: UP802		Spritzgiessen	...
14	PMC: UP804		Spritzgiessen	...
15	PMC: EP		Spritzgiessen	...
16	PMMA		Spritzgiessen	...
17	PMMA-GF10/15		Spritzgiessen	...
18	PMMA-GF20/30		Spritzgiessen	0,2 ... 0,5
19	PMMA-GF40		Spritzgiessen	...
20	PMMA-GB10/20		Spritzgiessen	...
21	PMMA-MD10/20		Spritzgiessen	...
22	PMP		Spritzgiessen	...

Informationen zur Verarbeitungs-Schwindung der Kunststoffe/Formmassen sind wichtig für die Beurteilung und damit für die Ermittlung von Toleranzwerten bzw. möglichen Fertigungsabmaßen.

In der Datenbank sind derzeit ca. **430 Verarbeitungs-Schwindungs-Bereiche** für unterschiedliche Kunststoffe/Formmassen und für die Fertigungsverfahren

- Spritzgießen
- Spritzpressen
- Formpressen
- Fließpressen

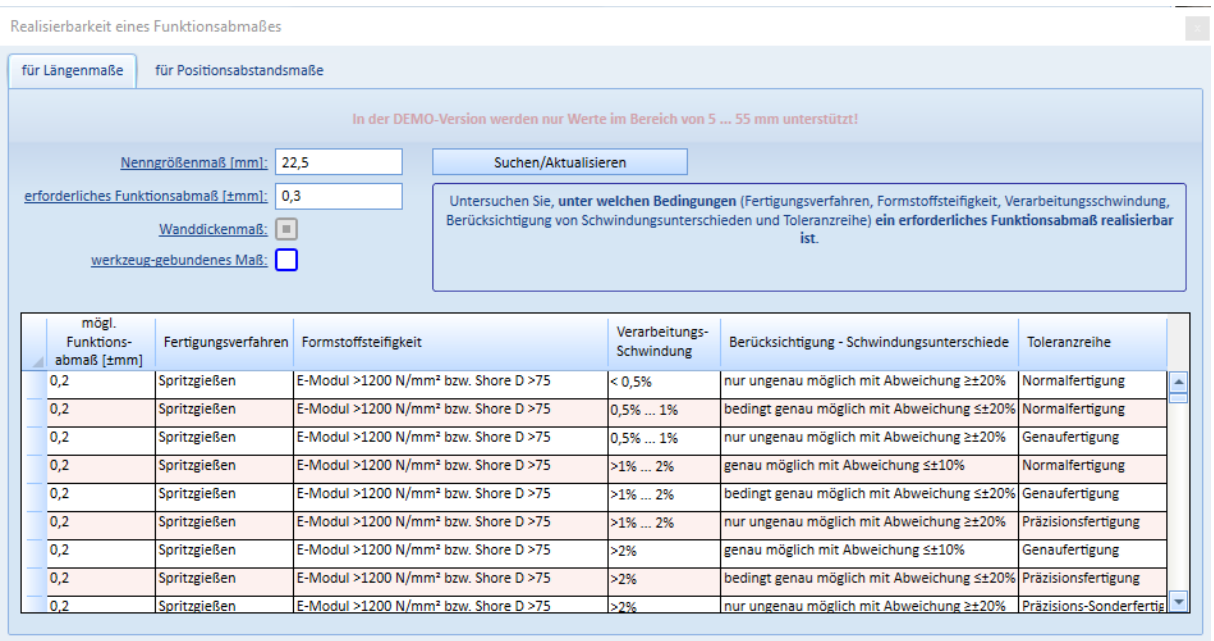
enthalten.

Über die obere Textbox bzw. die Auswahlbox kann nach Formmassen und/oder Fertigungsverfahren gefiltert werden.

Beachten Sie, dass in der DEMO-Version nicht alle Werte angezeigt werden.

Realisierbarkeit erforderlicher Funktionsabmaße

Die Software enthält Funktionen, um zu bestimmen, unter welchen Bedingungen ein bestimmtes Funktions-Abmaß realisierbar ist.



mögl. Funktions-abmaß [±mm]	Fertigungsverfahren	Formstoffsteifigkeit	Verarbeitungs-Schwindung	Berücksichtigung - Schwindungsunterschiede	Toleranzreihe
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	< 0,5%	nur ungenau möglich mit Abweichung ≥±20%	Normalfertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	0,5% ... 1%	bedingt genau möglich mit Abweichung ≤±20%	Normalfertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	0,5% ... 1%	nur ungenau möglich mit Abweichung ≥±20%	Genaufertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>1% ... 2%	genau möglich mit Abweichung ≤±10%	Normalfertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>1% ... 2%	bedingt genau möglich mit Abweichung ≤±20%	Genaufertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>1% ... 2%	nur ungenau möglich mit Abweichung ≥±20%	Präzisionsfertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>2%	genau möglich mit Abweichung ≤±10%	Genaufertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>2%	bedingt genau möglich mit Abweichung ≤±20%	Präzisionsfertigung
0,2	Spritzgießen	E-Modul >1200 N/mm² bzw. Shore D >75	>2%	nur ungenau möglich mit Abweichung ≥±20%	Präzisions-Sonderfertig

- Rufen Sie dazu im Menü "*Extras*" den entsprechenden Menüpunkt auf.
- Anschließend öffnet sich ein Fenster, indem Sie das Nenngrößenmaß und das erforderliche Funktions-Abmaß eingeben. Weiterhin müssen Sie Entscheidungen zum Wanddickenmaß und, ob es sich um ein werkzeuggebundenes oder nicht-werkzeuggebundes Maß handelt, treffen.
- Sobald alle Eingaben vollständig sind, können Sie über den Schalter [Suchen/Aktualisieren] die Funktion starten. Werden Ergebnisse gefunden, die kleiner oder gleich dem erforderlichen Funktionsabmaß sind, wird dies in der Liste (unterhalb der Eingabe) angezeigt.
- Die Liste ist über die einzelnen Spalten sortierbar.