

PolPartDesign - Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoff-Formteilen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Schnelleinstieg	4
Schnappverbindungen	4
Kunststoffstirnradgetriebe.....	5
Kunststoffbehälter	6
Berechnung von Schnappverbindungen	7
Bedienung	8
Projektverwaltung	8
neues Projekt erstellen.....	9
Projekt laden	10
Projekt bearbeiten.....	10
Verbindungsart / Federelement.....	11
Rastelement	11
Federelement-Querschnitte	12
Rechteck-Querschnitt.....	13
sonstige Eingaben.....	14
spezielle Hinweise	16
Kugelschnappverbindung.....	16
Querkrafteinfluß bei kurzen Biegefedern.....	16
Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben	16
Bedienung	17
Projektverwaltung	17
Projekt bearbeiten.....	17
Getriebestufe / Normalmodul.....	18
Verzahnung / Zähnezahl /Zahnbreite / Abschirmung	19
Arbeitsweise / Drehzahl / Leistung	19
Schmierung / Temperatur / Laufzeit.....	20
Werkstoffe / Werkstoffpaarung / Reibwert	20
Datei-Verwaltung (eigene Kunststoffe)	21
Bearbeiten.....	22
Berechnung der Wärmeeindringzahl.....	24
Ergebnisse.....	25
Daten der Datenbank	26
Berechnung von Kunststoffbehältern	27
Statische Belastung	28
Intermittierende Belastung	28
Festigkeitsabminderungen	30

Einleitung

Diese Software wurde entwickelt, um Sie bei Aufgaben innerhalb Ihres Fachbereichs zu unterstützen. Durch die Verwendung fortschrittlicher Technologien und Algorithmen ist es uns gelungen, eine benutzerfreundliche und effiziente Software zu schaffen, die Ihnen hilft, Ihre Arbeit schneller und genauer auszuführen.

In dieser Einführung werden wir Ihnen die grundlegenden Funktionen und Werkzeuge erklären, die Ihnen bei der Arbeit mit der Software helfen werden. Wir empfehlen Ihnen, diese Anleitung sorgfältig zu lesen, um das volle Potenzial der Software auszuschöpfen.

Modul: *Berechnung von Schnappverbindungen*

- **12 verschiedene Verbindungsarten**, Verbindungsprinzipien bzw. Federelemente
- Erfassung der erforderlichen Geometriedaten der Federelemente bzw. Verbindungsarten
- Variation durch Auswahl **unterschiedlicher Rastelemente** (Trapzraste, Wulstraste, Dreiecksraste, ...)
- Variation durch Auswahl **unterschiedlicher Querschnitts-Geometrien**
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des **E-Moduls**
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des **E₀-Moduls** mittels der Shorehärte
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des **Reibungs-Koeffizienten**
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung der **zulässigen Dehnung**

Modul: *Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben*

- Gegenstand ist die Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben in Anlehnung an DIN 3990.
- Erfasst werden Nullgetriebe mit 20° Evolventenverzahnung mit Gerad- und Schrägverzahnung sowie Kunststoffe mit einem E-Modul (Ursprungsmodul) nach DIN EN ISO 527 $E_0 > 300 \text{ N/mm}^2$ bzw. mit einer Shorehärte nach DIN EN ISO 7619 $> 60D$.
- Erforderlichenfalls können Getriebe mit Profilverschiebung durch Modifizierung und Präzisierung der relevanten Berechnungsvariablen und Einflussfaktoren nach DIN 3990 berechnet werden.
- Die rechnerischen Tragfähigkeitsnachweise umfassen die Zahnfußfestigkeit, Zahnflankenpressung, Zahnverformung sowie Zahnmasse- und Zahnflankentemperatur mit Angabe der entsprechenden rechnerischen Sicherheiten.
- Festigkeitsnachweise und Temperaturkontrollen für Metallräder in kombinierten Getrieben werden **nicht** berechnet.
- Berechnungen zu mehrstufigen Getrieben können (bei Beachtung der entsprechenden Leistungsverzweigung) als Einzel-Projekte verwaltet/bearbeitet werden.

Modul: *Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter*

- für durchgehend konstante statische Belastung durch Vorgabe der Füllhöhe bei möglicher Variation der Flüssigkeitstemperatur
- für unterbrochene (intermittierende) Belastung durch Vorgabe gleicher oder unterschiedlicher Lastzyklen. Ein Lastzyklus in diesem Zusammenhang ist ein Belastungsschema durch Vorgabe der Zeit, einer konstanten Flüssigkeitstemperatur sowie minimaler bzw. maximaler Füllhöhen. Dabei kann das Gesamtbelastungsschema ein oder

mehrere Lastzyklen enthalten.

- Berechnung der Mindestwanddicke
- geometrische Angaben zu den Bereichen der maximalen Belastung
- Festigkeitsnachweis
- für isotrope und orthotrope Kunststoffe
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des E-Moduls
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des E0-Moduls mittels der Shorehärte
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung des Reibungs-Koeffizienten
- Berechnungsmodul zur überschlägigen Ermittlung der zulässigen Dehnung

Schnelleinstieg

Wählen Sie auf der linken Seite des Hauptfensters das Register für den gewünschten Programm-Module.

Schnelleinstieg - [Berechnung von Schnappverbindungen](#)

Schnelleinstieg - [Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben](#)

Schnelleinstieg - [Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter](#)

Schnappverbindungen

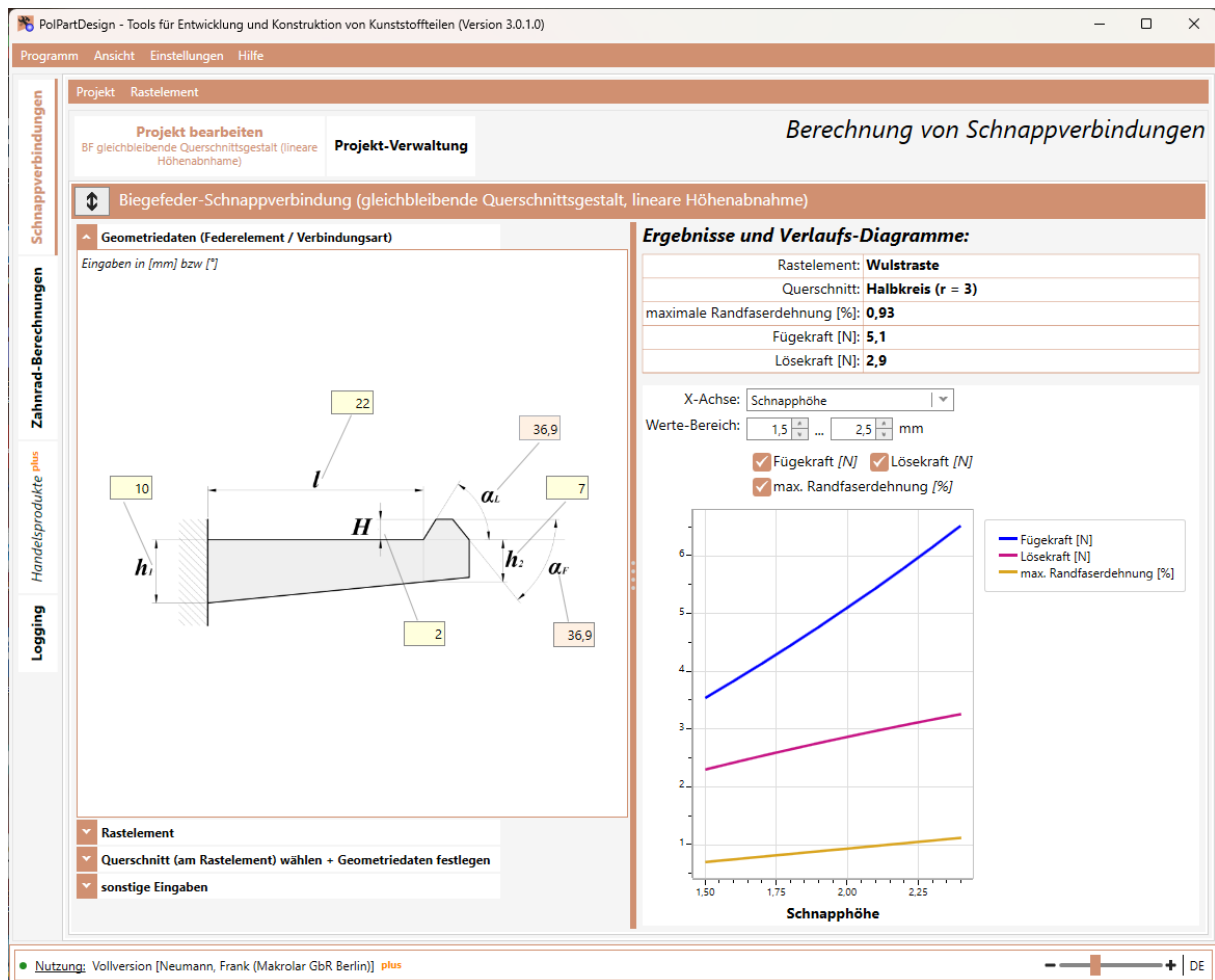
Die Software enthält u.a. einen Modul für **Berechnungen zu Schnappverbindungen**. Dies ist **eine Komponente**, die unter der Software "Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoff-Formteilen" verfügbar ist.

Weitere Software-Komponenten sind in Arbeit und werden dann über entsprechende Updates verfügbar gemacht.

Die vorliegende Hilfe soll Sie im Wesentlichen bei der Nutzung/Bedienung der Software unterstützen. Sollten Sie aktuell die kostenlose **Demo-Version** der Software verwenden, wird an entsprechender Stelle (in dieser Hilfe als auch innerhalb der Software) auf die Unterschiede zur **Vollversion** hingewiesen.

1. Erstellen Sie im Register "Projektverwaltung" ein neues Projekt. Nachfolgend werden Schritt für Schritt die grundlegenden Daten/Eingaben erfasst.
2. Anschließend wird das Register "Projekt bearbeiten" angezeigt. Hier können Sie nun Ihre Eingaben/Entscheidungen vervollständigen bzw. präzisieren.
3. Sobald alle Eingaben/Entscheidungen vorliegen, wird rechts das Ergebnis angezeigt.
4. Fehlen noch Eingaben bzw. sind diese ggf. fehlerhaft werden rechts entsprechende Hinweise angezeigt. Die Ergebnisse bzw. Verlaufsdiagramme sind in diesem Fall nicht sichtbar/deaktiviert.
5. Sobald ein erstes Ergebnis vorliegt, können Sie nun jede Ihrer Eingaben entsprechend ändern und die Auswirkungen auf das Ergebnis sofort evaluieren.
6. Zusätzlich können Sie (abhängig von der Verbindungsart bzw. vom Federelement) in einer zusätzlichen Diagrammansicht die Werte für *Fügekraft*, *Lösekraft*, *Auslenkkraft (Kippbewegung)* und *max. Randfaserdehnung* grafisch anzeigen lassen. Dabei können sowohl Geometriedaten als auch Werkstoff- bzw. Anwendungsdaten als Parameter ausgewählt werden. Diese grafische Ansicht wird ebenfalls sofort aktualisiert, wenn Sie Eingaben und Entscheidungen des Projektes ändern.

Screenshot-Beispiel:



Kunststoffstirnradgetriebe

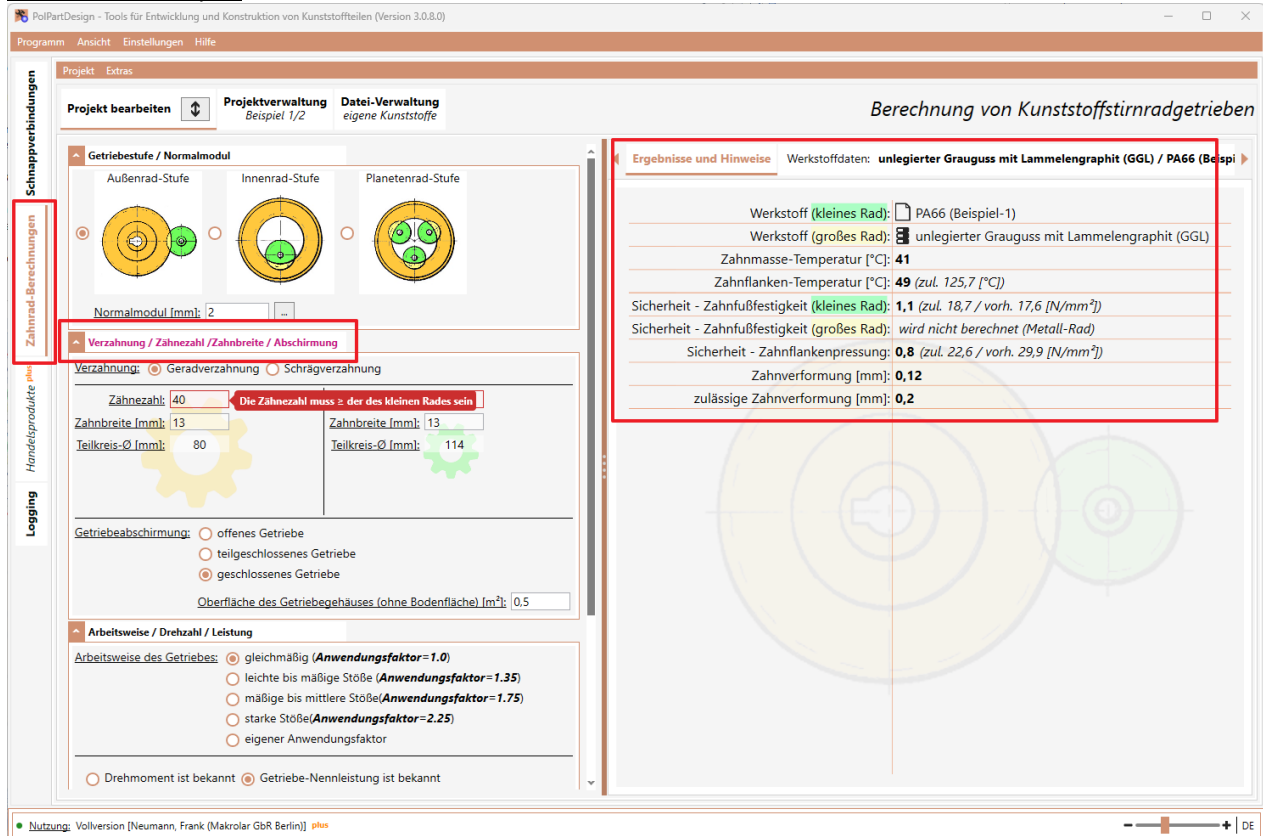
Die Software enthält u.a. einen Modul für Berechnungen von Kunststoffstirnradgetrieben. Das ist **eine Komponente** die unter der Software "Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoff-Formteilen" verfügbar ist.

Weitere Software-Komponenten sind in Arbeit und werden dann über entsprechende Updates verfügbar gemacht.

Die vorliegende Hilfe soll Sie im Wesentlichen bei der Nutzung/Bedienung der Software unterstützen. Sollten Sie aktuell die kostenlose **Demo-Version** der Software verwenden, wird an entsprechender Stelle (in dieser Hilfe als auch innerhalb der Software) auf die Unterschiede zur **Vollversion** hingewiesen.

- Nach dem Start der Software erscheint das Hauptfenster und das Register "Zahnrad-Berechnungen" ist aktuell ausgewählt. Innerhalb dieses Register ist wiederum das Register "Projekt bearbeiten" aktiv.
- Hier sind nun die verschiedenen erforderlichen Eingaben gruppiert. Die einzelnen Gruppen haben eine Überschrift. Die Schriftfarbe der Überschrift ist **rot**, wenn in der Gruppe erforderliche Eingaben fehlen bzw. fehlerhaft sind. Klicken Sie in die Überschrift oder auf das linksstehenden Pfeilsymbol, um die zugehörigen Eingaben einzublenden/auszublenden.
- Bearbeiten Sie für alle Gruppen die erforderlichen Eingaben/Entscheidungen. Sobald alle erforderlichen Eingaben/Entscheidungen vollständig und korrekt sind, werden in der rechten Seite des Registers die Ergebnisse angezeigt.
- Sie können nun Eingaben/Entscheidungen beliebig verändern und die Auswirkungen Ihrer Änderungen rechts in den Ergebnissen sofort bewerten.

Screenshot-Beispiel:



- Die Software wird mit einer lokalen Datenbank ausgeliefert (siehe auch: [Daten der Datenbank](#)), in der übliche Kunststoff und Metalle enthalten sind. Zusätzlich können Sie jedoch auch eigene Kunststoffe hinzufügen/verwalten und für die Berechnungen verwenden (siehe auch [Datei-Verwaltung \(eigene Kunststoffe\)](#))

Kunststoffbehälter

Die Software enthält u.a. einen Modul für die *Berechnung von Kunststoffbehältern mit Flüssigkeitsfüllung* **1**. Das ist **eine Komponente** die unter der Software "Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoff-Formteilen" verfügbar ist.

Weitere Software-Komponenten sind in Arbeit und werden - sobald verfügbar - dann über entsprechende Updates bereit gestellt.

Die vorliegende Hilfe soll Sie im Wesentlichen bei der Nutzung/Bedienung der Software unterstützen. Sollten Sie aktuell die kostenlose **Demo-Version** der Software verwenden, wird an entsprechender Stelle (in dieser Hilfe als auch innerhalb der Software) auf die Unterschiede zur **Vollversion** hingewiesen.

- Erstellen Sie im Register "Projektverwaltung" **2** ein neues Projekt. Nachfolgend werden Schritt für Schritt die grundlegenden Daten/Eingaben erfasst.
- Anschließend wird das Register "Projekt bearbeiten" **3** angezeigt. Hier können Sie nun Ihre Eingaben/Entscheidungen vervollständigen bzw. präzisieren.
- Sobald alle Eingaben/Entscheidungen vorliegen, wird rechts das Ergebnis **4** angezeigt.
- Sobald ein erstes Ergebnis vorliegt, können Sie nun jede Ihrer Eingaben entsprechend ändern und die Auswirkungen auf das Ergebnis sofort evaluieren.

PolPartDesign - Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoffteilen (Version 3.2.0.1)

Programme Ansicht Einstellungen Hilfe

Projekt

Projektverwaltung **2** Projekt bearbeiten **3** Wickelkonstruktion **3**

Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter mit Flüssigkeitsfüllung

Intermittierende Belastung

Basisdaten

Bezeichnung der Flüssigkeit: Wasser

Dichte der Flüssigkeit (ρ) [g/cm^3]: 1,2

es handelt sich um eine Schweiß- oder Klebkonstruktion: ☐

Werkstoff / Werkstoffdaten (isotroper Kunststoff)

Formmasse-Bezeichnung: PE-HD

E0-Modul (E) [N/mm^2]: 1700

Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]: 8

Wärmeformbeständigkeits-Temperatur (HDT/A) [$^{\circ}\text{C}$]: 45

Werkstoff-Deformationscharakteristik: Zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Verstreckbarkeit S (Alle zähnharten Kunststoffe, soweit nicht anders erfasst.)

Temperatur- und Belastungsschema

Durchmesser (d) [mm]: 2200

Lastzyklus hinzufügen... Für die Berechnungen sind nur die Zyklen bzw. Zeiten von Bedeutung, bei denen der Behälter belastet wird (gefüllt ist).

Zyklus 1		Zyklus 2	
tmax [h]	27000	tmax [h]	12600
tmin [h]	3000	tmin [h]	1400
Temperatur (TA) [$^{\circ}\text{C}$]	23	Temperatur (TA) [$^{\circ}\text{C}$]	40
zul. Dehnung [%]	0,5	zul. Dehnung [%]	0,5
Quercontr.-Zahl	0,45	Quercontr.-Zahl	0,45
Mindest-Wanddicke [mm]	14,5	Mindest-Wanddicke [mm]	9,3
result. Zykluszeit (tz) [h]	60000	result. Zykluszeit (tz) [h]	28000

Berechnungen / Ergebnisse **4**

Mindest-Wanddicke (s) [mm]: 14,5

Ordinate der maximalen Spannung für die Mindest-Wanddicke (χ_{min}) [mm]: 298

gewählte Wanddicke [mm]: 15

Ordinate der maximalen Spannung der gewählten Wanddicke (χ_{min}) [mm]: 296

Festigkeitsnachweis (max./zul. Spannung) [N/mm^2]: 2,79 / 2,89

Festigkeitsnachweis (Sicherheitsfaktor): 1,03

Sonstige Informationen / Werte / Ergebnisse

maximaler Wanddruck [N/mm^2]: 0,040

letzte Änderung/Berechnung: 12.04.2025 12:00:18

Prinzip-Skizze:

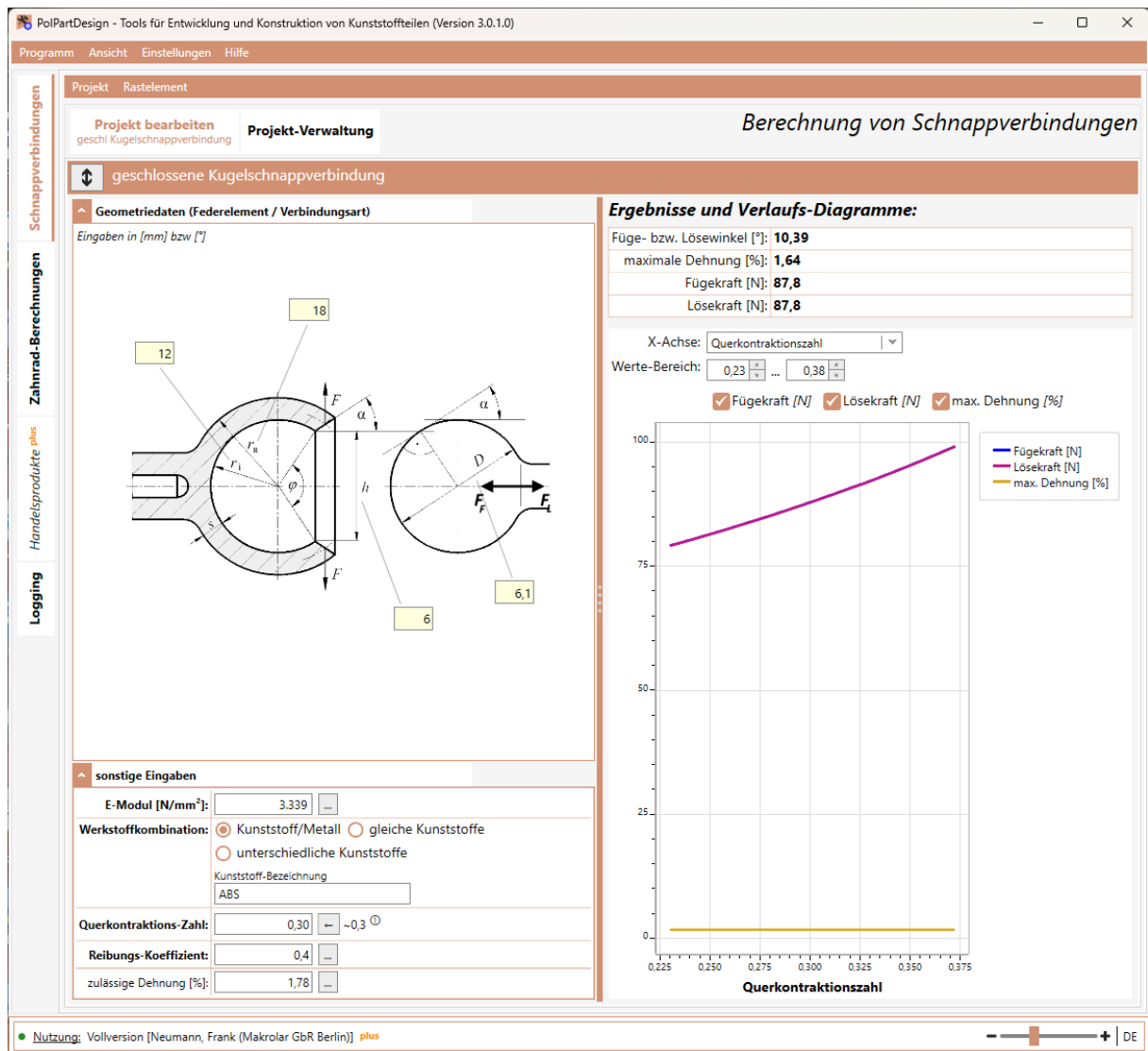
Berechnung von Schnappverbindungen

Schnappverbindungen sind eine Art der Verbindungstechnik, die häufig in Anwendungen verwendet, in denen eine schnelle und einfache Montage erforderlich ist, ohne dass z.B. Schrauben oder Niete verwendet werden müssen.

Eine Schnappverbindung besteht i.d.R. aus zwei Teilen, die miteinander verbunden werden können, indem sie einfach zusammengedrückt werden. Die Verbindung bleibt sicher und stabil, solange sie belastet wird, und kann jederzeit schnell und einfach gelöst werden, indem man die beiden Teile voneinander trennt.

Schnappverbindungen gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen und Größen, abhängig von den spezifischen Anforderungen der Anwendung.

Screenshot-Beispiel:



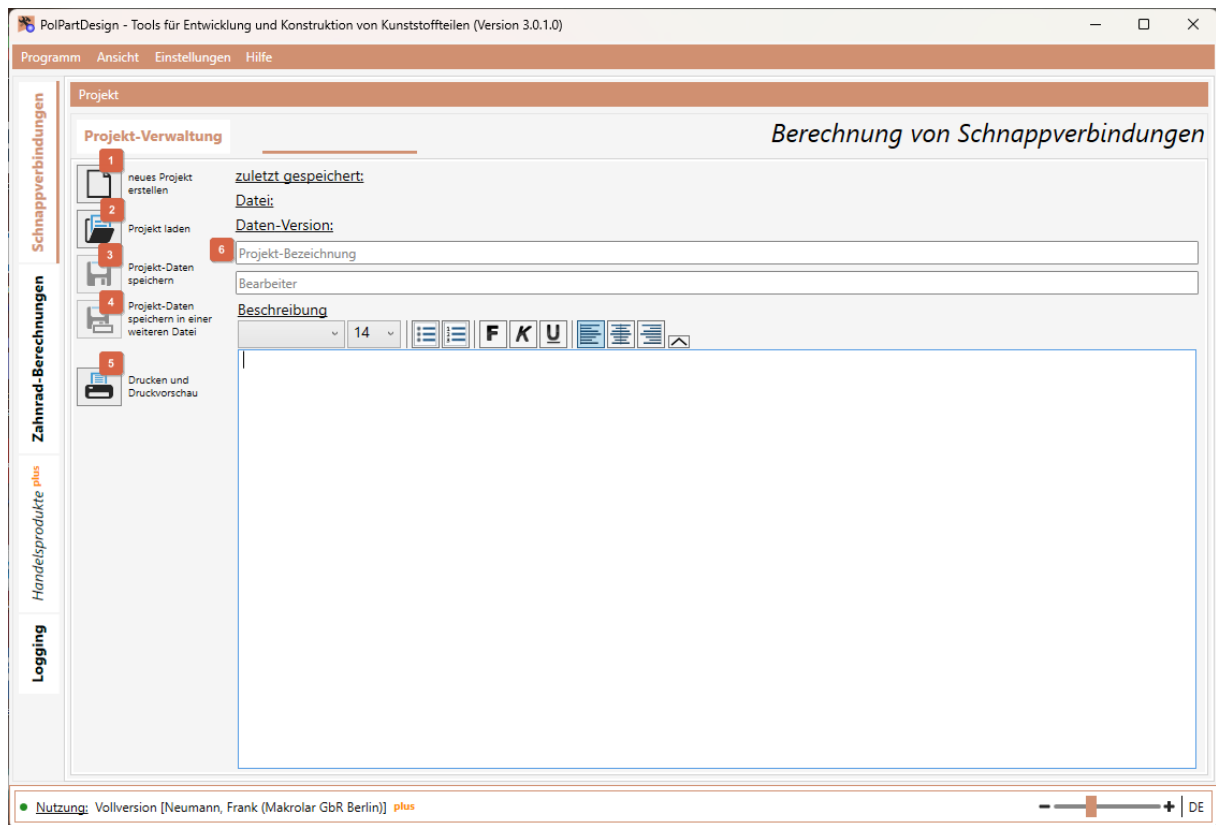
Bedienung

[Projektverwaltung](#)

[Projekt bearbeiten](#)

Projektverwaltung

So lange noch kein Projekt geladen oder neu erstellt wurde, befinden Sie sich in der Ansicht/im Register *Projektverwaltung*.



Hier können Sie ein neues Projekt **1** erstellen, ein vorhandenes Projekt laden **2**, die aktuellen Daten eines Projektes speichern **3** oder das Projekt unter einem anderen Namen/andere Datei speichern **4**.

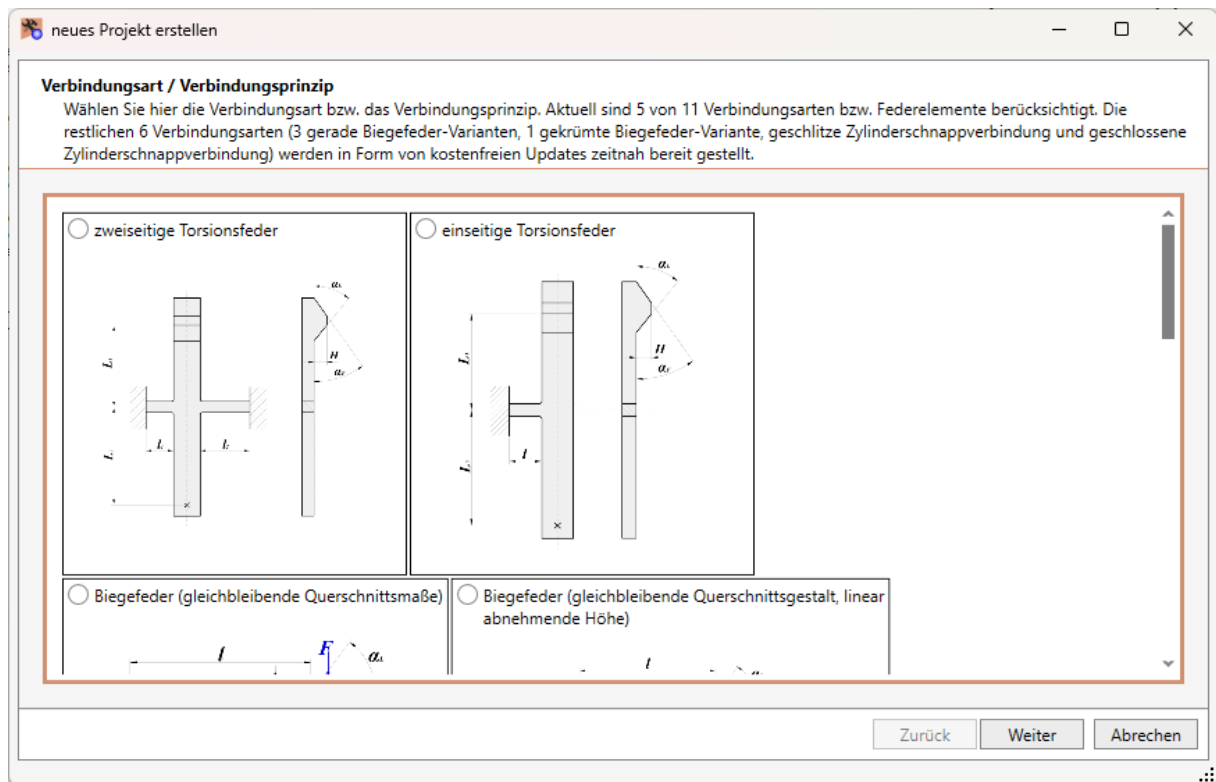
Projekte werden als einzelne Dateien gespeichert. Um eine Datei bzw. ein Projekt speichern zu können, muss mindestens die Projektbezeichnung **6** eingetragen sein.

Zum Drucken bzw. für die Druckvorschau klicken Sie den entsprechenden Schalter **5**.

neues Projekt erstellen

- Klicken Sie im Register *Projekt-Verwaltung* auf den Schalter *neues Projekt erstellen*
- Anschließend öffnet sich ein Fenster in dem Schritt für Schritt die Minstdaten für ein Projekt abgefragt werden
- Minstdaten sind die *Verbindungsart bzw. das Verbindungsprinzip*, das *Rastelement* und Informationen zur *Werkstoffkombination*
- Sie können das Fenster zu jederzeit beenden und die Eingaben später innerhalb des Projektes vornehmen beziehungsweise ändern. Dazu klicken Sie jeweils auf *[Weiter]* und am Ende auf *[Fertigstellen]*

Screenshot-Beispiel (Auswahl der Verbindungsart/des Verbindungsprinzips):



Wenn Sie das Fenster über *[Fertigstellen]* beendet haben, wird automatisch zur Projektansicht gewechselt. Hier können Sie nun z.B. alle fehlenden Daten eingeben und vorhandene Daten korrigieren/präzisieren.

Wechseln Sie gegebenenfalls erneut in das Register *Projektverwaltung* um ihre Eingaben zu speichern. Es gibt auch einen entsprechenden Menüpunkt im Hauptmenü *Projekt*, um die Daten zu speichern.

Handelt es sich um eine neues Projekt, werden Sie beim Speichern aufgefordert, einen Dateinamen und einen Speicherort festzulegen .

Projekt laden

Klicken Sie in der *Projektverwaltung* auf den entsprechenden Schalter um eine vorhandene Datei eine vorhandene Projektdatei zu laden.

Anschließend öffnet sich ein Fenster in dem sie die Datei auswählen können .

Nachdem die Datei geladen wurde, wechselt die Programmansicht automatisch in das Register *Projekt bearbeiten*. Hier werden die Daten angezeigt und diese können dann präzisiert/verändert werden.

Sofern alle erforderlichen Daten vorliegen, wird das Ergebnis sofort angezeigt bzw. aktualisiert.

Projekt bearbeiten

[Verbindungsart / Federelement](#)
[Rastelement](#)
[Federelement-Querschnitte](#)
[sonstige Eingaben](#)

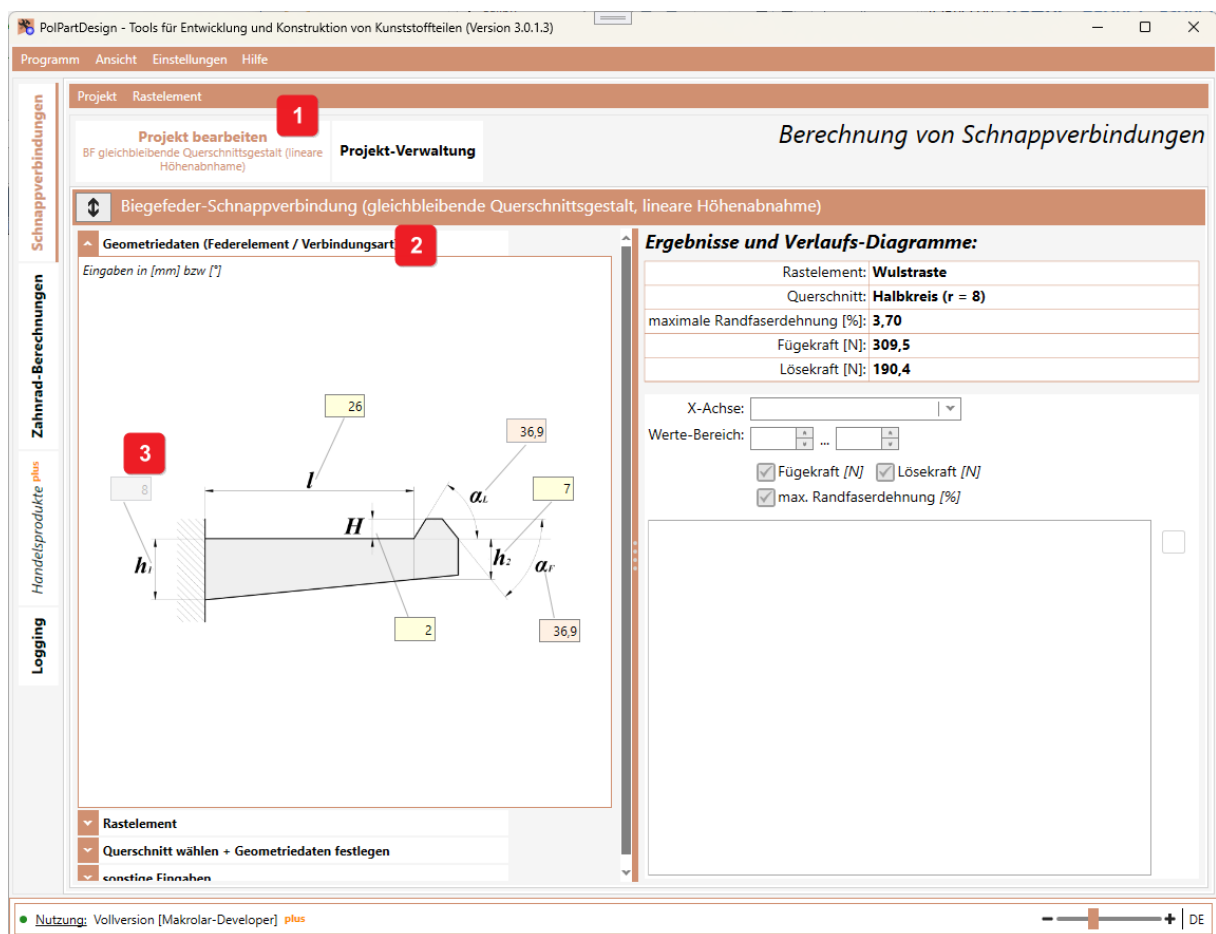
Verbindungsart / Federelement

Die Verbindungsart bzw. das Federelement sind Basisdaten eines jeden Projektes und können innerhalb eines Projektes nicht nachträglich geändert werden.

Um eine andere Verbindungsart bzw. Federelement zu bearbeiten, erzeugen Sie bitte einfach ein [neues Projekt](#). Danach werden alle Daten im Register *Projekt bearbeiten* **1** angezeigt und können weiter präzisiert werden.

An oberster Position finden Sie die Eingaben zu *Geometriedaten (Federelement / Verbindungsart)* **2**. Hier werden die Daten zur Geometrie des Federelementes bzw. der Verbindungsart erfasst.

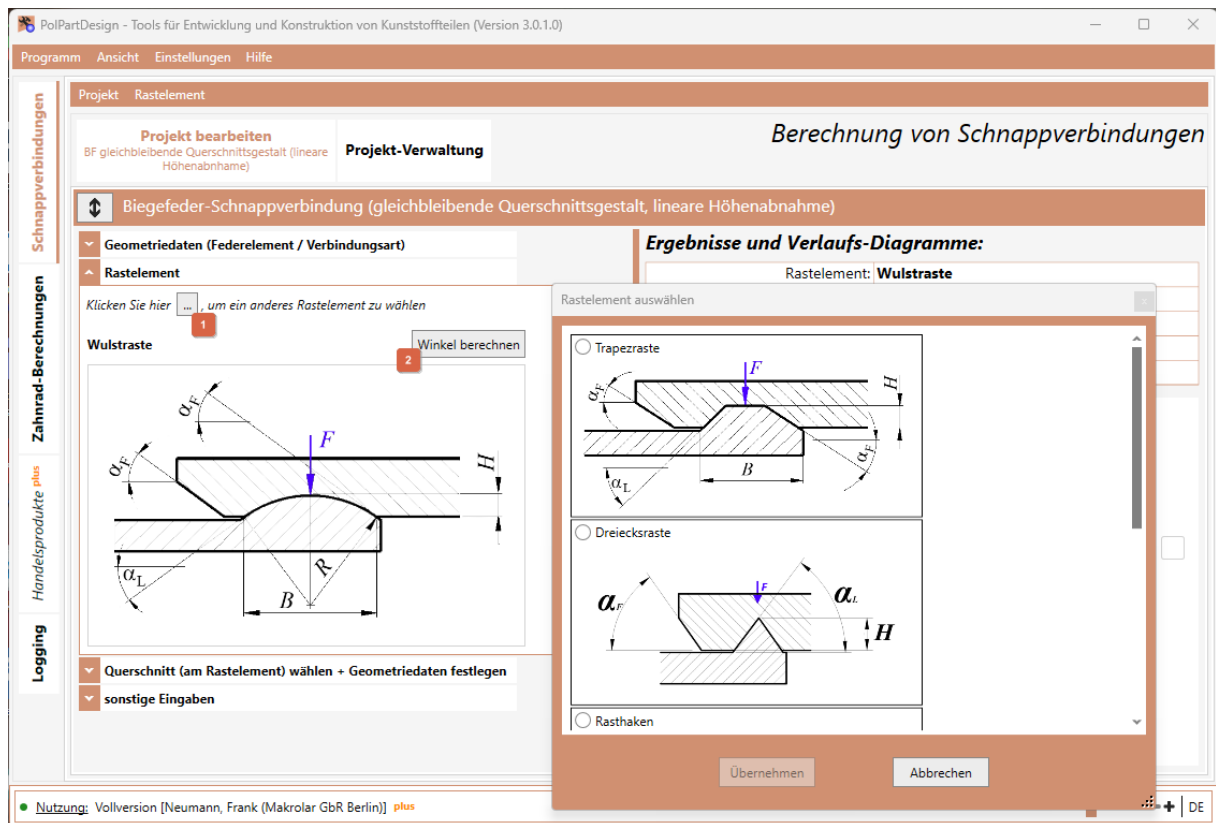
Hinweis: Bei Biegefedern mit linearer Höhen- oder Breitenabnahme korrelieren die Querschnitts-Eingaben mit den Höhen- und Breitenangaben an der Einspannstelle. Deshalb wird die Höhe bzw. Breite beim Federelement/Verbindungsart nur angezeigt und kann nicht editiert werden **3**.



Rastelement

Im Register *Rastelement* wird ihre aktuelle Auswahl angezeigt.

Über den Schalter [...] **1**, können Sie nachträglich ein anderes Rastelement zuordnen. In diesem Fall werden die Werte für Füge- und Lösewinkel gelöscht und müssen neu angegeben werden.

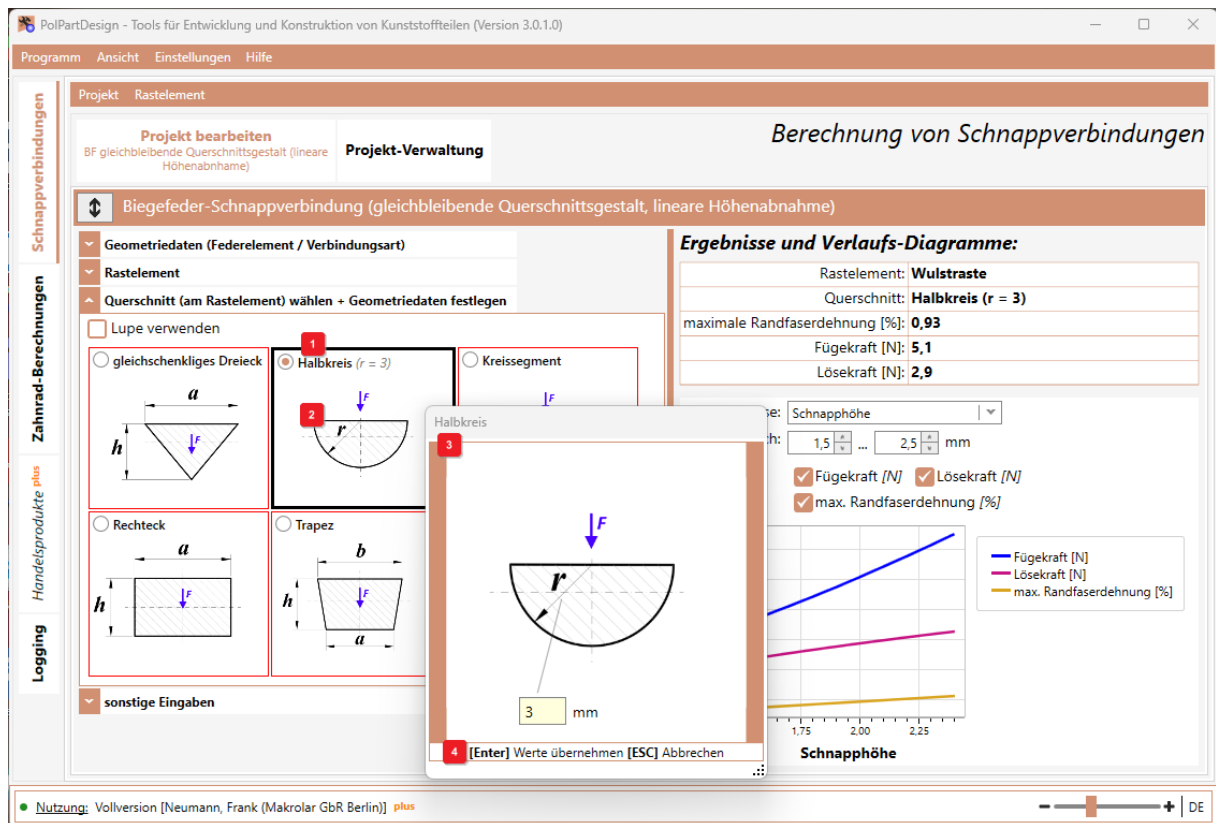


- Haben Sie den *Rasthaken* als Rastelement ausgewählt, wird automatisch 90° als Lösewinkel (unlösbare Verbindung) eingetragen.
- Haben Sie als Rastelement die *Wulst-Raste* gewählt, dann können Sie die Füge- und Lösewinkel berechnen **2** und übernehmen.
- Die Auswahl von Rastelementen ist abhängig von der Verbindungsart bzw. dem Federelement. So ist zum Beispiel bei einer geschlossenen Kugel-Schnappverbindung kein Rastelement auswählbar.

Federelement-Querschnitte

Im Register *Querschnitte* werden Ihnen die möglichen Querschnitte für das Rastelement angezeigt. Die möglichen Querschnitte sind abhängig von der gewählten Verbindungsart bzw. dem Federelement.

Die Querschnittsmaße gelten jeweils an der Einspannstelle.



- um einen Querschnitt auszuwählen, klicken Sie mit der Maus auf die entsprechende Bezeichnung **1**
- um die Geometriedaten des Querschnittes festzulegen/zu bearbeiten, Doppel-Klicken Sie mit der Maus in die Grafik **2**. Es wird danach ein weiteres Fenster **3** geöffnet, in dem die Geometriedaten eingegeben werden können.
- Drücken Sie die Enter-Taste **4**, um die Eingaben zu übernehmen. Oder drücken Sie die ESC-Taste, um die Eingabe abzubrechen.

Hinweis: Bei Biegefedern mit linearer Höhen- oder Breitenabnahme korrelieren die Querschnitts-Eingaben mit den Höhen- und Breitenangaben an der Einspannstelle. Deshalb wird die Höhe bzw. Breite beim Federelement/Verbindungsart nur angezeigt und kann nicht editiert werden.

Rechteck-Querschnitt

Kontrolle der Kippstabilität:

Bei geraden Biegefedern mit Rechteckquerschnitt, deren **Höhe** wegen spezieller konstruktiver Anforderungen **größer als** die **Breite** ist, besteht u.U. die Gefahr der Instabilität durch Trägerkippen.

In diesem Fall wird zusätzlich in den Ergebnisse die Kippsicherheit mit angegeben **1**. Die Grenzwerte üblicher Sicherheitsfaktoren liegen im Bereich von 1,2 ... 1,5.

Ergebnisse und Verlaufs-Diagramme:

Rastelement:	Trapezraste
Querschnitt:	Rechteck (a = 3; h = 7)
maximale Randfaserdehnung [%]:	3,50
Fügekraft [N]:	273,6
Lösekraft [N]:	212,2
Kippsicherheit:	Sicherheitsfaktor = 1,8

1

sonstige Eingaben

Bei den *sonstigen Eingaben* können Sie einfach die entsprechenden Werte eingeben oder überschlägig berechnen lassen. Z.B. haben wir **Berechnungsmodule** für *E-Modul*, *E₀-Modul*, die *zulässige Dehnung* und den *Reibungskoeffizienten* integriert.

Wählen Sie dazu den daneben stehenden Schalter **1** um den Berechnungsdialog aufzurufen. Am Ende des Dialogs wird Ihnen das Ergebnis angezeigt und Sie können die Werte übernehmen.

Die Berechnung des Reibungskoeffizienten ist abhängig von der gewählten Werkstoffkombination. D.h., Sie müssen zunächst die Art der Werkstoffkombination **2** wählen bevor Sie den Dialog für den Reibungskoeffizienten aufrufen können.

Die Software merkt sich i.d.R. die letzten Eingaben der einzelnen Berechnungsmodule (projekt-unabhängig). D.h., wenn Sie diese erneut aufrufen sind die zuletzt eingegebenen Daten noch enthalten. Das gilt auch, wenn Sie die Software beenden, neu starten oder ein neues Projekt bearbeiten.

Hinweise zur Berechnung des **Sekanten-E-Moduls**:

- Für die überschlägige Berechnung des **Sekanten-E-Moduls** ist die max. Dehnung erforderlich.

Diese wiederum bedingt, dass die entsprechenden geometrischen Abmessungen vorher eingetragen wurden. Je nach Verbindungsart sind ggf. weitere Daten für die Berechnung der max. Dehnung erforderlich. Eine entsprechende Meldung wird ggf. zusätzlich angezeigt.

- Das bedeutet auch, dass Sie den Sekanten-E-Modul nochmal überprüfen sollten, wenn Sie die erforderlichen Daten verändern.

Sekanten-E-Modul:

überschlägliche Berechnung des Sekanten-E-Moduls

Die berechneten Werte gelten für eine **zügige (kurzzeitige)** Beanspruchung.

E0-Modul [N/mm ²]	3000	...
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur [°C]	50	
Füge-/Anwendungs-Temperatur [°C]	40	
Ergebnis - E-Modul [N/mm²] (bei einer max. Dehnung von 1,5 %)	2.133	

Übernehmen Abbrechen

Reibwert:

Reibwert-Berechnung

Werkstoff-Zuordnung für SAN	Amorphe Thermoplaste und TPE (Shore D > 60) v	
Anwendungs-Bedingung:	☒ Trockengleitreibung bzw. PTFE-Kunststoff ☐ Feuchte bzw. fettverunreinigte Reibflächen ☐ Reibkraftmindernde Zusatzstoffe für Kunststoffe (z.B. Graphit, Silikon, PTFE)	
Reibwert (Trockengleitreibung Polymer/Stahl) für SAN	0,4	~0,4...0,6 ①
Ergebnis - Reibwert	0,4	

① Orientierungswert(e), soweit die dafür erforderlichen Daten/Eingaben bereits vorliegen.

Übernehmen Abbrechen

zulässige Dehnung:

überschlägliche Berechnung der zulässige Dehnung

Die berechneten Werte gelten für eine **zügige (kurzzeitige)** Beanspruchung.

Werkstoff-Deformationscharakteristik:  ☒ Sprödharte Kunststoffe mit Trennbruchversagen. Bruchdehnung $\leq 4\%$. (PS; SMS; SAN; PMMA; AMMA; PVK; SMMA; MMAS; COC; PEI; PBI; PPS; LCP; EP; UP; VE; PF; MF; UF)

☐ Zähnharte Kunststoffe mit begrenzter Verformbarkeit oder Craze-Verformung mit Riss-Stopper. Streckgrenzdehnung $\leq 4\%$. (Schlagzähblends und elastomermodifizierte Kunststoffe (z.B. SB; ABS; ASA); Glasfaserverstärkte Kunststoffe im Übergangsbereich zwischen Spröbruch und Verstreckungsbruch.)

☐ Zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Verstreckbarkeit. Streckgrenzdehnung $> 4\% \dots 20\%$. (Alle zähnharten Kunststoffe, soweit nicht anders erfasst.)

☐ Flexible oder weichelastische Kunststoffe (Shore: ≤ 60 D) mit Ersatzstreckgrenzen am Dehnungsplateauübergang. Ersatzstreckgrenzen meist über 20% . (Weichmacherhaltige Kunststoffe und thermoplastische Elastomere (Shore: ≤ 60 D); Thermoplastische Kautschuke; Polyolefine geringer Dichte (z.B. PE-LD; PIB; EVAC; EIM); Polyfluorcarbone.)

Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]	4
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur [°C]	100
Füge-/Anwendungs-Temperatur [°C]	23
Montage-/Demontage-Anzahl (Lastwechselzahl)	10
Ergebnis - zulässige Dehnung [%]	1,78

Übernehmen Abbrechen

spezielle Hinweise

Hinweis: Die Software kann derzeit (noch) nicht alle Ihre Eingaben auf Sinnhaftigkeit überprüfen. Bitte stellen Sie sicher, dass Ihre Eingaben logisch und korrekt sind, um die bestmöglichen Ergebnisse zu erhalten.

[Kugelschnappverbindung](#)

[Querkrafteinfluß bei kurzen Biegefedern](#)

Kugelschnappverbindung

Bei der Einführungshöhe h wird zusätzlich eine **Mindesteinführungshöhe** auf Basis des **Kugeldurchmessers** und der **zulässigen Dehnung** berechnet. Ist die eingegebene Einführungshöhe kleiner dem berechneten Mindestwert wird ein entsprechender Hinweis angezeigt.

Querkrafteinfluß bei kurzen Biegefedern

Bei sehr kurzen Biegefedern muss der **Querkrafteinfluss als Schubverformungsanteil** der Durchbiegung berücksichtigt werden.

In der Software erscheint ein entsprechender Hinweis bezüglich einer Mindestlänge, wenn diese unterschritten ist.

Die *Querschnittsfläche* und das *Biegeträgheitsmoment* sind hier die relevanten Parameter, die Sie ggf. anpassen müssen.

Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben

Bedienung

Nachfolgend wird die grundsätzliche Bedienung erläutert.

[Projektverwaltung](#)

[Projekt bearbeiten](#)

[Datei-Verwaltung \(eigene Kunststoffe\)](#)

Projektverwaltung

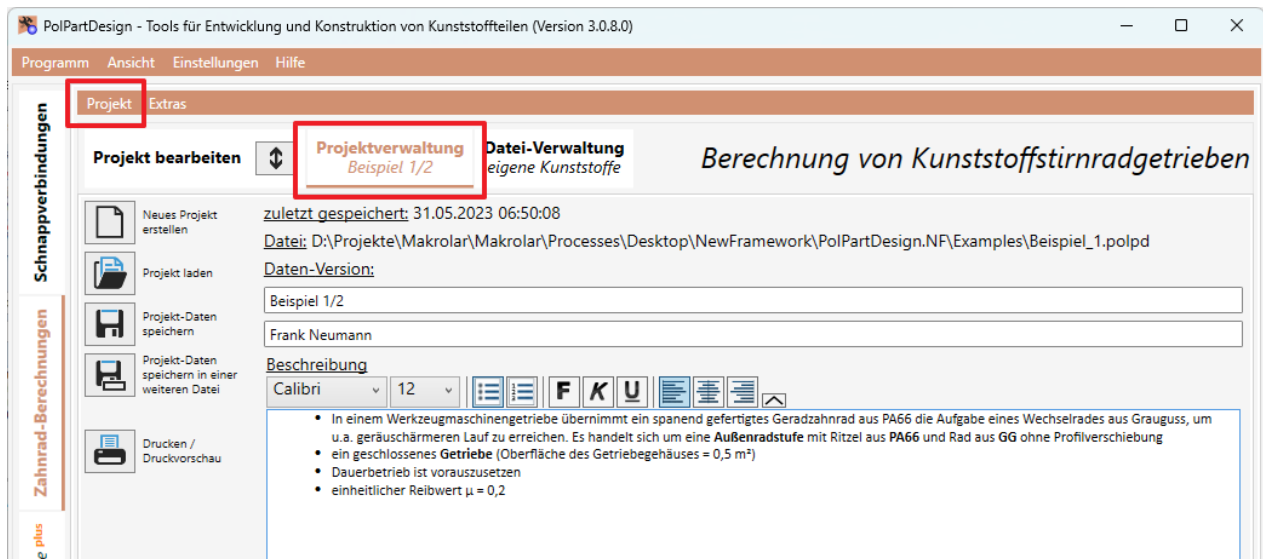
Für die Projektverwaltung gibt es ein entsprechendes Menü im Hauptmenü sowie ein eigenes Register *Projektverwaltung* im Hauptfenster der Software.

Mindestangabe, um ein Projekt speichern zu können ist die *Projekt-Bezeichnung*. Sobald Sie diese eingegeben haben, können Sie das Projekt über den entsprechenden Schalter oder den Menüpunkt speichern. Darauf hin wird ein Dialog geöffnet, in dem Sie dann den Speicherort und den Dateinamen festlegen.

Weitere Projektangaben sind *Bearbeiter* und *Beschreibung*. Alle Angaben können nachträglich ergänzt und bearbeitet werden.

Die *Beschreibung* kann nach Ihren Wünschen formatiert werden, indem Sie den gewünschten Text markieren. Danach öffnet sich ein Kontext-Menü mit entsprechenden Format-Optionen.

Alle Projektangaben/Eingaben/Entscheidungen können in einer Druckvorschau angezeigt und ausgedruckt werden.



Weiterhin können Sie über die entsprechenden Schalter/Menü-Punkte:

- ein *neues Projekt anlegen* (Ihre bisherigen Eingaben gehen verloren)
- ein vorhandenes *Projekt* aus einer Datei *laden* (Ihre bisherigen Eingaben gehen verloren)
- das *Projekt* in einer neuen/weiteren Datei *speichern*

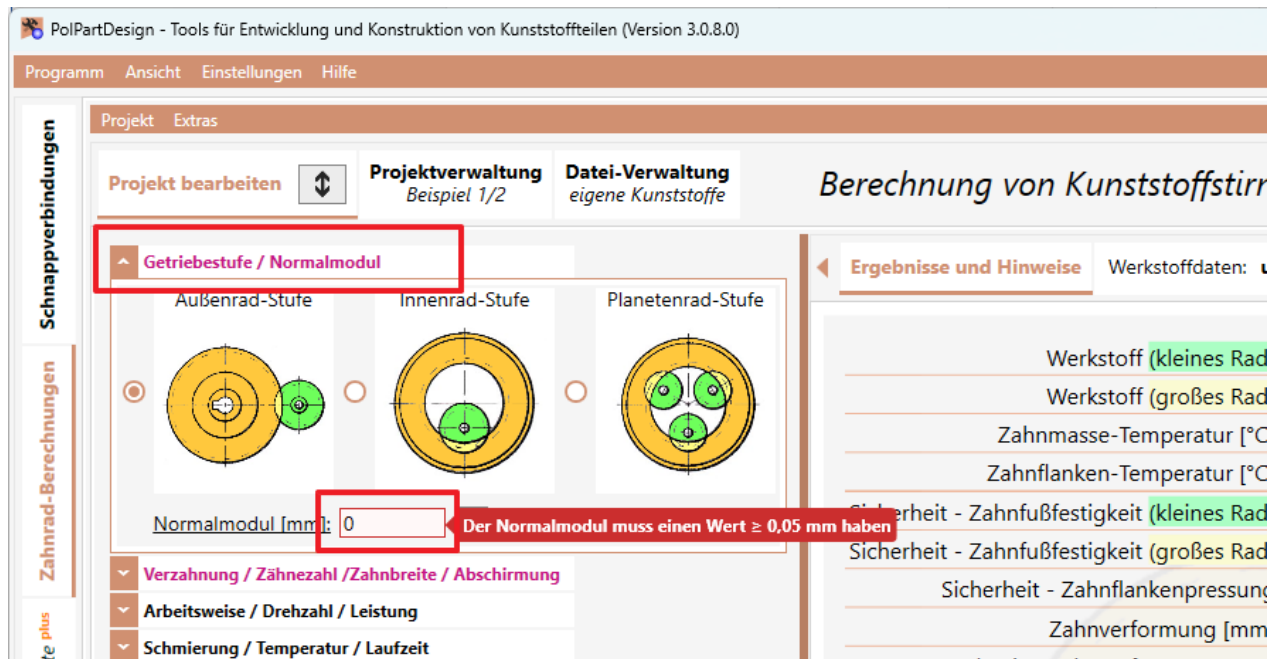
Projekt bearbeiten

Die einzelnen Eingaben und Entscheidungen sind logisch gruppiert. Diese sind in einzelnen Registern angeordnet. Die Register können einzeln/zusammen auf- und zugeklappt werden.

Sind pro Register alle Eingaben vollständig und korrekt, erscheint die Überschrift des Register in

schwarzer Textfarbe. Solange noch Eingaben/Entscheidungen fehlen, ist die **Textfarbe rot**.

Zusätzlich wird bei Eingabefeldern unmittelbar daneben ggf. ein Hinweis-Text angezeigt, der den Fehler genauer beschreibt.



Wir empfehlen Ihnen die Eingaben von "oben" nach "unten" durchzugehen, da bestimmte Zwischenergebnisse von vorher getroffenen Eingaben/Entscheidungen abhängen.

Sobald alle Angaben vorliegen, werden Ihnen die Ergebnisse rechts angezeigt. Nun können Sie beliebige Eingaben/Entscheidungen verändern und die resultierenden Auswirkungen sofort bewerten.

Getriebestufe / Normalmodul

- wählen Sie die Getriebestufe
- geben Sie ggf. die Ritzelanzahl an (Planetenrad-Stufe)
- geben Sie den Normalmodul ein bzw. wählen Sie diesen mit Hilfe der *Vorzugsreihen* aus

(Normal)modul m :

m = Teilkreisdurchmesser d geteilt durch die Zähnezahl z

$$m = \frac{d}{z}$$

Normalmodul ist der Modul im Normalschnitt (einer zu den Flankenlinien senkrechten Fläche der Verzahnung). Die Normalschnittfläche ist räumlich gekrümmt.

Es können nur Zahnräder des gleichen Moduls kombiniert werden. Um die Auswahl zueinander passender Zahnräder zu vereinfachen und um standardisierte Werkzeuge verwenden zu können, sind in der **DIN 780** *Vorzugsreihen* definiert.

Hinweise zur DEMO-Version:

- bei Wahl der Getriebestufe "*Planetenrad-Stufe*" ist die Anzahl der Ritzel mit 4 vorgegeben und kann nicht geändert werden

Verzahnung / Zähnezahl / Zahnbreite / Abschirmung

- wählen Sie die Verzahnungsart
- geben Sie ggf. den Schrägungswinkel ein (Schrägverzahnung)
- geben Sie die Zähnezahl und die Zahnbreite für kleines und großes Rad ein. Die Mindestzähnezahl beträgt 14.
- wurde vorher der Normalmodul bereits eingegeben, werden die Teilkreisdurchmesser sofort berechnet und angezeigt.
- wählen Sie die Art der Getriebeabschirmung
- geben Sie für geschlossene bzw. teilgeschlossene Getriebe die Oberfläche des Getriebegehäuses ein

Unter **Getriebeabschirmung** gegenüber der freien Umgebung werden sowohl spezielle Getriebeumhausungen (Getriebegehäuse) als auch jede Form konstruktiv vorgegebener Hüllen, Wände, Abdeckungen u.a. verstanden.



Wenn Sie die Zähnezahl eines Rades ändern, wird die **Drehzahl** des jeweils anderen Zahnrades neu berechnet (sobald auch alle anderen erforderliche Eingaben/Entscheidungen vorliegen).

Hinweise zur DEMO-Version:

- Zähnezahlen nur im Bereich von 50...70 zulässig
 - bei Schrägverzahnung kann nur 11° als Schrägungswinkel angegeben werden
-

Arbeitsweise / Drehzahl / Leistung

- wählen Sie die Arbeitsweise des Getriebes
- wenn Sie *eigener Anwendungsfaktor* gewählt haben, müssen Sie zusätzlich den Faktor eingeben
- geben Sie an, ob das *Drehmoment* oder die *Getriebeennleistung* vorgegeben ist
- geben Sie entweder das Drehmoment für eines der beiden Räder an oder Sie geben die Getriebeennleistung ein. Die jeweils anderen Werte werden sofort berechnet (sofern alle anderen Mindestangaben vorliegen).



Wenn Sie den Wert des Drehmoments ändern, wird die Getriebeennleistung und das Drehmoment des jeweils anderen Zahnrades berechnet.



Wenn Sie den Wert für die Getriebeennleistung ändern, werden die Drehmomente der Zahnräder neu berechnet.

Hinweise zur DEMO-Version:

- der *eigene Anwendungsfaktor* (Arbeitsweise des Getriebes) kann nicht verwendet werden
 - Drehzahlen werden nur im Bereich von 500 ... 1400 U/min unterstützt
 - Die Getriebeennleistung ist nicht editierbar
-

Schmierung / Temperatur / Laufzeit

- wählen Sie die Art der Schmierung
- geben Sie die Umgebungstemperatur des Getriebes ein
- wählen Sie bei Getriebelaufzeit *Dauerbetrieb* bzw. *Aussetzbetrieb*
- im Falle von *Aussetzbetrieb*, müssen Sie zusätzlich die *relative Einschaltdauer* eingeben. [Die relative Einschaltdauer gibt das Verhältnis von Nutzungsdauer zur Ruhezeit an.](#)
- geben Sie die *Gesamtlaufzeit des Getriebes* ein. Die *Lastwechselzahl des Ritzels* wird (sofern alle anderen notwendigen Eingaben/Entscheidungen vorliegen) sofort berechnet

Getriebelaufzeit:

- Bei *Aussetzbetrieb* der Zahnradgetriebe ist die Einstellung des thermischen Gleichgewichts für Zahnmasse- und Zahnflankentemperatur von der Getriebelaufzeit pro Laufzeitzyklus abhängig. Bei Laufzeiten über 80 min kann Dauerbetrieb vorausgesetzt werden. Anderenfalls ist die Einschaltdauer pro Laufzeitzyklus für das Niveau der erreichbaren Zahntemperaturen bestimmend.
- Dynamische Zusatzkräfte aus der Arbeitsweise des Getriebes (Antrieb und angetriebene Maschinen und Geräte) werden bei der Zahnradberechnung durch den Anwendungsfaktor nach DIN 3990 Teil 1 berücksichtigt. Dabei kann es sich um Schätzwerte oder um vorgegebene Betriebswerte handeln.

Hinweise zur DEMO-Version:

- als *Art der Schmierung* steht nur die *Einmalfettschmierung* zur Auswahl. In Folge dessen und in diesem Fall, ist der berechnete Reibwert unabhängig von den gewählten Werkstoffen der Zahnpaarung (siehe auch [Werkstoffe / Werkstoffpaarung](#)).
-

Werkstoffe / Werkstoffpaarung / Reibwert

- Wählen Sie hier für die Zahnrad-Paarung die entsprechenden Werkstoffe aus. Soweit möglich, wird der Reibwert für die gewählte Paarung berechnet und angezeigt.
- wenn Sie *eigenen Reibwert verwenden* gewählt haben, müssen die diesen zusätzlich eingeben. Dieser wird dann anstelle des Reibwertes der Zahnrad-Paarung für die weitere Berechnung verwendet.

Die Listen der auswählbaren Werkstoffe enthalten sowohl Metalle als auch Kunststoffe. Für die Berechnung muss **mindestens ein Werkstoff** der Zahnrad-Paarung ein **Kunststoff** sein.

Zahnrad-Berechnung

 Handelsprodukte plus

 Logging

Schmierung / Temperatur / Laufzeit
 Werkstoffe / Werkstoffpaarung / Reibwert

☐ den Reibwert **0,275** (der gewählten Zahnrad-Werkstoff-Kombination) verwenden
☒ eigenen Reibwert verwenden

Wählen Sie aus den nachfolgenden Listen die Werkstoffe für die Zahnpaarung aus. Sie können zwischen Werkstoffen aus der Datenbank und Ihren eigenen Werkstoffen wählen.

Kunststoff		Test_en (Datei: Test_en.pdpdf)
Kunststoff		Test (Datei: Test.pdpdf)
Kunststoff		POM (Datei: POM.pdpdf)
Kunststoff		PA66 (Beispiel-1) (Datei: PA66_Beispiel1.pdpdf)
Kunststoff		PA66 (Datei: PA66.pdpdf)
Kunststoff		PA6 (Datei: PA6.pdpdf)
Kunststoff		HGW 2081 (Grobgewebe)
Kunststoff		HGW 2082 (Feingewebe)
Kunststoff		PA6
Kunststoff		PA66
Kunststoff		PA6G
Kunststoff		PBT
Kunststoff		PEEK
Kunststoff		POM
Metall		Alu-Legierungen
Metall		korrosionsbeständiger Stahl

Kunststoff		Test_en (Datei: Test_en.pdpdf)
Kunststoff		Test (Datei: Test.pdpdf)
Kunststoff		POM (Datei: POM.pdpdf)
Kunststoff		PA66 (Beispiel-1) (Datei: PA66_Beispiel1.pdpdf)
Kunststoff		PA66 (Datei: PA66.pdpdf)
Kunststoff		PA6 (Datei: PA6.pdpdf)
Kunststoff		HGW 2081 (Grobgewebe)
Kunststoff		HGW 2082 (Feingewebe)
Kunststoff		PA6
Kunststoff		PA66
Kunststoff		PA6G
Kunststoff		PBT
Kunststoff		PEEK
Kunststoff		POM
Metall		Alu-Legierungen
Metall		korrosionsbeständiger Stahl

Die Symbole der ersten Spalte der Listen haben folgende Bedeutung:

- es handelt sich um einen Werkstoff, dessen Daten in der mitgelieferten **lokalen Datenbank** enthalten sind
- es handelt sich um einen Kunststoff, der von Ihnen definiert und **als Datei gespeichert** wurde (siehe auch: [Datei-Verwaltung \(eigene Kunststoffe\)](#))

Hinweis: Für **Metalle** können derzeit **nur** die **Daten** aus der mitgelieferten **lokalen Datenbank** verwendet werden. Eigene Daten sind derzeit nicht nutzbar.

Hinweise zur DEMO-Version:

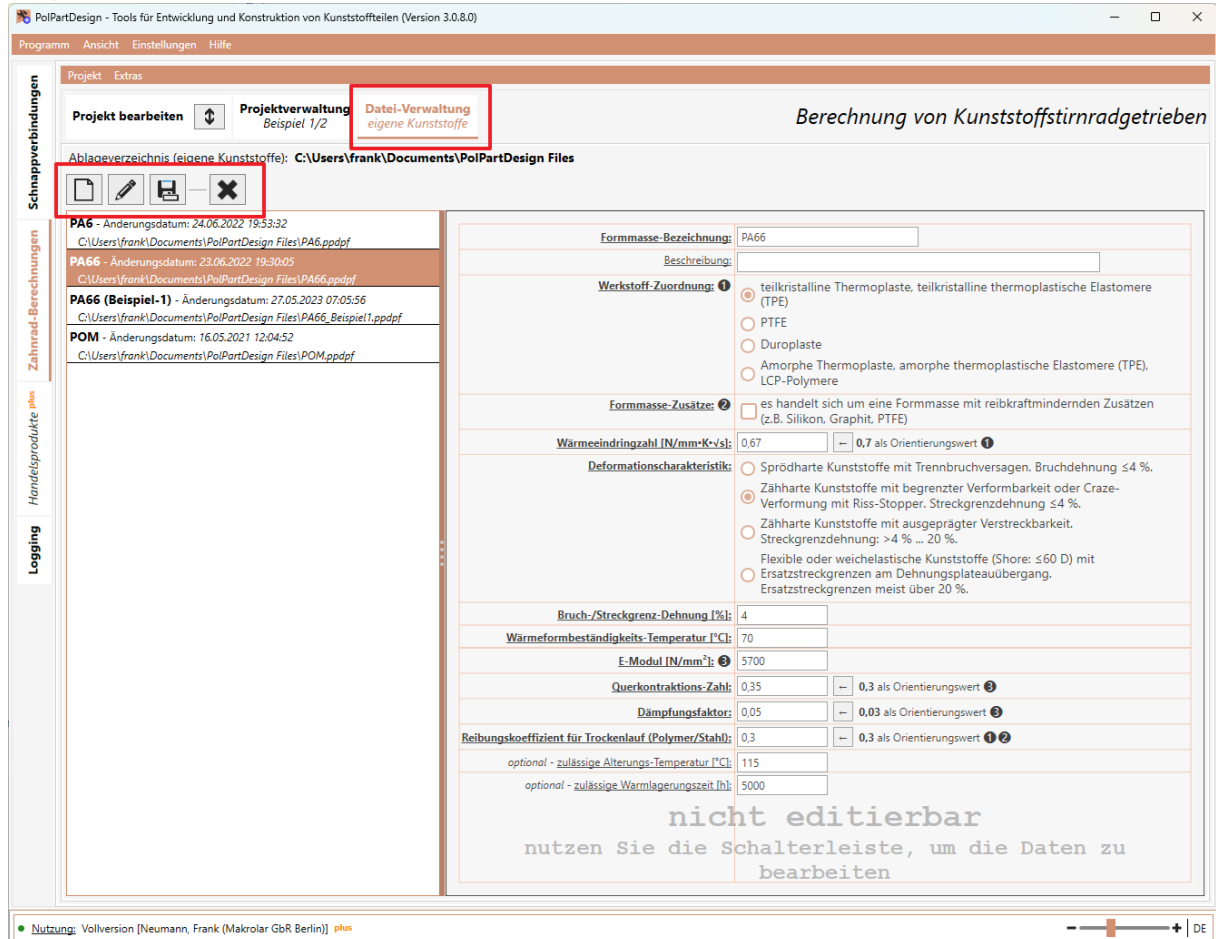
- es können nur die ermittelten Reibwerte der gewählten Zahnrad-Paarung verwendet werden. Die Eingabe eines *eigenen Reibwertes* ist nicht möglich.
- da in der Demo-Version nur *Einmalfettschmierung* auswählbar ist, ändert sich auch der ermittelte Reibwert nicht. Egal, welche Zahnrad-Paarung gewählt wird (siehe auch [Schmierung / Temperatur / Laufzeit](#))

Datei-Verwaltung (eigene Kunststoffe)

Die Software wird mit einer lokalen Datenbank ausgeliefert. In dieser Datenbank sind Metalle und - für Kunststoff-Getriebe bzw. Zahnräder übliche - Kunststoffe enthalten.

Mit der zusätzlichen Dateiverwaltung können Sie auch eigene Kunststoff-Werkstoffe definieren und für die nachfolgenden Berechnungen verwenden.

- Die Daten für einen selbst definierten Kunststoff wird in je einer Datei verwaltet
- Sie können neue Dateien hinzufügen
- Sie können vorhandene Dateien/Daten nachträglich bearbeiten
- Sie können vorhandene Dateien (z.B. als Vorlage) für einen anderen Kunststoff kopieren
- *und*, Sie können vorhandene Dateien löschen



- Links ist die Liste der Kunststoffe mit Bezeichnung, Datum des letzten Speicherns und dem Speicherort zu sehen.
- Rechts werden die Daten des aktuell ausgewählten Eintrages angezeigt
- Mittels der Schalter (oberhalb der Liste) können die Kunststoffe entsprechend bearbeitet werden.

Über das *Hauptmenü/Einstellungen/Optionen* können Sie angeben, wo Ihre Dateien gespeichert werden sollen. Wenn die Software gestartet wird, werden die Dateien aus dem angegebenen Verzeichnis gelesen und in die Liste der Dateiverwaltung und in die Listen der Werkstoffe-Auswahl (Zahnrad-Paarung) automatisch übernommen.

Bearbeiten

Nachdem ein Kunststoff-Eintrag ausgewählt und der Schalter *Bearbeiten* bzw. *Neu* geklickt wurde, öffnet sich folgendes Fenster.

eigener Kunststoff

☒

Formmasse-Bezeichnung:	PA66	
Beschreibung:		
Werkstoff-Zuordnung: ❶	☒ teilkristalline Thermoplaste, teilkristalline thermoplastische Elastomere (TPE) ☐ PTFE ☐ Duroplaste ☐ Amorphe Thermoplaste, amorphe thermoplastische Elastomere (TPE), LCP-Polymere	
Formmasse-Zusätze: ❷	☐ es handelt sich um eine Formmasse mit reibkraftmindernden Zusätzen (z.B. Silikon, Graphit, PTFE)	
Wärmeeindringzahl [N/mm·K·s]:	0,67	← 0,7 als Orientierungswert ❶ Berechnen...
Deformationscharakteristik:	☐ Sprödharte Kunststoffe mit Trennbruchversagen. Bruchdehnung ≤ 4 %. ☒ Zähnharte Kunststoffe mit begrenzter Verformbarkeit oder Craze-Verformung mit Riss-Stopper. Streckgrenzdehnung ≤ 4 %. ☐ Zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Verstreckbarkeit. Streckgrenzdehnung: > 4 % ... 20 %. ☐ Flexible oder weichelastische Kunststoffe (Shore: ≤ 60 D) mit Ersatzstreckgrenzen am Dehnungsplateauübergang. Ersatzstreckgrenzen meist über 20 %.	
Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]:	4	
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur [°C]:	70	
E-Modul [N/mm²]: ❸	5700	Berechnen...
Querkontraktions-Zahl:	0,35	← 0,3 als Orientierungswert ❸
Dämpfungsfaktor:	0,05	← 0,03 als Orientierungswert ❸
Reibungskoeffizient für Trockenlauf (Polymer/Stahl):	0,3	← 0,3 als Orientierungswert ❶ ❷
<i>optional - zulässige Alterungs-Temperatur [°C]:</i>	115	
<i>optional - zulässige Warmlagerungszeit [h]:</i>	5000	

Wenn es sich um einen vorhandenen Kunststoff handelt, werden die bisherigen Daten angezeigt und können verändert werden. Bei einem neuen Kunststoff sind i.d.R. alle Eingaben "leer".

Für bestimmte Eingaben werden Orientierungswerte ermittelt und angezeigt. Die Orientierungswerte sind ggf. von anderen Eingaben/Entscheidungen abhängig. Diese Abhängigkeiten werden durch entsprechende Zahlen-Symbole kenntlich gemacht. Hier z.B. ❸ bedeutet, dass der Orientierungswert für die Querkontraktionszahl und für den Dämpfungsfaktor vom E-Modul abhängig ist.

Sobald alle erforderlichen Eingaben korrekt und vollständig sind, wird der Schalter (links oben) aktiviert und der Kunststoff kann übernommen werden. Wenn es sich um einen neuen Kunststoff handelt wird nachfolgend der Datei-Dialog zum Speichern des Kunststoffes in einer Datei geöffnet.

Die Werte für zulässige Alterungs-Temperatur und zulässige Warmlagerungszeit sind optional und werden zur Berechnung der zulässigen Zahnflankentemperatur benötigt.

Um u.a. die Werte für zulässige Alterungs-Temperatur und zulässige Warmlagerungszeit zu bestimmen, können Sie z.B. unsere Software [PolSelec](#) nutzen.

Berechnung der Wärmeeindringzahl

Zusätzlich zum entsprechend angegebenen Orientierungswert, können Sie die Wärmeeindringzahl auch berechnen.

Klicken Sie dazu auf den rechts stehenden Schalter [*Berechnen*]

Es öffnet sich das folgende Fenster. Geben Sie hier die Daten für *Dichte*, *Wärmeleitzahl* und *spezifische Wärmekapazität* ein. Das Ergebnis wird sofort darunter angezeigt.

In der Liste (rechts) sind ca. 150 Werkstoffe mit den erforderlichen Daten (Orientierungswerte) aufgelistet. Doppel-Klicken Sie mit der Maus, um die Daten für einen Werkstoff in die Eingabefelder zu übernehmen. Die Liste kann pro Spalte auf- und absteigend sortiert werden.

Wenn Sie das Fenster über den Schalter [*Übernehmen*] schließen, wird das Ergebnis in das entsprechende Eingabefeld (siehe oben) übernommen.

Wärmeeindringzahl berechnen

Dichte [g/cm³]: 1,41

Wärmeleitzahl [W/m·K]: 0,26

spezifische Wärmekapazität [J/g·K]: 1,4

Ergebnis [N/mm²·K·s]: 0,72

Orientierungswerte (Doppel-Klick mit der Maus, um Werte zu übernehmen)

Kürzel	Bezeichnung	Dichte [g/cm³]	W
PA6 E	Polyamid 6 extrudiert	1,14	0,2:
PA6	Polyamid 6	1,14	0,2:
PA6 V0	Polyamid 6 brandgeschützt	1,17	0,3:
PA6 MoS2	Polyamid 6 mit Molybdändisulfid	1,14	0,2:
PA6 210 Öl	Polyamid 6 210 ölgefüllt	1,14	0,2:
PA6 GF25	Polyamid 6 mit 25 % Glasfaser	1,32	0,2:
PA6 GF30	Polyamid 6 mit 30 % Glasfaser	1,36	0,2:
PA6 GF35	Polyamid 6 mit 35 % Glasfaser	1,41	0,2:
PA6 GF50	Polyamid 6 mit 50 % Glasfaser	1,55	0,2:
PA6 GB20GF10	Polyamid 6 mit 20 %/10 % Glasfaser	1,34	0,3:
PA6 M30	Polyamid 6 mit 30 % Mineral	1,36	0,3:
PA6 M30 V0	Polyamid 6 mit 30 % Mineral	1,56	0,3:

Übernehmen

Abbrechen

Ergebnisse

Sobald alle Eingaben/Entscheidungen vorliegen, werden die Ergebnisse sofort angezeigt. **Jede** nachträgliche **Änderung/Präzisierung** der Eingaben und Entscheidungen führt **sofort zur Aktualisierung der Ergebnisse** (sofern Ihre Änderungen diese bewirken)

Projekt bearbeiten

Projektverwaltung
Beispiel 1/2

Datei-Verwaltung
eigene Kunststoffe

Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben

Getriebestufe / Normalmodul

Außenrad-Stufe

Innenrad-Stufe

Planetenrad-Stufe

Normalmodul [mm]: 2

Verzahnung / Zahnzahl / Zahnbreite / Abschrägung

Arbeitsweise / Drehzahl / Leistung

Schmierung / Temperatur / Laufzeit

Werkstoffe / Werkstoffpaarung / Reibwert

Ergebnisse und Hinweise

Werkstoffdaten: unlegierter Grauguss mit Lamellengraphit (GGL) / PA66 (Beispiel-1)

Werkstoff (kleines Rad): PA66 (Beispiel-1)

Werkstoff (großes Rad): unlegierter Grauguss mit Lamellengraphit (GGL)

Zahnmasse-Temperatur [°C]: 33

Zahnflanken-Temperatur [°C]: 37 (zul. 125,7 [°C])

Sicherheit - Zahnfußfestigkeit (kleines Rad): 2 (zul. 20,9 / vorh. 10,5 [N/mm²])

Sicherheit - Zahnfußfestigkeit (großes Rad): wird nicht berechnet (Metall-Rad)

Sicherheit - Zahnflankenpressung: 1,3 (zul. 27,2 / vorh. 21,7 [N/mm²])

Zahnverformung [mm]: 0,06

zulässige Zahnverformung [mm]: 0,2

- Die Berechnung der Zahnmasse-temperatur basiert auf einer Wärmebilanz aus Reibungsverlusten und mechanischen Dämpfungsverlusten in Verbindung mit einem präzisierten Wärmeübergangsmodell.
- Die Zahnflankentemperatur wird mit einem modifizierten Integraltemperatur-Verfahren nach DIN 3390 bestimmt. Kontinuierliche Wärmeabführung durch Öl bei Ölschmierung ist nicht berücksichtigt.
- Die Zahnradberechnungen der Software sind nicht mit Inhalt und Geltungsbereich der zurückgezogenen VDI 2545 identisch. Insbesondere die Zahntemperatur-Berechnungen **basieren nicht** auf den empirischen Beziehungen von *Hachmann/Strickle/Erhard*.

- Die Sicherheit - Zahnfußfestigkeit wird nicht berechnet/angezeigt, wenn das entsprechende Rad ein Metall-Rad ist.

Zur Berechnung der zulässigen Zahnflanken-Temperatur wird (bei den **Kunststoffen der** mitgelieferten **Datenbank**) eine zulässige Warmlagerungszeit t_{zul} von **5000 h** verwendet. Bei Nutzung eigener Kunststoffdaten (Dateien), müssen Sie die Werte für *zulässige Alterungs-Temperatur* und *zulässige Warmlagerungszeit* erfasst haben ([Verwendung eigener Kunststoff-Daten](#)).

Daten der Datenbank

Die Software wird mit einer lokalen Datenbank ausgeliefert, in der übliche Werkstoffe für Kunststoff-Getriebe- und -Zahnradberechnungen enthalten sind. Die Kunststoffdaten der lokalen Datenbank sind Orientierungs- bzw. Durchschnittswerte und können ohne weitere Präzisierung zur Berechnung verwendet werden.

Genaue Kunststoffeigenschaftswerte hängen u.a. von entsprechenden Werkstoffmodifikationen (Hilfs-, Füll- und Verstärkungsstoffen) ab. Um dies entsprechend zu berücksichtigen, haben Sie die Möglichkeit, eigene Kunststoffe zu definieren und deren Eigenschaften festzulegen (siehe auch [Datei-Verwaltung \(eigene Kunststoffe\)](#)).

Für die Werkstoffe der lokalen Datenbank gibt es entsprechende Darstellungen zur Anzeige der gespeicherten Eigenschaftswerte. Sie finden die Anzeige direkt neben dem Register *Ergebnisse/Hinweise*. Das Register wird dann angezeigt, wenn mindestens ein Werkstoff der Zahnradpaarung ein Werkstoff aus der lokalen Datenbank ist.

The screenshot displays the 'Berechnung von Kunststoffstirnradgetrieben' (Calculation of Plastic Spur Gear Drives) window. On the left, the 'Werkstoff-/Werkstoffpaarung' (Material/Material Pair) section allows selecting materials from a database or defining custom ones. The 'Projektverwaltung' (Project Management) tab is active, showing a list of materials. On the right, the 'Ergebnisse und Hinweise' (Results and Notes) section displays the calculated properties for the selected material pair: 'unlegierter Grauguss mit Lamellengraphit (GGL) / PA66'. The properties listed include: E-Modul (122000 N/mm²), Querkontraktions-Zahl (0.3), Wärmeindringzahl (14 N/mm²·K·s), and Dämpfungsfaktor (0). Below this, a graph titled 'zulässige Zahnfußspannung' (Allowable Root Stress) shows the relationship between stress and load cycles for different materials. The graph includes data for PA66 Polyhexamethylenadipinamid, with properties like E-Modul (3300 N/mm²), Reibwert (0.25), Wärmeindringzahl (0.72), and Bruch-/Streckgrenz-Dehnung (4.5%).

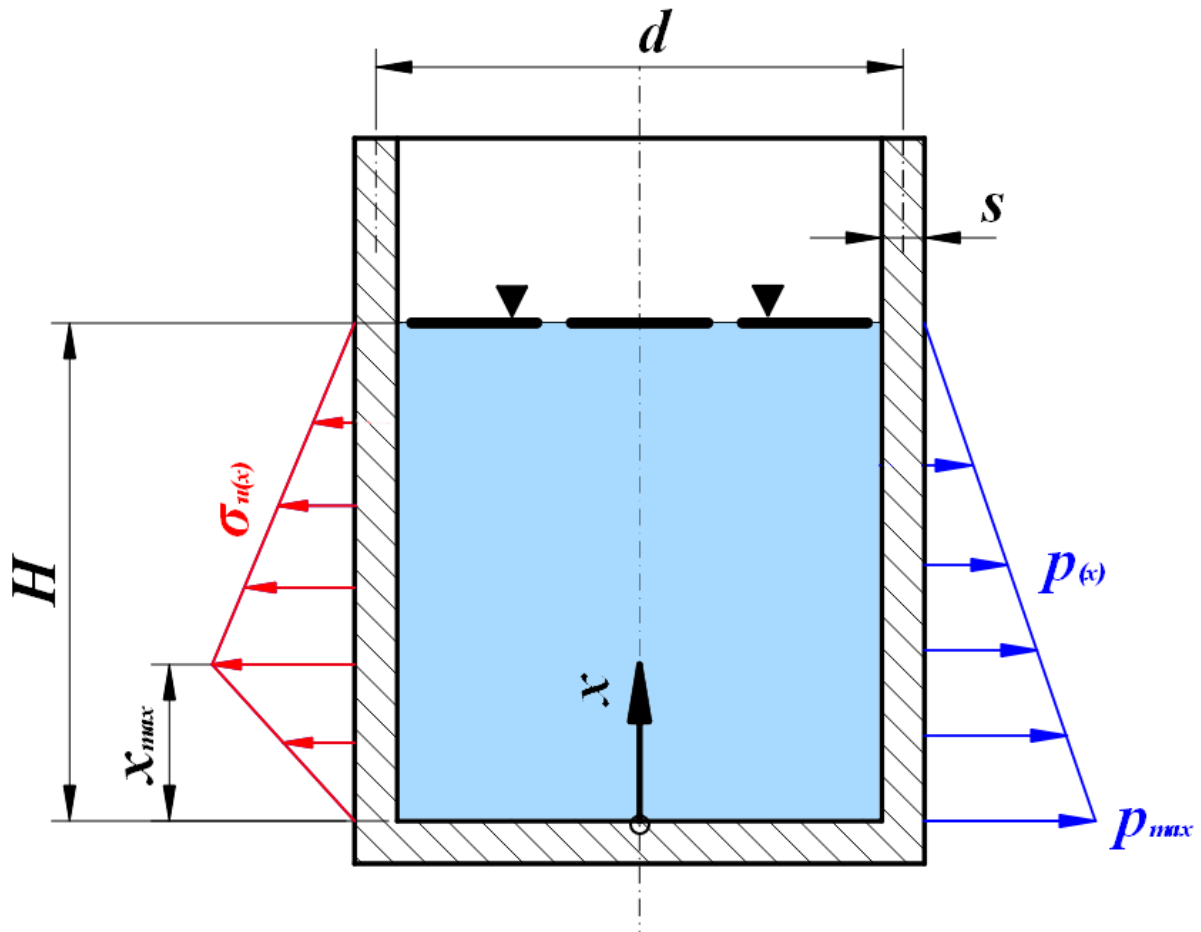
Zur Berechnung der zulässigen Zahnflanken-Temperatur wird (bei den **Kunststoffen der** mitgelieferten **Datenbank**) eine zulässige Warmlagerungszeit t_{zul} von **5000 h** verwendet. Bei den eigenen Kunststoffen müssen Sie diesen Wert explizit mit angeben.

Berechnung von Kunststoffbehältern

Für die Belastung von zylindrischen Flüssigkeitsbehälter aus Kunststoffen werden folgende Zeitverlaufsarten während der Anwendungszeit unterschieden:

- durchgehend konstante (statische) Belastung bei möglicher Variation der Flüssigkeitstemperatur
- unterbrochene (intermittierende) Belastung durch gleiche oder unterschiedliche Lastzyklen

Prinzip-Skizze:



Folgende Voraussetzungen sind zu beachten:

- oberer Rand ist frei und unterer Rand ist unverschieblich am Boden eingespannt
- die (konstante) Behälterwanddicke s ist klein im Vergleich zum Behälterdurchmesser d (Membran)
- die Behälterwand besteht aus isotropen oder orthotropen Werkstoffen

Die erforderlichen Werkstoffdaten werden aus Basisdaten nach einem programminternen Verfahren bestimmt und dem Benutzer als Orientierungswerte empfohlen.

Hinweis:

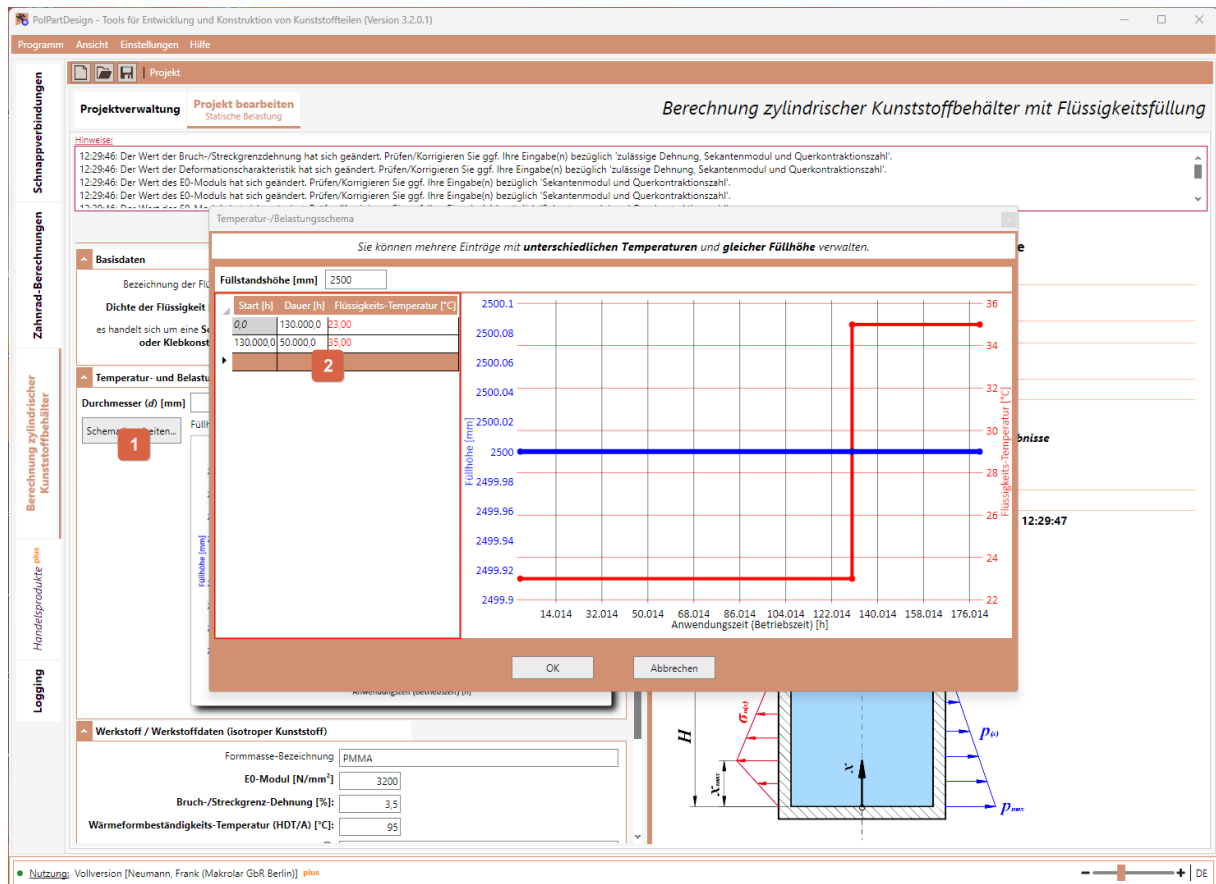
Wenn es sich um eine **Schweiß- oder Klebekonstruktion** handelt, müssen Sie **unbedingt** eine entsprechende **Festigkeitsabminderung** berücksichtigen. Wir empfehlen Ihnen die zulässige

Dehnung entsprechend zu mindern.

Statische Belastung

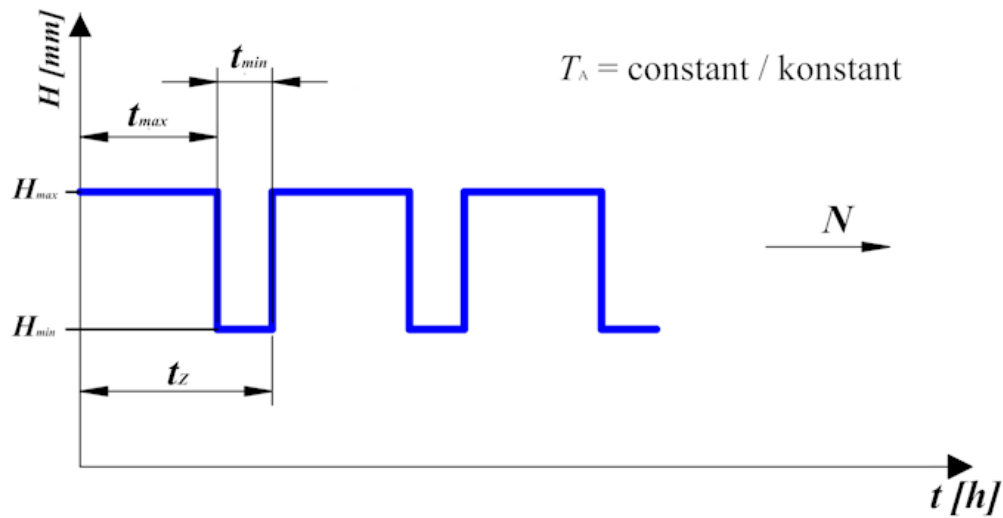
Durchgehend konstante (statische) Belastung (konstante Füllhöhe) bei möglicher Variation der Flüssigkeitstemperatur.

- neben den Basisdaten und Werkstoffdaten muss der Belastungsverlauf eingegeben werden
- bei unterschiedlichen Anwendungs-/Flüssigkeitstemperaturen können Sie einzelne Teilzyklen (mit Dauer und Flüssigkeitstemperatur) erfassen **1** / **2**.



Intermittierende Belastung

- bei intermittierender Behälterbelastung sind für die Gesamtbetriebszeit Belastungszyklen festzulegen **1** / **2**



- Eingaben sind **pro Lastzyklus**:
 - maximale Füllhöhe
 - minimale Füllhöhe
 - Zeitanteil mit maximaler Belastung (max. Füllhöhe)
 - Zeitanteil mit minimaler Belastung (min. Füllhöhe)
 - die Zyklusanzahl
 - Flüssigkeits-/Anwendungstemperatur
- für jeden Lastzyklus werden daraus folgend die spezifischen Werkstoffdaten als Orientierungswerte berechnet und können übernommen werden
- für jeden Lastzyklus wird die individuelle Mindestwanddicke berechnet
- der **Lastzyklus mit der größten Mindestwanddicke** ist für die **nachfolgenden Berechnungen maßgebend**

PolPartDesign - Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoffteilen (Version 3.2.0.1)

Programm Ansicht Einstellungen Hilfe

Projekt

Projektverwaltung Projekt bearbeiten Wickekonstruktion

Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter mit Flüssigkeitsfüllung

Dichte der Flüssigkeit [g/cm³]: 1,2
es handelt sich um eine Schweiß- oder Klebkonstruktion

Werkstoff / Werkstoffdaten (isotroper Kunststoff)

Formmasse-Bezeichnung: PE-HD
E0-Modul [N/mm²]: 1700
Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]: 8
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur (HDT/A) [°C]: 45
Werkstoff-Deformationscharakteristik: Zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Verstreckbarkeit. S (Alle zähnharten Kunststoffe, soweit nicht anders erfasst.)

Temperatur- und Belastungsschema

Durchmesser (d) [mm]: 2200
Lastzyklus hinzufügen... Für die Berechnungen sind nur die Zyklen bzw. Zeiten von Bedeutung, bei denen der Behälter belastet wird (gefüllt ist).

1

2

Parameter	Wert	Parameter	Wert
tmax [h]	27000	Hmax [mm]	3400
tmin [h]	3000	Hmin [mm]	1000
Temperatur (Ta) [°C]	23	Zyklen (N)	2
zul. Dehnung [%]	0,5 - 1,9	Sek.-E-Modul [N/mm²]	578 - 569
Querkontr.-Zahl	0,45 - 0,45		
Mindest-Wanddicke [mm]	14,5	result. Zykluszeit (tZ) [h]	60000

Parameter	Wert	Parameter	Wert
tmax [h]	12600	Hmax [mm]	1700
tmin [h]	1400	Hmin [mm]	1000
Temperatur (Ta) [°C]	40	Zyklen (N)	2
zul. Dehnung [%]	0,5 - 2	Sek.-E-Modul [N/mm²]	426 - 422
Querkontr.-Zahl	0,45 - 0,45		
Mindest-Wanddicke [mm]	9,3	result. Zykluszeit (tZ) [h]	28000

Berechnungen / Ergebnisse

Mindest-Wanddicke (s) [mm]: 14,5
Ordinate der maximalen Spannung für die Mindest-Wanddicke (Xmax) [mm]: 298
gewählte Wanddicke [mm]: 15
Ordinate der maximalen Spannung der gewählten Wanddicke (Xmax) [mm]: 296
Festigkeitsnachweis (max./zul. Spannung) [N/mm²]: 2,79 / 2,89
Festigkeitsnachweis (Sicherheitsfaktor): 1,03

Sonstige Informationen / Werte / Ergebnisse

maximaler Wanddruck [N/mm²]: 0,040
letzte Änderung/Berechnung: 12.04.2025 17:40:18

Prinzip-Skizze:

Nutzung: Vollversion (Neumann, Frank (Makrolar GbR Berlin)) plus

Festigkeitsabminderungen

Bei Gefährdung durch Spannungsrisse oder ähnliche Festigkeitsabminderungen sollte folgende Orientierung zur Bestimmung der zulässigen Dehnungen (ϵ_{zul}) für Behälterwerkstoffe (Kunststoffe) beachtet werden:

$$\epsilon_{zul} \approx \frac{\epsilon_{krit}}{3}$$

Richtwertbereiche kritischer Dehnungen aus Prüfungen in Luftumgebung

Die nachfolgenden Bereichsangaben der kritischen Dehnung (ϵ_{krit}) ergeben sich aus stoffstrukturellen Einflüssen und aus dem physikalischen Messprinzip der Prüfverfahren. Vom Anwender sollten Sie bei Konstruktionsberechnungen im Sinne der üblichen Sicherheitsbewertung für unterschiedliche Anforderungen und Risiken genutzt werden.

Kritische Dehnungen sind **keine** polymerindividuellen **Stoffkennwerte**:

Polymere	Einsatztemperatur	ϵ_{krit} [%]	Beispiele
Amorphe Thermoplaste (außer PS)	unter T_g	0,6 bis 0,9	PC, ABS, SAN, PVC-U, PMMA, SB, PSU, PESU, (PC+ABS), (PPE+SB)
Polystyrol	unter T_g	0,2 bis 0,3	PS
Teilkristalline Thermoplaste	unter T_g	0,4 bis 0,8	PA6 (t), PA66 (t), PA610 (t), PEEK
	über T_g	1,5 bis 2,5	PA6 (nf), PA66 (nf), PA610 (nf), PP,

Polymere	Einsatztemperatur	ϵ_{krit} [%]	Beispiele
			PE-HD, POM
Glasfaserverstärkte Thermoplaste (über 15 % GF)	unter T_g	0,2 bis 0,3	Alle Thermoplaste
	über T_g	0,3 bis 0,5	
Glasmatteverstärkte Duroplaste (über 10 % GM)	–	0,3 bis 0,5	UP, EP
Duroplastische Press- und Spritzgussstoffe	–	(0,2 bis 0,3) • ϵ_B	Alle Typen nach DIN EN ISO 14526 bis 14530 (PMC) sowie nach DIN EN 14598 (BMC, SMC)
• T_g: Glasstemperatur der amorphen Polymerphase • ϵ_B: Bruchdehnung nach DIN EN ISO 527 • (t): trocken • (nf): normalfeucht			