

PolPartDesign

Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoffteilen

Benutzerhandbuch

Schnappverbindungen · Zahnrad-Berechnungen ·
Kunststoffbehälter

Beschrieben anhand von PolPartDesign 3.2.3.1 · Stand: Oktober 2026

Makrolar GbR Berlin

Inhalt

Inhalt.....	2
1 Einleitung.....	3
2 Programmoberfläche.....	3
3 Schnappverbindungen.....	4
3.1 Neues Projekt anlegen.....	4
3.2 Geometriedaten eingeben	5
3.3 Querschnitt wählen	6
3.4 Rastelement.....	7
3.5 Sonstige Eingaben und Werkstoffdaten	7
3.6 Hilfsberechnungen.....	8
3.7 Ergebnisse und Verlaufs-Diagramme	10
3.8 Speichern und Drucken	10
4 Zahnrad-Berechnungen	11
4.1 Neues Projekt anlegen.....	12
4.2 Ergebnisse und Hinweise.....	14
4.3 Projekt-Menü und Projektangaben.....	15
4.4 Datenverwaltung und eigene Kunststoffe.....	16
5 Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter	18
5.1 Neues Projekt anlegen.....	18
5.2 Basisdaten und Temperatur-/Belastungsschema	18
5.3 Werkstoffdaten	19
5.4 Ergebnisse.....	19
5.5 Speichern und Drucken	20
6 Berechnungs-Module	21
6.1 E-Module berechnen	21
6.2 Zulässige Dehnung berechnen.....	22
6.3 Wärmeeindringzahl berechnen	22
7 Menüs.....	23
8 Tipps und häufige Fragen	23

1 Einleitung

PolPartDesign unterstützt Sie bei der Auslegung typischer Konstruktionselemente aus Kunststoff. Die Software enthält drei Berechnungsmodule, die Sie über die Register am linken Fensterrand erreichen:

- **Schnappverbindungen:** Dehnung, Füge- und Lösekraft von Biegefedern, Torsionsfedern, Kugel- und Zylinderschnappverbindungen (Kapitel 3).
- **Zahnrad-Berechnungen:** Tragfähigkeit von Kunststoff-Stirnradgetrieben in Anlehnung an DIN 3990 (Kapitel 4).
- **Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter:** Mindestwanddicke und Festigkeitsnachweis stehender Behälter mit Flüssigkeitsfüllung (Kapitel 5).

Zusätzlich enthält das Menü „**Berechnungs-Module**“ drei eigenständige Hilfsberechnungen für E-Modul, zulässige Dehnung und Wärmeeindringzahl (Kapitel 6).

Jedes Modul arbeitet mit eigenen **Projekten**. Ein Projekt enthält alle Eingaben einer Berechnung, kann gespeichert, wieder geladen und als Bericht gedruckt werden. Die Ergebnisse werden bei jeder Änderung sofort neu berechnet.

Hinweis: Die Register „**Handelsprodukte plus**“ ist in diesem Handbuch nicht beschrieben. Für die Handelsprodukte gibt es ein eigenes Handbuch.

2 Programmoberfläche

Das Hauptfenster ist bei allen Modulen gleich aufgebaut. Die Abbildung zeigt das Modul **Schnappverbindungen** mit geöffneter **Projektverwaltung**.

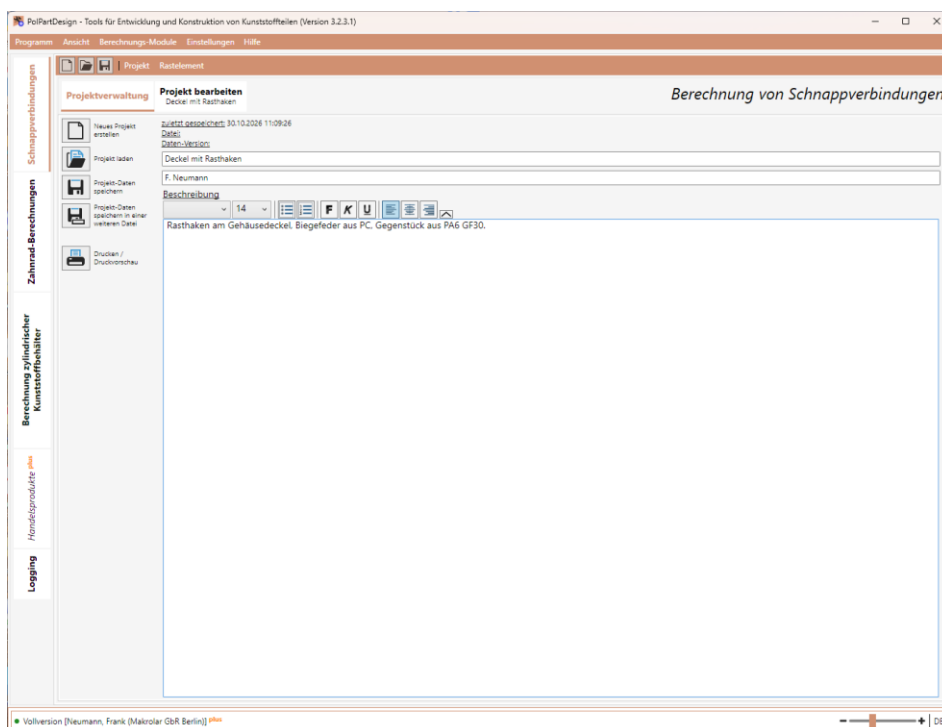


Abbildung 1: Hauptfenster mit Projektverwaltung (Modul Schnappverbindungen)

Element	Bedeutung
---------	-----------

Element	Bedeutung
Menüleiste	„Programm“, „Ansicht“, „Berechnungs-Module“, „Einstellungen“ und „Hilfe“ (Kapitel 7).
Register am linken Rand	Wechsel zwischen den Modulen Schnappverbindungen , Zahnrad-Berechnungen und Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter .
Modulleiste (oben)	Symbole Neu , Öffnen und Speichern sowie die Menüs des Moduls (z. B. „Projekt“, „Rastelement“ oder „Datenverwaltung“).
Projektverwaltung	Neues Projekt anlegen, Projekt laden, speichern, unter neuem Namen speichern und drucken. Rechts davon stehen Speicherzeitpunkt, Datei, Projekt-Bezeichnung , Bearbeiter und eine formatierbare Beschreibung .
Projekt bearbeiten	Eingaben und Ergebnisse des geöffneten Projekts; unter dem Reiter steht der Projektname.
Statusleiste	Lizenzstatus, Zoom-Regler und Sprache der Oberfläche („DE“).

Tipp: Projektbezeichnung, Bearbeiter und Beschreibung erscheinen im Kopf des Ausdrucks. Füllen Sie sie in der **Projektverwaltung** aus, bevor Sie drucken.

3 Schnappverbindungen

Das Modul berechnet für eine Schnappverbindung die maximale Dehnung des Federelements sowie die Füge- und Lösekraft. Als durchgängiges Beispiel dient ein **Gehäusedeckel mit Rasthaken**: Biegefeder aus PC mit Rechteckquerschnitt 8 × 1,6 mm, Trapezraste, Gegenstück aus PA6 GF30.

3.1 Neues Projekt anlegen

Klicken Sie in der **Projektverwaltung** auf „**Neues Projekt erstellen**“ und bestätigen Sie die Sicherheitsabfrage. Der Assistent führt Sie in drei Schritten durch die Grundeinstellungen.

1. **Verbindungsart / Verbindungsprinzip:** Wählen Sie das Federelement, im Beispiel „**Biegefeder (gleichbleibende Querschnittsmaße)**“. Zur Auswahl stehen u. a. ein- und zweiseitige Torsionsfedern, Biegefedern mit abnehmender Höhe oder Breite, mit Absätzen, abgewinkelt oder gekrümmt sowie Kugel- und geschlitzte Zylinderschnappverbindungen.
2. **Art des Rastelements:** **Trapezraste**, **Dreiecksraste**, **Rasthaken** oder **Wulstraste**.
3. **Werkstoff-Kombination und Projektangaben:** **Kunststoff/Metall**, **gleiche Kunststoffe** oder **unterschiedliche Kunststoffe**; dazu **Projekt-Bezeichnung** und **Bearbeiter**.
4. Klicken Sie auf „**Weiter**“ und im letzten Schritt auf „**Fertigstellen**“.

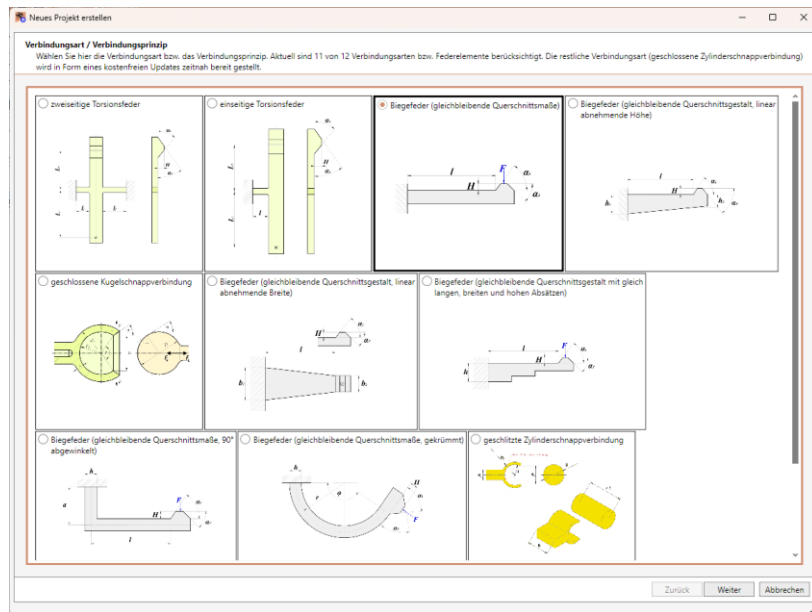


Abbildung 2: Assistent: Verbindungsart wählen

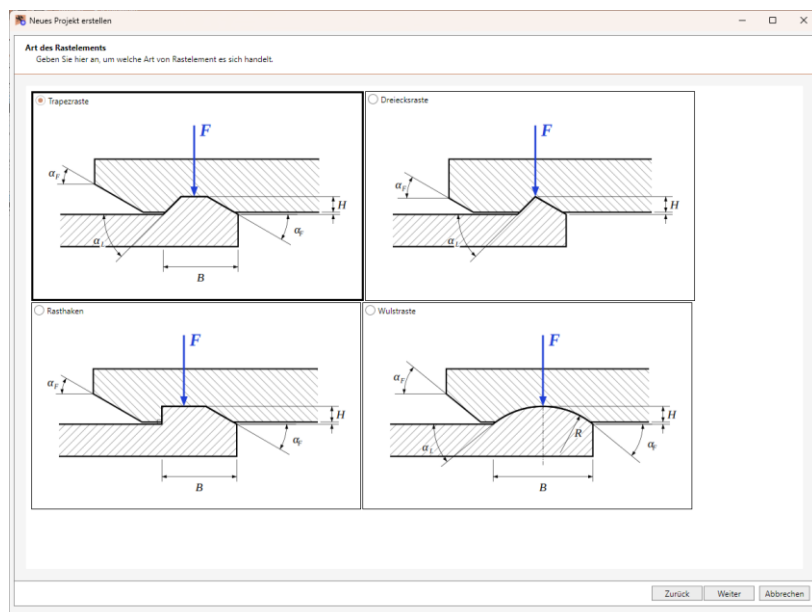


Abbildung 3: Assistent: Art des Rastelements

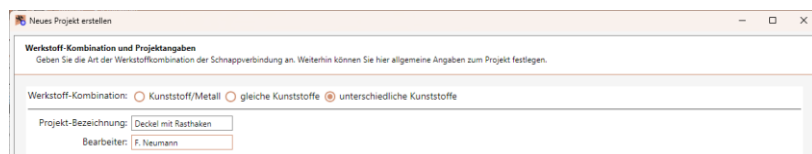


Abbildung 4: Assistent: Werkstoff-Kombination und Projektangaben

3.2 Geometriedaten eingeben

Nach dem Assistenten öffnet sich „**Projekt bearbeiten**“. Links stehen die Eingaben in vier aufklappbaren Abschnitten, rechts die **Hinweise**, **Ergebnisse** und **Verlaufs-Diagramme**. Solange Angaben fehlen, nennt der Bereich „**Hinweise**“, was noch einzugeben ist.

Im Abschnitt „**Geometriedaten (Federelement / Verbindungsart)**“ tragen Sie die Maße direkt in die Felder der Prinzip-Skizze ein (alle Längen in mm, Winkel in Grad):

Größe	Beispiel
Federlänge l	20 mm
Hinterschnitt bzw. Schnapphöhe H	1,5 mm
Fügewinkel α_F	30°
Lösewinkel α_L	60°

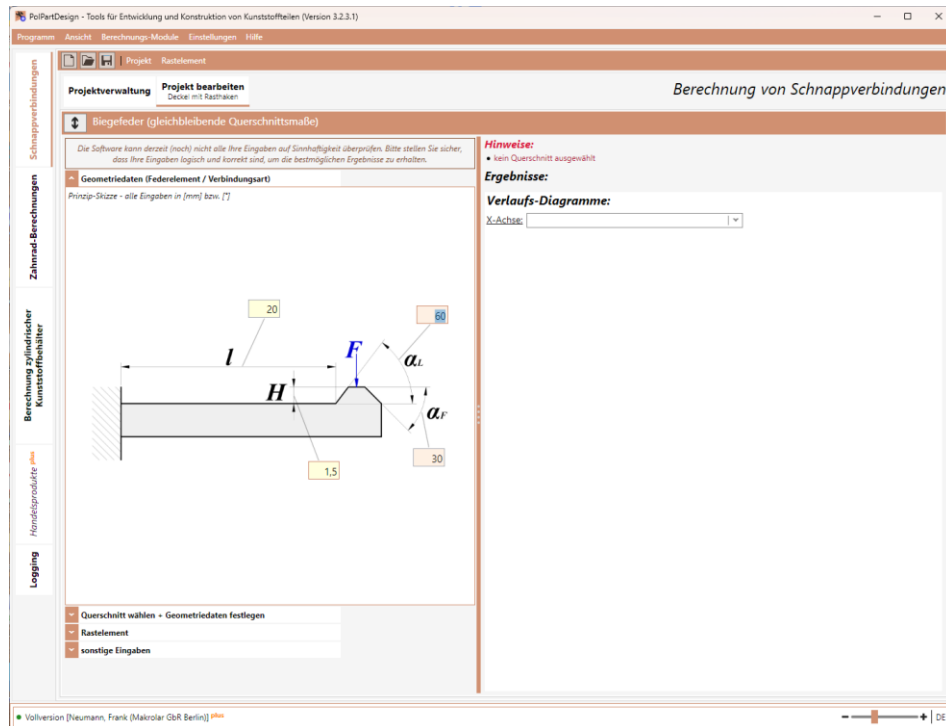


Abbildung 5: Geometriedaten in der Prinzip-Skizze

3.3 Querschnitt wählen

Klappen Sie „**Querschnitt wählen + Geometriedaten festlegen**“ auf und doppelklicken Sie auf die gewünschte Querschnittsform (z. B. Rechteck, Trapez, Kreisabschnitt). Im eingeblendeten Fenster geben Sie die Querschnittsmaße ein und bestätigen mit der Eingabetaste. Im Beispiel: Rechteck mit Breite $a = 8$ mm und Höhe $h = 1,6$ mm.

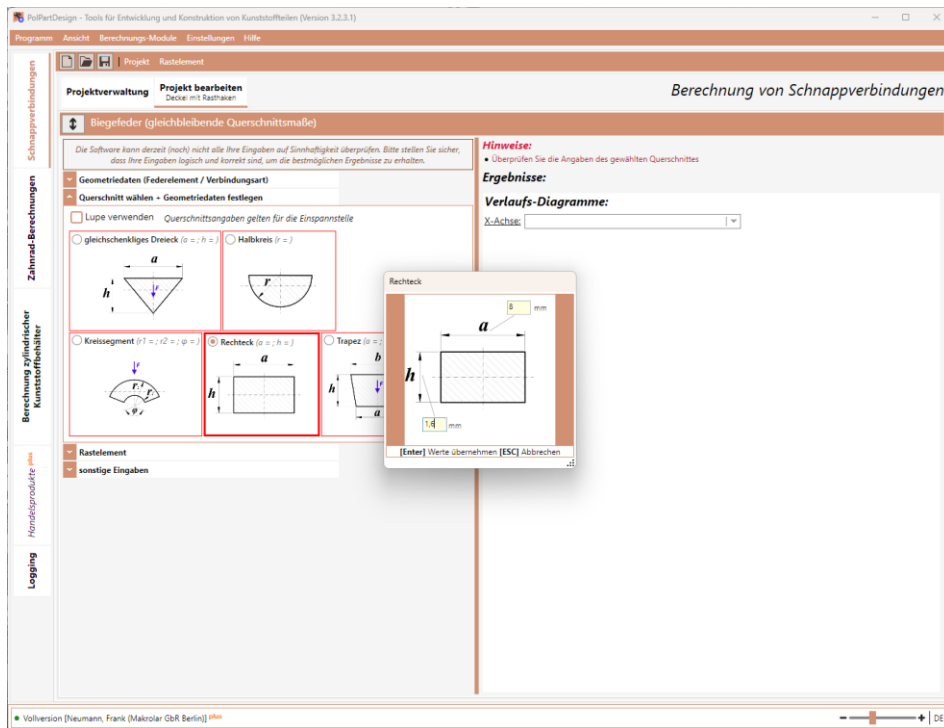


Abbildung 6: Querschnittsmaße festlegen

3.4 Rastelement

Der Abschnitt „Rastelement“ zeigt das gewählte Rastelement mit den üblichen Füge- bzw. Lösewinkeln. Über die Schaltfläche „...“ oder das Menü „Rastelement“ → „anderes Rastelement auswählen...“ wechseln Sie das Rastelement nachträglich.

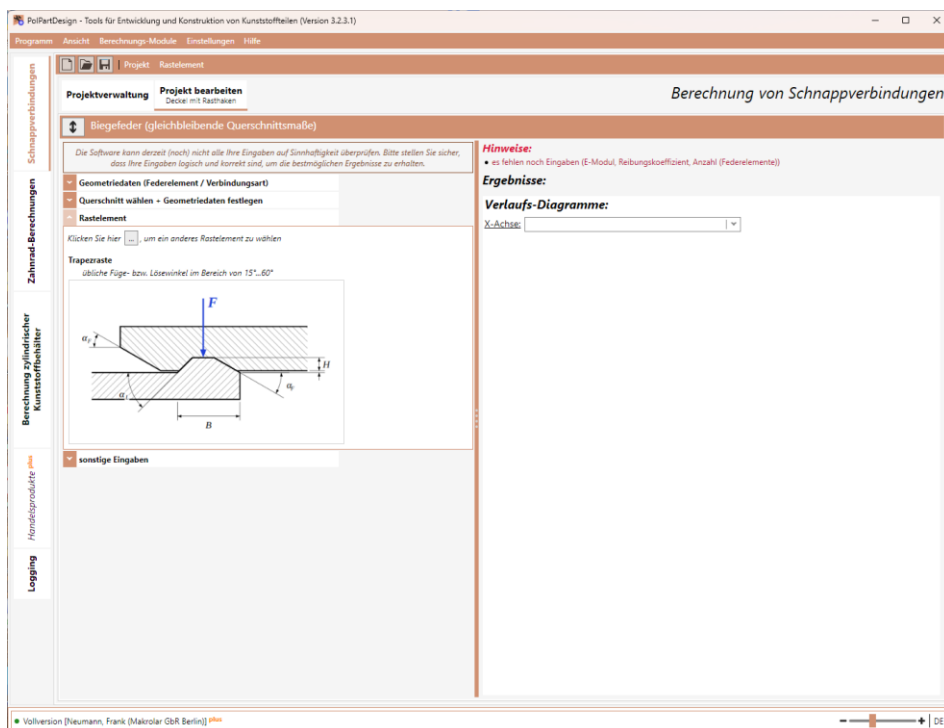


Abbildung 7: Abschnitt „Rastelement“

3.5 Sonstige Eingaben und Werkstoffdaten

Im Abschnitt „sonstige Eingaben“ legen Sie die Werkstoff-Kombination und die Kennwerte fest:

Feld	Bedeutung
Werkstoff-Kombination	Kunststoff/Metall, gleiche oder unterschiedliche Kunststoffe; bei Kunststoffen die Bezeichnungen beider Partner (Beispiel: 1. PC, 2. PA6 GF30).
Sekanten-E-Modul der Biegefeder [N/mm²]	E-Modul bei der auftretenden Dehnung. Die Schaltfläche „...“ öffnet eine Hilfsberechnung (Abschnitt 3.6).
Reibungs-Koeffizient	Reibwert zwischen Feder und Gegenstück, mit Hilfsberechnung „...“.
Anzahl gleichzeitiger Federelemente	Anzahl der gleichzeitig wirkenden Rasthaken; die Kräfte werden entsprechend vervielfacht.
zulässige Dehnung der Biegefeder [%]	Grenzwert für die Randfaserdehnung, mit Hilfsberechnung „...“.

3.6 Hilfsberechnungen

Für drei Kennwerte bietet PolPartDesign überschlägige Hilfsberechnungen. Mit „Übernehmen“ wird das Ergebnis in das Eingabefeld eingetragen.

Hinweis: Die Hilfsfenster zeigen die zuletzt verwendeten Daten. Diese Daten werden **nicht** im Projekt gespeichert, nur das übernommene Ergebnis.

Sekanten-E-Modul: Sie geben den **E0-Modul** (Ursprungsmodul), die **Wärmeformbeständigkeits-Temperatur** und die **Füge-/Anwendungs-Temperatur** ein. PolPartDesign berechnet daraus den E-Modul bei der aktuellen maximalen Dehnung (Beispiel: E0 = 2400 N/mm², HDT 130 °C, 23 °C → 2248 N/mm²). Kennen Sie nur die Shore-Härte, öffnet „...“ neben dem E0-Modul eine näherungsweise Umrechnung von **Shore-D** oder **Shore-A** in den Ursprungsmodul.

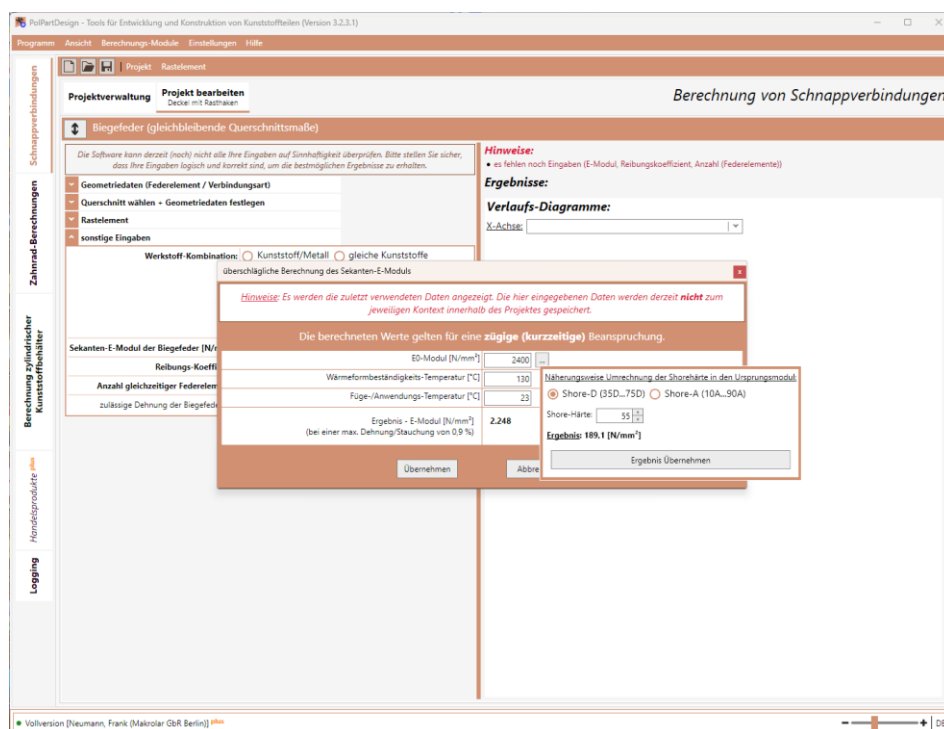


Abbildung 8: Sekanten-E-Modul mit Umrechnung der Shore-Härte

Reibungs-Koeffizient: Für jeden der beiden Kunststoffe wählen Sie die Werkstoffgruppe (z. B. amorphe oder teilkristalline Thermoplaste, jeweils nach Shore-Härte) und tragen einen Reibwert ein. Das Programm bildet daraus den Reibwert der Paarung (Beispiel: 0,5 und 0,3 → 0,4).

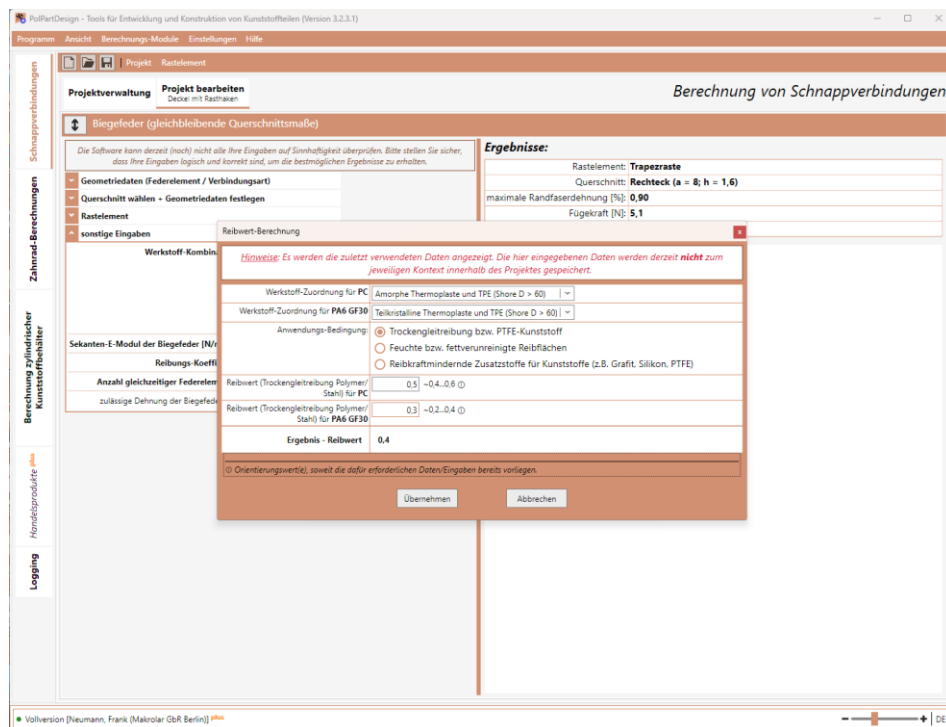


Abbildung 9: Hilfsberechnung des Reibungs-Koeffizienten

Zulässige Dehnung: Sie wählen die **Werkstoff-Deformationscharakteristik** (sprödharte, zähnharte mit begrenzter Verformbarkeit, zähnharte mit ausgeprägter Verstreckbarkeit oder flexible Kunststoffe) und geben **Bruch-/Streckgrenz-Dehnung**, **Wärmeformbeständigkeits-Temperatur** und die **Montage-/Demontage-Anzahl** ein. Die Werte gelten für eine zügige (kurzzeitige) Beanspruchung. Im Beispiel ergibt sich 3,81 %.

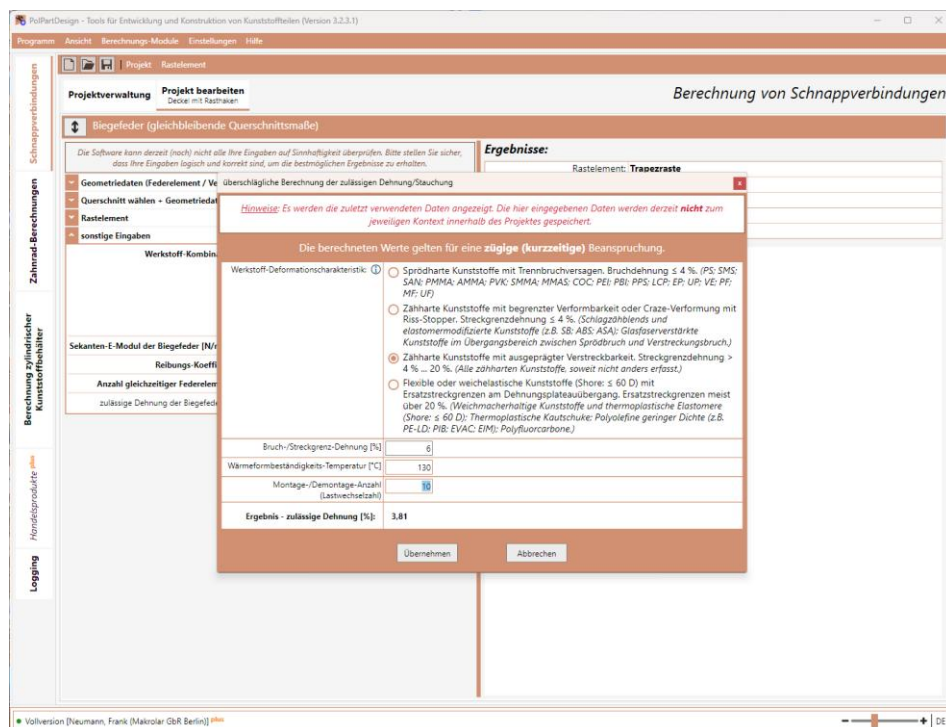


Abbildung 10: Hilfsberechnung der zulässigen Dehnung

3.7 Ergebnisse und Verlaufs-Diagramme

Sobald alle Angaben vollständig sind, zeigt der Bereich „**Ergebnisse**“ Rastelement, Querschnitt, **maximale Randfaserdehnung**, **Fügekraft** und **Lösekraft**. Im Beispiel: 0,90 % Dehnung (zulässig 3,81 %), Fügekraft 5,6 N, Lösekraft 13,2 N.

Unter „**Verlaufs-Diagramme**“ wählen Sie eine Größe für die **X-Achse**, z. B. **Schnapphöhe**, **Füge-Winkel**, **Löse-Winkel**, **Reibungs-Koeffizient** oder **Sekanten-E-Modul**. Mit dem Regler „**Werte-Bereich**“ legen Sie den Bereich fest, mit den Kontrollkästchen blenden Sie **Fügekraft**, **Lösekraft** und **maximale Randfaserdehnung** ein und aus. So sehen Sie sofort, wie sich eine Änderung der Geometrie auswirkt.

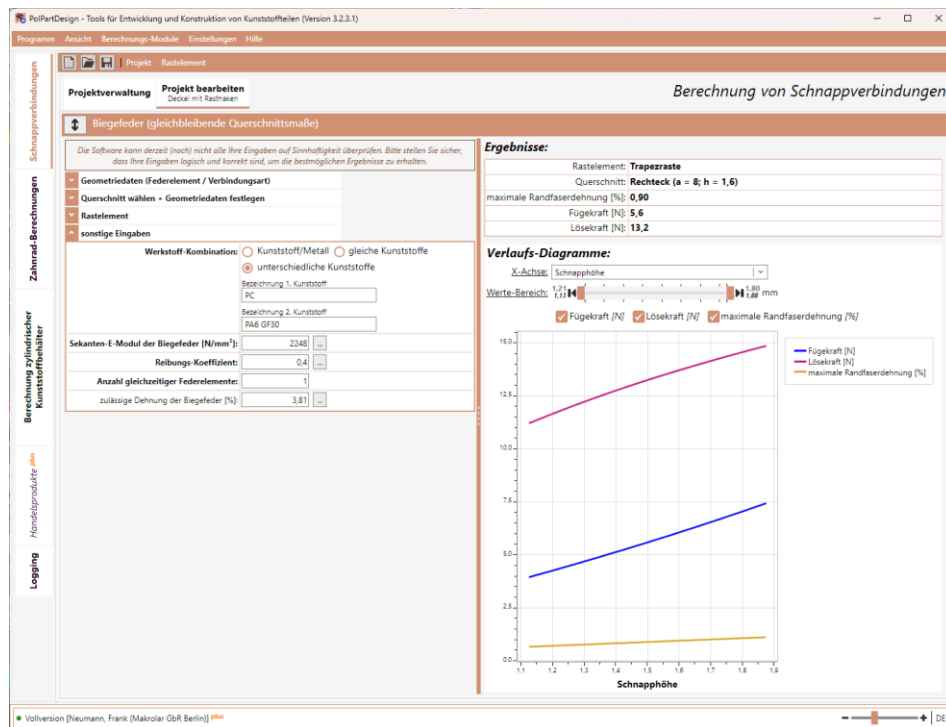


Abbildung 11: Ergebnisse und Verlaufs-Diagramm über der Schnapphöhe

Tipp: Mit dem Doppelpfeil links neben dem Titel des Federelements blenden Sie den Eingabebereich ein und aus. Die Trennlinie zwischen Eingaben und Ergebnissen lässt sich mit der Maus verschieben.

3.8 Speichern und Drucken

Das Menü „**Projekt**“ der Modulleiste enthält **Neues Projekt erstellen...**, **Projekt laden...**, **Projekt speichern**, **Projekt speichern unter...** und **Drucken / Druckvorschau...**. Projekte werden standardmäßig im Ordner **Dokumente\PolPartDesign Files**.

Die Druckvorschau enthält Projektkopf, Ergebnisse, Prinzip-Skizze mit allen Maßen, Rastelement, Querschnitt und Werkstoffangaben. Über das Druckersymbol drucken Sie den Bericht, mit dem Zoom-Regler unten ändern Sie die Ansicht.

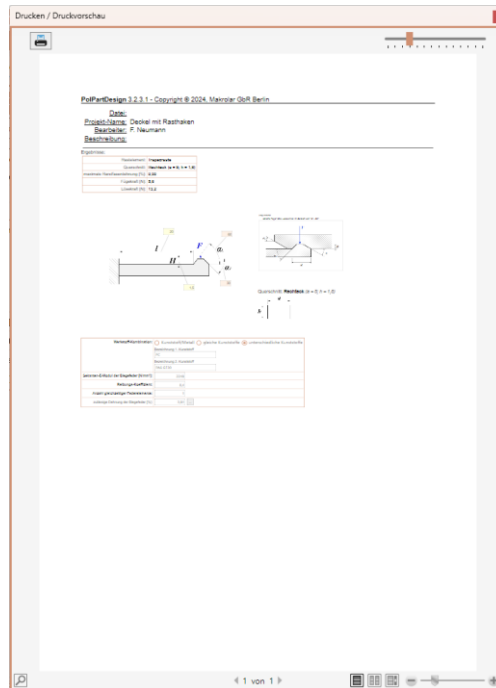


Abbildung 12: Druckvorschau einer Schnappverbindung

4 Zahnrad-Berechnungen

Das Modul berechnet Kunststoff-Stirnradgetriebe in Anlehnung an DIN 3990: Nullgetriebe mit 20°-Evolventenverzahnung, Gerad- oder Schrägverzahnung, für Kunststoffe mit einem E-Modul nach DIN EN ISO 527 von mindestens 300 N/mm² bzw. einer Shorehärte über 60D. Als Beispiel dient eine **Stirnradstufe**: Ritzel aus PA66-GF30 mit 20 Zähnen, Rad aus PA66 mit 60 Zähnen, Modul 1 mm, 20 W bei 1500 min⁻¹.

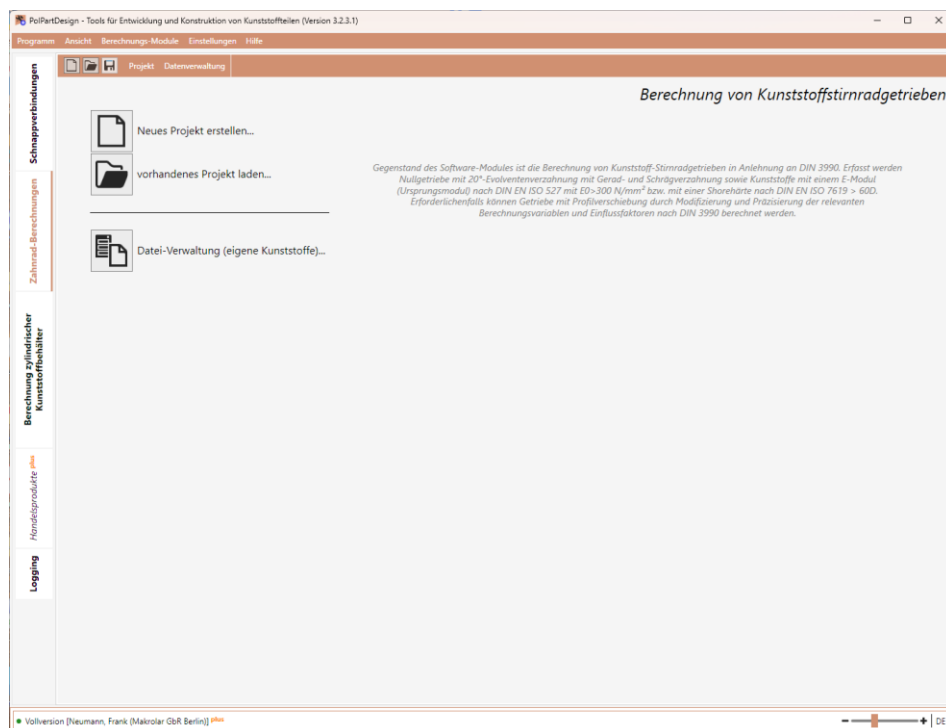


Abbildung 13: Startseite des Moduls „Zahnrad-Berechnungen“

4.1 Neues Projekt anlegen

Klicken Sie auf „**Neues Projekt erstellen...**“. Der Assistent fragt die Daten in sechs Schritten ab.

1. **Allgemeine Projekt-Angaben:** Projekt-Bezeichnung, Bearbeiter und Beschreibung.
2. **Getriebestufe / Normalmodul:** Außenrad-Stufe, Innenrad-Stufe oder Planetenrad-Stufe. Den **Normalmodul** geben Sie direkt ein oder wählen ihn über „...“ aus den Vorzugsreihen I und II nach DIN 780.
3. **Werkstoffe / Werkstoffpaarung:** Wählen Sie links den Werkstoff des Rades und rechts den des Ritzels. Die Liste enthält die Werkstoffe der Datenbank (jeweils trocken und feucht) und Ihre eigenen Werkstoffe (Abschnitt 4.4).
4. **Verzahnung / Zähnezahl / Zahnbreite / Abschirmung:** Gerad- oder Schrägverzahnung, Zähnezahl und Zahnbreite für Rad und Ritzel (der Teilkreis- $\emptyset$ wird berechnet) sowie die **Getriebeabschirmung:** offen, teilgeschlossen oder geschlossen. Beim geschlossenen Getriebe geben Sie die Oberfläche des Getriebegehäuses ohne Bodenfläche in m² an.
5. **Arbeitsweise / Drehzahl / Leistung:** Arbeitsweise mit Anwendungsfaktor (gleichmäßig 1,0; leichte bis mäßige Stöße 1,35; mäßige bis mittlere Stöße 1,75; starke Stöße 2,25 oder eigener Faktor). Dann entweder **Drehmoment** oder **Getriebe-Nennleistung** angeben; Drehzahl und Drehmoment des anderen Rades werden berechnet.
6. **Schmierung / Reibwert / Temperatur / Laufzeit:** Trockenlauf, Einmalfettschmierung, Ölnebel- oder Tauchölschmierung; Reibwert der Werkstoffkombination oder eigener Reibwert; Umgebungstemperatur; Dauer- oder Aussetzbetrieb und Gesamtlaufzeit in Stunden.
7. Klicken Sie auf „**Fertigstellen**“. Die anschließende Frage nach dem Speichern können Sie mit „**Nein**“ beantworten und später speichern.

Abbildung 14: Assistent: allgemeine Projekt-Angaben

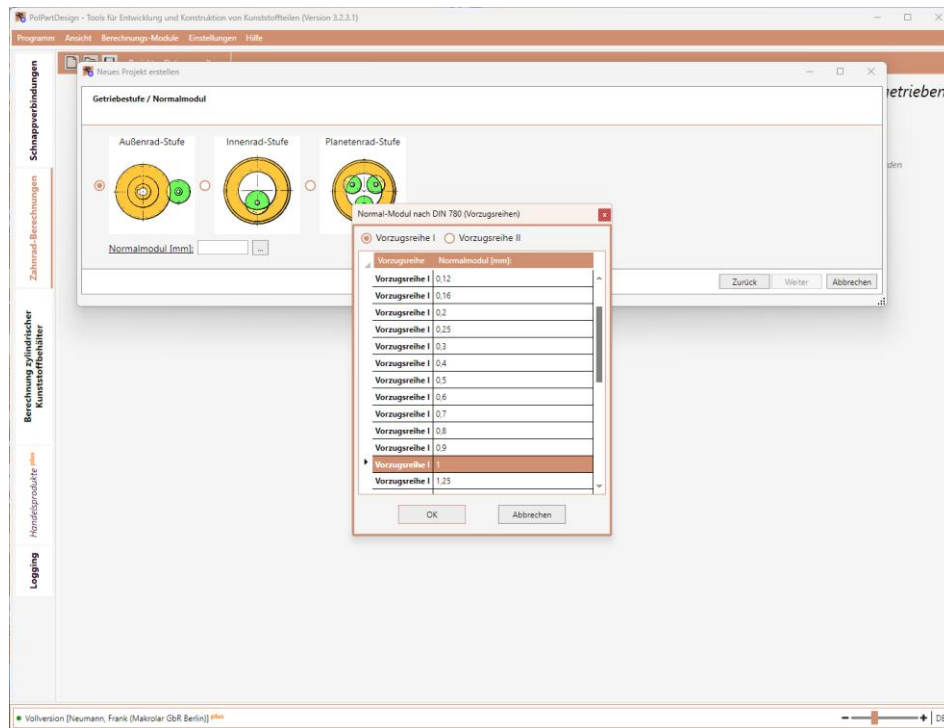


Abbildung 15: Normalmodul nach DIN 780 aus den Vorzugsreihen wählen

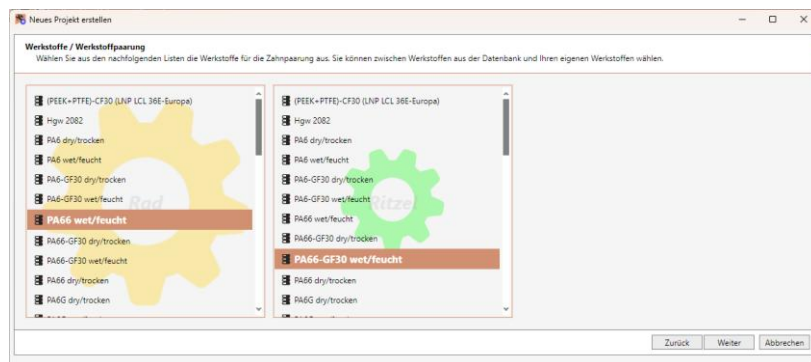


Abbildung 16: Assistent: Werkstoffpaarung (links Rad, rechts Ritzel)

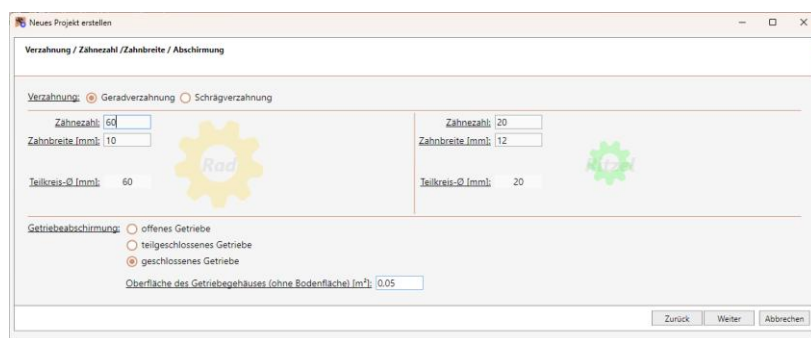


Abbildung 17: Assistent: Verzahnung, Zahnzahl, Zahnbreite und Abschirmung

Neues Projekt erstellen

Arbeitsweise / Drehzahl / Leistung

Arbeitsweise des Getriebes:

- ☐ gleichmäßig (Anwendungsfaktor=1,0)
- ☒ leichte bis mäßige Stöße (Anwendungsfaktor=1,35)
- ☐ mäßige bis mittlere Stöße (Anwendungsfaktor=1,75)
- ☐ starke Stöße (Anwendungsfaktor=2,25)
- ☐ eigener Anwendungsfaktor

☐ Drehmoment ist bekannt ☒ Getriebe-Nennleistung ist bekannt

Drehzahl [U/min]: 500 Drehmoment [Nm]: 0,38

Drehzahl [U/min]: 1500 Drehmoment [Nm]: 0,13

Getriebe-Nennleistung [W]: 20

Zurück Weiter Abbrechen

Abbildung 18: Assistent: Arbeitsweise, Drehzahl und Leistung

Neues Projekt erstellen

Schmierung / Reibwert / Temperatur / Laufzeit

Schmierung:

- ☐ Trockenlauf
- ☒ Einmalfettschmierung
- ☐ Ölnebelschmierung
- ☐ Tauchölschmierung

Reibwert:

- ☒ den Reibwert 0,09 (der gewählten Zahnrad-Werkstoff-Kombination) verwenden
- ☐ eigenen Reibwert verwenden

Umgebungstemperatur des Getriebes [°C]: 40

Getriebeaufzeit:

- ☒ durchgängige Getriebeaufzeit über 80 min (Dauerbetrieb)
- ☐ unterbrochene Getriebeaufzeit bis 80 min (Aussetzbetrieb)

Gesamtlaufzeit des Getriebes [h]: 2000

Zurück Weiter Abbrechen

Abbildung 19: Assistent: Schmierung, Reibwert, Temperatur und Laufzeit

4.2 Ergebnisse und Hinweise

Nach dem Assistenten sehen Sie links die Eingaben in aufklappbaren Abschnitten, rechts den Bereich „Ergebnisse und Hinweise“. Jede Änderung links wird sofort neu berechnet.

Ergebnis	Beispiel / Bedeutung
Zahnmasse-Temperatur	42 °C
Zahnflanken-Temperatur	44 °C (zulässig 128,3 °C)
Sicherheit Zahnfußfestigkeit (Ritzel)	27,7 (zulässig 81,4 / vorhanden 2,9 N/mm ²)
Sicherheit Zahnfußfestigkeit (Rad)	13,7 (zulässig 37,5 / vorhanden 2,7 N/mm ²)
Sicherheit Zahnflankenpressung	9,4 (zulässig 78,8 / vorhanden 8,4 N/mm ²)
Zahnverformung / zulässige Zahnverformung	0,03 mm / 0,1 mm
Lastwechselzahlen Ritzel / Rad / bestimmende	180.000.000 / 60.000.000 / 180.000.000
Achsabstand, Reibungs- und Dämpfungsverluste	40 mm; 0,31 W; 0,21 W

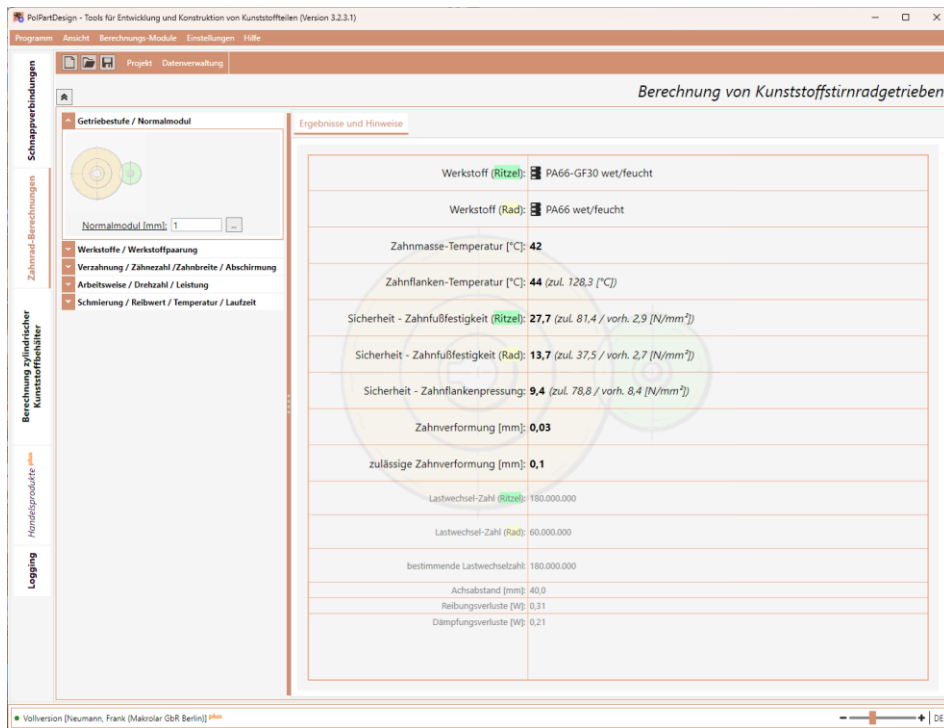


Abbildung 20: Ergebnisse und Hinweise der Zahnradberechnung

Um eine Eingabe zu ändern, klappen Sie den entsprechenden Abschnitt auf, z. B. „**Werkstoffe / Werkstoffpaarung**“, und wählen einen anderen Werkstoff.

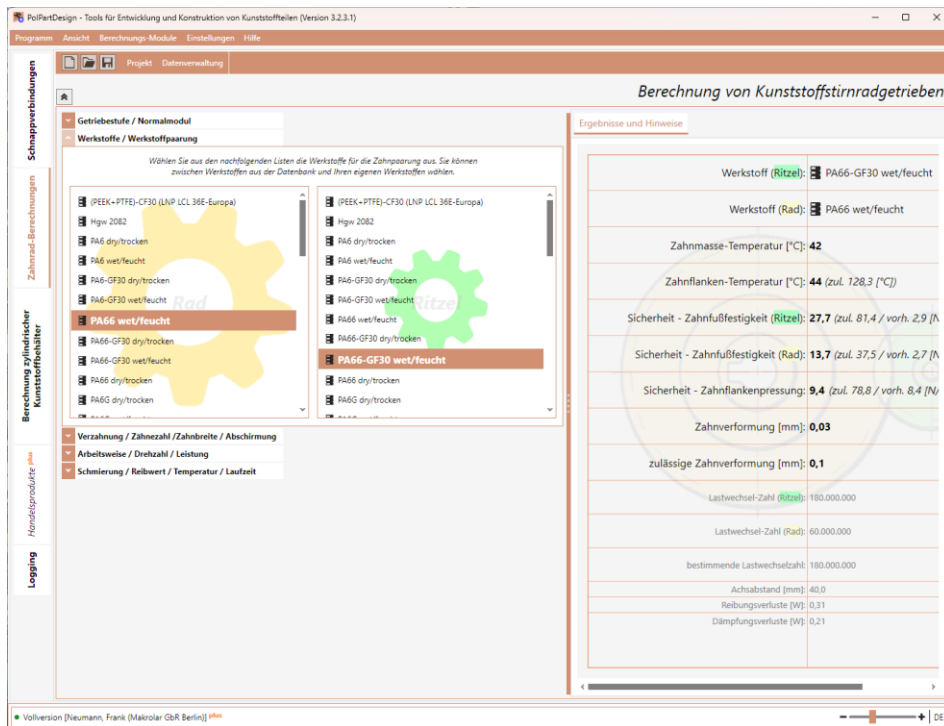


Abbildung 21: Werkstoffpaarung nachträglich ändern

4.3 Projekt-Menü und Projektangaben

Das Menü „Projekt“ enthält **Neues Projekt...**, **Projekt laden...**, **Projekt speichern**, **Projekt speichern unter...**, **Projekt schließen**, **allgemeine Projektangaben...** und **Drucken / Druckvorschau...**. Zahnrad-Projekte haben die Dateiendung **.polpd**. Über „**allgemeine Projektangaben...**“ ändern Sie Projekt-Bezeichnung, Bearbeiter und Beschreibung.

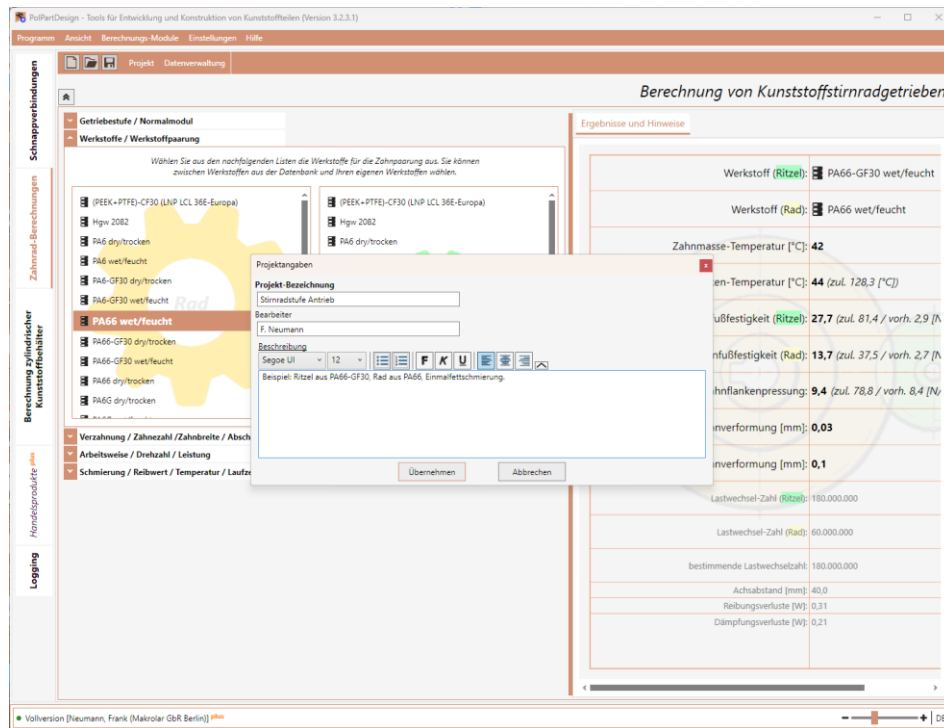


Abbildung 22: Allgemeine Projektangaben ändern

Die Druckvorschau fasst Projektkopf, Ergebnisse und alle Eingaben und Zwischenergebnisse mit Skizzen von Rad und Ritzel auf einer Seite zusammen.

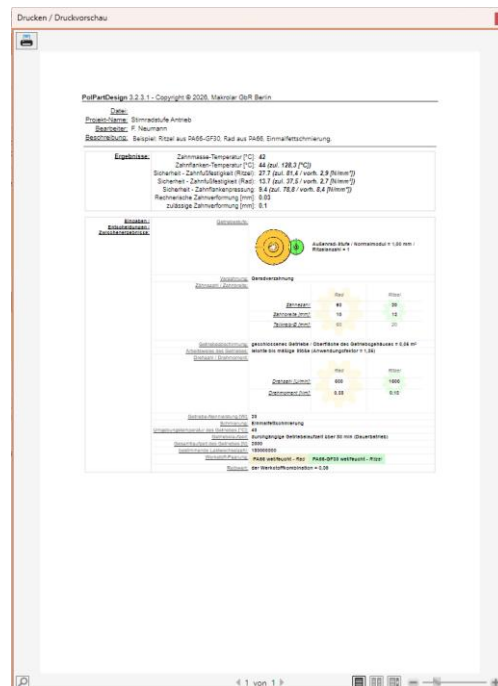


Abbildung 23: Druckvorschau der Zahnradberechnung

4.4 Datenverwaltung und eigene Kunststoffe

Das Menü „Datenverwaltung“ enthält:

- **Datei-Verwaltung...** (auch über „Datei-Verwaltung (eigene Kunststoffe)...“ auf der Startseite): eigene Werkstoffe anlegen und pflegen.

- **Formmassedaten der Datenbank...:** Tabelle der mitgelieferten Kunststoffe mit Wärmeeindringzahl, Deformationscharakteristik, Wärmeformbeständigkeits-Temperatur, E-Modul, Querkontraktionszahl und weiteren Kennwerten (nur lesen).
- **Daten von Metallen der Datenbank...:** Kennwerte der Metalle für Kunststoff/Metall-Paarungen.

Bezeichnung	Wärmeeindringzahl [N/mm²·s]	Deformationscharakteristik	Wärmeformbeständigkeits-Temperatur (T _{DT} /°C)	E-Modul [N/mm²]	Querkontraktionszahl
(PEEK+PTFE)-CF30 (LNP LCL 366-Europe)	1,1	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	300	21600	0,3
Hgw 2082	0,8	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	170	8500	0,3
PA6 dry/trocken	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	65	3100	0,35
PA6 wet/feucht	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	65	1200	0,4
PA6-GF30 dry/trocken	0,7	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	200	9500	0,3
PA6-GF30 wet/feucht	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit begre...	200	7000	0,3
PA66 wet/feucht	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	75	1500	0,4
PA66-GF30 dry/trocken	0,73	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	250	9700	0,3
PA66-GF30 wet/feucht	0,73	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	250	7500	0,3
PA66 dry/trocken	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit begre...	75	3300	0,35
PA66 dry/trocken	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit begre...	100	3400	0,3
PA66 wet/feucht	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	100	2100	0,35
PBT-GF30	0,79	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	200	10000	0,3
PBT	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit begre...	60	2700	0,35
PE-UHMW	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	42	800	0,45
PEEK-CF30	1,1	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	320	23000	0,3
PEEK	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	160	4200	0,3
PET-GF30	0,7	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	225	10000	0,3
PET	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	75	3300	0,35
PCMC-CF30	0,69	Sprödharte Kunststoffe mit Tre...	155	9300	0,3
PCMC-M	0,7	Zähnharte Kunststoffe mit ausge...	110	3200	0,35

Abbildung 24: Formmassedaten der Datenbank

Im Fenster „eigene Kunststoffe“ steht oben das Ablageverzeichnis (standardmäßig **Dokumente\PolPartDesign Files**). Links sind Ihre Werkstoffe aufgelistet, rechts die Kennwerte des gewählten Eintrags. Mit den Symbolen der Leiste legen Sie einen Eintrag **neu** an, **bearbeiten**, **speichern** oder **löschen** ihn.

Zu einem eigenen Kunststoff gehören u. a. Formmasse-Bezeichnung, Werkstoff-Zuordnung (teilkristalline oder amorphe Thermoplaste, PTFE, Duroplaste, LCP), reibkraftmindernde Zusätze, Wärmeeindringzahl, Deformationscharakteristik, Bruch-/Streckgrenz-Dehnung, Wärmeformbeständigkeits-Temperatur, E0-Modul, Querkontraktionszahl, Dämpfungsfaktor und Reibungskoeffizient für Trockenlauf; optional zulässige Temperatur und Lastwechselzahl. Neben vielen Feldern zeigt das Programm Orientierungswerte an.

eigene Kunststoffe
Ablageverzeichnis (eigene Kunststoffe): C:\Users\Frank Neumann\Documents\PolPartDesign Files

PA6 dry/trocken_1 - Änderungsdatum: 24.10.2022

Formmasse-Bezeichnung: PA6 dry/trocken_1

Werkstoff-Zuordnung: ☒ teilkristalline Thermoplaste, teilkristalline thermoplastische Elastomere (TPE)
☐ PTFE
☐ Duroplaste
☐ amorphe Thermoplaste, amorphe thermoplastische Elastomere (TPE), LCP-Polymere

Formmasse-Zusätze: ☒ es handelt sich um eine Formmasse mit reibkraftmindernden Zusätzen (z.B. Silikon, Graphit, PTFE)
☐ es handelt sich um eine Formmasse ohne reibkraftmindernde Zusätze

Wärmeeindringzahl [N/mm²·s]: 0,7 **Deformationscharakteristik:** ☒ Sprödharte Kunststoffe mit Trennversagen: Bruchdehnung > 4 %
☐ Zähnharte Kunststoffe mit begrenzter Verformbarkeit oder Creep-Verformung mit Ris-Stoßen: Streckgrenzdehnung > 4 %
☐ Zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Streckdehnbarkeit: Streckgrenzdehnung > 4 % > 20 %
☐ flexible oder weiche Kunststoffe (Shore < 60 D) mit elastischen Eigenschaften am Dehnungsausübergang: elastische Streckgrenzen meist über 20 %

Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]: 4,5
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur [°C]: 65
E0-Modul [N/mm²]: 3100
Querkontraktionszahl: 0,35 **Dämpfungsfaktor:** 0,05
Reibungskoeffizient für Trockenlauf (Polymers/Polymer): 0,3
 optional - zulässige Abtauchtemperatur [°C]: 110
 optional - zulässige Lastwechselzahl [1/s]: 1000

Abbildung 25: Eigene Kunststoffe verwalten

Hinweis: Eigene Kunststoffe werden als Dateien mit der Endung **.ppdpf** gespeichert und erscheinen anschließend in den Werkstofflisten des Assistenten und der Projektansicht.

5 Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter

Das Modul berechnet für stehende zylindrische Behälter mit Flüssigkeitsfüllung die **Mindest-Wanddicke** und führt mit der gewählten Wanddicke einen **Festigkeitsnachweis**. Beispiel: geschweißter **Lagertank** aus PP-H für Wasser, Durchmesser 1200 mm, Füllhöhe 2000 mm.

5.1 Neues Projekt anlegen

Klicken Sie in der **Projektverwaltung** auf „**Neues Projekt erstellen**“. Der Assistent fragt die grundlegenden Entscheidungen ab:

- **Art der Belastung:** statische oder intermittierende Belastung.
- **Kunststoff-Werkstoff:** isotroper oder orthotroper Kunststoff.
- **Schweiß- oder Klebkonstruktion:** Kontrollkästchen setzen, wenn der Behälter geschweißt oder geklebt ist.
- **Projekt-Bezeichnung** und **Bearbeiter**.

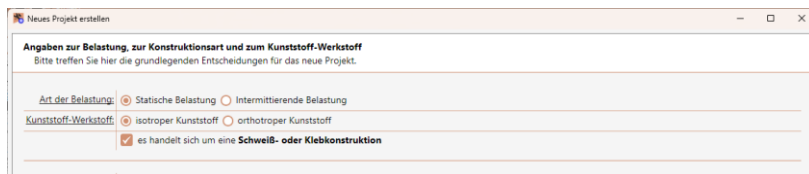


Abbildung 26: Assistent: Belastung, Konstruktionsart und Werkstoff

Wichtig: Bei Schweiß- oder Klebkonstruktionen müssen Sie eine Festigkeitsabminderung berücksichtigen. Verringern Sie die zulässige Dehnung entsprechend (Abschnitt 5.3).

5.2 Basisdaten und Temperatur-/Belastungsschema

Unter „**Basisdaten**“ geben Sie die **Bezeichnung der Flüssigkeit** und ihre **Dichte** in g/cm³ ein. Unter „**Temperatur- und Belastungsschema**“ folgen der **Durchmesser d** in mm und das Schema selbst.

Klicken Sie auf „**Schema bearbeiten...**“. Im Fenster legen Sie die **Füllstandshöhe** fest und erfassen in der Tabelle Zeitabschnitte mit **Start**, **Dauer** (in Stunden) und **Flüssigkeits-Temperatur**. So bilden Sie Betriebsphasen mit unterschiedlichen Temperaturen bei gleicher Füllhöhe ab. Das Diagramm rechts zeigt Füllhöhe und Temperatur über der Anwendungszeit. Im Beispiel: 1000 h bei 23 °C, danach 1000 h bei 40 °C.

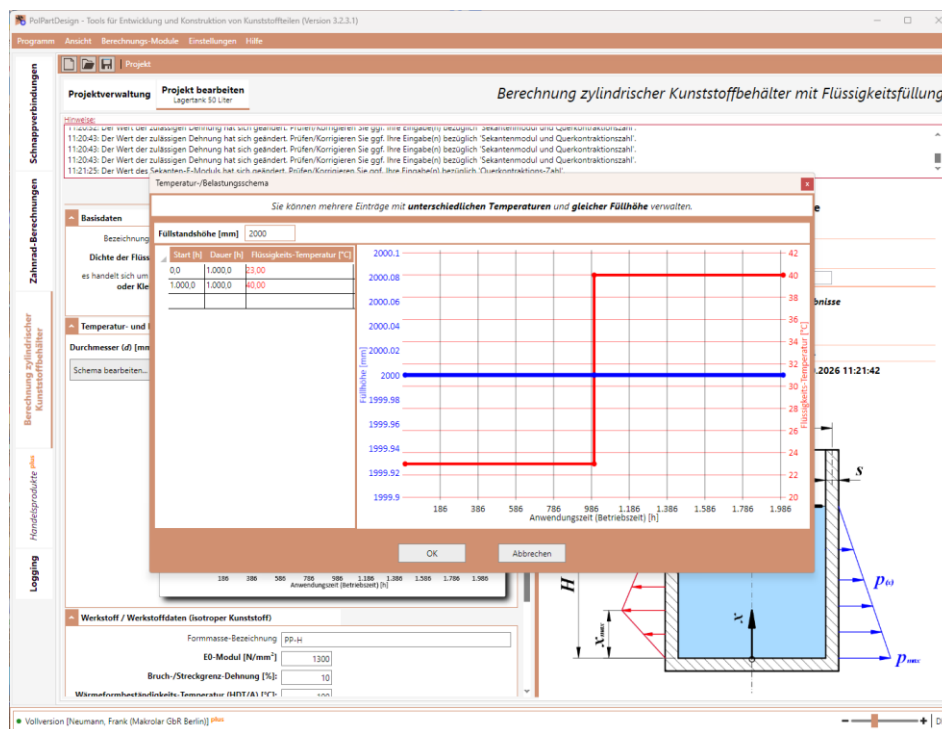


Abbildung 27: Temperatur- und Belastungsschema bearbeiten

5.3 Werkstoffdaten

Im Abschnitt „Werkstoff / Werkstoffdaten (isotroper Kunststoff)“ geben Sie ein:

Feld	Beispiel / Hinweis
Formmasse-Bezeichnung	PP-H
E0-Modul [N/mm ²]	1300
Bruch-/Streckgrenz-Dehnung [%]	10
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur (HDT/A) [°C]	100
Werkstoff-Deformationscharakteristik	zähnharte Kunststoffe mit ausgeprägter Verstreckbarkeit
zulässige Dehnung [%]	1,5 (wegen der Schweißnähte bewusst unter dem Vorschlag von 3,8)
Sekanten-E-Modul (Zug) [N/mm ²]	527
Querkontraktions-Zahl (Sekanten-Modul)	0,45

Rechts neben **zulässige Dehnung**, **Sekanten-E-Modul** und **Querkontraktions-Zahl** zeigt eine Schaltfläche den Wert, den PolPartDesign aus Ihren übrigen Eingaben berechnet. Ein Klick darauf übernimmt diesen Wert. Solange Angaben fehlen (z. B. das Belastungsschema), zeigt die Schaltfläche „--“.

Hinweis: Ändern Sie einen Wert, von dem andere abhängen, meldet die Hinweisliste über den Eingaben, welche Eingaben Sie prüfen sollten (z. B. „Der Wert des E0-Moduls hat sich geändert...“).

5.4 Ergebnisse

Rechts stehen unter „Berechnungen / Ergebnisse“ die **Mindest-Wanddicke** und die Höhe der maximalen Spannung. Tragen Sie in „**gewählte Wanddicke**“ die vorgesehene Wanddicke ein, dann erscheinen der **Festigkeitsnachweis** (maximale/zulässige Spannung) und der **Sicherheitsfaktor**.

Ergebnis	Beispiel
Mindest-Wanddicke	1,49 mm
Ordinate der maximalen Spannung (Mindest-Wanddicke)	72 mm
gewählte Wanddicke	3 mm
Ordinate der maximalen Spannung (gewählte Wanddicke)	101 mm
Festigkeitsnachweis (max./zul. Spannung)	3,92 / 7,91 N/mm ²
Sicherheitsfaktor	2,01
resultierende Anwendungs- bzw. Flüssigkeitstemperatur	31,5 °C
maximaler Wanddruck	0,020 N/mm ²

PolPartDesign - Tools für Entwicklung und Konstruktion von Kunststoffteilen (Version 3.2.3.1)

Projektverwaltung | Projekt bearbeiten | Lagerank (2 m3)

Berechnung zylindrischer Kunststoffbehälter mit Flüssigkeitsfüllung

Hinweise:
 11.20.42: Der Wert der zulässigen Dehnung hat sich geändert. Prüfen/Korrigieren Sie ggf. Ihre Eingabe(n) bezüglich 'Sektantenmodul und Querkontraktionszahl'.
 11.20.43: Der Wert der zulässigen Dehnung hat sich geändert. Prüfen/Korrigieren Sie ggf. Ihre Eingabe(n) bezüglich 'Sektantenmodul und Querkontraktionszahl'.
 11.21.25: Der Wert des Sektanten-E-Moduls hat sich geändert. Prüfen/Korrigieren Sie ggf. Ihre Eingabe(n) bezüglich 'Querkontraktionszahl'.

Statische Belastung

Basisdaten
 Bezeichnung der Flüssigkeit: Wasser
 Dichte der Flüssigkeit [g/cm³]: 1
 es handelt sich um eine Schweiß- oder Klebkonstruktion: ☒ Sie müssen eine entsprechende Festigkeitsabminderung unbedingt berücksichtigen. Wir empfehlen Ihnen den Wert der zulässigen Dehnung entsprechend zu mindern. Weitere Informationen finden Sie auch in der Hilfe.

Temperatur- und Belastungsschema
 Werkstoff / Werkstoffdaten (isotroper Kunststoff)
 Formmasse-Bezeichnung: PP-H
 E-Modul [N/mm²]: 1300
 Bruch-/Streckgrenze-Dehnung [%]: 10
 Wärmeformbeständigkeits-Temperatur (HDT/A) [°C]: 100
 Werkstoff-Deformationscharakteristik: ☐ Zähharter Kunststoff mit ausgeprägter Versteckbarkeit; S (Alle zählbaren Kunststoffe, soweit nicht anders erfasst)
☒ zulässige Dehnung [%]: 1,5 / -3,8
 Sektanten-E-Modul (Zug) [N/mm²]: 527 / -527
 Querkontraktions-Zahl (Sektanten-Modul): 0,45 / -0,45

Berechnungen / Ergebnisse
 Mindest-Wanddicke (s) [mm]: 1,49
 Ordinate der maximalen Spannung für die Mindest-Wanddicke (X_{max}) [mm]: 72
 gewählte Wanddicke [mm]: 3
 Ordinate der maximalen Spannung der gewählten Wanddicke (X_{max}) [mm]: 101
 Festigkeitsnachweis (max./zul. Spannung) [N/mm²]: 3,92 / 7,91
 Festigkeitsnachweis (Sicherheitsfaktor): 2,01

Sonstige Informationen / Werte / Ergebnisse
 resultierende Anwendungs- bzw. Flüssigkeitstemperatur [°C]: 31,5
 maximaler Wanddruck [N/mm²]: 0,020
 letzte Änderung/Berechnung: 30.10.2026 11:21:59

Prinzip-Skizze:

© Vollversion (Neumann, Frank (Makrolar GbR Berlin)) plus

Abbildung 28: Eingaben und Ergebnisse der Behälterberechnung

5.5 Speichern und Drucken

Speichern und Drucken erfolgen wie bei den Schnappverbindungen über die **Projektverwaltung** oder das Menü „**Projekt**“. Der Bericht enthält alle Eingaben, das Belastungsschema und die Ergebnisse.

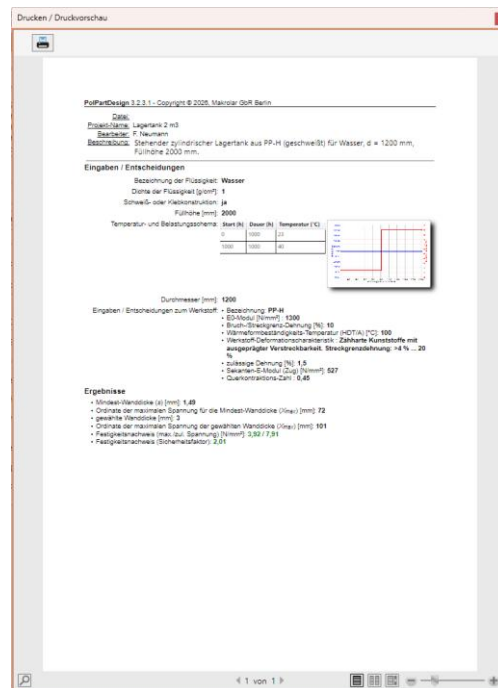


Abbildung 29: Druckvorschau der Behälterberechnung

6 Berechnungs-Module

Das Menü „**Berechnungs-Module**“ der Hauptmenüleiste enthält drei Hilfsberechnungen, die Sie unabhängig von einem Projekt und von jedem Register aus aufrufen können. Sie dienen zur schnellen Abschätzung von Werkstoffkennwerten, z. B. bevor Sie ein Projekt anlegen. Die Ergebnisse werden nicht gespeichert; mit „**Schließen**“ beenden Sie das Fenster.

6.1 E-Module berechnen

Das Fenster „**Sekanten-/Tangenten-E-Modul**“ berechnet überschlägig den E-Modul eines Kunststoffs unter Einsatzbedingungen:

Eingabe	Bedeutung
E-Modul	Sekanten-E-Modul oder Tangenten-E-Modul .
Art der Belastung	Zug / Druck oder Biegung / Torsion / Scherung .
Zeitverlaufsart	zügig, statisch, intermittierend, schwingend (schwellend) oder schwingend (wechselnd) . Die Prinzip-Skizze rechts zeigt den gewählten Verlauf; je nach Zeitverlaufsart erscheinen weitere Felder, z. B. Zeit der Belastung bei statischer Belastung.
E0-Modul [N/mm²]	Ursprungsmodul des Werkstoffs.
maximale Dehnung [%]	Dehnung, bei der der E-Modul ermittelt werden soll.
Wärmeformbeständigkeits-Temperatur [°C]	HDT des Werkstoffs.
Anwendungstemperatur (TA) [°C]	Temperatur im Einsatz.

Sobald alle Felder ausgefüllt sind, steht unten das **Ergebnis der überschlägigen Berechnung**. Beispiel: PP mit $E_0 = 1300 \text{ N/mm}^2$, 1 % Dehnung, HDT 100°C , 40°C und 10 000 h statischer Belastung → Sekanten-E-Modul $450,6 \text{ N/mm}^2$.

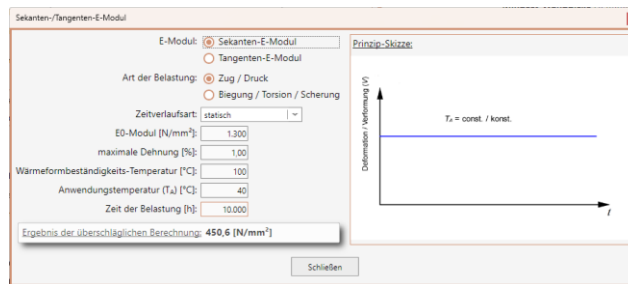


Abbildung 30: Berechnungs-Modul „E-Module berechnen“

6.2 Zulässige Dehnung berechnen

Das Fenster „**zulässige Dehnung**“ schätzt die zulässige Dehnung eines Kunststoffes ab. Sie wählen die **Zeitverlaufsart** und die **Werkstoff-Deformationscharakteristik** (sprödharte Kunststoffe, zähnharte mit begrenzter Verformbarkeit, zähnharte mit ausgeprägter Verstreckbarkeit oder flexible Kunststoffe; das Info-Symbol erläutert die Gruppen mit Beispielen) und geben **Bruch-/Streckgrenz-Dehnung**, **Wärmeformbeständigkeits-Temperatur** und gegebenenfalls die **Zeit der Belastung** ein.

Beispiel: zähnharter Kunststoff, Streckdehnung 10 %, HDT 100 °C, 10 000 h statische Belastung → zulässige Dehnung 3,48 %.

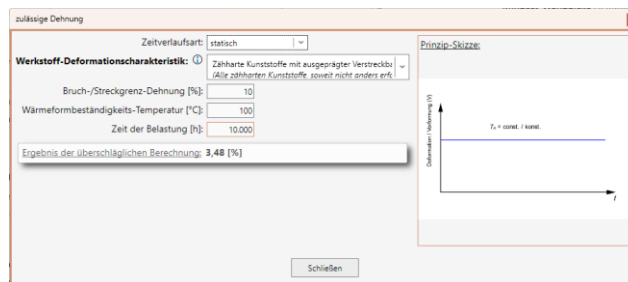


Abbildung 31: Berechnungs-Modul „zulässige Dehnung berechnen“

6.3 Wärmeeindringzahl berechnen

Die Wärmeeindringzahl $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ beschreibt, wie schnell ein Werkstoff Wärme aufnimmt, und wird z. B. für die Temperaturberechnung von Zahnrädern benötigt. Geben Sie **Dichte** [g/cm³], **Wärmeleitfähigkeit** [W/m·K] und **spezifische Wärmekapazität** [J/g·K] ein; das Ergebnis erscheint in N/(mm·K·s).

Links listet das Fenster **Orientierungswerte** gängiger Kunststoffe (Kürzel und Bezeichnung). Ein **Doppelklick** auf eine Zeile übernimmt deren Werte in die Eingabefelder. Beispiel: PA6 GF30 → Dichte 1,36 g/cm³, Wärmeleitfähigkeit 0,24 W/m·K, Wärmekapazität 1,5 J/g·K → Wärmeeindringzahl 0,7.

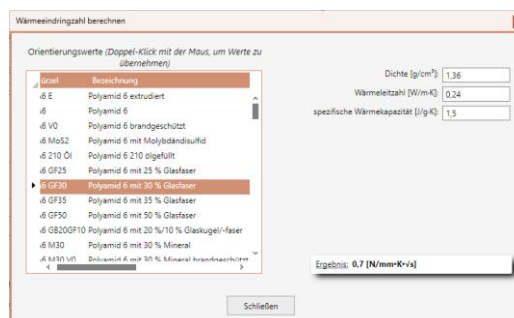


Abbildung 32: Berechnungs-Modul „Wärmeeindringzahl berechnen“ mit Orientierungswerten

Tipp: Die Hilfsberechnungen in den Projekten (z. B. die Schaltflächen „...“ bei den Schnappverbindungen) verwenden dieselben Verfahren, übernehmen das Ergebnis aber direkt in das Projekt.

7 Menüs

Menü	Befehle
Programm	Programm beenden; Info über...
Ansicht	Wechsel zwischen Schnappverbindungen, Zahnrad-Berechnungen, Kunststoffbehälter-Berechnungen und Handelsprodukte; Originalgröße (100 %); Ergebnisse-Änderungs-Ansicht.
Berechnungs-Module	E-Module berechnen..., zulässige Dehnung berechnen..., Wärmeeindringzahl berechnen... (Kapitel 6)
Einstellungen	Server-Verbindung...; Lizenz aktivieren...; Lizenz zurücksetzen...; Optionen...; Language/Sprache...
Hilfe	auf Software-Update prüfen...; zu unserer Internetseite...; für die Software registrieren...; Online-Hilfen anzeigen; lokale Hilfe anzeigen... (Taste F1); lokale Hilfe (Handelsprodukte-DB) anzeigen...
Projekt (Modulleiste)	Neues Projekt, Laden, Speichern, Speichern unter, Drucken / Druckvorschau; bei Zahnradern zusätzlich Projekt schließen und allgemeine Projektangaben...
Rastelement (Schnappverbindungen)	anderes Rastelement auswählen...
Datenverwaltung (Zahnräder)	Datei-Verwaltung...; Formmassedaten der Datenbank...; Daten von Metallen der Datenbank...

8 Tipps und häufige Fragen

Frage	Antwort
Warum werden keine Ergebnisse angezeigt?	Es fehlen noch Eingaben. Der Bereich „Hinweise“ bzw. die rote Meldung „Es fehlen noch Eingaben/Entscheidungen“ nennt die fehlenden Angaben.
Kann ich Entscheidungen aus dem Assistenten später ändern?	Ja. Alle Angaben lassen sich in der Projektansicht ändern; die Ergebnisse werden sofort aktualisiert.
Werden die Werte der Hilfsberechnungen gespeichert?	Nein, nur das übernommene Ergebnis wird im Projekt gespeichert.
Wie finde ich die günstigste Geometrie einer Schnappverbindung?	Nutzen Sie die Verlaufs-Diagramme: Wählen Sie die zu variierende Größe als X-Achse und lesen Sie Kräfte und Dehnung ab.
Mein Werkstoff fehlt in der Zahnrad-Datenbank.	Legen Sie ihn unter „Datenverwaltung → Datei-Verwaltung...“ als eigenen Kunststoff an.
Der Behälter ist geschweißt. Was muss ich beachten?	Setzen Sie das Kontrollkästchen für Schweiß- oder Klebkonstruktion und verringern Sie die zulässige Dehnung entsprechend der Schweißnahtgüte.