



PROBAD

Festigkeitsberechnungen von Druckteilen nach Regelwerken

Release 01/2021: Neue Funktionen und Änderungen

Das Programmsystem PROBAD wird im Rahmen der Programmwartung (Wartungsvertrag) kontinuierlich gepflegt und erweitert.

Dieses Dokument enthält die Neuerungen, Verbesserungen und Fehlerbeseitigungen der aktuellen PROBAD-Releases:

EN 12952	Wasserrohrkessel	Release 4.09
EN 13445	Unbefeuerte Druckbehälter	Release 3.08
EN 13480	Metallische Rohrleitungen	Release 3.00
EN 1591	Runde Flanschverbindungen	Release 5.05
EN Rohrreihen	Rohrleitung Reihenberechnung	Release 4.09
AD 2000	Druckbehälter	Release 7.09
TRD	Dampfkessel	Release 8.09
WRC 107 / WRC 537	Äußere Stutzenlasten	Release 8.09
WRC 297	Äußere Stutzenlasten	Release 5.09
FEZEN	Werkstoff-Informationssystem	Release 4.13

Software Entwicklung, Vertrieb und Support



SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH
Bertha-von-Suttner-Allee 19
59423 Unna

www.rohr2.de / www.rohr2.com

Vertrieb
Tel.: +49 (0)2303 332 33-0
Fax: +49 (0)2303 332 33-50

sales.probad@rohr2.de

Support
Tel.: +49 (0)2303 332 33-45
Fax: +49 (0)2303 332 33-50

support.probad@rohr2.de



FEZEN – Werkstoffdatenbank, Version 4.13:

Folgende Normen und Regelwerke wurden aktualisiert und die neuste Version in die Werkstoffdatenbank FEZEN eingearbeitet:

Bezugsnorm EN:

- EN 10216-2 Ausgabe 12/2019 Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchung
- EN ISO 3183 Ausgabe 10/2019 Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme
- ECCC Ausgabe 01/2019 Data sheet Steel Grade 91

Bezugsnorm DIN:

- AD 2000 - W 2 Ausgabe 01/2020 Austenitische und austen.-ferritische Stähle
- AD 2000 - W 7 Ausgabe 01/2020 Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen
- AD 2000 - W 10 Ausgabe 01/2020 Eisen-Werkstoffe für tiefe Temperaturen
- Die Änderungen in folgenden VdTÜV-Werkstoffblättern wurden in die Werkstoffdatenbank FEZEN eingearbeitet:
 - WB 230/1, WB 230/1 Beiblatt
 - WB 350/3 WB 352/1 WB 352/2 Beiblatt WB 352/3
 - WB 354/1 WB 354/2 Beiblatt WB 356/3
 - WB 357/1 WB 357/3 WB 357/3 Beiblatt
 - WB 401/1 WB 418 WB 479 WB 479 Beiblatt
 - WB 496 WB 496 Beiblatt WB 499 WB 399 Beiblatt
 - WB 508 WB 511/2 WB 552/3 WB 556

FEZEN – Werkstoff-Informationssystem, Version 4.13:

- Im neuen FEZEN-Info-System kann nun die zulässige Berechnungsspannung und die zulässige Temperatur nach AD 2000, TRD, EN 12952, EN 13480 oder EN 13445 für eine von den Standardwerten abweichende Dauer der Zeitstandfestigkeit ermittelt werden.
- Die Sicherheiten im Zeitstandbereich können über einen Schalter ‚Zeitstandüberwachung ja/nein‘ gewählt werden.
- In der grafischen Darstellung der zulässigen Spannungen wird nun im Zeitstandbereich links/unterhalb der Kurven die Dauer der Zeitstandfestigkeit und die zugehörige Sicherheit dokumentiert. Standardmäßig werden die in der Werkstoffdatenbank abgelegten Stützpunkte auf der Kurve mit Kreis markiert.

Maßnormen:

- Auf Anwenderwunsch wurden folgende Normabmessungen zusätzlich in die Datenbank aufgenommen:
 - DIN 28086, 06/1994 Tragösen an Apparaten für Montage
- Die Abmessungs-Datenbank wurde aufgrund folgender neuer Ausgaben aktualisiert:
 - E DIN 2510-7, 08/2020: Schraubenverbindungen mit Dehnhülsen



EN 12952: Wasserrohrkessel, Release 4.09

Maximale Ausnutzung:

In der Übersichtstabelle der Ergebnisse wird nun zusätzlich zum zulässigen Druck und der zulässigen Temperatur auch die maximale Ausnutzung des Bauteils dokumentiert.

Gebogene Rohre:

PROBAD ermittelt für gebogene Rohre die aus dem gewählten Biegeverfahren resultierenden Wanddicken an der Bogeninnen- und Bogenaußenseite und die zugehörigen Spannungs- und Druckreserven.

Da das Biegeverfahren bei ersten Berechnungen oft noch nicht festgelegt ist, kann im neuen Release ‚Biegeverfahren unbekannt‘ gewählt werden. In diesem Fall werden nur die rechnerisch erforderlichen Wanddicken an der Bogeninnen- und Außenseite bestimmt.

Da die tatsächlich zu erwartenden Wanddicken nach dem Biegen nicht bekannt sind, können jedoch keine Druckreserven und keine Spannungs-Ausnutzungen ermittelt werden.

Ergänzungen / Korrekturen:

- Auch für austenitische Gusswerkstoffe werden nun die erhöhten Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss berücksichtigt.
- Bei Berechnungen im Zeitstandbereich wurde u.U. eine zu geringe maximal zulässige Temperatur ermittelt. Dies wurde korrigiert.

EN 13445: Unbefeuerte Druckbehälter, Release 3.08

Neue Baugruppe: Tragösen an Behälterschalen

Im neuen Release ist nun die Berechnung von ‚Aufhängösen an Behälterschalen‘ gemäß EN 13445-3, Kapitel 16.7 möglich.

- Die Tragösen können an zylindrischen, konischen oder kugelförmigen Behälterschalen in Längs- oder Umfangsrichtung platziert werden.
- Die Tragösen können ohne oder mit Verstärkungsblech ausgeführt werden.
- Da EN 13445-3, Kapitel 16.7 nur den Berechnungsnachweis der Behälterschale beinhaltet, werden Ösenblech und Verstärkungsblech bei entsprechender Eingabe gemäß DIN 28086 nachgewiesen.
- Für Ösenblech und Verstärkungsblech kann auf Standardabmessungen gemäß DIN 28086 zugegriffen werden.

Maximale Ausnutzung:

In der Übersichtstabelle der Ergebnisse wird nun zusätzlich zum zulässigen Druck und der zulässigen Temperatur auch die maximale Ausnutzung des Bauteils dokumentiert.

Liegende Behälter auf Sätteln / Ringen Stehende Behälter auf Tragpratzen

Im neuen Release werden nun die prozentuale Auslastungen in den verschiedenen Bereichen des Behälters und der Sattellager bzw. Tragpratzen in der Ergebnisausgabe dokumentiert.

Ergänzungen / Korrekturen::

- Auch für austenitische Gusswerkstoffe werden nun die erhöhten Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss berücksichtigt.



- Rohrplatten:
Für Rohrplatten im Festbodenapparat wurde u.U. ein zu geringer zulässiger Probedruck ermittelt.
Dies wurde korrigiert.

EN 13480: Metallische Rohrleitungen, Release 3.01

Maximale Ausnutzung:

In der Übersichtstabelle der Ergebnisse wird nun zusätzlich zum zulässigen Druck und der zulässigen Temperatur auch die maximale Ausnutzung des Bauteils dokumentiert.

Gebogene Rohre:

PROBAD ermittelt für gebogene Rohre die aus dem gewählten Biegeverfahren resultierenden Wanddicken an der Bogeninnen- und Bogenaußenseite und die zugehörigen Spannungs- und Druckreserven.

Da das Biegeverfahren bei ersten Berechnungen oft noch nicht festgelegt ist, kann im neuen Release ‚Biegeverfahren unbekannt‘ gewählt werden. In diesem Fall werden nur die rechnerisch erforderlichen Wanddicken an der Bogeninnen- und Außenseite bestimmt.

Da die tatsächlich zu erwartenden Wanddicken nach dem Biegen nicht bekannt sind, können jedoch keine Druckreserven und keine Spannungs-Ausnutzungen ermittelt werden.

Überwachung der Zeitstanderschöpfung:

Bisher wurde in PROBAD EN 13480 für Berechnungen im Zeitstandbereich standardmäßig die Überwachung der Zeitstanderschöpfung angenommen. Gemäß EN 13480-3, Tabelle 5.3.2-1 wurden also die Zeitstandwerte mit Sicherheit $S_{fcr} = 1.25$ bewertet.

Im neuen Release wird nun (konform zu Rohr2) keine Überwachung der Zeitstanderschöpfung vorausgesetzt. Die Zeitstandwerte werden also nun standardmäßig mit Sicherheit $S_{fcr} = 1.5$ bewertet.

Bei Überwachung der Zeitstanderschöpfung ist der Schalter entsprechend umzustellen.

Ergänzungen / Korrekturen:

- Menü-Punkte 'Auftrag - umbenennen' und 'Zeichnung - umbenennen' wurden ergänzt.
- Auch für austenitische Gusswerkstoffe werden nun die erhöhten Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss berücksichtigt.
- Im Zeitstandbereich wurde u.U. eine zu geringe maximal zulässige Temperatur ermittelt.
Dies wurde nun korrigiert.



EN 1591: Runde Flanschverbindungen, Release 5.05

Ermittlung der Dichtungskraft FGI:

Zur Ermittlung der Dichtungskraft FGI wird nun wieder die Original-Formel (68), EN 1591-3, Ausgabe 2009 verwendet, d.h. der Faktor PQRI wird nur beim 1. Term berücksichtigt:

$$FGI = \{FG0d \times YG0 \times \mathbf{PQRI} - [FQI \times YQI + (FR \times YRI - FR0 \times YR0) + \Delta UI]\} / YGI$$

Diese liefert etwas geringere Kräfte in den Folgezuständen als die modifizierte Formel mit Faktor PQRI vor der geschweiften Klammer.

Hebelarm-Korrekturen:

Bisher wurden die Auslastungsgrade integrierter Flansche, Bündel oder Bördel mittels EN 1591-1, Formel (129) ermittelt: $\Phi_i F = |FG \times hG + FQ \times (hH - hP) + FR \times hH| / WF$

Besonders bei kleinen Flanschen liefert diese Formel häufiger unsinnige Ergebnisse. Daher wurden die Hebelarme im neuen Release wie folgt korrigiert:

$$\Phi_i F = |FG \times hG + FQ \times (hH - hP + \mathbf{hQ}) + FR \times (hH + \mathbf{hR})| / WF$$

In gleicher Weise wurden der Zähler und Nenner der Formel (136) für jM korrigiert.

Torsionsmoment Mt.Bnom des Schraubenschaftes:

Bisher wurde das Nenn-Torsionsmoment Mt.Bnom des Schraubenschaftes gemäß EN 1591-1:2014, Formel (B.9) ermittelt: $Mt, Bnom = (0.159 \times pt + 0.577 \times miBt \times dB2) \times FB0nom/nB$

Im neuen Release wird Mt.Bnom nun einer modifizierten Formel (B.9') bestimmt:

$$Mt, Bnom = [0.159 \times pt + miBt \times dt / (2 \times \cos \alpha)] \times FB0nom/nB$$

Diese modifizierte Formel gilt nicht nur für ISO-Gewinde, sondern allgemein.

Zulässige Belastungsgrenze breiter Flansche:

Im neuen Release wird für breite Integralflansche mit $\chi = d4/d0 > 2.0$ und für lose Flansche mit $\chi = d4/d6 > 2.0$ wieder eine reduzierte zulässige Belastungsgrenze gefordert.

Statt $\Phi \leq 1,0$ gilt nun wieder $\Phi \leq \Phi_{max}$ gemäß Formel (70), EN 1591-1, Ausgabe 2011.

O-Ring-Dichtungen:

In den Normen EN 1514-8 oder DIN 2693 sind für O-Ring-Weichstoffdichtungen Durchmesser dokumentiert, die kleiner sind als die Durchmesser der entsprechenden O-Ring-Nut.

Im neuen Release werden der Durchmesser der O-Ring-Dichtung intern an den Nut-Durchmesser angepasst, falls die Abweichung kleiner als 5% beträgt. Es wird ein entsprechender Hinweis angezeigt.

Kennwert-Eingaben:

Für Werkstoffe, die nicht in der FEZEN-Datenbank verfügbar sind, müssen für die einzelnen Bauteile der Flanschverbindung die Kennwerte explizit vorgegeben werden.

Auf den entsprechenden Eingabemasken werden nun für die einzelnen Lastfälle die zugehörigen Berechnungstemperaturen angezeigt. Das erleichtert die Eingabe der jeweiligen Kennwerte.

Ergebnis-Dokumentation:

Die Berechnungsergebnisse im PDF-Format können nun incl. Ergebnisgrafik angefordert werden.

Auch die Gesamtdokumentation einer Zeichnung im PDF- bzw. Doc-Format kann nun incl. Ergebnisgrafiken angefordert werden.

Ergänzungen / Korrekturen:



- Schraubenbolzen:
Für Bolzen mit Grundloch wurde u.U. eine zu geringe Bolzenlänge ermittelt.
Der Fehler wurde beseitigt.
- Auch für austenitische Gusswerkstoffe werden nun die erhöhten Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss berücksichtigt.
- Bei unbegrenzter Leckagerate oder bei unkontrolliertem Anzugsverfahren ist eine Eingabe zum ‚Mindestbelastungsgrad der Schrauben Φ_{iB0min} ‘ nicht zulässig.



AD 2000: Druckbehälter, Release 7.09

Rohrplatten:

Zusätzliche Ausführungsformen:

Neben den bisher realisierten Ausführungsformen

- Beidseitig frei aufliegend gemäß AD-B5, Tafel 1g)
- Eingespannt mit Randmoment gemäß AD-B5, Bild 3 und 4
- Beidseitig eingeschweißt gemäß AD-B5, Tafel 1c)

wurden nun zusätzlich folgende Ausführungsformen realisiert:

- Einseitig eingeschweißt gemäß AD-B5, Tafel 1h)
- Beidseitig aufgeschweißt gemäß AD-B5, Tafel 1f)
- Geschmiedet gemäß AD-B5, Tafel 1b)

Vorgabe des Beiwertes C:

Standardmäßig wird der Beiwert C in Abhängigkeit von der Ausführungsform gemäß AD-B5, Tafel 1 intern ermittelt. Ein abweichender Berechnungsbeiwert C ist vorzugeben.

Der Berechnungsbeiwert C dient

- für teilweise berohrte U-Rohr-Apparate zur internen Ermittlung von C4 (AD-B5, Bild 14).
- für Rohrplatten mit frei beweglicher Gegenplatte zur internen Ermittlung von C5 (AD-B5, Bild 16).

In den Ergebnissen wird in diesen Fällen der Berechnungsbeiwert C zusätzlich zu C4 bzw. C5 dokumentiert.

Elliptische Tauscherrohre:

Im neuen Release können nun elliptische Tauscherrohre durch zusätzliche Eingabe des langen Durchmessers da_2 definiert werden. (Dies ist nicht Bestandteil von AD-B5.)

Der elliptische Rohrquerschnitt geht dann in die Berechnung der Rohre auf Zugbelastung ein.

Bei Knickbelastung wird wie für runde Tauscherrohre nur der kurze Durchmesser da berücksichtigt.

Unberohrte Flächen:

Bei fehlender Vorgabe wird die auf ein Rohr entfallende Belastungsfläche AR intern gemäß AD-B5, Bild 12 ermittelt. Bei teilweise berohrten Feldern muss gemäß AD-B5, 6.7.1.4 hierbei allerdings der Anteil des Randfeldes berücksichtigt werden.

Im neuen Release ermittelt PROBAD für runde Festbodenapparate ohne Kompensator die berohrte Fläche anhand Anzahl der Rohre und Teilung.

Falls die Differenz 'Innendurchmesser Mantel - Durchmesser der berohrten Fläche' $> 2 \times$ Rohrteilung, wird nun ein Hinweis ausgegeben, dass die Zug-Belastungsfläche AR für Randrohre eventuell vergrößert vorgegeben werden sollte.

AD-S3/2: Liegende Behälter auf Sätteln

AD-S3/4: Behälter auf Tragpratzen

Im neuen Release werden nun die prozentuale Auslastungen in den verschiedenen Bereichen des Behälters und der Sattellager bzw. Tragpratzen in der Ergebnisausgabe dokumentiert.

Ergänzungen / Korrekturen:

- Geänderte Sicherheiten:
Bei Berechnungen mit vom Standard abweichenden Sicherheiten wird ein entsprechender Hinweis ausgegeben.
- Die bei der Flanschberechnung erzeugte Ergebnisskizze ist nun maßstabgerecht.



DIN/EN-Rohrreihen, Release 4.09

Abzweige:

Im neuen Release kann nun für Abzweige in der Einzelauswahl für jede Durchmesserkombination ein individueller Abzweigtyp festgelegt werden. Mögliche Abzweigtypen:

- Unverstärkt: Die Wanddicken der entsprechenden geraden Rohre gehen in die Verstärkungsberechnung ein.
- Hauptrohr-Verstärkung: Die verstärkte Wanddicke e3 im Hauptrohr am Stutzen kann selektiert oder explizit vorgegeben werden.
- Abzweig-Verstärkung: Die verstärkte Stutzenwand e4 kann selektiert oder explizit vorgegeben werden.
- Scheibenförmige Verstärkung: Die Scheibendicke eP und / oder die Scheibenbreite wP können explizit eingegeben werden.
- T-Fitting / Weldolet: Es erfolgt kein Verstärkungsnachweis.
Die Bauteile werden lediglich im Abzweigschema dokumentiert.
Für T-Fittings kann der Nachweis in der entsprechenden Baugruppe erfolgen.

Nach einer Berechnung können die ermittelten Abmessungen und Abzweigtypen über den Button ‚Ergebnis-Import‘ in die Masken geladen und individuell modifiziert werden.

Die Wanddickenverstärkung des Hauptrohres und/oder des Abzweiges kann für jede Durchmesserkombination individuell nach innen, nach außen oder mittig gelegt werden.

Einzelauswahl:

Auf allen Masken zur Einzelauswahl von Bauteilen besteht nun die Möglichkeit, Zeilen zu markieren und dann über den entsprechenden Button zu ‚Löschen‘ oder zu ‚Kopieren‘.

Überwachung der Zeitstanderschöpfung:

Für Rohrreihen-Berechnungen nach EN 13480 wurde im Zeitstandbereich standardmäßig die Überwachung der Zeitstanderschöpfung angenommen. Gemäß EN 13480-3, Tabelle 5.3.2-1 wurden also die Zeitstandwerte mit Sicherheit $S_{fcr} = 1.25$ bewertet.

Im neuen Release wird nun (konform zu Rohr2) keine Überwachung der Zeitstanderschöpfung vorausgesetzt. Die Zeitstandwerte werden also nun standardmäßig mit Sicherheit $S_{fcr} = 1.5$ bewertet.

Bei Überwachung der Zeitstanderschöpfung ist der Schalter entsprechend umzustellen.

Ergebnisexport:

Die Ergebnisse der Rohrreihen-Berechnung können nun im XML-Format in einem frei wählbaren Verzeichnis exportiert werden.

Das zugehörige XML-Schema und weitere Beschreibungen finden Sie unter:

<https://github.com/sigmaIngUn/PipeClassTransfer>.

Ergänzungen / Korrekturen:

- Probleme beim Umbenennen von Datensätzen wurden beseitigt.
- Auch für austenitische Gusswerkstoffe werden nun die erhöhten Sicherheitsbeiwerte für Stahlguss berücksichtigt.



WRC 107: Lokale Spannungen an Zylinder- und Kugelschalen, Release 8.09

Ergänzungen / Korrekturen:

- Da die Kurven in Fig. 1C und Fig. 2c nur in einem sehr beschränkten Geltungsbereich zur Verfügung stehen, werden die aus der Axialkraft P resultierenden Biegemomente nun mittels der in WRC 537 dokumentierten Funktionen extrapoliert.
- Bisher wurden auf Zylinderschalen in den Punkten C,D die lokalen Spannungen σ_x mit der globalen Umfangsspannung σ_ϕ aus Innendruck und die lokalen Spannungen σ_ϕ mit der globalen Längsspannung σ_x überlagert.
Gemäß WRC 107, Figure 2 werden nun in allen 4 Punkten A,B,C,D die lokalen Spannungen σ_x mit σ_ϕ und die lokalen Spannungen σ_ϕ mit σ_x überlagert.
- Für rechteckige Nocken auf Zylinderschalen wurden Figure 1C - 4C u.U. nicht korrekt ausgewertet. Dies ist nun korrigiert.

WRC 297: Lokale Spannungen an Zylinderschalen, Release 5.09

Ergänzungen / Korrekturen:

- In WRC 927 können nun unter dem Menü ‚Documentation‘ alle Berechnungsergebnisse einer Zeichnung in einem Gesamtdokument erfasst werden.
- Steht das Datenverzeichnis beim Start des Moduls nicht zur Verfügung, so kann dies nun unter dem Menüpunkt ‚Datei > Datenverzeichnis ändern‘ korrekt eingestellt werden.

TRD: Technische Regeln für Dampfkessel, Release 8.09

Ergänzungen / Korrekturen:

Steht das Datenverzeichnis beim Start des Moduls nicht zur Verfügung, so kann dies nun unter dem Menüpunkt ‚Datei > Datenverzeichnis ändern‘ korrekt eingestellt werden.