

von Fritz Ruoss

SR1+ Quick3-Ansicht

Die neue Quick3-Ansicht enthält sämtliche Eingabedaten und Berechnungsergebnisse auf einer Bildschirmseite.

The screenshot displays the SR1+ software interface for screw calculation. It includes a technical drawing of a screw on the left. The main area is divided into several tables and sections:

- SONDERSCHRAUBE M8 DARLING - M8 x 53 - 12.9**: A table with columns for size, length, and material properties.
- Bolt 6h**: A table with columns for diameter (d), outer diameter (d2), and outer diameter (d3) in mm, with sub-columns for calc, nom, min, and max values.
- Schraube**: A table listing material properties like P, As, ds, db, d0, A0, Re, Rp, Rm, Rm,max, E, P1aet, tauBS/Rm, l, jg, and dw.
- ISO 4032 - SW 13**: A table listing material properties like dw, h, Werkstoff, Rm, Re, mgeo, mtr, D2, D2 min, D2 max, D1, D1 min, D1 max, tauBm/Rm, and RS.
- VERFORMUNG**: A table listing material properties like delta SK, delta is, del Gew, delta G, delta M, delta S, delta P, R S, R P, fSM, fSMel, fSMpl, lPM, lers, beta S, and beta P.
- VDI 2230-2014**: A table listing material properties like lk, FK Rmin, FK Rmax, FM/FA, l F in, n1, delta1, l F out, n2, delta2, phi K, phi n, n, Sigma 0, tau max, ktau, Sig.redB, tsig.A SV, tsig.ab, Tol FM, MA,max, MA,min, Tol MA, MA-, MA,Re, MA,Rm, FM,Rm, al,max, al,min, and al.tors.
- Verformungskegel**: A table listing material properties like DA, Gr, phi, w, and betaL.
- KRAFT, exz (s=0,5, a=9,6)**: A table listing material properties like Fmax, Fmin, FO, FWert, FKR min, FM, Ra, FMtul,max, FMmax,erf, FMmin,erf, fz, FVmin,erf, FVmin, FVmax, FSA,max, FFA,max, FS,max, FS,Re, and FS,Rm.
- MONTAGE (Schraube wird angezogen)**: A table listing material properties like nue Rp, alpha A, MA,max/min/hom, and alpha max/min.
- REIBUNG**: A table listing material properties like muG, muK, muTr, and K.
- SICHERHEITEN**: A table listing material properties like FMtul/FMmax,erf, SF=Rp/Sig.redB, SD=sig.AS/Sig.ab, Sp=sig.Bmax, SG=FKRmin/FKDerf, FK Rmin/FKab, m tr / m. min., SAN Atau/tauB/FQ, and SL=h\*d/Re/FQ.
- exzentrischer Kraftangriff**: A table listing material properties like Fmax\*a, FV\*ssym, MB, a, s, sym, u, v, FK, ab, sig.SAbo, and sig.SABu.
- Trennfuge: P1 - P2**: A table listing material properties like delta P\*, del.P\*\*, beta P, phi eK, AD, Aers, lBT, lBers, and l'Bers.
- ISO 4032 - SW 13**: A table listing material properties like dw, h, Werkstoff, Rm, Re, mgeo, mtr, D2, D2 min, D2 max, D1, D1 min, D1 max, tauBm/Rm, and RS.
- VDI 2230-2014**: A table listing material properties like lk, FK Rmin, FK Rmax, FM/FA, l F in, n1, delta1, l F out, n2, delta2, phi K, phi n, n, Sigma 0, tau max, ktau, Sig.redB, tsig.A SV, tsig.ab, Tol FM, MA,max, MA,min, Tol MA, MA-, MA,Re, MA,Rm, FM,Rm, al,max, al,min, and al.tors.
- Verformungskegel**: A table listing material properties like DA, Gr, phi, w, and betaL.
- Material Properties Table**: A table with columns for Werkstoff, E (MPa), pG, pBmax, de pmax, and d [mmN].

SR1 – Spannungskegel nach VDI 2230-1:2014

In SR1 kann die elastische Nachgiebigkeit jetzt auch nach VDI 2230-1:2014 berechnet werden. Die Berechnung nach VDI 2230:2014 deckt leider nur den Fall ab, daß die Verschraubung aus einem einzigen Spannungskegel besteht. Dafür müssen die Außendurchmesser der verspannten Teile gleichmäßig groß sein oder zur Mitte hin zunehmen.

Wenn dies nicht zutrifft, oder auch nur Klemmteile aus Werkstoffen mit unterschiedlichem E-Modul verwendet werden, muß man die elastische Nachgiebigkeit für jedes Klemmstück separat berechnen. Der Auflagerdurchmesser auf der Oberseite des nächsten Klemmstücks ist dann immer der Auflagerdurchmesser der Unterseite des vorigen Klemmstücks. Formel (52) in VDI 2230-1:2014 gilt nur, wenn der Außendurchmesser aller Klemmstücke außerhalb des berechneten Verformungskegels liegen. Das ist in der Praxis aber in vielen Fällen nicht gegeben.

Daß die Berechnung nach VDI 2230-1:2014 nicht allzu falsch wird, wenn der Verformungskegel durch ein Klemmstück mit kleinem Außendurchmesser unterbrochen wird, verwendet SR1 eine leicht modifizierte Formel (46) für Klemmstück i:

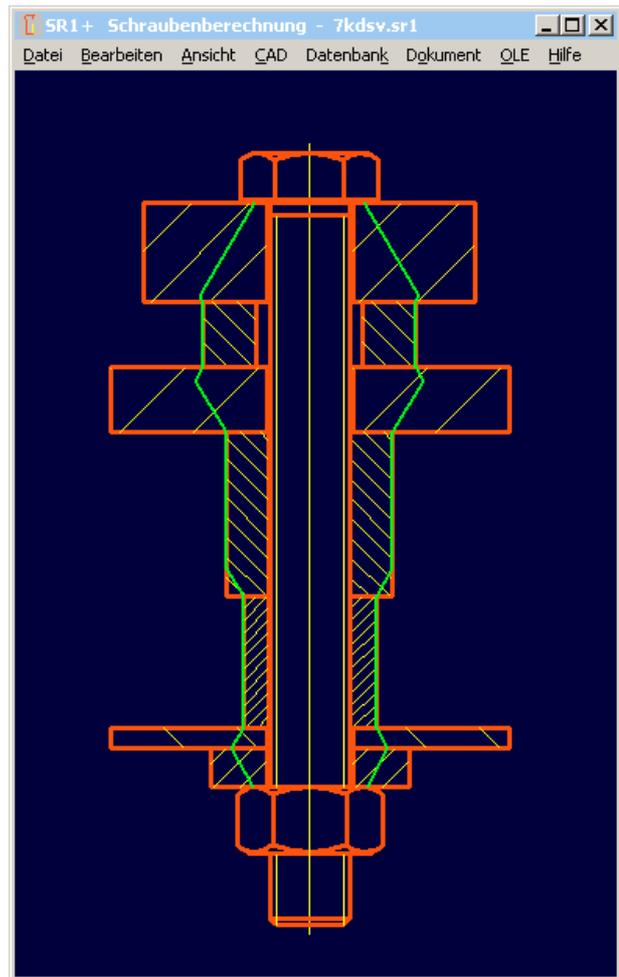
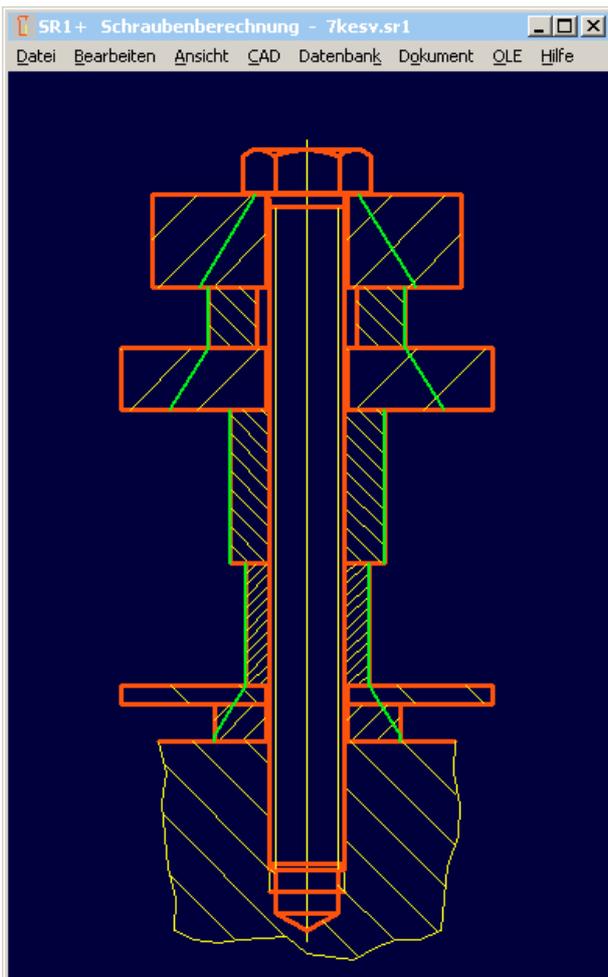
$dw_{min} = dw$  oder von vorigem oder nächstem Klemmstück

$dw_{max} = dw + 2 l_{v(i)} * \tan(\phi)$ , oder von vorigem oder nächstem Klemmstück

$\tan(\phi) = (dw_{max} - dw_{min}) / (2 * l_i)$

$\Delta p_{vi} = \ln(((dw_{min} + d_{hi}) * (dw_{max} - d_{hi})) / ((dw_{min} - d_{hi}) * dw_{max} + d_{hi})) / (EP * d_{hi} * \pi * \tan(\phi))$

Da VDI 2230-1:2014 einen Unterschied macht zwischen ESV und DSV, um ESV vereinfacht mit Verformungskegel und Verformungshülse berechnen zu können, zieht dies Folgefehler nach sich. Dies zeigt nachfolgende Schraubenverbindung, einmal als ESV mit Sackloch, und als DSV mit Mutter.



Hier sollte VDI-seitig noch nachgebessert werden, indem man für ESV einen Spannungskegel für das eingeschraubte Gewinde oder einen Ersatz-Auflagedurchmesser  $d_{wrs}$  berechnet. Die bisherige Rechenmethode ist inkonsequent, und paßt nur für einfache Schraubenverbindungen mit nur einem Klemmteil bei ESV.

In SR1 kann man unter Bearbeiten->Berechnungsmethode einstellen, ob die elastische Nachgiebigkeit mit Ersatzhülsen nach VDI 2230-1986 oder mit Verformungskegel nach VDI 2230-1:2014 berechnet werden soll. Standardeinstellung bleibt vorerst die alte Berechnung mit Ersatzzylindern.

## SR1 – Biegemoment MB

In VDI2230-1:2014 ist nun auch die Berechnung eines äußeren Biegemoments vorgesehen, ohne Richtungsangabe, und zusätzlich zum Biegemoment  $F_A \cdot a$  bei exzentrischer Last.

Die Eingabe eines zusätzlichen Drehmoments MB ist jetzt auch in SR1 möglich. MB ist immer statisch, kann positiv oder negativ sein.

SR1 + exzentrischer Kraftangriff

F<sub>Amax</sub> = 5000 N      F<sub>Amax</sub> \* a = 48 Nm

zusätzliches Biegemoment MB  Nm

Fuge f. Biegekörperberechnung

Abst. Schraubenachse-Schwerp.achse s<sub>sym</sub>  mm

Abst. Kraftwirklinie-Schwerp.achse a  mm

Randabst. v. Schwerp. in Krafttricht. u  mm <

Randabst. v. Schwerp. gg. Krafttricht. v  mm <

Trennfugenfläche Biege-Hohlkörper AD  mm<sup>2</sup> <

Träg.moment der Trennfugenfläche IBT  mm<sup>4</sup> <

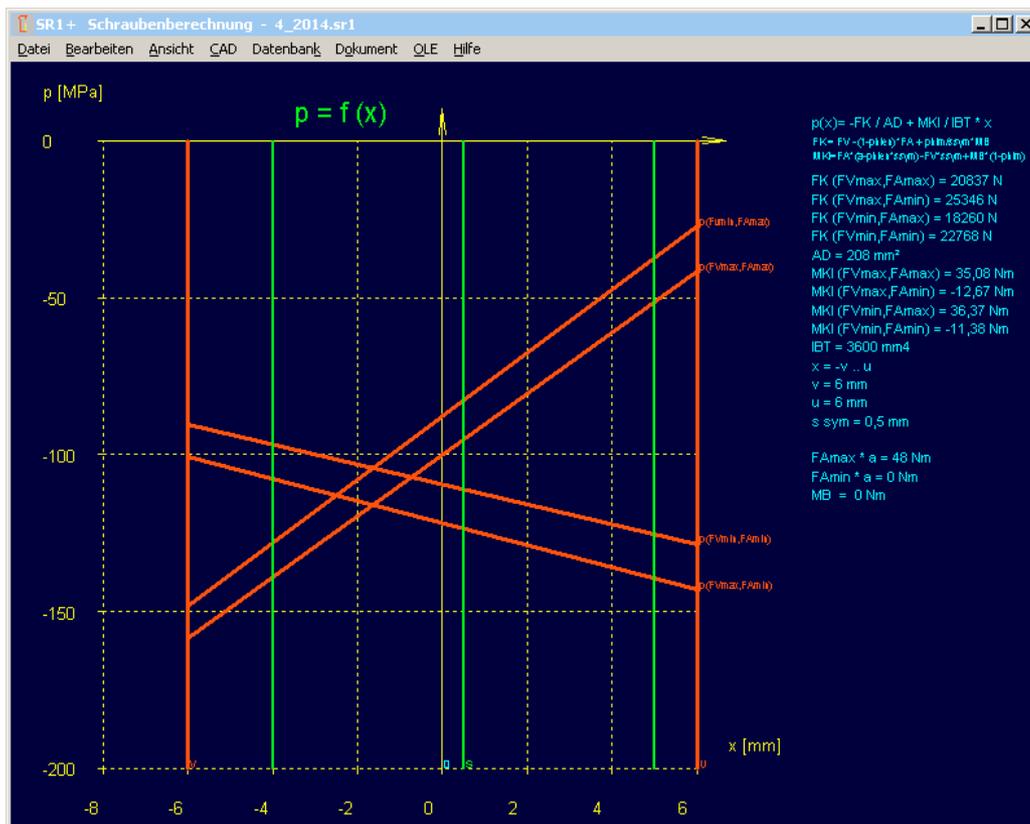
Ers. Träg.moment Biegek. lBers  mm<sup>4</sup> <

Ers. Träg.moment Biege-Hohlkörper lBers  mm<sup>4</sup> <

OK    Abbrechen    Hilfetext    mm <-> inch

## SR1+ Neues Diagramm $p = f(x)$ bei exzentrischer Last

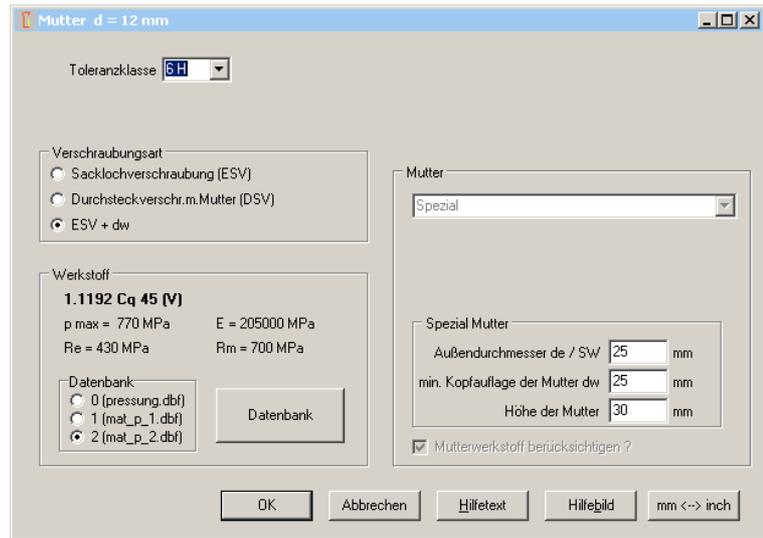
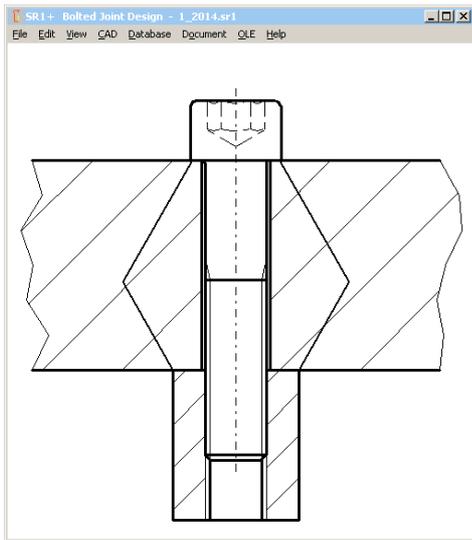
Den Verlauf der Flächenpressung in der Trennfuge bei exzentrischer Last, gemäß Bild 25 in VDI2230-1:2014, kann man jetzt in SR1+ als Diagramm darstellen.



Die Trennfuge geht von V nach U. 0 ist die Mittelachse bzw. Schwerpunkt, S ist die Schraubenachse. Falls  $F_{Amax} = F_{Amin}$  ist die Biegebeanspruchung statisch, dann gibt es nur die Linien  $p(FV_{max})$  und  $p(FV_{min})$ . Für  $\alpha = 1$  (ohne Toleranzen) gibt es nur eine Kurve. Sonst wird der Verlauf mit  $F_{Amax}$  und  $F_{Amin}$  sowie  $FV_{min}$  und  $FV_{max}$  berechnet.

## SR1 – ESV, DSV, und „ESV + dw“

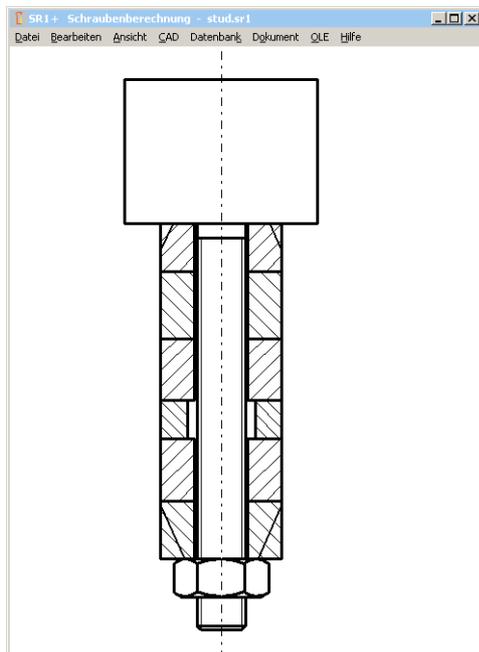
In Beispiel 1 von VDI 2230:2014 (Verschraubung Kolben mit Kolbenstange) wird der Verformungskegel wie bei einer DSV, die elastische Nachgiebigkeit des Muttergewindes aber wie bei einer ESV berechnet. Um diesen Fall auch mit SR1 berechnen zu können, wurde ein neuer Verschraubungstyp „ESV + dw“, eine Einschraubverbindung mit Auflagedurchmesser definiert.



Beispiel 3 in VDI 2230 müsste eigentlich genauso gerechnet werden, aber hier wurde ESV angenommen.

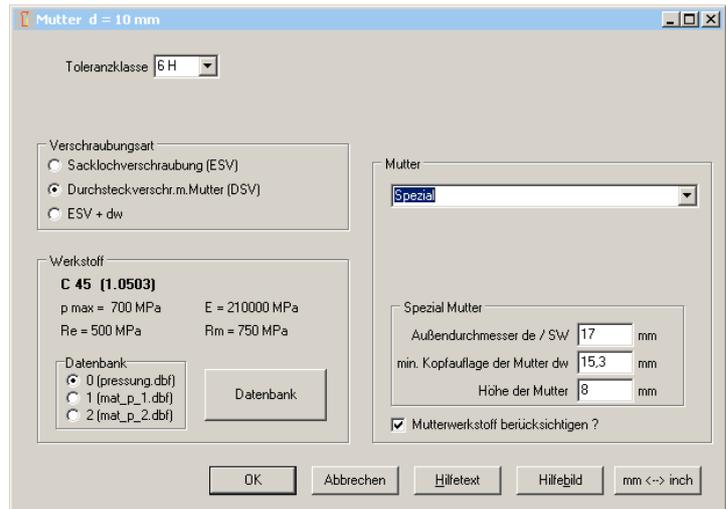
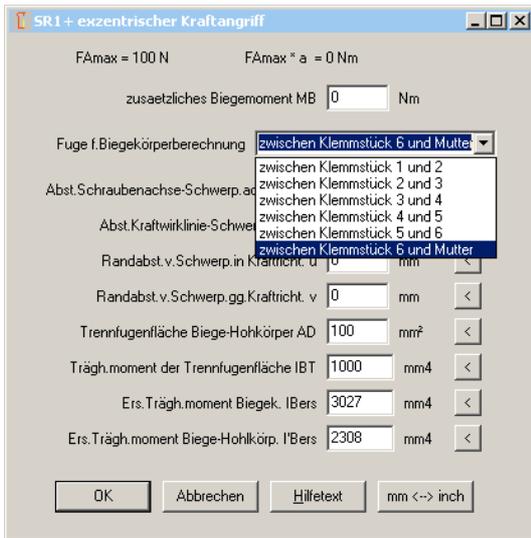
## SR1 – Sonderkopf-Datenbank für Stehbolzen

Wenn man für die Schraube einen Sonderkopf wählte, kam bislang meist die Meldung „D=xx nicht gefunden – Append dbf“ und die Größe musste zuerst in der Datenbank nachgetragen werden. Jetzt wurde für alle Gewindegrößen ein Sonderkopf nachgetragen mit Kopfhöhe 3d, Außendurchmesser 4d und Lagerdurchmesser Dw=3d. Ein derartiger Sonderkopf ist geeignet, wenn keine Kopfschraube, sondern eine in ein Sackloch eingeschraubte Stiftschraube berechnet werden soll. Der Schraubenkopf ist in diesem Fall das Gehäuseteil mit dem eingeschraubten Stehbolzen.



D	INFO1	L_GEW	H_KOPF	D_KOPF	Dw	R_KOPF	DI_KO
11	STUD	0	33	44	33	0	0
11,11	STUD	0	33,33	44,44	33,33	0	0
12		30	12	18	17,73	0	0
12		30	3	15	15	0	0
12		20	5	14	14,1	0	0
12	ISO 7380	0	6,6	21	20,4	6,2	0
12	STUD	30	36	48	36	0	0
12,7	STUD	0	38,1	50,8	38,1	0	0
14	STUD	0	42	56	42	0	0
14,23	STUD	0	42,69	56,92	42,69	0	0
15	STUD	0	45	60	45	0	0
15,88	STUD	0	47,64	63,52	47,64	0	0
16		26	15	40	39	0	0
16	ISO 7380	0	8,8	28	27,4	8,4	0
16	STUD	0	48	64	48	0	0
18	STUD	0	54	72	54	0	0
19,05	STUD	0	57,15	76,2	57,15	0	0
20	STUD	0	60	80	60	0	0

**SR1 – Trennfuge für exzentrische Beanspruchung auch zwischen Klemmstück und Mutter**  
 Bislang musste die berechnete Trennfuge zwischen 2 Klemmstücken gewählt werden, bei 2 Klemmstücken wurde die Auswahlbox gar nicht angezeigt. Jetzt kann man auch die Klemmfläche zwischen letztem Klemmstück und Muttergewinde wählen, und die Auswahl wird immer angezeigt.



### SR1 – Spezialmutter

Für selbstdefinierte Muttern war bisher nur Mutterhöhe und Lagerdurchmesser  $d_w$  anzugeben. Jetzt kann man noch den Außendurchmesser  $d_e$  bzw. die Schlüsselweite angeben für die Zeichnungsdarstellung.

### SR1 – Reibung mit Datenbank nach VDI2230:2014

Min- und Max-Wert der Reibungskoeffizienten kann man jetzt auch aus einer Datenbank mit den Reibungsklassen nach VDI 2230-1:2014 übernehmen.

ALFA_A	K_TAU	ANZ_METHOD	EINST METH	BEMERK
1	0	Theor. Idealfall, ohne Streuung		
1,15	0,5	Längungssteuerung per Ultraschall	Schalllaufzeit	Kalibrierweite erforderlich
1,2	0,5	mechanisches Längen durch Druckschrauben	Vorgabe Längung Schraube, Abdruckdrehmoment	ab ca. M24; gehärtete Unterlegscheibe
1,25	0	Hydraulisches Anziehen	Einstellung durch Längen- bzw. Druckmessung	Rückfederungsverluste; ab M20
1,3	0,5	Streckgrenzgesteuert motorisch oder manuell	Drehmoment-Drehwinkel-Koeffizient	Die Schrauben werden f. F <sub>min</sub> dimensioniert; F <sub>max</sub> mit $\alpha A$ entlastet deshalb
1,3	0,5	Drehwinkelgesteuert motorisch oder manuell	Versuchsm.Best.v.Voranziehmoment u. Drehwinkel	Die Schrauben werden f. F <sub>min</sub> dimensioniert; F <sub>max</sub> mit $\alpha A$ entlastet deshalb
1,3	0,5	Anziehen mit mechanischer Längungsmessung	direkt: Längungsmessung; indirekt: Kontrollstift	genaue Ermittlung elastischer Nachgiebigkeit; bei $k/d$ progressive Fehlerzunahme
1,35	0,1	mechanisches Längen durch mehrteilige Mutter	Drehmoment des Anziehwerkzeugs	weitgehend torsionsfreies Verschrauben; ab ca. M30
1,5	0,5	Drehmomentgesteuert mit Drehmomentschlüssel	Versuchsm.Best.Drehmoment am Original-Versch.teil	$\alpha A=1,4$ bei geringer Streuung Moment (5%); kleine Drehwinkel; $\alpha A=1,6$ für $\epsilon$
1,5	0,5	Drehmomentgesteuert mit Hydraulikwerkzeug	Einstellung über Druckmessung	ab ca. M30
1,6	0,5	Drehmomentgesteuert mit Drehmomentschlüssel		

### SR1 - Anziehverfahren mit Datenbank nach VDI2230:2014

Den Anziehungsfaktor  $\alpha A$  und Reduktionskoeffizient  $k$  tau kann man jetzt auch aus der aktualisierten Datenbank nach VDI 2230-1:2014 übernehmen.

CLASS	GKMIN	GKMAX	SURFACE
A	0,04	0,1	metallisch blank; vergütungs-schwarz; phosphatiert; galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni; Zink-Lamellen-Überzüge
B	0,08	0,16	metallisch blank; vergütungs-schwarz; phosphatiert; galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni; Zink-Lamellen-Überzüge; Al- und Mg-Legierungen
B	0,08	0,16	feuerverzinkt
B	0,08	0,16	organische Beschichtungen
B	0,08	0,16	austenitischer Stahl
C	0,14	0,24	austenitischer Stahl
C	0,14	0,24	metallisch blank phosphatiert
C	0,14	0,24	galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni; Zink-Lamellen-Überzüge; klebstoff
D	0,2	0,35	austenitischer Stahl
D	0,2	0,35	galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe; feuerverzinkt
E	0,3	0,5	galv. Überzüge wie Zn/Fe, Zn/Ni; austenitischer Stahl; Al-, Mg-Legierungen

## SR1 – Sicherheit gegen Abscheren und Lochleibung bei Querkraft

Da Abscheren und Lochleibung in VDI2230-1:2014 auch behandelt werden, werden die Sicherheiten SA und SL in SR1 auch mit aufgenommen. Abscheren durch Querkraft ist aber nur möglich, wenn gleichzeitig die Sicherheit SG gegen Gleiten kleiner als 1 ist.

Bei der Lochleibung kann bei dünnen Klemmteilen auch die Sicherheit 1 unterschritten werden, wenn die Sicherheit gegen Gleiten größer als 1 ist. Das muß aber nicht kritisch sein, weil die Querkraft größtenteils durch die Reibung zwischen Klemmstücken übertragen wird, und nicht vom Klemmstück auf den Schraubenschaft.

Bei der Lochleibung wird nur der Kleinstwert von  $SL = Re \cdot d \cdot h / FQ$  der beiden Klemmplatten mit Krafterleitung und Kraftausleitung berücksichtigt. Sonst würde womöglich die Lochleibung einer Unterlegscheibe als schwächstes Glied angezeigt, obwohl diese gar keine Querkraft überträgt.

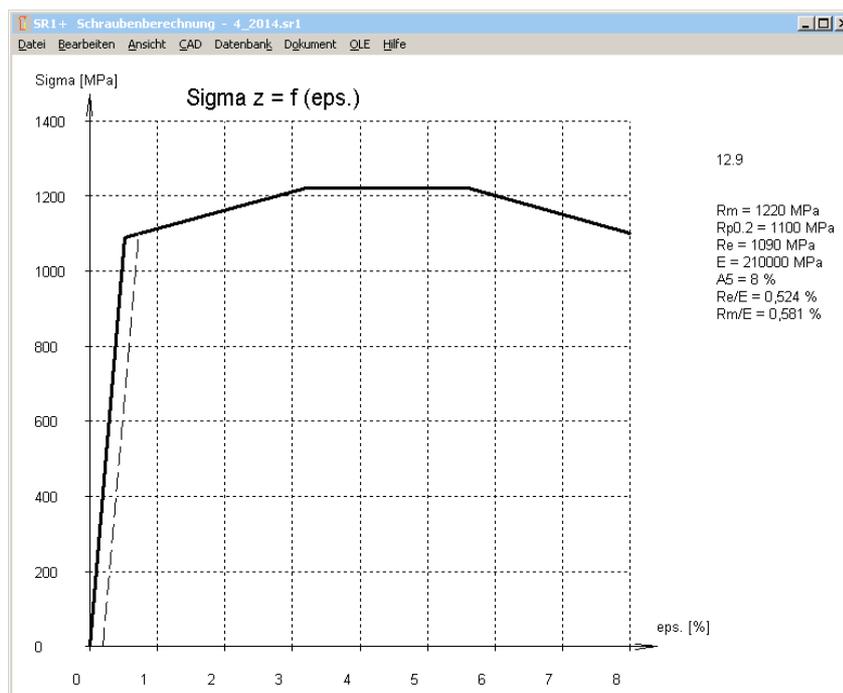
## SR1 - Gewindedatenbank

Reihe-2 und Reihe-3 Größen nachgetragen (M9, M11, M45, M52, M60, M68, M52x3, M39x3, M45x3 usw.)

## SR1 – Datenbank Sechskantschraube

Feingewindeschrauben ISO 8676 und ISO 8765 nachgetragen.

## SR1 – Spannungs-Dehnungs-Diagramm



In der mat\_bolt Datenbank wurde die Bruchdehnung ergänzt, und zusammen mit E-Modul, Zugfestigkeit und Streckgrenze bzw. Rp0.2-Grenze ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm für den Schraubwerkstoff konstruiert.

Vorgaben:

vergüteter Stahl, Spannungs-Dehnungs-Diagramm ohne ausgeprägte Streckgrenze  
ab Streckgrenze linearer Anstieg der Zugspannung auf Rm bis 40% Bruchdehnung  
dann weitere Dehnung bei konstanter Spannung Rm bis 70% Bruchdehnung  
dann Abfall der Spannung bis auf Re bei Bruch.

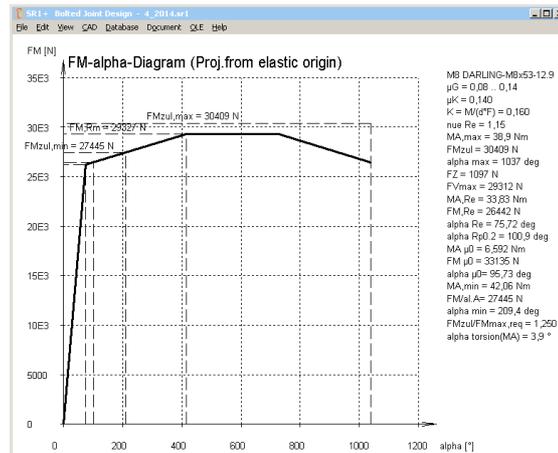
0,2% Dehnung (Rp0.2) bei  $Rm > 700 \text{ N/mm}^2$

## F-alpha, M-alpha- Diagramm für überelastisches Anziehen

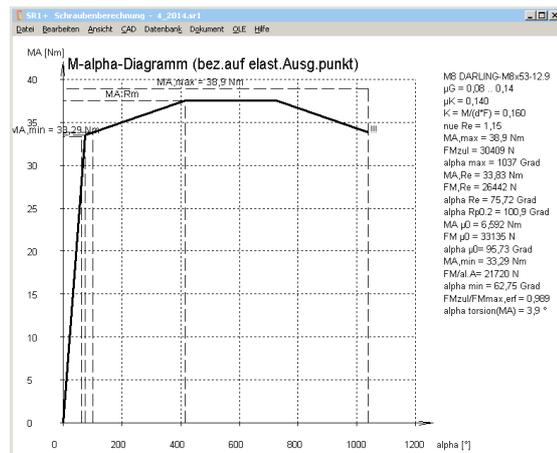
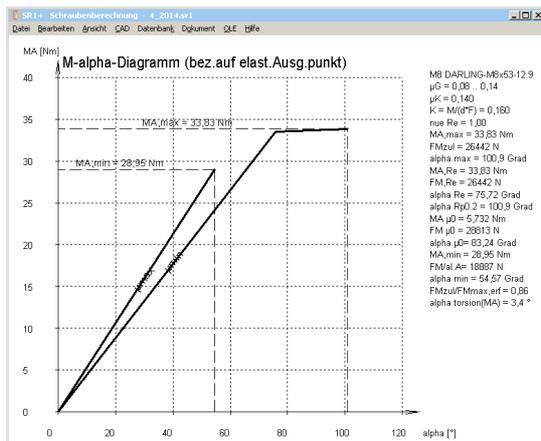
Aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm wurden nun auch die Anziehdrehwinkel für Klemmkraft und Anziehdrehmoment oberhalb der Streckgrenze berechnet. Wenn der Streckgrenzenfaktor  $\nu_{ueRp}=1$  oder größer als 1 eingegeben wird, wird der entsprechende Drehwinkel berücksichtigt. Hier erkennt man, daß die plastische Verformung viel stärker anwächst als die elastische Verformung. Der Plastizitätsmodul ist

$P\text{-Modul} = (R_m - R_e) / (0.4 \cdot A_5 \% / 100\% - R_e / E\text{-Modul})$

Das ist hier etwa 50 mal kleiner als der Elastizitätsmodul.



Im Beispiel mit  $\nu_{ueRp}=1.15$ , also nur 15% über Streckgrenze, ist die Streckgrenze schon mit  $75^\circ$  Drehwinkel erreicht. Beim Weiterdrehen bis  $400^\circ$  steigt die Klemmkraft nur um 10%. Dann kann man weiterdrehen ohne das Anziehmoment zu erhöhen, und schließlich bricht die Schraube bei  $1000^\circ$  Drehwinkel.



Bei überelastischem Anziehen sollte die Streckgrenze nur geringfügig überschritten werden. Schon die 0.2% plastische Verformung bei  $R_{p0.2}$  bedeuten im Beispiel mehr als  $20^\circ$  Drehwinkel. Das ist bei drehwinkelgesteuertem Anziehen ausreichend, die Streckgrenze zu erkennen und den Schrauber auszukuppeln. Die Vorspannkraft  $FV_{max} = FM_{zul} - FZ$  muß kleiner sein als  $FM_{Re}$ , und auch bei dynamischer Last  $FV_{max} + FSA$  darf die Streckgrenze nicht überschritten werden, sonst würde die Schraube mit jedem Lastwechsel weiter plastisch gedehnt.

Bei streckgrenzengesteuertem Anziehverfahren wird in VDI 2230-1:2014 die Flächenpressung erhöht wegen der Streuung der Streckgrenze (+25%) auf  $p_{max} = FMT_{ab} / A_{pmin} \cdot 1.4$  (R10/3) (mit  $FMT_{ab} = R_m, R_e \cdot 0.9$ )

In SR1 geht das anders, mit demselben Ergebnis: Falls ein Streckgrenzenfaktor  $\nu_{ueRe} \geq 1$  eingegeben wurde, erscheint eine Warnung, falls die berechnete Sicherheit  $Sp = pG / pB_{max}$  kleiner als 1,25 ist.

### **Fehler in VDI 2230-1:2014 (Fortsetzung von Infobrief 148)**

In der neuen VDI 2230 sind so viele Fehler, das paßt gar nicht in den Infobrief. Deshalb wurden nachfolgend nur die wichtigsten Bugs kurz beschrieben. Alle bislang gefundenen Fehler wurden auf einer Extraseite zusammengefaßt.

[www.hexagon.de/rs/vdi2230.htm](http://www.hexagon.de/rs/vdi2230.htm)

Vom VDI gibt es kein Korrekturblatt zur VDI 2230. Meine dahingehende Anfrage blieb unbeantwortet. Vermutlich gibt es in einem Jahr wieder eine korrigierte Version, für die man dann nochmals 300 Euro bezahlen soll.

### **Elastizitätsmodul Schraubenwerkstoff**

In allen Berechnungsbeispielen wurde mit einem E-Modul der Schraube von 205000 MPa gerechnet. Der E-Modul der Schraubenwerkstoffe 8.8, 10.9 und 12.9 ist aber 210000 MPa bei 20°C.

### **S.147 Anhang B: Beispiel 3: R10 Flächenpressung**

$$A_p = \pi/4 \cdot (36^2 - 29^2) = 357 \text{ mm}^2$$

$$p_{\text{Mmax}} = 140300 \text{ N} / 357 \text{ mm}^2 = 393 \text{ N/mm}^2$$

### **S.147: Anhang B: Beispiel 3: R11 Einschraubtiefe**

Die verwendete Formel für RS gilt nur für gleiche Scherfestigkeitskoeffizienten von Schrauben- und Mutterwerkstoff.  $\tau_{BS}/R_m$  von 8.8 ist aber 0,65 und  $\tau_{BM}/R_m$  von 16MnCr5 ist 0,85 laut Tabellen in VDI2230-1:2014. RS ist dann nicht 1,52, sondern 2,0.

Da mit dem falschen RS weitergerechnet wurde, sind die nachfolgenden Rechnungen auch falsch.

### **S.148: Fehler in Anhang B: Beispiel 3: R11 Einschraubtiefe**

Zitat: „wobei für die Hohlschraube gilt:  $R_{m,\text{max}} \cdot A_S = F_{M\text{zul}}$ “

Was?  $R_{m,\text{max}} \cdot A_S = F_{M\text{zul}}$  ? Wie geht das?

Für Hohlschrauben ist mit  $A_0$  statt  $A_S$  zu rechnen, aber nicht mit  $F_{M\text{zul}}$ .

$$R_{m,\text{max}} \cdot A_0 = 830 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.2 \cdot 251 \text{ mm}^2 = 250 \text{ kN}$$

Das ist fast doppelt so viel wie  $F_{M\text{zul}}$ .

### **S.149: Fehler in Anhang B: Beispiel 4: Ausgangsbedingungen**

Zitat: “auf eine Zugfestigkeit von 900 N/mm<sup>2</sup> vergüteter Stahl Cq 45 gewählt“

Cq45 kann man nicht auf 900 N/mm<sup>2</sup> vergüten. +QT: 700-850 N/mm<sup>2</sup> bei  $t < 8 \text{ mm}$

### **S.150: Fehler in Anhang B: Beispiel 4: R1 Bestimmung des Anziehungsfaktors $\alpha_A$**

Zitat: Die Schraube wird drehwinkelgesteuert angezogen. Gemäß Tabelle A8 beträgt der Anziehungsfaktor  $\alpha_A = 1$ .

Falsch: Gemäß Tabelle A8 beträgt der Anziehungsfaktor  $\alpha_A$  1,2 bis 1,4.

### **S.155: Beispiel 4, R8:**

$$F_{V1} = 31\,467 \text{ N}$$

Dann ist die Vorspannkraft nach der ersten Belastung größer als die Maximalmontagevorspannkraft von 26 444 N ! Wenn man annimmt, daß die Torsionsspannung vollständig abgebaut wurde, verbleibt  $\sigma_0 = (F_{V1} + F_{SA}) / A_0 = (31467 \text{ N} + 490 \text{ N}) / 26.6 \text{ mm}^2 = 1201 \text{ N/mm}^2$ . Die Streckgrenze der Schraube ist aber nur 1100 N/mm<sup>2</sup>!

### **S.156: Beispiel 4, R8:**

Zitat: Die SV genügt den Anforderungen.

Falsch: Es sollte in R8 aber nicht die Restklemmkraft, sondern die Betriebsbeanspruchung  $\sigma_{\text{red,B}}$  ermittelt werden. Und diese genügt den Anforderungen nicht.

Da wurde doch tatsächlich vergessen, die Sicherheit gegen Fließen zu berechnen.

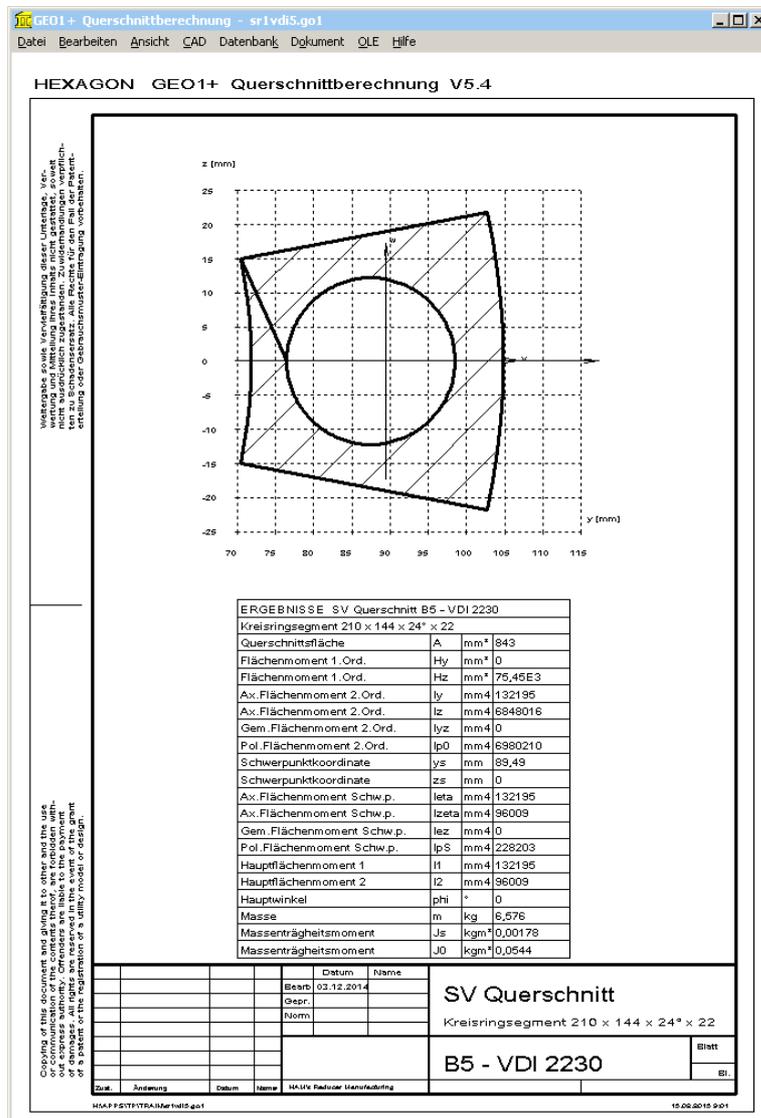
$$SF = R_{p0,2} / \sigma_{\text{red,B}} = 1100 / 1102 = 0,998$$

**VDI 2230-1:2014: S. 157: Beispiel 4, R9, SigmaSAbo:**

Das Biege-Widerstandsmoment im schwächsten Querschnitt muß mit  $dT = 5,82 \text{ mm}$  statt mit  $d_s = 6.827 \text{ mm}$  und mit  $A_0 = \pi/4 \cdot dT^2$  statt  $A_S$  ermittelt werden. Dann wird  $\text{Sigma SAbo} = 62 \text{ N/mm}^2$

**S. 162: Fehler in Anhang B: Beispiel 5:  
S sym ist nicht -1.7 mm, sondern +1.98mm**

Die Überprüfung der Vorzeichenregelung entspricht nicht Fall II, sondern Fall I.  
Die Näherung mit Ersatz-Verformungskegeln der SV ist nicht zielführend. Entscheidend ist hier das Flächenträgheitsmoment der Biegekörper, und nicht der Verformungskegel der Schraubenverbindung. Die Ermittlung von  $s_{sym}$  in B5 ist schlicht falsch. Dabei kann es so einfach sein, wenn man die richtige Software hat, nämlich GEO1+ zur Querschnittsberechnung.  $s_{sym}$  ist der Abstand von der Schwerpunktschwerachse zur Schraubenachse. Mit GEO1+ kann man den Schwerpunkt und  $s_{sym}$ , den „Abstand der Schraubenachse von der Achse des gedachten seitensymmetrischen Verformungskörpers“ berechnen.



Die Koordinaten der Trennfläche wurden angegeben mit  $r_i = 72 \text{ mm}$ ,  $r_e = 105 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 24^\circ$ ,  $r_s = 87,5 \text{ mm}$  und  $d_h = 22 \text{ mm}$ . GEO1+ berechnet  $y_s = 89,49 \text{ mm}$ . Dann ist  $s_{sym} = y_s - r_s = 89,49 - 87,5 = +1,99 \text{ mm}$ ,  $u = y_s - r_i = 89,49 \text{ mm}$  und  $v = r_e - y_s = 15,51 \text{ mm}$ .  
Das axiale Flächenmoment um die w-Achse ist  $I_{zeta} = I_{BT} = 95985 \text{ mm}^4$ .  
Dann berechnet man noch die Flächenmomente des Biegekörpers mit und ohne Bohrung mit  $r_i = 70$  statt  $r_i = 72 \text{ mm}$ :  $I_{Bers}$  (mit Bohrung):  $116107 \text{ mm}^4$ ,  $I'_{Bers}$  (ohne Bohrung):  $127751 \text{ mm}^4$

**VDI 2230-1:2014: S. 168: R8**

Zitat:  $\sigma_{zmax} = F_{Smax}/A_S = 780,3 \text{ N/mm}^2$

Anmerkung: Bei  $\sigma_{zmax}$  ist die Biegespannung nicht berücksichtigt. Da diese gleich wie die Torsionsspannung in der Außenfaser ihr Maximum hat, muß sie bei der Vergleichsspannung berücksichtigt werden.

Korrekt:  $\sigma_{zmax} = F_{Mzul}/A_s + \sigma_{Sab} = 190000/245 + 35,6 = 811 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{red,B} = 841 \text{ N/mm}^2$

SF = 1,12

Anmerkung: Wenn man mit  $F_{Vmax}$  statt  $F_{Mzul}$  rechnet, ergibt  $\sigma_{zmax} = 786 \text{ N/mm}^2$

**S. 36 (R9/1):**

Relevanter Querschnitt für  $\sigma_a$  ist  $A_0$  statt  $A_S$  bei Dehnschaftschrauben und Hohlschrauben.

**S.37 (R12/2):  $FK_{Qerf} = F_{Qmax} / (q_F \cdot \mu_{Tmin}) + M_{Ymax} / (q_M \cdot r_a \cdot \mu_{Tmin})$** 

$FK_{Qerf} = F_{Qmax}/\mu_{Tmin}$ , unabhängig von der Anzahl der Trennfugen.  $F_Q$  wird schließlich bei Haftreibung zu 100% auf die nächste Trennfuge übertragen.

Eher müßte bei größerem Abstand der Querkräfte durch das dadurch entstehende Biegemoment (Klaffung) die Klemmkraft noch erhöht werden.

**S. 50, 51, 52**

Der Biegekörper muß die tatsächlichen Abmessungen berücksichtigen und kann nicht als konisch-zylindrischer Verformungskörper der Schraubenverbindung angenommen werden.

**S. 67 Gleichung (98):  $\phi_{im}^* = n \cdot \dots$** 

Der Krafteinleitungsfaktor für die Axialkraft  $F_A$  ist hier nicht relevant.

**S. 88 (149)**

Zitat:  $\sigma_Z = 1/A_0 \cdot (F_{Mzul} + F_{SAmax} - \Delta F_{Vth}) + M_{Sbmax}/W_b$

Fehler: Bei exzentrischer Last fehlt die Biegespannung durch  $M_B$ , und bei Betriebsbeanspruchung kann man  $F_{Mzul}$  durch  $F_{Vmax}$  zu ersetzen.

zentrisch:  $\sigma_Z = \max(F_{Mzul}/A_0, 1/A_0 \cdot (F_{Vmax} + F_{SAmax} - \Delta F_{Vth}))$

exzentrisch:  $\sigma_Z = \max(F_{Mzul}/A_0, 1/A_0 \cdot (F_{Vmax} - \Delta F_{Vth}) + \sigma_{Sab})$

Anmerkung:  $F_{SAmax}/A_0$  ist in  $\sigma_{Sab}$  schon enthalten.

**S. 95 (186)**

Biegemoment  $M_B$  ist nicht berücksichtigt bei  $\sigma_{Sab}$ .

Und die Spannung im schwächsten Querschnitt mit  $A_0$  und  $W_{b0}$  soll berechnet werden (betrifft Taillenschrauben und Hohlschrauben)

Die Formel (186) mit Biegemoment  $F_A \cdot a$  und zusätzlichem Biegemoment  $M_B$  müßte lauten:

$\sigma_{Sab} = \phi_{im}^* \cdot F_A / A_0 + \beta_P / \beta_S \cdot (F_A \cdot a - F_A \cdot s_{sym} \cdot \phi_{im} + M_B(1 - \text{sign}(s_{sym}) \cdot \phi_{im})) / W_{b0}$

**S. 96 (187, 188, 189)**

Es soll das Maximum der Biege- und Zugspannung  $\sigma_{Sab}$  im schwächsten Querschnitt berechnet werden. Mit der Summe der Biegenachgiebigkeiten wird aber nicht das Maximum, sondern ein Mittelwert berechnet.

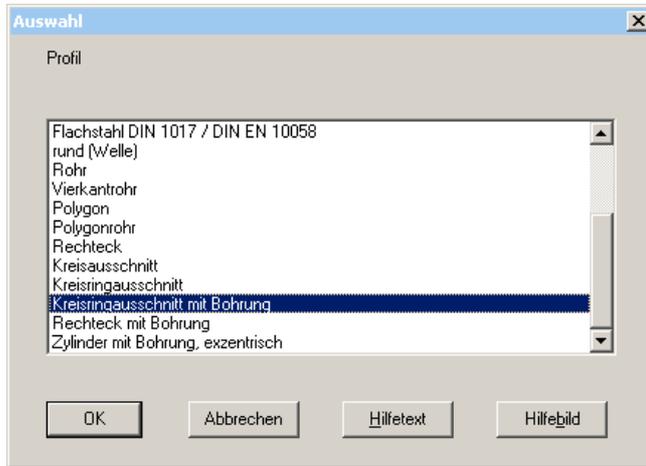
Die Formeln (187), (188), (189) sind überflüssig.

**S. 103: Gleichung (217)**

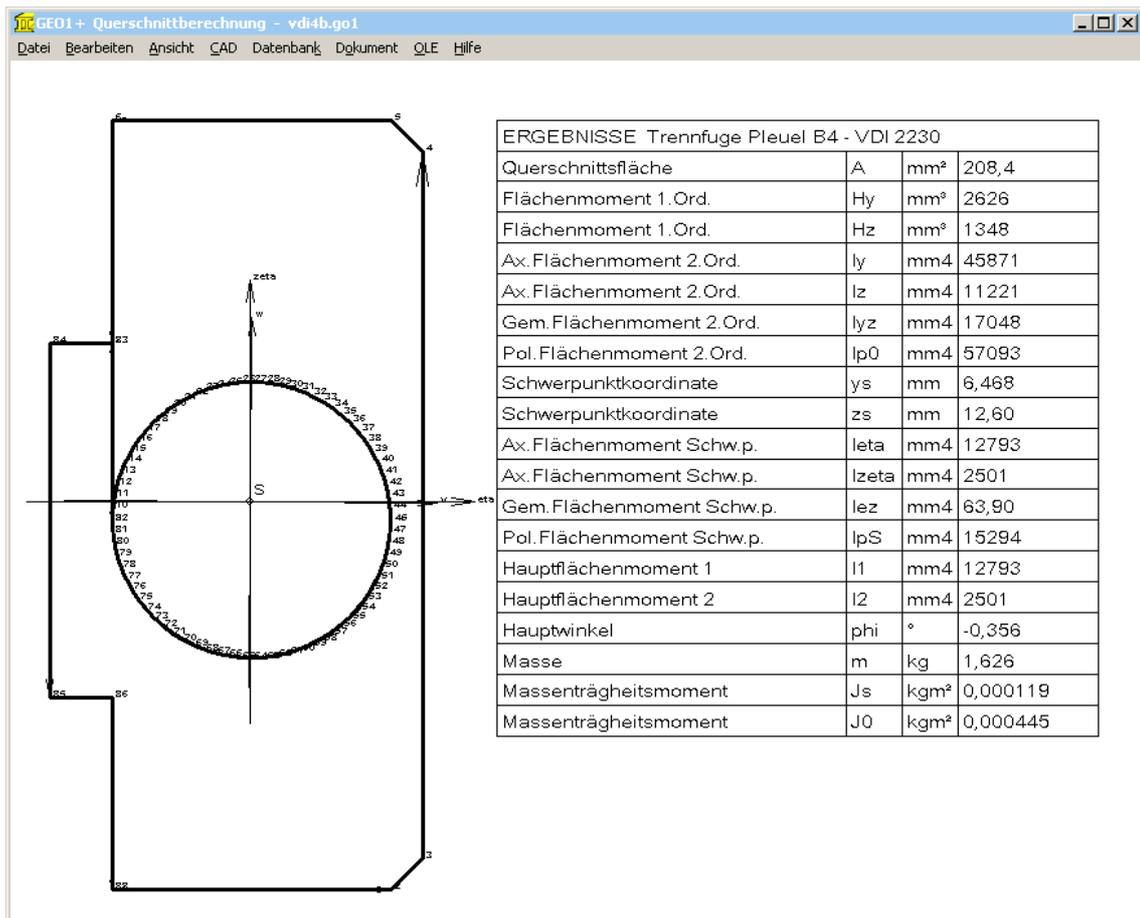
$F_{Qres} = F_{Qmax}/q_F + M_{Ymax}/(q_M \cdot r_a)$  mit  $q_F =$  Anzahl der kraftübertragenden Trennfugen

Falsch: Die Querkraft nimmt zwischen den Trennfugen nicht ab.

## GEO1+, TR1 – Kreisausschnitt, Kreisringausschnitt und Kreisringausschnitt mit Bohrung



Die GEO1-Software leistet bei der Berechnung der Trennfläche und Biegekörper bei exzentrischen Schraubenverbindungen gute Dienste. Allerdings war die Eingabe der Koordinaten etwas umständlich, deshalb kann man jetzt Kreissegment, Kreisringsegment und Kreisringsegment mit Bohrung einfacher eingeben mittels Außendurchmesser, Innendurchmesser, Segmentwinkel, Bohrungsdurchmesser und Lochkreisdurchmesser. Außerdem Rechteck mit Bohrung und Kreis mit exzentrischer Bohrung für Trennfugen von prismatischen und zylindrischen Schraubenverbindungen. Die Profilauswahl gibt es nur in TR1 und in der Plus-Version GEO1+; in GEO1 muß man die einzelnen Koordinaten der Kontur eingeben. Künftig gibt es nur noch GEO1+. Die einfache Version GEO1 ohne Profildatenbanken gibt es ab sofort nur noch als Update.



### FED1+ Vergrößerung des Außendurchmessers bei L1 und L2

Die Tabelle mit Kräften und Federlängen wurde um den Außendurchmesser unter Last ergänzt. Da die Formel in der EN 13906 nur die Vergrößerung bei Blocklänge berechnet, musste die Formel neu hergeleitet werden:

$$\Delta D_e = \sqrt{D^2 + (P_0^2 - P_x^2) / \pi^2} - D$$

Mit Steigung  $P_x = (L_x - L_c) / n + d$  und  $P_0 = (L_0 - L_c) / n + d$

$x = 0, 1, 2, n, c$

$P_c$  (Steigung bei Blocklänge) =  $d$

Zum Vergleich kann man den Windungsdurchmesser auf Block auch aus der Drahtlänge berechnen:

$$D = L_{draht} / (n \cdot \pi)$$

Der Wert ist etwas kleiner als nach der angegebenen Formel, weil hier auch die Endwindungen mit vergrößertem Windungsdurchmesser angenommen werden.

Noch größer ist  $\Delta D_e$  allerdings nach der Formel aus der EN 13906, möglicherweise wurde bei der Formel ein Sicherheitszuschlag berücksichtigt. Deshalb werden nun beide Werte ausgegeben,  $\Delta D_e$  nach EN 13906, und  $D_{e1}$ ,  $D_{e2}$ ,  $D_{en}$  und  $D_{ec}$  nach neuer Formel in der Tabelle.

	L [mm]	F [N]	tau [MPa]	s [mm]	tau/tauz	tau/Rm	De
L0:	120,00						36,00
L1:	88,00	F1: 301,5	tau k1: 450	s1: 32,00	0,38	0,21	36,13
L2:	67,00	F2: 499,3	tau k2: 745	s2: 53,00	0,63	0,36	36,20
Ln:	52,26	Fn: 638,2	tau n: 813	sn: 67,74	0,81	0,45	36,23
Lc:	42,26	Fc: 732,4	tau c: 932	sc: 77,74	0,93	0,52	36,25
L0 = 120 + 2 * 27 mm		tau z: 1001 MPa					

$d = 4 \pm 0,025$  mm  
 $D_i = 28$  mm  
 $D_m = 32$  mm  
 $D_e = 36 \pm 0,5$  mm  
 $n = 8,5$   
 $n_t = 10,5$   
 $R = 9,421$  N/mm  
 $\Delta D_e = 36,40$  mm

### FED13 – E-Modul aus Werkstoff sofort übernommen

Der Elastizitätsmodul wird jetzt sofort nach Werkstoffwahl in die Berechnung übernommen und im Ergebnis angezeigt. Bislang war der E-Modul erst nach einer weiteren Eingabe übernommen worden.

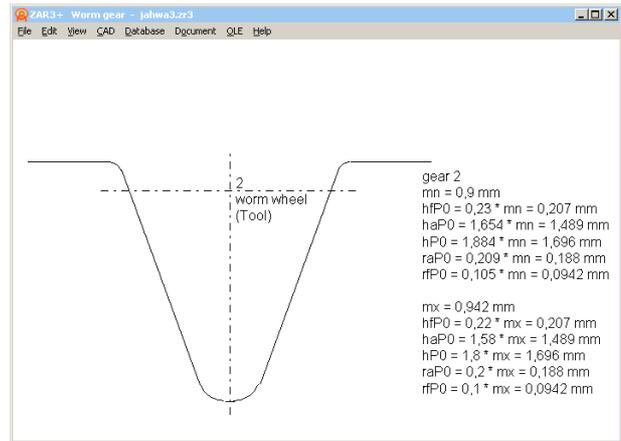
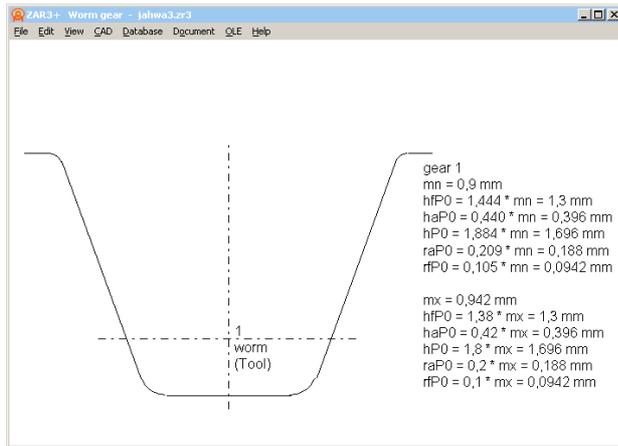
### FED1+, 2+, 3+, 5, 6, 7, 8, 9, 11: Federwerkstoff UGI 4362 (1.4362 / X2CrNiN23-4)

Der neue Werkstoff wurde in die fedwst-Datenbank übernommen (Nr.88). Die Daten stammen von Datenblatt UGI 4362. Eigenschaften: Zugfestigkeit wie 1.4310-HS, korrosionsbeständig wie 1.4401.

NAME1	NAME2	NAME3	NAME4	G	E	DICHTE	RM0	DR0	RM MAX	DRM	DT0
EN 10270-3-1.4362-S1	X2CrNiN23-4	UGI 4362	heat treated	79000	205000	7,85	2150	1	2600	700	

## ZAR3+ Werkzeugprofil

In ZAR3+ kann man jetzt auch das Werkzeug-Bezugsprofil anzeigen, oder unter "CAD" maßstäblich ausgeben.



## ZAR3+ Zahnhöhen und Komplementärverzahnung

Unter Bearbeiten->Herstellung waren  $h_fP0$  und  $h_aP0$  vertauscht, außerdem kann man jetzt auch einen Kopfabrundungsradius (=Fußausrundungsradius am Werkzeug) eingeben.

Wenn „ $da, df = \text{const}$ “ gesetzt ist, kann man jetzt nur noch den Profilverschiebungsfaktor  $x1$  der Schnecke eingeben, um die Kopf- und Fußhöhenfaktoren zu berechnen. Die Profilverschiebung  $x2$  muß  $-x1$  sein, daß Kopf- und Fußkreisdurchmesser gleich bleiben.

Für eine Komplementärverzahnung mit dünnem Schneckenradzahn und dickem Schneckenradzahn ist die Profilverschiebung der Schnecke negativ, und beim Schneckenrad positiv.

$da, df = \text{const}$

	Schnecke	Schneckenrad
Kopfhöhenfakt. $h_fP0/m=ha0/m$	1,38	0,22
Fußhöhenfaktor $h_aP0/m=hf0/m$	0,42	1,58
Fußausrundungsradius $raP0/m=rf/m$	0,2	0,2
Kopfrundungsradius $rfP0/m=ra/m$	0,1	0,1
Profilverschiebung $x$	-0,58	0,58

Flankenform der Schnecke DIN 3975  
 ZI (I)  
 ZA (A)  
 ZK (K)  
 ZN (N)  
 ZH (C)

Flankenrichtung  
 rechtssteigend  
 linkssteigend

Berechnung nach DIN 3996 ?  
 Mittenrauheit Schnecke  $Ra1$  0,5  $\mu\text{m}$

Außendurchmesser Schneckenrad  $de2$   
  $de2 = da2 + mt2$   
 Input  $de$   
 Außendurchmesser Schneckenrad  $de2$  33,55 mm

Buttons: OK, Abbrechen, Hilfe,  $ha, hf, rf ?$

## HEXAGON Software im Kommandozeilenmodus – Anwendungsbeispiel SR1

Die Vossloh Locomotives GmbH verwendet SR1+ für den Nachweis von Schraubenverbindungen gemäß VDI 2230. Durch die Verwendung von SR1+ als Kommandozeilenprogramm können Berechnungen bei Schraubenverbindungen einer identischen Ausführung sowie bei einer hohen Anzahl an vorliegenden Belastungen effizient durchgeführt werden. Das Inputdeck muß einmal mit SR1+ erzeugt werden (Klemmstücke, Auswahl von Schraube und Mutter). Die veränderlichen Daten (Lasten, Lastangriff, Reibwerte,...) werden aus einer Exceltabelle entnommen.

Die Schraubenverbindungen finden sich an unterschiedlichen Stellen an der Lokomotive. Es sind Verbindungen der Risikoklasse M oder H, die einen Nachweis der sicheren Schraubenverbindung erfordern.

**Preisliste vom 1.3.2015**

<b>EINZELPLATZLIZENZEN</b>	<b>EUR</b>
DI1 Version 1.1 O-Ring Software	190,-
DXF-Manager Version 8.6	383,-
DXFPLOT Version 3.0	123,-
FED1 Version 26.7 Druckfederberechnung	491,-
FED1+ V26.7 Druckfederberechnung mit Federdatenbank, Relaxation, 3D, Rechteckdraht, Animat.	695,-
FED2 Version 18.6 Zugfederberechnung	501,-
FED2+ V18.6 Zugfederberechnung mit Federdatenbank, Relaxation, Rechteckdraht, ...	675,-
FED3 Version 17.3 Schenkelfederberechnung	388,-
FED3+ V 17.3 Schenkelfederberechnung m.Fert.zeichn., 3D, Animation, Rechteckdraht, Relaxat.	480,-
FED4 Version 6.4 Tellerfederberechnung	430,-
FED5 Version 13.5 Kegestumpffederberechnung	741,-
FED6 Version 14.1 Progressive Zyl. Druckfedern	634,-
FED7 Version 11.5 Nichtlineare Druckfedern	660,-
FED8 Version 6.3 Drehstabfeder	317,-
FED9 Version 5.4 Spiralfeder	394,-
FED10 Version 2.5 Blattfeder	500,-
FED11 Version 2.9 Federring und Spannhülse	210,-
FED12 Version 2.2 Elastomerefeder	220,-
FED13 Version 3.4 Wellfederscheibe	185,-
GEO1+ V5.4 Querschnittsberechnung mit Profildatenbank	294,-
GEO2 V2.3 Massenträgheitsmoment rotationssymmetrischer Körper	194,-
GEO3 V3.1 Hertz'sche Pressung	205,-
GEO4 V3.8 Nocken und Kurvenscheiben	265,-
HPGL-Manager Version 8.5	383,-
LG1 V6.2 Wälzlagerberechnung m. Datenbank	296,-
LG2 V1.9 Hydrodynamische Radial-Gleitlager nach DIN 31652	460,-
SR1 V19.8 Schraubenverbindungen	640,-
SR1+ V19.8 Schraubenverbindungen incl.Flanschumrechnung	750,-
TOL1 Version 11.5 Toleranzrechnung	506,-
TOL1CON V1.5 Konvertierungsprogramm zu TOL1	281,-
TOL2 V3,1 Toleranzrechnung für Baugruppen	495,-
TOLPASS V4.1 Auslegung von ISO-Passungen	107,-
TR1 V3.5 Trägerberechnung	757,-
WL1+ V19.5 Wellenberechnung mit Wälzlagerauslegung	945,-
WN1 Version 11.2 Auslegung von Zylinder- und Kegelpreßverbänden	485,-
WN2 Version 9.2 Zahnwellenverbindungen nach DIN 5480	250,-
WN2+ Version 9.2 Zahnwellenverbindungen nach DIN 5480 und Sonderverzahnungen	380,-
WN3 Version 5.2 Paßfederverbindungen nach DIN 6892	245,-
WN4 Version 4.2 SAE-Zahnwellen nach ANSI B92.1	276,-
WN5 Version 4.2 SAE-Zahnwellen nach ANSI B92.2M und ISO 4156	255,-
WN6 Version 2.7 Polygonprofile P3G nach DIN 32711	180,-
WN7 Version 1.6 Polygonprofile P4C nach DIN 32712	175,-
WN8 Version 1.7 Kerbzahnprofile nach DIN 5481	195,-
WN9 Version 1.8 Keilwellenprofile nach DIN ISO 14, DIN 5471, DIN 5472	170,-
WN10 Version 3.5 Zahnwellenverbindungen nach DIN 5482	260,-
WN11 Version 1.2 Scheibefederverbindungen DIN 6888	240,-
WST1 V9.2 Werkstoffdatenbank St+NE-Metalle	235,-
ZAR1+ Version 23.6 Zahnradberechnung mit Werkstoffdatenbank, Lastkollektiv..	1115,-
ZAR2 V7.2 Kegelräder mit Klingelnberg Zylo-Paloid-Verzahnung	792,-
ZAR3 V8.4 Zylinderschneckengetriebe	404,-
ZAR3+ V8.4 Zylinderschneckengetriebe mit Profilverzeichnungen, Prüfmaßen, Zahnhöhenfaktoren	620,-
ZAR4 V3.6 Unrunde Zahnräder	1610,-
ZAR5 V8.3 Planeten-Stirnradgetriebe	1355,-
ZAR6 V3.2 Kegelaradgetriebe gerad-/schräg-/bogenverzahnt nach Gleason	585,-
ZARXP V1.8 Evolventenprofil - Berechnung, Grafik, Prüfmaße	275,-
ZAR1W V1.2 Zahnradabmessungen, Toleranzen, Prüfmaße, Grafik	450,-
ZM1 V2.1 Berechnung von Kettengetrieben	326,-

PAKETE	EUR
<b>HEXAGON-Maschinenbaupaket</b> (TOL1, ZAR1+, ZAR2, ZAR3+, ZAR5, ZAR6, WL1+, WN1, WN2+, WN3, WST1, SR1+, FED1+, FED2+, FED3+, FED4, ZARXP, HAERTE, TOLPASS, LG1, DXFPLOT, GEO1+, TOL2, TOL1CON, GEO2, GEO3, ZM1, WN6, WN7, LG2, FED12, FED13, WN8, WN9, WN11, DI1)	8.500,-
<b>HEXAGON Maschinenbau-Basispaket</b> (ZAR1+, ZAR3+, ZAR5, ZAR6, WL1+, WN1, WST1, SR1+, FED1+, FED2+, FED3+)	4.900,-
<b>HEXAGON-Stirnradpaket</b> (ZAR1+ und ZAR5)	1.585,-
<b>HEXAGON-Grafikpaket</b> (DXF-MANAGER, HPGL-MANAGER, DXFPLOT)	741,-
<b>HEXAGON-Schraubenfederpaket</b> (best. aus FED1+, FED2+, FED3+, FED5, FED6, FED7)	2.550,-
<b>HEXAGON-Toleranzpaket</b> (best. aus TOL1, TOL1CON, TOL2, TOLPASS)	945,-
<b>HEXAGON-Komplettpaket</b> (alle Programme von Maschinenbaupaket, Grafikpaket, Federpaket, Toleranzpaket, Stirnradpaket, TR1, FED8, FED9, FED10, GEO4, ZAR4, WN4, WN5, FED11, WN10, ZAR1W)	11.500,-

#### Rabatt für Mehrfachlizenzen:

Anz.Lizenzen	2	3	4	5	6	7	8	9	>9
Rabatt %	25%	27.5%	30%	32.5%	35%	37.5%	40%	42.5%	45%

#### Aufpreis / Rabatt für Floating-Netzwerklicenz:

Anz.Lizenzen	1	2	3	4	5	6	7..8	9..11	>11
Rabatt/Aufpreis	-50%	-20%	0%	10%	15%	20%	25%	30%	35%

(negativer Rabatt bedeutet Aufpreis)

#### ◆ System-Voraussetzung:

Alle Programme sind 32-bit Applikationen für Windows 2000, XP, Vista, Windows 7, Windows 8 (32-bit und 64-bit). Gegen Aufpreis von 10 EUR auch lieferbar als 64-bit Version für Windows XP, Vista, 7, 8 (64-bit).

#### ◆ Update-Service:

Kunden werden alle 2 Monate per E-Mail über Neuheiten und Updates informiert.

Updates	EUR
Update (auf CD oder zip-Datei mit pdf-Handbuch)	40,-
Luxus-Update (CD+neues Handbuch)	70,-

Update Maschinenbaupaket: 800 EUR, Update Komplettpaket: 1000 EUR, Update 64-bit Windows: 50 EUR

**Wartungsvertrag** für kostenlose Updates: 150 EUR + 40 EUR je Programm pro Jahr

#### ◆ Upgrades:

Bei Upgrades auf Plus-Versionen oder von Einzelplatz auf Netzwerk oder von Einzelprogrammen auf Programmpakete wird der Kaufpreis der ersetzten Lizenz zu 75% angerechnet.

#### ◆ Netzwerklizenzen:

Software wird auf dem Server installiert und via Netzlaufwerk mit den Workstations verlinkt. Bei Floating-Lizenzen überwacht der integrierte Lizenzmanager die Anzahl der gleichzeitig geöffneten Programme.

#### ◆ Lieferungs- und Zahlungsbedingungen:

Verpackungs- und Versandkostenpauschale in Deutschland 10 Euro, Europa 25 Euro, Welt 60 EUR.

Bei schriftlicher Bestellung von Firmen und staatlichen Behörden Lieferung gegen Rechnung (Freischaltung nach Zahlungseingang), sonst per Kreditkarte (Mastercard, VISA) oder Vorauszahlung.

Zahlung : 10 Tage 2% Skonto, 30 Tage netto, Vorauszahlung 2% Skonto.

#### ◆ Freischaltung

Bei der Installation generiert die Software eine E-Mail mit Maschinencodes. Die Email senden Sie an HEXAGON und erhalten daraufhin die Freischaltcodes (Voraussetzung: Zahlungseingang).

Preisangaben innerhalb Deutschlands zuzügl. 19% MwSt.

### HEXAGON Industriesoftware GmbH

Stiegelstrasse 8 D-73230 Kirchheim-Teck Tel.0702159578 Fax 07021 59986  
 Kieler Strasse 1A D-10115 Berlin Tel. 030 28096996 Fax 030 28096997  
 Mobil: 0163-7342509 E-Mail: info@hexagon.de Web : www.hexagon.de