



Magic **BOLT**
FOR PROFESSIONALS

DIE Lösung für Ihre Schraubenberechnung!



Integriert in abaqus CAE
und Ansys Workbench



Hohe Geschwindigkeit:
Abschätzung von Schrauben-
variationen in Echtzeit



Händische Berechnungen
werden **automatisiert**



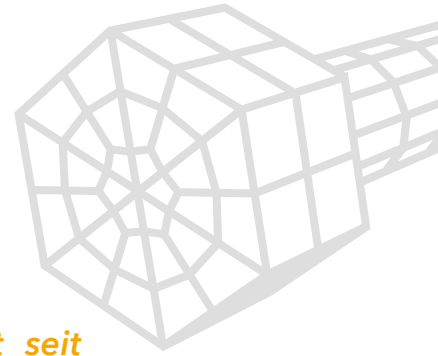
Weniger als 10 Minuten
zusätzlicher Zeitaufwand
für die komplette
Schraubenberechnung



Große Transparenz:
jeder Vorgang einseh- und
nachvollziehbar



Anwendungsnah -
aus der Praxis für die Praxis



Schrauben sind im Maschinenbau die meistverwendeten Verbindungselemente zwischen unterschiedlichen Bauteilen und müssen im Betrieb den verschiedensten Lastfällen standhalten. Um die Betriebssicherheit der Schrauben zu belegen, ist in der Regel ein Festigkeitsnachweis zu erbringen. Da Baugruppen oft viele unterschiedliche Schrauben und Betriebslastfälle enthalten, kann dieser sehr zeitaufwändig werden.

Unser Ziel war es also, eine Anwendung zu entwickeln, die den händischen, zeitaufwändigen und fehleranfälligen Aufwand reduziert und dabei reproduzierbare Ergebnisse und nachvollziehbare Schraubennachweise liefert.

Wir haben daher eine auf der VDI2230 basierende Anwendung entwickelt, die Ihnen jede Menge Zeit und damit Kosten sparen wird. Die komplette Schraubenberechnung ist mit abgedeckt und bestmöglich automatisiert, von der geometrischen Erstellung der Schrauben über die Definition von Kontakten und Vorspannung bis zum Extrahieren und Bewerten der Schraubenfestigkeit.

Schraubenberechnung mit FEM und VDI2230

Die FEM Berechnungen berücksichtigen direkt die Steifigkeitsverhältnisse in den verschraubten Komponenten. Eine Festigkeitsbewertung basierend auf den Spannungsergebnissen der modellierten Schrauben ist nicht sinnvoll, da der Nachweis in der VDI2230 mit Nennspannungen erfolgt, die FEM aber örtliche Spannungen liefert. Der Nachweis der Schrauben kann anhand der sich einstellenden Schnittkräfte und -momente und den Nachweisen R8 bis R12 der VDI2230 erfolgen. Jedoch ist ein einfaches Auslesen der Reaktionen im Vorspannelement meist nicht aus-

**„Diese Software ist seit
10 Jahren überfällig!“**

Dieter Mattis, CATS

reichend, da sich die Schraube unter Last mitsamt der Baugruppe bewegen und deformieren kann, was in der Auswertung dann nicht berücksichtigt wird. Bei unserer Methode wird dieser Effekt mit berücksichtigt.

Betriebsbeanspruchung (VDI2230 R8/4) mit Biegung (VDI2230 149)

$$\sigma_{\text{red,B}} = \sqrt{(\sigma_Z + \sigma_B)^2 + 3 \cdot (k_r \cdot \tau_{\text{max}})^2} =$$
$$\sigma_{\text{red,B}} = \sqrt{\left(678 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 7078 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(0.5 \cdot -205 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2} =$$
$$\sigma_{\text{red,B}} = 7758 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Sicherheit gegen Überschreitung der Streckgrenze: (VDI2230: R8/5-2)

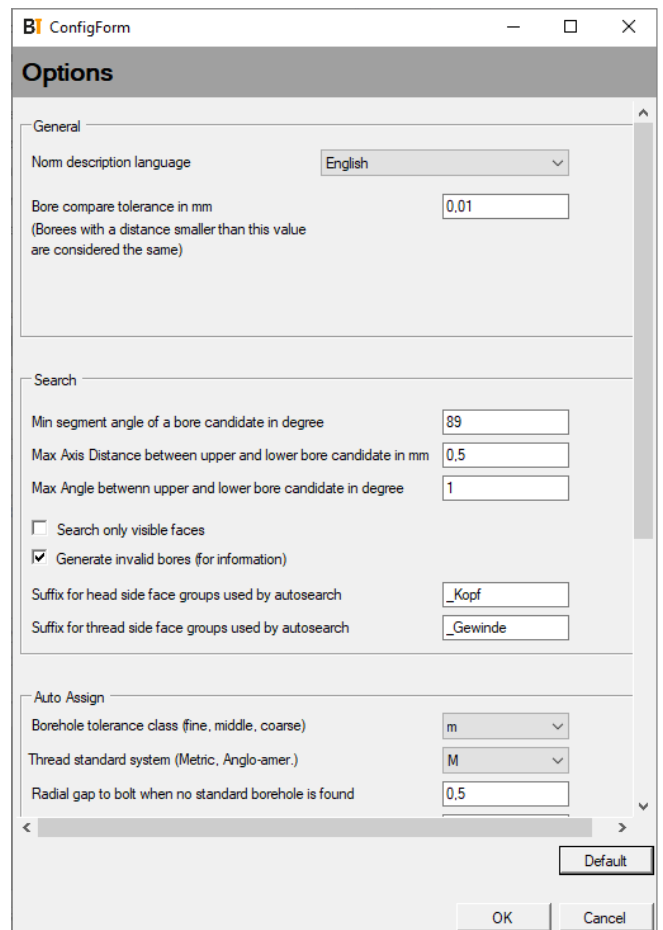
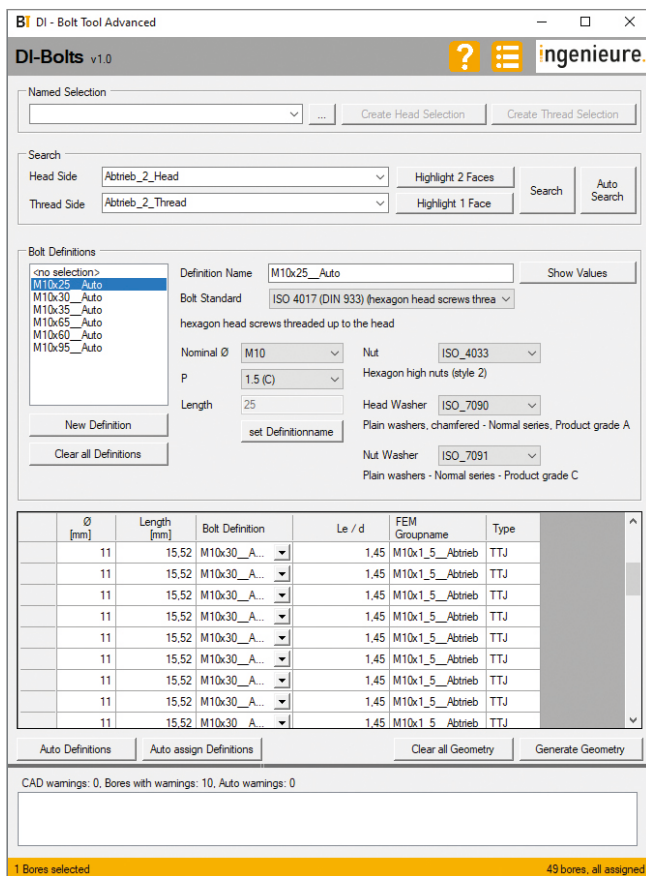
$$S_F = \frac{R_{p0.2}}{\sigma_{\text{red,B}}} = \frac{640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{7758 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0.08$$

Schraubenerkennung und Erstellung in ANSYS Spaceclaim

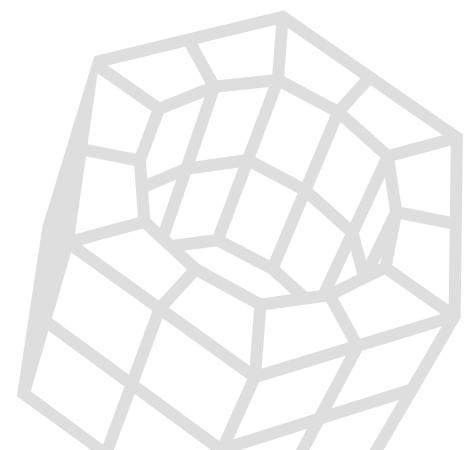
Magic **BOLT**
FOR PROFESSIONALS

- Keine gesonderte Installation nötig, MagicBolt wird als Add-In in Ansys Spaceclaim hinzugefügt (benötigt keine Administrationsrechte)
- Automatische Schraubenerkennung und Vorschlag von Schraubendurchmesser und Länge basierend auf der CAD Geometrie in ANSYS Spaceclaim
- Minimale Benutzereingabe nötig
- Einstellbare Toleranzen für Modellfehler wie Achsversätze, Schiefstellung der Bohrungsachsen, Entformungsschrägen bei der Suche der Schraubenlöcher
- Automatische Erkennung von Einsteck- (ESV) und Durchsteckschraubverbindungen (DSV)
- Funktioniert bei Schalen- und Volumenmodellen

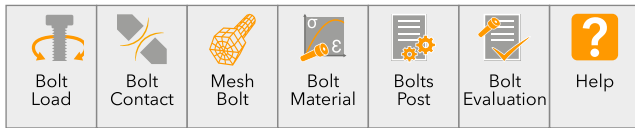
- Jede gefundene Schraube ist einzeln visualisierbar und editierbar
- Automatische Erzeugung der Schrauben, ggf. inkl. Scheiben und Muttern, samt aller benötigten Features für die Berechnungsmodellerstellung in ANSYS Mechanical
- Kein Verändern der bestehenden CAD Geometrie. Es werden nur Schrauben hinzugefügt, daher sind keine Probleme beim Geometrieupdate in ANSYS Mechanical zu erwarten.



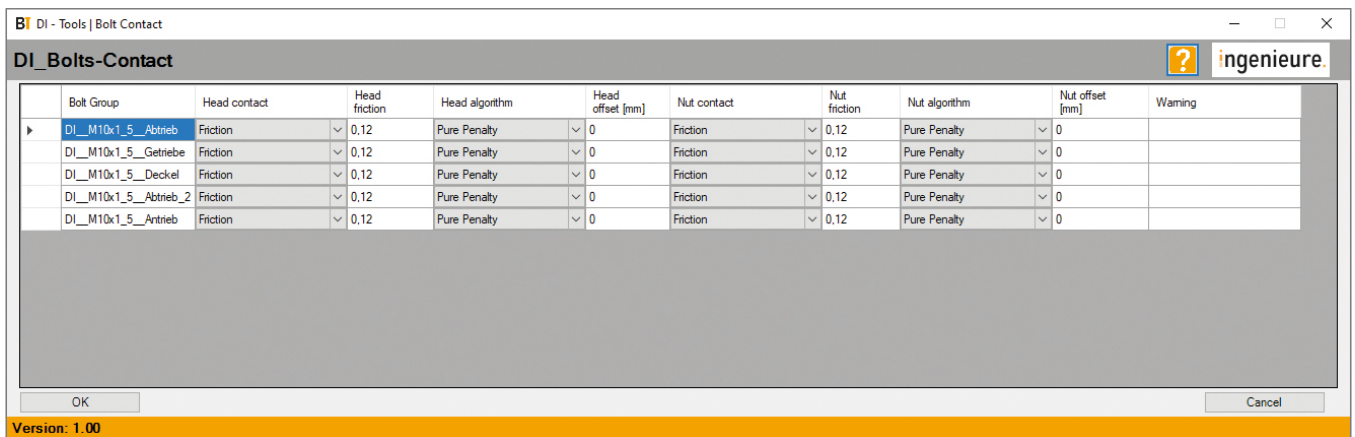
Überzeugen Sie sich selbst!
<https://magicbolt.di-gmbh.com>



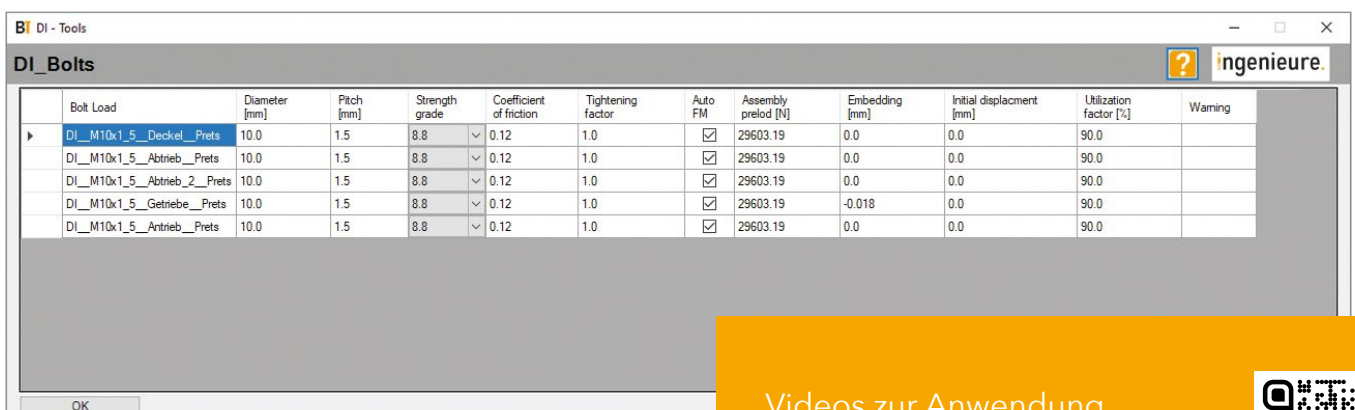
Schraubendefinition in ANSYS Mechanical



- Keine gesonderte Installation nötig, MagicBolt wird als ACT in Ansys Workbench geladen (benötigt keine Administrationsrechte)
- Die Vorspannung kann in jedem Lastfall erzeugt werden
- Schnelle Definition von allen für die Schraubenvorspannung benötigten Einstellungen (Schraubenvorspannung, Kontakte, Material, Netzeinstellungen), für jede Gruppe einzeln einstellbar
- Transparente Dokumentation der Einstellungen für jede Schraubengruppe



- Die Schraubenvorspannung kann automatisch nach VDI2230 berechnet oder über Handeingabe definiert werden, inklusive Sperren der Pre-tension-Elemente
- Alle benötigten Komponenten werden bereits in Spaceclaim erzeugt
- Die Berücksichtigung von Setzen ist möglich
- Automatisches Erzeugen der benötigten Lastfälle
- Optional können initiale, weggesteuerte Lastfälle zur Stabilität der Kontaktfindung definiert werden



Videos zur Anwendung finden Sie unter <https://magicbolt.di-gmbh.com>



Schraubenauswertung nach VDI2230 (Modellklasse 3)

- Webbasierte Auswertung der Schraubenergebnisse in Echtzeit
- Verschlüsselung bei der Browserübertragung und Ablage aller Daten in unserer Datenbank
- Keine Übertragung von Geometrieinformationen, es werden nur Schraubennummern und die Reaktionskräfte und -momente zur Bewertung der Schrauben benötigt (ASCII-Format, völlig transparent)

LOC	MAT	TIME	F X [N]	F Y [N]
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		1.000000e+00	9.210372e+03	2.170607e+00
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		2.000000e+00	8.896100e+04	7.011004e+01
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		3.000000e+00	8.896189e+04	7.011026e+01
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		4.000000e+00	8.855698e+04	1.577204e+03
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		5.000000e+00	8.867566e+04	1.517661e+03
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		6.000000e+00	8.859259e+04	1.559322e+03
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		7.000000e+00	8.852163e+04	1.594982e+03
GEWINDE M20X50_R_SCHLITTEN-4		8.000000e+00	8.843838e+04	1.637068e+03

- Lageänderungen der Schrauben während der Berechnung werden berücksichtigt
- Multi-User Umgebung, Projekte können innerhalb eines Unternehmens für Kollegen freigegeben werden
- Optionale Visualisierung der Schrauben im Webbrowser
- Ausgabe einer Übersichtsseite für die Berechnungsdokumentation, in denen die höchstbelasteten Schrauben je Schraubengruppe und Nachweis ausgegeben werden

- Die VDI Nachweise R8 (Betriebsbeanspruchung), R9 (Schwingbeanspruchung) und R12 (Gleiten) werden automatisch berechnet
- Ausgabe für alle Schrauben vorhanden und exportierbar (.csv)
- Alle Berechnungsschritte werden mit den analytischen Formeln ausgegeben, um eine externe Prüfung zu ermöglichen

Schub und Torsionsbeanspruchung (VDI2230 152)

$$\tau_s = \frac{M_{TSA}}{W_p} + \frac{F_{Qmax}}{A_{sk}} + k_r \cdot \frac{M_{ts}}{W_p}$$

Spannungsquerschnitt: $A_{sk} [mm^2]$

Polares Widerstandsmoment: $W_p [mm^3]$

Zusatztorsionsmoment: $M_{TSA} [Nmm]$

Querkraft: $F_Q [N]$

Im Gewinde wirksames Anziehmoment: $M_{ts} [Nmm]$

Reduktionskoeffizient: $k_r [-]$

Zugspannung: $\sigma_z \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Biegespannung: $\sigma_B \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Streckgrenze ($T = 23^\circ C$): $R_{p0.2} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Norm: ISO_4762(DIN_912)

Festigkeitsklasse: 10.9

Betriebsbeanspruchung (VDI2230 R8/4) mit Biegung (VDI2230 149)

$$\sigma_{red,B} = \sqrt{(\sigma_z + \sigma_B)^2 + 3 \cdot \tau_s^2}$$

Sicherheit gegen Überschreitung der Streckgrenze: (VDI2230: R8/5-2)

$$S_y = \frac{R_{p0.2}}{\sigma_{red,B}} = \frac{940 \frac{N}{mm^2}}{825 \frac{N}{mm^2}} = 1.14$$

- Im Falle von unterdimensionierten Schrauben ist eine einfache Abschätzung von benötigten Schraubengrößen und Festigkeitsklassen anhand von Schraubenbetriebskräften und -momenten in Echtzeit möglich

Zusammenfassung

R8 - Betriebsbeanspruchung (Statischer Nachweis) V:1.03

Schraube	Gruppe	Position	Zeit	σ_z [MPa]	σ_B [MPa]	τ [MPa]	σ_{red} [MPa]	$R_{p0.2}$ [MPa]	S_y [-]
M20X60_R_FK10_9-1_KOPF_IOS	Gruppe_1	KOPF	5	783	14	-123	825	940	1.14

R9 - Schwingbeanspruchung (Ermüdungsnachweis) V:1.03

Schraube	Gruppe	Position	Szenario	Zyklen	$\Delta\sigma_z$ [MPa]	$\Delta\sigma_B$ [MPa]	σ_{ms} [MPa]	σ_{AS} [MPa]	S_p [-]	
M20X60_R_FK10_9-1_GEWINDE_IOS	Gruppe_1	GEWINDE		3 - 5	2000000	12.6	8	20.6	44.6	2.17

R10 - Flächenpressung V:1.02

Schraube	Gruppe	Position	Zeit	p_B [MPa]	p_G [MPa]	S_p [-]
M20X60_R_FK10_9-1_KOPF_IOS	Gruppe_1	KOPF	5	698.2	710	1.02

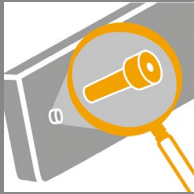
R12 - Gleiten V:1.00

Gleitebene	Zeit	F_{Ax} [N]	F_Q [N]
DECKEL-1.DI_R12	3	190764	
Gleitebene	Zeit	F_{Ax} [N]	F_Q [N]

Videos zur Anwendung finden Sie unter <https://magicbolt.di-gmbh.com>

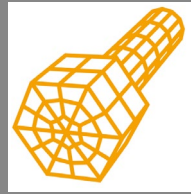


Prozesse in MagicBOLT



Schraubenerkennung

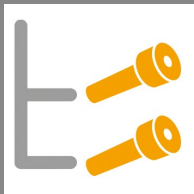
Automatische Suche der Schraubenposition und -größe in SpaceClaim



Mesh Bolt

Automatische Vernetzungseinstellung.

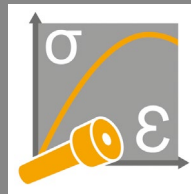
- Größe und Teilung
- Ansatzfunktion



Bolt Groups

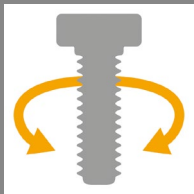
Einfache Gruppierung der mit MagicBOLT erzeugten Schrauben.

- Inklusive für alle Sets für Vorspannung und Kontakte



Bolt Material

Einfache Werkstoffzuweisung



Bolt Load

Automatische Schraubenlastdefinition.

- Gemäß VDI 2230 und Handeingabe (manueller Wert)
- Zusätzliche Wegsteuerung möglich
- Setzen kann berücksichtigt werden



Bolts Post

Auswertungsroutinen/Makros werden auf Knopfdruck hinzugefügt, eine Anpassung ist nicht nötig



Bolts Evaluation

Einfache Übergabe der Schnittlasten



Bolt Contact

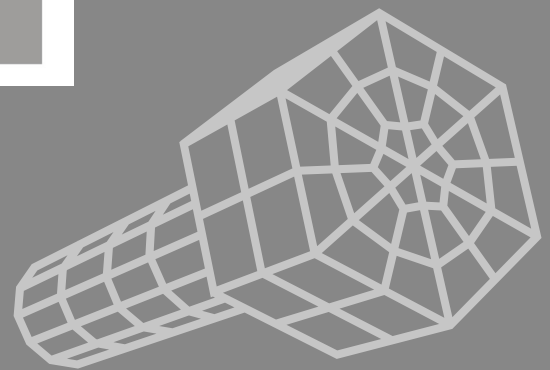
Automatische Kontakterstellung für alle mit MagicBOLT erzeugten Schrauben.

- Kopfkontakt
- Ggf. Gewindefchaftkontakt
- Ggf. Mutterkontakt
- Vorabkorrektur etwaiger Definitionsfehler



Webbasierte Auswertung

nach VDI2230



Überzeugen Sie sich selbst!
<https://magicbolt.di-gmbh.com>

DI - Die Ingenieure GmbH
Ringstraße 1, 89081 Ulm
Deutschland

+49 731 850779-0
info@di-gmbh.com
<https://di-gmbh.com>