

Schweisnahtbewertung mit Submodellen und FKM

Lukas Steiner, Schmied Engineering GmbH, CH-4564 Obergerlafingen
www.schmied-engineering.ch

Einleitung

Inhaltsverzeichnis

-  das Produkt
-  die Problemstellung
-  Berechnung am Gesamtmodell
-  Die Submodelltechnik
-  Berechnungskonzepte für Schweisnähte
-  FKM-Ermüdungsfestigkeitsnachweis
-  Erkenntnisse und Hinweise

Das Produkt

Line-end racking **Allgemeine Angaben**

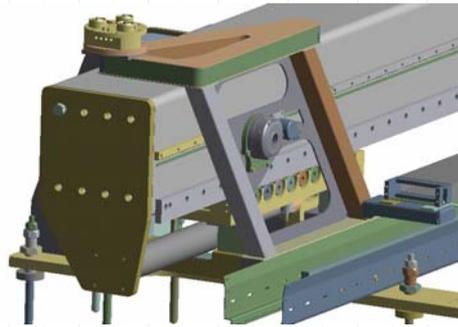
GÜDEL

-  Linear-Achse mit Linearmotor-Antrieb
-  Hersteller: Güdel AG, Langenthal www.gudel.com
-  2 gleichzeitig verfahrenende Laufwagen

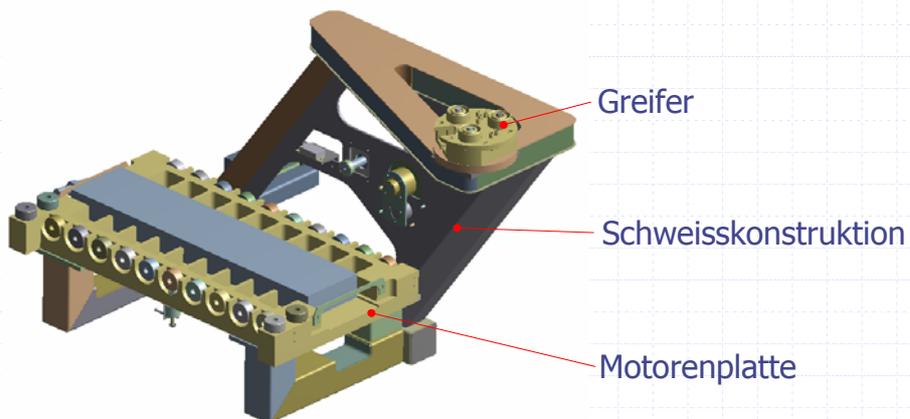


Line-end racking Detailangaben

-  Nutzlast je ca. 100 kg
-  Beschleunigung 40 m/s²
-  Verzögerung bei Crash 80 m/s²

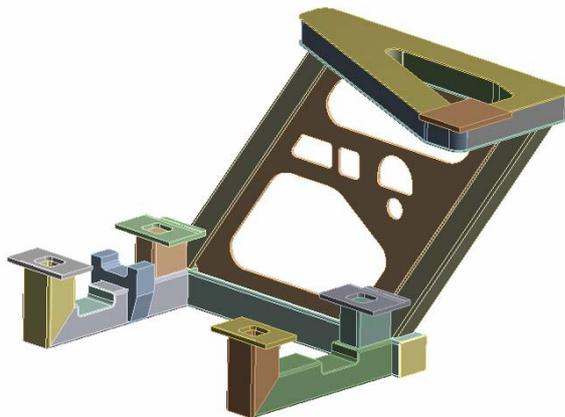


Line-end racking Der Laufwagen



Die Problemstellung

Die Problemstellung Schweisskonstruktion Laufwagen



Hauptsächlich
umlaufende Kehlnähte
der Grösse $a = 3 \text{ mm}$.

Minimale Blechdicke
3 mm.

Für die meistbelasteten
Schweissnähte ist der
Festigkeitsnachweis zu
führen.

Berechnung am Gesamtmodell

Berechnungen am Gesamtmodell

Berechnungen

Berechnung der Gesamtstruktur mit grober Vernetzung um grundsätzliche Informationen zu erhalten:

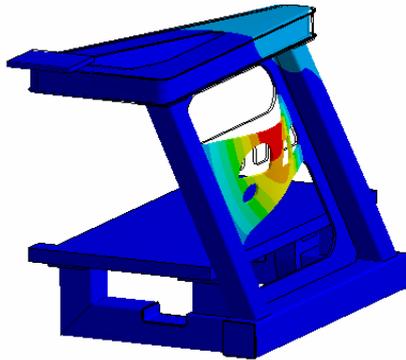
-  Eigenfrequenzen
-  Ermitteln des generellen Spannungsniveaus
-  Lokalisieren der kritischen Stellen
-  Inputdaten generieren für nachfolgende Submodelle

Es sind mindestens zwei Lastfälle zu berechnen, um die für die Ermüdung massgebenden Spannungsvariationen zu ermitteln.

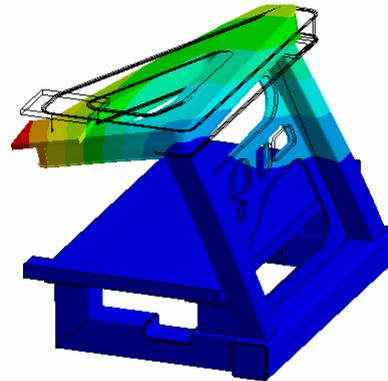
Berechnungen am Gesamtmodell

Resultate

Eigenfrequenzen



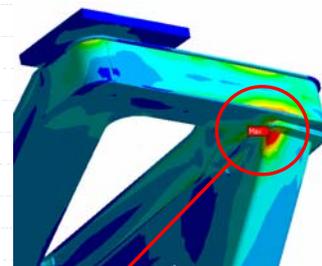
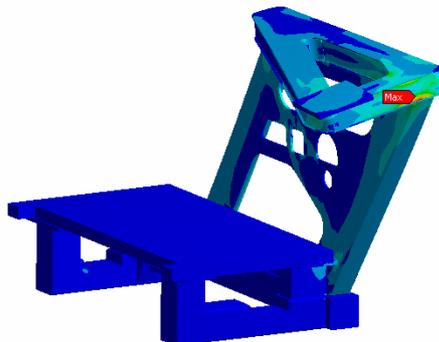
Verformungen



Berechnungen am Gesamtmodell

Resultate

Vergleichsspannung nach Mises zum Lokalisieren der „kritischen“ Schweissnähte.



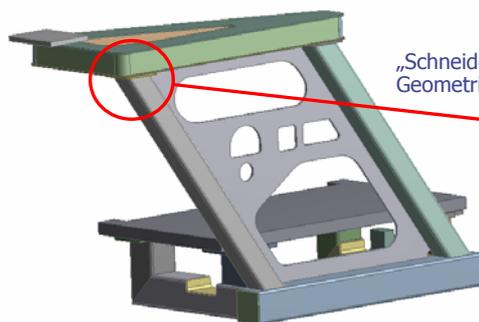
Höchstbelastete
Schweissverbindung

Hinweis: Lösungsfile (*.rst) sichern für die Berechnung des Submodells.

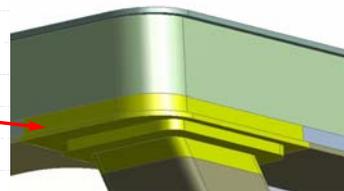
Die Submodelltechnik

Die Submodelltechnik

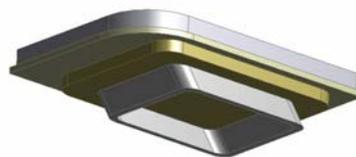
Erstellen des Submodells



„Schneiden“ der Geometrie



„Löschen“ der restlichen Geometrie

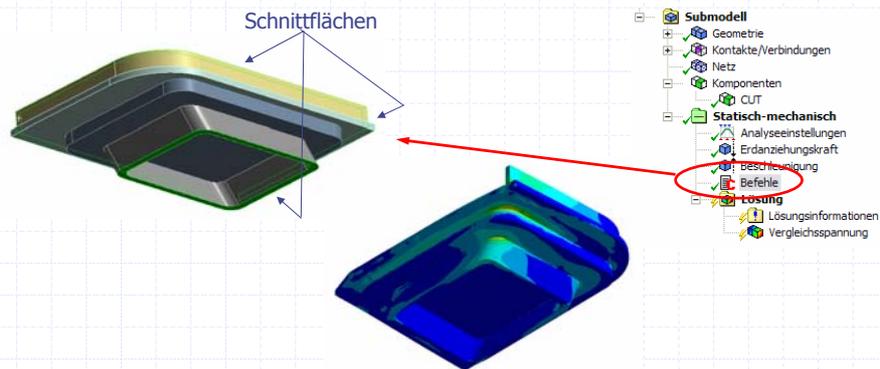


Herausschneiden des Submodells aus dem Gesamtmodell im Designmodeller.

Die Submodelltechnik

Berechnen des Submodells

Interpolieren der Ergebnisse des Gesamtmodells auf die Schnittflächen des Submodells.



→ http://www.cadfem.de/fileadmin/files/9_service_newsletter/2004/0411/submodel.pdf

Berechnungskonzepte für Schweissnähte

Berechnungskonzepte für Schweissnähte

Übersicht

-  Nennspannungskonzept
-  Strukturspannungskonzept CAB
-  Kerbspannungskonzept R1MS

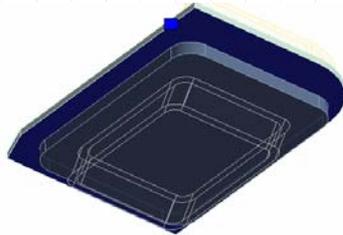
Berechnungskonzepte für Schweissnähte

Nennspannungskonzept

-  Geeignet für Volumen- und Schalenmodelle
-  Schweissnaht wird nicht modelliert
-  Bauteile werden mit Verbund gekoppelt
-  Kontaktreaktionen mittels Stichprobe im Lösungszweig ermitteln → Schweissnahtbelastungen
-  Nennspannungen in der Naht berechnen
-  FKM-Festigkeitsnachweis mit Nennspannungen
-  Bauteilklasse für Ermüdungsnachweis FAT 45

Nennspannungskonzept Berechnungsablauf

Submodell lösen



Kontaktreaktionen auswerten

Tabellarische Daten			
Zeit [s]	Kraftreaktion (X) [N]	Kraftreaktion (Y) [N]	Kraftreaktion (Z) [N]
1	46,598	-1141,7	-1264,6

Nennspannungen berechnen

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{A_w}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{Q}{A_w}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{M_b}{W_w}$$

$$\sigma_{\parallel} = \frac{M_t}{W_w}$$

Festigkeitsnachweis mit
Nennspannungen gemäss
FKM-Richtlinie

Berechnungskonzepte für Schweißnähte

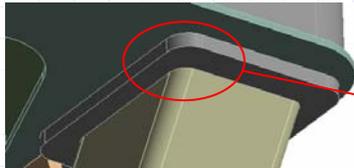
Strukturspannungskonzept CAB

- Geeignet für Volumenmodelle
- Nur zur Beurteilung von Kehlnähten an den Nahtübergängen
- Beurteilung der Nahtwurzel nicht möglich
- Wanddickenbereich 8 bis 80 mm
- Die Kehlnaht wird mit Radius $R = \sqrt{2} \cdot a$ modelliert
- FKM-Festigkeitsnachweis mit Strukturspannungen
- Bauteilklasse für Ermüdungsnachweis FAT 100

Strukturspannungskonzept CAB

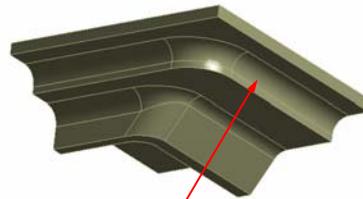
Erstellen des Submodells

Hauptmodell mit Verbund



Submodell mit CAB-Radien

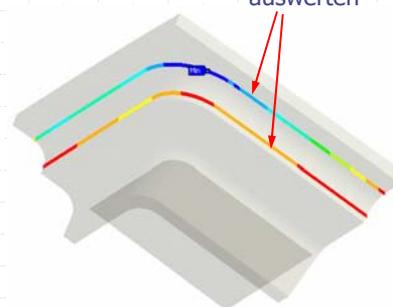
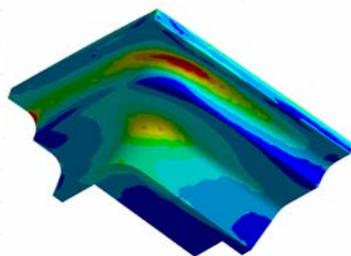
Submodell ausschneiden
und Bauteile verschmelzen



Kanten mit $R = a \cdot \sqrt{2}$ verrunden

Strukturspannungskonzept CAB

Spannungsauswertung



Spannungen an den
Verrundungskanten
auswerten

Für den FKM-Nachweis werden die Variationen der 3 Hauptspannungen benötigt. Mittels der Anzeige der Hauptvektoren ist zu prüfen, ob das Hauptachsensystem für die betrachteten Lastfälle erhalten bleibt.

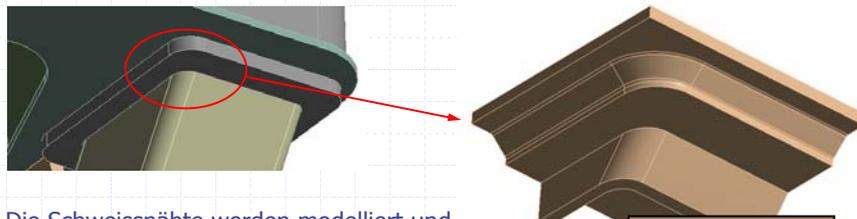
Berechnungskonzepte für Schweißnähte

Kerbspannungskonzept R1MS

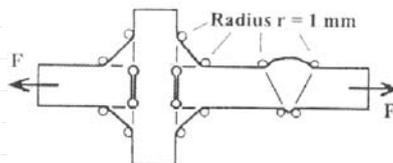
- 🖼 Geeignet für Volumenmodelle
- 🖼 Auch für Stumpfnähte anwendbar
- 🖼 Beurteilung der Nahtübergänge und der Wurzel möglich
- 🖼 Schweißnähte werden geometrisch korrekt modelliert
- 🖼 Alle Übergänge werden mit R1 verrundet
- 🖼 Bauteilklasse für Ermüdungsnachweis FAT 225

Kerbspannungskonzept R1MS

Erstellen des Submodells



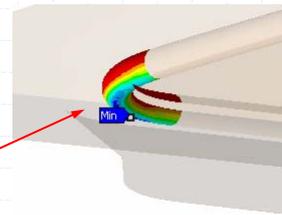
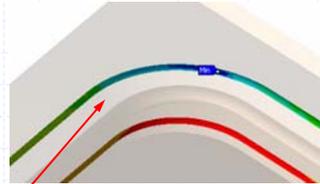
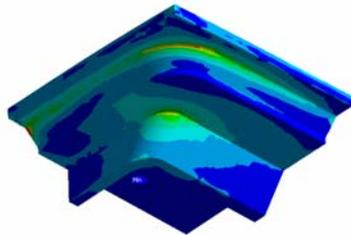
Die Schweißnähte werden modelliert und mit den fiktiven Kerbradius $R = 1 \text{ mm}$ verrundet



$R = 1 \text{ mm}$

Kerbspannungskonzept R1MS

Spannungsauswertung



Auswerten der Spannungen
im Nahtauslauf
und
im Kerbgrund der Wurzel

Es werden wie bei der CAB-Methode die Hauptspannungen ausgewertet.

FKM-Ermüdungs- festigkeitsnachweis

FKM-Ermüdungsfestigkeitsnachweis

Vergleich CAB – R1MS

Der Ermüdungsnachweis erfolgt gemäss der FKM-Richtlinie (Forschungskuratorium Maschinenbau):

CAB → Nachweis mit Strukturspannungen

R1MS → Nachweis mit effektiven Kerbspannungen

Die FKM legt dem Nachweis mit effektiven Kerbspannungen die R1MS-Modellierung zu Grunde.

Für die Ermittlung der Strukturspannungen macht die Richtlinie keine Angaben.

FKM-Ermüdungsfestigkeitsnachweis

Lastkollektiv

In der Regel fehlen Messwerte zum realen, zeitlichen Verlauf der Beanspruchung.

Mit der FKM besteht die Möglichkeit, eine vereinfachte Betriebsfestigkeitsberechnung mittels Beanspruchungsgruppen durchzuführen (analog Kranbaunorm DIN 15018).

Unsere Annahme für Handlaneanlagen:

Schweres Spannungskollektiv, Umfang $6.3 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6 \rightarrow$ B6
(Betriebsfestigkeitsfaktor 1.36)

Schweres Spannungskollektiv, Umfang $2 \cdot 10^6 - 6.3 \cdot 10^6 \rightarrow$ B7
(Betriebsfestigkeitsfaktor 1)

FKM-Ermüdungsfestigkeitsnachweis

Ermüdungsnachweise

	CAB	R1MS
Berechnete Spannungsvariation	-65 +/- 35 MPa	-110 +/- 75 MPa
<u>Nachweis FKM</u>		
Zulässige Grundamplitude (FAT 225)	92 MPa	92 MPa
Wechselfestigkeitsamplitude (Reduktion mit Bauteilklasse FAT)	41 MPa	92 MPa
Dauerfestigkeitsamplitude (Einfluss der Mittelspannung)	41 MPa	92 MPa
Betriebsfestigkeitsamplitude (Berücksichtigung Lastkollektiv)	56 MPa	125 MPa
Sicherheitsfaktor	1.5	1.5
Auslastung	94 %	90 %

Erkenntnisse und Hinweise

Erkenntnisse und Hinweise

Erkenntnisse

- Obschon die Berechnung nach dem CAB-Konzept bei einer Wanddicke deutlich unter 8 mm angewendet wurde, deckt sich der Auslastungsgrad der betrachteten Kehlnaht sehr gut mit jenem des R1MS-Konzepts.
- Die allgemeine Aussage, dass das CAB-Konzept eher konservative Werte liefert, trifft bei der betrachteten Kehlnaht ebenfalls zu.

Erkenntnisse und Hinweise

Schweissgerechte Konstruktion

Die Betriebsfestigkeit von Schweißnähten basiert auf deren schweiß- und beanspruchungsgerechten Konstruktion.

Fast alle bisher von uns analysierten Schadenfälle kranken an diesbezüglichen, grundsätzlichen Mängeln.

Unsere Faustformel:
Einfach zu modellierende Nähte sind gute Nähte.



Erkenntnisse und Hinweise

Qualitätssicherung

Der Aufwand für eine Schweißnahtberechnung rechtfertigt sich nur, wenn sicher gestellt ist, dass die Schweißnähte fachgerecht ausgeführt werden und am Bauteil auch so aussehen, wie sie im Modell angenommen wurden.

-  Es liegt in der Verantwortung des Konstrukteurs die Schweißnähte in der Zeichnung vollständig zu definieren.
-  Für sicherheitsrelevante, geschweisste Bauteile sind Qualitätsstandards zu definieren:
 - an die Zulieferfirma (z.B. Schweissaufsicht)
 - an die Schweißer
 - an die Schweißnahtgüte