



FracSafe

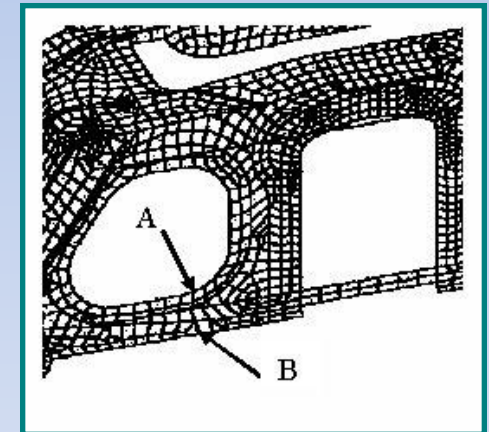
**Software für Berechnungen nach der FKM-Richtlinie
„Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile**

FracSafe unterstützt den Anwender bei der Sicherheitsbewertung
von Bauteilen mit vorhandenen oder angenommenen Fehlern
unter statischer oder zyklischer Belastung

Die Anwendung von FracSafe wird hier an einem Beispiel für
die Rissausbreitung unter zyklischer Belastung demonstriert

Aufgabenstellung, Modellierung

- Die Betriebsfestigkeitsanalyse einer dünnwandigen Schweißkonstruktion aus gekanteten Blechen hat gezeigt, dass das Entstehen von Anrissen und Risswachstum in der Schweißkonstruktion während der vorgesehenen Lebensdauer nicht ausgeschlossen werden kann.
- Mit Hilfe einer bruchmechanischen Analyse soll geklärt werden, inwieweit vorgesehene Inspektionsintervalle als Sicherheitsmaßnahme ausreichen.
- An der kritischsten Stelle der Konstruktion mit einer Spannungskonzentration (Ort A) wird ein Riss unterstellt.
- Für die Berechnungen mit FracSafe wird die nahe Umgebung von A-B als eine Scheibe mit Oberflächenriss modelliert.
- Berechnet wird die Zyklenzahl für die Rissausbreitung von Anfangs- bis Endrissgröße.
- Die Anfangsrissgröße wird zu **2** mm angenommen.
- Die Endrissgröße von **8,8** mm wurde in einer Berechnung mit FracSafe als kritische Rissgröße beim Versagen ermittelt.






Bewertungsart: Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

The screenshot shows the 'FracSafe 2.1' software window. The title bar includes the 'FS' logo and the text 'FracSafe 2.1'. The menu bar contains 'Datei', 'Protokoll', 'Optionen', and 'Hilfe'. Below the menu bar are three icons: a document, a folder, and a floppy disk. On the left side, there is a vertical navigation pane with five buttons: 'Projekt', 'Eingabe, Modell' (highlighted in blue), 'Berechnung', 'Ergebnisse', and 'Nachweis'. The main area of the window is titled 'Art der Bewertung' (Type of Evaluation). It contains two radio button options: 'Bauteil unter statischer Beanspruchung' (Component under static loading) and 'Bauteil unter zyklischer Beanspruchung' (Component under cyclic loading). A red arrow points to the second option, indicating it is the selected evaluation type. At the bottom right of the main area, there is a button labeled 'Weiter >' (Next >).

Berechnungen bei zyklischer Beanspruchung

FS FracSafe 2.1 [-] [] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis


Art der Bewertung

☐ Bauteil unter statischer Beanspruchung

☒ Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

zu berechnende Größe

zyklische Beanspruchung



Weiter >

Berechnungen bei zyklischer Beanspruchung

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Art der Bewertung

☐ Bauteil unter statischer Beanspruchung

☒ Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

zu berechnende Größe

zyklische Beanspruchung

Zykluszahl

Dauerfestigkeit

Zykluszahl

Endrissgröße

Weiter >

Berechnungen bei zyklischer Beanspruchung

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Art der Bewertung

☐ Bauteil unter statischer Beanspruchung

☒ Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

zu berechnende Größe

zyklische Beanspruchung

Weiter >

Berechnungen bei zyklischer Beanspruchung

Lastkollektiv
liegt vor

The screenshot shows the 'FracSafe 2.1' software window. The title bar includes the application name and standard window controls. The menu bar contains 'Datei', 'Protokoll', 'Optionen', and 'Hilfe'. Below the menu bar is a toolbar with icons for file operations. A vertical sidebar on the left contains buttons for 'Projekt', 'Eingabe, Modell' (highlighted in blue), 'Berechnung', 'Ergebnisse', and 'Nachweis'. The main area is titled 'Art der Bewertung' and contains two radio button options: 'Bauteil unter statischer Beanspruchung' (unselected) and 'Bauteil unter zyklischer Beanspruchung' (selected). Below these options are two dropdown menus. The first, labeled 'zu berechnende Größe', has 'Zyklenzahl' selected. The second, labeled 'zyklische Beanspruchung', has a list of three options: 'konstante Spannungsamplitude' (selected and highlighted in blue), 'konstante Spannungsamplitude', and 'variable Spannungsamplitude'. A 'Weiter >' button is located at the bottom right of the main area.

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Art der Bewertung

☐ Bauteil unter statischer Beanspruchung

☒ Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

zu berechnende Größe: Zyklenzahl

zyklische Beanspruchung: konstante Spannungsamplitude, konstante Spannungsamplitude, variable Spannungsamplitude

Weiter >

Berechnungen bei zyklischer Beanspruchung

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis


Art der Bewertung

☐ Bauteil unter statischer Beanspruchung

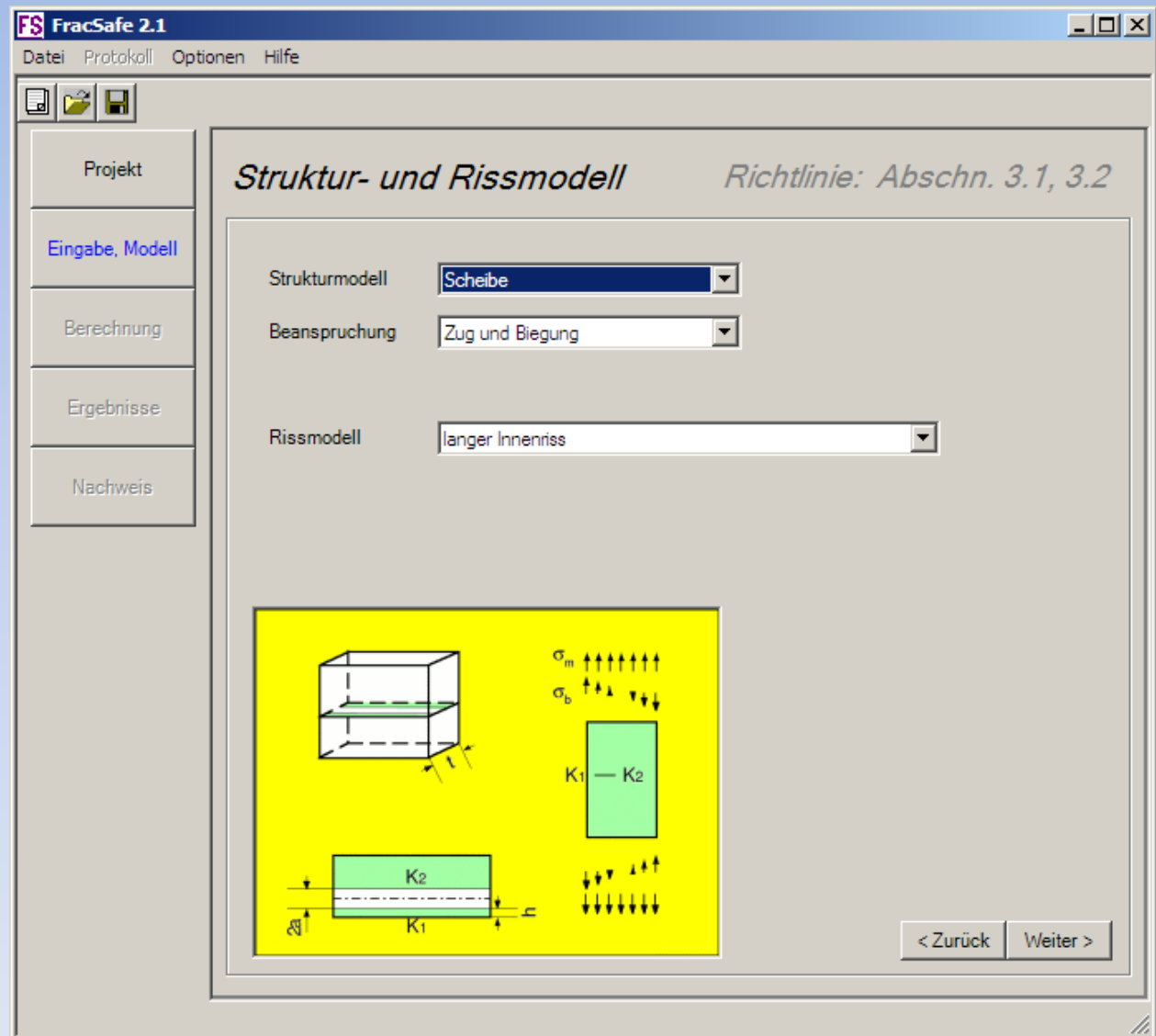
☒ Bauteil unter zyklischer Beanspruchung

zu berechnende Größe:

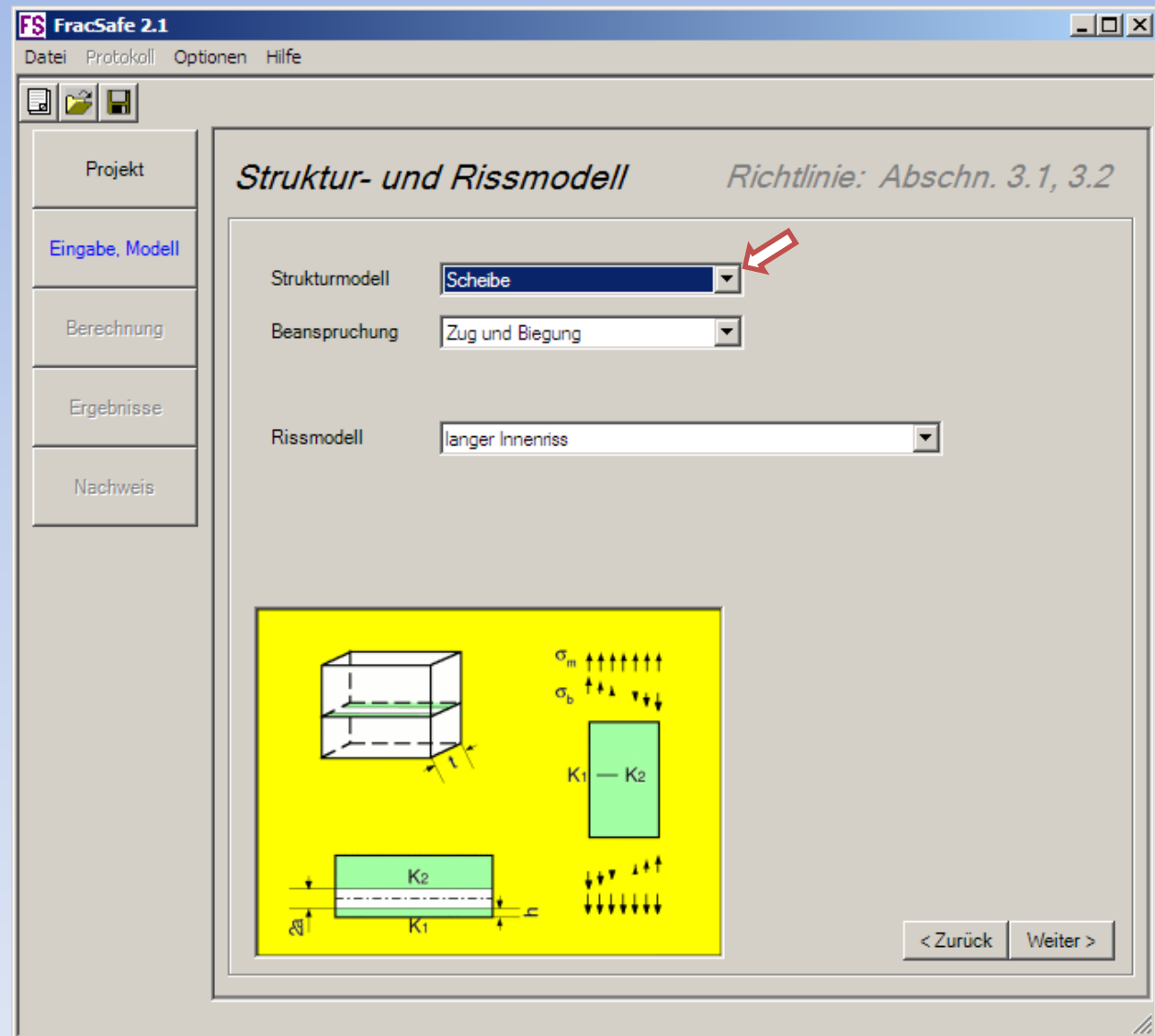
zyklische Beanspruchung:

 Weiter >

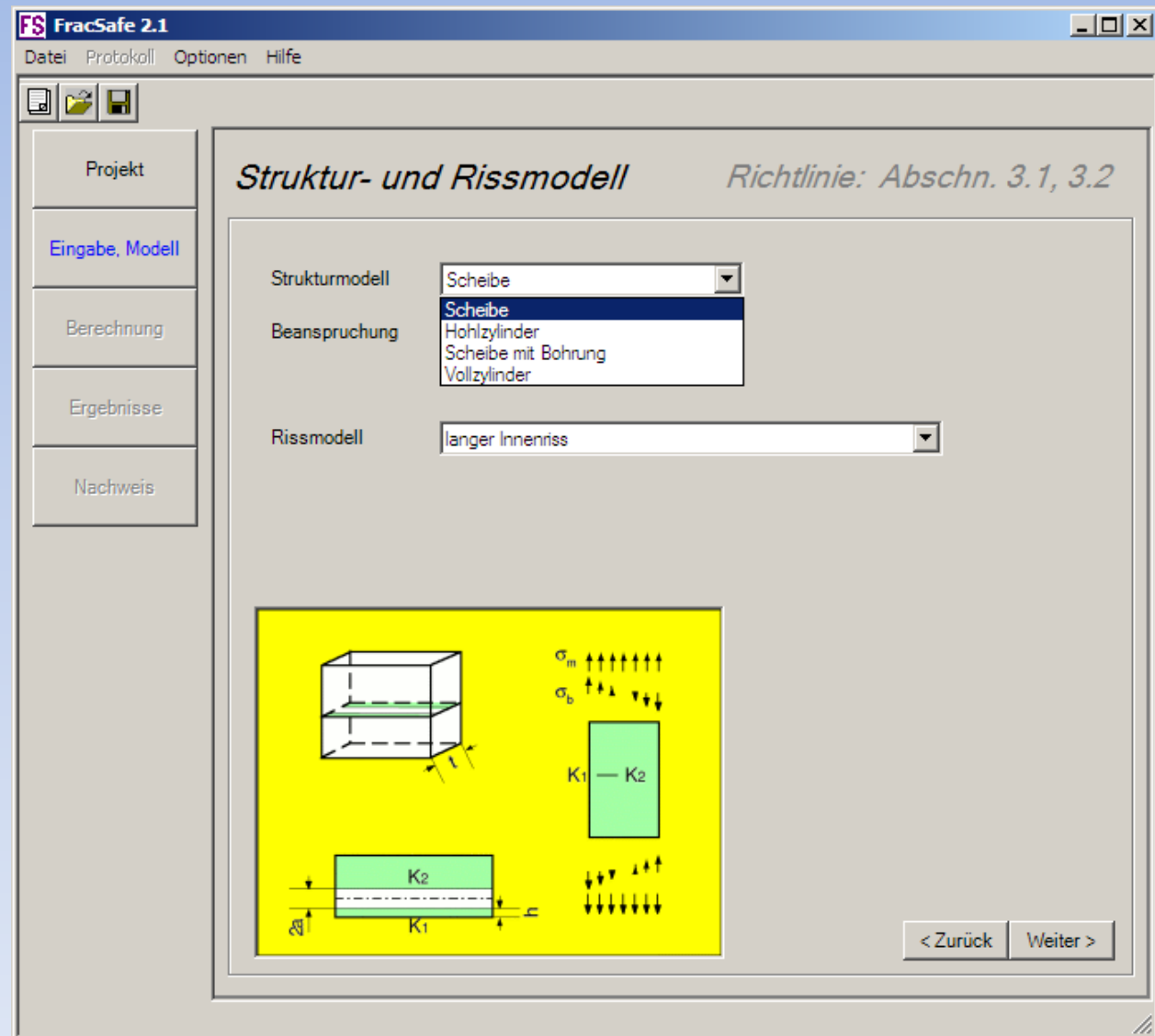
Struktur- und Rissmodell



Strukturmodell






Strukturmodell



Strukturmodell – Belastungsart

FS FracSafe 2.1 — □ ×

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

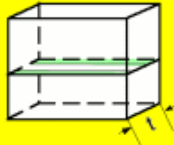
Nachweis

Struktur- und Rissmodell *Richtlinie: Abschn. 3.1, 3.2*

Strukturmodell

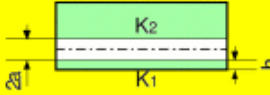
Beanspruchung

Rissmodell



σ_m ↑↑↑↑↑↑
 σ_b ↓↓

$K_1 - K_2$



σ_m ↑↑↑↑↑↑
 σ_b ↓↓

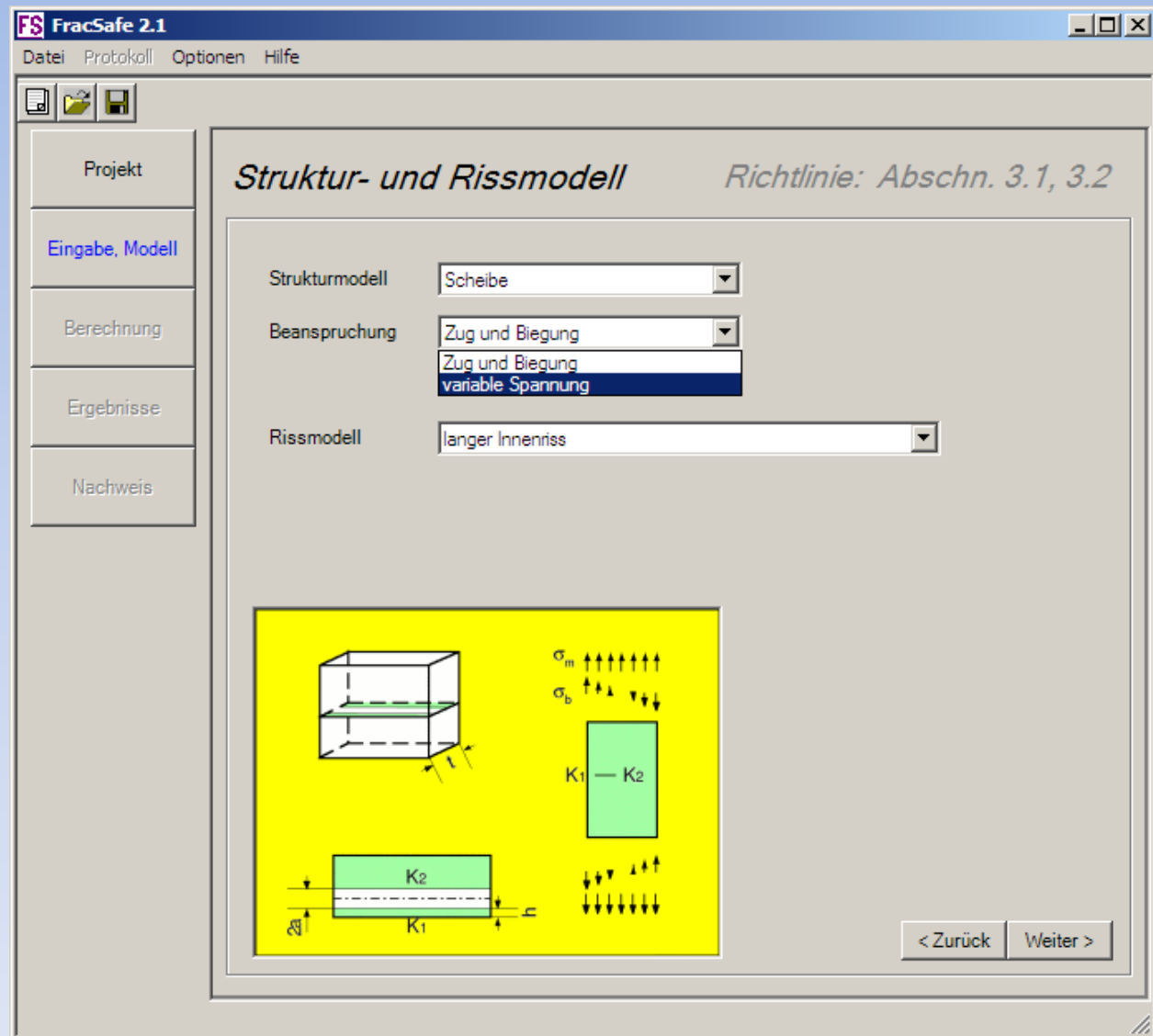
K_2
 K_1

σ_m ↑↑↑↑↑↑
 σ_b ↓↓

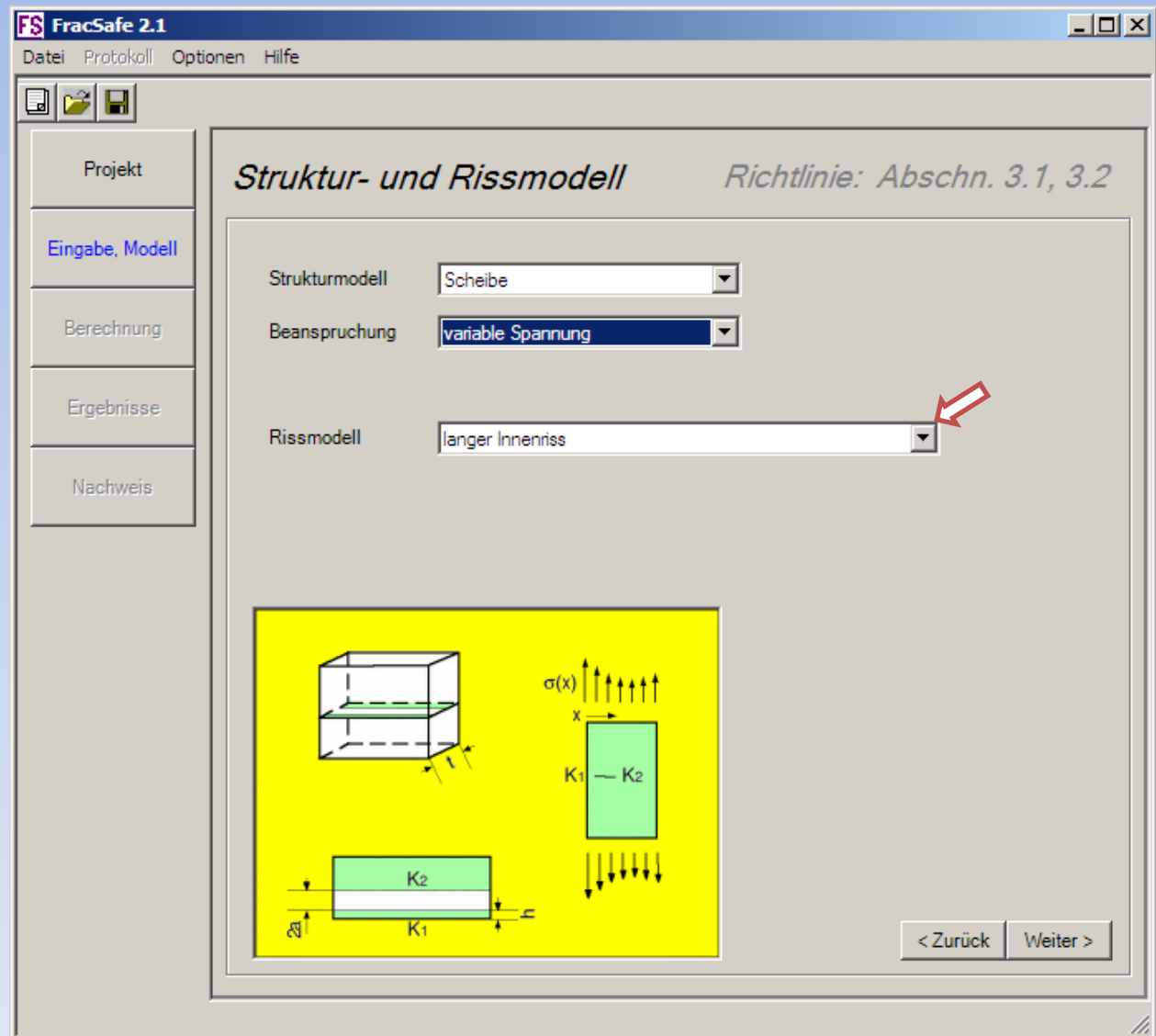
K_2
 K_1

< Zurück Weiter >

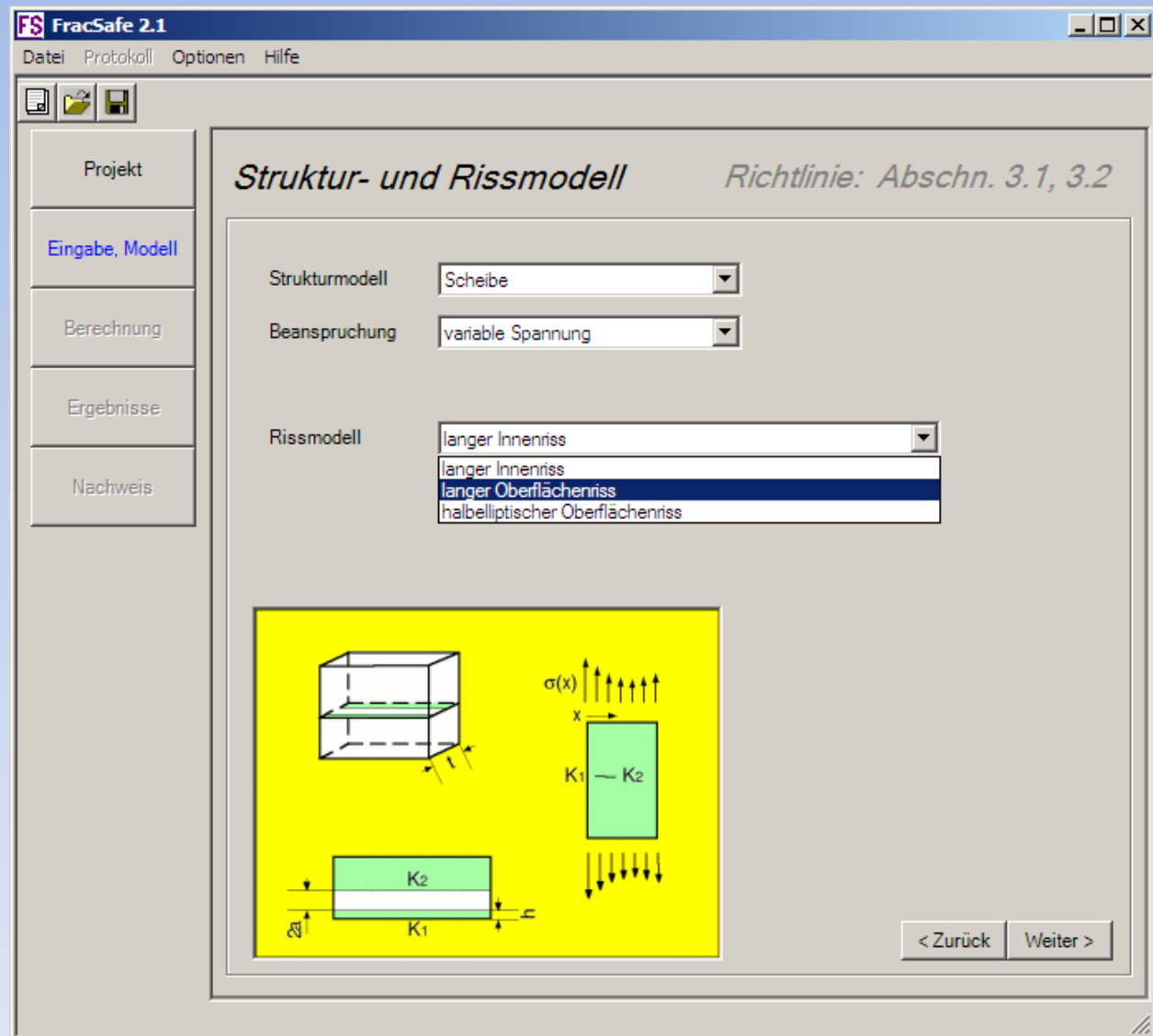
Strukturmodell – Belastungsart



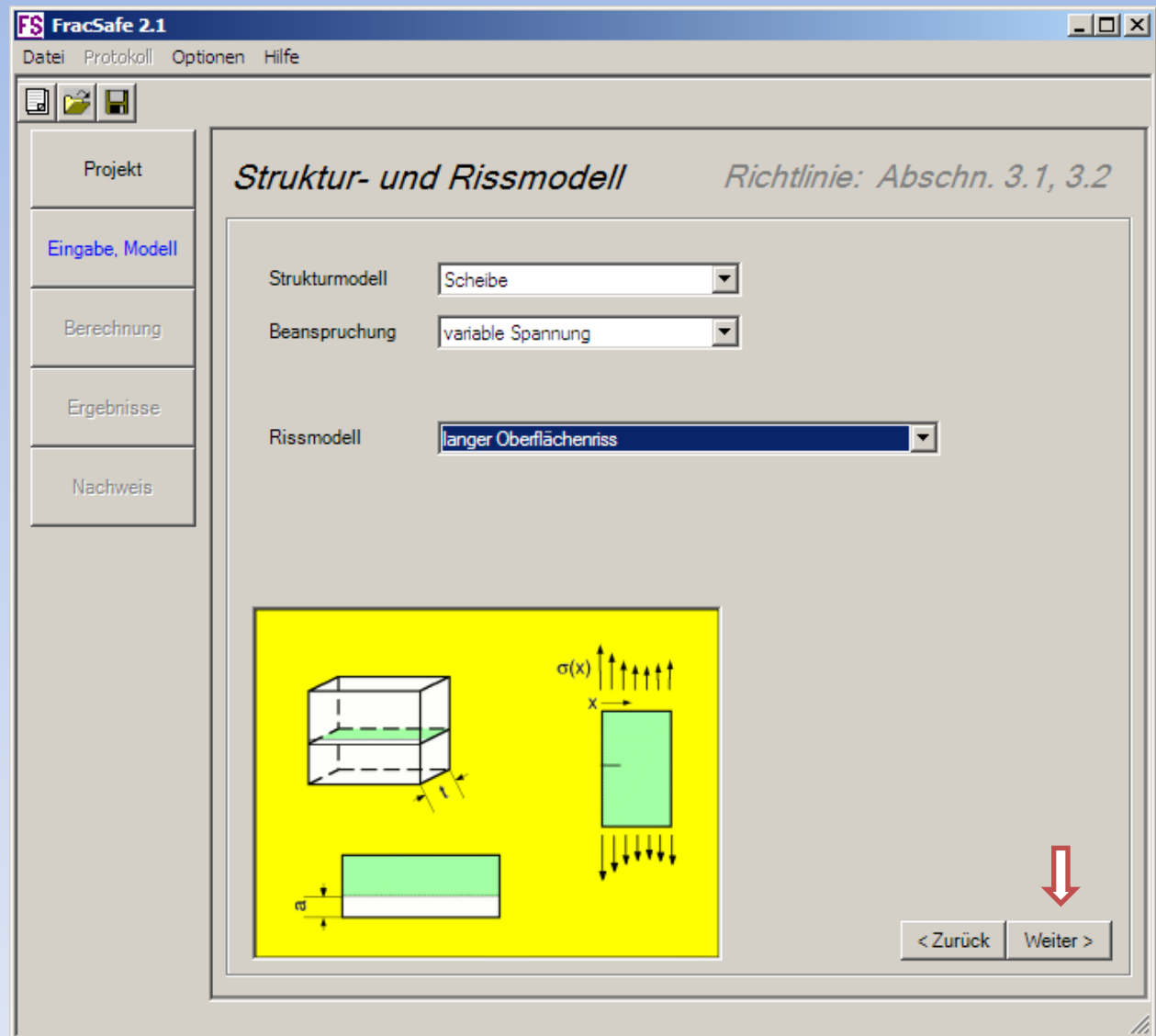
Rissmodell



Rissmodell



Struktur- und Rissmodell



Bauteilabmessungen und Rissgröße

FS FracSafe 2.1 [-] [□] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

📄 📁 💾

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

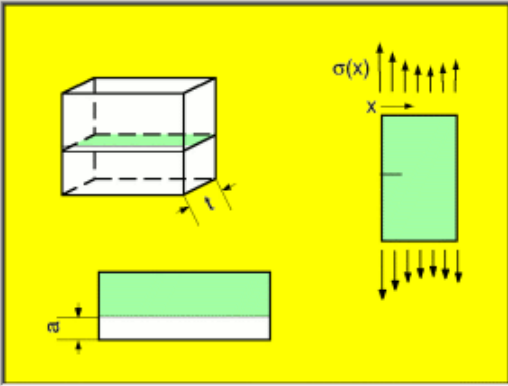
Geometrie

Richtlinie: Abschn. 2.1, 3.1, 3.2

Scheibendicke t [mm]

Anfangsrisstiefe a [mm]

Endrisstiefe a [mm]



$\sigma(x)$

x

a




t

< Zurück Weiter >

Bauteilabmessungen und Rissgröße

FS FracSafe 2.1 [-] [□] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

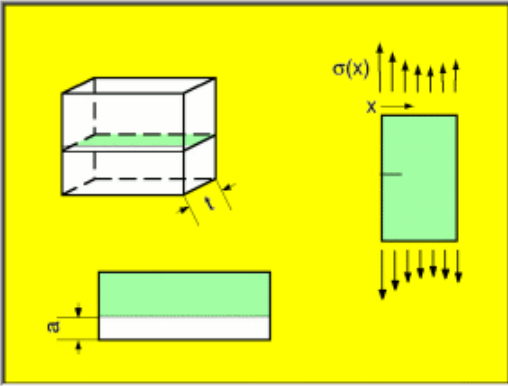
Geometrie

Richtlinie: Abschn. 2.1, 3.1, 3.2

Scheibendicke t [mm]

Anfangsrisstiefe a [mm]

Endrisstiefe a [mm]






< Zurück Weiter >

Bauteilabmessungen und Rissgröße

FS FracSafe 2.1 [-] [□] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

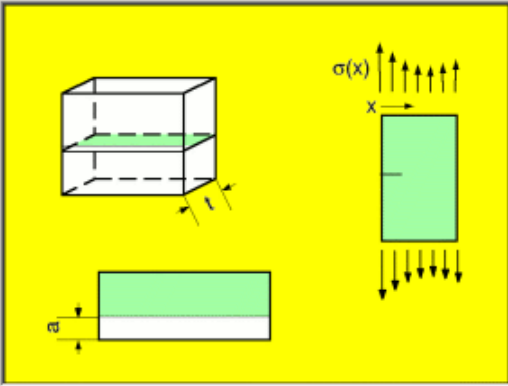
Nachweis

Geometrie

Richtlinie: Abschn. 2.1, 3.1, 3.2

Scheibendicke t [mm] Anfangsrisstiefe a [mm]

Endrisstiefe a [mm]



$\sigma(x)$

x




a

< Zurück Weiter >

Bauteilabmessungen und Rissgröße

FS FracSafe 2.1 [-] [□] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

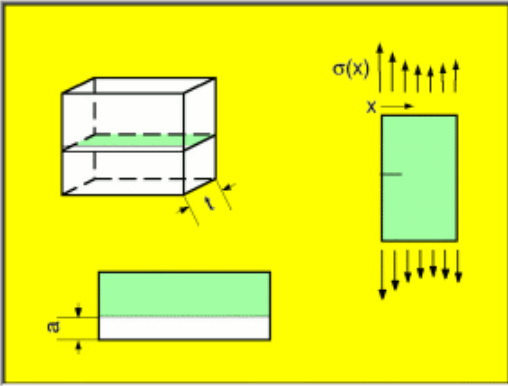
Geometrie

Richtlinie: Abschn. 2.1, 3.1, 3.2

Scheibendicke t [mm]

Anfangsrisstiefe a [mm]




Endrisstiefe a [mm]



Bauteilabmessungen und Rissgröße

FS FracSafe 2.1 [-] [] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

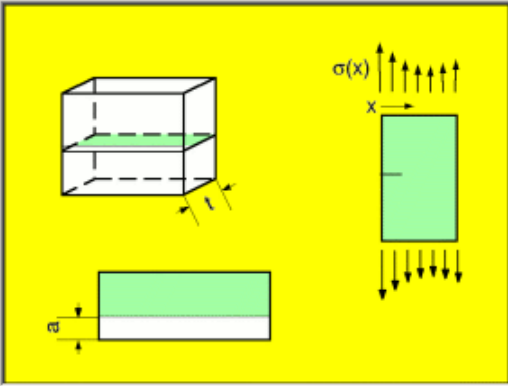
Geometrie

Richtlinie: Abschn. 2.1, 3.1, 3.2

Scheibendicke t [mm]

Anfangsrisstiefe a [mm]

Endrisstiefe a [mm]



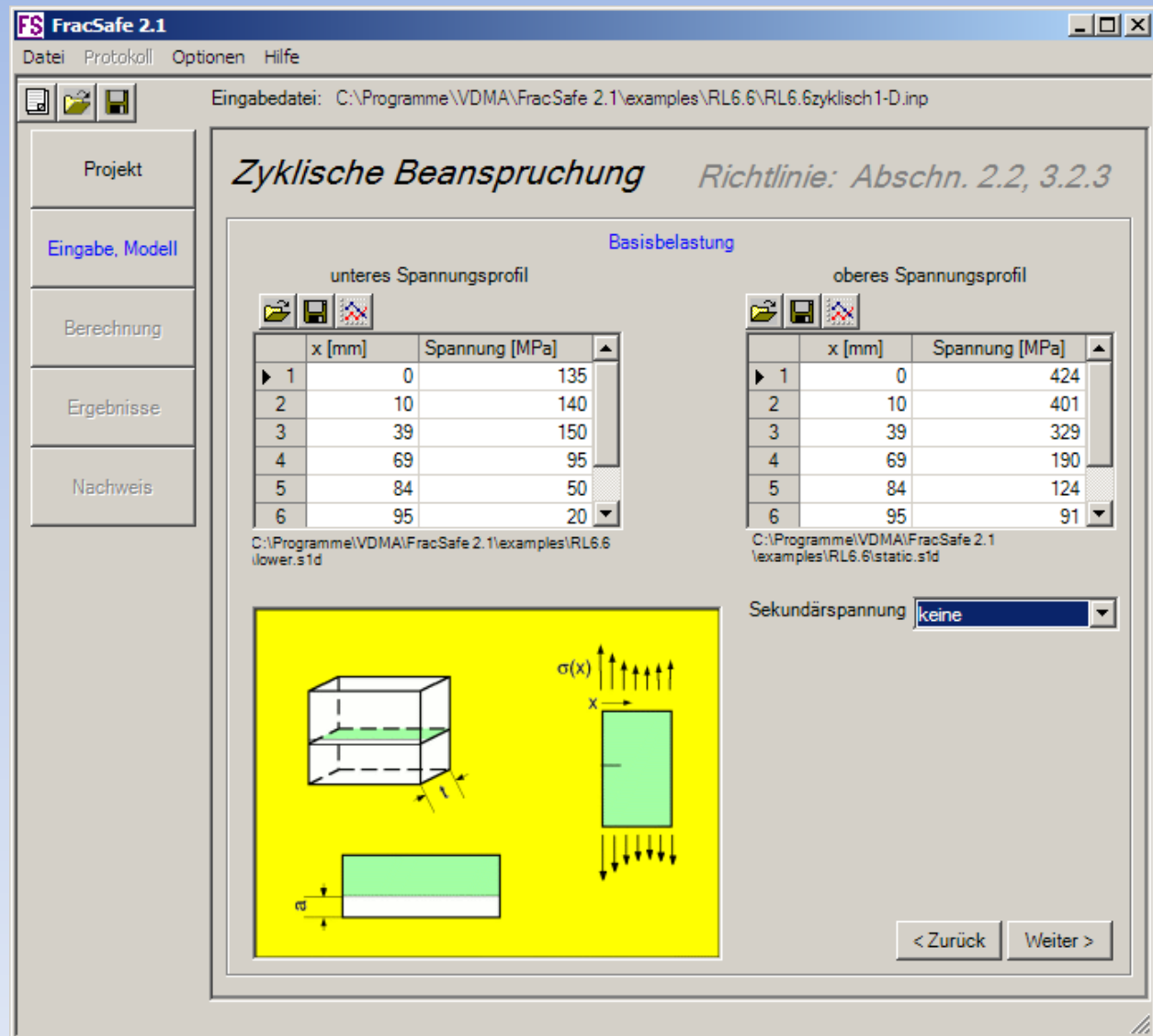
Beanspruchung

Tabellendaten

- ✓ laden
- ✓ einfügen
- ✓ eintippen
- ✓ bearbeiten

- ✓ kopieren
- ✓ speichern

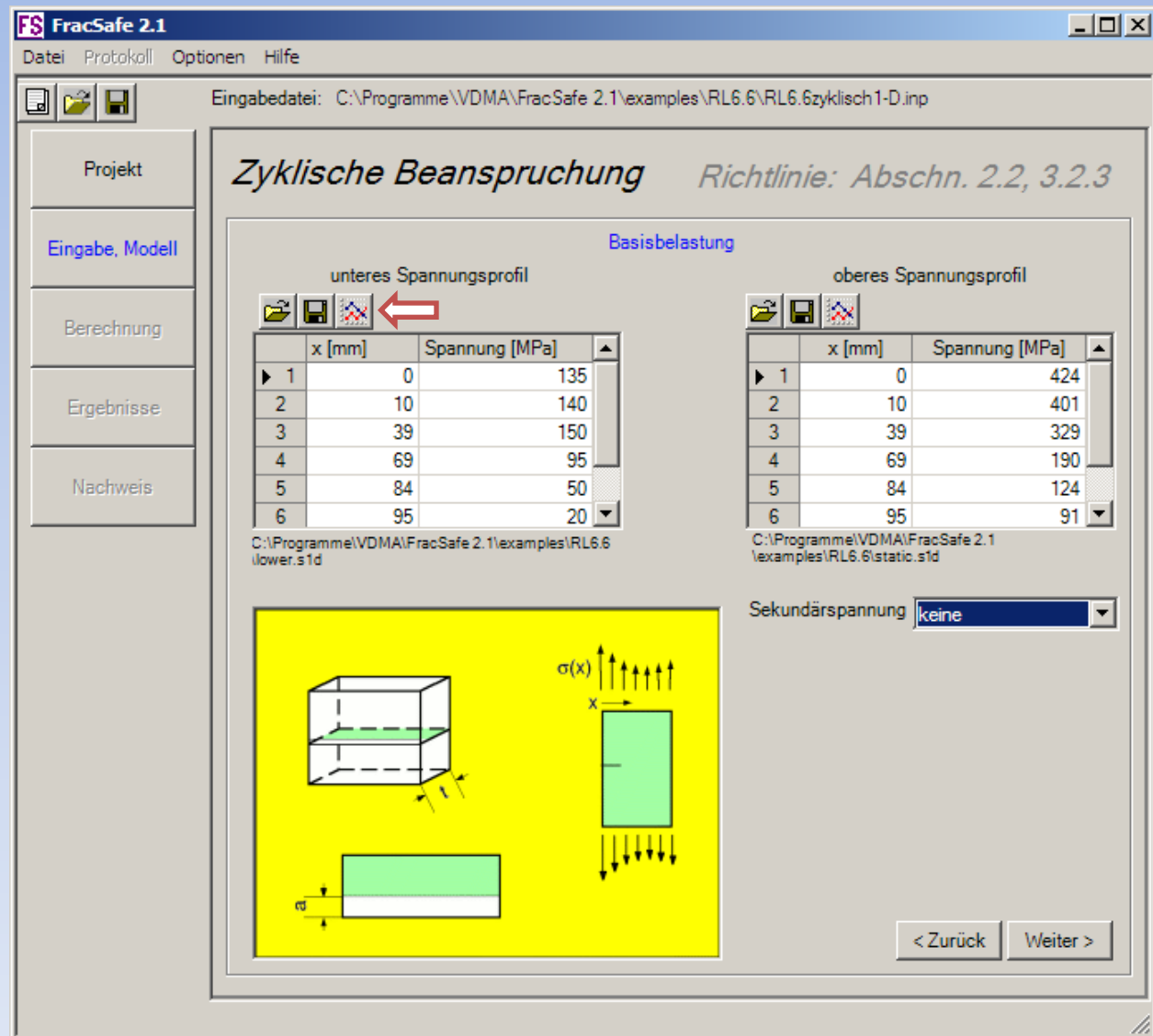
- ✓ grafisch darstellen



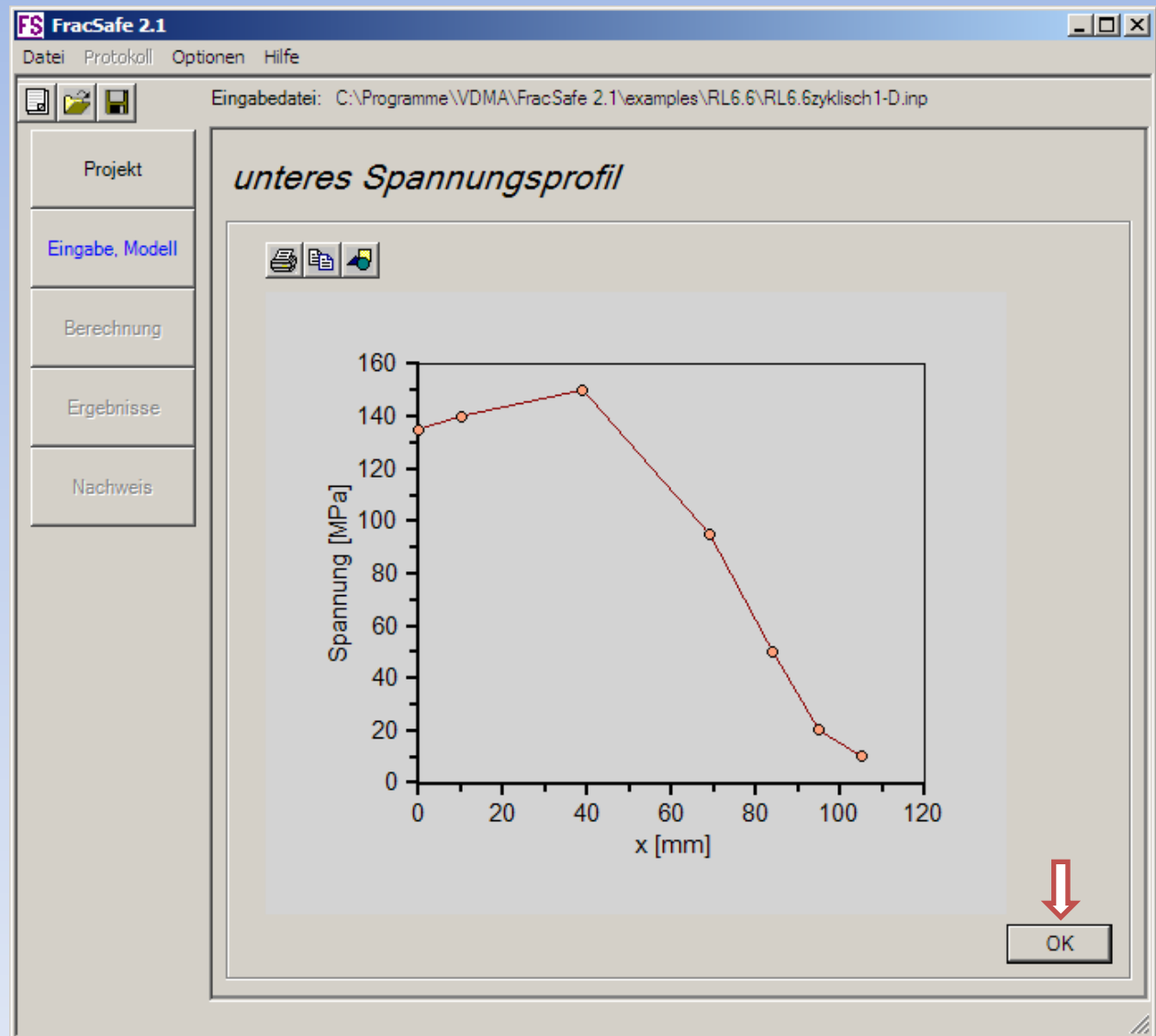
Beanspruchung

Tabellendaten

- ✓ laden
- ✓ einfügen
- ✓ eintippen
- ✓ bearbeiten
- ✓ kopieren
- ✓ speichern
- ✓ grafisch darstellen



Beanspruchung



Beanspruchung

FS FracSafe 2.1 Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Zyklische Beanspruchung *Richtlinie: Abschn. 2.2, 3.2.3*

Basisbelastung

unteres Spannungsprofil

	x [mm]	Spannung [MPa]
1	0	135
2	10	140
3	39	150
4	69	95
5	84	50
6	95	20

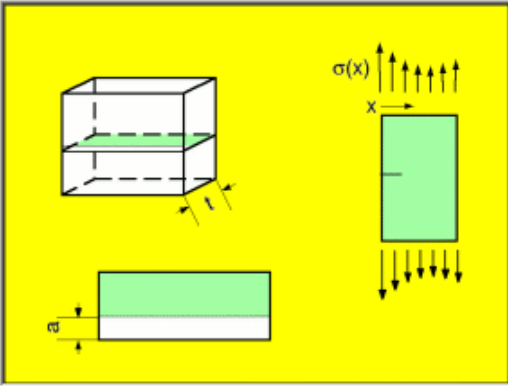
C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\lower.s1d

oberes Spannungsprofil

	x [mm]	Spannung [MPa]
1	0	424
2	10	401
3	39	329
4	69	190
5	84	124
6	95	91

C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\static.s1d

Sekundärspannung



< Zurück Weiter >

Lastkollektiv eingeben

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell




Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Beanspruchungskollektiv Richtlinie: Abschn. 2.2


Die Schwingbreiten und Mittelwerte sind auf ihre Basiswerte (Formular Zyklische Beanspruchung) normiert.

	Summenhäufigkeit (LZ)	normierte Schwingbreite [-]
▶ 1	3	1
2	17	0.896797
3	75	0.79715
4	322	0.6975
5	1387	0.5978
6	5796	0.4982
7	24563	0.39857
8	104105	0.29893

	Summenhäufigkeit (LZ)	normierter Mittelwert [-]
▶ 1	3	1
2	17	0.896797
3	75	0.79715
4	322	0.6975
5	1387	0.5978
6	5796	0.4982
7	24563	0.39857
8	104105	0.29893

C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\TWSstructure.b



Werkstoffkennwerte

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell


Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Werkstoffkennwerte

Richtlinie: Abschn. 2.3, 3.4

Rissfortschrittsrate 

$da/dN = C \cdot (\Delta K)^m$, ΔK in MPa \sqrt{m}

- da in mm, ΔK in MPa \sqrt{m}

nach Paris-Erdogan
nach Paris-Erdogan
bilineare Beschreibung
Tabelle da/dN- ΔK
nach Foman
nach Erdogan-Ratwani

Parameter der Rissfortschrittsgleichung

	R	C	m	ΔK_{th} [MPa \sqrt{m}]	Kc [MPa \sqrt{m}]
▶ 1	0	7.04E-09	2.88	8.2	136
*					

C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\Example6-6.ogr

< Zurück Weiter >

Werkstoffkennwerte

FS FracSafe 2.1 [-] [] [X]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Werkstoffkennwerte *Richtlinie: Abschn. 2.3, 3.4*

Rissfortschrittsrate nach Paris-Erdogan

$da/dN = C \cdot (\Delta K)^m$, $\Delta K_{th} < \Delta K < K_{Ic} \cdot (1-R)$

- da in mm, ΔK in $MPa\sqrt{m}$ -

Parameter der Rissfortschrittsgleichung

	R	C	m	ΔK_{th} [$MPa\sqrt{m}$]	K_{Ic} [$MPa\sqrt{m}$]
▶ 1	0	7.04E-09	2.88	8.2	136
*					




C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\Example6-6.ogr

< Zurück Weiter >

Werkstoffkennwerte

FS FracSafe 2.1 _ □ ×

Datei Protokoll Optionen Hilfe

   Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis




Werkstoffkennwerte Richtlinie: Abschn. 2.3, 3.4

Rissfortschrittsrate nach Paris-Erdogan

$da/dN = C \cdot (\Delta K)^m$, $\Delta K_{th} < \Delta K < K_{Ic} \cdot (1-R)$


- da in mm, ΔK in $MPa\sqrt{m}$ -

Parameter der Rissfortschrittsgleichung

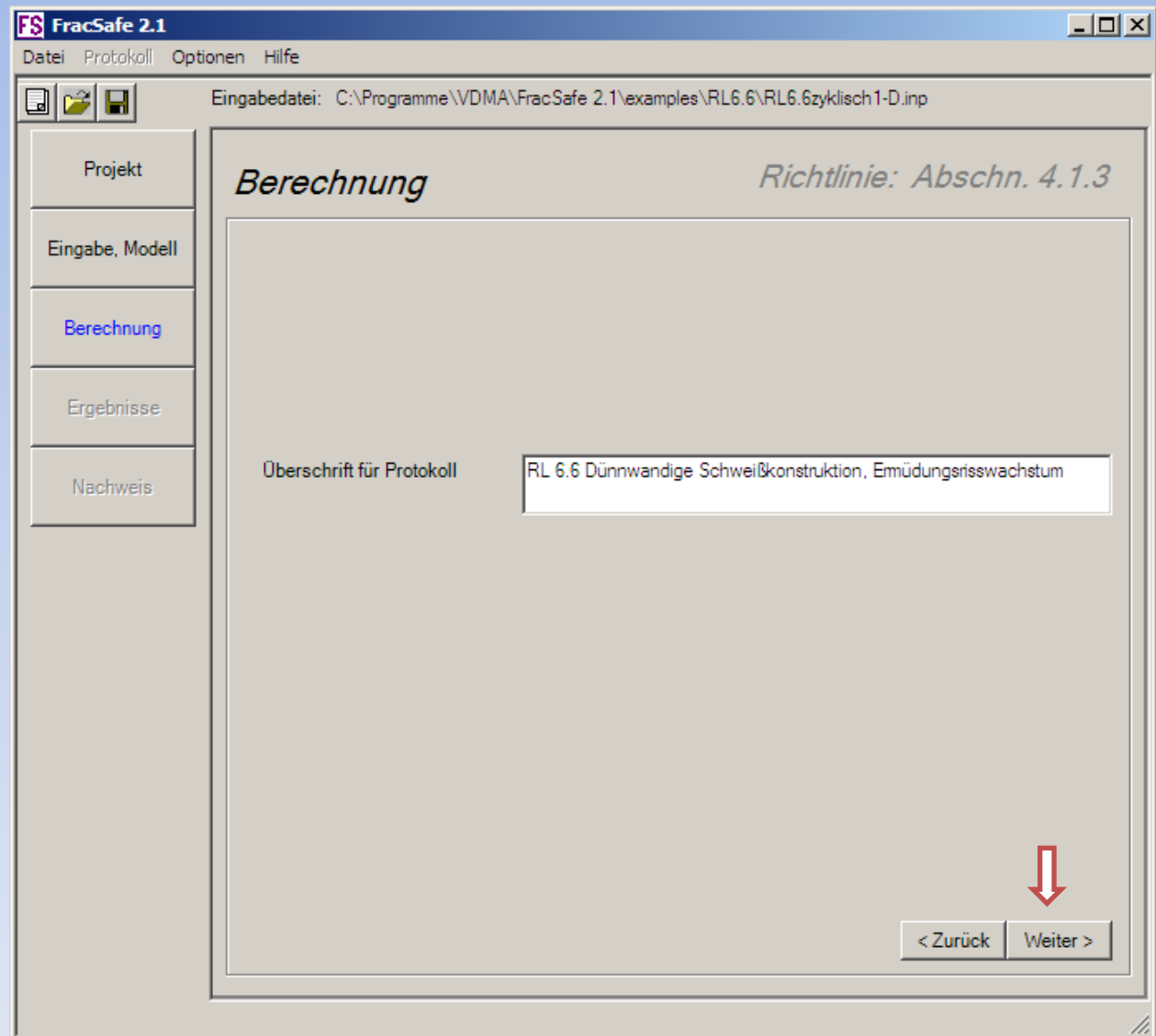
  

	R	C	m	ΔK_{th} [$MPa\sqrt{m}$]	K_{Ic} [$MPa\sqrt{m}$]
▶ 1	0	7.04E-09	2.88	8.2	136
*					

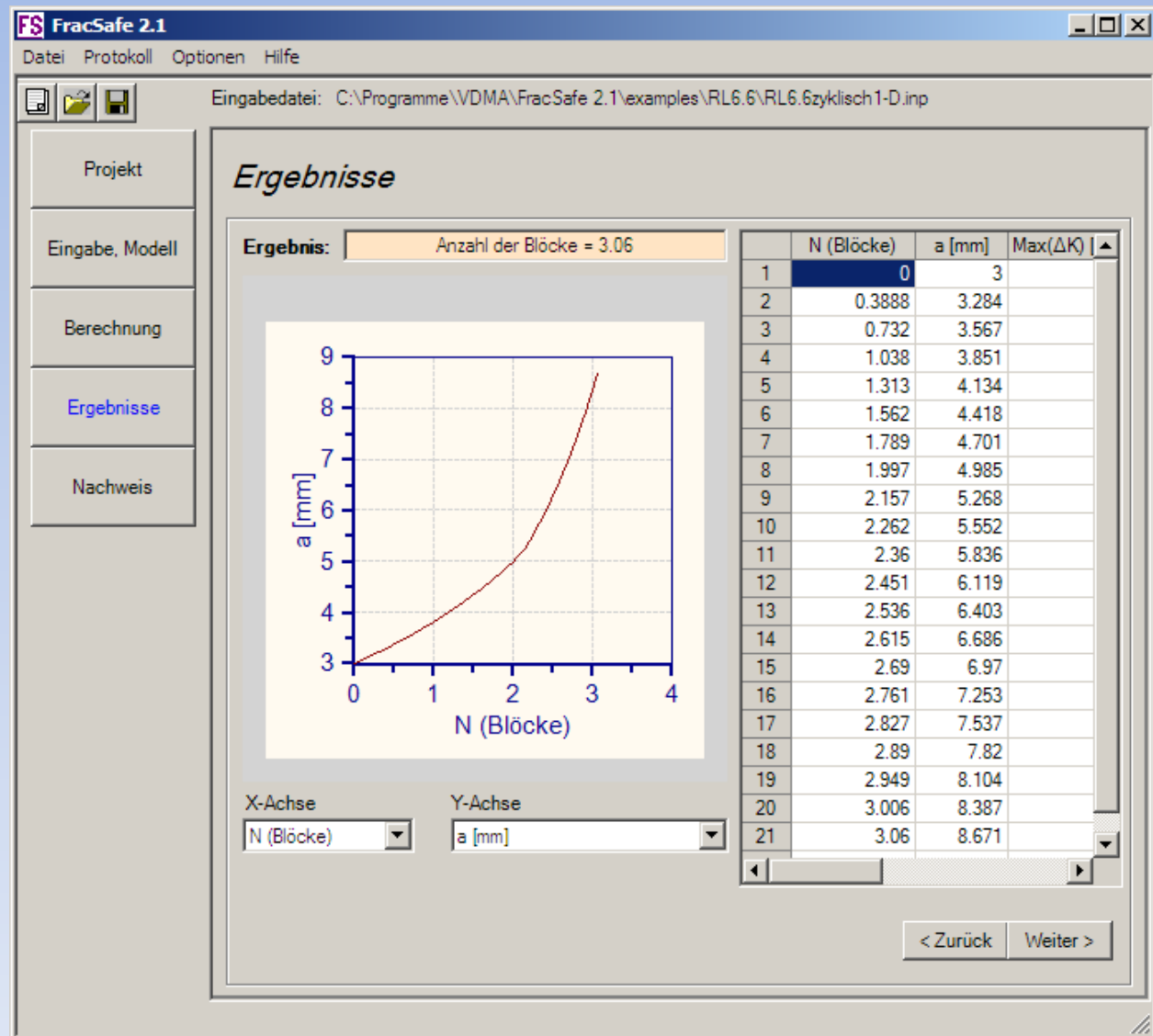
C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\Example6-6.ogr


< Zurück Weiter >

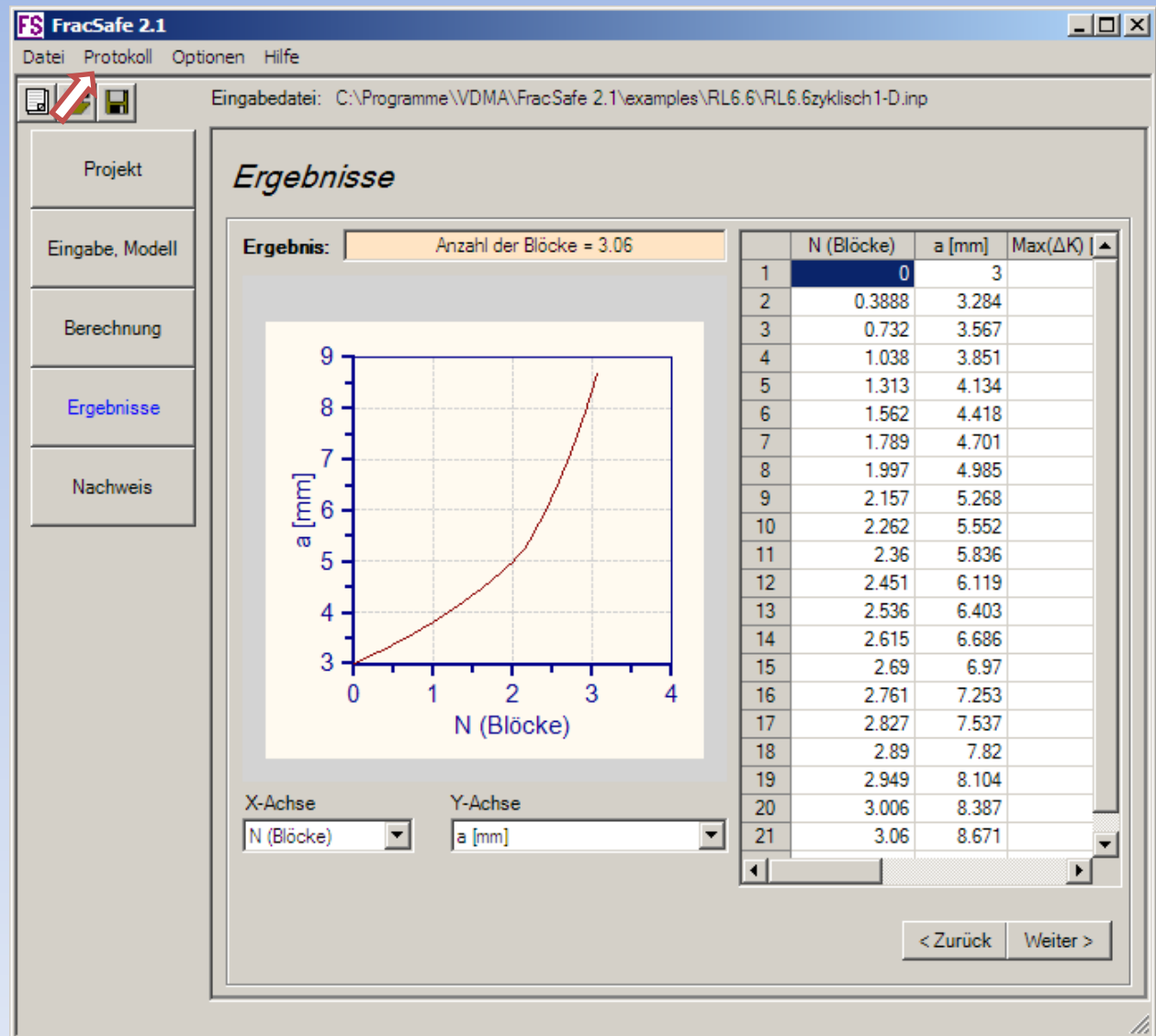
Berechnungen starten



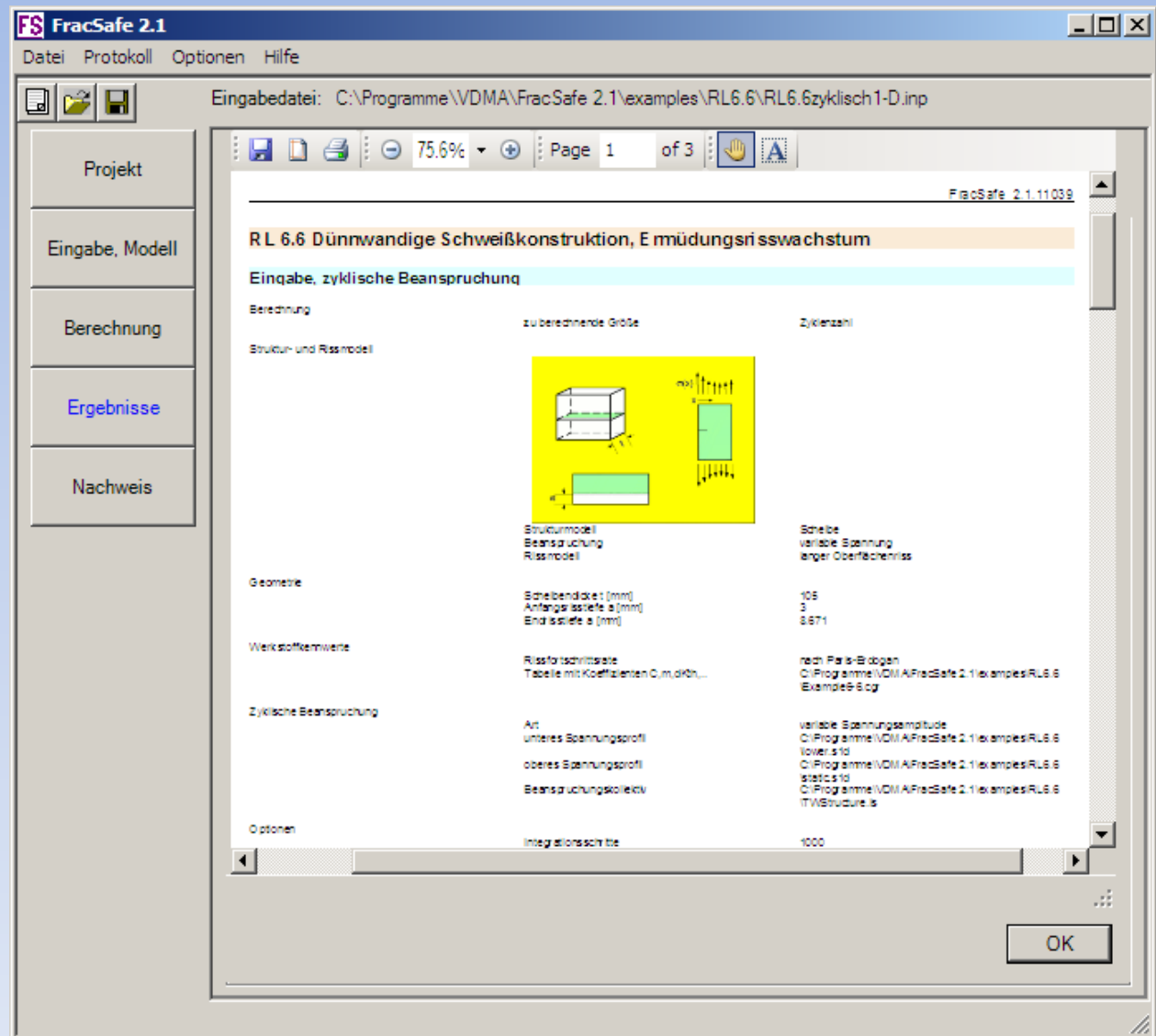
Ergebnisse



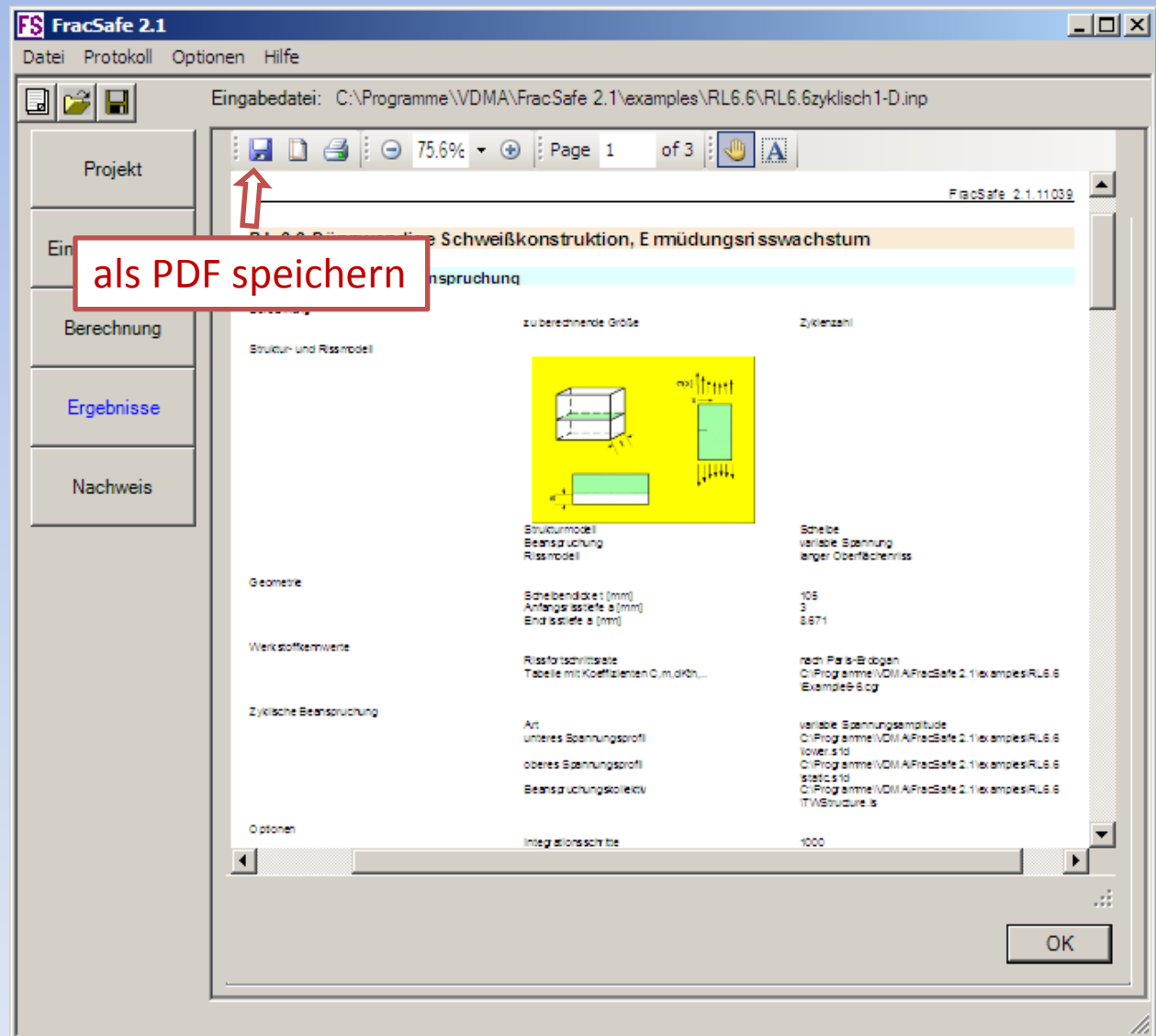
Protokoll erstellen



Protokoll



Protokoll



Protokoll als PDF

Beispiel.pdf - Adobe Reader

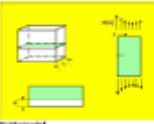
Datei Bearbeiten Anzeige Dokument Werkzeuge Fenster Hilfe

1 / 3 42,4% Suchen

FreiSoft 2.1.11039

RL 8.8 Dünnwandige Schweißkonstruktion, Ermüdungsrisikowachstum

Eingabe, zyklische Beanspruchung

Berechnung	zu berechnende Größe	Zykluszahl
Struktur- und Rheomodel		
Geometrie	Strukturmodell Beanspruchung Rheomodel	Schelle variable Spannung lange Drucklasten
Geometrie	Schweißnaht t [mm] Anfangswerte a [mm] Endwerte e [mm]	100 3 8,871
Werkstoffkennwerte	Kleinfestigkeit Tabelle mit Kennwerten C, u, R _{0.2} , ...	nach Parteifolien C: Programmier/DAN/Fachle 2: Tensar/pep/PL 8 Werkstofftyp
Zyklische Beanspruchung	Art unten Spannungsprüf oben Spannungsprüf Beanspruchungsbedr	variable Spannungsprüf C: Programmier/DAN/Fachle 2: Tensar/pep/PL 8 oben a10 C: Programmier/DAN/Fachle 2: Tensar/pep/PL 8 oben a10 C: Programmier/DAN/Fachle 2: Tensar/pep/PL 8 Tabelle u
Optionen	Integrationsschritte definiert Integration für verschiedene R-Werte	1000 Mittelwert

Ergebnisse

Anzahl der Blöcke = 3.06

Seite 1 von 3

Protokoll als PDF

Beispiel.pdf - Adobe Reader
□ □ ×

Datei Bearbeiten Anzeige Dokument Werkzeuge Fenster Hilfe
×

2 / 3

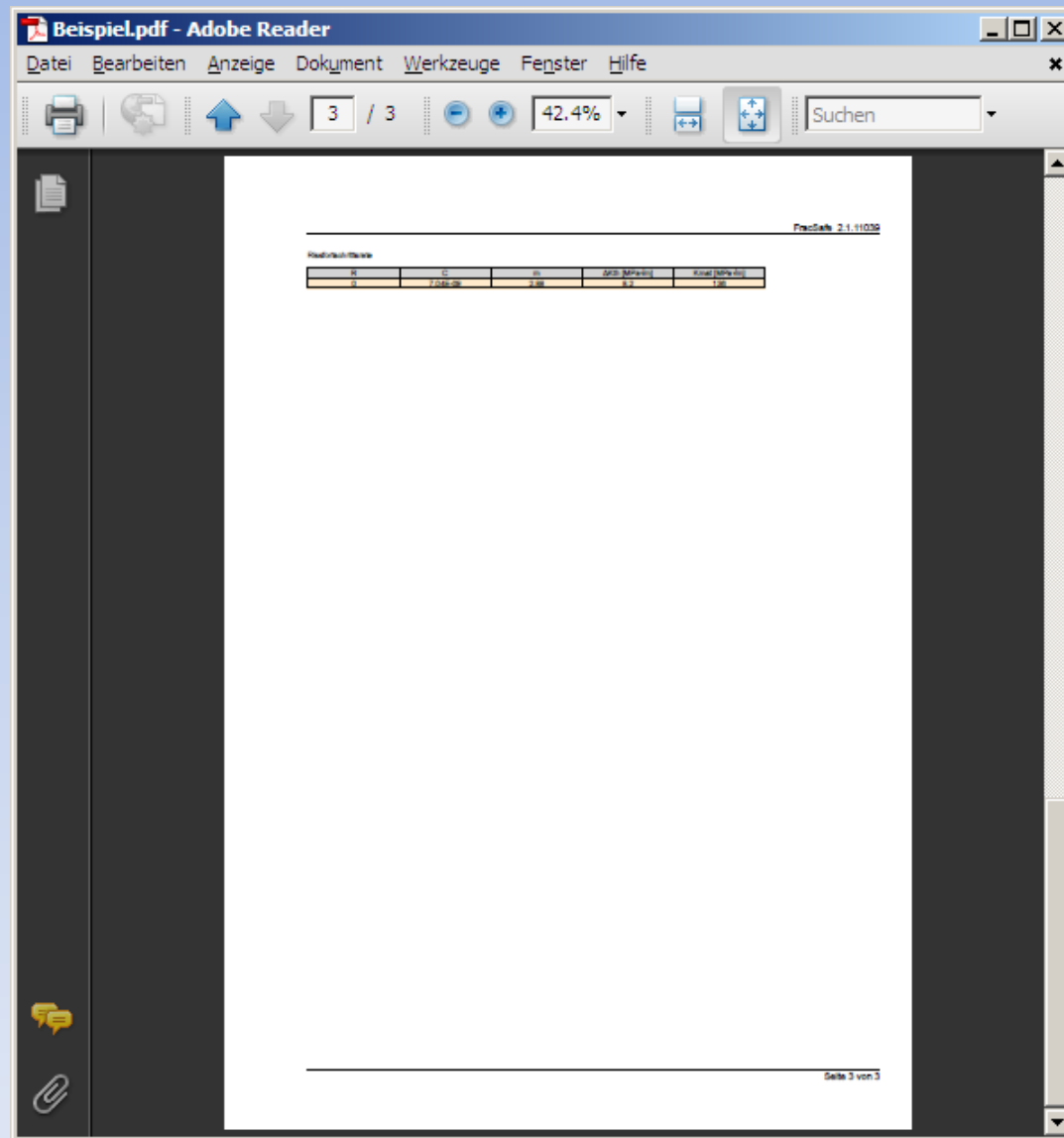
42.4%

Suchen

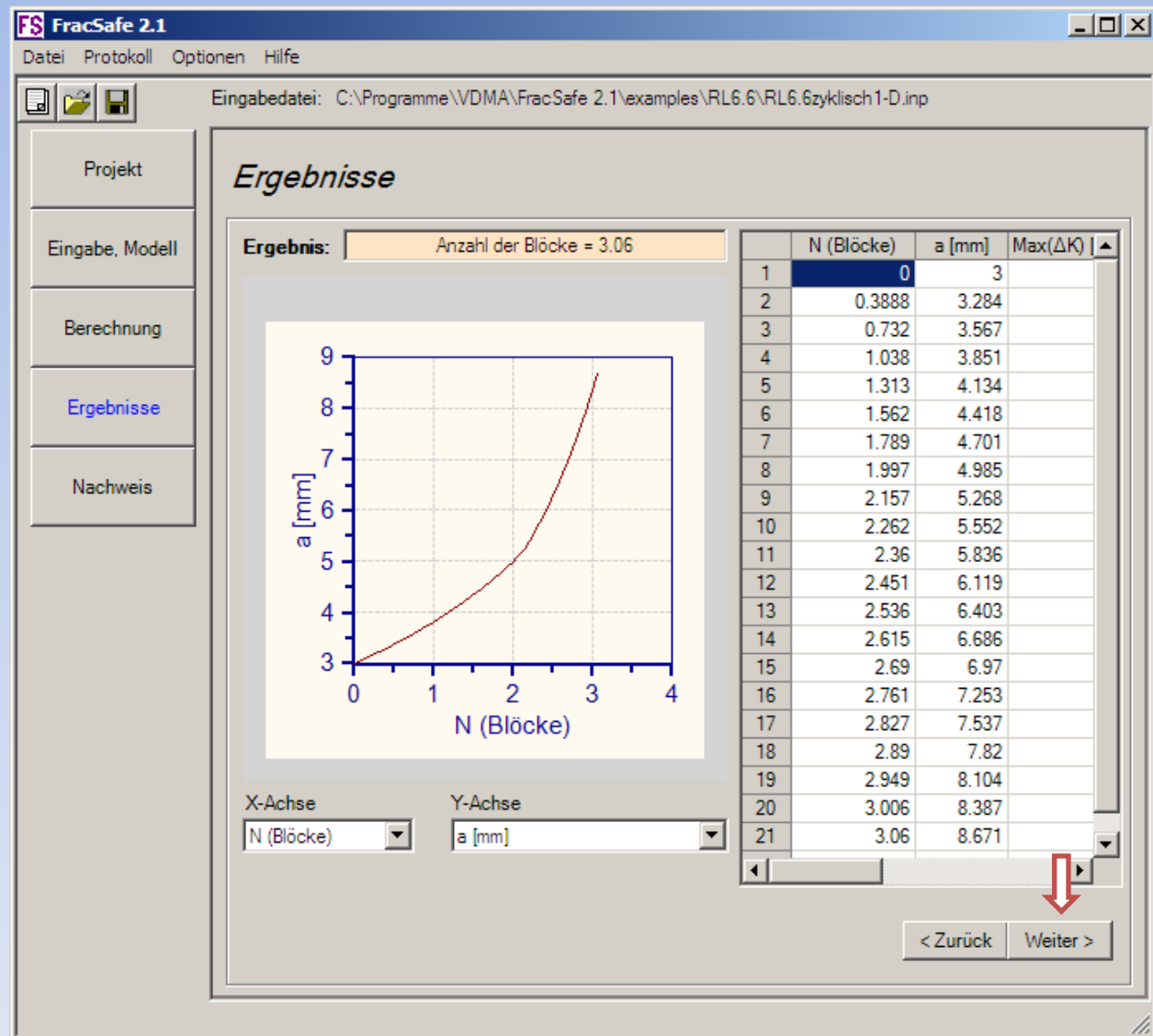
FreiDate 2.1.11039

U (Vpp)	a (ppm)	Maximaler Defizit	Defizit	Maximaler
0.0000	0	21.4	0.000	
0.0000	0.0004	20.85	0.000	
0.0000	0.0007	19.89	0.000	
0.0000	0.0011	18.51	0.000	
0.0000	0.0014	16.89	0.000	
0.0000	0.0018	15.11	0.000	
0.0000	0.0021	13.24	0.000	
0.0000	0.0025	11.29	0.000	
0.0000	0.0029	9.29	0.000	
0.0000	0.0033	7.24	0.000	
0.0000	0.0037	5.16	0.000	
0.0000	0.0041	3.06	0.000	
0.0000	0.0045	0.94	0.000	
0.0000	0.0049	-1.20	0.000	
0.0000	0.0053	-3.29	0.000	
0.0000	0.0057	-5.31	0.000	
0.0000	0.0061	-7.24	0.000	
0.0000	0.0065	-9.09	0.000	
0.0000	0.0069	-10.86	0.000	
0.0000	0.0073	-12.56	0.000	
0.0000	0.0077	-14.19	0.000	
0.0000	0.0081	-15.74	0.000	
0.0000	0.0085	-17.21	0.000	
0.0000	0.0089	-18.61	0.000	
0.0000	0.0093	-19.94	0.000	
0.0000	0.0097	-21.20	0.000	
0.0000	0.0101	-22.40	0.000	
0.0000	0.0105	-23.54	0.000	
0.0000	0.0109	-24.62	0.000	
0.0000	0.0113	-25.64	0.000	
0.0000	0.0117	-26.61	0.000	
0.0000	0.0121	-27.53	0.000	
0.0000	0.0125	-28.40	0.000	
0.0000	0.0129	-29.22	0.000	
0.0000	0.0133	-30.00	0.000	
0.0000	0.0137	-30.73	0.000	
0.0000	0.0141	-31.41	0.000	
0.0000	0.0145	-32.04	0.000	
0.0000	0.0149	-32.62	0.000	
0.0000	0.0153	-33.15	0.000	
0.0000	0.0157	-33.63	0.000	
0.0000	0.0161	-34.06	0.000	
0.0000	0.0165	-34.44	0.000	
0.0000	0.0169	-34.77	0.000	
0.0000	0.0173	-35.05	0.000	
0.0000	0.0177	-35.28	0.000	
0.0000	0.0181	-35.46	0.000	
0.0000	0.0185	-35.59	0.000	
0.0000	0.0189	-35.67	0.000	
0.0000	0.0193	-35.70	0.000	
0.0000	0.0197	-35.68	0.000	
0.0000	0.0201	-35.61	0.000	
0.0000	0.0205	-35.50	0.000	
0.0000	0.0209	-35.35	0.000	
0.0000	0.0213	-35.16	0.000	
0.0000	0.0217	-34.93	0.000	
0.0000	0.0221	-34.66	0.000	
0.0000	0.0225	-34.35	0.000	
0.0000	0.0229	-34.00	0.000	
0.0000	0.0233	-33.62	0.000	
0.0000	0.0237	-33.20	0.000	
0.0000	0.0241	-32.75	0.000	
0.0000	0.0245	-32.27	0.000	
0.0000	0.0249	-31.76	0.000	
0.0000	0.0253	-31.22	0.000	
0.0000	0.0257	-30.65	0.000	
0.0000	0.0261	-30.05	0.000	
0.00				

Protokoll als PDF



Ansicht Ergebnisse



Weiteres Vorgehen

Nachweis

- ✓ Parameterstudie zum aktuellen Fall

oder

- ✓ weitere Einzelberechnungen

FS FracSafe 2.1

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6zyklisch1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Nachweis

Richtlinie: Kapitel 5

Berechnungen für Nachweis

☒ Parameterstudie

Andere Berechnungen

☐ weitere Einzelberechnung

Parameter

Anfangsrisstiefe a [mm]

Anfangsrisstiefe a [mm]

Endrisstiefe a [mm]

Scheibendicke t [mm]

Maximum

Schritte

< Zurück Weiter >

Bewertung bei statischer Beanspruchung

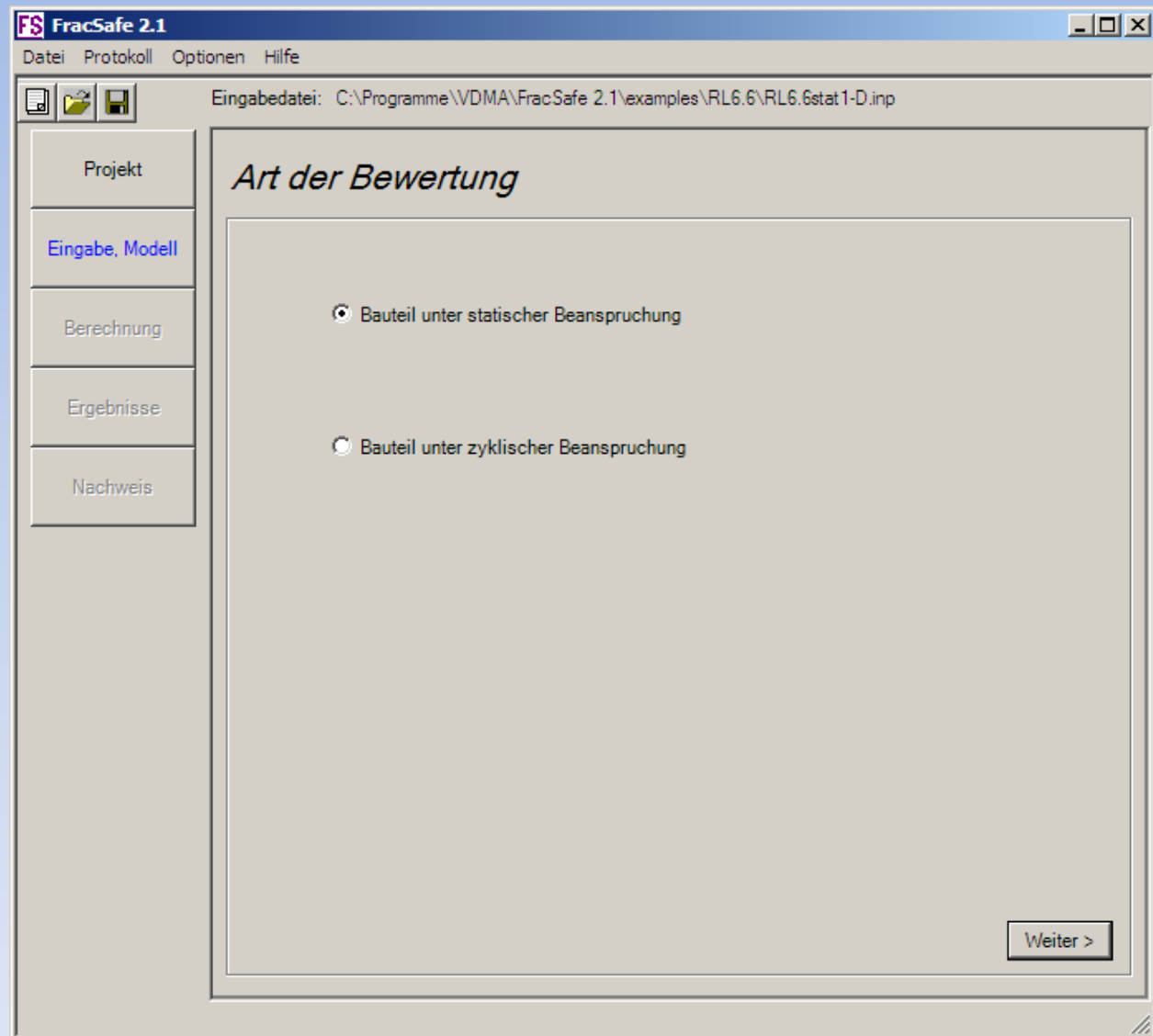
Eingabe analog zu
zyklischer
Beanspruchung

Beispielhaft werden
gezeigt

✓ Eingabe von
Werkstoffdaten

sowie

✓ Ergebnisdarstellung



Werkstoffkennwerte

FS FracSafe 2.1 [Minimiere] [Maximiere] [Schließe]

Datei Protokoll Optionen Hilfe

Eingabedatei: C:\Programme\VDMA\FracSafe 2.1\examples\RL6.6\RL6.6stat1-D.inp

Projekt

Eingabe, Modell

Berechnung

Ergebnisse

Nachweis

Werkstoffkennwerte *Richtlinie: Abschn. 2.3, 3.4*

Mechanisch-technologische Eigenschaften

Fließverhalten **ausgeprägte Streckgrenze**

Fließgrenze Re [MPa]

Zugfestigkeit Rm [MPa]

Elastizitätsmodul E [GPa]

Querkontraktionszahl ν

☐ Spannungs-Dehnungskurve vorhanden

Bruchmechanische Eigenschaften

Risszähigkeit Kmat [MPa \sqrt{m}]

J-R-Kurve

☒ Nicht vorhanden

☐ Tabelle

☐ Parameter der Potenzfunktion

< Zurück Weiter >

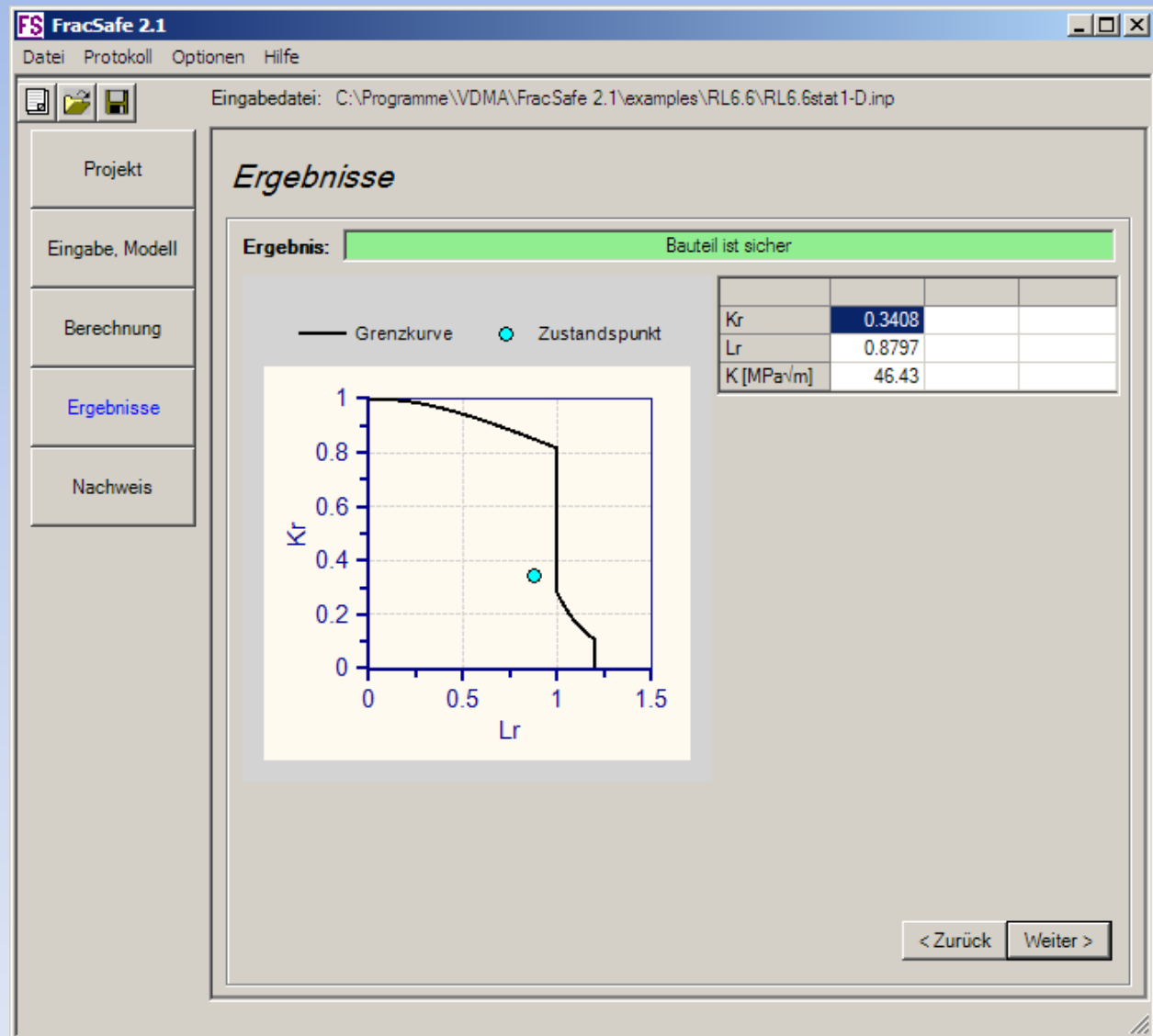
Ergebnisse

Nachweis:
weitere Schritte

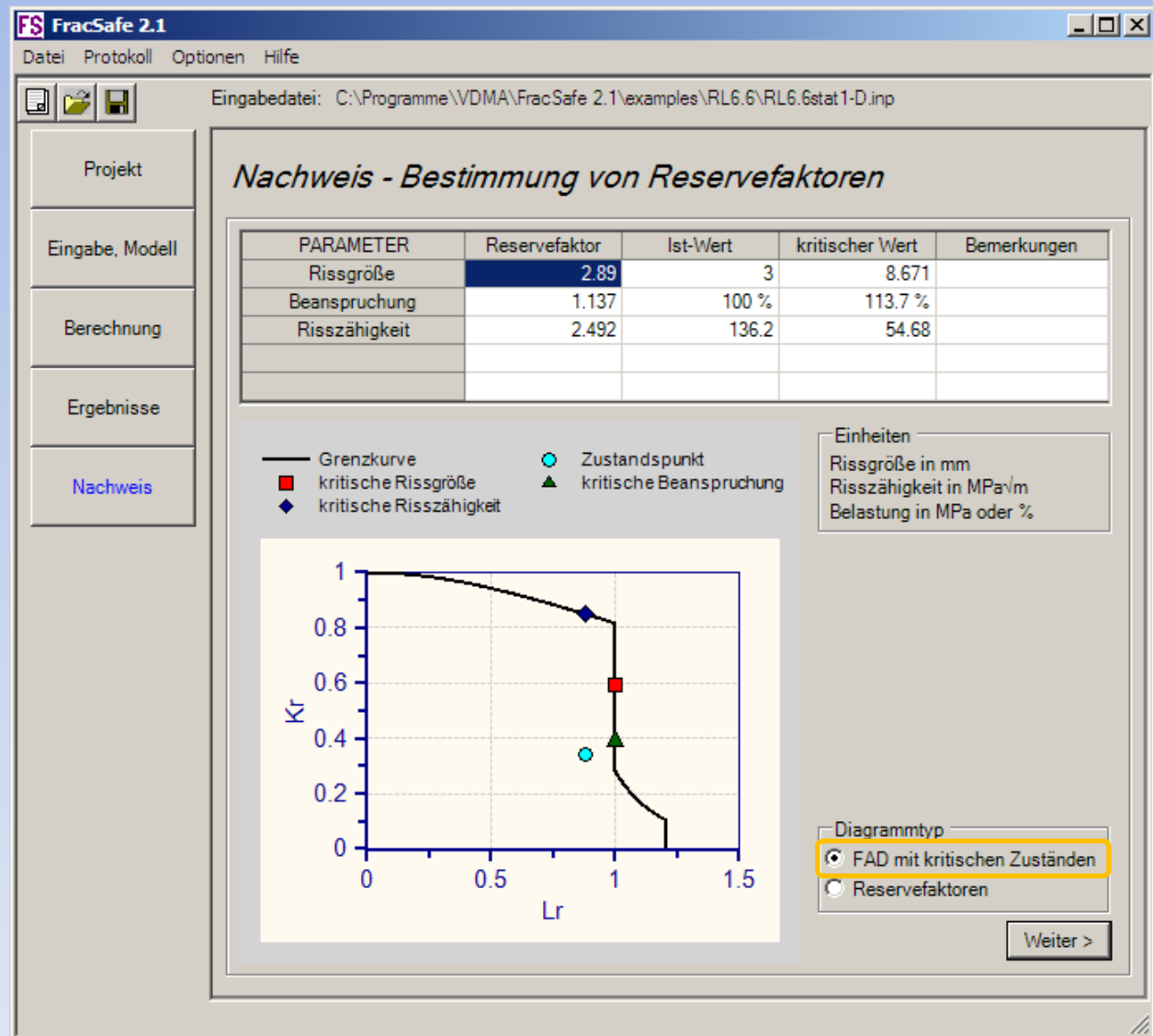
✓ Parameterstudie

oder

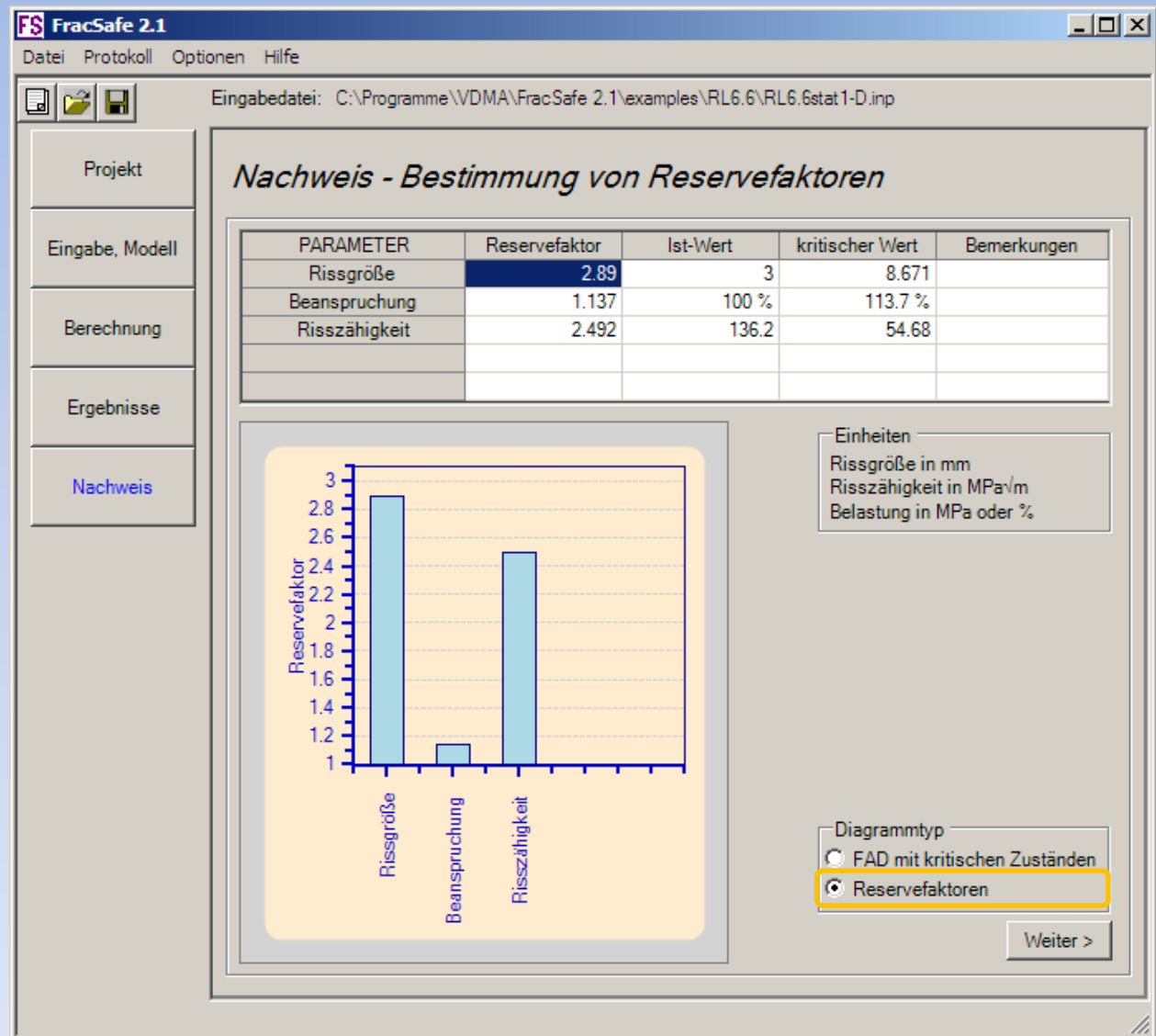
✓ Bestimmung von
Reservefaktoren



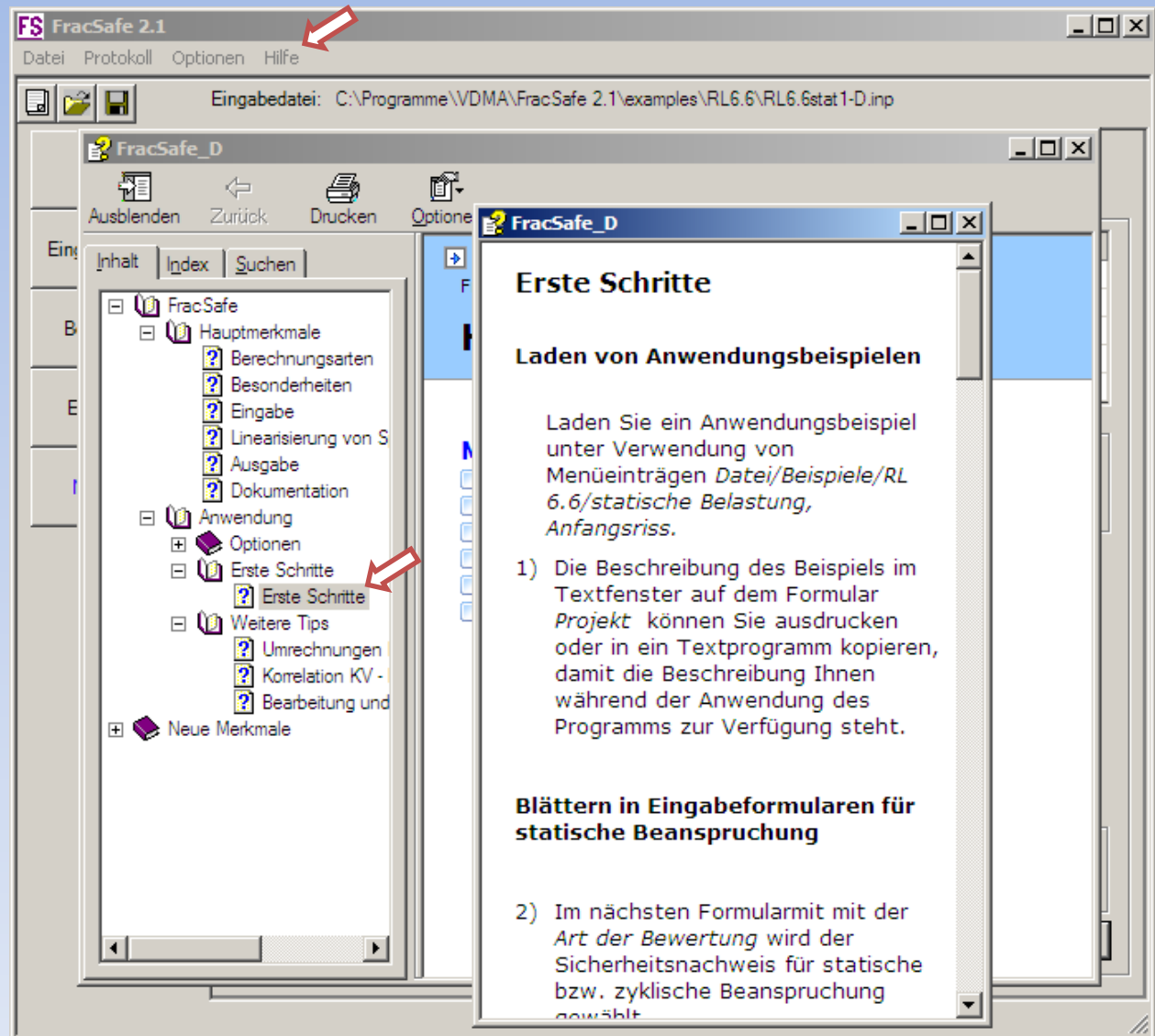
Reservefaktoren



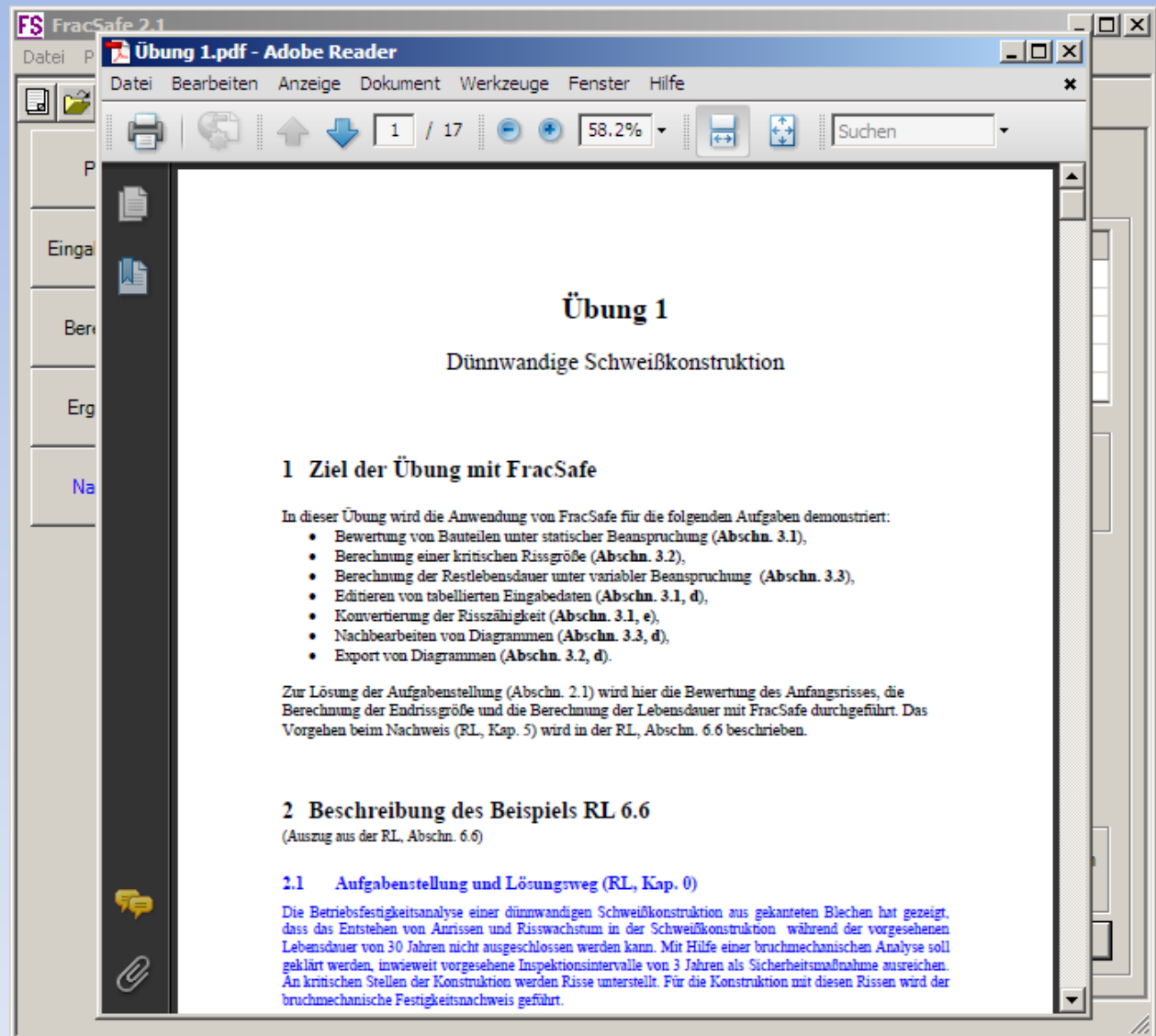
Reservefaktoren



Hilfe



Hilfe



Ende der Präsentation

