

ANA - Dilatationselement

Variante rechteckiger Schacht



Plochberger & Co
Infrastruktur Technologie



Plochberger & CO Ges.m.b.H.
Infrastruktur Technologie
Hochbergstraße 5
2380 Perchtoldsdorf

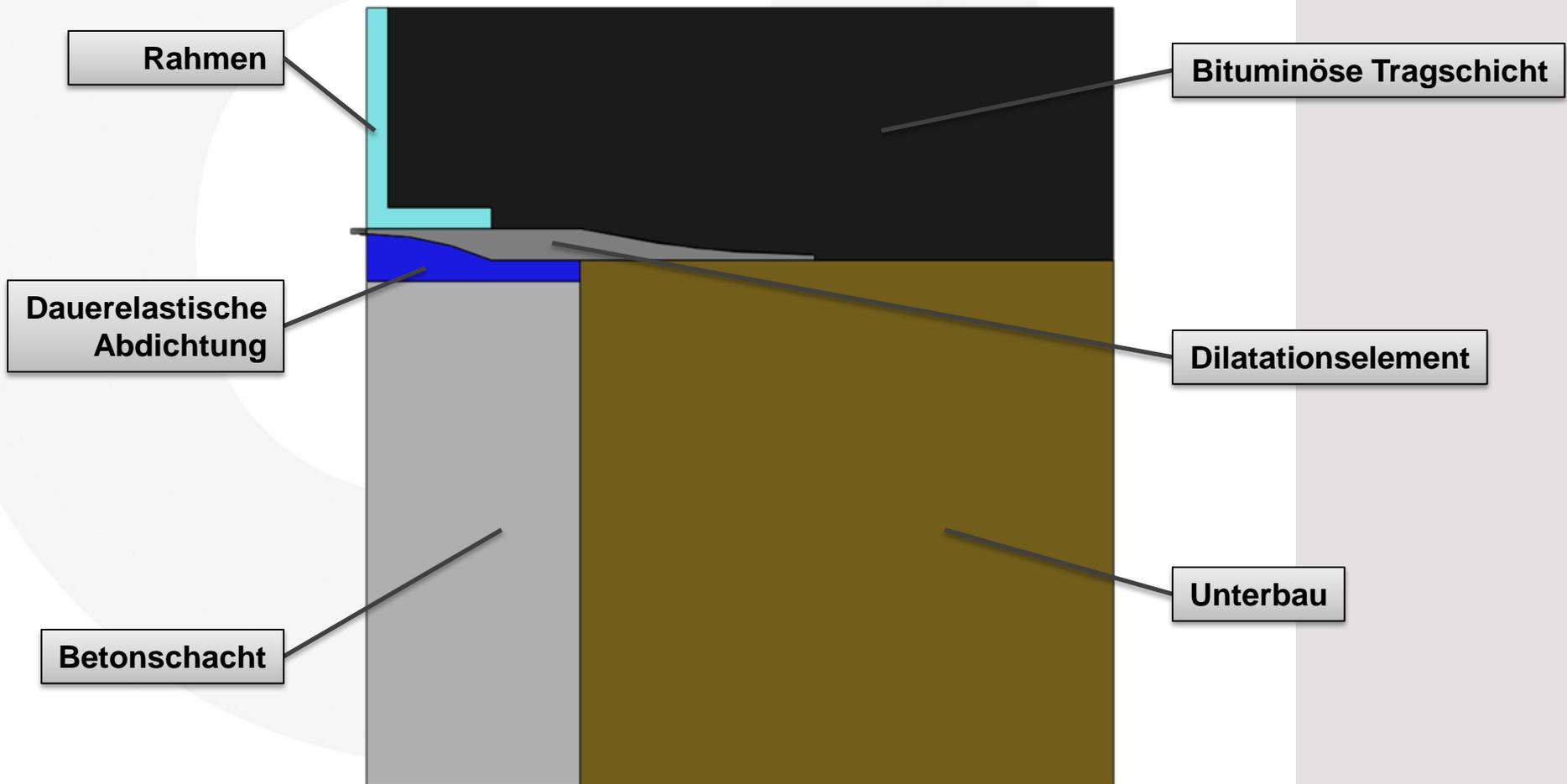


4a engineering GmbH
Industriepark 1
A - 8772 Traboch

- **Einleitung**
- **Geometrie und Modellbildung**
- **Materialdaten**
- **Belastung**
- **Ergebnisse**
- **Zusammenfassung**

- Ziel der gegenständlichen Betrachtungen ist die Auslegung eines Dilatationselementes zum Ausgleich von Höhenverschiebungen rund um im Straßenbau verwendeten Kanaldeckeln.
- Die Resultate detaillierter Untersuchungen über bestehende, für runde Schächte vorgesehenen Ausgleichselemente, sind Basis für die vorliegende Entwicklung von Ausgleichselementen für rechteckige Schächte. Dabei wird intensiv von computergestützten Simulationsmethoden Gebrauch gemacht.
- Es werden 3 unterschiedliche Geometrievarianten (Schachtabmessungen) betrachtet. Diese Varianten resultieren aus einer Vielzahl von durchgeführten Optimierungsschleifen.
- Für den vorgesehenen Werkstoff werden Materialtests durchgeführt, um das Kurzzeitverhalten bestimmen zu können.
- Von externen Einrichtungen (MA39 der Stadt Wien) werden Komponententests durchgeführt und daraufhin vergleichende FE-Simulationen zur Validierung der vorherigen Ergebnisse durchgeführt.

➤ Prinzipaufbau



- **Es werden 3 unterschiedliche Varianten betrachtet:**
 - **Schacht 600mm x 600mm**
 - **Schacht 450mm x 450mm**
 - **Schacht 450mm x 450mm Randeinlauf**
- **Die Schachtwandstärke beträgt bei allen Varianten 200 mm.**
- **Die Abmessungen der für die Auslegung verwendeten Einlaufgitter werden aus zur Verfügung gestellten Datenblättern entnommen:**
 - **Purator Type 1005B-PAT D400 600 x 600**
 - **Purator Type 1005P-PAT D400 450 x 450**
- **Nachfolgend sind die Hauptabmessungen der Einlaufgitter dargestellt.**

➤ Hauptabmessungen Einlaufgitter

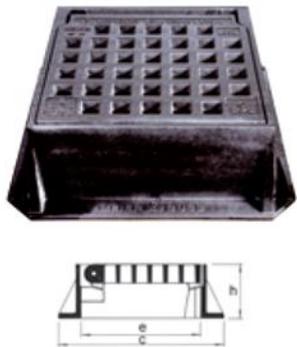
GG-Straßenkanal-Einlaufgitter mit PAT-Scharnier¹
 ÜA-zertifiziert



Artikel Nr.	Abmessungen mm			Klasse		
	e	cx d	h			
ohne Sperre						
1005B2-PAT-400M	600	834x826	210	D 400		
1005B3-PAT-600M	600	834x826	210	E 600		

¹ PATentscharnier: Deckel- und Bolzentausch ohne Rahmenausbau möglich

GG-Straßenkanal-Einlaufgitter mit PAT-Scharnier¹
 ÜA-zertifiziert



Artikel Nr.	Abmessungen mm			Klasse		
	e	cx d	h			
Pultform ohne Sperre						
1005P-PAT-400-M	450	640x502	210	D 400		
1005P-PAT-600-M	450	640x502	210	E 600		

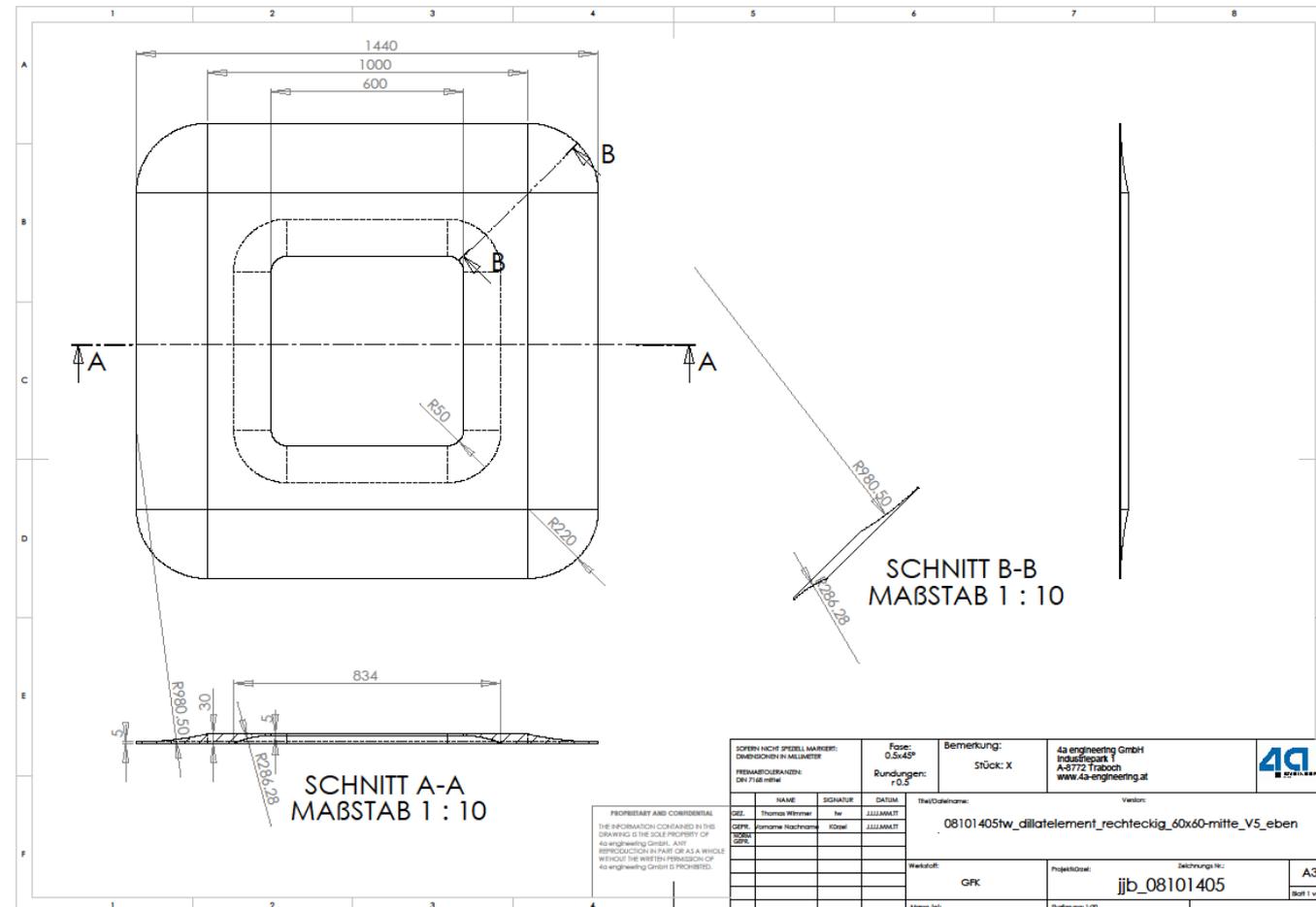
¹ PATentscharnier: Deckel- und Bolzentausch ohne Rahmenausbau möglich

ANA - Dilatationselement

Geometrie und Modellbildung

- Die dargestellten Ergebnisse der FE-Simulationen basieren auf folgenden Geometriedaten:

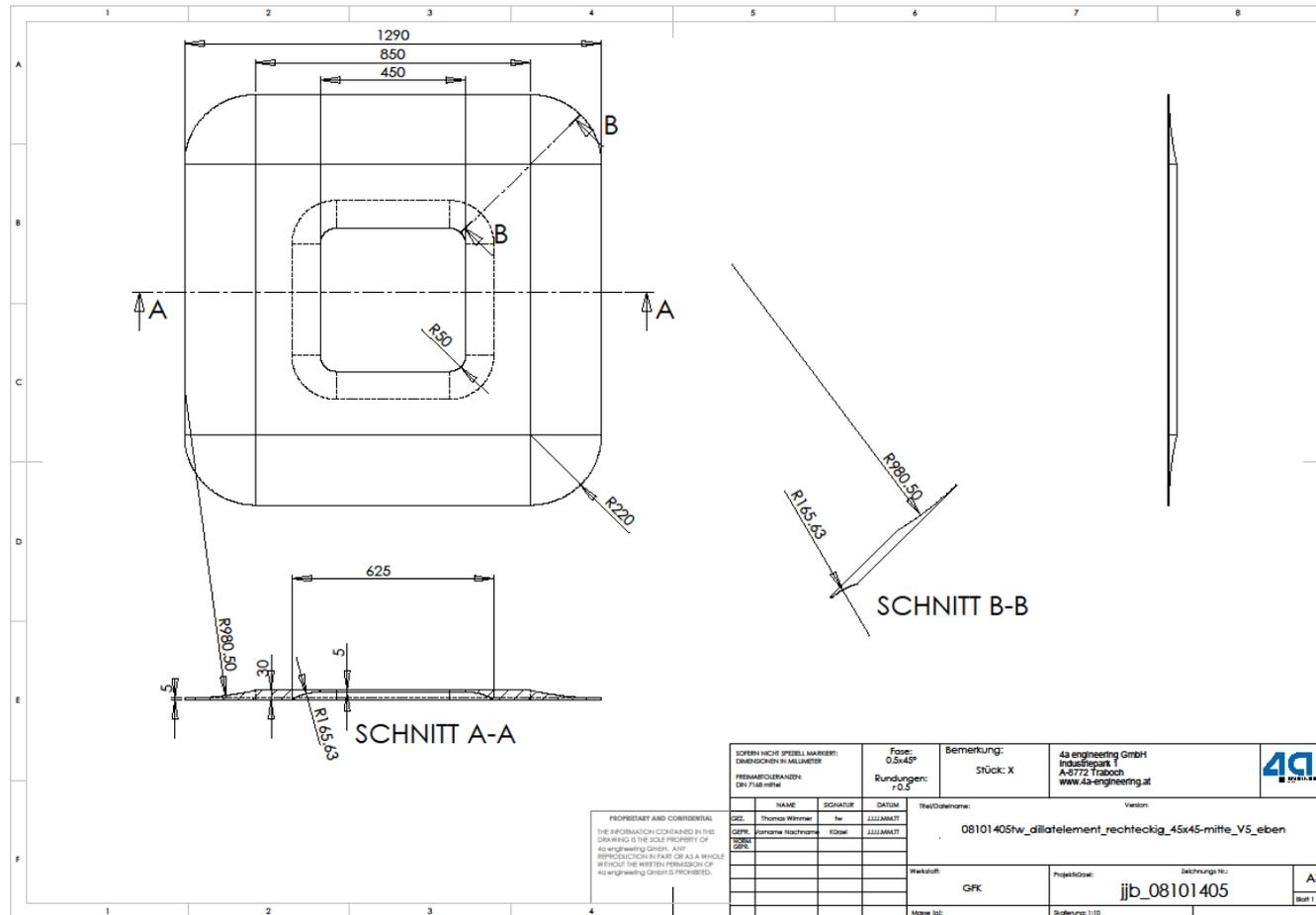
600 x 600 Mitte



ANA - Dilatationselement

Geometrie und Modellbildung

➤ Geometriedaten



450 x 450 Mitte

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF 4a engineering GmbH. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF 4a engineering GmbH IS PROHIBITED.

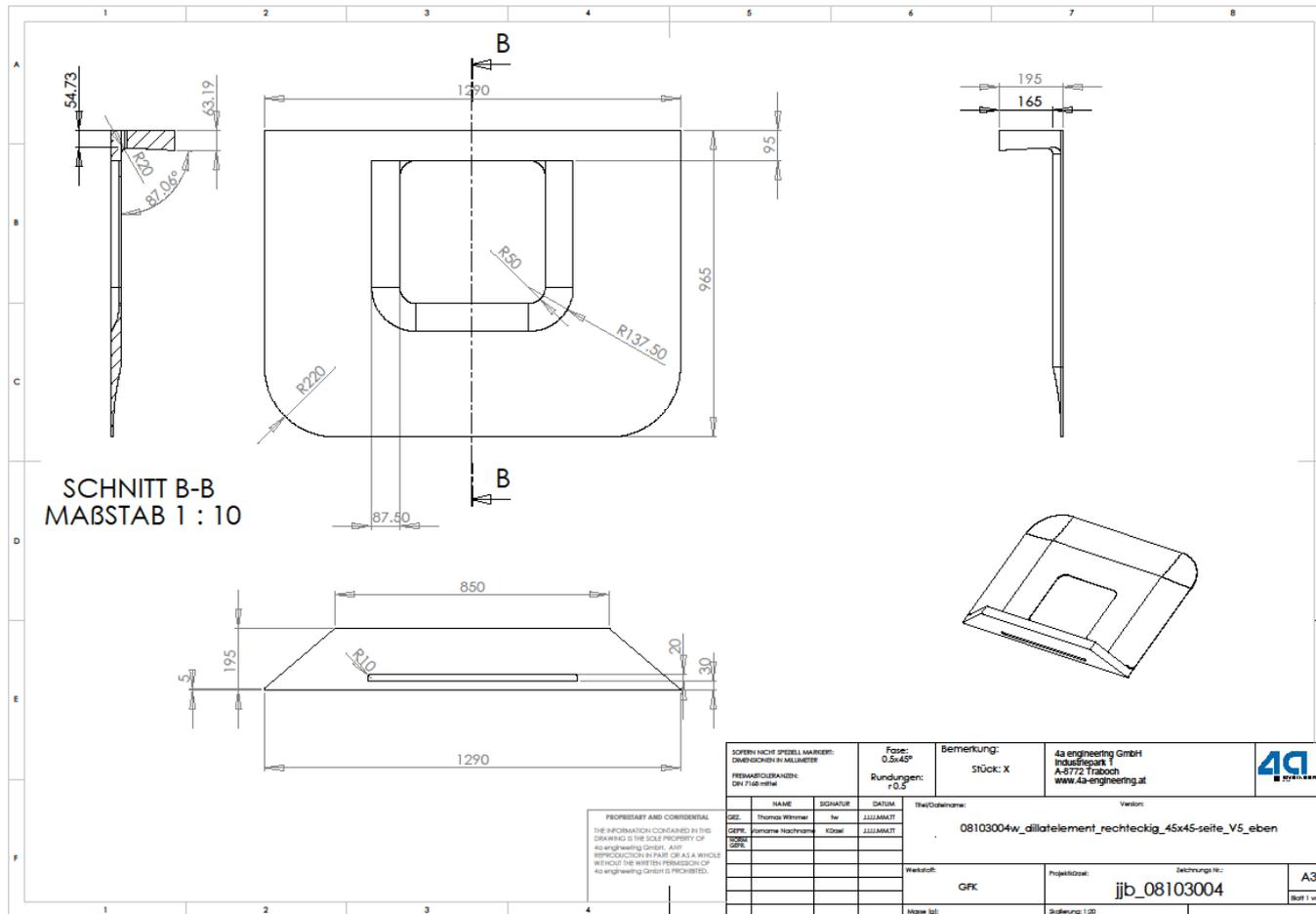
SCHEIN NICHT SPIEGEL MARKIEREN! ZEICHNEN SIE IN MILLIMETER		Folie: 0,5x45P		Bemerkung: Stück: X		4a engineering GmbH Industriepark 1 A-8772 Traboch www.4a-engineering.at			
FERNABFÜRBEREICH: DIN 7168 mitte		Rundungen: r 0,5		Teilname: 08101405tw_dilatationselement_rechteckig_45x45-mitte_V5_eben		Version:			
GEZ.	NAME	SCHAFER	DATUM						
GEPR.	Thomas Wimmer	hw	JULI 2010						
GEPR.	Johanna Hochmaier	Edw	JULI 2010						
GEPR.									
Werkstoff:		GFK		Projekt-Nr.:		jjb_08101405		Blatt 1 von 1	
Masse [g]:				Zeichnung:		A3		Skalierung: 1:10	

ANA - Dilatationselement

Geometrie und Modellbildung

➤ Geometriedaten

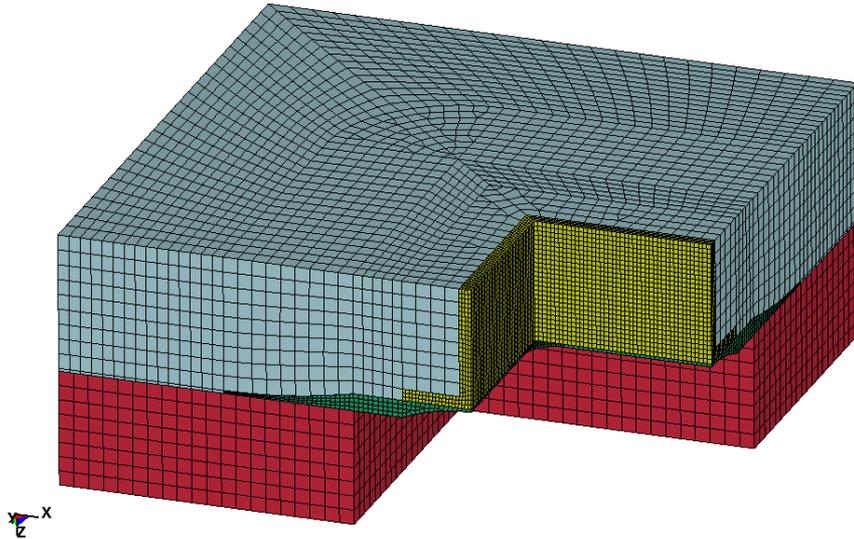
450 x 450 Rand



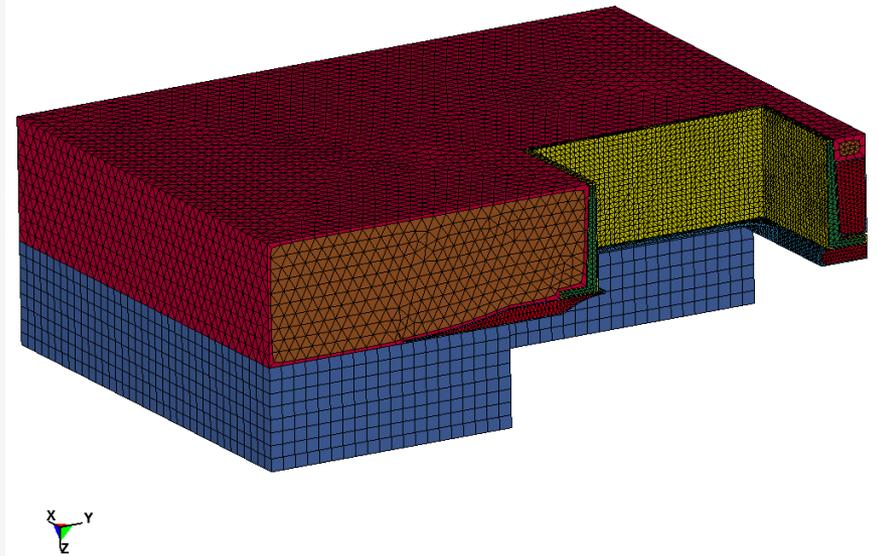
- **FE-Modell**
- **Die Modellierung erfolgt durch Tetraeder- bzw. Quaderelemente (LS-Dyna ET4 bzw. ET4).**
- **Aufgrund von Symmetrien werden Viertel- bzw. Halbmodelle mit entsprechenden Symmetrierandbedingungen aufgebaut.**
- **Der starre Betonschacht wird über Randbedingungen abgebildet (keine Verschiebung des Untergrunds normal zum Schacht).**
- **Die Komponenten Asphalt, Untergrund und Ausgleichselement werden über Kontakte zueinander in Gleichgewicht gebracht. Dabei wird zwischen den Kontaktpartnern von einem Reibkoeffizient von 0,3 ausgegangen.**
- **Die Verklebung zwischen Rahmen und Platte wird über einen sogenannten Tied-Contact abgebildet. Die Kleberschicht wird nicht berücksichtigt.**
- **Nachfolgend sind die Modelle dargestellt.**

➤ FE-Modelle

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost



LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost



- **Materialdaten**
- **Auf Basis von bereits durchgeführten Betrachtungen werden für die Simulationen folgende Materialkennwerte verwendet:**

	E-Modul / MPa	Poissonzahl / -
GFK - Platte	6000	0,3
Gußeisen	120000	0,25
Unterbau	35	0,08
Asphalt	50	0,3

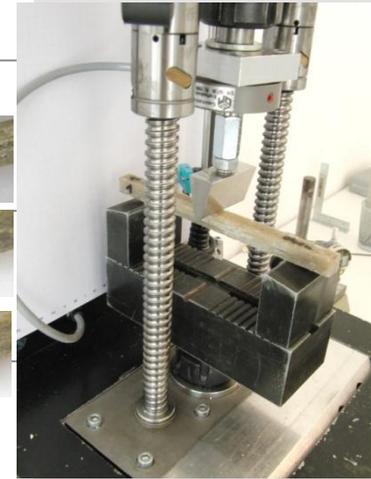
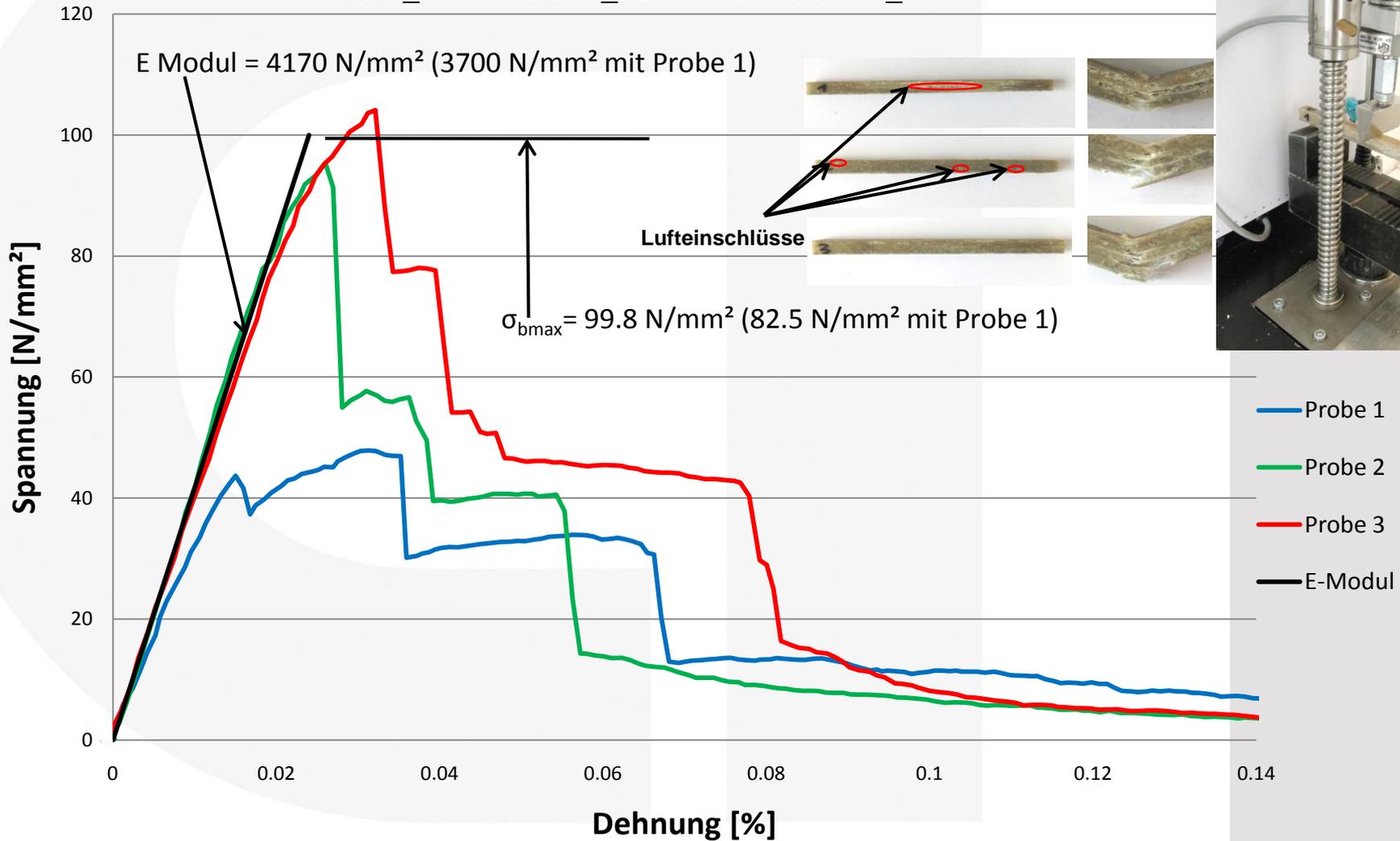
- **Für das GFK (UP-Normalharz im GF-Laminat mit 30 % Glasfaseranteil) wird durch die herstellungsbedingte Gleichverteilung der Faserorientierung in der Ebene von einem isotropen Materialverhalten ausgegangen.**
- **Die Werte für den Unterbau und den Asphalt werden aus bereits durchgeführten Parametervariationen übernommen.**

- **Aus gefertigten Elementen werden Materialproben entnommen und die Materialkennwerte über statische 3-Punkt-Biegeprüfungen ermittelt.**
- **Abhängig vom Fertigungsprozess und von der Fertigungsqualität sind starke Variationen der Steifigkeit und Festigkeit festzustellen.**

ANA - Dilatationselement

Materialdaten Messungen

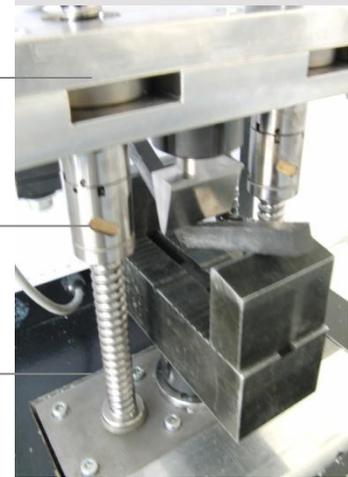
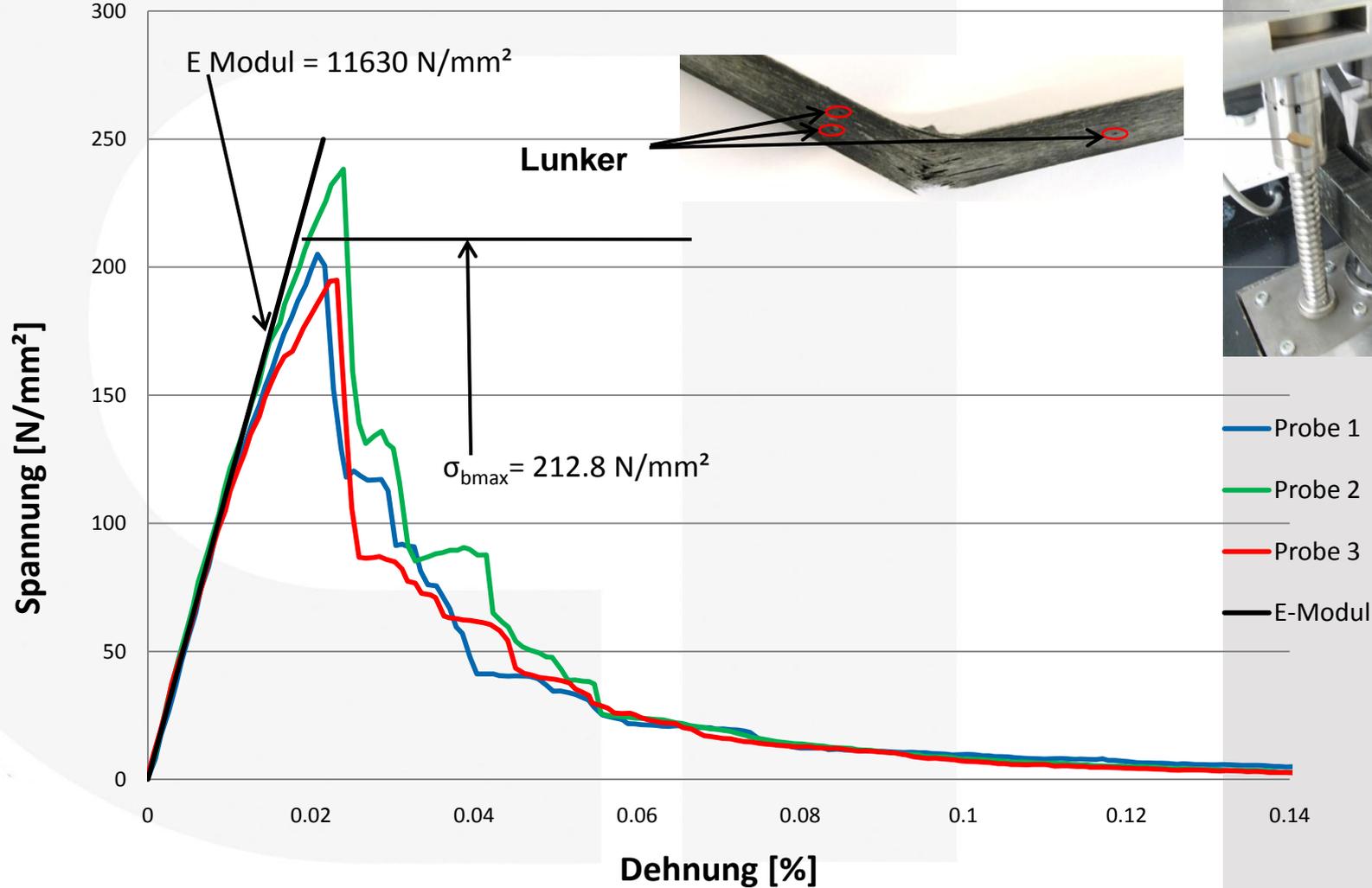
GFK_Handlaminat_Dilatationselement_Bestand



ANA - Dilatationselement

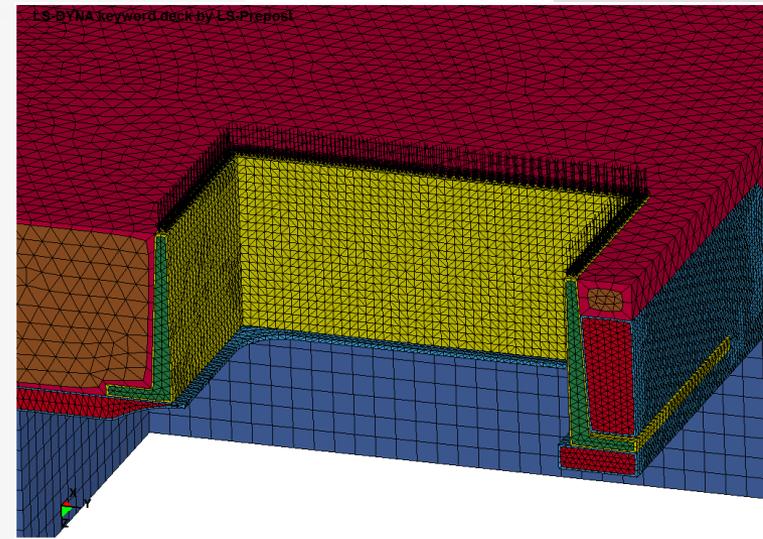
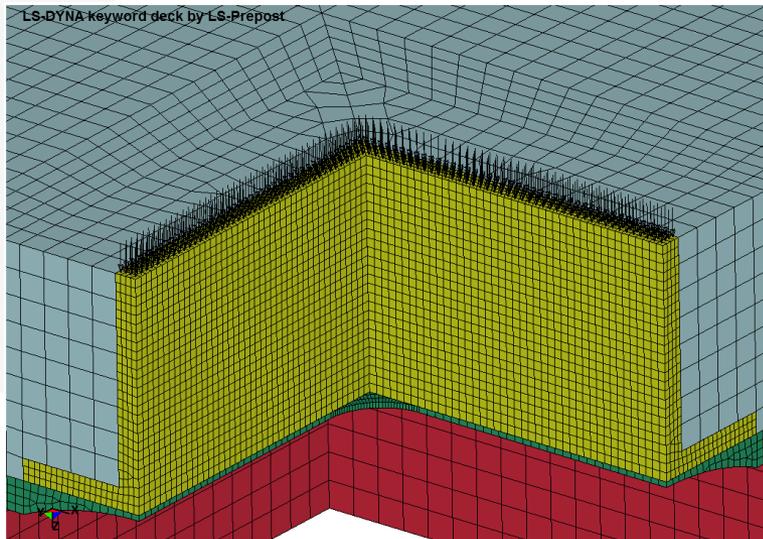
Materialdaten Messungen

HUP_CF_2450_RB109034175_Sheet_Moulding_Compound



- Probe 1
- Probe 2
- Probe 3
- E-Modul

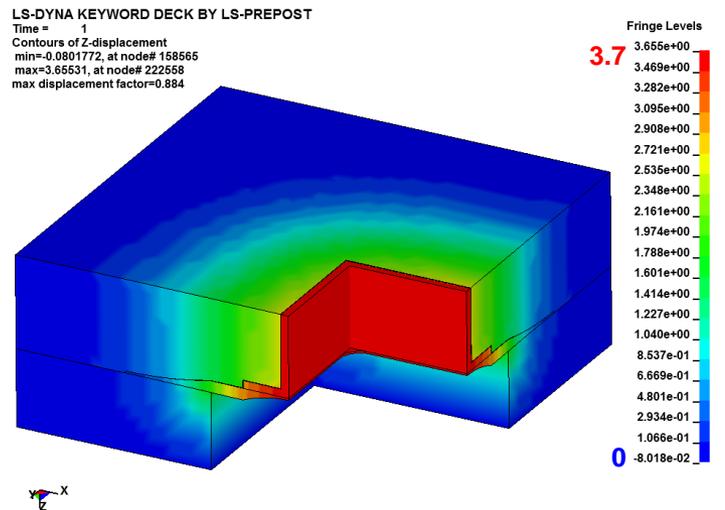
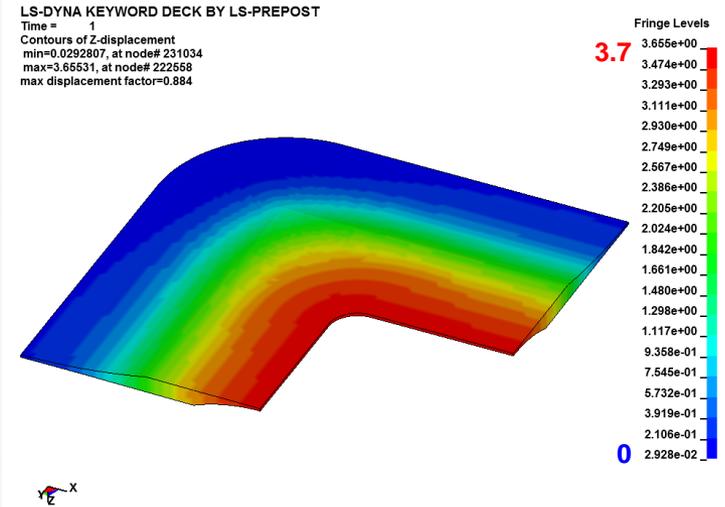
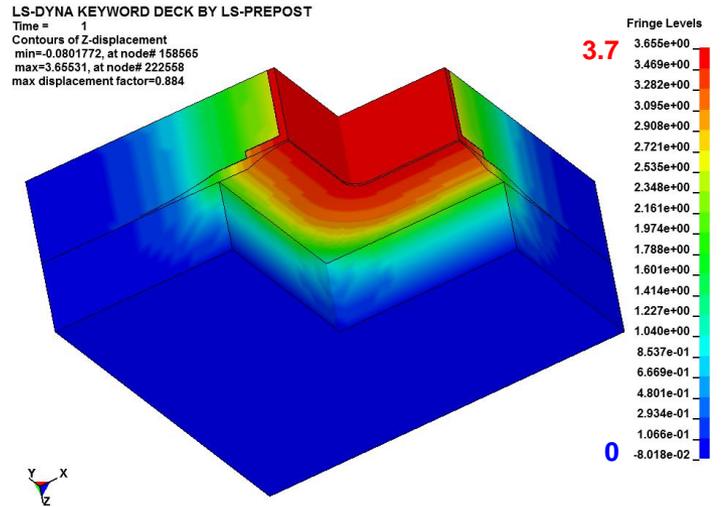
- Die Auslegung erfolgt hinsichtlich einer in Österreich maximal zulässigen Radlast von 8,5 to. Für das Ausgleichselement wird ein dynamischer Beiwert von 1,3 angesetzt, wodurch sich für die statische Analyse eine Belastung von 11,05 to ergibt (EN , Önorm B5110).
- Die Belastung wird als entsprechende Drucklast in die Rahmenkante eingeleitet (zentrische Belastung). Ein Deckel wird nicht berücksichtigt.



ANA - Dilatationselement

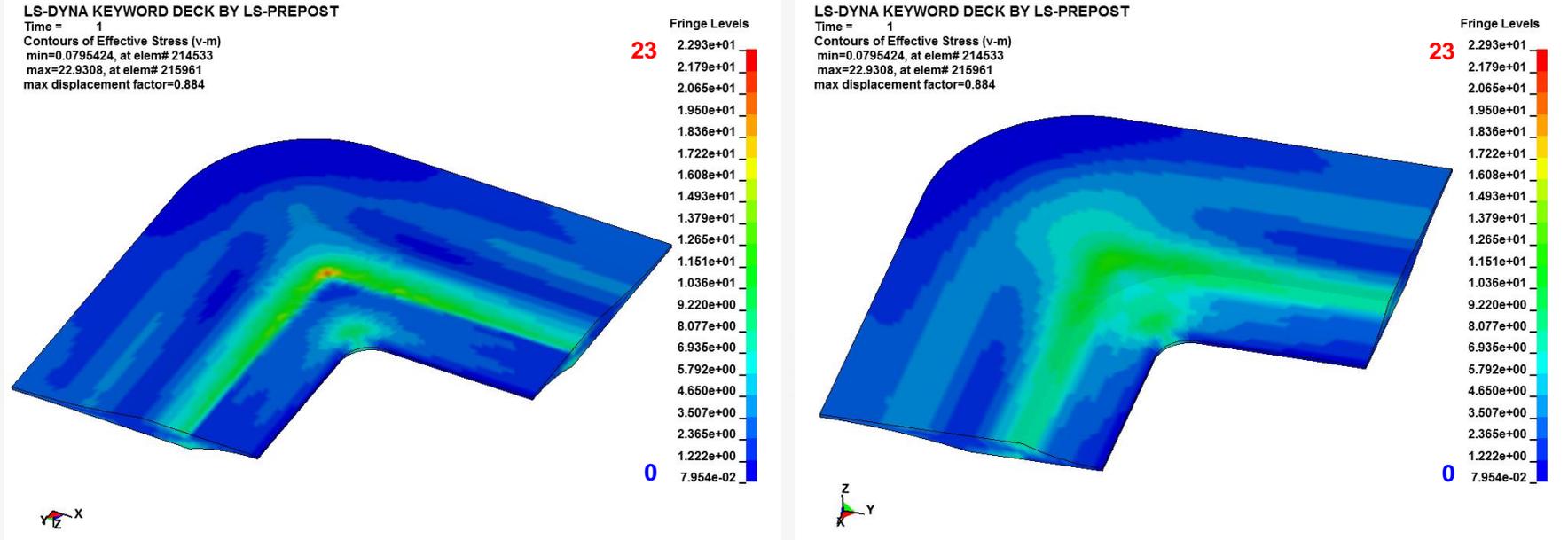
Ergebnisse FE-Simulation

➤ 600 x 600 Mitte Verformungen z-Richtung [mm]



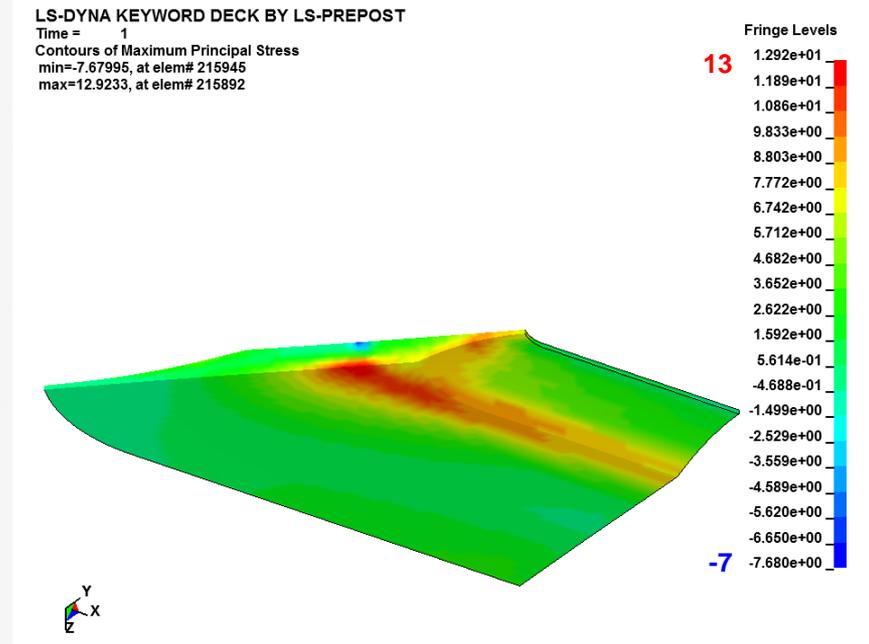
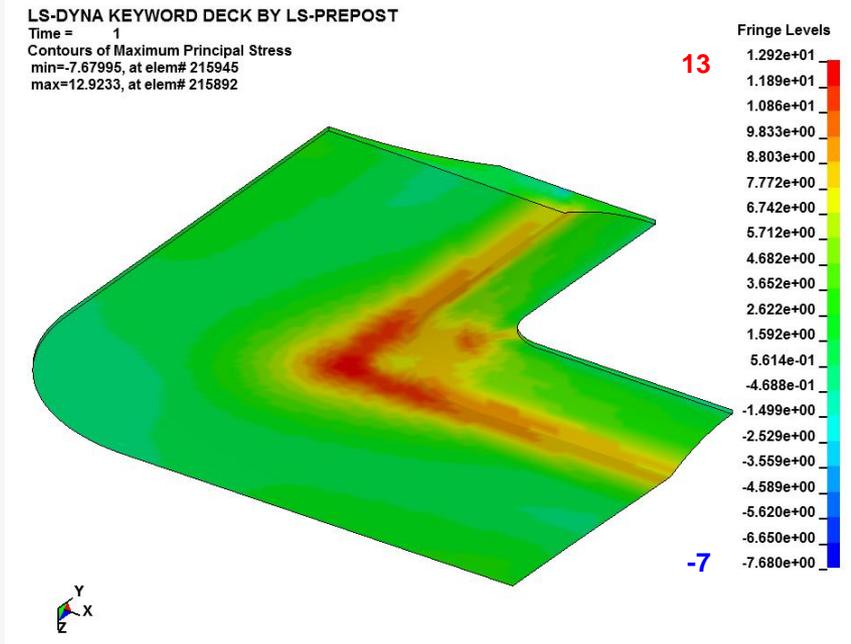
Die Verformungen in z-Richtung betragen unter der vorgegebenen Belastung maximal ca. 3,7mm. Durch die lokale Lasteinleitung beschränke sich die Maximalverformungen auf den Rahmenbereich.

➤ 600 x 600 Mitte Vergleichsspannungen Mises [MPa]



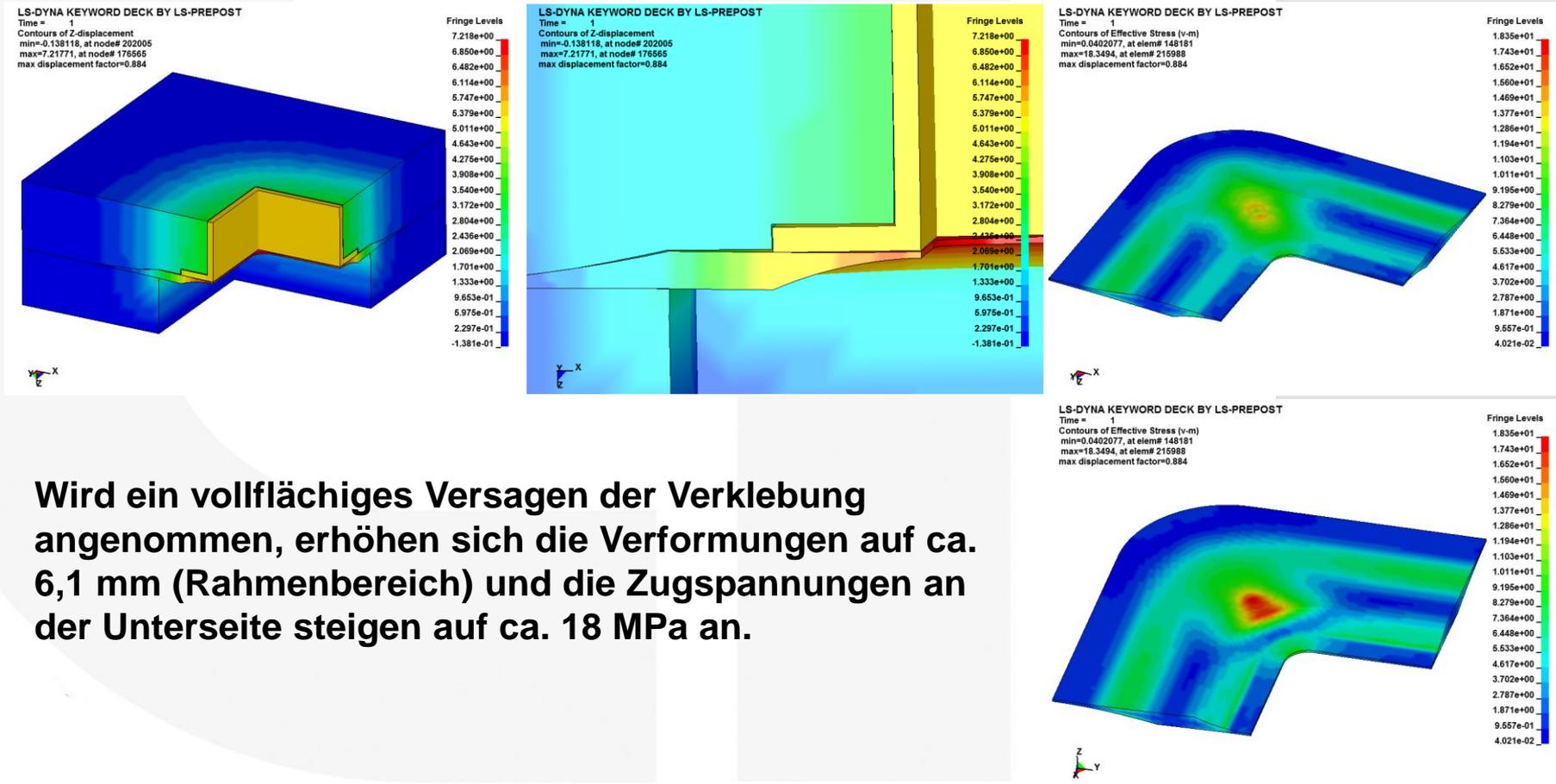
Im scharfkantigen Übergangsbereich des Gusseisenrahmens zur Schleppplatte treten sehr lokal Druckspannungen in der Höhe von max. ca. 23 MPa auf. Diese Spannungsspitzen werden in der Realität durch die geometrische Ausführung des Rahmens (Abfasung), bzw. durch lokales Fließen des Materials deutlich abgemindert. An der Unterseite des Elements treten Zugspannungen in der Höhe von 13 MPa auf.

➤ 600 x 600 Mitte erste Hauptnormalspannungen [MPa]



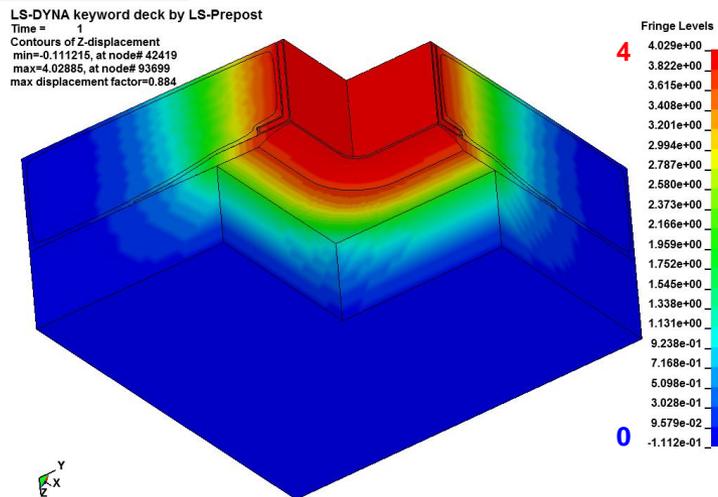
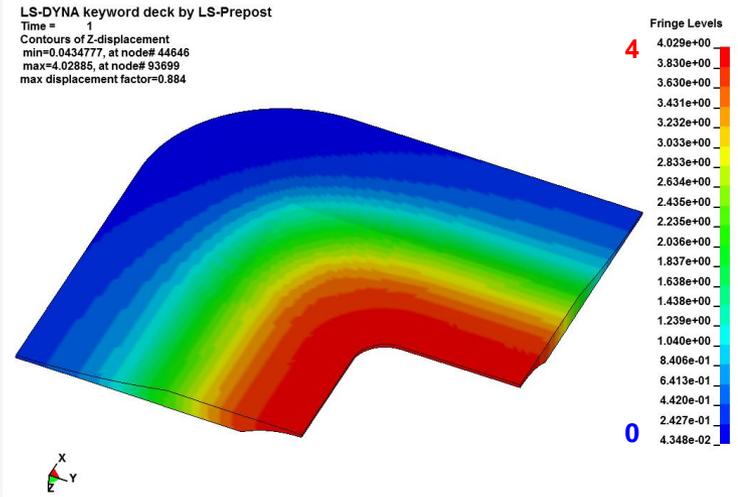
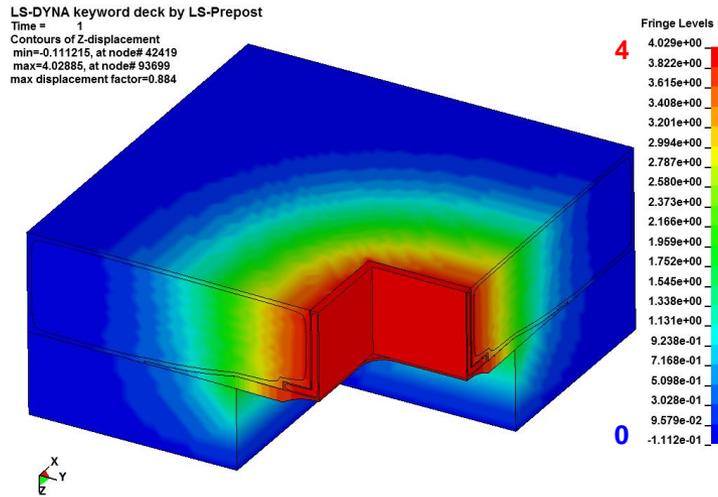
Im Eckbereich erreichen die Zugspannungen Werte von 13 MPa (Überlagerung von Biege- und Umfangsspannungen).

➤ 600 x 600 Mitte Annahme Kleberbruch



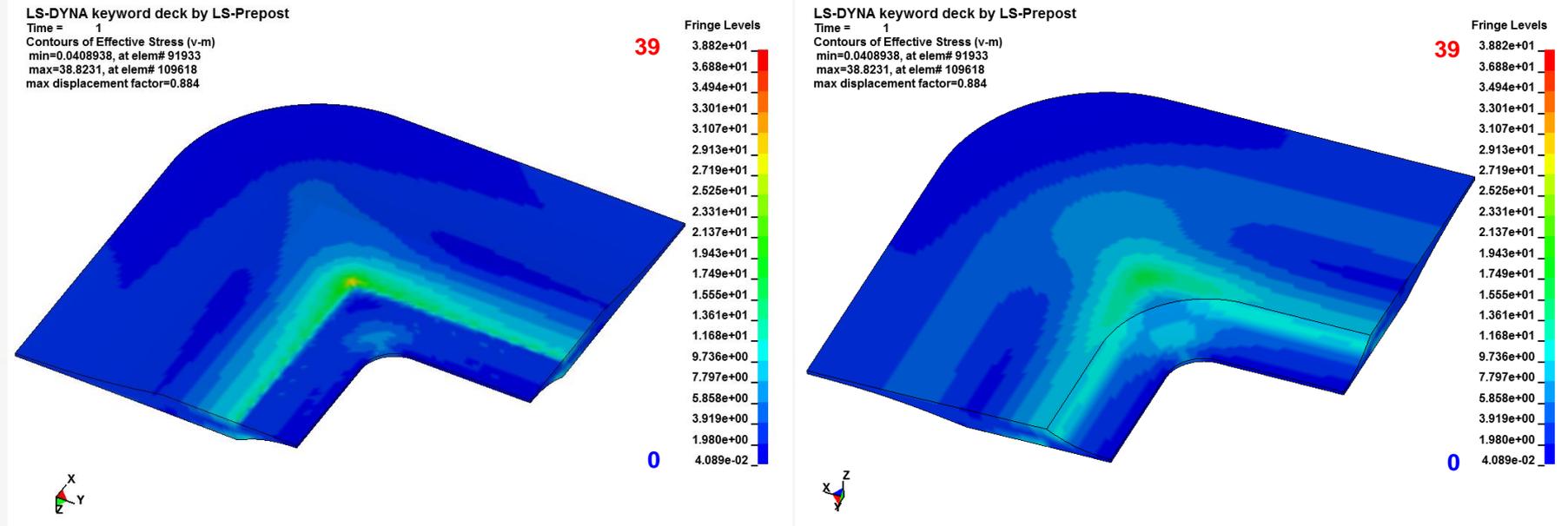
Wird ein vollflächiges Versagen der Verklebung angenommen, erhöhen sich die Verformungen auf ca. 6,1 mm (Rahmenbereich) und die Zugspannungen an der Unterseite steigen auf ca. 18 MPa an.

➤ 450 x 450 Mitte Verformungen z-Richtung [mm]



Die Verformungen in z-Richtung betragen unter der vorgegebenen Belastung maximal ca. 4 mm.

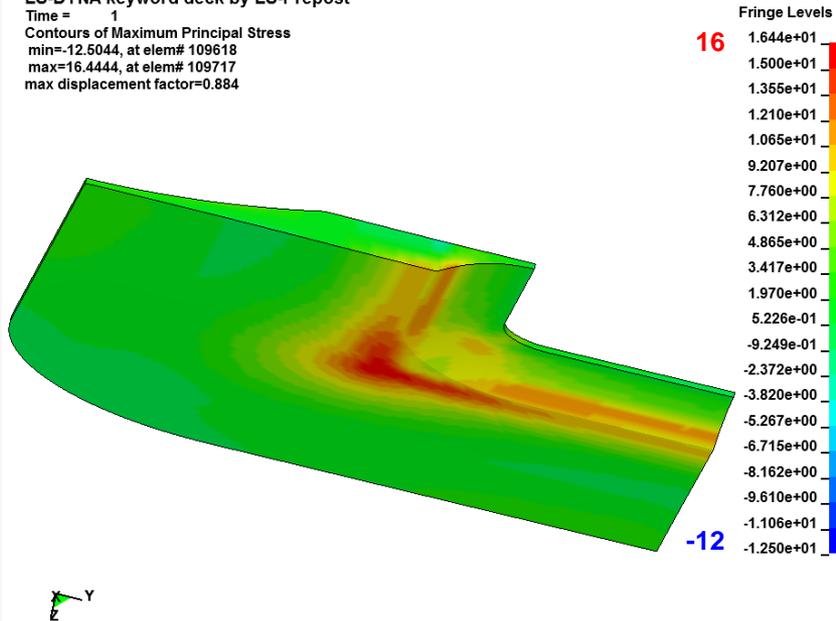
➤ 450 x 450 Mitte Vergleichsspannungen Mises [MPa]



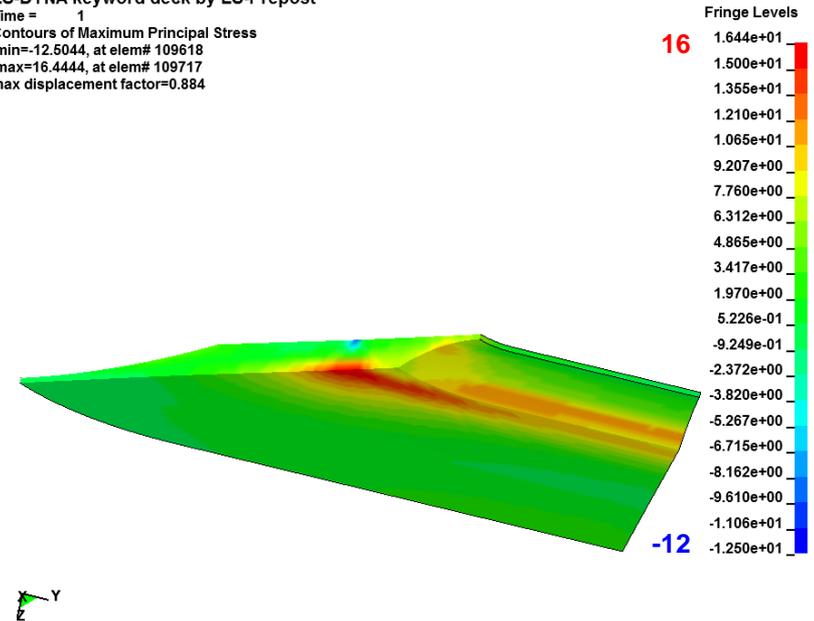
Das Spannungsbild ähnelt dem des Elements mit den Abmessungen 600 x 600. Abgesehen von der lokal auftretenden Druckspannungsspitze in der Höhe von max. ca. 39 MPa treten großflächig an der Unterseite des Elements Zugspannungen in der Höhe von 16 MPa auf. Die im Vergleich zur Platte mit den Abmessungen 600 x 600 höheren Spannungen sind durch die größere Biegelänge (Abstand Auflager Unterbau – Rahmenaußenkante) bedingt.

➤ 450 x 450 Mitte erste Hauptnormalspannungen [MPa]

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Maximum Principal Stress
min=-12.5044, at elem# 109618
max=16.4444, at elem# 109717
max displacement factor=0.884



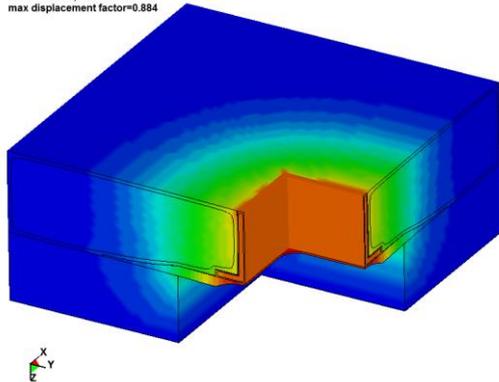
LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Maximum Principal Stress
min=-12.5044, at elem# 109618
max=16.4444, at elem# 109717
max displacement factor=0.884



Im Eckbereich erreichen die Zugspannungen Werte von 16 MPa (Überlagerung von Biege- und Umfangsspannungen).

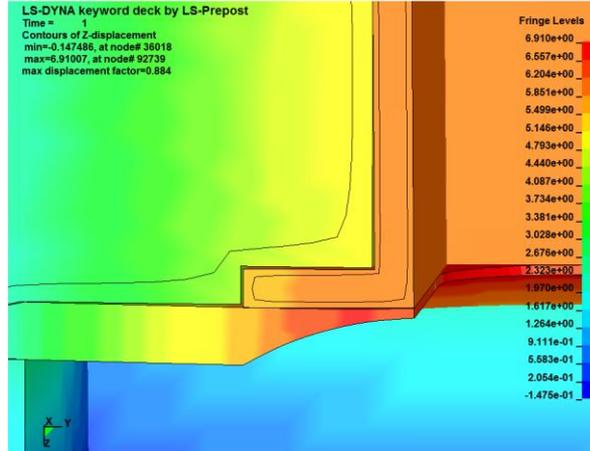
➤ 450 x 450 Mitte Annahme Kleberbruch

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.147486, at node# 36018
max=6.91007, at node# 92739
max displacement factor=0.884



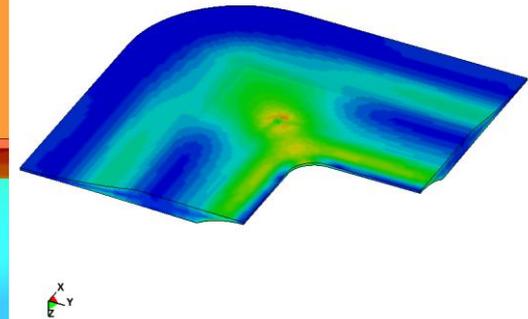
Fringe Levels
6.910e+00
6.557e+00
6.204e+00
5.851e+00
5.499e+00
5.146e+00
4.793e+00
4.440e+00
4.087e+00
3.734e+00
3.381e+00
3.028e+00
2.676e+00
2.323e+00
1.970e+00
1.617e+00
1.264e+00
9.111e-01
5.583e-01
2.054e-01
-1.475e-01

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.147486, at node# 36018
max=6.91007, at node# 92739
max displacement factor=0.884



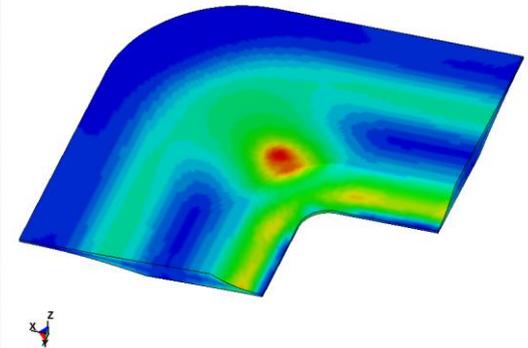
Fringe Levels
6.910e+00
6.557e+00
6.204e+00
5.851e+00
5.499e+00
5.146e+00
4.793e+00
4.440e+00
4.087e+00
3.734e+00
3.381e+00
3.028e+00
2.676e+00
2.323e+00
1.970e+00
1.617e+00
1.264e+00
9.111e-01
5.583e-01
2.054e-01
-1.475e-01

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0907067, at elem# 120939
max=22.9853, at elem# 109553
max displacement factor=0.884



Fringe Levels
2.299e+01
2.184e+01
2.070e+01
1.955e+01
1.841e+01
1.726e+01
1.612e+01
1.497e+01
1.383e+01
1.268e+01
1.154e+01
1.039e+01
9.249e+00
8.104e+00
6.959e+00
5.814e+00
4.670e+00
3.525e+00
2.380e+00
1.235e+00
9.071e-02

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0907067, at elem# 120939
max=22.9853, at elem# 109553
max displacement factor=0.884

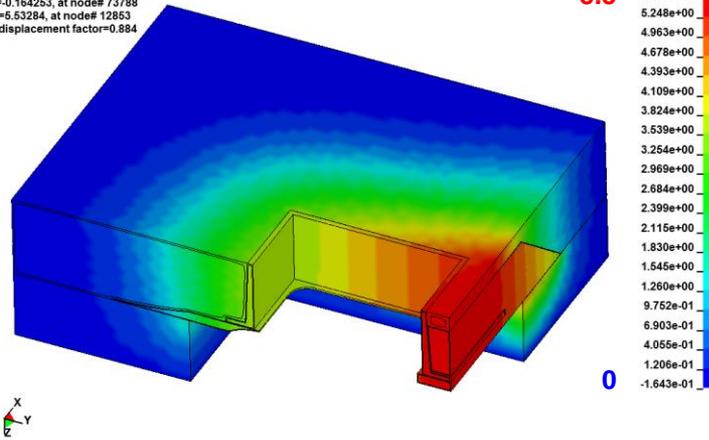


Fringe Levels
2.299e+01
2.184e+01
2.070e+01
1.955e+01
1.841e+01
1.726e+01
1.612e+01
1.497e+01
1.383e+01
1.268e+01
1.154e+01
1.039e+01
9.249e+00
8.104e+00
6.959e+00
5.814e+00
4.670e+00
3.525e+00
2.380e+00
1.235e+00
9.071e-02

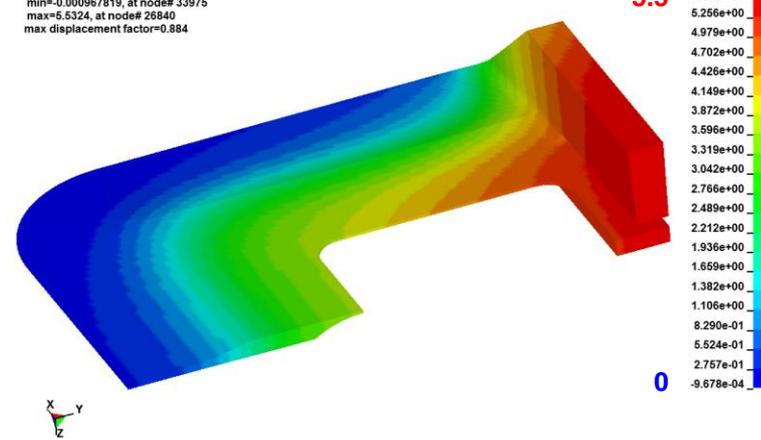
Bei Annahme eines vollflächigen Versagens der Kleberschicht, erhöhen sich die Verformungen auf ca. 6,8 mm (Rahmenbereich). Die Zugspannungen an der Unterseite steigen auf ca. 23 MPa an.

➤ 450 x 450 Rand Verformungen z-Richtung [mm]

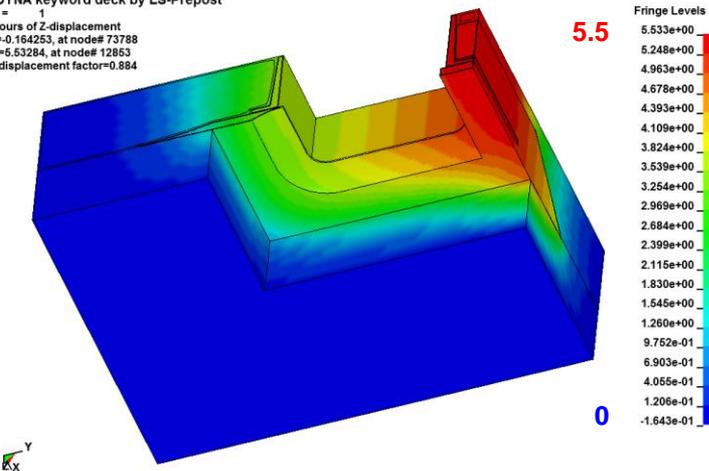
LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.164253, at node# 73788
max=5.53284, at node# 12853
max displacement factor=0.884



LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.000967819, at node# 33975
max=5.5324, at node# 28840
max displacement factor=0.884



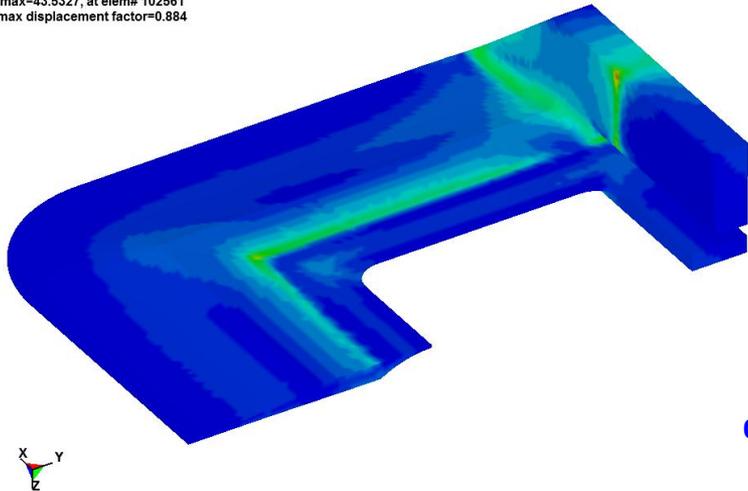
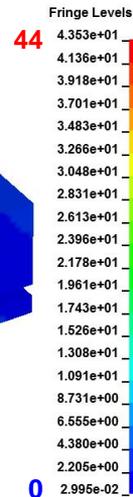
LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.164253, at node# 73788
max=5.53284, at node# 12853
max displacement factor=0.884



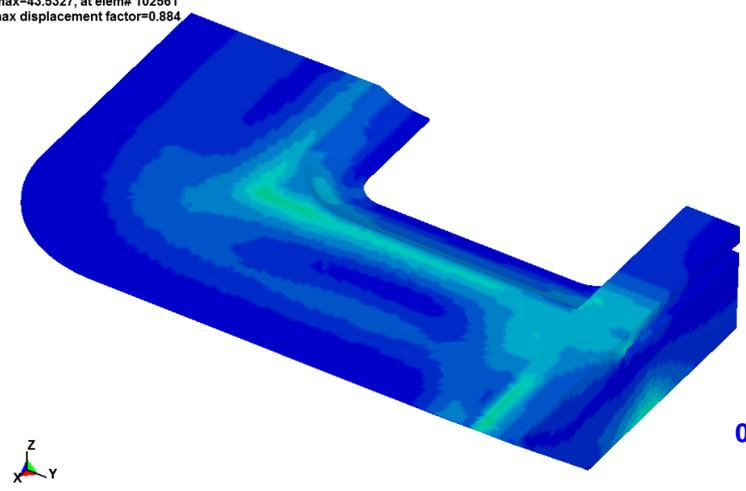
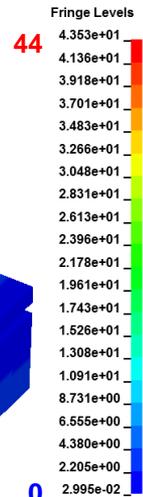
Die größten Verformungen in z-Richtung von maximal ca. 5,5 mm finden sich im seitlichen Biegeträger.

➤ 450 x 450 Rand Vergleichsspannungen Mises [MPa]

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0299523, at elem# 57731
max=43.5327, at elem# 102561
max displacement factor=0.884

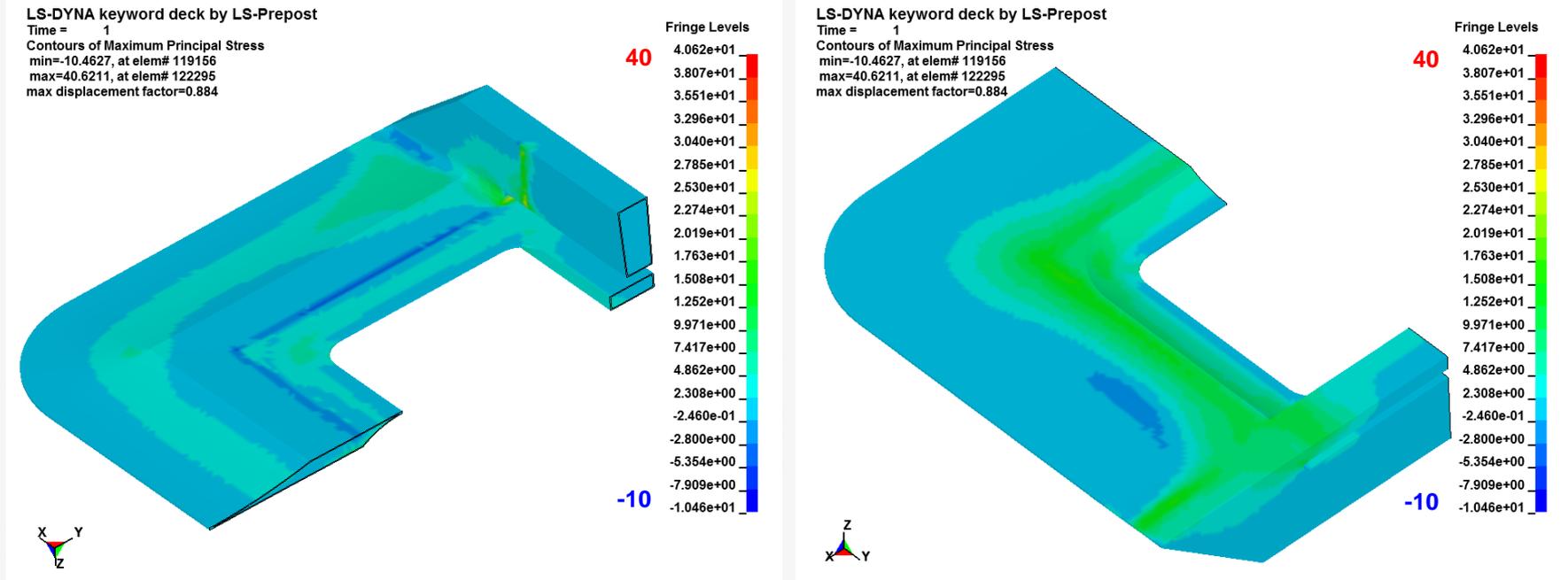


LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0299523, at elem# 57731
max=43.5327, at elem# 102561
max displacement factor=0.884



Abgesehen von den durch die großen Steifigkeitssprünge sehr lokal belasteten Übergangsbereiche zwischen Rahmen und Platte treten Spannungsüberhöhungen in der Größe von ca. 20 MPa in den Übergängen vertikaler zu horizontaler Plattenbereich auf. An der Plattenunterseite erreichen die Zugspannungen Werte um 17 MPa. Für den Fall, dass die Klebung besteht ist der obere und untere Biegebalken am Rand überdimensioniert.

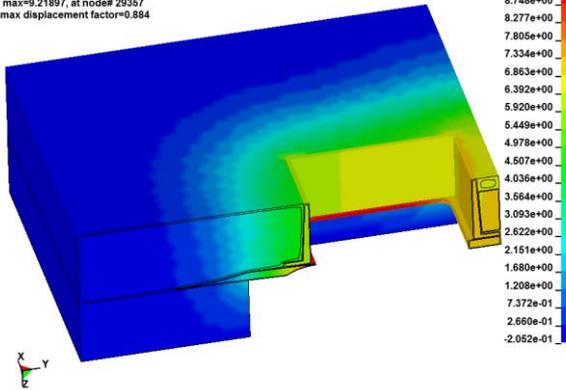
➤ 450 x 450 Rand erste Hauptnormalspannungen [MPa]



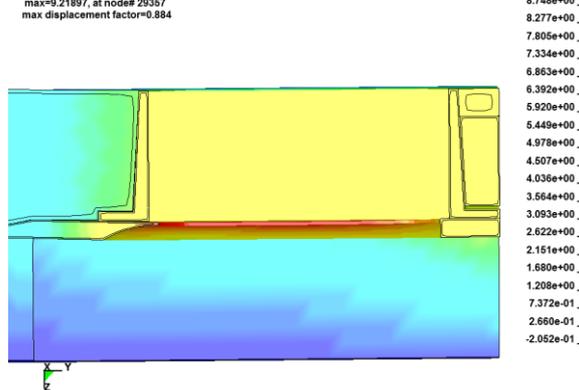
Im scharfkantigen Übergangsbereich Platte – Biegeträger treten sehr lokal Spannungen in der Höhe von 28 MPa auf. Großflächiger erreichen die Spannungen hier Werte um 20 MPa
An der Plattenunterseite erreichen die Zugspannungen Werte von 17 MPa.

➤ 450 x 450 Rand Annahme Kleberbruch

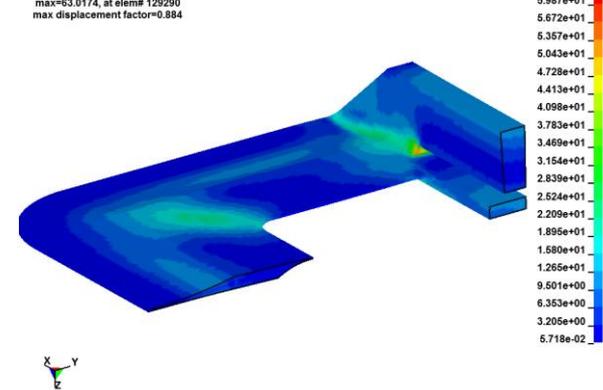
LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.205245, at node# 78975
max=9.21897, at node# 29357
max displacement factor=0.884



LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-0.205245, at node# 78975
max=9.21897, at node# 29357
max displacement factor=0.884

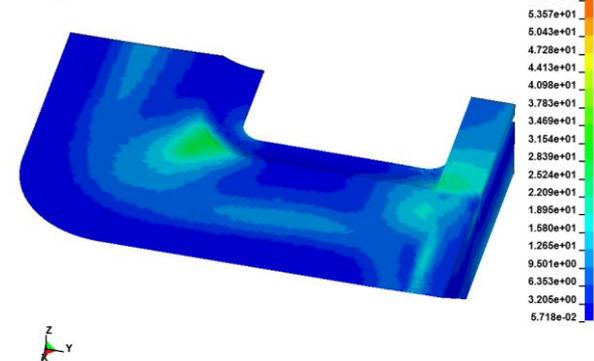


LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0571795, at elem# 130727
max=63.0174, at elem# 129290
max displacement factor=0.884



Bei Annahme eines vollflächigen Versagens der Kleberschicht, erhöhen sich die Verformungen auf ca. 7 mm (Rahmenbereich). Die Zugspannungen an der Unterseite steigen auf ca. 29 MPa an. Im scharfkantigen Übergangsbereich erreichen die Spannungen lokal Werte von 60 MPa, großflächiger ca. 30 MPa. Der Querschnitt des oberen und unteren Biegebalken (Rand) ist infolge der nicht vorhandenen Anbindung (im Falle des Versagens der Klebung) nicht ausgenützt.

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0571795, at elem# 130727
max=63.0174, at elem# 129290
max displacement factor=0.884



➤ 600 x 600 Mitte Vergleich Belastungsversuche MA39

- Von der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien, Magistratsabteilung 39, VFA – Labors für Bautechnik wurden orientierende Belastungsversuche durchgeführt (Details Bericht 2009-1270.01.pdf vom 16.02.2010).
- Die Belastung erfolgt exzentrisch durch eine kreisrunde Lasteinleitung aus Stahl (Durchmesser 150 mm).
- Die Last wird schrittweise bis zu einer Maximallast von 125 kN aufgebracht.
- Ein entsprechendes FE-Modell wird aufgebaut, wobei die mechanischen Eigenschaften des Untergrunds (Sandbett mit einer Höhe von 25 mm) angepasst werden, um vergleichbare Verformungswerte zu erreichen.



Bild 8
Probekörper 2
Versuchsaufbau

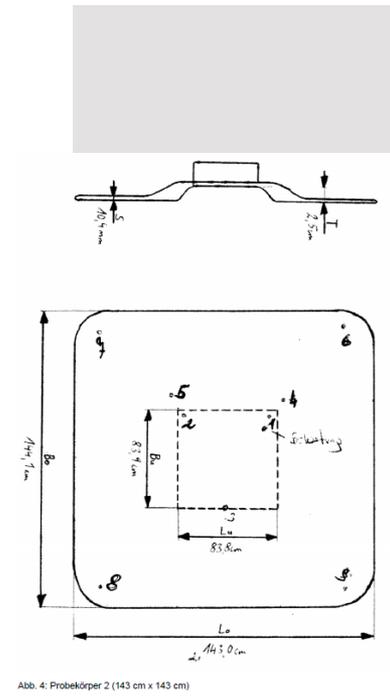
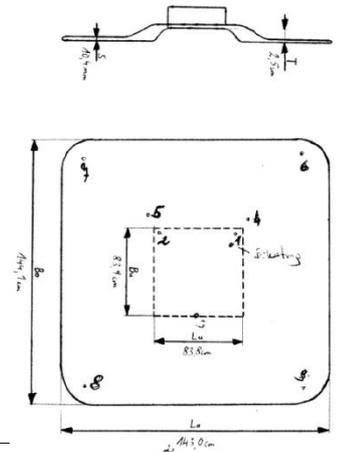


Abb. 4: Probekörper 2 (143 cm x 143 cm)

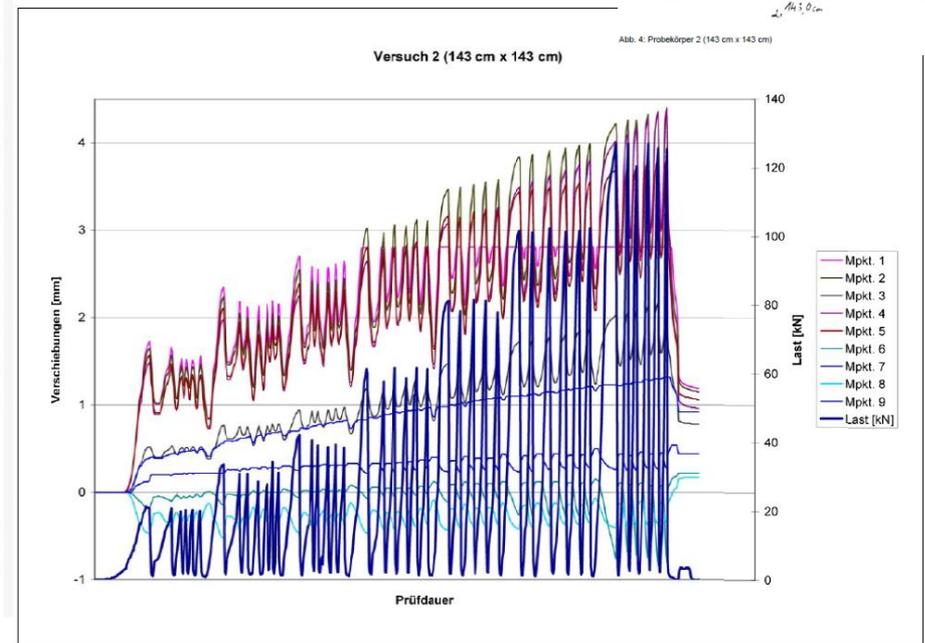
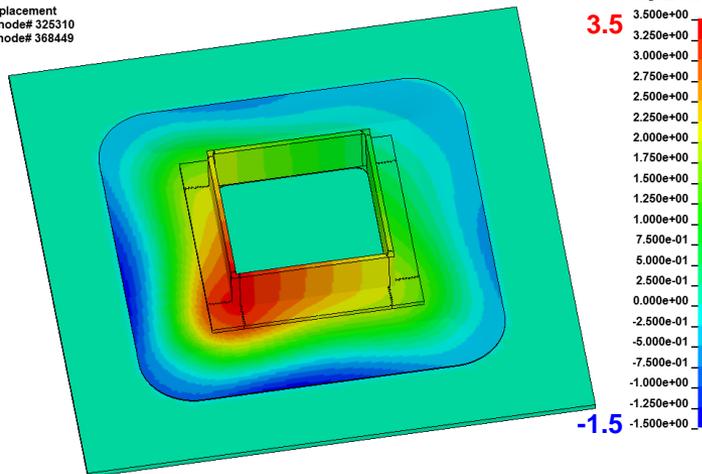
ANA – Dilatationselement

Ergebnisse FE-Simulation

- **600 x 600 Mitte Vergleich Belastungsversuche MA39**
 - Vergleich Verformungen Versuch / Simulation zeigt eine gute Übereinstimmung
 - Die geringen Abweichungen ergeben sich aus den getroffenen Annahmen in der Simulation (keine Berücksichtigung Kanalgitter, linear elastisches Materialmodell, geringfügige Abweichungen Rahmengenometrie)

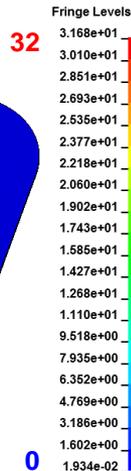
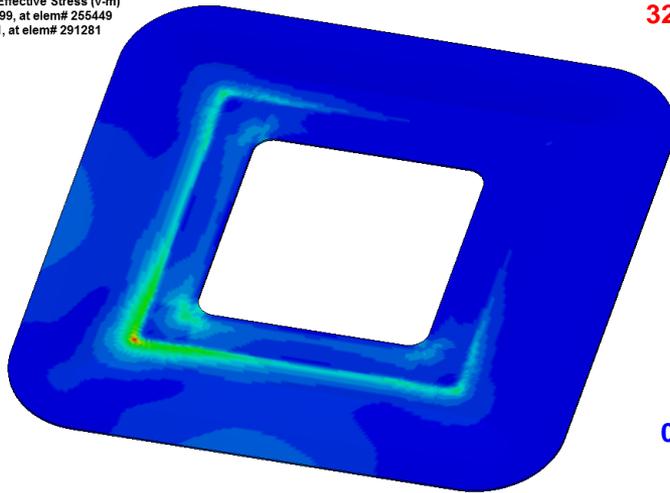


LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Z-displacement
min=-1.42832, at node# 325310
max=3.48839, at node# 368449

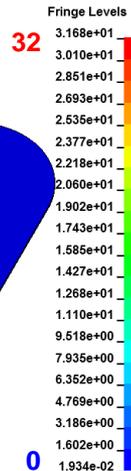
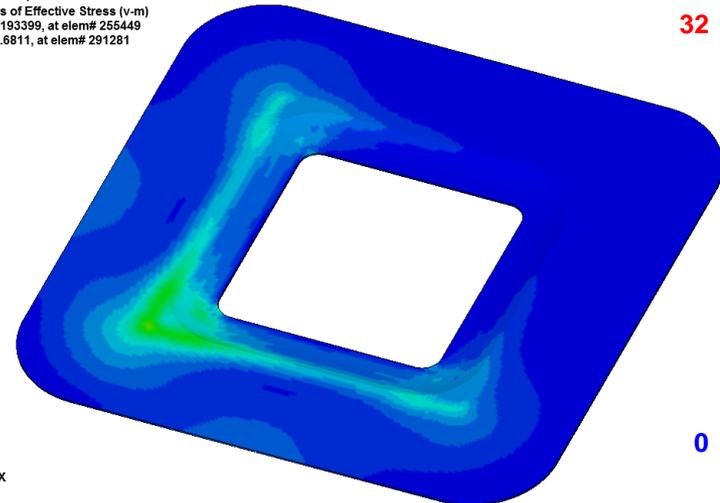


- 600 x 600 Mitte Vergleich Belastungsversuche MA39
 - Vergleichsspannungen Mises [MPa]

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0193399, at elem# 255449
max=31.6811, at elem# 291281



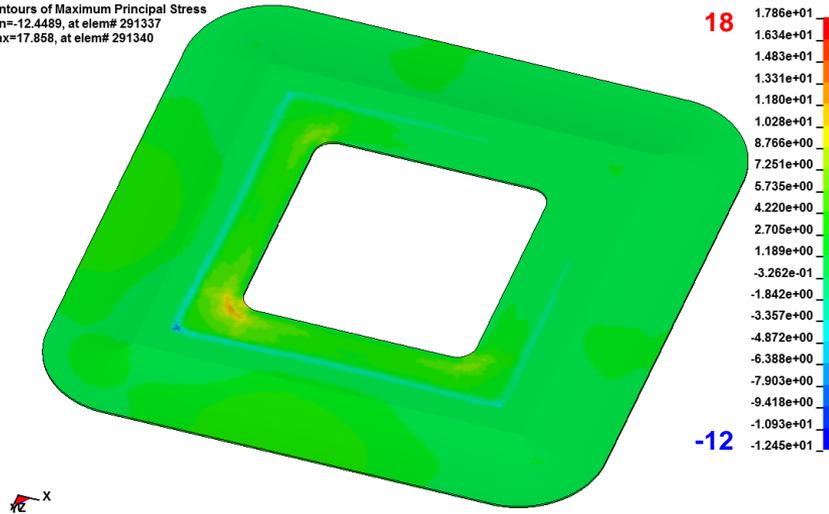
LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Effective Stress (v-m)
min=0.0193399, at elem# 255449
max=31.6811, at elem# 291281



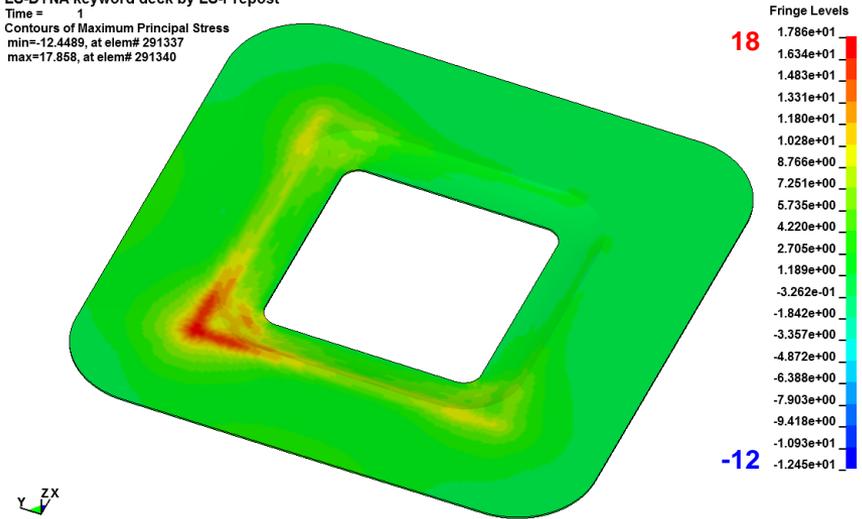
Im Übergangsbereich zwischen Rahmen und Platte treten Spannungsüberhöhungen in der Größe von ca. 32 MPa auf. Großflächig erreichen die Spannungen Werte um 15 MPa.

- 600 x 600 Mitte Vergleich Belastungsversuche MA39
 - Hauptnormalspannungen [MPa]

LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Maximum Principal Stress
min=-12.4489, at elem# 291337
max=17.858, at elem# 291340



LS-DYNA keyword deck by LS-Prepost
Time = 1
Contours of Maximum Principal Stress
min=-12.4489, at elem# 291337
max=17.858, at elem# 291340



Die Zugspannungen an der Plattenunterseite erreichen Werte um 18 MPa.

- **Zum Ausgleich von Höhenverschiebungen rund um im Straßenbau verwendeten Kanaldeckeln sollen entsprechende Dilatationselemente für rechteckige Kanalschächte ausgelegt werden.**
- **Basis für die Betrachtungen sind detaillierter Untersuchungen über bestehende, für runde Schächte vorgesehenen Ausgleichselemente.**
- **Mit Hilfe der Methode der finiten Elemente werden für drei Schachtvarianten den Vorgaben entsprechende Modelle aufgebaut und mit Normlasten beaufschlagt.**
- **Aus einer Vielzahl von Varianten werden die Ergebnisse der letztgültigen Optimierung dargestellt.**
- **Nachfolgend werden die Bewertungskriterien mit den zu erwartenden Sicherheiten für Kurzzeitbelastungen und zyklischen Langzeitlasten dargestellt.**

➤ Kurzeitfestigkeit GF-UP-Laminat

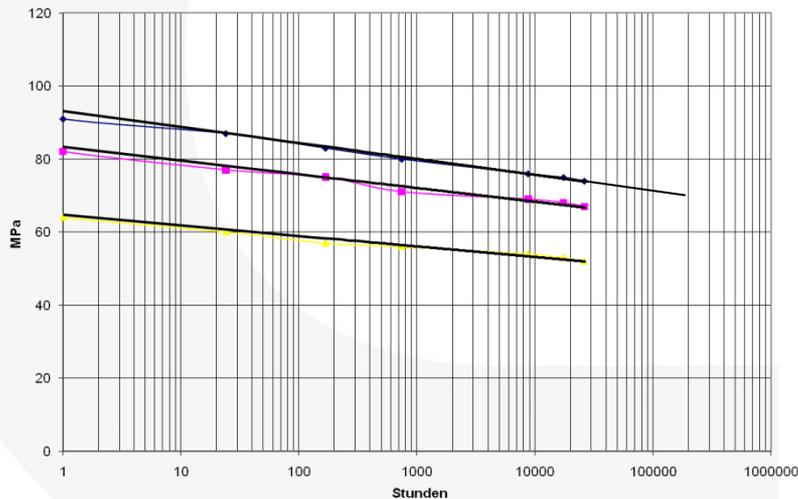
- Zum Vergleich werden Kurzeitfestigkeiten aus Literaturangaben bzw. aus durchgeführten 3-Punkt-Biegversuchen dargestellt.
- Für die Bewertung der Kurzeitfestigkeiten wird von einer erforderlichen Mindestbiegefestigkeit von 200 MPa ausgegangen.

	Zugfestigkeit	Zugmodul	Biegefestigkeit	Biegemodul
	MPa	GPa	MPa	GPa
Wigopal	-	-	-	-
Derakane 411-45 (40%)	143	12	204	7,1
Derakane 470-300 (40%)	124	11,4	165	8,6
Atlac 590 (34%)	111	10,1	206	9,8
HUP_CF_2450_RB109034175 (Versuch)	-	-	211	11,6

➤ Langzeitfestigkeiten GF-UP-Laminat

	Zugfestigkeit MPa	Zugmodul GPa	Biegefestigkeit MPa	Biegemodul GPa
Wigopal	-	-	-	-
Derakane 411-45 (40%)	143	12	204	7,1
Derakane 470-300 (40%)	124	11,4	165	8,6
Atlac 590 (34%)	111	10,1	206	9,8

Langzeit Zugfestigkeitsverlauf für UP-Normalharz im GF Laminat (30% Glasfaseranteil)
Quelle: Kunststoffkennwerte für Konstrukteure, Karl Oberbach, 1980

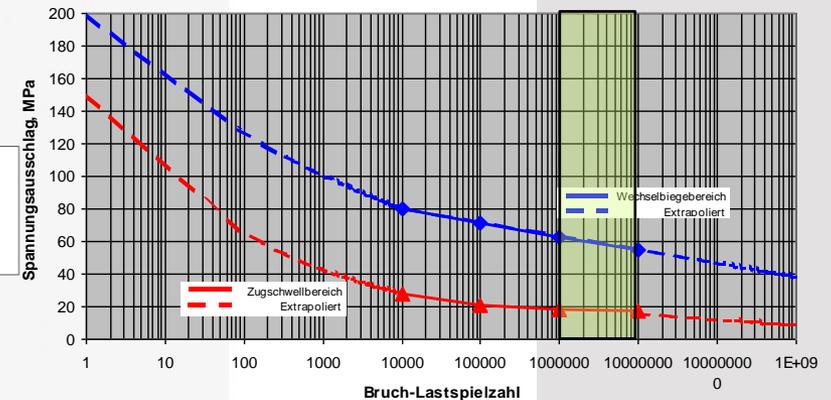


Reduktion Zugfestigkeiten bei 23°C nach 15 Jahren um ca. 20%

Langzeitfestigkeit 0.8 x 20 Mpa
16 MPa

Wechselbiege- und Zugschwellbereich für 40% GF-UP Laminat bei 25Hz

Quelle: Kunststoffkennwerte für Konstrukteure, Karl Oberbach, 1980
Ausgangswerte aus Bilde 30, Lastspielverhalten Bilder 128/134



Verkehrsaufkommen von 1000 Fahrzeugen pro Tag über 15 Jahre hinweg entspricht einer Lastspielzahl von ca. 10^6 bis 10^7
Kritische Belastung im Zugschwellbereich ca. 20 MPa

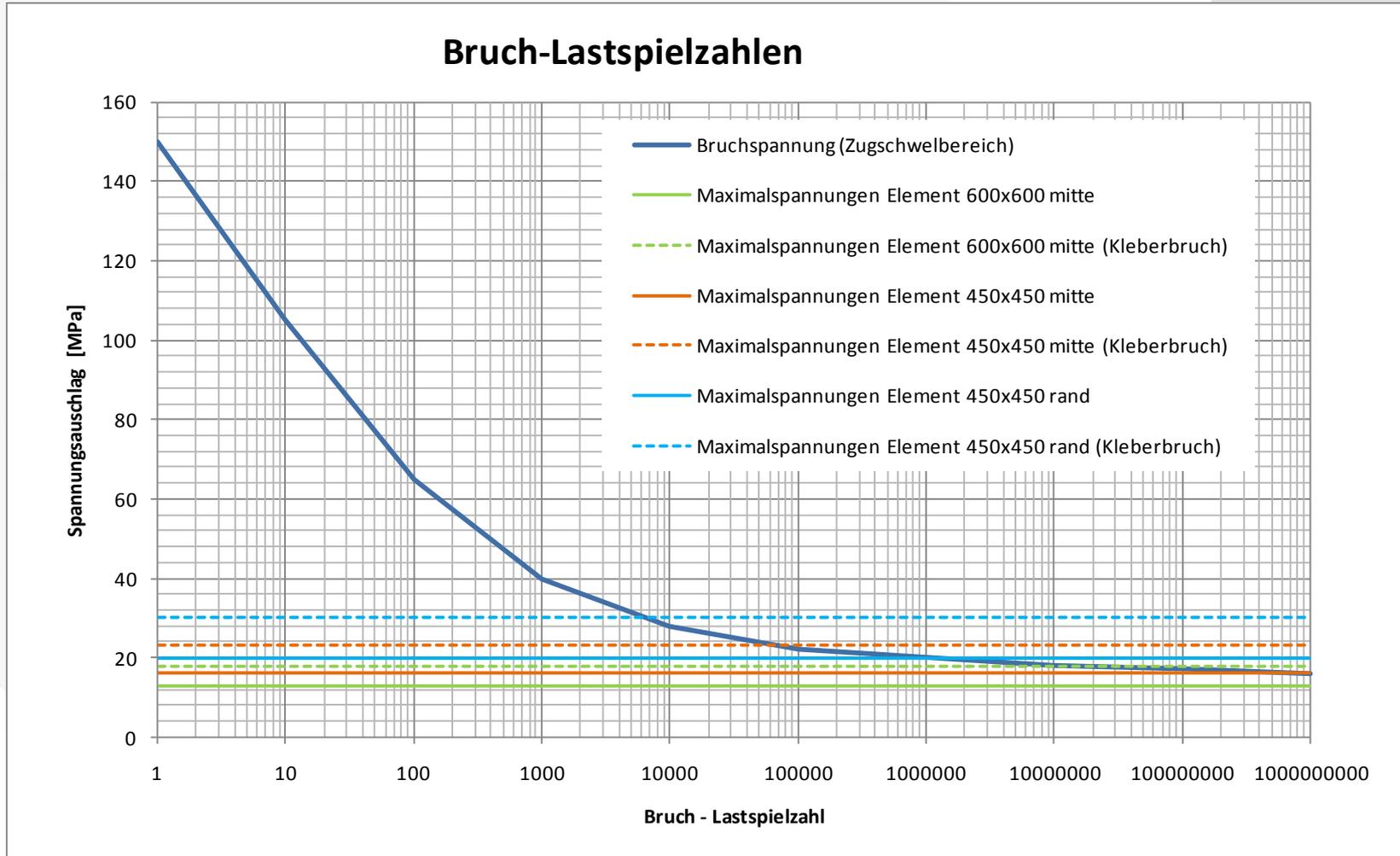
➤ Sicherheiten Kurzzeitlasten / Betriebsfestigkeit

- Folgende Sicherheiten ergeben sich bei einer Maximalbelastung von 11,05 to (EN, Önorm B5110).

	Belastung Maximallast [MPa]	Belastung Maximallast Kleberbruch [MPa]	Sicherheit Kurzzeitbelastung	Sicherheit Kurzzeitbelastung Kleberbruch	Sicherheit Langzeitbelastung	Sicherheit Langzeitbelastung Kleberbruch
Element 600x600 mitte	13	18	15.4	11.1	1.2	0.9
Element 450x450 mitte	16	23	12.5	8.7	1.0	0.7
Element 450x450 rand	20	30	10.0	6.7	0.8	0.5

Kurzzeitfestigkeit 20 MPa
Langzeitfestigkeit 16 MPa

➤ Bruch – Lastspielzahlen bei Maximallast 11,05 to



- Laut Simulation und zugrundeliegender Modellierung kann die Maximallast bei den Varianten 600x600 Mitte und 450x450 Mitte mit einer Lastspielzahl von ca. 10^6 bis 10^7 (entsprechend 1000 Belastungen / Tag über einen Zeitraum von 15 Jahren) ertragen werden. Die Variante 450x450 Rand kann ca. 10^6 Lastwechsel aufnehmen.
- Bei vollständigem Versagen der Verklebung kann die Variante 600x600 Mitte vergleichbare Lastspielzahlen ertragen, bei der Variante 450x450 Mitte reduzieren sich die Bruch-Lastspielzahlen auf ca. $6 \cdot 10^6$ Lastwechsel, die Variante 450x450 Rand erträgt ca. $7 \cdot 10^5$ Lastwechsel.
- Die Bewertung erfolgt bei der maximal zulässigen Radlast, in der Praxis ergibt sich ein Lastkollektiv. Bei Halbierung der Lasthöhe können sämtliche Varianten die geforderten 10^6 bis 10^7 Lastwechsel ertragen.
- Kurzzeitlasten können mit einer Sicherheit >6 aufgenommen werden.
- Basis für die Bewertungen sind Materialkennwerte für UP-Normalharz im GF-Laminat mit 30 % Glasfaseranteil aus Literaturangaben und aus Kurzzeit-Biegeversuchen. Dabei wird von einer Kurzzeitmindestfestigkeit von 200 MPa und von einer Langzeitfestigkeit von 16 MPa ausgegangen.
- Bei der Herstellung der Elemente ist eine geringe Porosität (Lunkerbildung siehe Seite 15 und 16) des Materials, und auf ein ausreichender Schutz gegen Feuchtigkeitsaufnahme (shell coat) erforderlich. Dies ist stichprobenmäßig zu überprüfen.