

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN AN PUNKTHALTESYSTEMEN FÜR FASSADEN- UND ÜBERKOPF- VERGLASUNGEN

Ableitung eines vereinfachenden Rechenmodells/-verfahrens

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI, Reutlingen

eMail marc.quint@xperteez.de bzw. Homepage www.xperteez.de

Grundsatzuntersuchungen an Punkthaltern für Glaskonstruktionen

- Berechnungen ebener Flächentragwerke
- Berechnungen räumlicher Volumenelemente

==> vereinfachtes Bemessungsverfahren für die Praxis



Punktgehaltene Fassadenverkleidungen (Structural Glazing)

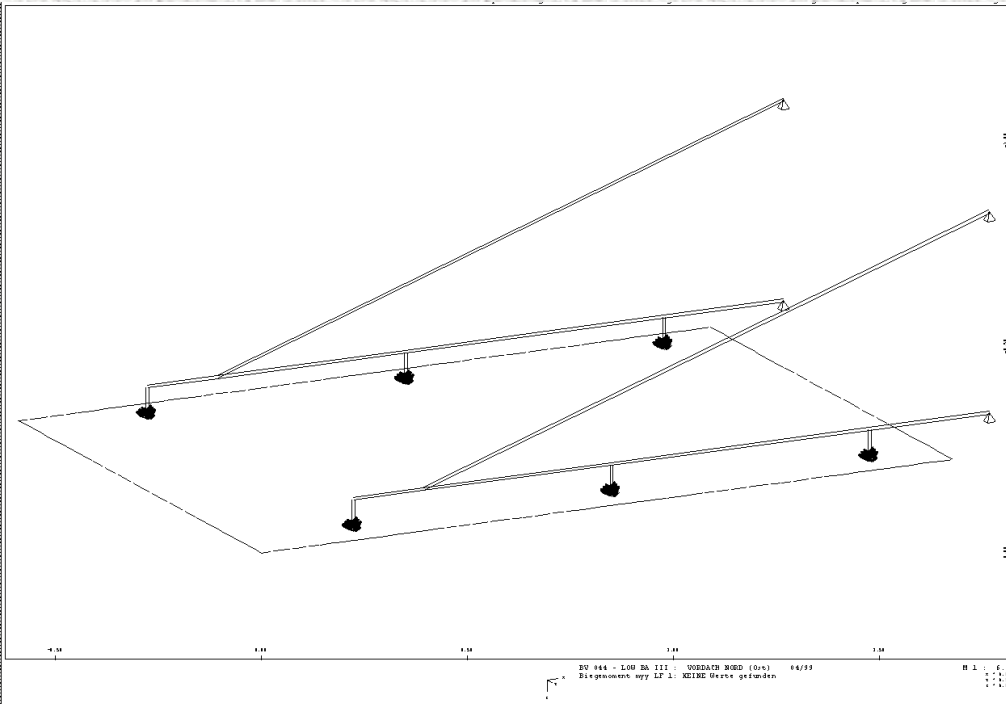
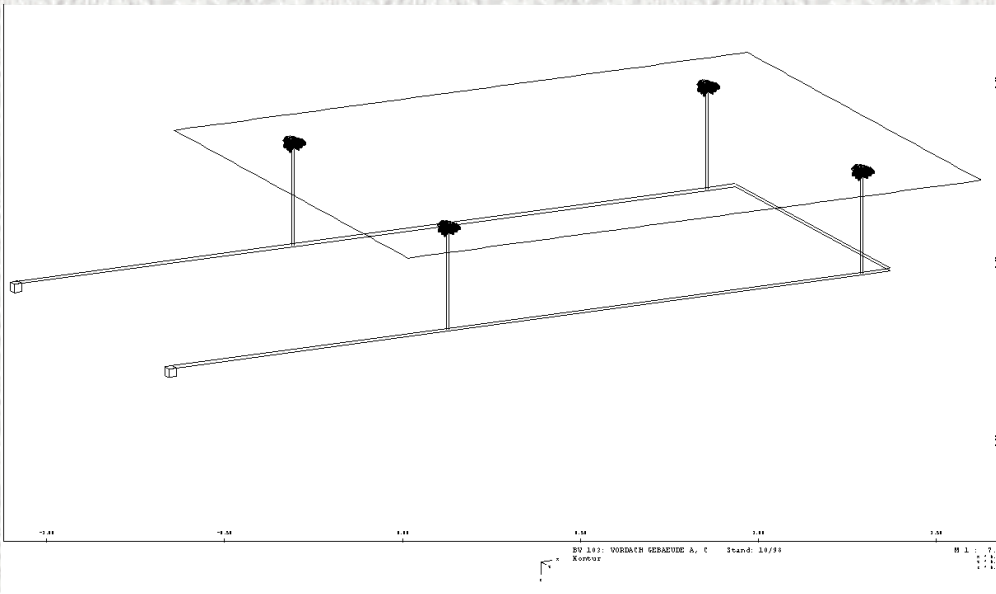
ARCHITEKTUR :

- Großflächige Konstruktionen mit punktuellen Halterungen

BEANSPRUCHUNG

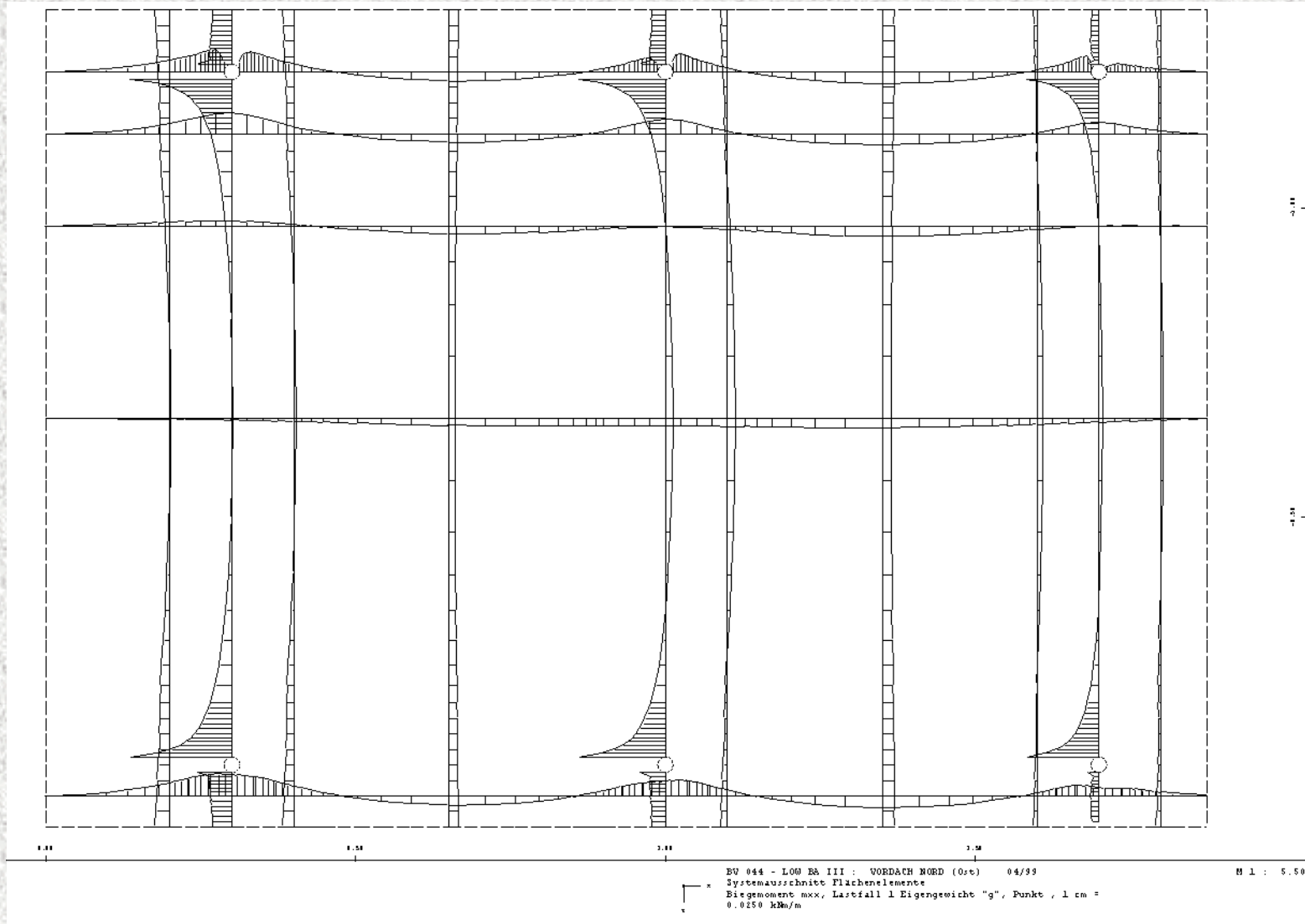
- sprödes Material dem man bei seiner Transparenz seine großen lokalen Beanspruchungen nicht „ansieht“

Gesamtmodelle



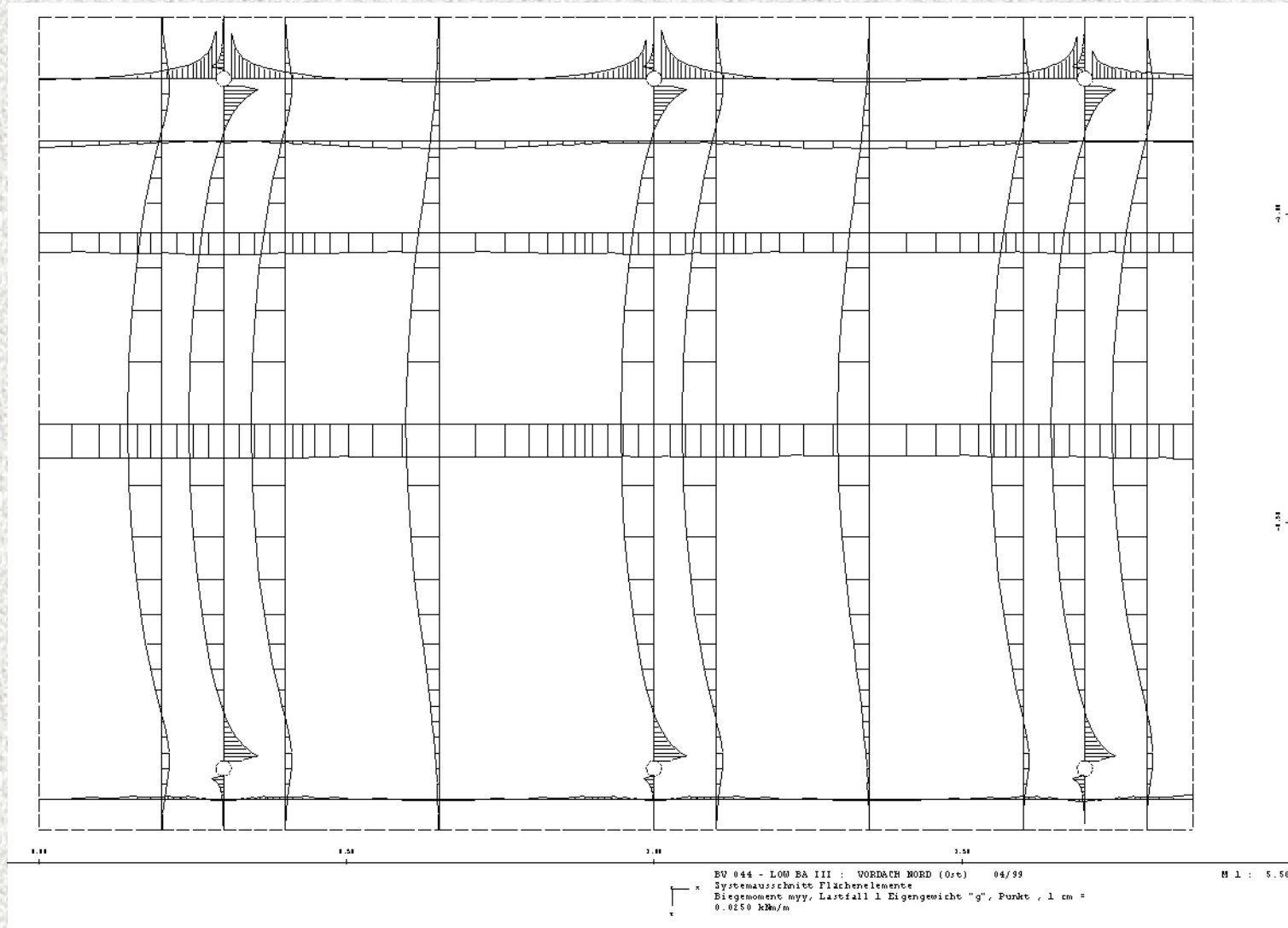
- Horizontale oder geneigte Konstruktionen für Vordächer oder Überdachungen
- Hängend oder aufgestützt

Hauptbeanspruchungen / 1



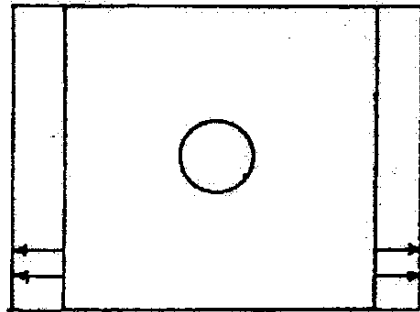
- Biegebeanspruchungen stellen i.d.R. die maßgebenden Beanspruchungen dar und sind über den Lochbereich durchzuleiten (Stützmente) oder in den Halter einzuleiten (Einspannung)

Hauptbeanspruchungen / 2



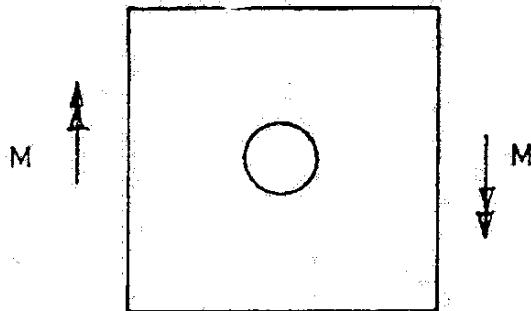
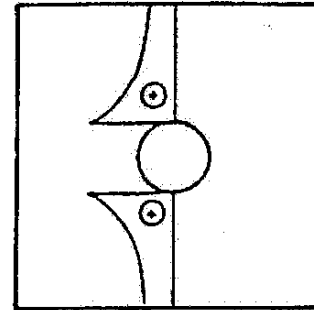
- Biegebeanspruchungen stellen i.d.R. die maßgebenden Beanspruchungen dar und sind über den Lochbereich durchzuleiten (Stützmente) oder in den Halter einzuleiten (Einspannung)

Durchleitungsanteile



b) Scheibe mit Bohrung

Membranspannungen



c) Platte mit Bohrung unter konstantem Moment, Längsspannungen

Umfangsspannungen an der Oberseite (entlang Schnitt durch Mitte Bohrung)

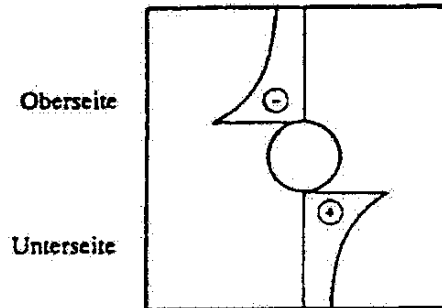
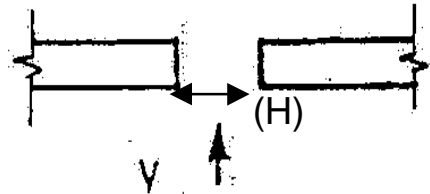


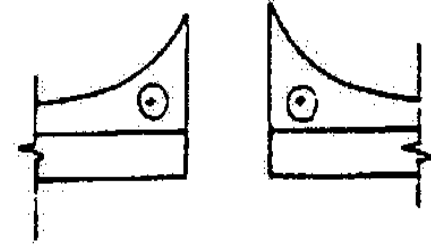
Bild 5.1: Mechanische Teilprobleme

Im wesentlichen von am Loch durchzuführenden Biege- und Membranbeanspruchungen bestimmt

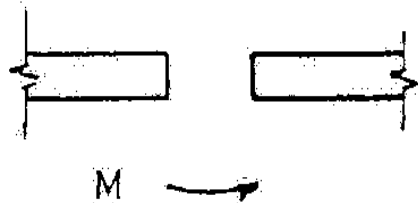
Halteranteile



d) Platte mit Bohrung unter Querkraft-Einleitung
(bzw. Horizontalkraft-Einleitung)



Umfangsspannungen an der
Oberseite (entlang Schnitt
durch Mitte Bohrung)



e) Platte mit Bohrung unter Momenteneinleitung

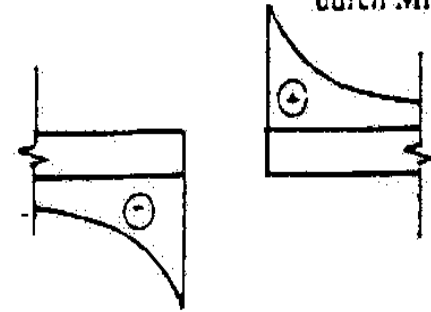


Bild 5.1: Mechanische Teilprobleme

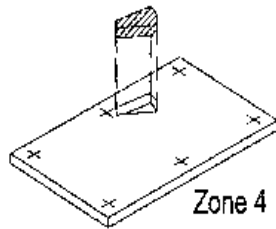
\Rightarrow Im wesentlichen vom individuellen Halter bestimmt

Berechnungsmodelle

- Schalenelemente

Beispiel schlechte Lochgenerierung:
(Festpunkt)

- keine Bohrung abgebildet
- geringe Elementfeinheit
- keine Ausmitte erfaßt



Beispiel gute Lochgenerierung:
(Festpunkt)

- Bohrung abgebildet
- gute Elementfeinheit
- Ausmitte erfaßt

32 Elemente
um das Loch

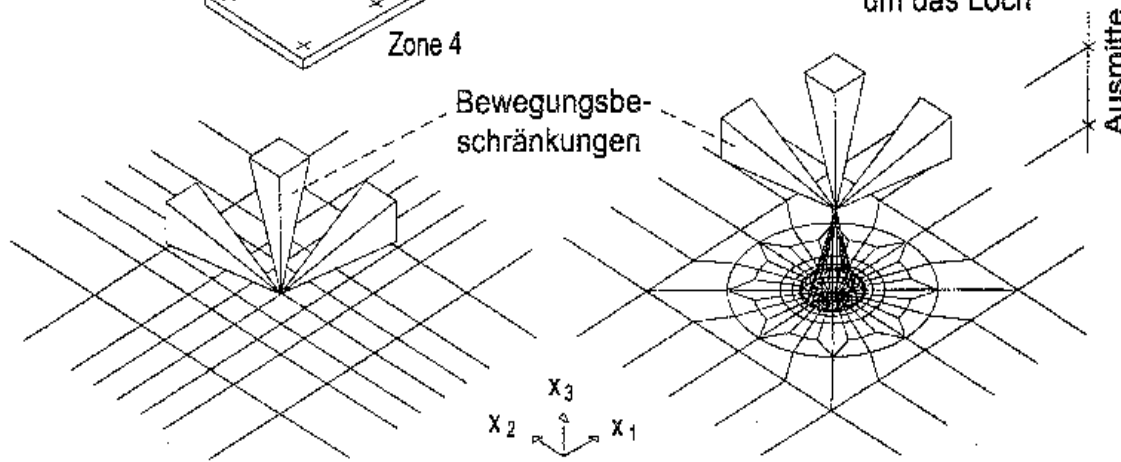


Bild 7.5-1

Beispiel für schlechte und gute Lochmodellierung mittels FEM

UNZUREICHEND :

- Berechnung als Platte/Scheibe mit Festhaltung in einem einzelnen mittig angeordneten Punkt bzw. Knoten ohne Berücksichtigung der Durchdringung
- Unzureichende Elementanzahl um dem Spannungsverlauf nahezukommen

BESSER / ÜBLICH :

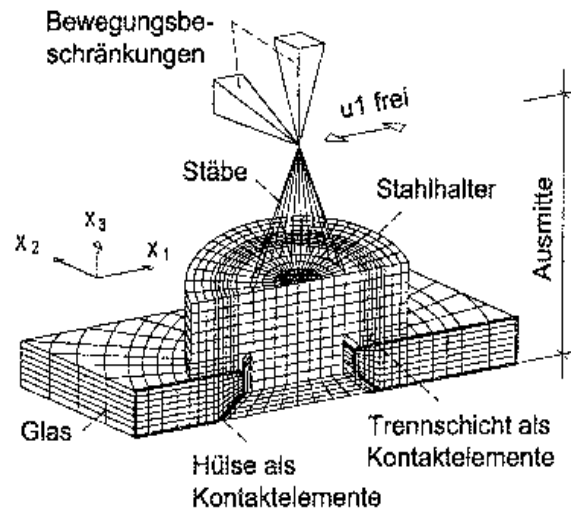
- Schalenelemente und Kopplung mit elastischen Federn auf exzentrisch angeordneten Gelenkpunkt
- Berechnung kann mit ebenen Flächenelementen am räumlichen System durchgeführt werden

Berechnungsmodelle

- Volumenelemente

Generierung mittels 3D- Volumenelementen: (Loslager)

- Abbildung von Glasbohrung, Hülse, Trennschicht und Stahlhalter
- Einsatz von Kontaktelementen
- Anschluß Loslager über Stäbe
- Ausmitte erfaßt
- Trennschicht mit $E = 100$ bis 400 N/mm^2 mit $\mu \sim 0.3$ bis 0.4



Generierung mittels 3D- Schalenelementen: (Loslager)

- Abbildung der Glasbohrung
- Kalibrierung Schalenelemente hochkant: Abbildung von Hülse und Trennschicht (alternativ: Federn)
- Anschluß Loslager über Stäbe und Stahlplatte
- Lochleibung über Druckstäbe (Versagen bei Zug)
- Ausmitte erfaßt
- Lochdurchmesser = innerer Konusdurchmesser (sichere Seite)

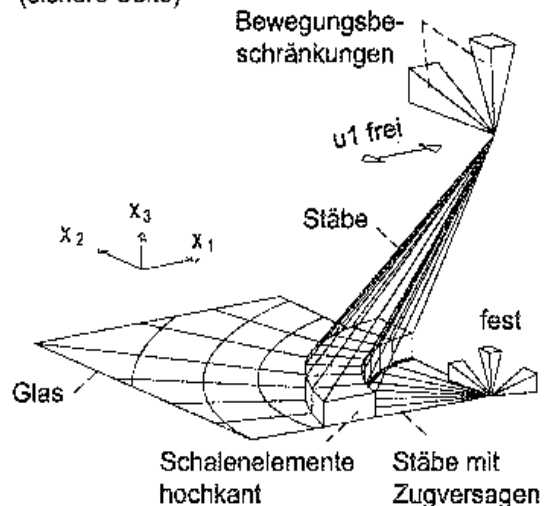


Bild 7.5-2 Beispiele für Modelle für konische Punkthalterungen
(rechts: Ersatzmodell)

HEUTIGER STAND :

VEREINFACHT

- Schalenelemente + EPDM-Volumenelemente auf Gelenkpunkt gekoppelt

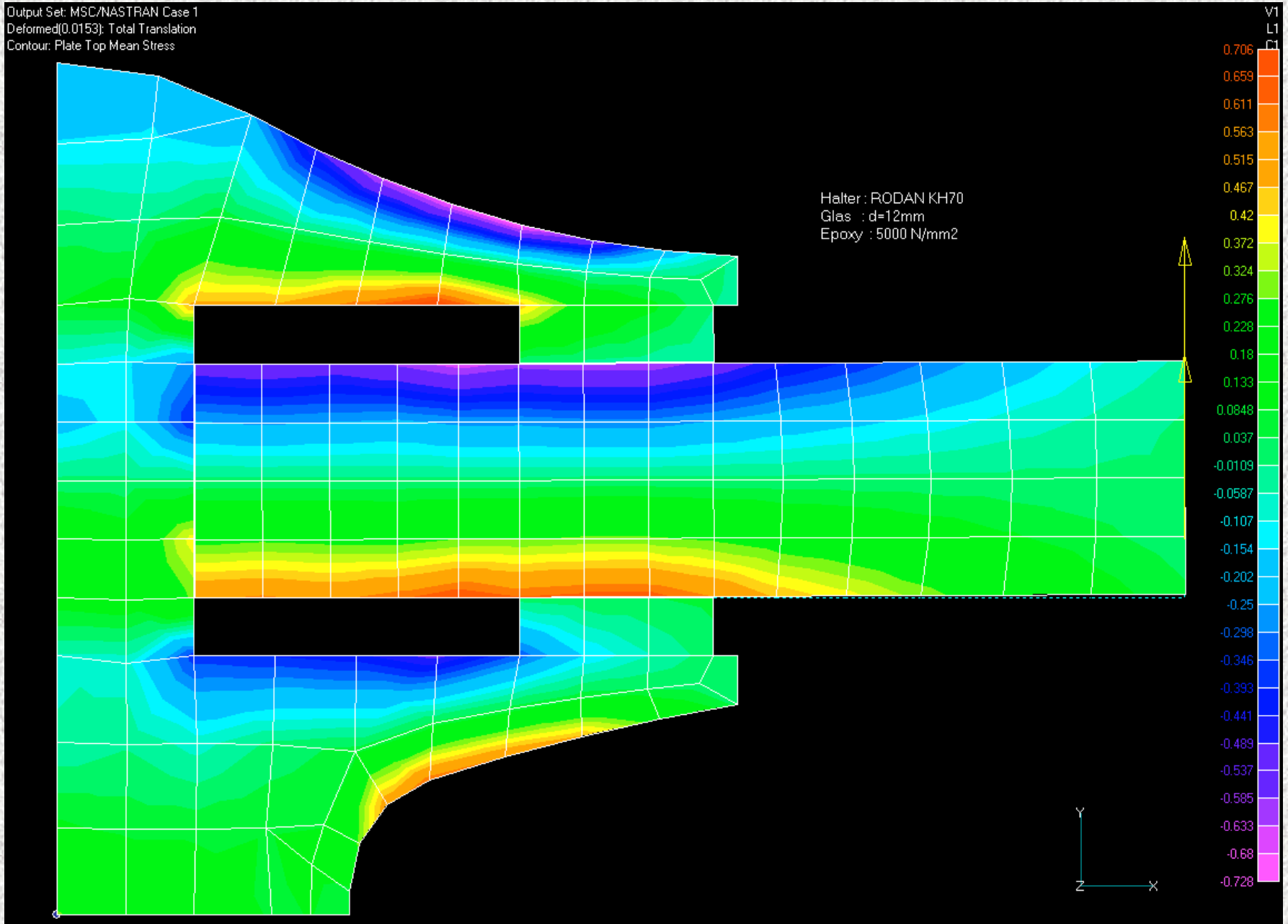
UMFANGREICH

- Volumenelemente unter Berücksichtigung der Halter- und Glasgeometrie auf Gelenkpunkt gekoppelt
- Elastische Zwischenschichten und Kontaktverhalten können berücksichtigt werden
- Geometrie der Glasscheibe bei gesenkten Haltern möglich

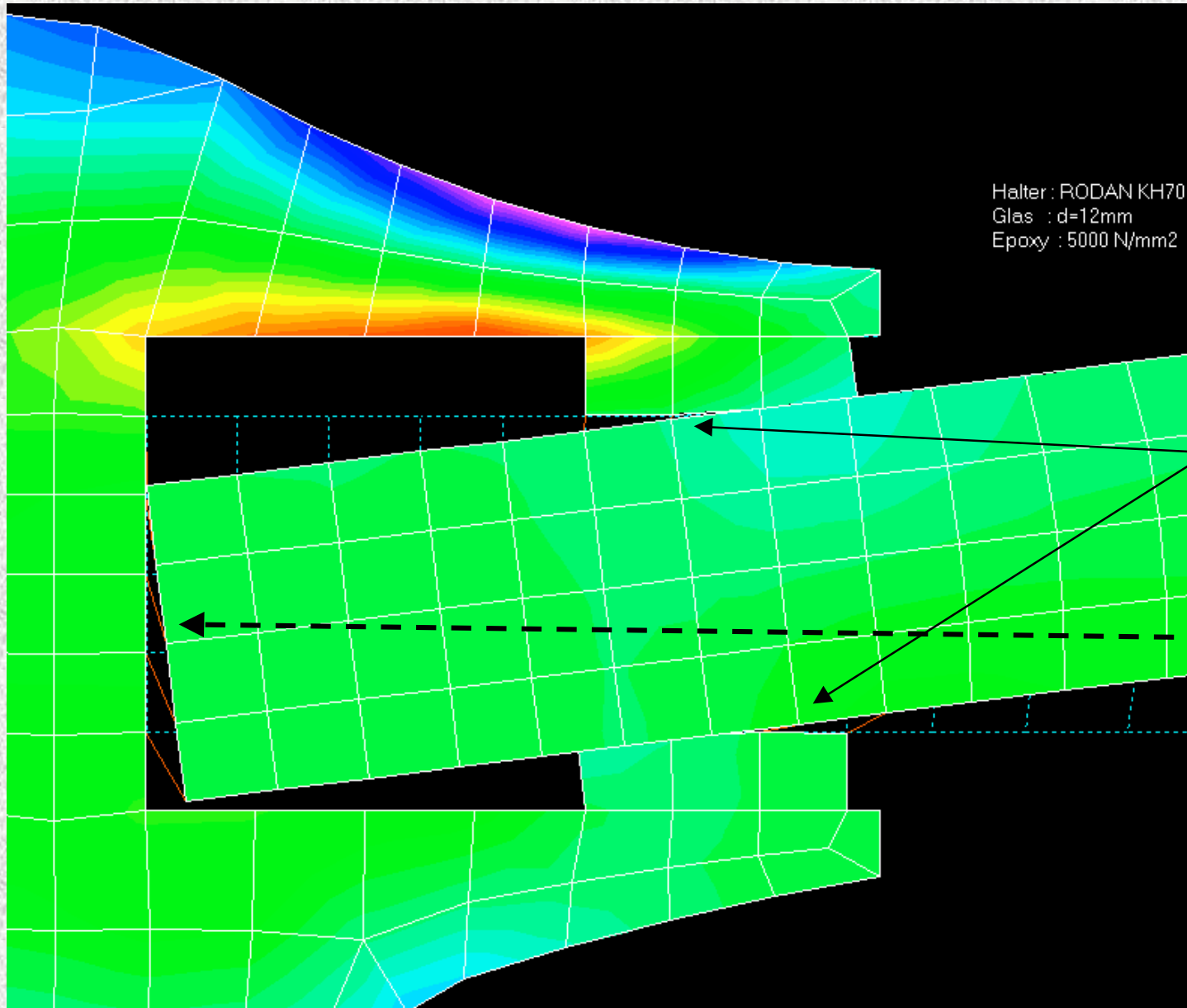
KH70 -lineare Berechnung

Verformungen 10-fach überhört

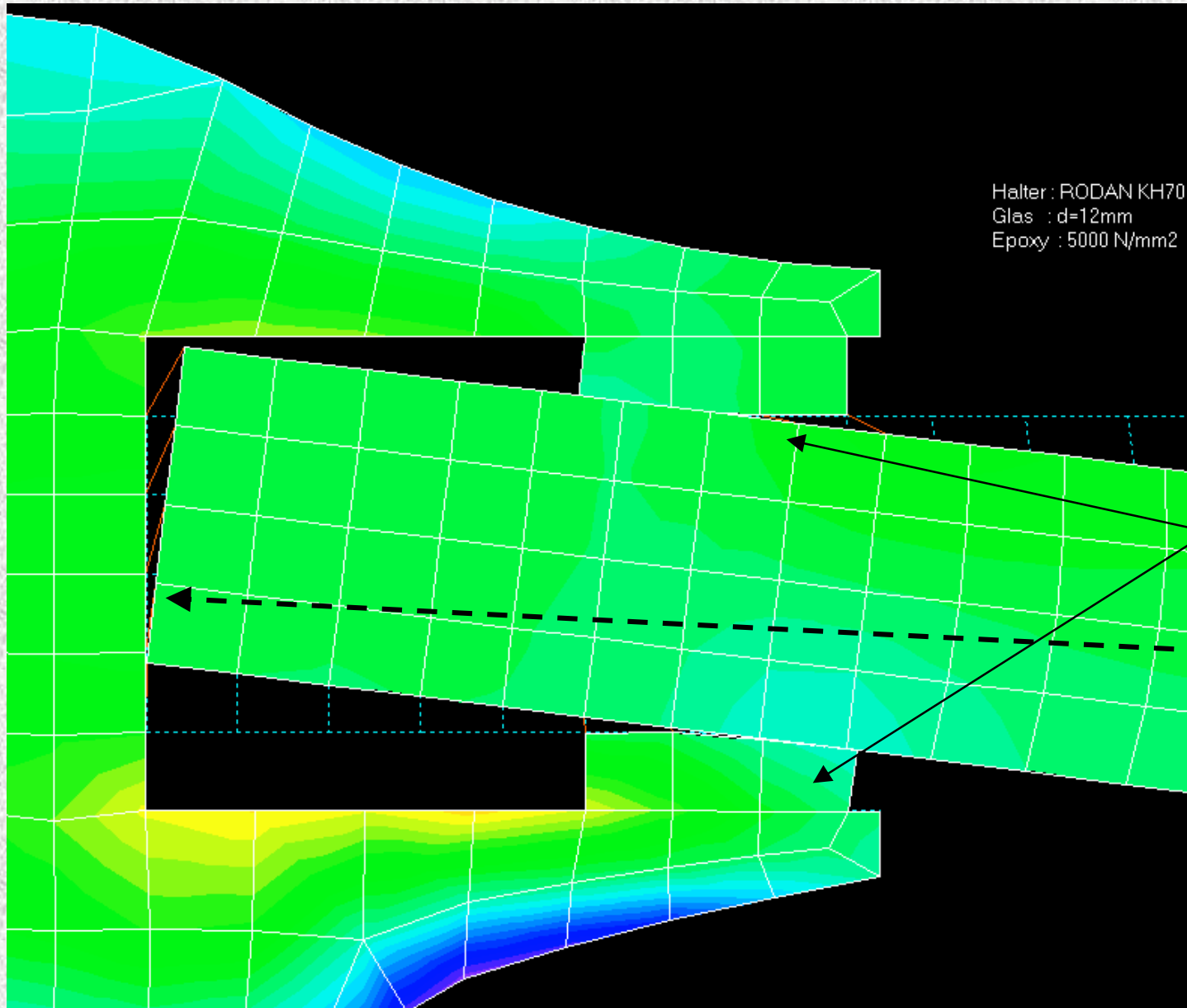
Output Set: MSC/NASTRAN Case 1
Deformed(0.0153): Total Translation
Contour: Plate Top Mean Stress



Kontaktproblem als 2D-Berechnung am Beispiel RODAN KH70



Kontaktproblem als 2D-Berechnung am Beispiel RODAN KH70



**Berechnung mit
GAP-Elementen**

(Last nach unten)

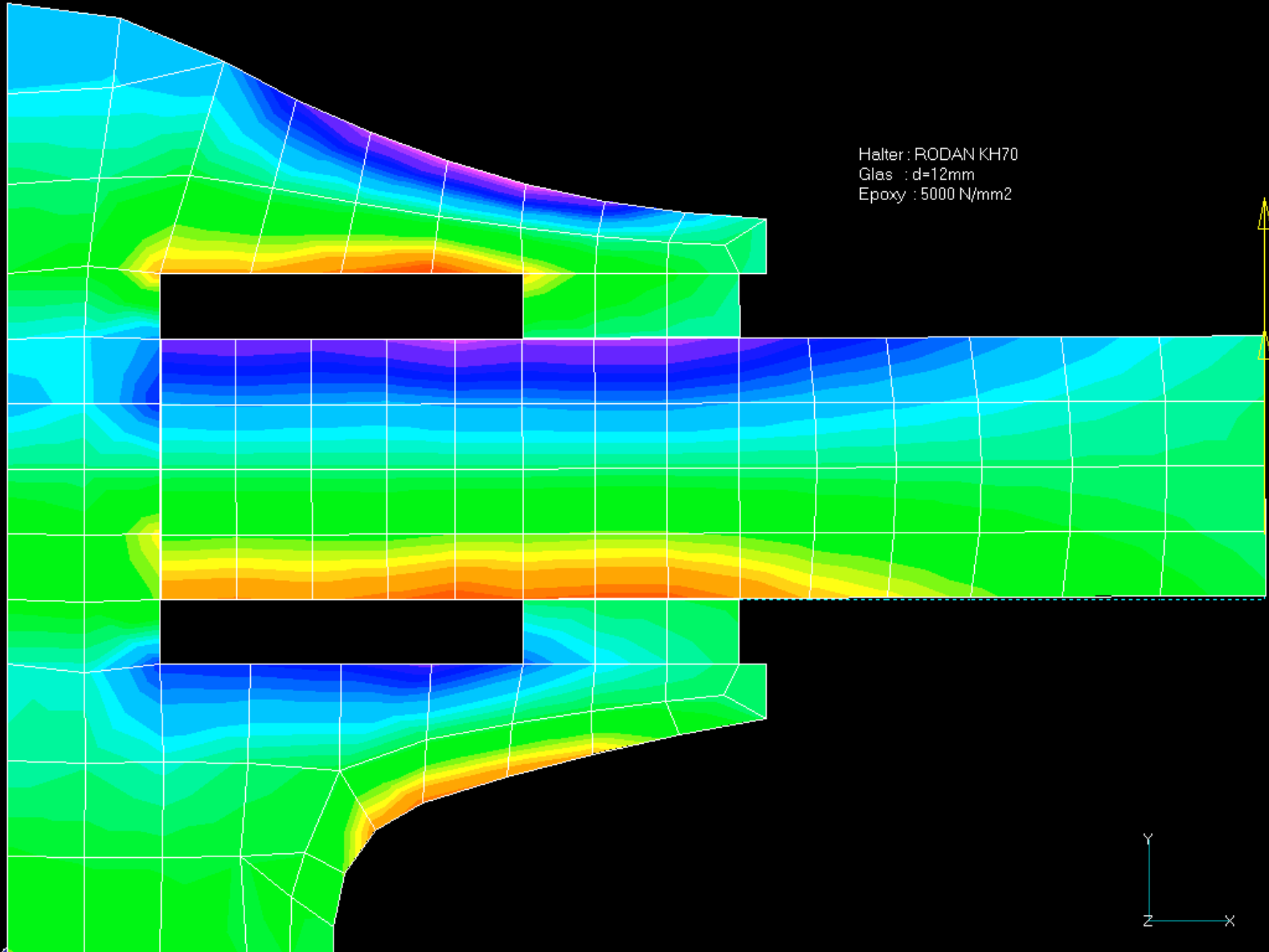
Ablösen von den
horizontalen EPDM-
Backen

Ablösen (Gleiten) der
EPOXY-Hülse

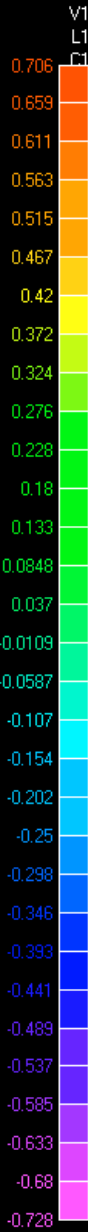
KH70 -lineare Berechnung, hor. beh.

Verformungen 10-fach überhöht

Output Set: MSC/NASTRAN Case 1
Deformed(0.0153): Total Translation
Contour: Plate Top Mean Stress



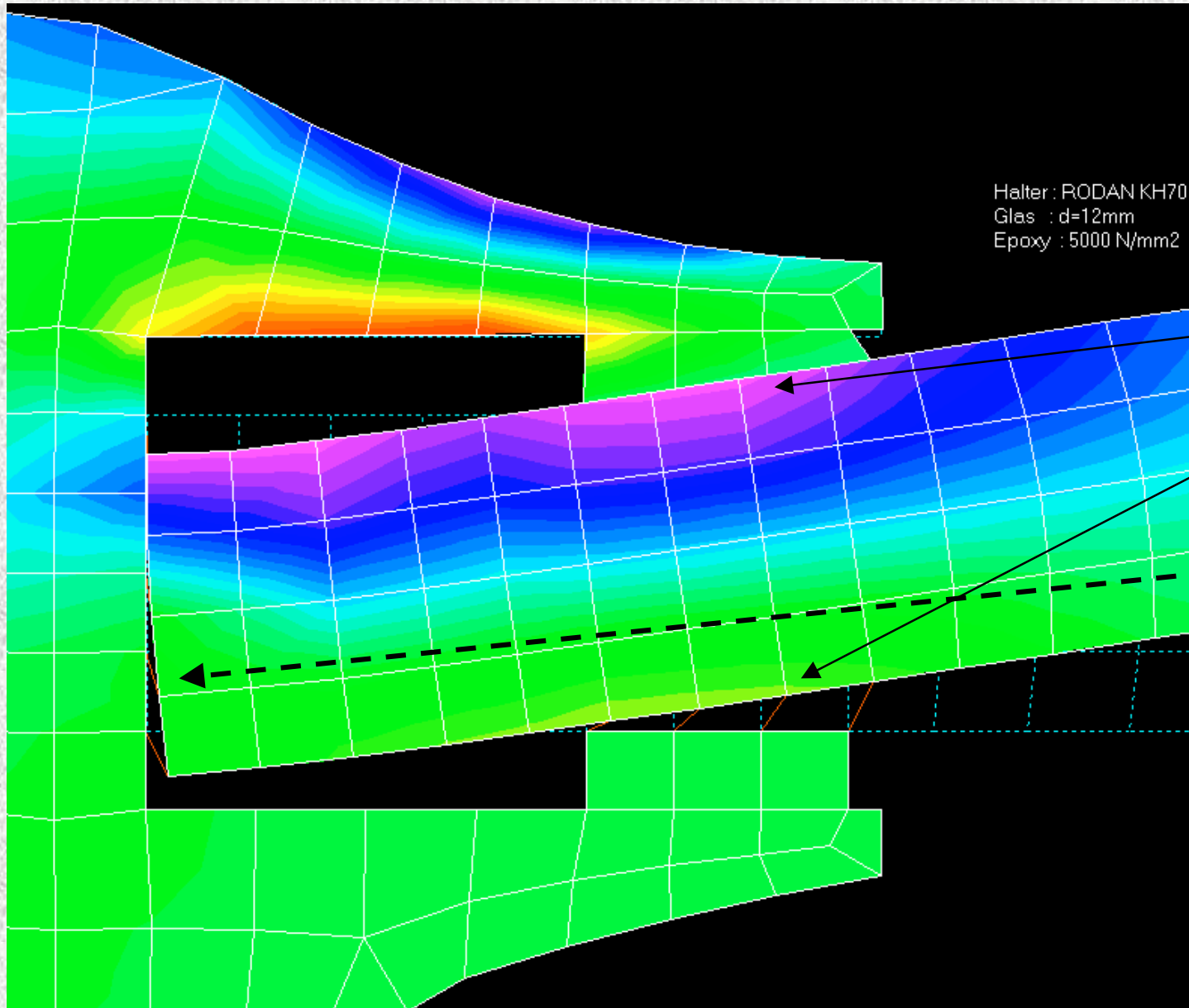
Halter : RODAN KH70
Glas : d=12mm
Epoxy : 5000 N/mm2



Kontaktproblem als 2D-Berechnung am Beispiel RODAN KH70

- horizontal behindert

(Verformungen 200-fach (!!)) überhöht)



**Berechnung mit
GAP-Elementen**

(Last nach oben)

Volles Überdrücken
der oberen EPDM-
Backe

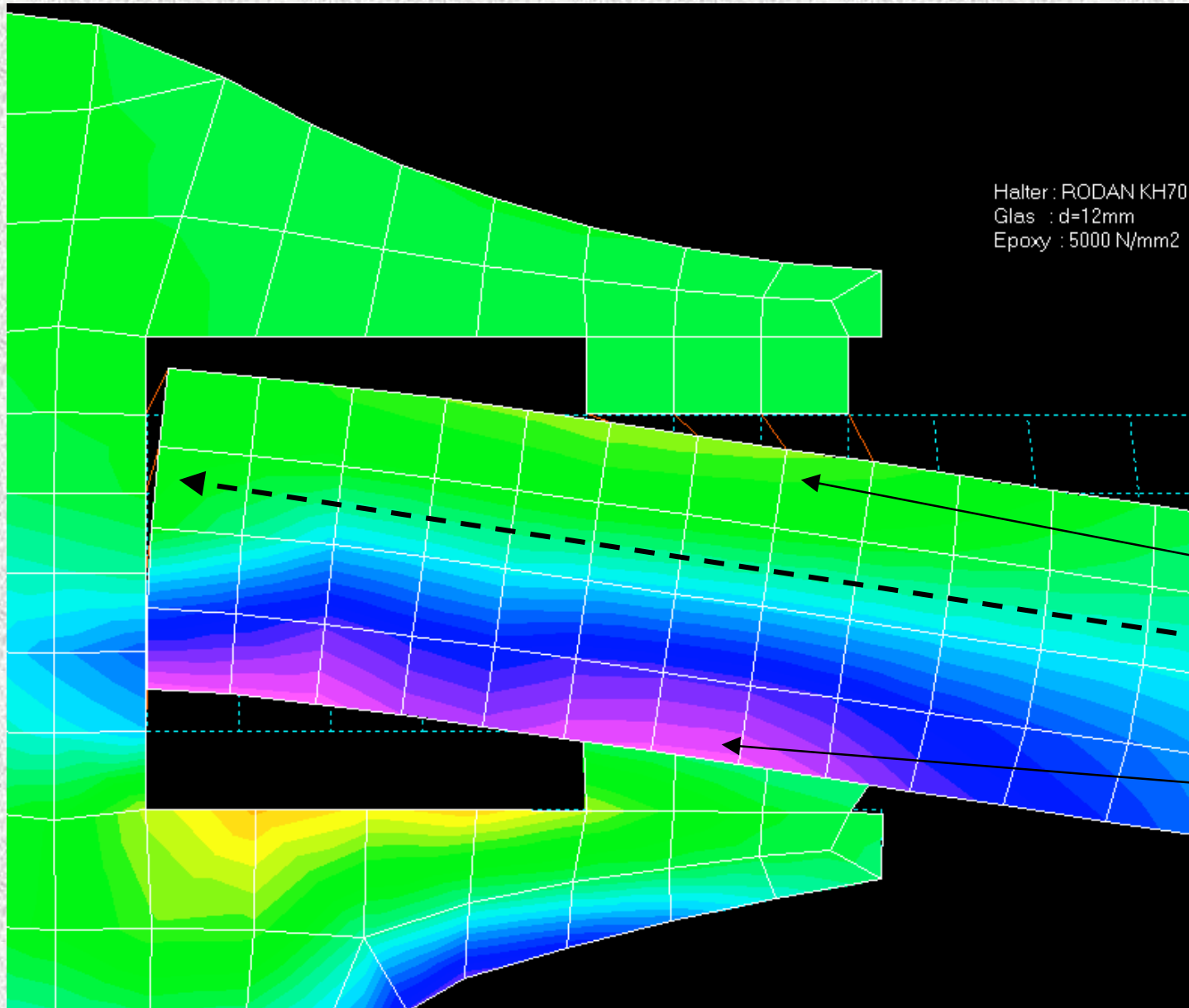
Ablösen von der
unteren horizontalen
EPDM-Backe

Ablösen (Gleiten) der
EPOXY-Hülse

Kontaktproblem als 2D-Berechnung am Beispiel RODAN KH70

- horizontal behindert

(Verformungen 200-fach (!!) überhöht)



**Berechnung mit
GAP-Elementen**

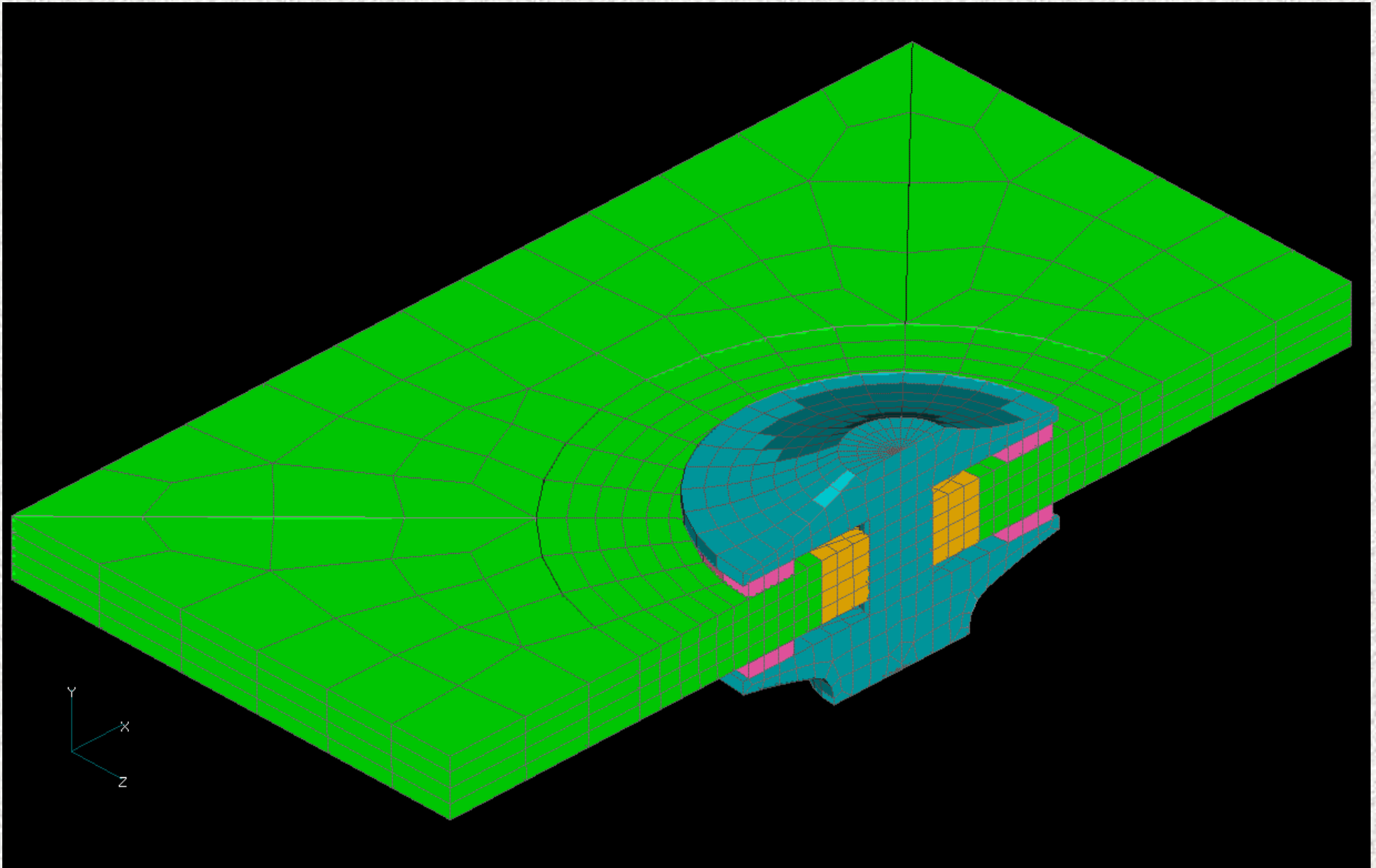
(Last nach unten)

Ablösen von der
oberen horizontalen
EPDM-Backe

Ablösen (Gleiten) der
EPOXY-Hülse

Volles Überdrücken
der unteren EPDM-
Backe

Volumenmodell



3D-Volumenberechnung unter Berücksichtigung der Umlagerung im Lochbereich und der direkten Umgebung

Allgemeines vereinfachtes Berechnungsverfahren

- Statische Berechnung am räumlichen Gesamtsystem
- Berücksichtigung von Halterexzentrizitäten u.ä.
- Ermittlung der Auflagerkräfte (H, V, M)
- Bestimmung der „Auflageranteile“
- Ermittlung der Schnittgrößen (M, N) in definierten Schnitten
- Bestimmung der „Durchleitungsanteile“ unter Berücksichtigung (Abzug) der „Auflageranteile“
- Ermittlung der Spannungen mit Hilfe von Tabellen/Graphen zum jeweiligen Halter bzw. zur Lochausbildung
- Näherungsweise Überlagerung dieser Spannungsanteile zur Bemessungsspannung
- Vergleich der vorhandenen mit der zulässigen Spannung für das verwendete Glas (Float, TVG, ESG)

„Genauere“ Berechnungen

- **Hochgradig nicht lineare Berechnungen**

- geometrische Nichtlinearität des globalen Systems
- geometrische Nichtlinearität durch Kontaktproblem
- Materialnichtlinearität (EPDM, EPOXY, PVB etc.)
- Kriechneigung der Materialien (EPDM, EPOXY, PVB etc.)
- Temperaturabhängigkeit
- Verbundverhalten (VSG)

- **Belastungsgeschichte**

- es werden Verformungen bzw. Schnittgrößen eingepreßt oder abgebaut

==> Keine „genaue“ Berechnung möglich !!

==> Berücksichtigung der maßgeblichen Größen !!!!

==> **Sinnvoll Konstruieren**

Neuartige Anwendungsgebiete



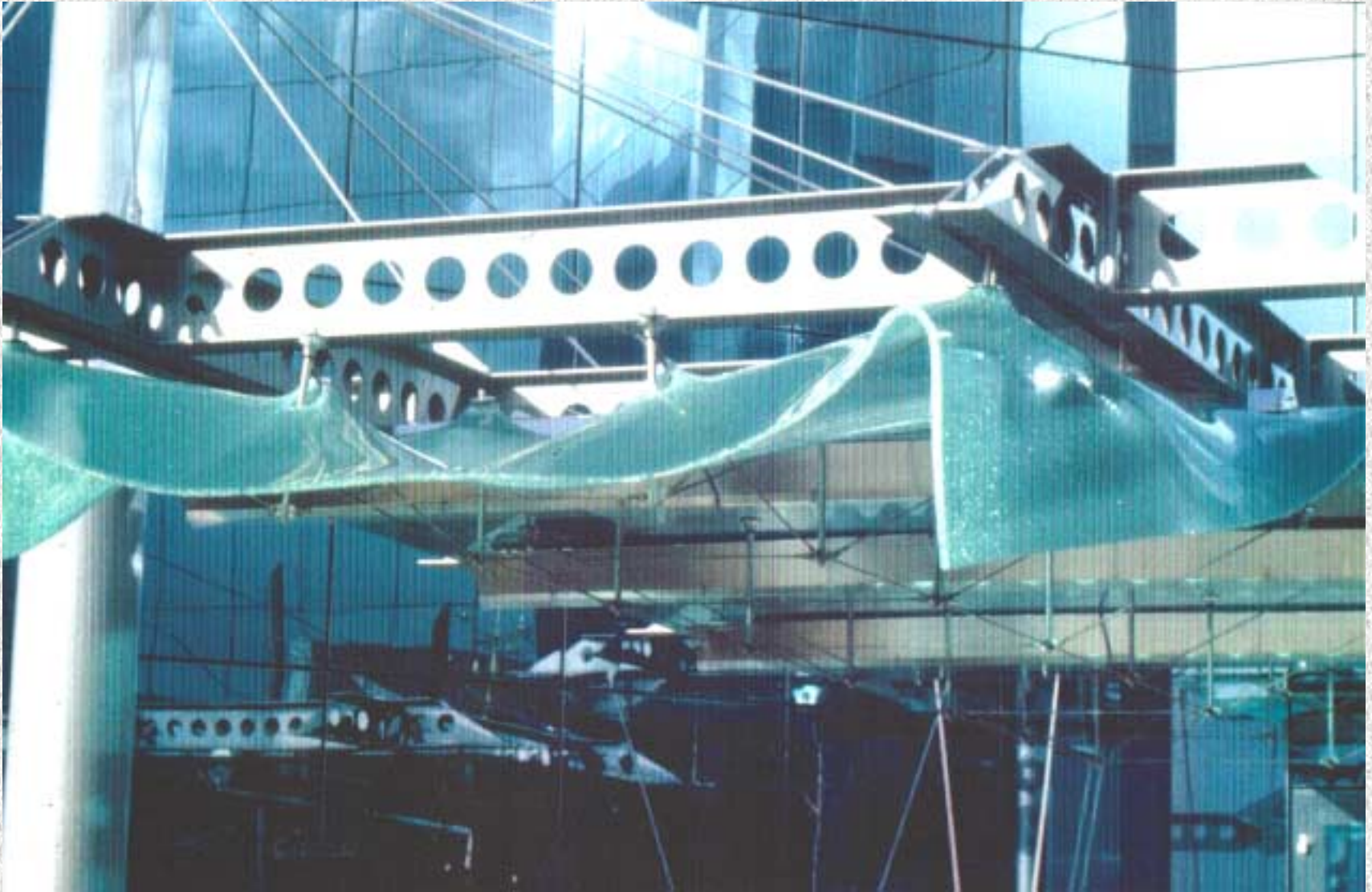
Unterspannte Glastafeln
mit hoher Transparenz

Neuartige Anwendungsgebiete



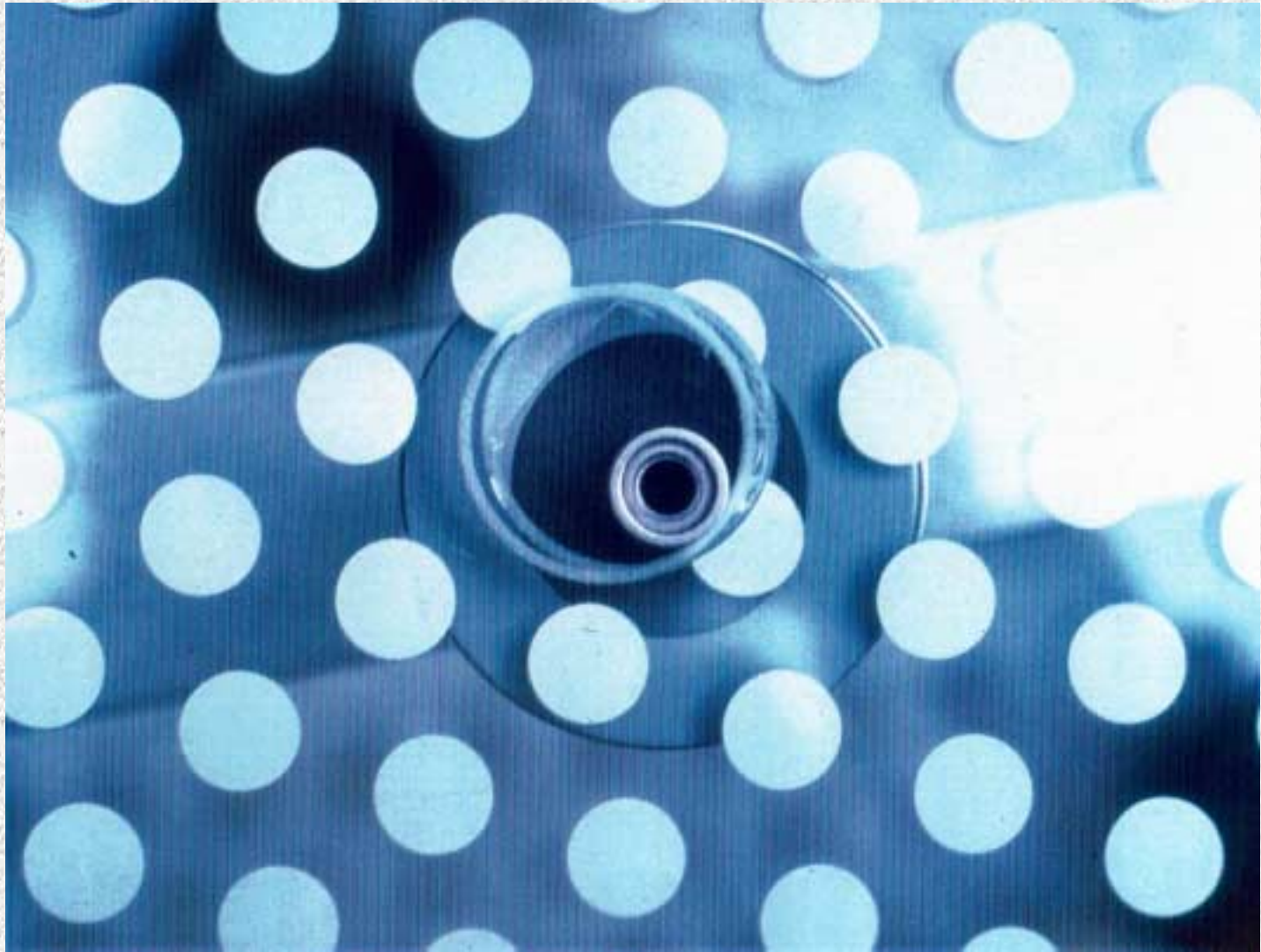
Als zustimmungspflichtige Überkopfverglasung gegen Herabfallen gesichert

Resttragfähigkeit



Auch für planmäßige Beanspruchung korrekt bemessene Bauteile können Schäden erleiden
- falsches Material (ESG) - unvorhergesehene Beanspruchung (LKW)

Planung \Leftrightarrow Realität

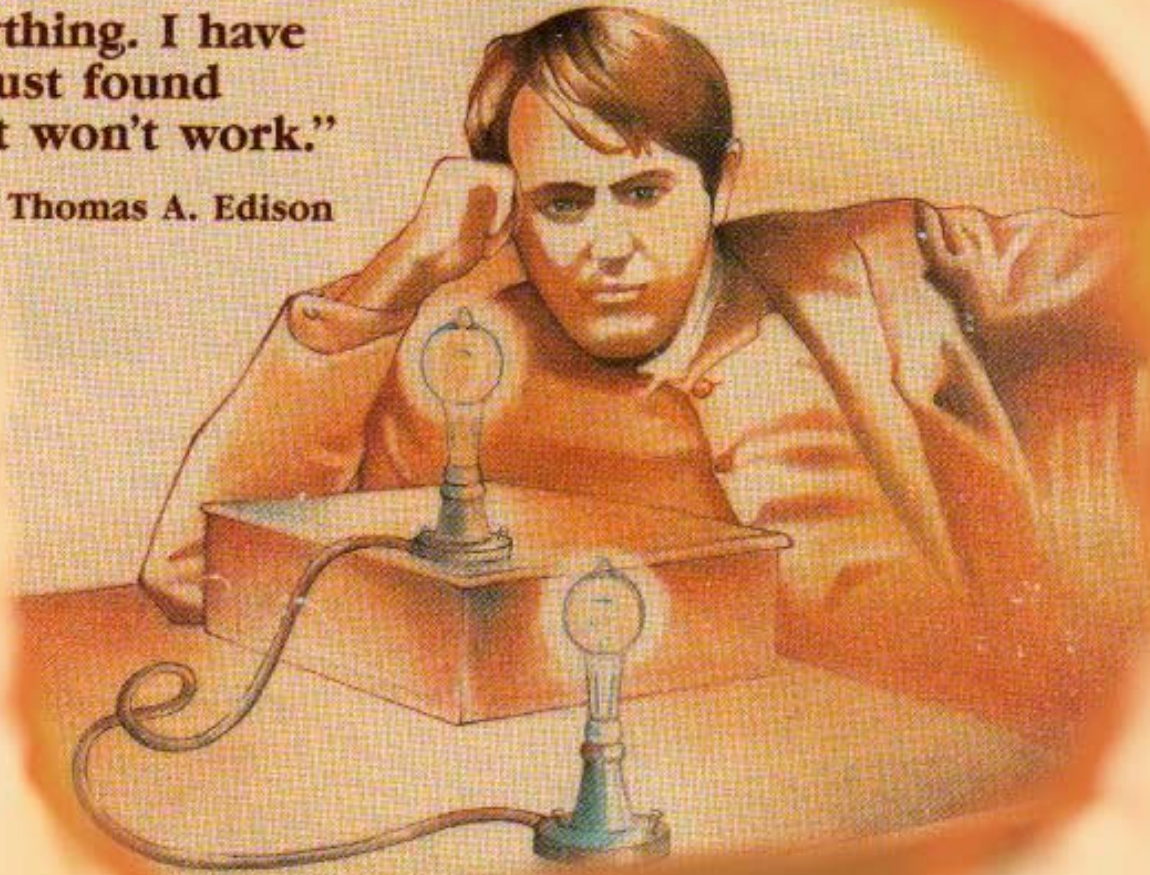


Berechnen ist gut. Gut Konstruieren ist besser !

Ausblick

“I’ve tried everything. I have not failed. I’ve just found 10,000 ways that won’t work.”

Thomas A. Edison



**Für die Berechnungs-
ingenieure, die Behörden,
die Architekten und die
Ausführenden gibt es noch
viel zu ergründen und für
zukünftige Konstruktionen
umzusetzen.**



GLAS

Ein sensibler
Werkstoff

mit besonderen
ästhetischen
Herausforderungen
und Möglichkeiten

richtig konstruiert
und bemessen !

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI, Reutlingen
eMail : marc.quint@xperteez.de
Homepage : www.xperteez.de