

386 | Oktober 1979

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

J. Kröning

**Untersuchungen mit einem
Finite-Element-Programm an zwei
Kreuzstoßformen**

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Untersuchungen mit einem Finite-Element-Programm an zwei Kreuzstoßformen

J. Kröning

Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1979

© Technische Universität Hamburg-Harburg

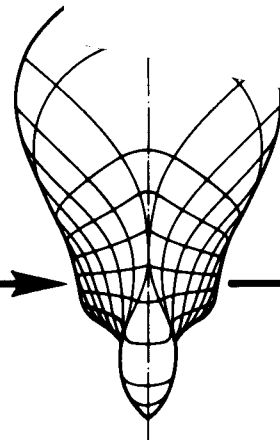
Schriftenreihe Schiffbau

Schwarzenbergstraße 95c

D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU
DER UNIVERSITÄT HAMBURG



Untersuchungen mit einem Finite-Element-
Programm an zwei Kreuzstoßformen

J. Kröning

Oktober 1979

Bericht Nr. 386

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 386

Untersuchungen mit einem
Finite - Element - Programm
an zwei Kreuzstoßformen

Jürgen Kröning

Hamburg, Oktober 1979

Inhaltsverzeichnis

- 1.) Problemstellung
- 2.) Problemlösung
- 3.) Eingeführte und ausgewertete Größen
- 4.) Ergebnisse
- 5.) Schlußbemerkung

Anhang: Abbildung 1 bis 9

Literaturverzeichnis

Untersuchungen mit einem Finite-Element-Programm

an zwei Kreuzstoßformen

1.) Problemstellung

Kreuzstöße stellen im Schiffbau eine häufig auftretende Verbindungsform dar. So haben Schadensfälle an Schottstühlen von Massengutschiffen Untersuchungen der Festigkeit dieses konstruktiven Bereiches ausgelöst [1] . Aus der Literatur sind dazu umfangreiche Untersuchungen bekannt. Diese beziehen sich jedoch durchweg auf eine einachsige Schwingbeanspruchung in Richtung der abstoßenden Platten [2] . Dagegen liegt bei den Schottstühlen von Wasserballasträumen eine zweiachsige Belastung vor. Diese wird in der die durchgehende Platte darstellenden Tankdecke im wesentlichen durch die Kräfte aus der Schiffslängsbiegung, in der abstoßenden Schottplatte durch die Kraft aus der Biegung des Schotts infolge des Wasserdrucks gebildet. Für eine derartige Belastung liegen nur Untersuchungen der statischen Festigkeit vor [3] .

Mit Hilfe des am Institut für Schiffbau bestehenden Finite-Element-Programmes SAP 4 wurden zwei Kreuzstoßformen hinsichtlich der Spannungsverteilung unter ein- und zweiachsiger Belastung untersucht. Diese rechnerischen Voruntersuchungen mit statischer Beanspruchung dienten der Bestimmung der Spannungsverteilung und insbesondere der Formzahlen α_K . Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf Anrißstelle und Rißverlauf im Betriebsfestigkeitsversuch und damit auf die zweckmäßige Probengestaltung ziehen.

Beide Kreuzstoßformen bestehen aus einem durchgehenden 25mm dicken Blech, auf das beidseitig stoßend mit unterschiedlichem Anschluß ein 20mm dickes Blech aufgesetzt ist, Abb. 1 a, b.

Modell 1 (Abb. 1 a) gibt den Anschluß mit doppelter Kehlnaht, Modell 2 (Abb. 1 b) den Anschluß mit HV-Naht und gegengesetzter Doppelkehlnaht wieder.

2.) Problemlösung

Es wurden mit SAP 4 zwei Elementtypen in Anwendung gebracht, und zwar das als Scheibenelement bezeichnete für Modell 1 und das als zweidimensionales Finite-Element bezeichnete für Modell 2, weil sich für die Spannungsauswertung im Laufe der Rechnung als vorteilhaft erwies, die Richtungen der Hauptspannungen im lokalen Koordinatensystem der Elemente ohne Umrechnung auf das globale Koordinatensystem für das Gesamtmodell übernehmen zu können. Dies ist bei dem letztgenannten Element der Fall.

Die Fehlerfreiheit der Eingabewerte wird über einen Datenüberprüfungsvorlauf GLCHECK des Germanischen Lloyd sichergestellt, der Datenfehler und Verstöße gegen programminterne Vorschriften und Randbedingungen des Systems anzeigt.

Als Finite-Elemente werden Rechteck- und Dreieckselemente mit einem quadratischen Polynom als Verschiebungsansatz, also mit linear veränderlichen Spannungen und Dehnungen verwendet. Diese Elemente besitzen Netzknotenpunkte an den Ecken, wobei die Spannungen für die genannten Elementtypen jeweils auf den Mitten der Elementseiten sowie in Elementmitte ausgedruckt werden können.

Als hilfreich erwies sich die Möglichkeit der Knoten- sowie Elementgenerierung bei sich in sukzessiver Folge aneinanderreihenden Elementen gleichen Typs. Für die Netzerstellung wurde ein Plotprogramm (SAP 4 PLOT) benutzt (Abb. 2 a). Die gewählte Netzteilung für beide Modelle ist in Abb. 2 und 3 dargestellt. Sie ist der zu erwartenden Spannungsverteilung in ihrer unterschiedlichen Feinheit angepaßt. Die Lage der Netzlinien ergibt sich nach Gesichtspunkten der Elementbeschreibung (Knotenpunktnumerierung und Koordinaten) und der Ergebnisauswertung (vorgegebene Schnittlinien).

Modell 1 besteht aus 187, Modell 2 aus 914 Elementen. Bei Modell 1 genügt für den vorliegenden Lastfall wegen der Doppelsymmetrie die Berechnung eines Symmetrieviertels. Die Zugbelastung erzeugt einen zur x- sowie zur y-Achse symmetrischen Verschiebungs- und Beanspruchungszustand. Bei der Beschränkung auf ein Symmetrieviertel ist in den Symmetrielinien eine Lagerung nach Abb. 4 a zu verwirklichen. Die Lagerung für das Modell 2 ist in Abb. 4 b wiedergegeben. Die als Streckenlast angenommene Zugbelastung wird auf kinematisch äquivalente Knotenpunktkräfte umgerechnet.

Da bei den mit Kehlnähten angeschlossenen stoßenden Blechen fertigungsbedingte Schlitze entstehen, interessiert besonders dieser Bereich, in dem durch erzwungene Kraftumlenkung Spannungsüberhöhungen zu erwarten sind. Diese Schlitzlänge wurde durch eine Doppellinie mit übereinanderliegenden Knoten idealisiert, sodaß der Kraftfluß unterbrochen ist und sich die Schlitze über der nicht durchgeschweißten Länge unter der Zugbelastung aufweiten können.

3.) Eingeführte und ausgewertete Größen

Die Geometrie der Proben ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die gewählten Schlitzlängen 2 e wurden nach vorliegenden Schliffproben festgelegt.

Maße in mm	Modell 1	Modell 2
2 a	80	95
2 b	80	100
2 c	20	20
2 d	25	25
2 e	18	20
f		2

Die Belastung wird durch die Zugspannung σ_z charakterisiert, die Beanspruchung durch die Spannungskomponenten $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ und durch die Vergleichsspannung σ_v nach der Gestaltsänderungsenergiehypothese:

$$\sigma_v = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

In Gebieten der Spannungskonzentrationen bestimmt sich die Formzahl α_K bei Zug aus:

$$\alpha_K = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_N}$$

Darin ist σ_N die von außen aufgebrachte Spannung, die auf den Rand wirkt, der dem betrachteten Punkt am nächsten liegt.

4.) Ergebnisse

Für Modell 1 ergibt sich bei einer Zugspannung σ_Z in x-Richtung am unteren Nahtübergang eine Formzahl

$\alpha_K = 2.31$, die somit über der des Schlitzendes von $\alpha_K = 1.88$ liegt.

Bei Zugbeanspruchung in y-Richtung stellt sich am Ende der nichtdurchgeschweißten Stirnfläche ein hoher

α_K - Wert ($\alpha_K = 8.78$) ein.

Die Spannungsverteilung wird durch den Schlitz bei dieser Zugrichtung stark beeinflusst und die Größe der Formzahl läßt auf eine hohe Kerbwirkung schließen. In Abb. 5 sind die Hauptspannungen nach Größe und Richtung aufgetragen. Abb. 6 zeigt für 2 Schnitte den Verlauf der Schubspannung τ_{xy} und der Vergleichsspannung σ_v mit deutlich hervortretenden Spannungsüberhöhungen an den Kerben. In Abb. 7 ist für mehrere Schnittebenen der Verlauf der Normalspannung σ_y aufgetragen. Sichtbar wird die Umlenkung durch den gestörten Kraftfluß, bis sich im ungestörten Querschnitt die Nennspannung einstellt.

Das Ergebnis der zweiachsigen Zugbeanspruchung gibt Abb. 8 wieder.

Die aufgetragenen größten Hauptspannungen überhöhen sich in den Gebieten mit Kerbwirkung. Es werden Formzahlen für den oberen Nahtübergang von $\alpha_K = 2.73$,
für den unteren von $\alpha_K = 2.29$
und für die Wurzelkerbe von $\alpha_K = 10.0$
bestimmt.

Da sich die zweiachsige Belastung als die kritischere erwies, wurde Modell 2 nur diesem Lastfall unterworfen. Die Spannungsverteilung für zweiachsige Zugbelastung am Modell 2 gibt Abb. 9 wieder. Für die unteren Kehlnahtanschlüsse liegen die α_K - Werte bei 2.0 an den Nahtübergängen auf der durchgehenden Platte und bei 4.2 an den Nahtübergängen zum stoßenden Blech. Die Wurzelkerben an den Schlitzenden weisen Formzahlen von $\alpha_K = 5.0$ auf. Der Anschluß des oberen Bleches ergibt Formzahlen zwischen 1.28 für den sanften Übergang vom Blech zur HV-Naht auf der linken Blechseite und 3.76 für den oberen Nahtübergang des rechtsseitigen Kehlnahtanschlusses.

5.) Schlußbemerkung

Das Finite-Element-Programm SAP 4 ist wegen seiner relativ schnellen Durchführung für Spannungsuntersuchungen hinsichtlich der Bestimmung von Formzahlen gut geeignet. Bei umfangreichen Problemen werden jedoch schnell Speicherkapazitäten erreicht, die längere Rechenzeiten erfordern. Die Feinheit der Netzeinteilung wird in Anbetracht der ermittelten Spannungsverteilung als befriedigend angesehen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich in allen Fällen die höchsten Spannungskonzentrationen am Ende des unverschweißten Schlitzes ergeben.

Die Spannungskonzentrationsfaktoren liegen bei zweiachsiger Belastung höher als bei einachsiger.

[1] König, H. und A. Rohwedder

Schadensfall und seine Auswirkungen auf
die schweißberechte Konstruktion eines
Erz-Öl-Frachters
DVS-Bericht Nr. 31/1974, S. 165

[2] Petershagen, H.

Cruciform joints and their optimization
for fatigue strength - a literature survey
Welding in the World, Vol. 13, No. 5/6 1975

[3] Krohn, A. und H. Petershagen

Untersuchungen der Festigkeit unterschied-
licher zweiachsig beanspruchter Kreuzstöße
bei statischer Belastung
FDS-Bericht Nr. 83/1979

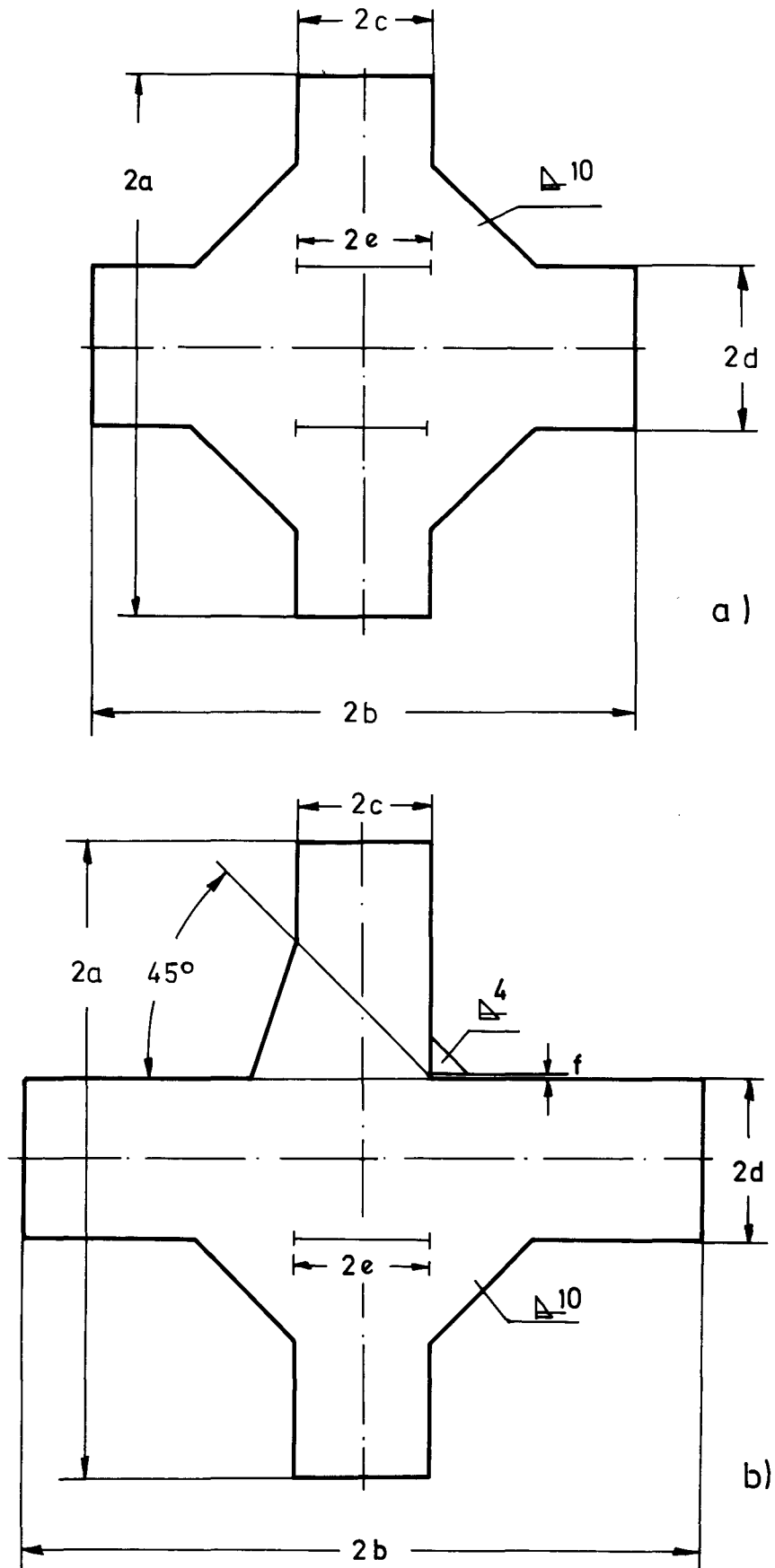


Abb. 1

Modell von doppelter Kehlnaht a)
und HV-Kehlnaht b)

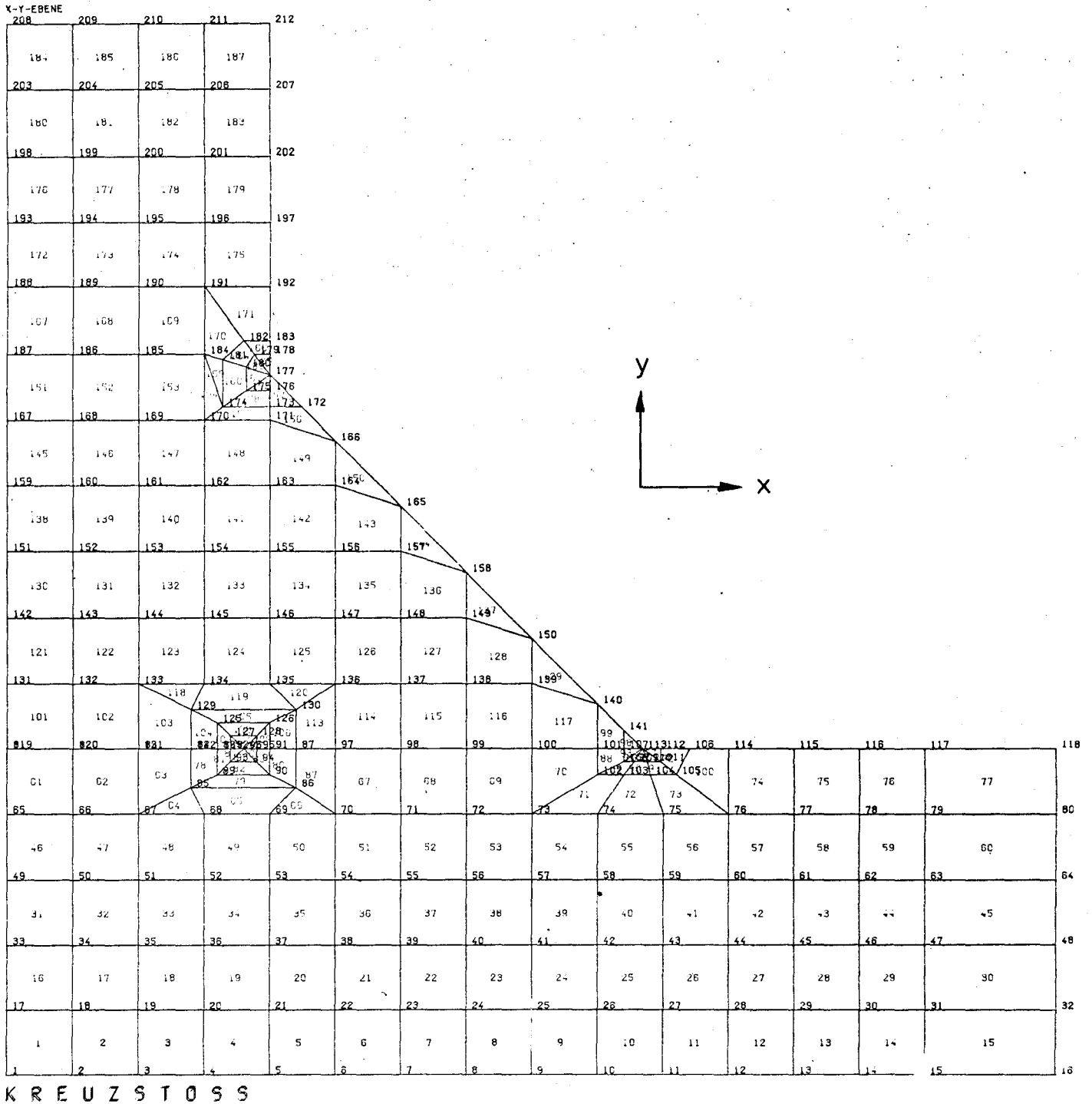
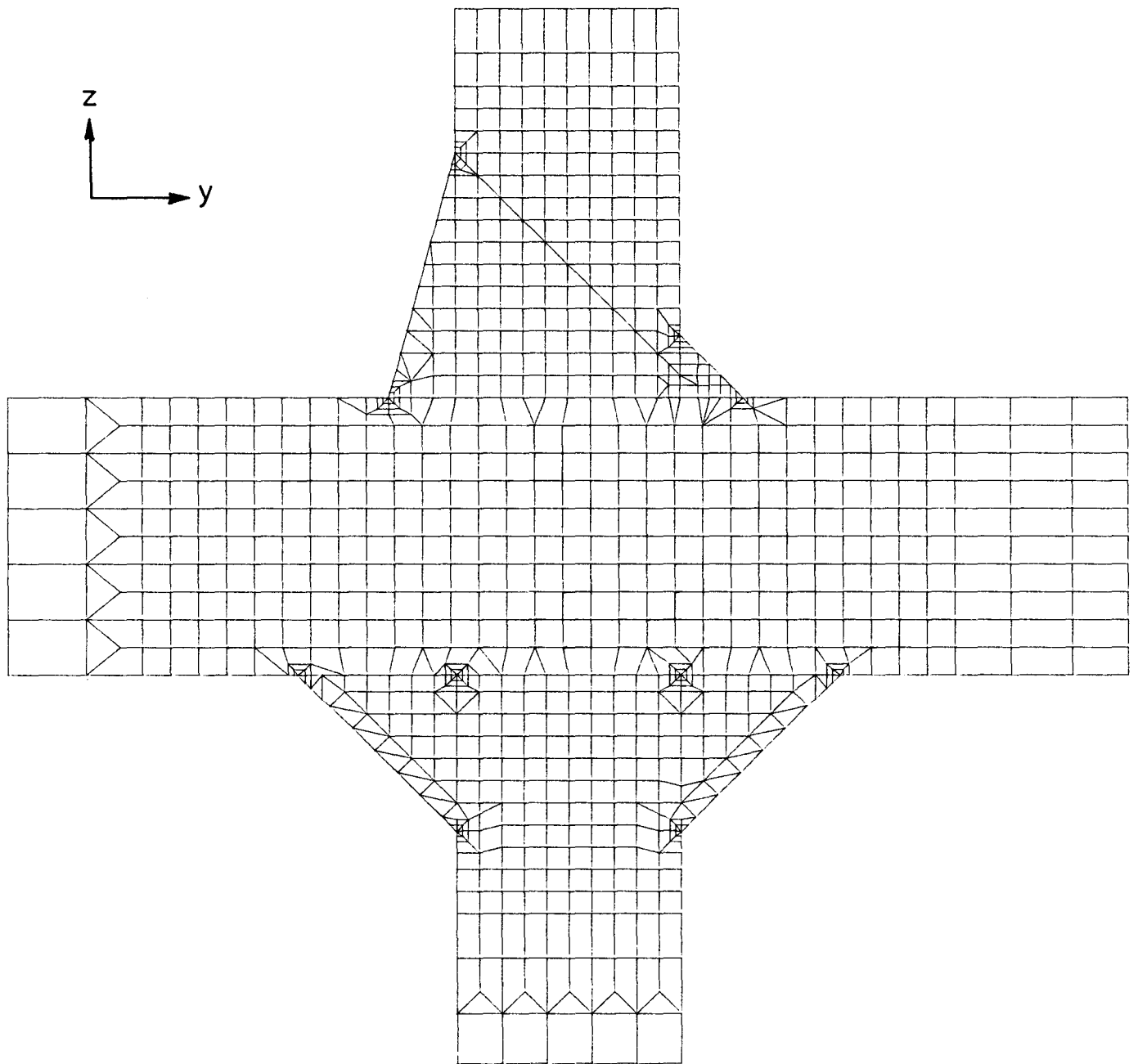


Abb. 2a

Netzplot für Modell 1

Y-Z-EBENE

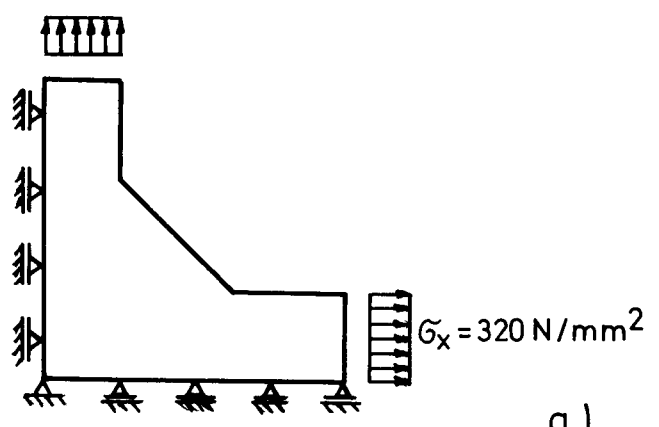


HV-KEHLE

Abb. 3

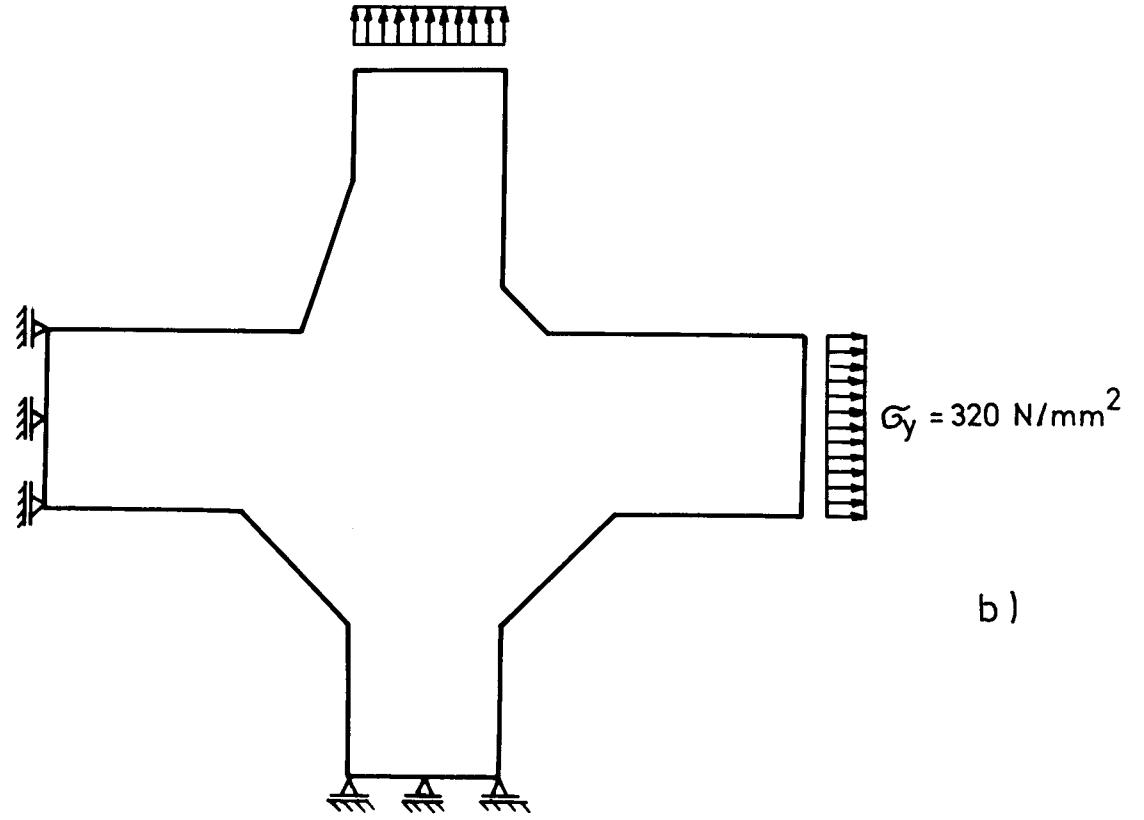
Finite - Element - Aufteilung für Modell 2

$$\sigma_y = 400 \text{ N/mm}^2$$



a)

$$\sigma_z = 400 \text{ N/mm}^2$$



b)

Abb. 4

Lagerung von Modell 1 a) und Modell 2 b)

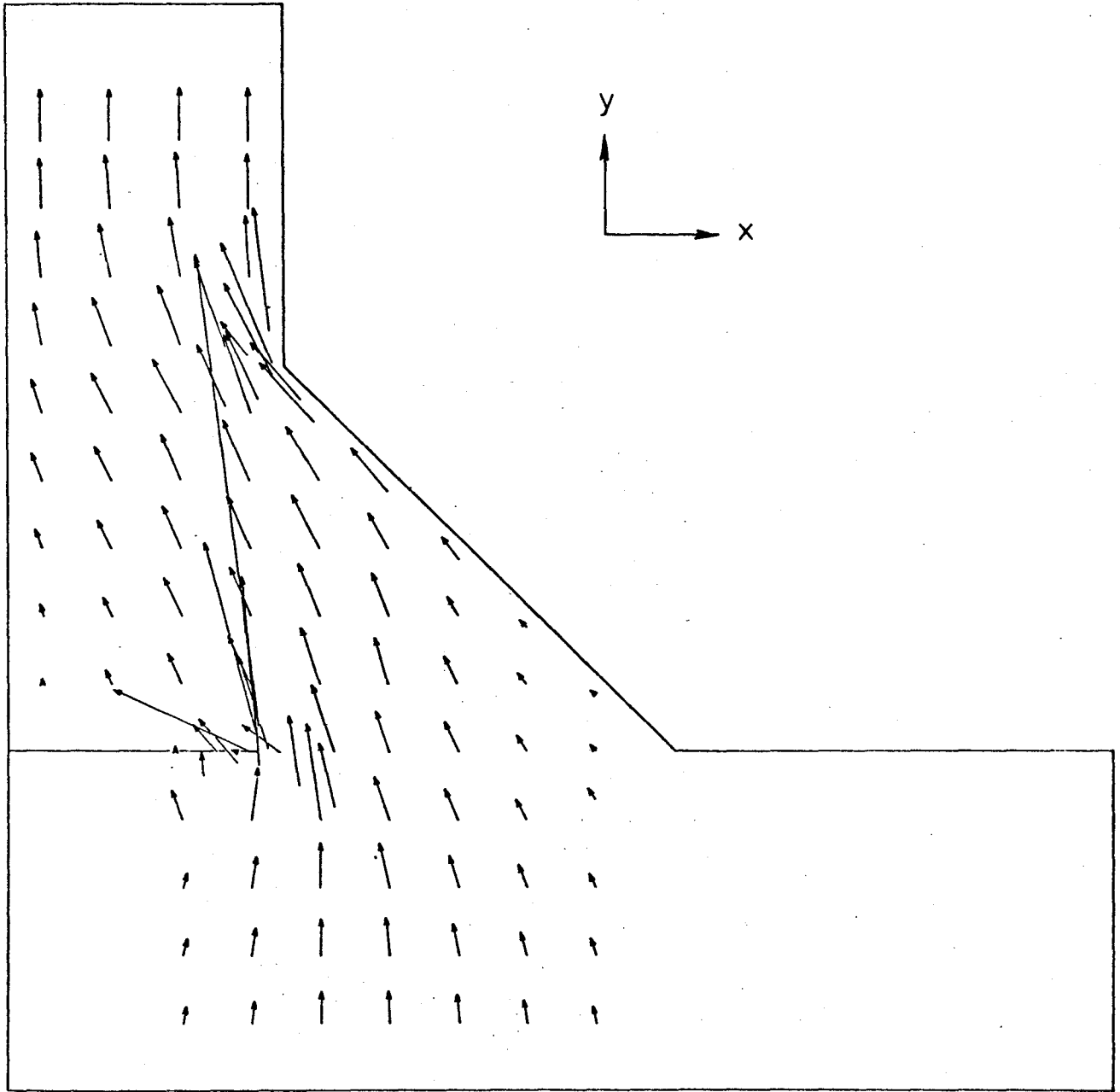


Abb. 5

Hauptspannungen bei Zug in y - Richtung

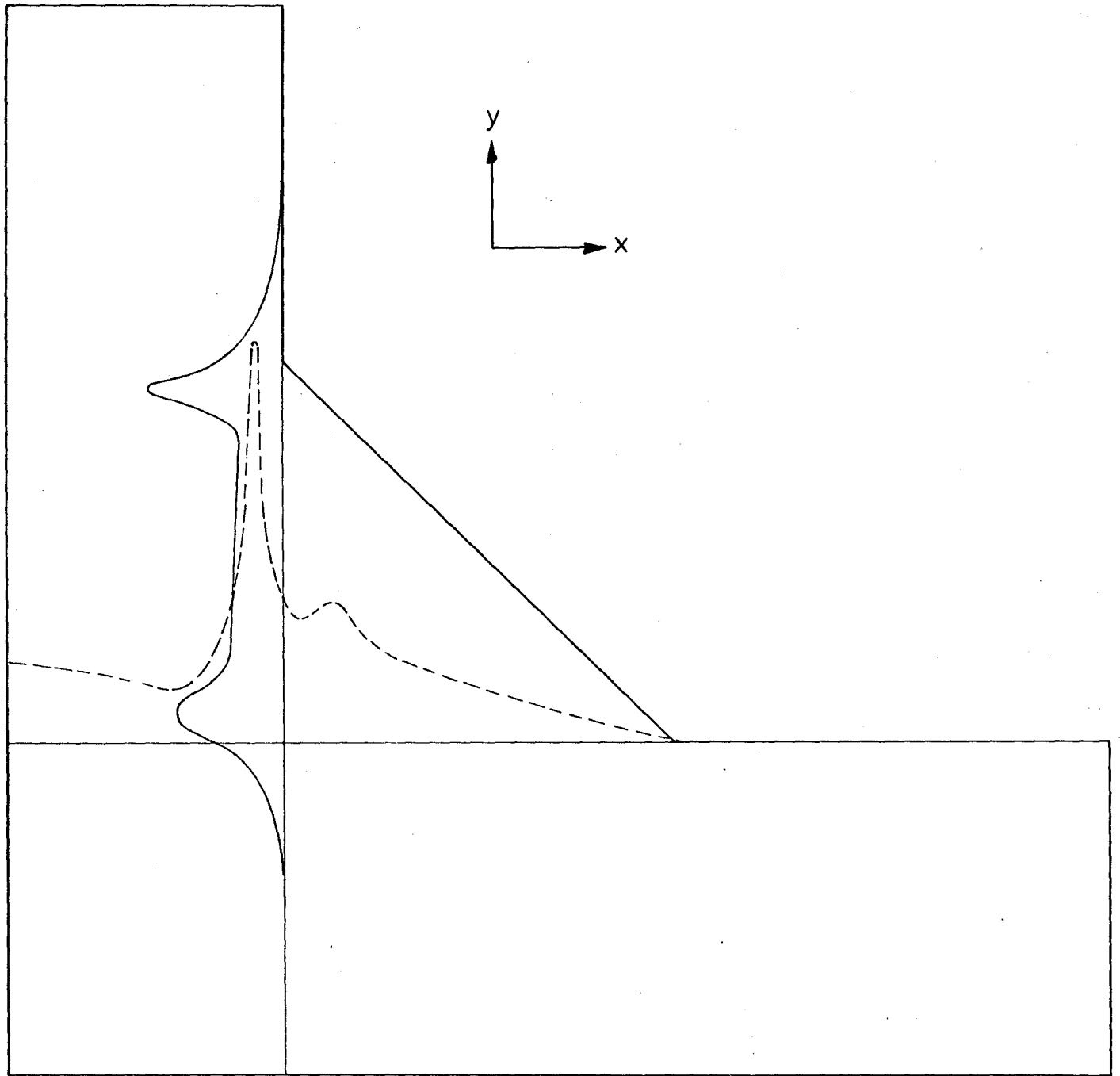


Abb. 6

Verlauf von σ_v und τ_{xy} am Modell 1 für 2 Schritte

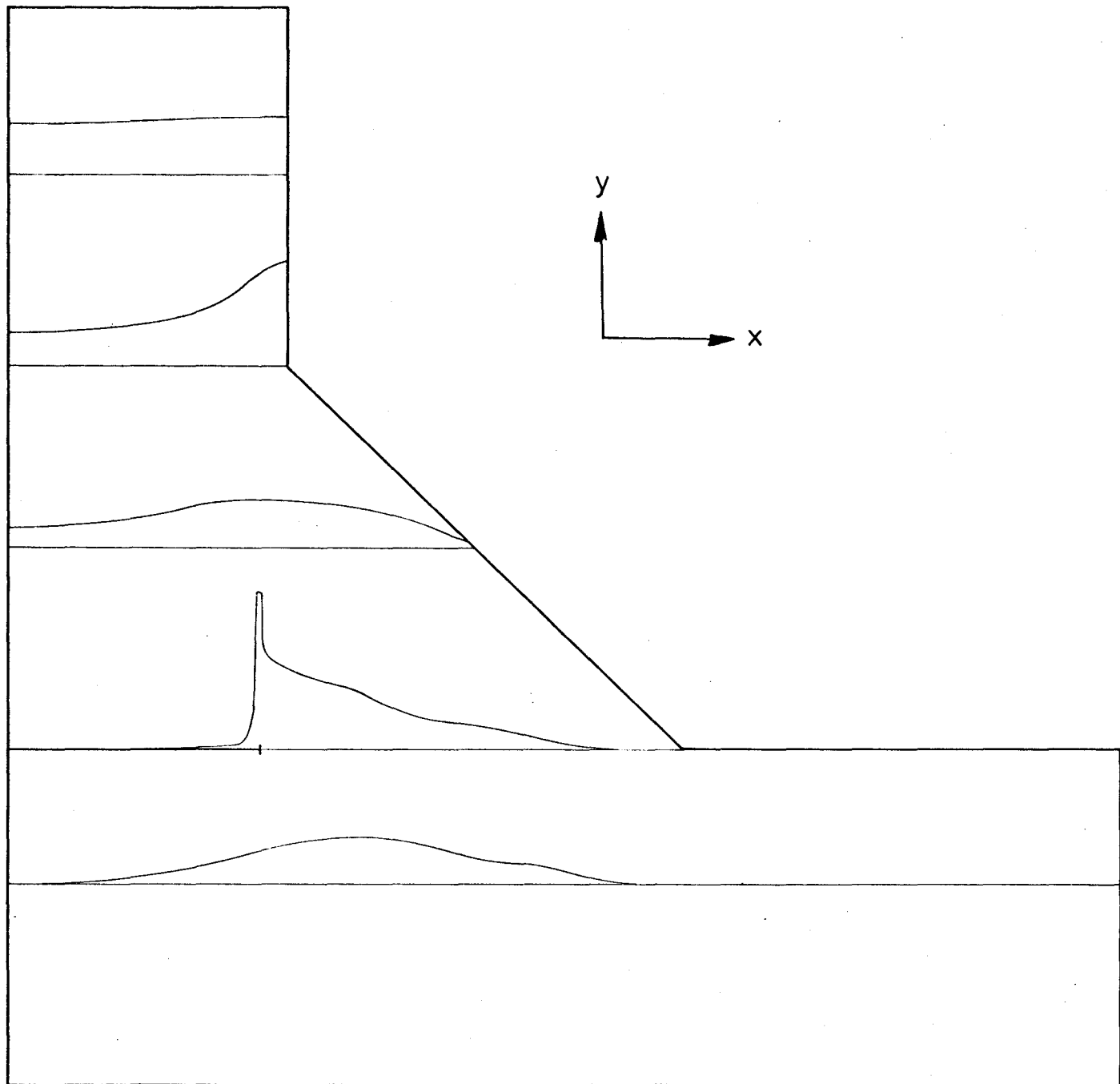


Abb. 7

Verlauf der Normalspannung σ_y am Modell 1

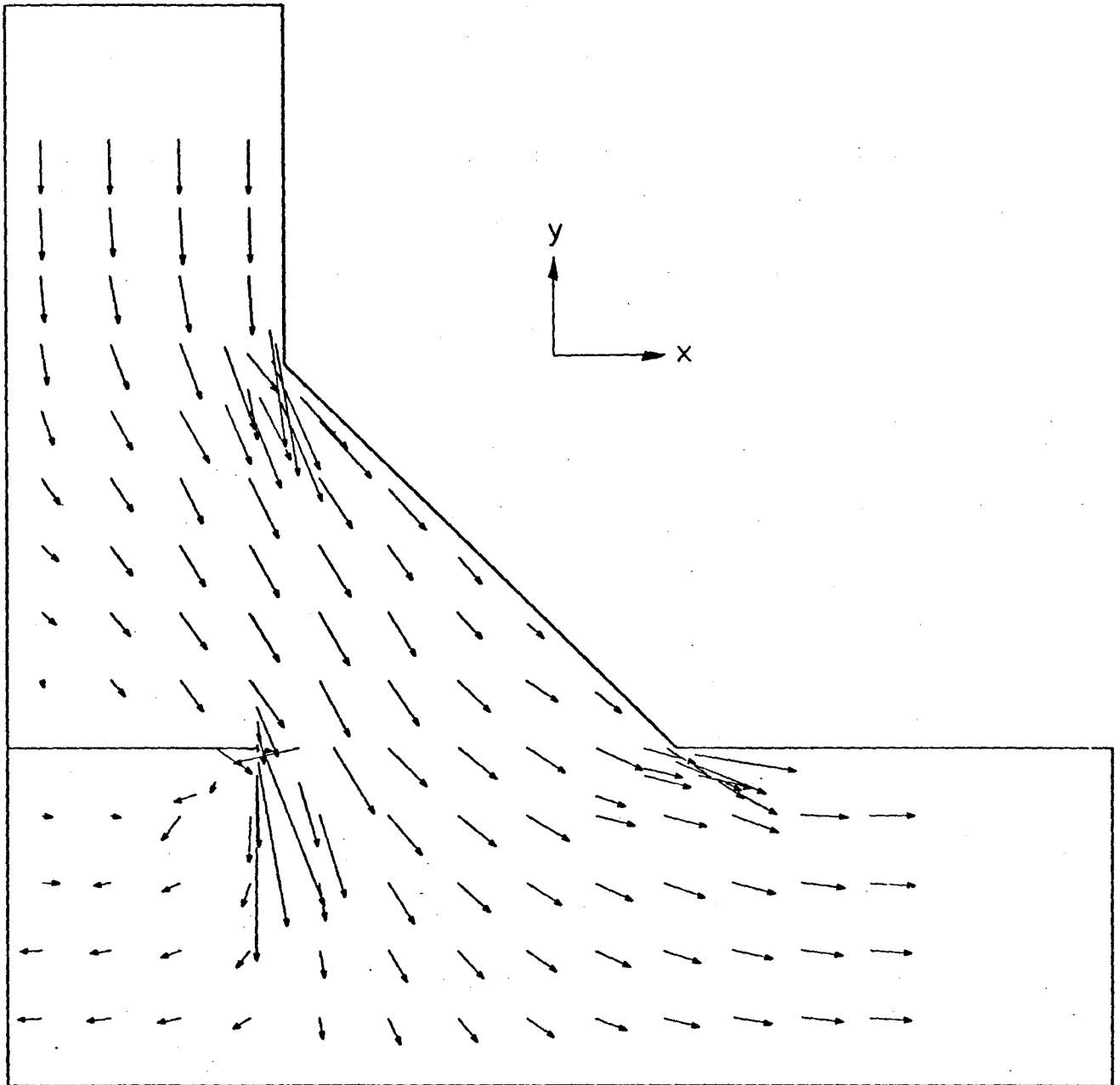


Abb.8

Hauptspannungen bei Zug in x- und y Richtung

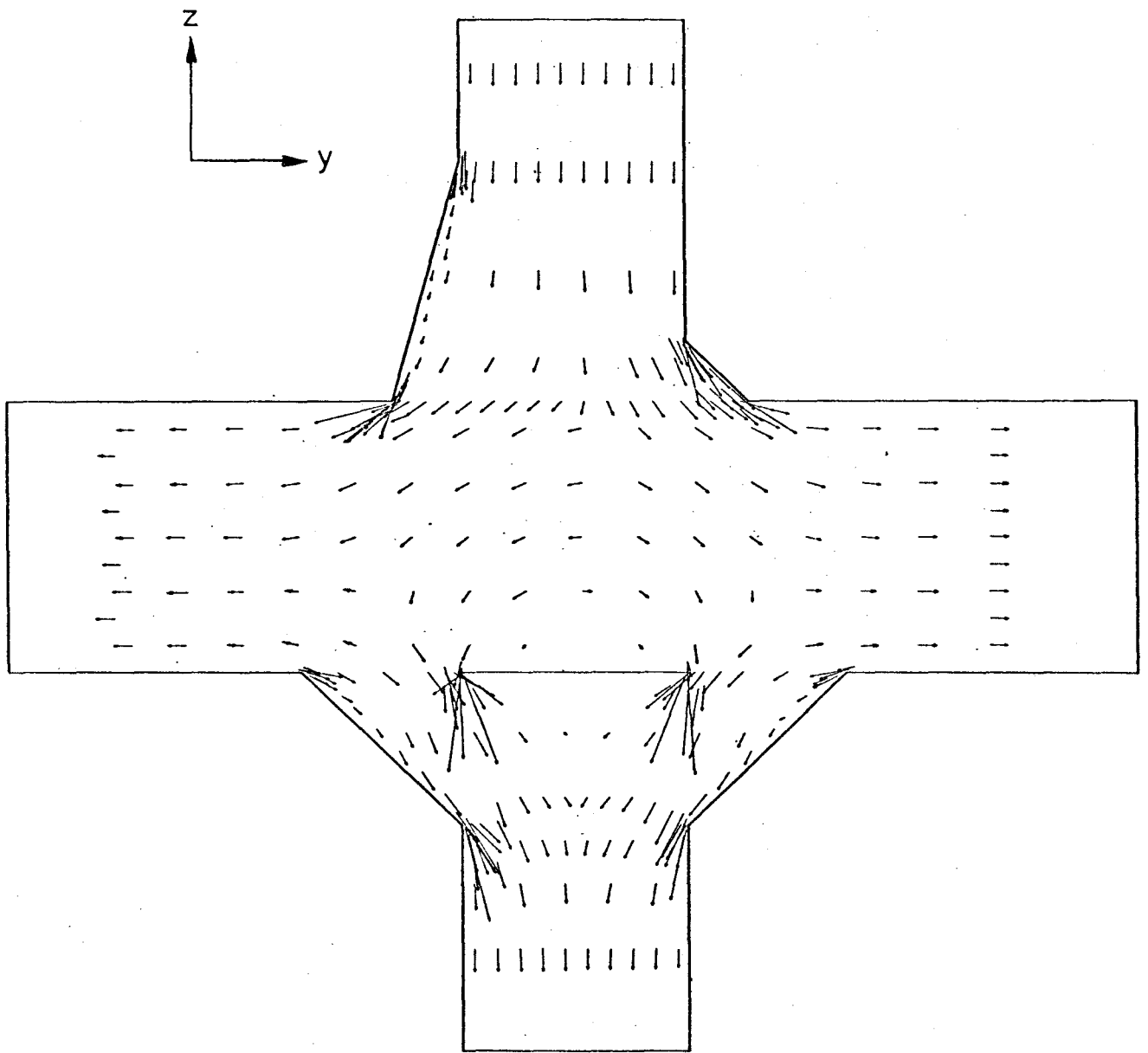
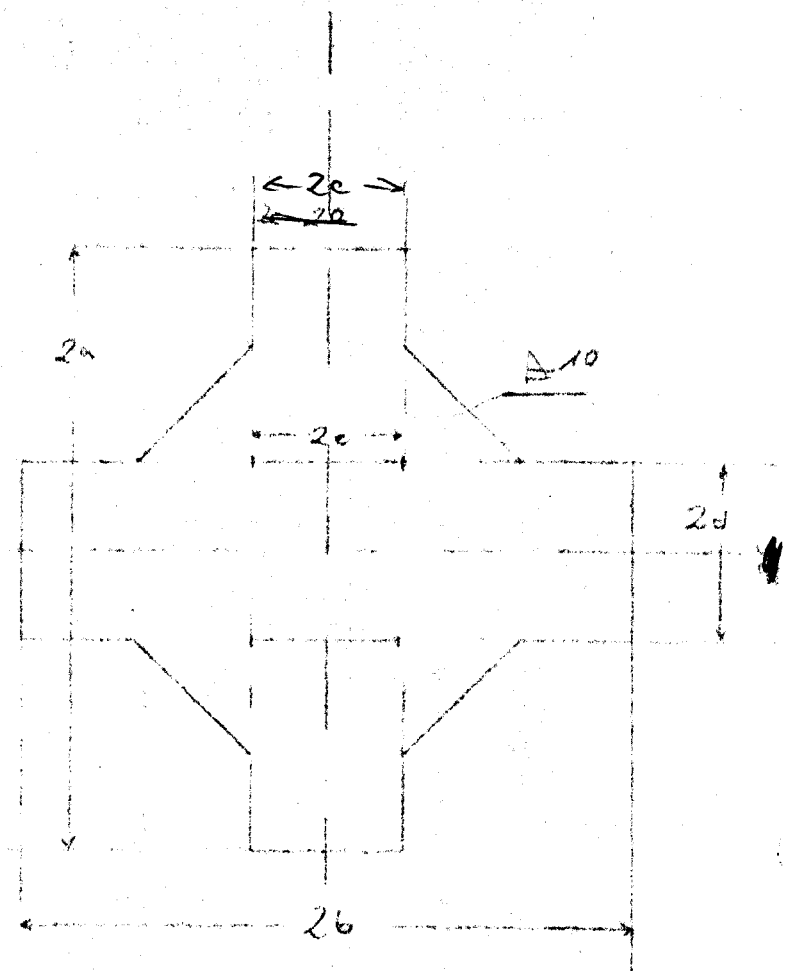
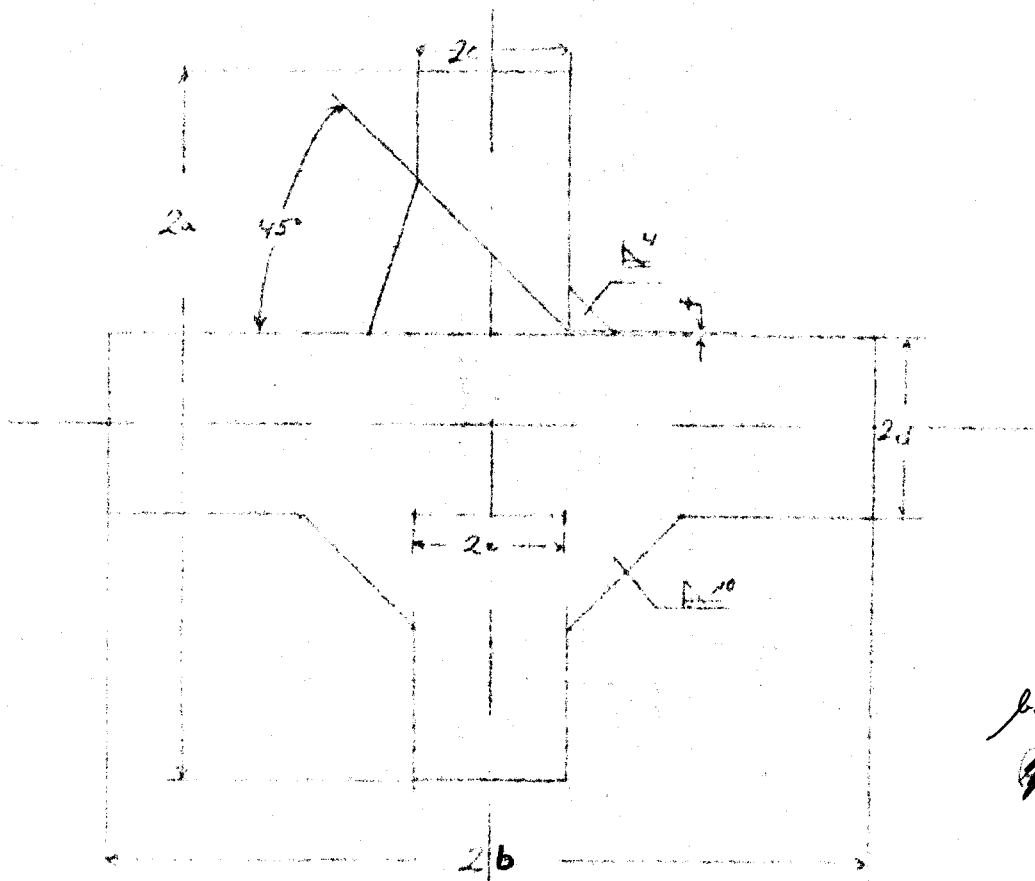


Abb. 9

Hauptspannungen am Modell 2



a.)

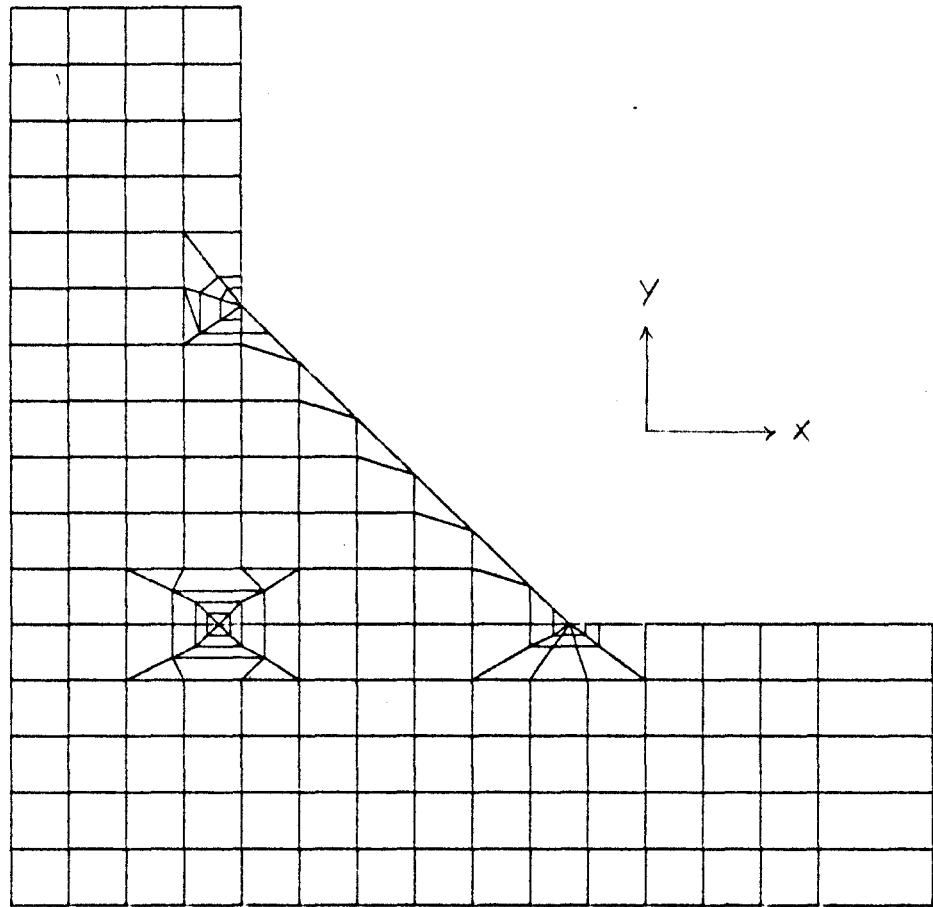


b.)

Abb 1.

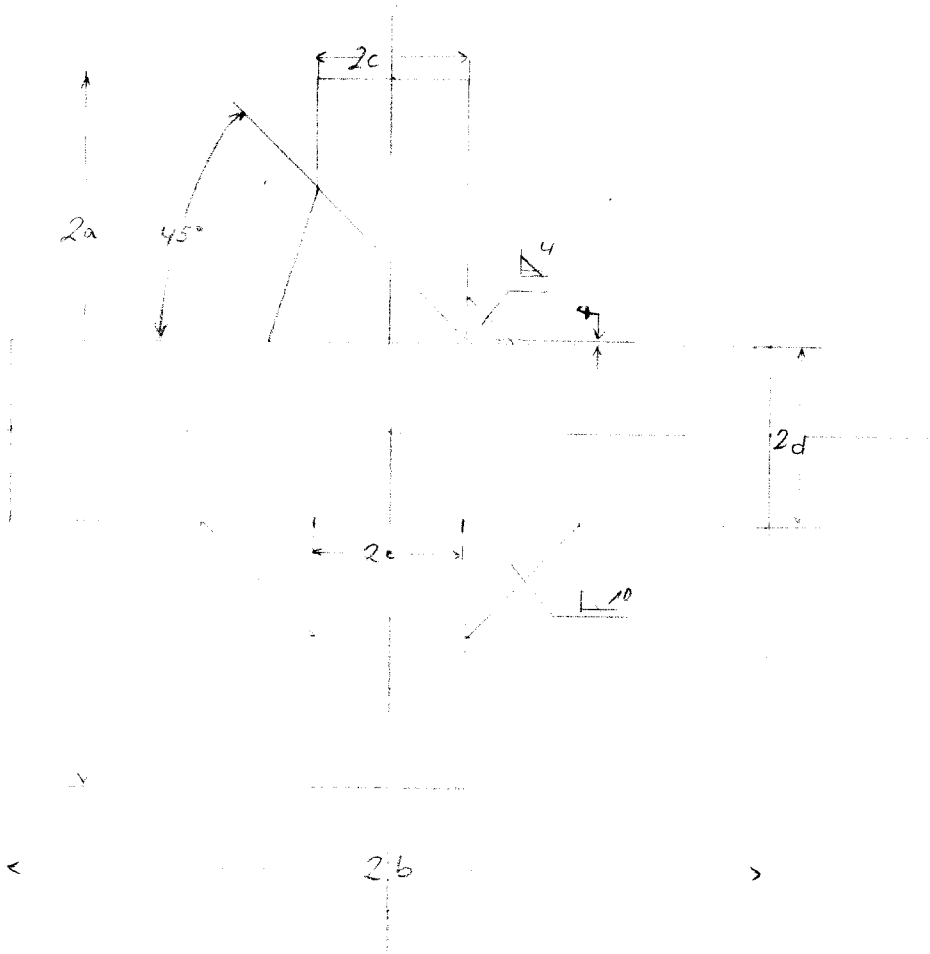
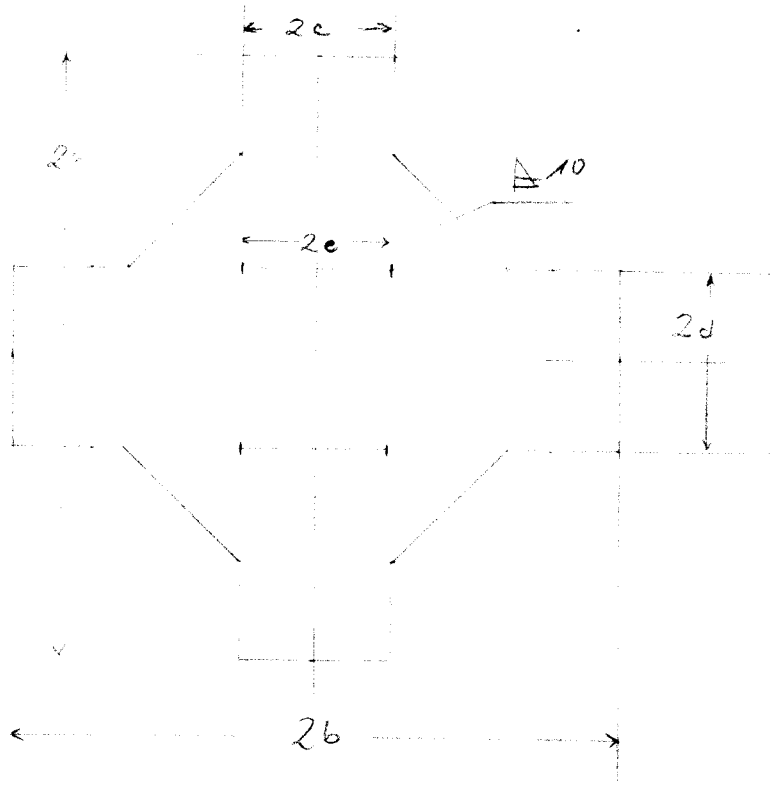
Modell von doppelter Teilnast a.) und HV-Teilnast b.)

X-Y-EBENE

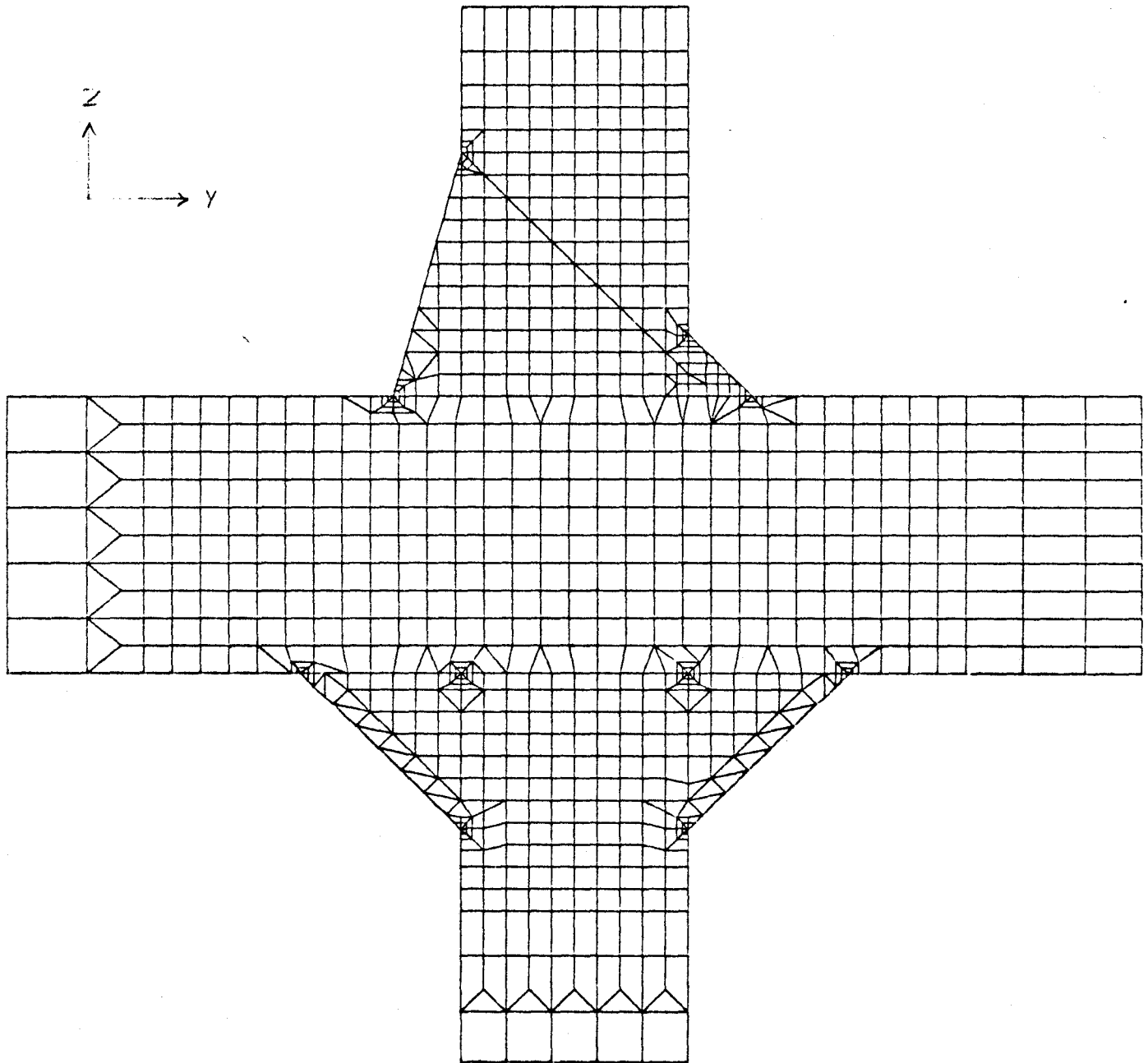


K R E U Z S T O S S

Finite-Element-Aufteilung für Modell 1



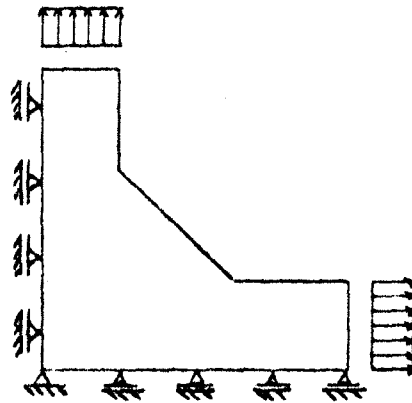
Y-Z-EBENE



HV-KEHLE

Finite-Element-Verteilung für Modell 2

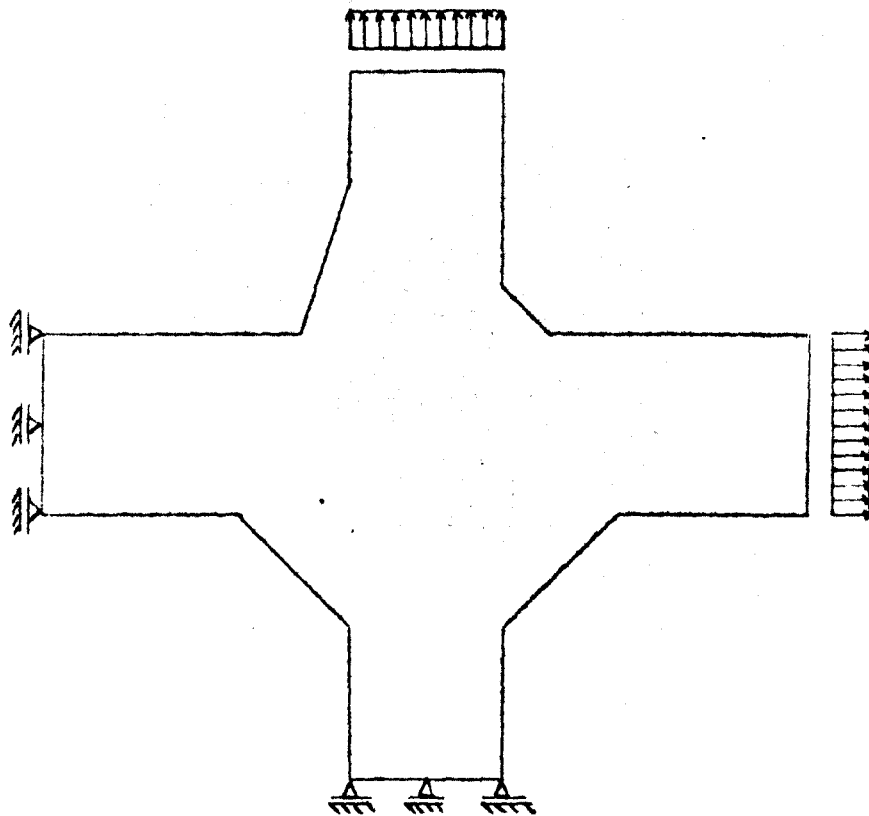
$$\sigma_y = 400 \text{ N/mm}^2$$



$$\sigma_x = 320 \text{ N/mm}^2$$

a)

$$\sigma_z = 400 \text{ N/mm}^2$$

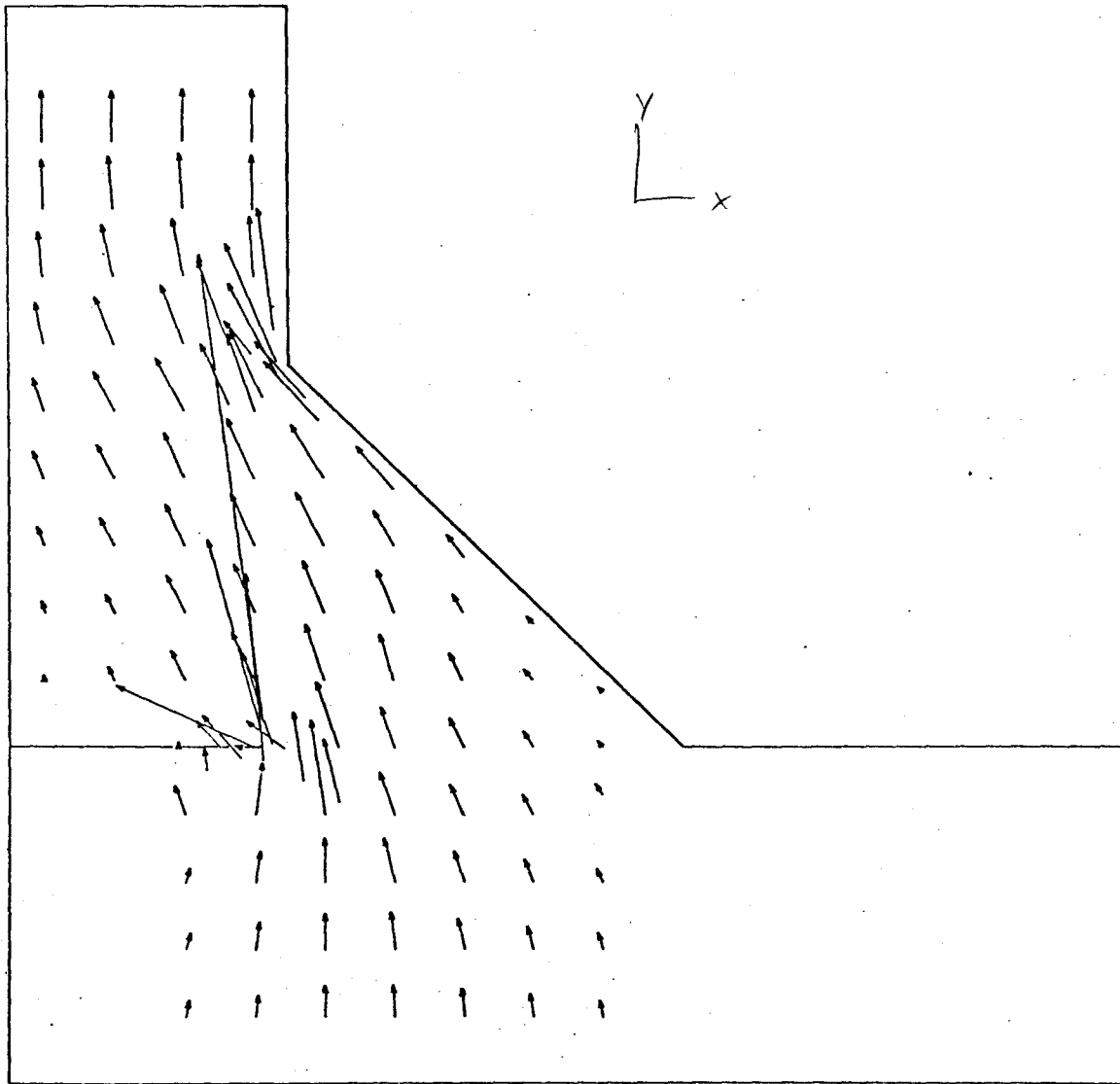


$$\sigma_y = 320 \text{ N/mm}^2$$

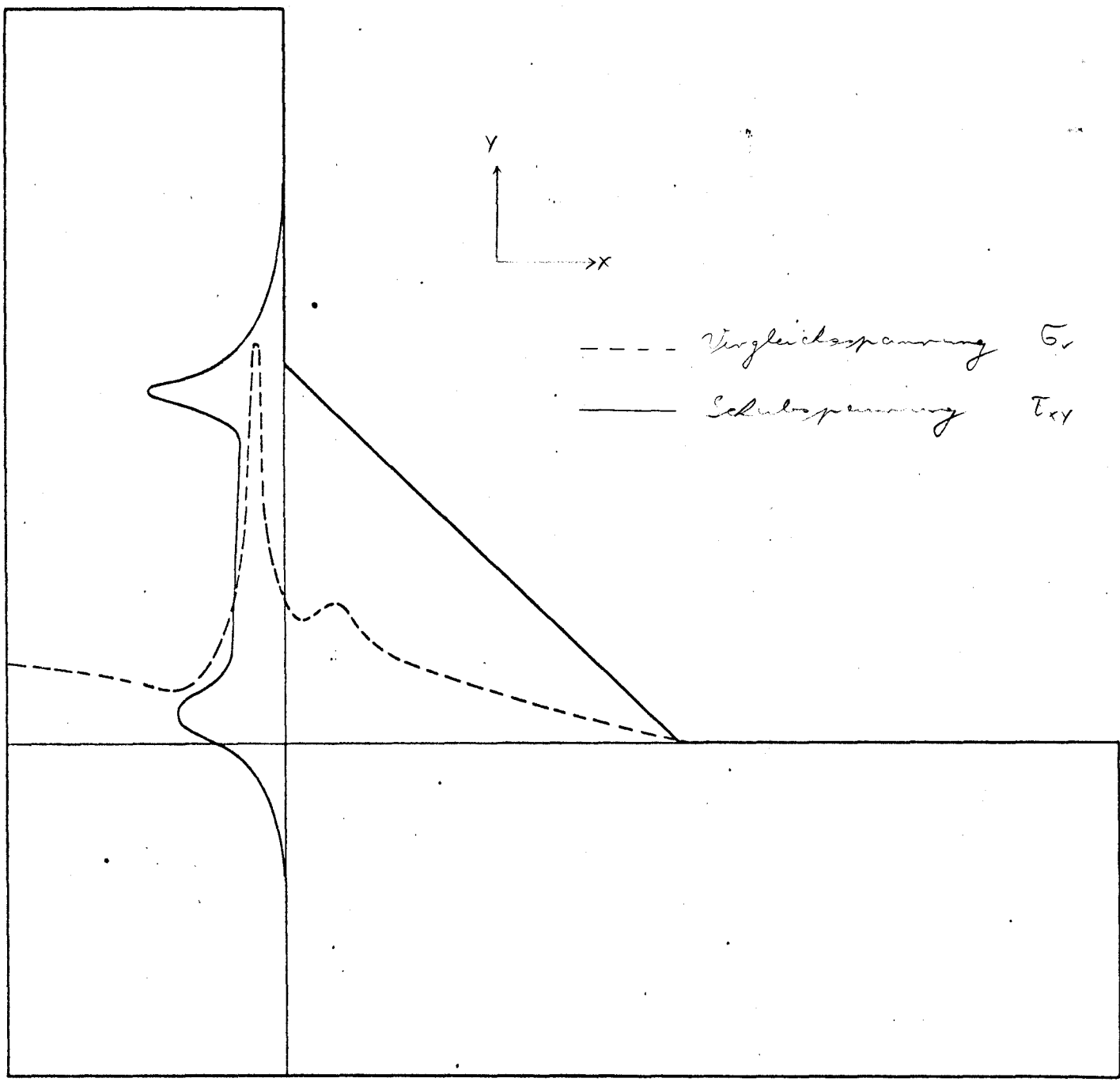
b)

Abb 4

Lagerung von Modell 1 a.) und Modell 2 b.)



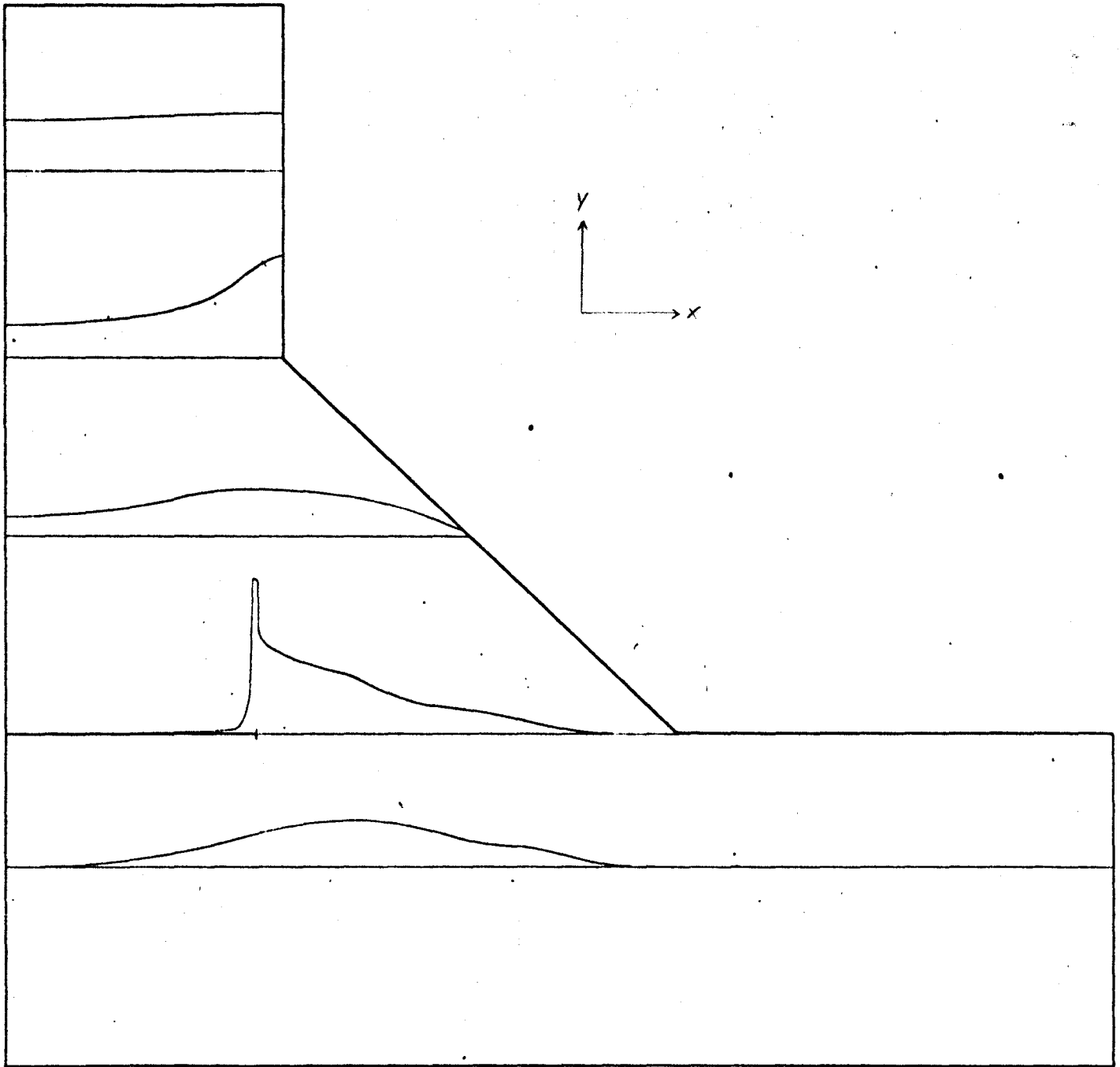
Hauptspannungen bei Zug in y -Richtung



Verlauf von σ_v und τ_{xy} am Modell 1 für
 2 Schnitte

Abb. 6

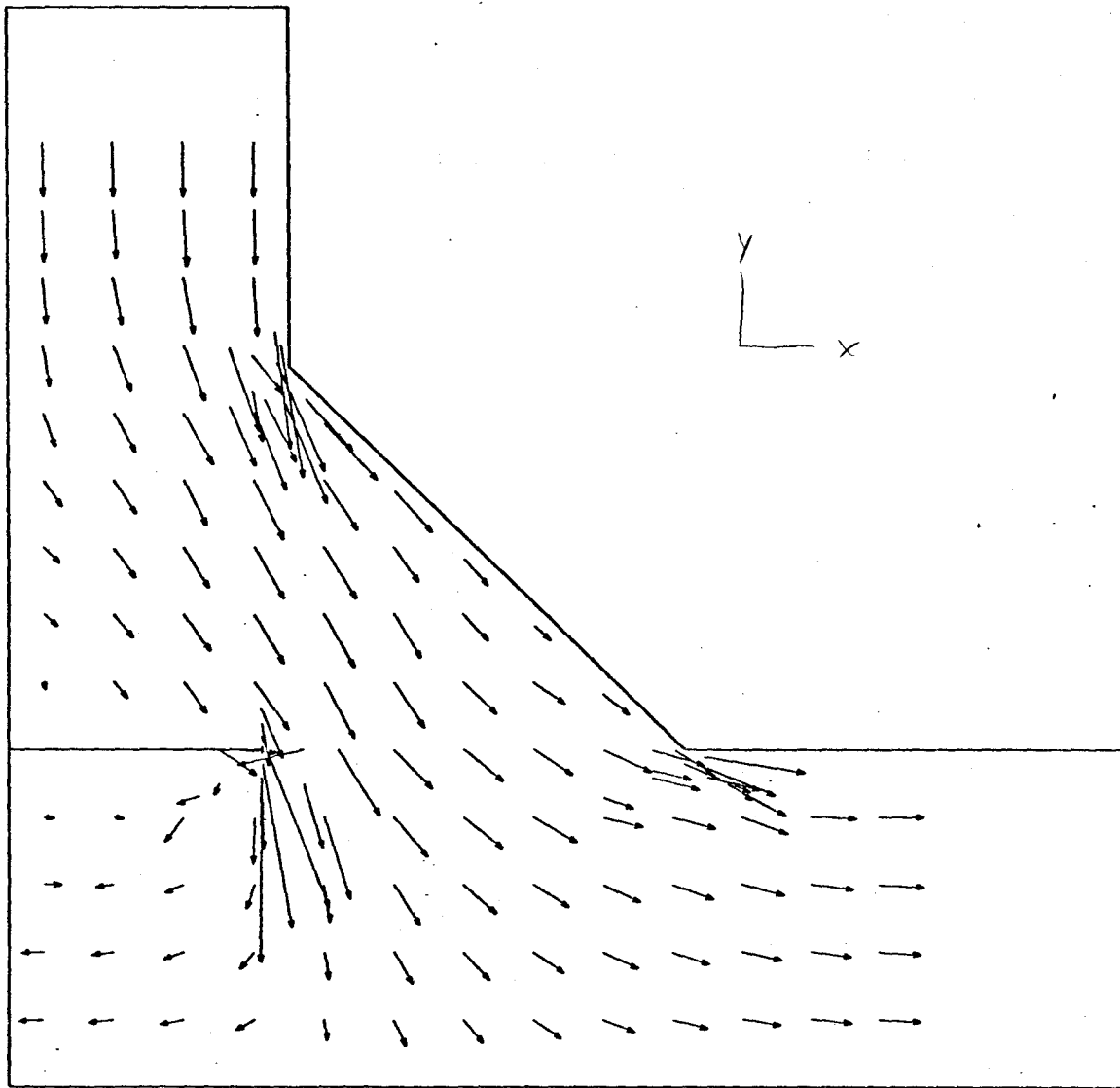
~~26.10~~



Verlauf der Normalspannung σ_y am Modell 1

Abb. 7

~~1657~~



Hauptspannungen bei Zug in x- und y-Richtung

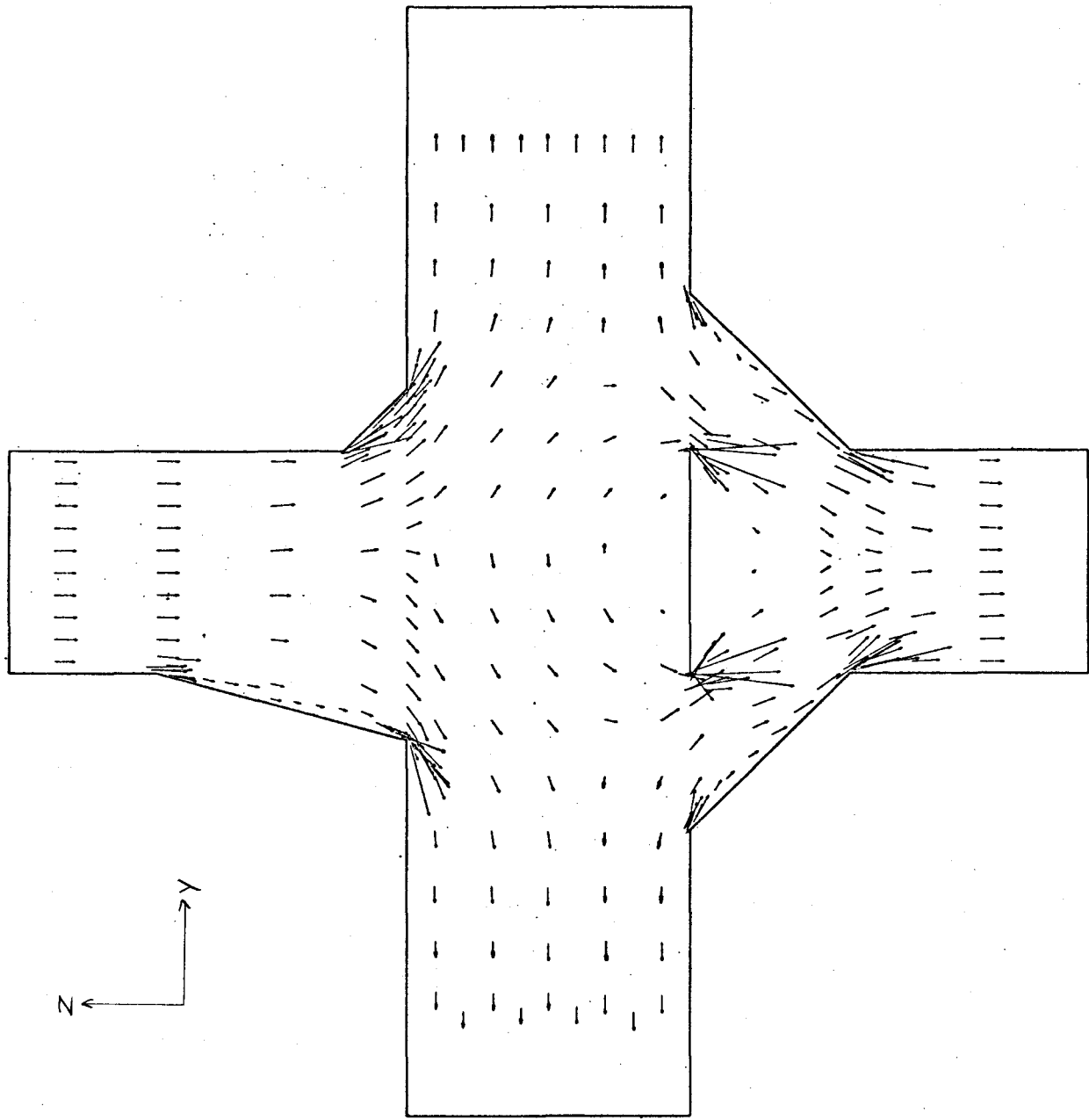


Abb. 9 Hauptspannungen an Modell 2