

ISBN 3-88314-585-8

Forschungsbericht 131

Bundesanstalt für
Materialprüfung (BAM)
Berlin

**Kinetische Grenztragfähigkeit von
stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**

**Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced
Concrete Members under Impact Load**

**Versuche an Stahlbetonplatten, Teil II
Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part II**

von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger
Dr.-Ing. Klaus Brandes
Dipl.-Ing. Jürgen Herter

November 1986

179 Seiten, 266 Abbildungen

2. Technischer Fachbericht zum Forschungsvorhaben 150 460

Titel des Forschungsprogramms: Forschung zur Sicherheit von Leichtwasserreaktoren des Bundesministers für Forschung und Technologie, Projekt „Äußere Einwirkungen“

Titel des Forschungsvorhabens: Energieaufnahmevermögen von Stahlbetonbauteilen unter Stoßeinwirkung

Second Technical Report of R & D-Projekt 150 460

Research Program on the Safety of Light Water Reactors by the Federal Minister for Research and Technology, Project: "External Events"

Project Title: Energy Absorption Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Force

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie, Förderkennzeichen 150 460, gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein bei den Autoren.

Herausgegeben von der
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45
Telefon (030) 8104-1 Telex 183 261 bamb d Telefax (030) 8 112 029

Copyright © 1986 by Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Verlag und Vertrieb:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, 2850 Bremerhaven 1
Telefon (0471) 46093-95

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht ist der 2. Technische Fachbericht im Rahmen des Vorhabens 150 460, das von 1977 bis 1984 in der BAM bearbeitet wurde.

Das Vorhaben hat den Titel:

Energieaufnahmevermögen von Stahlbetonbauteilen unter Stoßeinwirkung.

Die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens 150 460 sind in folgenden Berichten dokumentiert:

- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
ZUGVERSUCHE AN BETONSTAHL MIT ERHÖHTER DEHNGESCHWINDIGKEIT
1. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 129, BAM, November 1986
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
VERSUCHE AN STAHLBETONPLATTEN, TEIL II
2. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 131, November 1986
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
THEORETISCH-NUMERISCHE ANALYSE DES MECHANISCHEN VERHALTENS VON STAHLBETON-
BAUTEILEN BEI STOSSBELASTUNG
3. Technischer Fachbericht
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
EXPERIMENTELLE UND NUMERISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM TRAG- UND VERFORMUNGS-
VERHALTEN VON STAHLBETONBAUTEILEN BEI STOSSBELASTUNG
Abschlußbericht

Zusätzliche Arbeiten zu dem Sachgebiet wurden im Rahmen des Vorhabens 1500 121 durchgeführt mit dem Titel

Das Tragverhalten quergestoßener Stahlbetonbauteile bei geregelter Stoßkraft-Zeit-Verlauf.

Die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens 1500 121 und die Ergebnisse sind in den folgenden Berichten dokumentiert:

- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
KONZEPTION FÜR GEREGLTE VERSUCHE, VERSUCHSEINRICHTUNG, VORVERSUCHE AN STAHL-
BETONBALKEN
1. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 90, BAM, April 1983
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
VERSUCHE AN STAHLBETONBALKEN MIT BIEGEBEWehrUNG AUS BETONSTAHL BST 420/500 RK
und BST 1080/1320
2. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 99, BAM, Dezember 1983
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
VERSUCHE AN STAHLBETONBALKEN, TEIL I
3. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 127, BAM, November 1986
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
VERSUCHE AN STAHLBETONPLATTEN. TEIL I
4. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 119, BAM, November 1985
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
VERSUCHE AN STAHLBETONBALKEN, TEIL II
5. Technischer Fachbericht, Forschungsbericht 128, BAM, November 1986
- * Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
ERGEBNISSE VON VERSUCHEN AN STAHLBETONBALKEN UND STAHLBETONPLATTEN
Abschlußbericht

Die Vorhaben 1500 121 (RS 121) und 150 460 sind Teil eines umfangreichen Forschungsprogramms zu Problemen der äußeren Einwirkungen auf Kernkraftwerke, die vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung gefördert wurden.

Gliederung des Berichtes

In den Hauptteil sind nur diejenigen Darstellungen aufgenommen worden, die zum Verständnis unbedingt erforderlich sind. Weitere Bilder, wie z. B. Versuchsschriebe und Fotos von den einzelnen Versuchen, sind in einem Anlagenteil enthalten, der vor allem der Dokumentation dient. Die Bild-Nummern sind dort durch ein „A“ gekennzeichnet.

Es werden von jedem einzelnen Versuch alle wesentlichen Informationen mitgeteilt, so daß eine eigene Beurteilung des Versuchsablaufs durch den Leser erfolgen kann.

Da in diesem Bericht nur ein Teil der im Rahmen des Forschungsvorhabens 150 460 durchgeführten Arbeiten berichtet wird, ist es unvermeidbar, in einigen Punkten auf Darstellungen in früheren Berichten zu verweisen. Damit dieser Bericht für sich verständlich wird, werden einige wichtige Punkte zusammenfassend wiederholt.

An den Arbeiten Beteiligte

An der Vorbereitung und Durchführung der in diesem Bericht beschriebenen Arbeiten sind die nachfolgend genannten Mitarbeiter beteiligt gewesen:

Klaus Brandes
Werner Falkowski
Jürgen Herter
Manfred Kruck
Gerhard Lohmann

Ernst Limberger
Jürgen Preuß
Joachim Riedel
Werner Struck
Axel Wietzorrek

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt Versuche an Stahlbetonplatten unter statischer und stoßartiger Beanspruchung, die mit Hilfe eines servohydraulischen Prüfzylinders erzeugt wurde. Ziel der Versuche war die experimentelle Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens von Stahlbetonplatten unter einer dynamischen Belastung, angreifend in Plattenmitte. Die Arbeiten stehen im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprogramms zu Problemen der äußeren Einwirkungen auf Kernkraftwerke (Flugzeugabsturz). Durchgeführt wurden 17 Versuche an vierpunktgestützten Platten (2,56 m · 2,56 m · 0,22 m) sowie 13 Versuche an umfangsgelagerten und eingespannten Platten (2,30 m · 2,30 m · 0,16 m).

Untersucht wurden folgende Parameter:

- Verhältnis Biege- zu Schubbewehrung
- Betonfestigkeit
- Belastungsfläche
- Beanspruchungsgeschichte (speziell der Vergleich statisch/dynamisch)

Anhand der Versuchsergebnisse lassen sich drei typische Versagensarten unterscheiden:

- „Primär-Durchstanzen“: Lokaler Schubwiderstand wird überschritten, bevor wesentliche Biegeverformungen aktiviert werden können. Der maximale Bauteilwiderstand wird vom Schubwiderstand bestimmt.
- „Sekundär-Durchstanzen“: Lokaler Schubwiderstand wird erst überschritten, nachdem größere Biegeverformungen und damit Biegerisse aufgetreten sind. Der maximale Bauteilwiderstand wird von der Biegegrenztragfähigkeit bestimmt.
- „Biegeversagen“: Das Arbeitsvermögen der Fließgelenke wird überschritten und damit fällt der Bauteilwiderstand auf Null ab.

Die Ergebnisse der Parameterstudien können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Der Einfluß der Betonfestigkeit ist groß im Bereich des Primär-Durchstanzversagens und gering für den Bereich Biegeversagen und Sekundär-Durchstanzen
- Der Einfluß der Biegebewehrung ist gering für den Versagensbereich Primär-Durchstanzen, wogegen der Einfluß der Betonfestigkeit hier vorherrschend ist. Für das Biegeversagen bzw. das Sekundär-Durchstanzen ist die Biegebewehrung maßgebend
- Ausreichende Schubbewehrung (hier Bügel) ist in der Lage, das lokale frühzeitige Schubversagen (Primär-Durchstanzen) zu verhindern und somit die Energieabsorption bis zum Versagen wesentlich zu vergrößern
- Mit einer Vergrößerung der Lasteinleitungsfläche kann die lokale Schubtragfähigkeit verbessert werden
- Der Einfluß der Deformationsgeschwindigkeit kann wie folgt zusammengefaßt werden. Der dynamische Widerstand der Platte wird durch das dehngeschwindigkeitsabhängige Verhalten der Materialien ebenso wie durch die auftretenden Trägheitskräfte beeinflusst. Für Versagensformen, bei denen der Einfluß des Betons maßgebend ist, konnte eine Steigerung des maximalen Widerstandes im Bereich von 50 % gemessen werden. Für die Versagensbereiche, bei denen der Bewehrungsstahl maßgebend ist, lag die Steigerung des maximalen Widerstandes im Bereich von 5—10 % und somit im Bereich der Festigkeitssteigerung des Betonstahls.

Summary

This report presents results of tests on reinforced concrete slabs under static and dynamic loading. The tests have been performed by use of a servohydraulic test equipment. The main objective was to determine the ultimate load bearing capacity and the deformability of RC-slabs subjected to dynamic loads at the slab centre. The investigations are part of an extensive research program on the problem of external loads on nuclear power plants (aircraft impact). The report describes 17 tests on RC-slabs supported at four corners (dimensions 2,56 m · 2,56 m · 0,22 m) and 13 tests on RC-slabs supported and restrained at four edges (dimensions 2,30 m · 2,30 m · 0,22 m).

Within the scope of this project the following parameters have been investigated:

- amount of bending and shear reinforcement
- concrete strength

- loading area
- deformation rate (comparison static/dynamic loading)

As one result of the tests three typical failure modes could be defined:

- primary punching failure, that means a local shear failure with only small bending deformations
- secondary punching failure, that means a local punching failure accompanied by mayor bending deformations
- bending failure. In this failure mode the slab can be deformed until the maximum bending deformations are exceeded.

The test results can be summarized as follows:

- The influence of concrete strength is strong for punching shear failure and small for bending failure and secondary punching failure
- The influence of bending reinforcement is small for punching shear failure were the influence of concrete strength is predominant. For bending failure and secondary punching failure, the bending reinforcement is predominant
- Sufficient reinforcement (stirrups) is able to prevent local punching shear failure and to enlarge the energy absorption before failure occurs
- Enlargement of the loading area can prevent local punching shear failure
- The influence of the rate of deformation can briefly be summarized as follow. The structural dynamic resistance is mainly effected ba the strain rate behaviour of the material as well as by inertial forces. For failure modes, where concrete is predominant the increase of the maximum resistance could be found in the range of 50 %. For failure modes where the steel is predominant, the increase of the maximum resistance could be found only in the range of 5 % to 10 % which lays in the range of the strength increase of the steel.

Stahlbetonplatten — Versuche — kinetische Grenztragfähigkeit — statische Beanspruchung — Stoßbeanspruchung — Platten mit und ohne Schubbewehrung — Biegeversagen — Durchstanzen — Einfluß der Betonfestigkeit — servohydraulische Versuchseinrichtung

Inhalt	Seite
1. Zielsetzung der Arbeiten	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Übergeordnete Zielsetzung	1
1.3 Einzelzielsetzung	1
2. Versuchstechnische Konzeption	2
3. Versuchsanordnung und Versuchsablauf	3
3.1 Allgemeines	3
3.2 Versuchsanordnung	3
3.3 Versuchsablauf	5
3.4 Versuchsauswertung, Allgemeines	6
4. Versuchsprogramm	7
4.1 Versuchsreihe II, flache Platten	7
4.2 Versuchsreihe III, Randbalkenplatten	8
5. Probekörper, Baustoffe	9
5.1 Herstellung der Probekörper	9
5.2 Stahl	9
5.3 Betonzusammensetzung	9
5.4 Betonfestigkeiten Versuchsreihe II	9
5.5 Betonfestigkeiten Versuchsreihe III	9
6. Versuchsergebnisse Reihe II, flache Platten	10
6.1 Versuch 307	10
6.2 Versuch 308	10
6.3 Versuch 309	11
6.4 Versuch 310	11
6.5 Versuch 311	11
6.6 Versuch 312	12
6.7 Versuch 313	12
6.8 Versuch 314	12
6.9 Versuch 315	12
6.10 Versuch 316	13
6.11 Versuch 317	13
6.12 Versuch 318	13
6.13 Versuch 319	13
6.14 Versuch 320	14
6.15 Versuch 321	14
6.16 Versuch 322	14
7. Vergleichende Darstellung der Versuchsergebnisse Reihe II	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit	15
7.3 Einfluß der Druckbewehrung	17
7.4 Einfluß der Lasteinleitungsfläche	17
7.5 Einfluß der Schubbewehrung	18
7.6 Einfluß der Betongüte	19

8.	Versuchsergebnisse Reihe II, Randbalkenplatten, Darstellung der Einzelergebnisse	21
8.1	Versuch 401	21
8.2	Versuch 402	21
8.3	Versuch 403	21
8.4	Versuch 404	22
8.5	Versuch 405	22
8.6	Versuch 406	22
8.7	Versuch 407	22
8.8	Versuch 408	23
8.9	Versuch 409	23
8.10	Versuch 410	23
8.11	Versuch 411	23
8.12	Versuch 412	24
8.13	Versuch 413	24
9.	Vergleichende Darstellung der Ergebnisse der Versuchsreihe III	25
9.1	Allgemeines	25
9.2	Einfluß der Biegebewehrung	25
9.3	Einfluß der Schubbewehrung und der Betonfestigkeit	26
9.4	Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit	26
9.5	Einfluß der Betonfestigkeit	27
9.6	Einfluß der Größe der Lasteinleitungsplatte	28
10.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Versuchsreihen II und III	29
10.1	Allgemeines	29
10.2	Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens der Platten	29
10.3	Beschreibung des Zerstörungsgrades bei lokalem Schubversagen	31
10.4	Ergebnisse	24
Literatur		32
Anlagen		37

1. Zielsetzung der Arbeiten

1.1 Allgemeines

Der vorliegende Bericht beschreibt Versuche an Stahlbetonplatten unter statischer und stoßartiger Beanspruchung. Die Versuche sind im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprogramms zu Problemen der äußeren Einwirkungen auf Kernkraftwerke durchgeführt worden. Die Untersuchungen in der BAM sind unter den Projektnummern

1500 121:

Das Tragverhalten quergestoßener Stahlbetonbauteile unter geregelter Stoßkraft-Zeit-Verlauf

- Versuche an Stahlbetonbalken
- Tastversuche an Stahlbetonplatten ohne Schubbewehrung

sowie

150 460:

Verhalten von Stahlbetonplatten in der Umgebung der Stoßstelle

- Verhalten von Betonstahl bei hoher Verformungsgeschwindigkeit
- Theoretisch-rechnerische Analyse und Synthese des Verhaltens von Stahlbetonbauteilen unter Stoßbelastung

vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung gefördert worden.

Die übergeordnete Zielsetzung der Arbeiten wurde bereits im 1. technischen Bericht zum Vorhaben 1500 121 /1/ ausführlich dargestellt und wird daher hier nur kurz zusammengefaßt.

1.2 Übergeordnete Zielsetzung

Die Beurteilung des Verhaltens von Stahlbetonsicherheitsumschließungen beim Aufprall eines Flugzeugs erfordert zum einen die Kenntnis der Einwirkungen auf das Tragwerk durch das Flugzeug und zum anderen die Kenntnis des Tragverhaltens der so beanspruchten Stahlbetonbauteile. Gemäß den in /2/ getroffenen Vereinbarungen wird der Flugzeugabsturz durch zwei Lastfälle abgedeckt, den "harten" Stoß, verursacht durch ein kompaktes Projektil geringer Masse, und den "weichen" Stoß, verursacht durch Aufprall des Flugzeugrumpfes. Der weiche Stoß wird durch Vorgabe eines definierten Stoßkraft-Zeit-Verlaufes abgedeckt. Die vorliegenden Untersuchungen gelten dem Verhalten von Stahlbetonplatten unter Bedingungen, wie sie dem weichen Stoß entsprechen.

1.3 Einzelzielsetzung

Ziel der Versuche war die experimentelle Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens von Stahlbetonplatten unter einer Einzellast, angreifend in Plattenmitte. Die Versuche waren als Ergänzung zu den großmaßstäblichen Versuchen in Meppen (Forschungsvorhaben RS 165, s. /3/ und /4/) angelegt. Hierbei sollten entsprechend den technischen Möglichkeiten der Versuchsanlage in der BAM folgende Parameter variiert werden:

- Verhältnis Biege- zu Schubbewehrung
- Betonfestigkeit
- Belastungsfläche
- Belastungsgeschichte (speziell der Vergleich von Versuchsergebnissen unter statischer und dynamischer Belastung).

2. Versuchstechnische Konzeption

Aus Ergebnissen von Versuchen mit Stahlbetonbalken ist bekannt, daß Stahlbetonbauteile auch unter Stoßbelastung ein hohes Energieaufnahmevermögen besitzen, sofern Biegeverformungen aktiviert werden können. Ein lokales Schubversagen, bei Platten Durchstanz-Versagen, ergibt jedoch in jedem Falle ein deutlich verringertes Energieaufnahmevermögen und kann daher bei der Bemessung weitgehend auslegungsentscheidend sein. Bei den vorliegenden Versuchen an Stahlbetonplatten wurde sowohl das Durchstanz- als auch das Biegeversagen untersucht. Zunächst waren im Anschluß an die Vorversuche an flachen Platten ohne Bügelbewehrung (Versuche an Platten, Teil I: 4. Technischer Bericht zum Vorhaben 1500 121, /5/) weitere derartige Versuche geplant, im folgenden mit Versuchsreihe II bezeichnet. Um möglichst einfache und versuchstechnisch leicht realisierbare Auflagerbedingungen zu schaffen, wurde eine Vierpunktlagerung mit freier Horizontalverschieblichkeit der Platten gewählt. Bei dieser Auflagerungsart konzentrieren die Biegeverformungen in orthogonal verlaufenden Fließgelenklinien (s. a. Bild 2/1), sofern das frühzeitige Durchstanzen (Primär-Durchstanzen) verhindert werden kann. Um nicht in die Problematik des Modellbetons zu geraten, wurden möglichst dicke Platten angestrebt, andererseits lag die maximale Stoßkraft bei 1000 kN. Daher konnte der Parameter Plattendicke nicht variiert werden.

Die in der Versuchsreihe II verwendeten Platten waren 22 cm dick. Bei allen Versuchen wurde kein primäres Durchstanzen erzielt, sondern Sekundärdurchstanzen bzw. Biegeversagen, d. h. die Biegegrenztragfähigkeit war infolge des gewählten Systems zu klein im Verhältnis zum Durchstanzwiderstand. Daher wurde das Versuchsprogramm erweitert um die Versuche der Reihe III, bei denen die Platten längs der vier Seiten eingespannt gelagert wurden. Mit dieser konstruktiven Maßnahme wurde die Biegegrenztragfähigkeit im Verhältnis zu derjenigen bei Vierpunktlagerung erhöht, um das frühzeitige Durchstanzen erzielen zu können. Hierbei wurde die Umfangslagerung der Platte durch einen im Verhältnis zur Platte steifen anbetonierten Randbalken simuliert. Diese Versuche mit Randbalkenplatten konnten ohne wesentliche konstruktive Änderungen der Auflagerkonstruktion durchgeführt werden. Allerdings mußte die Plattendicke auf 16 cm reduziert werden, um die notwendigen Kräfte unter 1000 kN zu halten. Ferner konnten keine Auflagerkräfte gemessen werden.

Anders als bei der vierpunktgelagerten Platte ergibt sich hier bei Biegeversagen die für eine ringsum eingespannte Platte typische Bruchfigur entsprechend Bild 2/2.

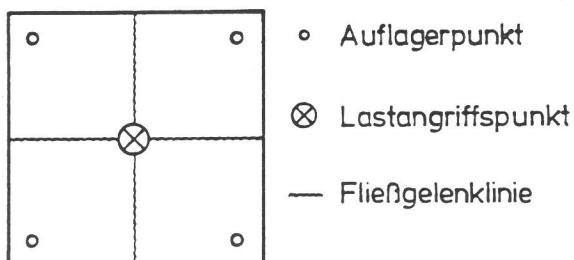


Bild 2/1

Fließgelenklinien einer auf vier Punkten drehbar gelagerten Stahlbetonplatte unter statischer Einzellast (Versuchsreihe II)

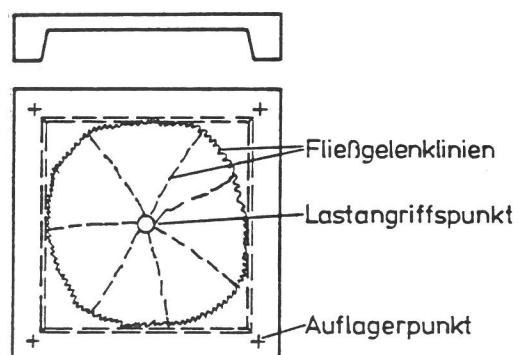


Bild 2/2

Schematische Darstellung der Bruchfigur bei Biegeversagen für die in Versuchsreihe III verwendeten Randbalkenplatten

3. Versuchsanordnung und Versuchsablauf

3.1 Allgemeines

Die Versuche wurden mit einem servohydraulischen Prüfzylinder durchgeführt. Bei dieser Versuchstechnik wird am Lastangriffspunkt eine Verformung eingeprägt. Im geschlossenen Regelkreis wird dabei genau diejenige Kraft erzeugt, die notwendig ist, um den Verformungswiderstand zu überwinden. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß für jedes Bauteil mit einem einzigen Versuch die Grenztragfähigkeit, d. h. die vollständige Widerstand-Verformungskurve, bestimmt werden kann. Insbesondere ist der Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit, speziell der Vergleich mit einem entsprechenden statischen Versuch, leicht durchzuführen.

3.2 Versuchsanordnung

Alle Versuche wurden in der in Bild 3.2/1 abgebildeten servohydraulischen Versuchseinrichtung durchgeführt, die in /1/ ausführlich beschrieben worden ist. Eine schematische Darstellung der Versuchseinrichtung zeigt Bild 3.2/2.

Alle Platten wurden an den vier Eckpunkten auf Kugeln gelagert und mit Zugfesseln gegen Abheben gesichert (Bild 3.2/3). Die Stützweite der quadratischen Platten betrug in jeder Richtung 2,56 m. Durch die Kugellagerung konnte eine horizontale Verschieblichkeit und Verdrehung um beliebige horizontale Achsen gewährleistet werden. Im Bereich des Auflagerpunktes ist in der Stahlbetonplatte eine Stahlplatte einbetoniert, die der Lastverteilung dient und die Reibung zwischen Kugel und Probekörper gering hält. Die Zugfesseln wurden notwendig, um ein Abheben der Stahlbetonplatte von den Auflagern durch die zu Beginn eines dynamischen Versuches auftretenden Zugkräfte zu verhindern. Die Höhenlage der Kugeln konnte stufenlos verstellt werden, wodurch eine gleichmäßige Auflagerung der Probekörper auf allen vier Auflagern erreicht wurde.

Während des Versuchs wurden Wege und Beschleunigungen längs einer Plattendiagonalen gemessen sowie einige Wege an den Plattenrändern, siehe Bild 3.2/4.

Mit Hilfe der Meßwerte längs der Diagonalen lassen sich der Zeitpunkt und Ort bei beginnendem Durchstanzvorgang diagnostizieren. Zur Messung der Verformungen der Probekörper wurden induktive Wegaufnehmer (Typ W 100 bzw. W 200, Fa. Hottinger) verwendet, die an der Unterseite an einbetonierten Halterungen befestigt waren. Die Aufnehmerankopplung und eine Abschätzung des Meßfehlers sind in /1/ beschrieben. Bei Stoßversuchen wurden Beschleunigungsaufnehmer Typ B 12/500 der Firma Hottinger an der Unterseite der Platte angebracht.

Die Einzelkraft an der Krafteinleitungsstelle wurde über einen an der Kolbenstange des hydraulischen Zylinders befestigten 1000 kN Druck-Zug-Kraftaufnehmer (Ringtorsionsprinzip, Bauart Schenck) gemessen. Bei den flachen Platten wurden außerdem an 2 Ecken die Auflagerkräfte gemessen (400 kN, Schenck). Bei den Randbalkenplatten konnten aus konstruktiven Gründen keine Auflagerkräfte gemessen werden. Die Positivdefinition der Vorzeichen bei der Darstellung der Versuchsergebnisse folgt Bild A 3.2/1.

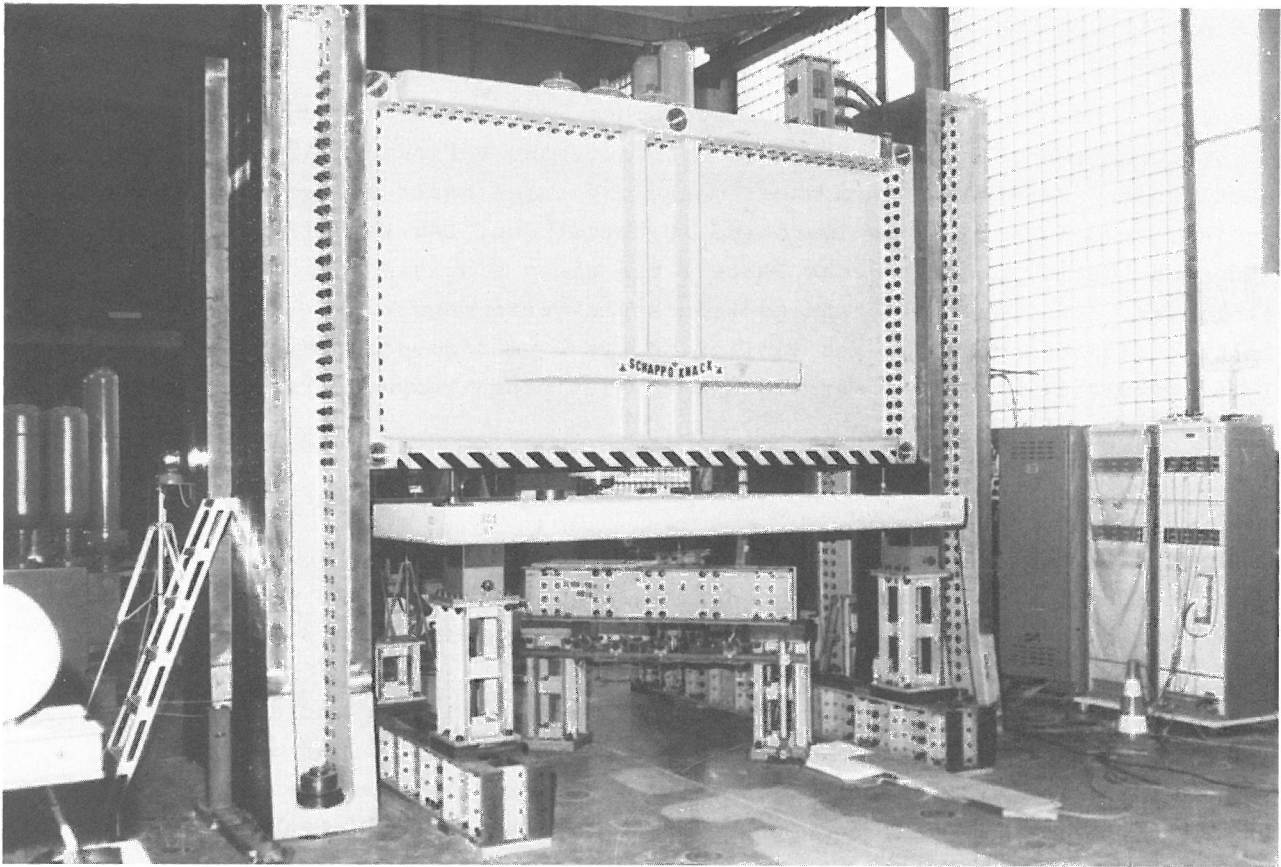


Bild 3.2/1
 Servohydraulische Versuchseinrichtung zur Erzeugung statischer und stoßartiger Belastungen mit eingebauter Stahlbetonplatte als Probekörper. Das Foto zeigt eine vierpunktgelagerte Platte der Reihe II

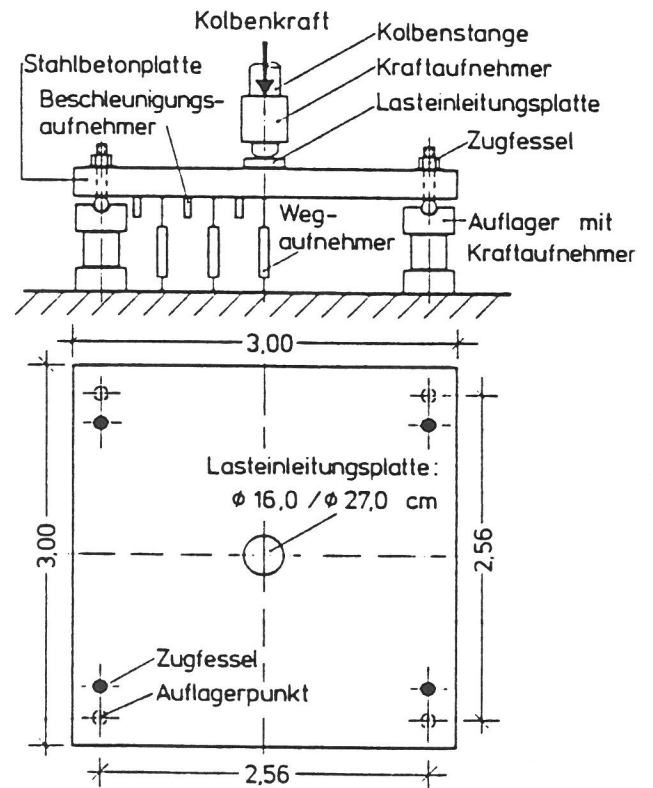
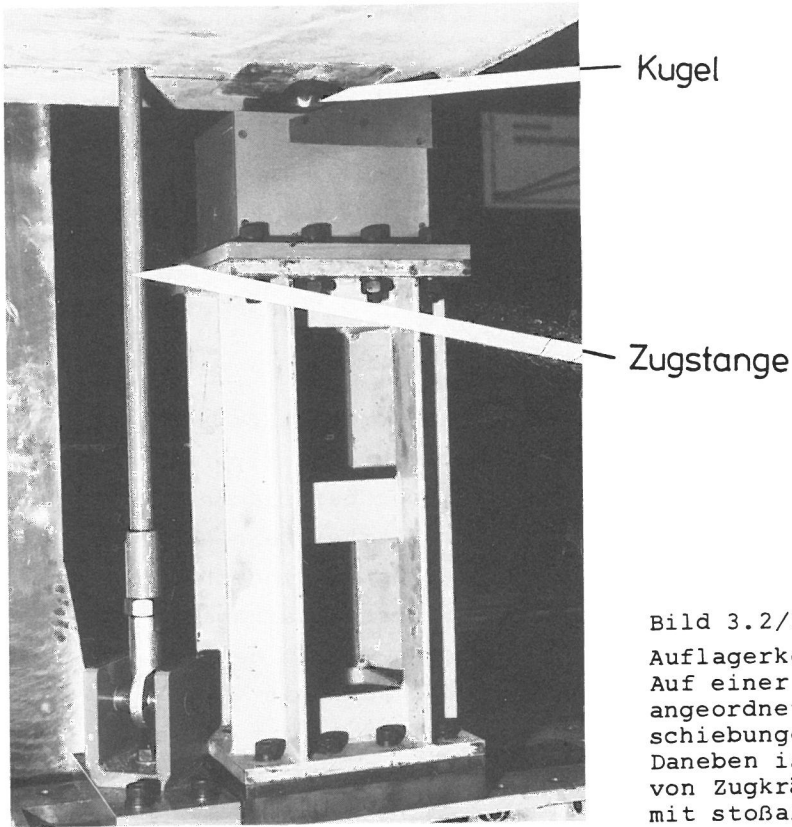


Bild 3.2/2
 Versuchsanordnung bei Versuchen an Stahlbetonplatten, Belastung durch Einzellast in Plattenmitte, Vierpunktlagerung (flache Platten)

An einer Zugfessel eines Auflagers ist in allen dynamischen Versuchen ein Dehnungsmeßstreifen aufgeklebt worden, der zumindest qualitativ das Auftreten von Zugkräften anzeigt (Abheben der Ecken).

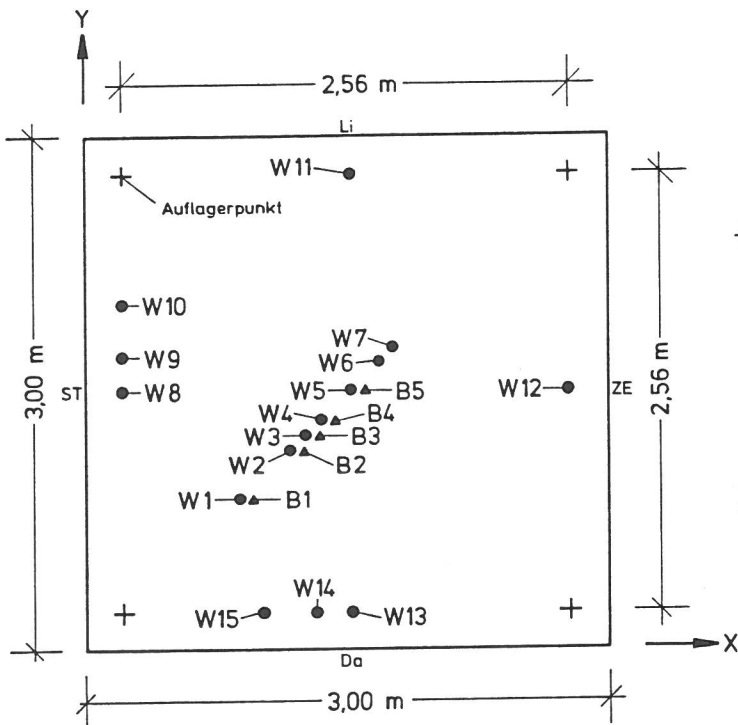


Kugel

Zugstange

Bild 3.2/3

Auflagerkonstruktion für Stahlbetonplatten. Auf einer Säule ist eine Kugel als Element angeordnet, die beliebige horizontale Verschiebungen sowie Verdrehungen zuläßt. Daneben ist die Zugstange zur Aufnahme von Zugkräften zu Beginn eines Versuchs mit stoßartiger Beanspruchung zu erkennen.



Aufnehmer	UAM-Kanal	Sollmaß x (m)	Sollmaß y (m)
Weg W1	2	0,865	0,865
" W2	3	1,16	1,16
" W3	4	1,245	1,245
" W4	5	1,33	1,33
" W5	6	1,50	1,50
" W6	7	1,67	1,67
" W7	8	1,755	1,755
" W8	9	0,22	1,50
" W9	10	0,22	1,70
" W10	11	0,22	2,00
" W11	12	1,50	2,78
" W12	13	2,78	1,50
" W13	14	1,50	0,22
" W14	15	1,30	0,22
" W15	16	1,00	0,22
Beschleunigung B1	23	0,915	0,865
" B2	24	1,21	1,16
" B3	25	1,295	1,245
" B4	26	1,38	1,33
" B5	27	1,55	1,50

Bild 3.2/4

Typische Anordnung der Meßpunkte für Wege und Beschleunigungen längs einer Plattendiagonalen.

3.3 Versuchsablauf

In der Mitte der Stahlbetonplatte wurde zwischen Probekörper und dem an der Kolbenstange befestigten Kraftaufnehmer eine Lasteinleitungsplatte aus Stahl angeordnet (Plattendicke 55 mm).

Vor Beginn des Versuchs wurde ein schwacher Kontakt zwischen Kraftaufnehmer und Probekörper hergestellt (ca. 5 kN Vorlast). Der Start des Versuchs und des Analogmeßsystems erfolgten programmgesteuert vom Prozeßrechner. Die Sollwertfunktion wurde von einem Funktionsgenerator über einen Analogausgang erzeugt und dem Regelkreis des Prüfzylinders zugeführt. Der servohydraulische Prüfzylinder ist in allen Fällen durch eine Wegregelung gesteuert worden. Der maximale Weg wurde so groß gewählt, daß in jedem Falle das gesamte Energieaufnahmevermögen der Platte bestimmt werden konnte.

3.4 Versuchsauswertung, Allgemeines

Nach Abschluß der Versuche lagen die einzelnen Meßgrößen in Form von Zeitschrieben vor. Als erste Auswertung wurden Biegelinien zu verschiedenen Zeitpunkten für die Plattendiagonale sowie für Plattenränder erstellt (nur bei flachen Platten). Anders als bei den Balkenversuchen läßt sich für Platten kein einfaches Rechenmodell angeben, mit dem sich die Schnittlasten unter Einrechnung der Trägheitskräfte bestimmen lassen. Für das Kriterium Durchstanzversagen ist es jedoch ausreichend, die Kraft an der Lasteinleitungsstelle zu betrachten, die an einer hypothetischen Scherfuge übertragen werden muß. Das Verhalten der Platte in Hinblick auf den Durchstanzwiderstand wird daher mit Hilfe der Last-Mittenwegkurve im statischen bzw. der Stoßkraft-Mittenwegkurve im dynamischen Fall beschrieben.

Bei einigen Versuchen wurden plastische Dehnungsverteilungen im Betonstahl mit Hilfe der Ritzmethode ermittelt.

Ferner wurde versucht, mit Hilfe einer schematisierten Beschreibung des Zerstörungsbildes der Platten Anhaltswerte für den Winkel des Ausbruchkegelstumpfes zu geben.

4. Versuchsprogramm

4.1 Versuchsreihe II, flache Platten

Die Versuche 307 bis 322 an flachen Platten wurden mit dem Titel Versuchsreihe II bezeichnet. Bild 4.1/1 gibt die tabellarische Übersicht darüber, welche Parameter variiert wurden.

Plattenversuche Reihe II								
Probekörper Typ	Versuchs-		SOLL- Beton- festigkeit MN/2	Last- einleit. fläche Ø (cm)	Bewehrung		Bügel Ø (mm)	
	Nr.	Art			Biegebewehrung oben	unten		
PP03	307	dyn	30	27	Ø 10 mm kreuzweise, a = 10 cm/11 cm	Ø 10 mm kreuzweise, a = 5 cm/5,5 cm	8	
PP04	308	dyn		6				
PP05	309	dyn	60	16			ohne	
	310	dyn						
	319	dyn	30	27				
	320	dyn		36				
	321	stat		27				
PP06	311	dyn	60	16			Ø 10 mm kreuzweise, a = 5 cm/5,5 cm	8
	312	dyn						
	317	dyn	30					
	318	stat						
PP07	313	dyn	60	27	Ø 10 mm kreuzweise, a = 5 cm/5,5 cm	6		
	314	dyn						
	322	stat	30					
PP08	315	dyn	60	27	ohne	ohne		
	316	dyn						

Bild 4.1/1

Tabellarische Übersicht der Parameter bei den Versuchen an flachen Platten, Versuchsreihe II

Die Bewehrungszeichnungen der Probekörper PP03 bis PP08 sind in der Anlage Bilder A 4.1/1 bis A 4.1/6 zu finden.

Die quadratischen Platten sollten in beiden Richtungen gleiche Biegebewehrung erhalten. Zum Ausgleich für die etwas größere statische Höhe wurden die jeweils außenliegenden Eisen in einem etwas größeren Abstand verlegt als die inneren Eisen. Alle Platten der Reihe II hatten die gleiche Biegebewehrung. Als einzige Ausnahme wurde beim Probekörpertyp PP08 keine Druckbewehrung eingelegt. Variiert wurden bei den Versuchen die Bügelbewehrung, die Betonfestigkeit und die Lasteinleitungsfläche. Drei Platten wurden mit statischer Beanspruchungsgeschwindigkeit geprüft, alle anderen wurden dynamisch beansprucht unter Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Versuchsanlage.

Plattenversuche Reihe III											
Probe- körper Typ	Versuchs-		SOLL- Beton- festigkeit MN/2	Last- einleit. fläche Ø (cm)	Bewehrung		Bügel Ø (mm)				
	Nr.	Art			Biegebewehrung oben	unten					
PP09	401	dyn	40	16	8	10	ohne				
	404	dyn	20								
	405	stat									
	408	dyn		27							
PP10	402	dyn	30	16	8	6	6 *)				
	403	dyn	20								
	406	dyn									
	407	stat									
PP11	409	stat	40	16	8	6	6				
	410	dyn									
PP12	411	stat								10	
PP13	412	dyn								6	6
	413	dyn		27							

*) Bügel nur in jedem 2. Kreuzungspunkt

Bild 4.2/1

Tabellarische Übersicht der Parameter bei den Versuchen an Randbalkenplatten, Versuchsreihe III

4.2 Versuchsreihe III, Randbalkenplatten

Die Versuche 401 bis 413 an Randbalkenplatten wurden mit dem Titel Versuchsreihe III versehen. Bild 4.2/1 gibt eine tabellarische Übersicht der variierten Parameter.

Die Bewehrungszeichnungen für die verwendeten Probekörper sind in der Anlage in den Bildern A 4.2/1 bis A 4.2/4 zu finden.

5. Probekörper, Baustoffe

5.1 Herstellung der Probekörper

Alle Stahlbetonplatten wurden im Betonwerk Südhafen der Fa. Engel & Leonhardt GmbH & Co, Berlin Spandau, hergestellt. Die Einbauteile zur Befestigung der Weg- und Beschleunigungsaufnehmer sowie die Stahlplatten im Auflagerbereich sind von der BAM gefertigt und dem Betonwerk angeliefert worden. Zur Fertigung der Stahlbetonplatten wurden handelsüblicher Betonstahl und Normalbeton verwendet.

5.2 Stahl

Bis auf 3 Ausnahmen (Versuche 405, 406 und 407) wurde für alle Platten Betonstahl BSt 420/500 Rk aus einer Charge der Peine-Salzgitter AG verwendet (Durchmesser 6 mm, 8 mm und 10 mm). Dieser Stahl wurde durch die BAM beschafft und dort gelagert. Nach Bedarf wurde der Stahl dann, zum Teil mit Ritzmarken versehen, zum Fertigteilwerk geliefert. Für die Versuche 405, 406 und 407 wurde Stahl aus Lagerbeständen des Betonwerks verwendet. Die Eigenschaften des Betonstahls wurden an einigen Repräsentativproben ermittelt. Die Ergebnisse dieser Zugversuche sind in der Anlage der Bilder A 5.2/1 und A 5.2/2 zu finden.

5.3 Betonzusammensetzung

Für die Herstellung des Betons konnte, bedingt durch den firmeninternen Produktionsablauf des Fertigteilwerks, nur der dort übliche Zement PZ 55 verwendet werden. Die angestrebten Betonfestigkeiten der Stahlbetonplatten lagen bei $\beta_{W28} = 35 \text{ N/mm}^2$ bzw. $\beta_{W28} \geq 60 \text{ N/mm}^2$. Mit Rücksicht auf die teilweise eng liegende Bewehrung wurde das Größtkorn auf 8,0 mm begrenzt. Betondruckfestigkeiten kleiner als $\beta_{W28} = 30 \text{ N/mm}^2$ konnten bei den vorliegenden Umständen nicht durch Variation der Betonzusammensetzung erzielt werden. Daher mußten einige Versuche entsprechend der Erhärtungskurve frühzeitig (bereits 13 Tage nach Herstellung) geprüft werden. Für die Platten wurden insgesamt drei verschiedene Betonrezepte verwendet. Einzelheiten sind in der Anlage Bilder A 5.3/1 bis A 5.3/3 zu finden.

5.4 Betonfestigkeiten Versuchsreihe II

Zu jeder Versuchsplatte wurden 3 Probewürfel entsprechend DIN 1048 hergestellt, gelagert und geprüft (28 Tage Festigkeit). Außerdem wurden jeweils 3 Würfel wie die Stahlbetonplatten hergestellt, neben der Platte gelagert und am Tage des Plattenversuchs geprüft. Im Anschluß an den erfolgten Plattenversuch wurden aus ungestörten Bereichen der Platte, soweit möglich, 3 bzw. 4 Bohrkerne entnommen und anschließend geprüft. Die ermittelten Betondruckfestigkeiten sind tabellarisch in der Anlage Bild A 5.4/1 zu finden.

5.5 Betonfestigkeiten Versuchsreihe III

Wie bei der Versuchsreihe II wurden je 3 Würfel für die Normprüfung nach 28 Tagen und für die Bestimmung der Festigkeit am Tage des Plattenversuchs hergestellt. Zusätzlich wurden für die Versuche 403 bis 413 je 6 Würfel hergestellt für die Bestimmung der Erhärtungskurve. Im Anschluß an den Plattenversuch wurden 4 Bohrkerne entnommen. Beim Versuch 407 wurden keine Bohrproben entnommen, da die Platte zu sehr zerstört war. Die Ergebnisse der Betondruckprüfungen sind in der Anlage Bild A5.5/1 zu finden.

6. Versuchsergebnisse Reihe II, flache Platte

Bei der Versuchsreihe II wurden vierpunktgestützte, quadratische, flache Platten (Außenmaße 3,0 m x 3,0 m x 0,22 m, Stützweite 2,56 m) verwendet. Die einzelnen Versuchsnummern (307 bis 322) wurden entsprechend der zeitlichen Abfolge der Versuche vergeben und werden hier auch in dieser Reihenfolge behandelt. Die Darstellung der einzelnen Versuche beschränkt sich im Textteil auf die Zielsetzung und das wesentliche Ergebnis des Versuchs. Details der Versuche, Skizzen, Meßschriebe, Fotos sind in der Anlage zusammengestellt. Eine Übersicht der Lage der Meßwertaufnehmer für Versuchsreihe II ist in der Anlage Bild A 6.0/1 zu finden.

6.1 Versuch 307

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.1/1 bis A 6.1/9 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 307 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP03, Bild A 4.1/1 in der Anlage) hatte die Erprobung einer Bügelbewehrung zum Ziel. Eingesetzt wurden [-förmige offene Bügel (Durchmesser 8 mm), die die obere und untere Bewehrung vollständig umschlossen. Die Platte zeigt (s. Fotos Bilder A 6.1/3 bis 5 in der Anlage) Fließgelenklinien, wobei diejenigen parallel zur außenliegenden Bewehrung stärker ausgeprägt sind. Im Bereich dieser Fließgelenklinie ist die Betondruckzone zerstört. Im Bereich der Lasteinleitung hat sich ein Durchstanzkonus gebildet, der bis Versuchsende jedoch noch von Biege- und Schubbewehrung gehalten wird.

Aus den Messungen der plastischen Dehnungsverteilungen an ausgewählten Bewehrungsstäben in der Zugzone (Bild A 6.1/9 in der Anlage) ist erkennbar, daß die Drehfähigkeit des Gelenks in der einen Richtung bereits erschöpft ist (Meßstab 42 bereits eingeschnürt).

6.2 Versuch 308

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.2/1 bis A 6.2/10 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 308 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP04, Bild A 4.1/2 in der Anlage) hatte ebenfalls wie Versuch 307 die Erprobung einer geeigneten Bügelbewehrung zum Ziel. Eingesetzt wurden hier [-förmige offene Bügel (Durchmesser 6 mm), die die obere und die untere Bewehrung vollständig umschlossen. Die Platte zeigt nach Versuchsende Fließgelenklinien, wobei die Richtung parallel zur außenliegenden Bewehrung stärker ausgeprägt ist. Im Bereich dieser Fließgelenklinie ist die Betondruckzone zerstört (s. Fotos Bilder A 6.2/3 bis A 6.2/4 in der Anlage). Im Bereich der Lasteinleitung hat sich ein Durchstanzkonus ausgebildet, der bis Versuchsende noch von Biege- und Schubbewehrung gehalten wird (s. Fotos Bild A 6.2/5 und A 6.2/6 in der Anlage).

Aus den Messungen der plastischen Dehnungsverteilungen an ausgewählten Bewehrungsstäben in der Zugzone (Bild A 6.2/10 in der Anlage) ist erkennbar, daß die Drehfähigkeit des Gelenks in der einen Richtung nahezu erschöpft ist (Stab 42 ca. 4 % bleibende Dehnung), während in der anderen Richtung nur ca. 1 % bleibende Dehnung am Meßstab 12 gemessen wurde. Im Gegensatz zum Versuch 307 (8 mm Bügel) wurden hier die 6 mm dicken Bügel aufgebogen, d. h. die Verankerung war nicht ausreichend. Für weitere Versuche mit Bügelbewehrung wurden daher die Bü-

gelenden zusätzlich nach innen gebogen. Diese konstruktive Maßnahme hat sich bei den weiteren Versuchen bewährt.

6.3 Versuch 309

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.3/1 bis A 6.3/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 309 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP05, Bild A 4.1/3 in der Anlage) hatte keine Schubbewehrung und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht.

Ziel des Versuchs war es, ein möglichst frühzeitiges Durchstanzen ohne wesentliche Biegeverformungen zu erreichen. Die Platte zeigt nach Versuchsende zwar keine Fließgelenklinien, jedoch sind auf den Fotos Bilder A 6.3/4 und A 6.3/5 in der Anlage Biegerisse erkennbar, wenn auch verstärkt durch Sekundäreffekte nach Durchstanzen der Platte ("Hängemattenwirkung" der unteren Bewehrung). Aus den Biegelinien längs der Plattenränder (vgl. Bild A 6.3/7 in der Anlage, Diagramme A und B) ist abzulesen, daß Maximalverformungen in den Mitten der Plattenränder von ca. 20 bzw. 28 mm auftraten. Die plastischen Dehnungen längs der Ränder wurden hier nicht ausgemessen, da das Ritzverfahren im Bereich kleiner Dehnungen zu ungenau ist. Jedoch läßt sich über den Vergleich der Durchbiegungen der Ränder mit Versuche 307 und 308 die Größenordnung der plastischen Dehnungen abschätzen. Hiernach ergibt sich bei einer Maximalverformung von 28 mm in Randmitte für Versuch 309 eine bleibende Dehnung im Stahl von ca. 0,5 %.

6.4 Versuch 310

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.4/1 bis A 6.4/8 in der Anlage zusammengestellt. Im Versuch 310 wurde der gleiche Probekörpertyp verwendet wie im Versuch 309 (Bewehrungszeichnung PP05, Bild A 4.1/3 in der Anlage), jedoch mit höherer Betongüte (Sollfestigkeit 60 MN/m^2). Die Platte hatte keine Schubbewehrung und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Trotz höherer Betonfestigkeit gegenüber der im Versuch 308 verwendeten Platte ergaben sich im wesentlichen die gleichen Versuchsergebnisse. Die Platte wurde durchgestanzt nach geringen Biegeverformungen der Platte, die jedoch zu bleibenden Dehnungen im Stahl von min. 0,5 % geführt haben.

6.5 Versuch 311

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.5/1 bis A 6.5/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 311 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP06, Bild A 4.1/4 in der Anlage) hatte eine Schubbewehrung und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht.

Irrtümlich wurde die Platte statt mit 2,0 m/s nur mit einer mittleren Verformungsgeschwindigkeit von 0,4 m/s beaufschlagt. Die Versuchsergebnisse lassen sich jedoch für die Untersuchung des Einflusses der Verformungsgeschwindigkeit verwenden (Versuche 311, 317 und 318).

Für die Schubbewehrung wurden Bügel mit 8 mm Durchmesser verwendet, die anders als bei Versuch 307 nach innen abgebogen wurden.

Nach einer Maximalverformung von ca. 50 mm in Plattenmitte erfolgte ein Durchstanzen. Die Platte zeigt nach Versuchsende Biegerisse, jedoch keine Bruchlinien. Durch die Bügelbewehrung werden die Zerstörungen an der Plattenunterseite nach erfolgtem Durchstanzen auf die Plattenmitte beschränkt (vgl. Fotos Bilder A 6.5/4 und A 6.5/5 in der Anlage).

6.6 Versuch 312

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.6/1 bis A 6.6/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 312 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP06, Bild A 4.1/4 in der Anlage) war die gleiche, wie in den Versuchen 311, 317 und 318, jedoch mit erhöhter Betonfestigkeit (Sollfestigkeit 60 MN/m^2). Die Platte hatte eine Schubbewehrung (Bügel von 8 mm Durchmesser) und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Die Platte wurde nach Erreichen einer Mittendurchbiegung von ca. 80 mm durchgestanzt. Auf den Fotos Bilder A 6.6/4 und A 6.6/5 in der Anlage ist der Beginn der Ausbildung von Bruchlinien erkennbar. Der Vergleich der Biegelinien entlang der Plattenränder zeigt, daß bei diesem Versuch die Beanspruchung in beiden Richtungen etwa gleich groß war (vgl. Bild A 6.6/7 in der Anlage, Diagramme A und B).

6.7 Versuch 313

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.7/1 bis A 6.7/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 313 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP07, Bild A 4.1/5 in der Anlage) ist vergleichbar dem Plattentyp PP06, jedoch nur mit Bügeln vom Durchmesser 6 mm für die Schubbewehrung. Die Platte wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 60 mm ergab sich ein lokales Durchstanzen. Die aufgetretenen orthogonalen Biegerisse (vgl. Foto Bilder A 6.7/4 und A 6.7/5 in der Anlage) zeigen den Beginn der Ausbildung von Bruchlinien an.

6.8 Versuch 314

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in den Bildern A 6.8/1 bis A 6.8/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 314 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP07, Bild A 4.1/5 in der Anlage) entspricht der im Versuch 313 verwendeten Platte, jedoch mit erhöhter Betonfestigkeit (Solldruckfestigkeit 60 N/mm^2). Die Platte hatte eine Schubbewehrung (Bügel 6 mm Durchmesser) und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 80 mm ergab sich ein lokales Durchstanzen. Die orthogonalen Biegerisse (Fotos Bild A 6.8/4 und A 6.8/5 in der Anlage) zeigen ebenso wie im Versuch 313 den Beginn der Ausbildung von Bruchlinien an.

6.9 Versuch 315

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 315 sind in den Bildern A 6.9/1 bis A 6.9/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP08, Bild A 4.1/6 in der Anlage) hatte keine Druckbewehrung und keine Schubbewehrung. Der Probekörper wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Im Vergleich mit den Versuchen 305

(Versuchsreihe I, /5/) und 319 sollte hier der Einfluß der Druckbewehrung auf die dynamische Tragfähigkeit untersucht werden. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 60 mm ergab sich ein lokales Durchstanzen. Die Fotos Bilder A 6.9/4 und A 6.9/5 in der Anlage zeigen Risse, die jedoch zum großen Teil nur Risse in der Betondeckung des unteren Bewehrungsnetzes sind, das sich nach Durchstanzen wie eine Schale vom Beton der Platte abgelöst hat.

6.10 Versuch 316

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 316 sind in den Bildern A 6.10/1 bis A 6.10/8 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP08, Bild A 4.1/6 in der Anlage) hatte wie die Platte im Versuch 315 keine Druckbewehrung und keine Schubbewehrung, jedoch höhere Betondruckfestigkeit (Sollfestigkeit 60 N/mm^2). Der Probekörper wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 60 mm ergab sich ein lokales Durchstanzen. Die Fotos Bilder A 6.10/4 und A 6.10/5 in der Anlage zeigen ebenso wie beim Versuch 315 Sekundärrisse, d. h. der zum Zeitpunkt des Durchstanzens vorhandene Rißzustand ist auf den Fotos nicht erkennbar. Jedoch lassen sich aus den Biegelinien längs der Plattenränder (vgl. Bild A 6.10/7 in der Anlage, Diagramme A und B) Rückschlüsse auf die plastischen Dehnungen im Stahl und damit auf den Rißzustand der Platte ziehen.

6.11 Versuch 317

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 317 sind in den Bildern A 6.11/1 bis A 6.11/9 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 317 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP06, Bild A 4.1/4 in der Anlage) ist vergleichbar mit den in den Versuchen 311 und 318 verwendeten Platten. Der Probekörper hatte eine Schubbewehrung mit Bügeln von 8 mm Durchmesser und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 60 mm ergab sich lokales Durchstanzen. Die Fotos Bilder A 6.11/4 bis A 6.11/6 in der Anlage zeigen, daß die Sekundärzerstörungen nach dem Durchstanzen lokal begrenzt sind. Ferner sind die orthogonalen Biegerisse erkennbar.

6.12 Versuch 318

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 318 sind in den Bildern A 6.12/1 bis A 6.12/6 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 318 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP06, Bild A 4.1/4 in der Anlage) ist vergleichbar mit dem im Versuch 317 verwendeten Probekörper. Der Probekörper hatte eine Schubbewehrung mit Bügeln von 8 mm Durchmesser und wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser statisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 45 mm ergab sich ein lokales Durchstanzen, wesentlich früher als bei dynamischer Belastung. Somit sind auch die maximalen Randdurchbiegungen (vgl. Bild A 6.12/6 in der Anlage, Diagramme A und B) wesentlich kleiner als im dynamischen Lastfall.

6.13 Versuch 319

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 319 sind in den Bildern A 6.13/1 bis A 6.13/11 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 319 verwendete Platte

(Bewehrungszeichnung PP05, Bild A 4.1/3 in der Anlage) ist vergleichbar mit den in den Versuchen 309 und 320 verwendeten Platten. Ziel dieser Versuche war es, den Einfluß der Lasteinleitungsfläche bei Platten ohne Bügelbewehrung zu untersuchen. Der Probekörper für Versuch 319 wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Die Platte wurde nach einer Mittendurchbiegung von ca. 55 mm lokal durchgestanzt. Wie bei allen Versuchen ohne Bügelbewehrung sind die auf der Plattenrückseite sichtbaren Risse vorwiegend Sekundärrisse, vgl. Fotos Bilder A 6.13/4 und A 6.13/5 in der Anlage. Um den Bereich des Durchstanzkegels sichtbar zu machen, wurden nach Versuchsende zunächst die losen Betonstücke auf der Plattenrückseite entfernt und anschließend die äußere Bewehrung abgetrennt, vgl. Fotos Bilder A 6.13/6 bis A 6.13/8 in der Anlage.

6.14 Versuch 320

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 320 sind in den Bildern A 6.14/1 bis A 6.14/9 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 320 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP05, Bild A 4.1/3 in der Anlage) ist vergleichbar mit den in den Versuchen 309 und 319 verwendeten Platten. Ziel dieses Versuchs war es, den Einfluß der Lasteinleitungsfläche bei Platten ohne Bügelbewehrung zu untersuchen. Der Probekörper für Versuch 320 wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 36 cm Durchmesser dynamisch beansprucht. Die Platte wurde nach einer Mittendurchbiegung von ca. 70 mm lokal durchgestanzt. Der Bereich des Durchstanzkegels ist auf dem Foto Bild A 6.14/6 in der Anlage zu erkennen.

6.15 Versuch 321

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 321 sind in den Bildern A 6.15/1 bis A 6.15/7 zusammengestellt. Die im Versuch 321 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP05, Bild A 4.1/3 in der Anlage) ist vergleichbar mit der im Versuch 319 verwendeten Platte und hatte keine Schubbewehrung. Im Versuch 321 wurde der Probekörper jedoch über eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser statisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von nur ca. 40 mm wurde die Platte lokal durchgestanzt.

6.16 Versuch 322

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 322 sind in den Bildern A 6.16/1 bis A 6.16/7 in der Anlage zusammengestellt. Die im Versuch 322 verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP07, Bild A 4.1/5 in der Anlage) ist vergleichbar mit der im Versuch 308 verwendeten Platte. Ziel dieses Versuchs war es, den Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit auf das Verhalten von Platten mit Bügelbewehrung zu untersuchen. Der Probekörper wurde über eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser statisch beansprucht. Nach einer Mittendurchbiegung von ca. 50 mm wurde die Platte lokal durchgestanzt.

7. Vergleichende Darstellung der Versuchsergebnisse Reihe II

7.1 Allgemeines

Die Auswirkungen der verschiedenen untersuchten Parameter, wie

- Verformungsgeschwindigkeit
- Druckbewehrung
- Größe der Lasteinleitungsfläche
- Schubbewehrung
- Betongüte

auf das Tragverhalten der Platten wird vergleichend anhand des Widerstand-Mittenweg-Diagramms bzw. des Stoßkraft-Mittenweg-Diagramms erläutert. In dieser Darstellungsweise wird das lokale Schubversagen durch deutlichen Abfall des Bauteilwiderstandes sichtbar.

7.2 Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit

Der Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit auf den Bauteilwiderstand bei Platten ohne und mit Bügelbewehrung ist in Bild 7.2/1 in 2 Diagrammen dargestellt. Für die Versuche ohne Bügel ergab sich nach Biegeverformungen, die bereits in dem plastischen Bereich lagen, ein deutliches Durchstanzen mit erheblichem Abfall des Bauteilwiderstandes sowohl im statischen (Versuch 321) als auch im dynamischen Lastfall (Versuch 319). Der dynamische Versuch ergab sowohl eine Vergrößerung des Widerstandmaximums als auch der Verformung beim Durchstanzen. Nach Auftreten der Scherfuge zwischen Platte und Durchstanzkegel, hier deutlich durch Abfallen der Kurve, ist der Bauteilwiderstand noch nicht erschöpft, jedoch ändert sich der Tragmechanismus. Bei einer weiteren Zwangsverformung durch die Prüfmaschine wird der Durchstanzkegel aus der Platte herausgedrückt. Hierbei werden zunächst die in der Scherfuge liegenden Bewehrungsseile der Druckzone abgesichert. Die hierzu notwendige Kraft ist daher abhängig von der Anzahl und dem Querschnitt der getroffenen Stäbe. Bei weiterer Verformung wird die Seilnetzwerkung der unteren Bewehrungslage aktiviert. Für die Platten mit Bügelbewehrung (Bild 7.2/1 unten) ergab sich ebenfalls ein Durchstanzkegel, deutlich im Diagramm nur für den statischen Versuch (V 322), für den dynamischen Versuch (V 308) jedoch auch aus dem Bruchbild erkennbar (Foto Bild A 6.2/5 in der Anlage). Allerdings wird der Durchstanzkegel gegenüber den Platten ohne Bügel hier zusätzlich mit der Restplatte durch die Bügel verknüpft. Hierdurch ergibt sich eine größere Sekundärtragfähigkeit nach Ausbildung des Durchstanzkegels. Für den dynamischen Lastfall war es hiermit möglich, die Biegegrenzverformung der Platte bis nahezu zum Versagen (Grenzverformung in Fließgelenkline erreicht durch Versagen der Betondruckzone, vgl. Foto Bild A 6.2/3 in der Anlage) zu erzeugen. Für alle 4 Probekörper, deren Ergebnisse in Bild 7.2/1 dargestellt sind, wurde eine Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser verwendet.

Weitere drei Probekörper, alle mit Bügelbewehrung, wurden über eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser mit verschiedenen Geschwindigkeiten beansprucht, vgl. Bild 7.2/2. Für den statischen Versuch betrug die Zeit bis Auftreten des Schubbruches 450 Sekunden (Versuch 318), für den mittelschnellen Versuch betrug die Zeit ca. 200 Millisekunden (Versuch 311) und für den dynamischen Versuch (V 317) betrug die Zeit ca. 30 Millisekunden. Für den mittelschnellen Versuch (V 311) ist der Einfluß der Massenträgheitskräfte auf den

dynamischen Bauteilwiderstand im Gegensatz zum dynamischen Versuch zu vernachlässigen. Es kann sich hier nur die Erhöhung der Festigkeiten von Betonstahl und Beton auf den Bauteilwiderstand auswirken.

Bei den in Bild 7.2/2 dargestellten Ergebnissen lag in allen drei Versuchen der Bruchtyp "Sekundärdurchstanzen" vor (vgl. Abschnitt 2). Das Maximum des Bauteilwiderstandes wird bei diesem Bruchtyp durch die Biegegrenztragfähigkeit der Platte bestimmt, die hier weniger von den Eigenschaften des Betons als von denen des Betonstahls beeinflusst wird. Mit zunehmender Verformungsgeschwindigkeit wurden größere Biegeverformungen der Platte aktiviert.

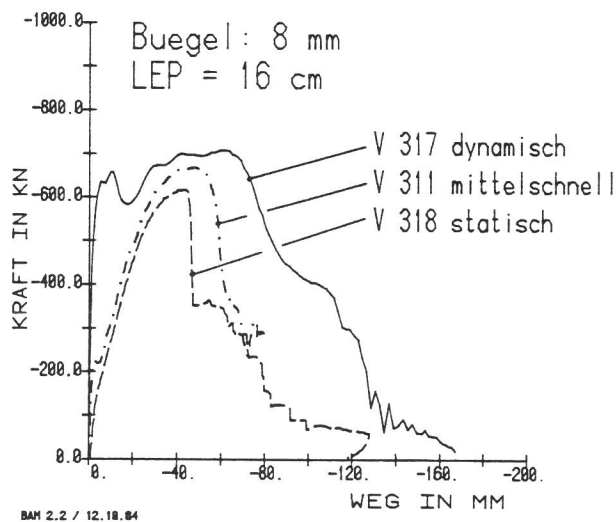
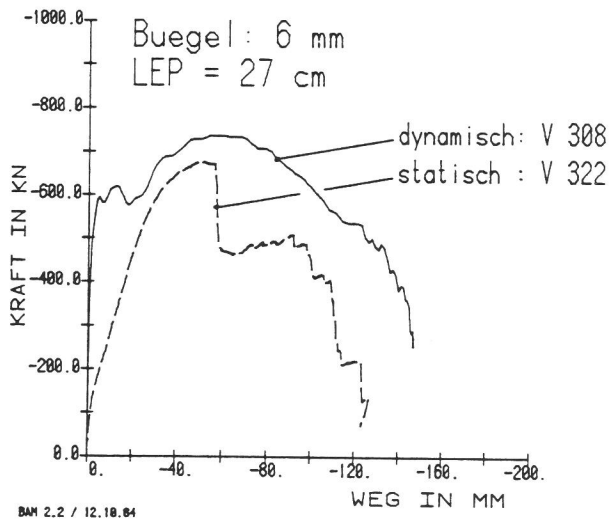
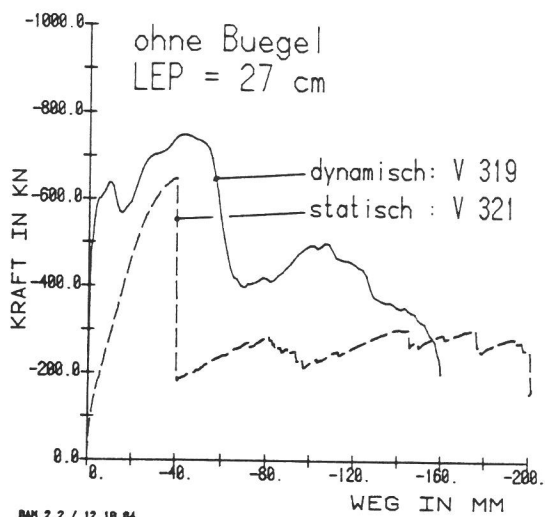


Bild 7.2/1

Versuchsreihe II, flache Platten vierpunktgestützt, $d = 22$ cm
Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit bei Platten mit und ohne Bügelbewehrung ($\mu' = 0,5$, Betondruckfestigkeit ca. 40 MPa, LEP = 27 cm)

Bild 7.2/2

Versuchsreihe II, flache Platten, vierpunktgestützt, $d = 22$ cm
Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit bei Platten mit Bügelbewehrung ($\mu' = 0,5 \cdot \mu$, Betondruckfestigkeit ca. 40 MPa, LEP = 16 cm)

7.3 Einfluß der Druckbewehrung

In Bild 7.3/1 sind die Ergebnisse von drei Plattenversuchen gegenübergestellt, bei denen bei sonst gleichen Bedingungen nur die Bewehrung in der Druckzone variiert wurde. Bei allen drei Versuchen trat der Bruchtyp "Sekundärdurchstanzen" auf. Das Diagramm zeigt, daß die Druckbewehrung erst in der Phase nach dem Durchstanzen zur Mitwirkung kommt. Nach Auftreten der Scherfuge zwischen Platte und Durchstanzkonus wird bei weiterer Zwangsverformung der Konus aus der Platte herausgedrückt. Hierbei werden die in der Scherfuge liegenden Bewehrungseisen durchgeschert bzw. umgebogen, bis sie zerreißen.

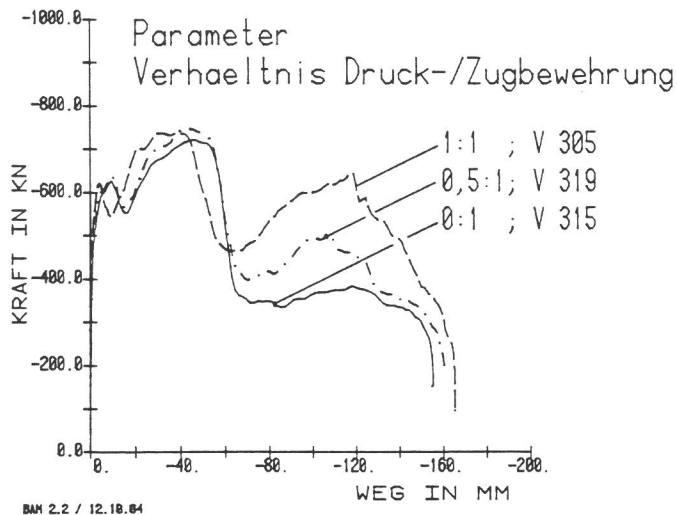


Bild 7.3/1

Versuchsreihe II, vierpunktgestützte flache Platten, $d = 22$ cm
Einfluß der Druckbewehrung bei Platten ohne Bügelbewehrung
(LEP = 27 cm, Betondruckfestigkeit ca. 40 MPa), Versuch 305 siehe /5/

7.4 Einfluß der Lasteinleitungsfläche

Der Einfluß der Lasteinleitungsfläche kann anhand der Ergebnisse von insgesamt sieben Plattenversuchen dargestellt werden. In Bild 7.4/1 sind 2 Versuchsergebnisse an Platten mit Bügelbewehrung dargestellt. Beim Versuch 307 mit Bügeldurchmesser 8 mm ermöglicht die größere Lasteinleitungsplatte von 27 cm Durchmesser die Aktivierung von größeren Biegeverformungen der Platte als beim Versuch 317 mit der Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser. Dieser Vergleich läßt sich auch für Platten mit Bügelbewehrung von 6 mm Durchmesser anhand der Versuche 308 und 313 durchführen. Jedoch ergab sich beim Versuch 308 (LEP 27 cm) eine verringerte Wirksamkeit der Bügel nach Ausbilden der Durchstanzfuge, da infolge der offenen [-Form der Bügel die Schenkel auf der Unterseite der Platte aufgebogen wurden.

Der Einfluß der Lasteinleitungsfläche bei Platten ohne Bügelbewehrung ist in Bild 7.4/2 dargestellt. Alle drei Versuche ergaben den Bruchtypus "Sekundärdurchstanzen", die größere Lasteinleitungsfläche führte jedoch zu größeren Biegeverformungen. Der Bauteilwiderstand in der zweiten Tragphase nach dem erfolgten Durchstanzen wird bestimmt durch die der Größe der Lasteinleitungsplatte entsprechende Anzahl der getroffenen Bewehrungseisen.

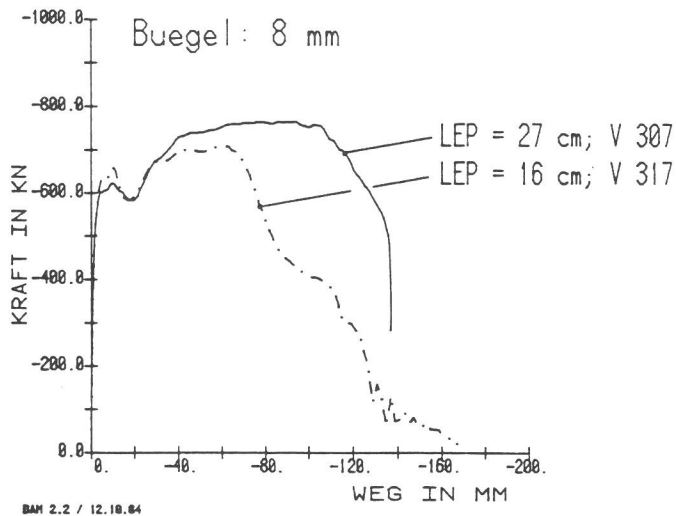


Bild 7.4/1

Versuchsreihe II, vierpunktgelagerte flache Platten, $d = 22$ cm
 Einfluß der Lasteinleitungsfläche bei Platten mit Bügelbewehrung,
 $\mu' = 0,5 \cdot \mu$
 LEP = Durchmesser der Lasteinleitungsfläche

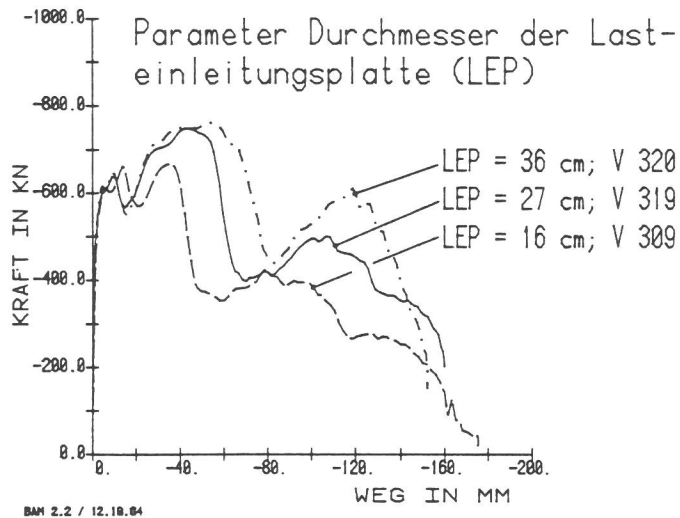


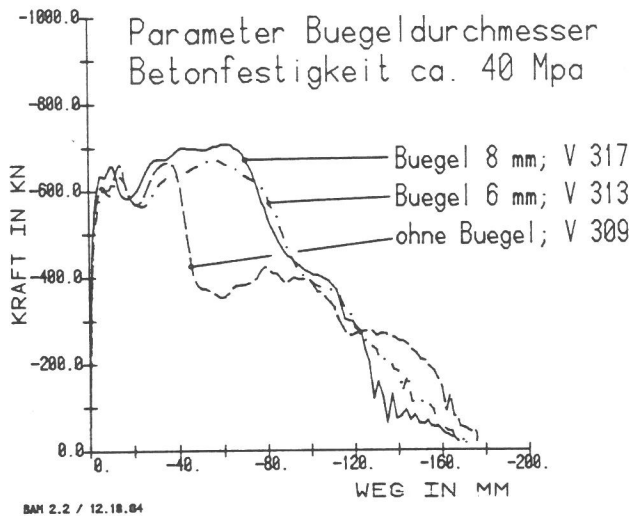
Bild 7.4/2

Versuchsreihe II, vierpunktgelagerte flache Platten, $d = 22$ cm
 Einfluß der Lasteinleitungsfläche bei Platten ohne Bügelbewehrung,
 $\mu' = 0,5 \cdot \mu$

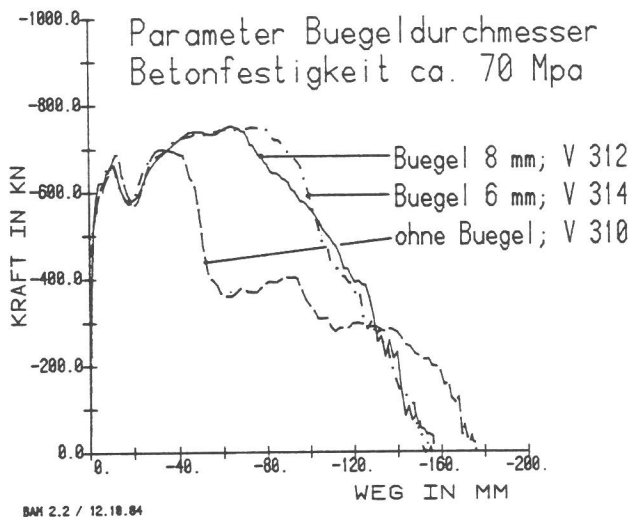
7.5 Einfluß der Schubbewehrung

Den Einfluß der Schubbewehrung auf den Bauteilwiderstand zeigt Bild 7.5/1. Die Diagramme zeigen, daß durch eine ausreichende Schubbewehrung ein frühzeitiges lokales Versagen verhindert werden kann, so daß größere Verformungen aktiviert werden können, d. h. das Energieaufnahmevermögen kann durch Schubbewehrung vergrößert werden.

Bei allen Platten ergab sich lokales Versagen nach großen Biegeverformungen, also ein "Sekundäres Durchstanzen". Die Verbesserung der Betongüte auf ca. 70 N/mm^2 war ohne Einfluß auf das Tragverhalten. Die Ergebnisse zeigen, daß geeignete Bügelbewehrung eine deutliche Verbesserung des lokalen Stoßwiderstandes bringt.



a)



b)

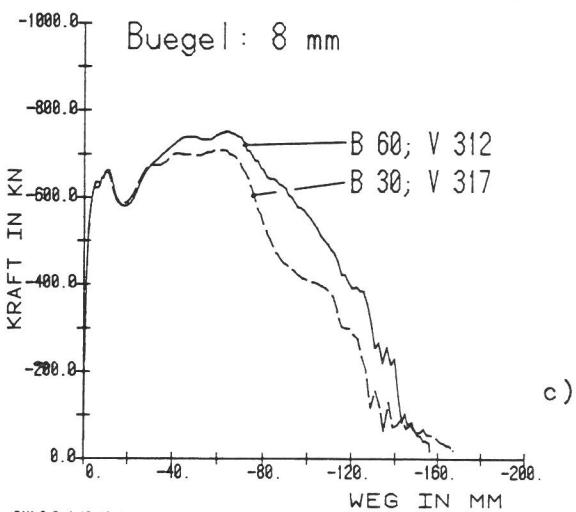
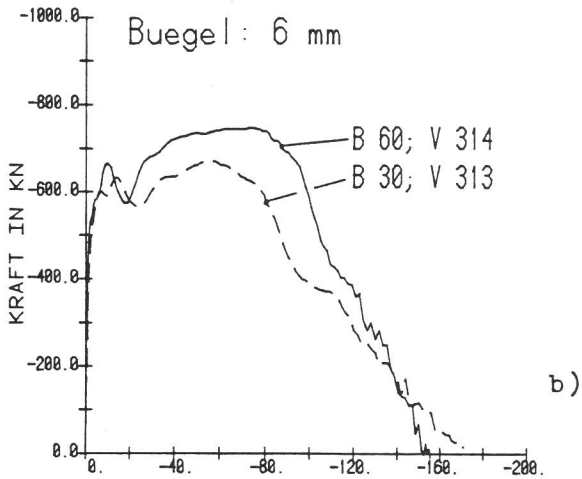
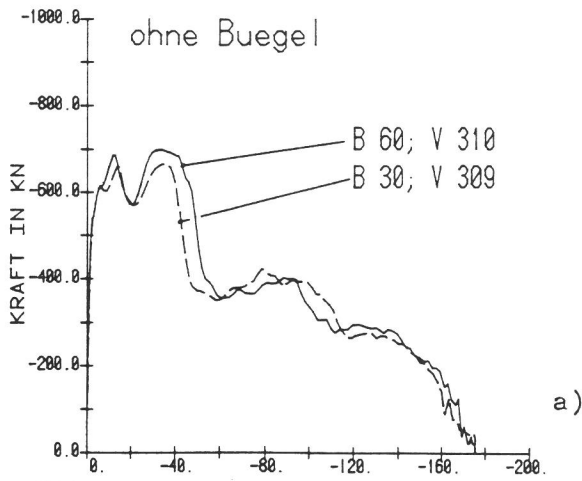
Bild 7.5/1

Versuchsreihe II, flache vierpunktgelagerte Platten, $d = 22 \text{ cm}$
Einfluß der Schubbewehrung auf die Lastverformungslinie der Platte
($\mu' = 0,5 \cdot \mu$, LEP = 16 cm)

- a) Betonfestigkeit ca. 40 MPa
- b) Betonfestigkeit ca. 70 MPa

7.6 Einfluß der Betongüte

Das Bild 7.6/1 zeigt die Ergebnisse von Plattenversuchen zum Einfluß der Betongüte auf das Tragverhalten. Die Betongüte ist hierbei gekennzeichnet durch die Betondruckfestigkeit ($B 30 \hat{=} \text{ca. } 30 \text{ N/mm}^2$ und $B 60 \hat{=} \text{ca. } 60 \text{ N/mm}^2$ Solldruckfestigkeit). Bei den dargestellten Ergebnissen der 6 Versuche wurde eine Lasteinleitungsplatte von 16 cm Durchmesser verwendet. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, daß Platten mit höherer Betongüte im Versagensbereich "Sekundäres Durchstanzen" nur unwesentlich größeren Durchstanzwiderstand haben. Das gilt sowohl für Platten ohne als auch mit Schubbewehrung. In Bild 7.6/2 sind die Ergebnisse von zwei Plattenversuchen ohne Druckbewehrung dargestellt. Der Vergleich zeigt, daß auch hier kein signifikanter Einfluß der Betongüte auf das Tragverhalten vorhanden ist.

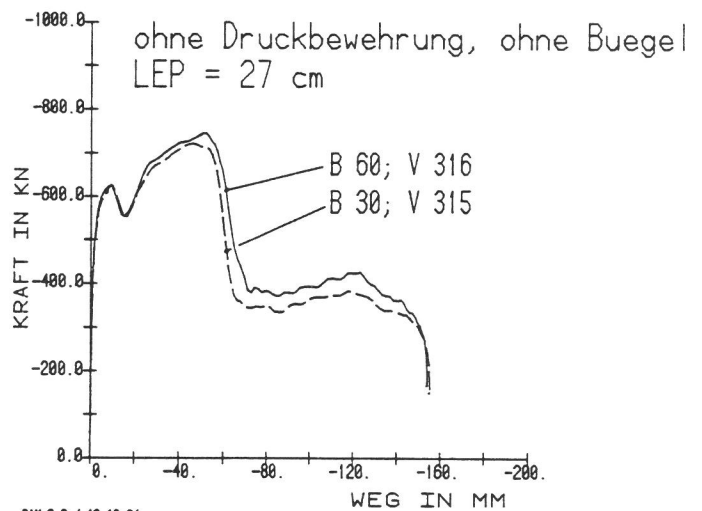


BAH 2.2 / 12.10.84

Bild 7.6/1

Versuchsreihe II, vierpunktgestützte Platten,
d = 22 cm; Einfluß der Betondruckfestigkeit auf
die Last-Verformungslinie von der Platte
($\mu' = 0,5 \cdot \mu$, LEP = 16 cm)

- a) Platten ohne Bügelbewehrung
- b) Platten mit Bügelbewehrung, 6 mm Durchmesser
- c) Platten mit Bügelbewehrung, 8 mm Durchmesser



BAH 2.2 / 12.10.84

Bild 7.6/2

Versuchsreihe II, vierpunktgestützte flache
Platten, d = 22 cm
Einfluß der Betongüte bei Platten ohne Druck-
bewehrung, Versuche unter dynamischer Bean-
spruchung
LEP = 27 cm

8. Versuchsergebnisse Reihe III, Randbalkenplatten; Darstellung der Einzel- ergebnisse

Bei der Versuchsreihe III wurden 16 cm dicke, quadratische Platten verwendet, die in einem 50 cm hohen Randbalkenträger eingespannt waren (Maße der Platte bis zum Anschnitt 2,3 m x 2,3 m x 0,16 m). Ebenso wie bei der Versuchsreihe II wurden die Versuchsnummern (401 bis 413) entsprechend der zeitlichen Abfolge der Versuche vergeben und werden hier auch zunächst in dieser Reihenfolge einzeln beschrieben. Die Darstellung der einzelnen Versuche beschränkt sich im Textteil auf die Zielsetzung und das wesentliche Ergebnis des Versuchs, Details der Versuche, wie Skizzen, Meßschiebe und Fotos sind in der Anlage zusammengestellt. Eine Übersicht der Lage der Meßwertaufnehmer für die Versuche ist in Bild A 8/1 in der Anlage zu finden. Die bei der Darstellung der Meßschiebe verwendete Vorzeichendefinition ist in Bild A 3.2/1 in der Anlage zusammengefaßt und folgt der Positivdefinition der elektrischen Aufnehmer-signale.

8.1 Versuch_401

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 401 sind im Anhang in den Bildern A 8.1/1 bis A 8.1/7 zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP09, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte keine Schubbewehrung und wurde über eine Lasteinleitungsfläche von 16 cm dynamisch beansprucht. Bei diesem ersten Versuch der Reihe III zeigte es sich, daß das Versuchsziel voll erreicht werden konnte, nämlich ein frühzeitiges Durchstanzen bei nur geringen Biegeverformungen. Die auf dem Foto (Bild A 8.1/4 in der Anlage) der Rückseite der Platte sichtbaren Abplatzungen der Betondeckung sind Folgezerstörungen nach Ausbildung des Durchstanzkegels durch Ablösen des unteren Bewehrungsnetzes.

8.2 Versuch_402

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 402 sind in der Anlage in den Bildern A 8.2/1 bis A 8.2/7 zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP10, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte als Schubbewehrung Bügel vom Durchmesser 6 mm, die in jedem zweiten Kreuzungspunkt des Biegebewehrungsnetzes angeordnet waren. Ziel des Versuchs war es, mit Hilfe einer Bügelbewehrung das Tragverhalten der Platte zu verbessern. Allerdings war die Bügelanzahl nicht ausreichend, um ein frühzeitiges Durchstanzen wie im Versuch 401 zu verhindern. Die im Durchstanzbereich liegenden Bügel waren zum Teil gerissen, teilweise waren die Haken aufgebogen. Der Bereich der auf dem Foto der Rückseite der Platte (Bild A 8.2/4 in der Anlage) sichtbaren Abplatzungen der Betondeckung ist kleiner als beim Versuch 401, da die Bügelbewehrung ausreichend war, um das untere Bewehrungsnetz nach erfolgtem Durchstanzen festzuhalten.

8.3 Versuch_403

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 403 sind in der Anlage in den Bildern A 8.3/1 bis 8.3/7 zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP10, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte als Schubbewehrung Bügel vom Durchmesser 6 mm. Anders als im Versuch 402 war hier jedoch in jedem Kreuzungspunkt des Bewehrungsnetzes ein Bügel angeordnet worden. Ziel des Versuchs war es, die Eignung einer Schubbewehrung mit Bügeln bei geringer Beton-

festigkeit unter dynamischer Beanspruchung zu untersuchen. Hier wurde eine Festigkeit von 20 N/mm^2 angestrebt, die nur durch eine frühzeitige Prüfung (13 Tage nach Herstellung) zu erreichen war. Die Versagensform der Platte läßt sich charakterisieren mit Durchstanzen, begleitet von ausgeprägten Biegeverformungen, vgl. Fotos Bilder A 8.3/3 bis A 8.3/5 in der Anlage. Erkennbar sind Radialrisse auf der Plattenunterseite sowie Tangentialrisse an der Einspannung der Platte in den Randbereich.

8.4 Versuch_404

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 404 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.4/1 bis A 8.4/7 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP09, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte keine Schubbewehrung. Das Ziel des Versuchs bestand darin, den Einfluß der Betonfestigkeit auf das Durchstanzen bei dynamischer Beanspruchung zu untersuchen. Hier wurde wie im Versuch 403 eine Festigkeit von 20 N/mm^2 angestrebt. Hierzu wurde die Platte nach 13 Tagen geprüft. Die Versagensform der Platte läßt sich beschreiben mit lokalem Durchstanzen ohne sichtbare Biegerisse, vgl. Fotos der Platte Bilder A 8.4/3 bis 5 in der Anlage. Die Fotos der Plattenrückseite zeigen, daß außerhalb des Durchstanzkegels lediglich die Betondeckung der äußersten Bewehrungslage abgeplatzt ist.

8.5 Versuch_405

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 405 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.5/1 bis A 8.5/6 zusammengestellt. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP09, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte keine Schubbewehrung. Ziel des Versuchs war es, eine Platte ohne Schubbewehrung bei statischer Beanspruchung zu prüfen und somit einen Vergleich zur Platte 401 (dynamische Beanspruchung) herzustellen. Das Versagensbild läßt sich beschreiben als lokales Durchstanzen ohne sichtbare Biegerisse. Nach Ausbildung des Durchstanzkegels bewirkt die weitere Verformung das Ablösen des unteren Bewehrungsnetzes (vgl. Bilder A 8.5/4 und A 8.5/5 in der Anlage; die losen Betonteile der Betondeckung wurden entfernt).

8.6 Versuch_406

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 406 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.6/1 bis A 8.6/8 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP10, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte als Schubbewehrung Bügel vom Durchmesser 6 mm. Ziel des Versuchs war es, den Einfluß einer Schubbewehrung auf die Tragfähigkeit unter dynamischer Beanspruchung zu untersuchen. Anders als beim vergleichbaren Versuch 403 wurde hier eine Betonfestigkeit von 40 N/mm^2 angestrebt. Die Versagensform der Platte läßt sich charakterisieren mit Durchstanzen, begleitet von ausgeprägten Biegeverformungen, vgl. Fotos Bilder A 8.6/3 bis 6 in der Anlage.

8.7 Versuch_407

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 407 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.7/1 bis A 8.7/7 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP10, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte als Schubbewehrung Bügel vom Durchmesser 6 mm. Ziel des Versuchs war es, den Einfluß einer Schubbewehrung

auf das Tragverhalten unter statischer Beanspruchung zu untersuchen. Aus den Fotos vom Bruchbild der Platte (Bilder A 8.7/3 bis 6 in der Anlage) ist erkennbar, daß es für den statischen Versuch nicht ausreichend war, nur den mittleren Bereich der Platte zu verbügeln. Diese lokal begrenzte Schubbewehrung hat sich wie eine Lastverteilung ausgewirkt. Schubversagen trat hier an der Grenze zwischen verbügelt und nicht verbügelt auf. Der Durchstanzkegel bildete sich erst zu einem späteren Zeitpunkt aus. Ein ähnlicher Effekt trat bei den dynamischen Versuchen 403 und 406, bei denen die Schubbewehrung in gleicher Weise angeordnet war, nicht auf. Auf Grund dieser Erfahrung wurden daher bei den weiteren Versuchen auch im äußeren Bereich der Platte Bügel angeordnet, allerdings reduziert auf die Hälfte der im Mittelbereich verwendeten Bügelzahl.

8.8 Versuch 408

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 408 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.8/1 bis A 8.8/7 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP09, Bild A 4.2/1 in der Anlage) hatte keine Bügelbewehrung. Ziel des Versuchs war es, im Vergleich zum Versuch 401 das Tragverhalten der Platte unter dynamischer Beanspruchung bei vergrößerter Lasteinleitungsplatte zu untersuchen. Wie beim Versuch 401 trat hier lokales Durchstanzen auf ohne sichtbare Biegerisse. Nach der Ausbildung des Durchstanzkegels erfolgte durch die weitere Beanspruchung das teilweise Ablösen des unteren Bewehrungsnetzes. Die zum Teil losen Teile der Betondeckung wurden entfernt, vgl. Fotos Bilder A 8.8/3 bis A 8.8/5 in der Anlage.

8.9 Versuch 409

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 409 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.9/1 bis A 8.9/6 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP11, Bild A 4.2/2 in der Anlage) hatte eine Bügelbewehrung von 6 mm Durchmesser. Gegenüber den Versuchen 401 bis 408 wurde ferner die Biegebewehrung auf der Unterseite der Platte verringert. Ziel des Versuchs war es, das Tragverhalten der Platte unter statischer Beanspruchung bei reduzierter Biegebewehrung zu untersuchen. Die Versagensart läßt sich hier charakterisieren als lokales Durchstanzen ohne sichtbare Biegerisse. Abplatzungen der Betondeckung auf der Rückseite sind infolge der Bügelbewehrung auf den Durchstanzbereich begrenzt, vgl. Fotos Bild 8.9/3 bis 5 in der Anlage.

8.10 Versuch 410

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 410 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.10/1 bis A 8.10/6 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP11, Bild A 4.2/2 in der Anlage) hatte wie beim Versuch 409 eine Bügelbewehrung von 6 mm Durchmesser und eine von 10 mm auf 8 mm reduzierte untere Netzbewehrung. Die Versagensart läßt sich charakterisieren als lokales Durchstanzen mit großen Biegeverformungen, die durch radiale Risse und tangentielle Risse entlang der Einspannung gekennzeichnet sind, vgl. Fotos Bild A 8.10/3 bis 4 in der Anlage.

8.11 Versuch 411

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 411 sind in der Anlage auf den Bildern

A 8.11/1 bis A 8.11/6 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP12, Bild A 4.2/3 in der Anlage) hatte eine Bügelbewehrung von 6 mm Durchmesser. Ziel des Versuchs war die Wiederholung des Versuchs 407 mit veränderter Verteilung der Bügelbewehrung über die gesamte Platte, d. h. die Untersuchung des Einflusses der Schubbewehrung auf das Tragverhalten der Platte unter statischer Beanspruchung. Die Versagensform, vgl. Fotos der Platte Bilder A 8.11/3 bis 5 in der Anlage, läßt sich charakterisieren als lokales Durchstanzen ohne sichtbare Biegerisse.

8.12 Versuch_412

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 412 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.12/1 bis A 8.12/7 zu finden. Die im Versuch verwendete Platte (Bewehrungszeichnung PP13, Bild A 4.2/4 in der Anlage) hatte eine Bügelbewehrung von 6 mm Durchmesser und eine auf 6 mm Durchmesser reduzierte Biegebewehrung für die obere und die untere Bewehrung. Ziel des Versuchs war es, bei dynamischer Beanspruchung der Platte durch verringerte Biegebewehrung größere Biegeverformungen bis hin zum Versagen in Bruchlinien zu erzeugen. Die Versagensform läßt sich charakterisieren als lokales Durchstanzen mit großen Biegeverformungen, vgl. Fotos der Platte Bilder A 8.12/3 bis 5 in der Anlage.

8.13 Versuch_413

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs 413 sind in der Anlage auf den Bildern A 8.13/1 bis 7 zu finden. Im Versuch 413 wurde die gleiche Platte wie im Versuch 412 verwendet (Bewehrungszeichnung PP13, Bild A 4.2/4 in der Anlage). Ziel des Versuchs war es, durch verringerte Biegebewehrung bei konstanter Schubbewehrung größere Biegeverformungen bis zum endgültigen Biegeversagen zu erzeugen. Die Platte wurde dynamisch beansprucht. Gegenüber Versuch 412 mit gleicher Zielsetzung wurde hier eine größere Lasteinleitungsplatte verwendet. Bei diesem Versuch trat ein Versagen der Randträger auf infolge unzureichender Bewehrungsführung in den Eckverbindungen der Randträger. Dieses Versagen der Randträger ermöglichte Verdrehungen der Auflager der Platte längs der Randträger mit der Folge, daß sich in den Diagonalen die Biegerisse konzentrieren, die den Bruchlinien bei gelenkig gelagerten Platten entsprechen. Der erkennbare Durchstanzkegel wurde noch von den Bügeln gehalten, vgl. Fotos Bild A 8.13/3 bis 5 in der Anlage.

9. Vergleichende Darstellung der Ergebnisse der Versuchsreihe III

9.1 Allgemeines

Wie im Kapitel 7 wurde auch hier das Widerstand-Mittenweg-Diagramm bzw. Stoßkraft-Mittenweg-Diagramm verwendet, um die Auswirkungen der verschiedenen untersuchten Parameter auf das Tragverhalten der Platten vergleichend darzustellen. Die Versuchsergebnisse der Reihe III werden unter folgenden Gesichtspunkten zusammengefaßt:

- Einfluß der Biegebewehrung
- Einfluß der Schubbewehrung und der Betonfestigkeit
- Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit
- Einfluß der Betonfestigkeit
- Einfluß der Größe der Lasteinleitungsplatte

9.2 Einfluß der Biegebewehrung

Die Ergebnisse der Versuche zum Einfluß der Biegebewehrung auf das Tragverhalten der Platten sollen mit Hilfe des Bildes 9.2/1 erläutert werden. Es wurden nur Versuche mit Bügelbewehrung unter dieser Zielsetzung durchgeführt. Bei den in diesem Vergleich verwendeten fünf Platten ergab sich in allen Fällen ein se-

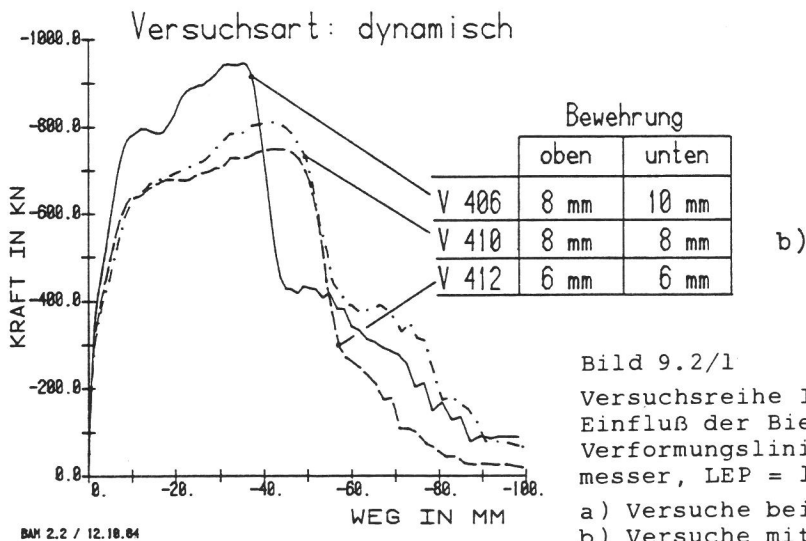
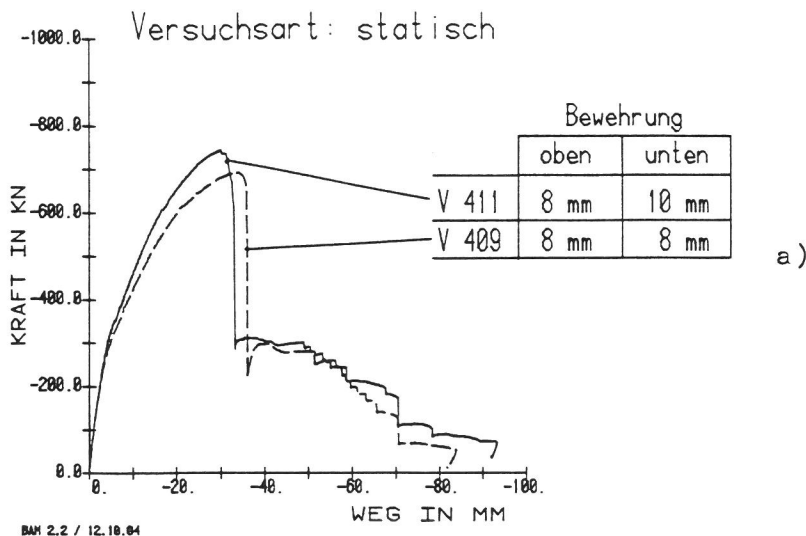


Bild 9.2/1

Versuchsreihe III, Randbalkenplatten $d = 16$ cm
Einfluß der Biegebewehrung auf die Widerstand-
Verformungslinie der Platten. Bügel 6 mm Durch-
messer, LEP = 16 cm, Betonfestigkeit ca. 40 N/mm^2
a) Versuche bei statischer Beanspruchung
b) Versuche mit dynamischer Beanspruchung

kundäres Durchstanzen, d. h. der maximale Widerstand der Platte wird hier durch die Biegegrenztragfähigkeit bestimmt, d. h. durch die Biegebewehrung. Allerdings zeigen weder die statischen noch die dynamischen Versuche den erwarteten Einfluß der Biegebewehrung. Offenbar sind hier wegen der nicht vorhandenen Längsverschieblichkeit der Plattenränder Membranzugkräfte in der Plattenebene dafür verantwortlich, daß sich die Biegebewehrung nicht voll auswirken kann.

9.3 Einfluß von Schubbewehrung und Betonfestigkeit

Die Ergebnisse der Versuche zum Einfluß der Schubbewehrung und der Betonfestigkeit auf das Tragverhalten der Platten sind im Bild 9.3/1 zusammengestellt. Der Vergleich der Ergebnisse für die Betonfestigkeiten 20 N/mm^2 und 40 N/mm^2 zeigt, daß auch bei der sehr geringen Betonfestigkeit von 20 N/mm^2 die Schubbewehrung ihre Funktion erfüllt, nämlich das frühzeitige Durchstanzen zu verhindern. Der Vergleich der Maximalwerte der Kräfte bei den Platten mit Bügeln wird auch hier, wie schon in 9.2 erläutert, durch Membrankräfte in der Platte erschwert.

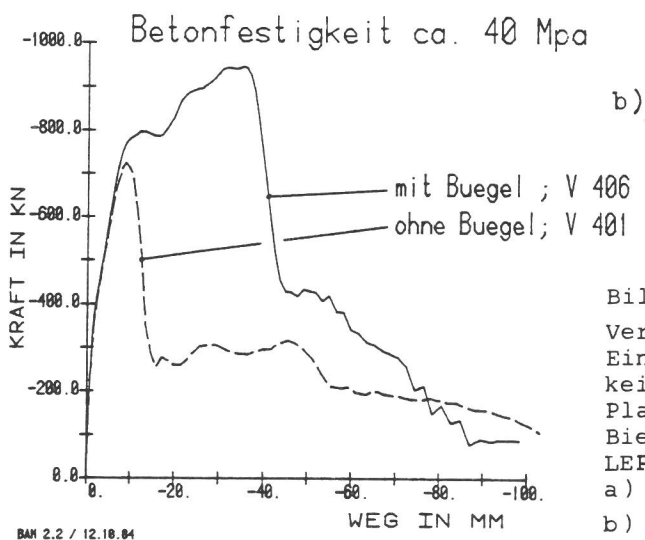
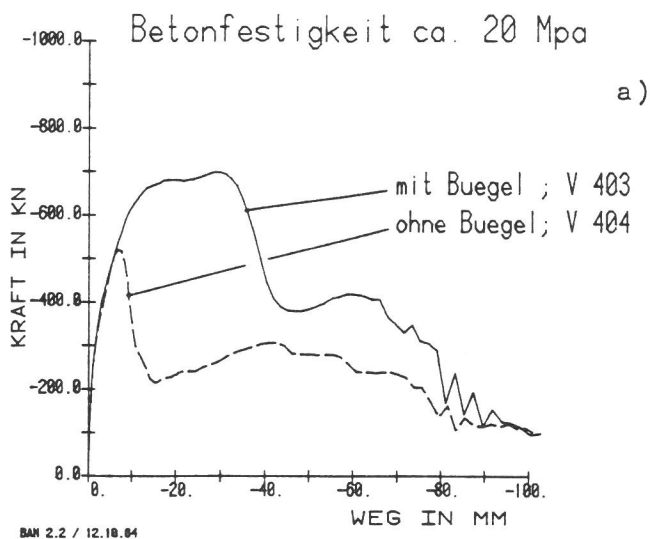


Bild 9.3/1

Versuchsreihe III, Randbalkenplatten, $d = 16 \text{ cm}$
Einfluß der Schubbewehrung und der Betonfestigkeit auf die Widerstand-Verformungslinie von Platten bei dynamischer Beanspruchung
Biegebewehrung: oben $\varnothing 8 \text{ mm}$, unten $\varnothing 10 \text{ mm}$;
LEP = 16 cm

a) Betonfestigkeit ca. 20 N/mm^2

b) Betonfestigkeit ca. 40 N/mm^2

9.4 Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit

Die Ergebnisse von Versuchen zum Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit auf das Tragverhalten der Platten sind auf dem Bild 9.4/1 dargestellt. Die Versuche ohne Bügelbewehrung ergaben sowohl im statischen als auch im dynamischen Ver-

sich ein primäres Durchstanzversagen, d. h. Versagen bei geringen Biegeverformungen. Die Maximalkraft nimmt beim dynamischen Versuch erheblich zu (ca. 60 %). Beim Einbau von Bügeln werden erheblich größere Verformungen und auch Kräfte möglich, bis schließlich das Durchstanzen erfolgt, ein Versagenstyp, der als sekundäres Durchstanzen definiert wurde.

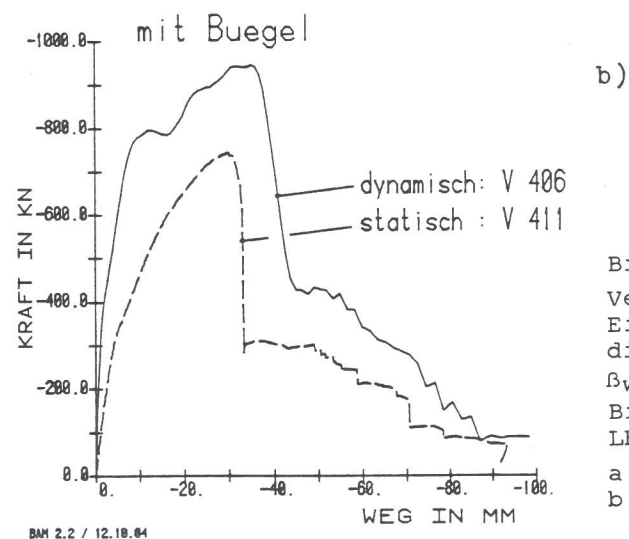
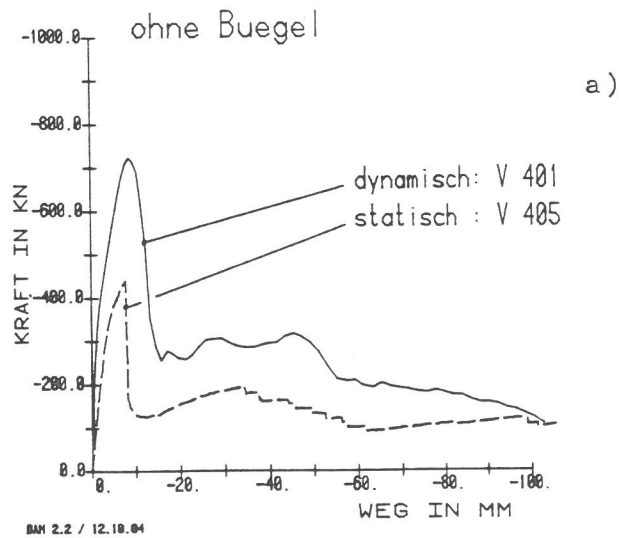


Bild 9.4/1
Versuchsreihe III, Randbalkenplatten, $d = 16$ cm
Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit auf
die Widerstand-Verformungslinie von Platten;
 $\beta_w = \text{ca. } 40 \text{ N/mm}^2$
Biegebewehrung: oben $\varnothing 8$ mm, unten $\varnothing 10$ mm
LEP = 16 cm
a) Versuche an Platten ohne Bügelbewehrung
b) Versuche an Platten mit Bügelbewehrung

9.5 Einfluß der Betonfestigkeit

Der Einfluß der Betonfestigkeit auf das Verhalten von Platten mit und ohne Schubbewehrung bei dynamischer Beanspruchung läßt sich an Hand von Bild 9.5/1 erläutern. Die dargestellten Ergebnisse der Versuche an Platten ohne Bügelbewehrung zeigen eine signifikante Zunahme der Maximalkraft mit wachsender Betonfestigkeit. In allen drei Fällen trat hier die Versagensform primäres Durchstanzen auf. Auch bei Platten mit Schubbewehrung ergab sich ein Anwachsen der Maximalkraft mit wachsender Betonfestigkeit. Allerdings wird hier durch Membrankräfte in der Plattenebene die Beurteilung der Auswirkungen der Betonfestigkeit auf die Biegegrenztragfähigkeit erschwert.

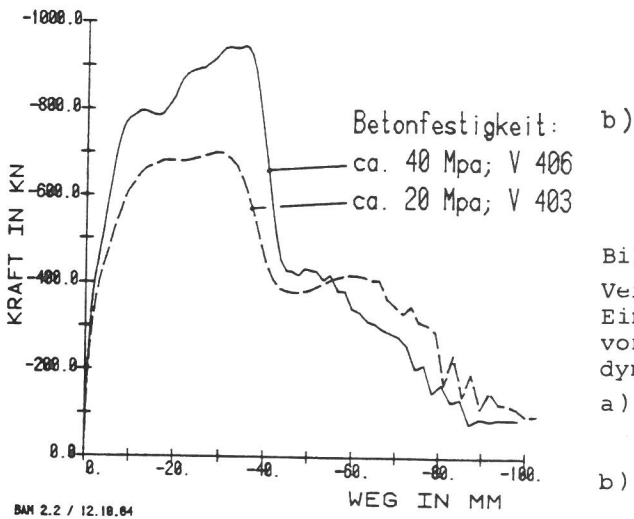
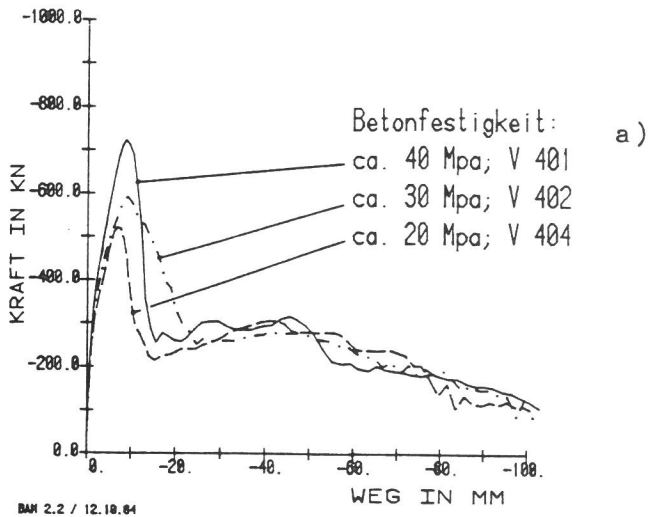


Bild 9.5/1

Versuchsreihe III, Randbalkenplatten, $d = 16$ cm
Einfluß der Betonfestigkeit auf das Verhalten
von Platten mit und ohne Schubbewehrung bei
dynamischer Beanspruchung

- a) Platten ohne Bügel
V 402: Bügelbewehrung zu gering, daher
ohne Auswirkung
- b) Platten mit Schubbewehrung

9.6 Einfluß der Größe der Lasteinleitungsplatte

Im Bild 9.6/1 sind die Ergebnisse von Versuchen an drei Platten unter dem Gesichtspunkt des Einflusses der Größe der Lasteinleitungsplatte auf das Tragverhalten der Platten zusammengestellt. Ausgehend vom Versuch 401 mit primärem Durchstanzen ergab die Vergrößerung der Lasteinleitungsplatte von 16 cm auf 27 cm Durchmesser (V408) größere Verformungen bis zum Versagen. Beide Platten hatten keine Bügelbewehrung. Zum Vergleich wurde das Ergebnis eines Versuchs mit Bügelbewehrung dargestellt.

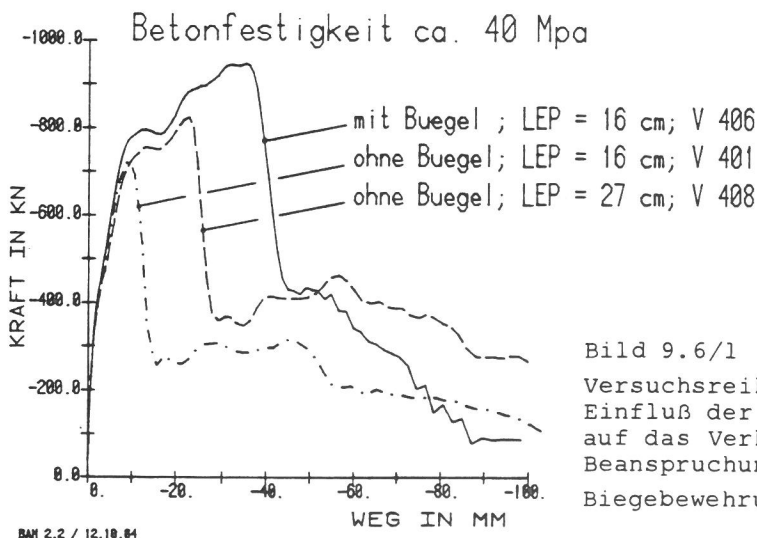


Bild 9.6/1

Versuchsreihe III, Randbalkenplatten, $d = 16$ cm
Einfluß der Größe der Lasteinleitungsplatte
auf das Verhalten von Platten bei dynamischer
Beanspruchung. $B_w = \text{ca. } 40 \text{ N/mm}^2$

Biegebewehrung: oben $\varnothing 8$ mm, unten $\varnothing 10$ mm

10. Zusammenfassung der Ergebnisse der Versuchsreihen II und III

10.1 Allgemeines

Im Rahmen des Forschungsvorhabens zur kinetischen Grenztragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen sind 29 Versuche an Stahlbetonplatten unter statischer und dynamischer Belastung durchgeführt worden. Ziel der Versuche war es, den Kenntnisstand über das Verhalten von Stahlbetonplatten unter stoßartiger Beanspruchung zu erweitern. Der Bereich der stoßartigen Beanspruchungen wird hierbei auf den Lastfall Flugzeugabsturz, Teilbereich "weicher" Stoß, eingeschränkt. Die Plattenversuche wurden in einer servohydraulischen Prüfanlage durchgeführt. Im Rahmen der Leistungsfähigkeit der Versuchseinrichtung konnten die Platten in einer Zeit von ca. 20 Minuten für den statischen Fall bis hin zu ca. 20 Millisekunden für den dynamischen Fall bis zum Versagen beansprucht werden. Für die Versuche wurden zwei verschiedene statische Systeme verwendet:

- Vierpunktgestützte Platten für die ersten 16 Versuche (Reihe II)
- Umfangsgelagerte Platten mit teilweiser Randeinspannung für weitere 13 Versuche (Randbalkenplatten Reihe III).

Im Rahmen der Zielsetzung des Vorhabens wurden folgende Parameter variiert:

- Schubbewehrung
- Biegebewehrung
- Betonfestigkeit
- Belastungsfläche
- Belastungsgeschichte (hier: Verformungsgeschwindigkeit)

10.2 Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens der Platten

Das Verhalten einer Stahlbetonplatte unter zentrischer Belastung läßt sich am besten unter Verwendung eines Widerstand-Mittenweg-Diagramms bzw. Stoßkraft-Mittenweg-Diagramms erläutern, s. Bild 10.2/1. Es lassen sich drei typische Versagensarten unterscheiden.

- "Primär-Durchstanzen": Durchstanzwiderstand ist kleiner als der Biegegrenztragwiderstand. Nach Überschreiten der Grenzverformung fällt der Plattenwiderstand auf Null ab. Weiteres Verformen führt zum Herausdrücken eines Durchstanzkonus

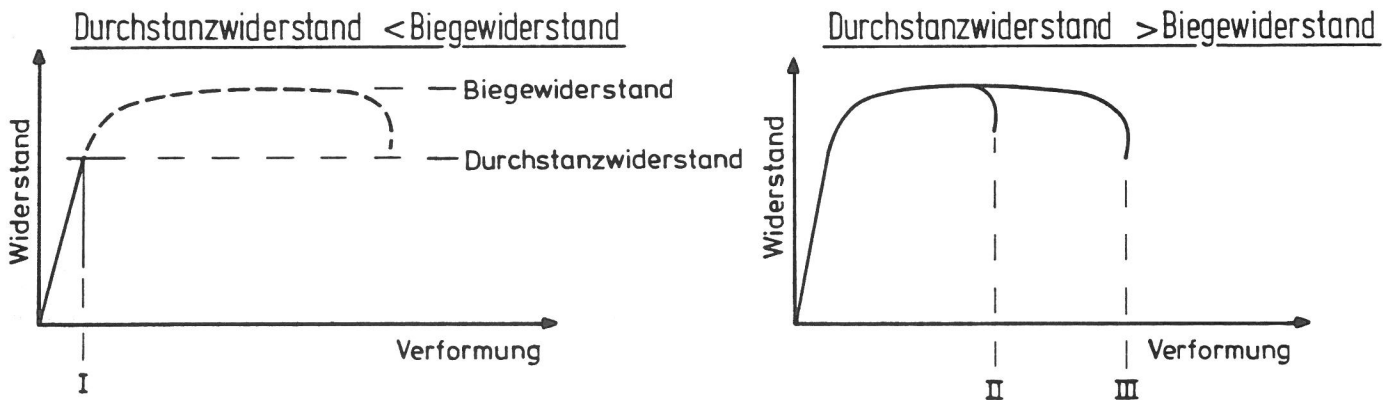


Bild 10.2/1

Schematische Darstellung der Versagensformen von Stahlbetonplatten unter Einzellast anhand der Widerstand-Verformungskurve

- Versagensbereich I: Primär-Durchstanzen
Versagensbereich II: Sekundär-Durchstanzen
Versagensbereich III: Biegeversagen

- "Sekundär-Durchstanzen": Durchstanzwiderstand ist größer als der Biegegrenztragwiderstand. Erst nach größeren Biegeverformungen, die mit verstärkter Rissebildung besonders im Bereich der Lasteinleitung verbunden sind, erfolgt ein Durchstanzen mit deutlicher Abnahme des Verformungswiderstandes
- "Reines Biegeversagen": Verformungswiderstand fällt ab, nachdem die Drehfähigkeit der Fließgelenke erschöpft ist.

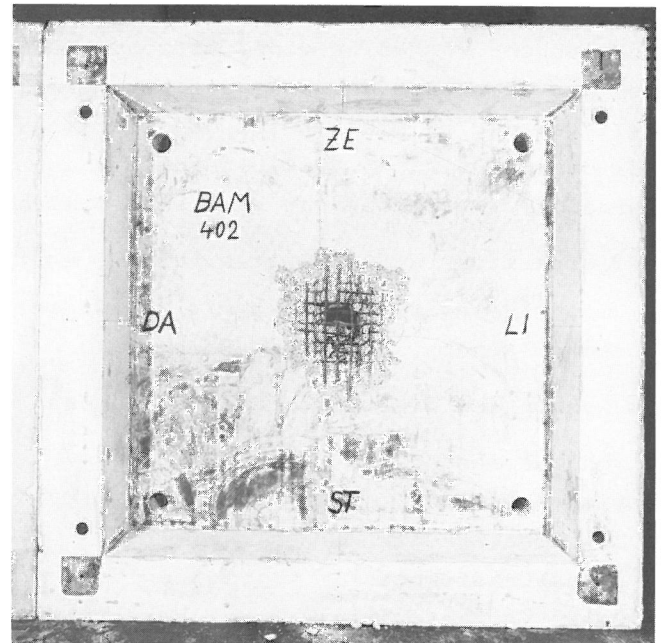
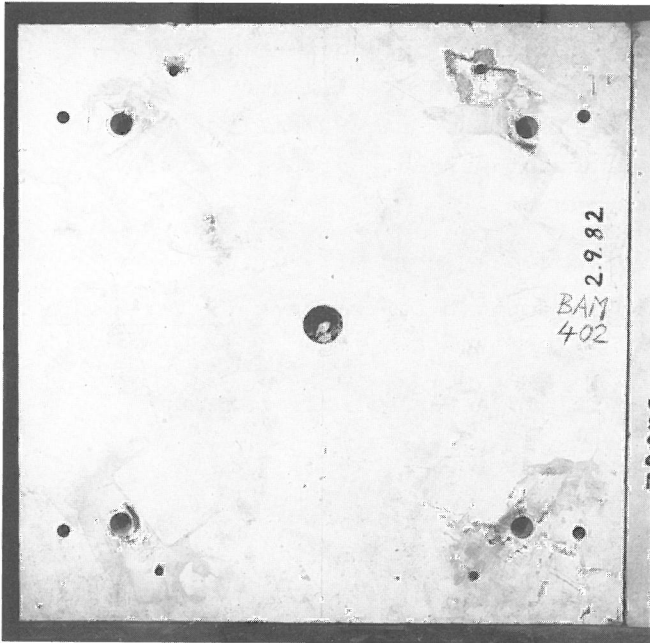


Bild 10.2/2

Beispiel für Versagensform I: "Primäres Durchstanzen" ohne plastische Biegeverformungen; keine sichtbaren Risse

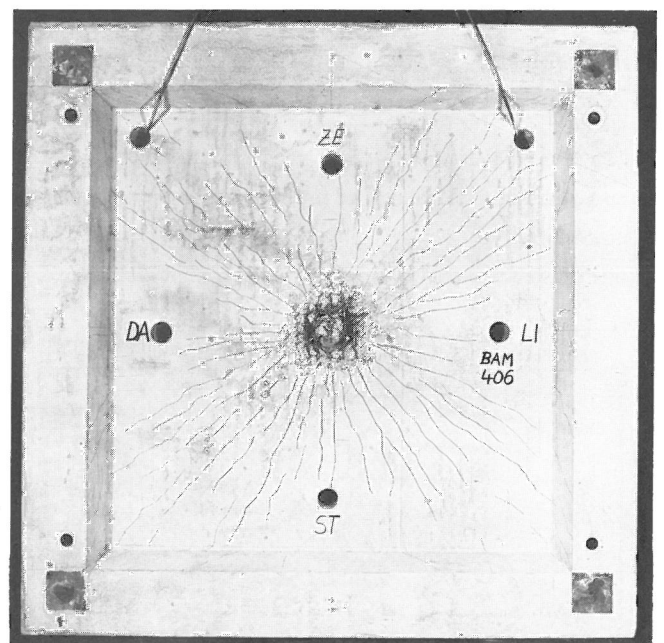
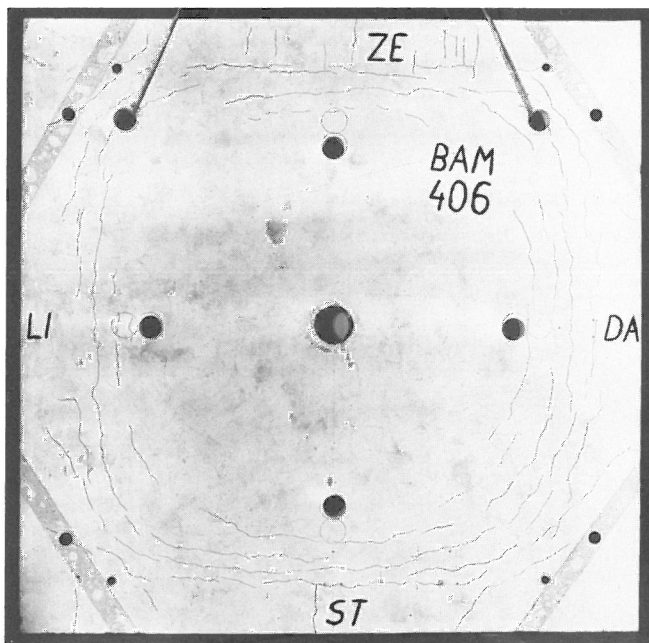


Bild 10.2/3

Beispiel für Versagensform II: "Sekundäres Durchstanzen" mit plastischen Biegeverformungen; sichtbare Biegerisse

Beispiele für die drei Versagensarten sind auf den Bildern 10.2/2 bis 10.2/4 dargestellt. Für die Versagensform "primäres Durchstanzen" wurde die Platte 402 ausgewählt. Bild 10.2/2 zeigt Vorder- und Rückseite der Randbalkenplatte nach

dem Versuch. Die Versagensform kann als Durchstanzen ohne sichtbare Biegerisse bezeichnet werden. Für die Versagensform "sekundäres Durchstanzen" wurde die Platte 406 ausgewählt. Bild 10.2/3 zeigt Vorder- und Rückseite der Randbalkenplatte nach dem Versuch. Die Versagensart kann mit Durchstanzen begleitet von großen bleibenden Biegeverformungen beschrieben werden. Die Fotos zeigen radiale Risse im Bereich der Randeinspannung auf der Plattenvorderseite sowie radiale Risse auf der Plattenrückseite sowie die lokal begrenzten Zerstörungen im Durchstanzbereich.

Als Beispiel für die Versagensform "reines Biegeversagen" wurde die Platte 307 ausgewählt. Die Fotos von Vorder- und Rückseite der Platte nach Versuchsende zeigt Bild 10.2/4. Bei diesem Versuch wurde das Versagen der Platte durch Überschreiten der Drehfähigkeit einer Fließgelenklinie infolge Versagens der Betondruckzone erzielt. Auf den Fotos ist die für eine vierpunktgestützte Platte typische Ausbildung von orthogonalen Fließgelenklinien erkennbar. In Plattenmitte hat sich ein Durchstanzkonus ausgebildet, der jedoch von der Bügelbewehrung noch gehalten wurde und somit nicht maßgebend für das Versagen der Platte war.

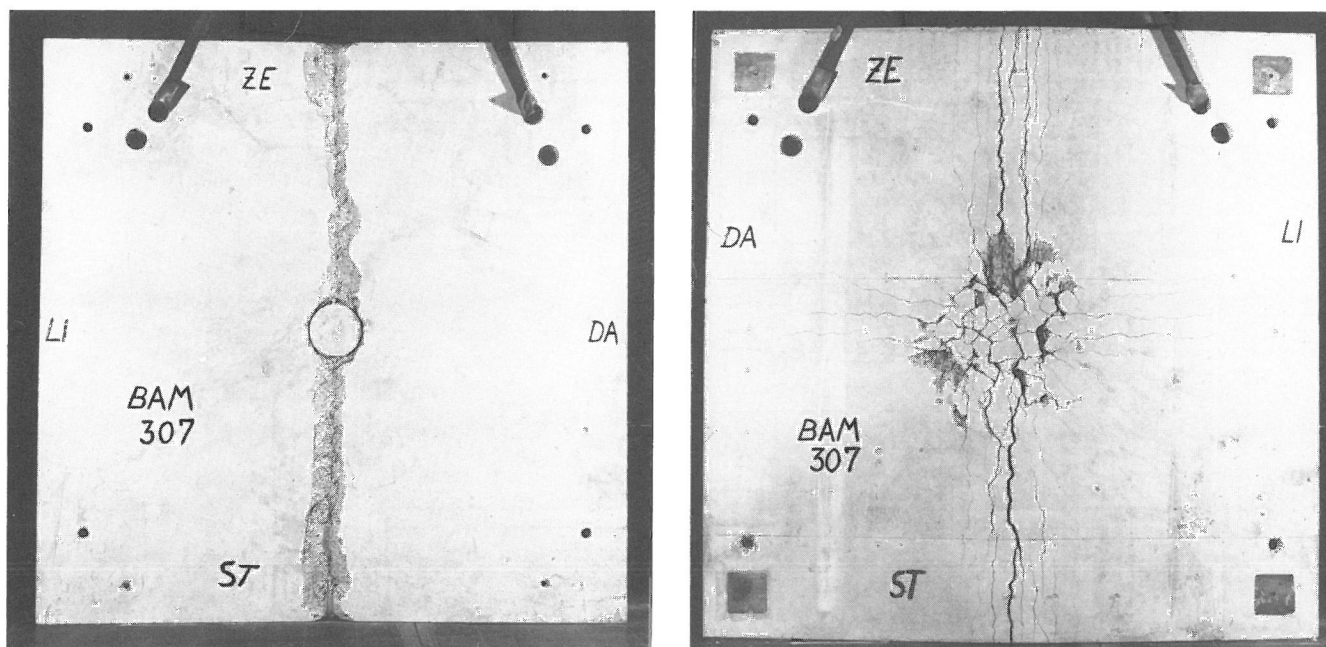


Bild 10.2/4

Beispiel für Versagensform III: "Reines Biegeversagen"
Überschreiten der Drehfähigkeit der Fließgelenklinien durch
Versagen der Betondruckzone

10.3 Beschreibung des Zerstörungsgrades bei lokalem Schubversagen

Berechnungsmodelle zum Durchstanzversagen gehen üblicherweise von Annahmen über den Winkel der Lastausbreitung aus. Bild 10.3/1 zeigt eine schematische Darstellung des Zerstörungsbildes der Versuchsplatten, bei denen Durchstanzversagen auftrat. Grundsätzlich ergab sich bei Platten mit Bügelbewehrung ein größerer Lastausbreitungswinkel als bei Platten ohne Bügelbewehrung. Die Lastausbreitungswinkel sind relativ schwer bestimmbar, da der durchgestanzte Betonkörper nur näherungsweise die Kegelstumpfform hat. Ferner sind infolge großer

Verformungen nach erfolgtem Durchstanzen sekundäre Zerstörungen aufgetreten. Mikrorisse außerhalb des angegebenen Winkelbereichs, z. B. bei den Platten mit Bügeln, konnten nicht bestimmt werden, da das Aufsägen wegen der geringen Plattendicke nicht sinnvoll erschien. Überträgt man die Ergebnisse der Meppener Versuche /3/ auf die BAM-Versuche, so bildet sich bei Schubversagen zunächst ein kegelförmiger Rißfächer im Platteninnern mit einem dominanten Schrägriß. Dieser Rißfächer bildet bei zunehmender Beanspruchung die Übergangszone zwischen unzerstörter Platte und Schubkegel. Bei weiterer Verformung wird der Schubkegel nach und nach zerstört, bis schließlich von dem ursprünglichen Schubkegel ein zylindrischer Körper übrig bleibt, der den Durchmesser der Lasteinleitungsplatte hat. Ausgehend von der Überlegung, daß bis zum Ausbilden des ersten Schubrisses der Beton die maßgebende Größe ist, muß man annehmen, daß sich bei Platten mit und ohne Bügelbewehrung zunächst der gleiche Rißfächer ausbildet. Unter welchem Winkel sich aber dann der dominante Riß ausbildet, hängt dann davon ab, ob Bügel vorhanden sind oder wie groß die Biegeverformungen sind. Unter diesem Aspekt sind bei den Platten mit Bügelbewehrung auch außerhalb des diagnostizierten Stanzkegelbereichs in der Platte noch Schubrisse zu vermuten, die jedoch von der Bügelbewehrung "vernäht" wurden.

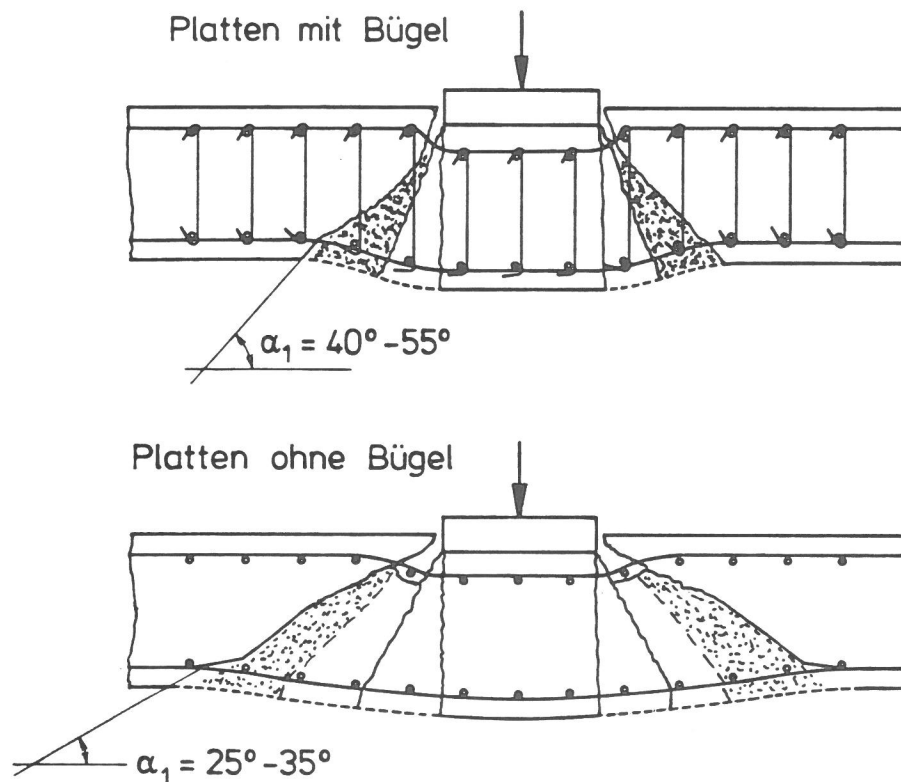


Bild 10.3/1

Schematische Darstellung des Zerstörungsbildes bei Durchstanzversagen für Platten mit und ohne Bügelbewehrung

10.4 Ergebnisse

Variation der Schubbewehrung

Versuche zum Einfluß der Schubbewehrung auf das Tragverhalten wurden sowohl an flachen Platten als auch an Randbalkenplatten durchgeführt. Als Schubbewehrung wurden zunächst [-förmige offene Bügel verwendet (Versuche 307 und 308). Es hat sich allerdings gezeigt, daß die Schenkel des [-Bügels auf der Plattenunterseite nach erfolgter Ausbildung des Durchstanzkegels aufgebogen werden. Deshalb

wurden die [-Bügel bei den weiteren Versuchen auf der Plattenunterseite nach innen aufgebogen. Grundsätzlich muß bei der Anordnung der Schubbewehrung auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Bügel im Durchstanzbereich geachtet werden. Wegen der geringen Dicke der Platte ist auch der Durchstanzbereich klein. Da andererseits nur handelsübliche Durchmesser der Bewehrung verwendet werden sollten (kleinster Durchmesser 6 mm), konnte keine differenzierte Abstufung des Bewehrungsgrades für die Schubbewehrung vorgenommen werden.

Der Einsatz von Bügelbewehrung bei den flachen Platten führte zu einer deutlichen Vergrößerung des Energieaufnahmevermögens der Platten. Das lokale Versagen der Platte im Bereich Sekundär-Durchstanzen konnte verhindert werden. Die Bügelbewehrung war in der Lage, die Platte im Durchstanzbereich erfolgreich zu "vernähen", so daß weitere Biegeverformungen der Platte bis zum Versagen der dann auftretenden Bruchlinien aktiviert werden konnten.

Der Einfluß der Bügelbewehrung auf das "primäre Durchstanzen" konnte bei Versuchen mit Randbalkenplatten beobachtet werden. Hier zeigte es sich, daß das lokale Durchstanzen im "Primär-Durchstanzbereich", d. h. Durchstanzen ohne große Biegeverformung und damit verbunden geringe Energieabsorption, durch Schubbewehrung erfolgreich verhindert werden kann. Allerdings konnte bei diesen Versuchen kein Versagenstyp "Biegeversagen" in Bruchlinien erzeugt werden, da durch auftretende Membranzugkräfte in der Plattenebene der Plattenbiegewiderstand vergrößert wurde und somit Sekundär-Durchstanzen erfolgte.

Die Verwendung von Beton mit geringer Festigkeit ergab keine Verringerung der Wirksamkeit der Bügel. Auch bei einer Festigkeit von $\beta_W = \text{ca. } 20 \text{ N/mm}^2$ konnte das primäre Durchstanzen wirkungsvoll verhindert werden.

Variation der Biegebewehrung

Versuche zum Einfluß der Biegebewehrung auf das Tragverhalten wurden nur mit Randbalkenplatten durchgeführt. Bei Schubbewehrung und der für die meisten Versuche verwendeten Biegebewehrung (unten \emptyset 10 mm kreuzweise im Abstand von 5 cm und oben \emptyset 8 mm kreuzweise im Abstand von 5 cm sowie Bügel \emptyset 6 mm in jedem 2. Bewehrungsknoten) ergab sich ein sekundäres Durchstanzen. Ziel einiger Versuche war es nun, durch Verringerung der Biegebewehrung die Biegegrenztragfähigkeit soweit herabzusetzen, daß reines Biegeversagen ohne Schubversagen erzielt werden konnte. Allerdings zeigten die Versuchsergebnisse (vgl. Abschnitt 9.2) nicht den erwarteten Effekt. Trotz Halbierung der Biegebewehrung wurde die Biegegrenztragfähigkeit nur geringfügig reduziert, was mit dem Auftreten von Membranzugkräften in der Plattenebene begründet werden kann.

Variation der Betonfestigkeit

Die Versuche an Platten mit verschiedenen Betonfestigkeiten haben gezeigt, daß der Biegewiderstand im untersuchten Parameterbereich nur geringfügig von der Betongüte beeinflusst wird (alle Versuche mit flachen Platten). Ausnahmen bilden hier lediglich die Fälle, bei denen Membrankräfte zur Mitwirkung kommen (Versuche mit Randbalkenplatten, bei denen Versagen im Biegebereich erfolgte). Dagegen ergaben die Versuche im Versagensbereich "Primär-Durchstanzen" (Randbalkenplatten), daß der maximale Durchstanzwiderstand hier nur von der Betonfestigkeit beeinflusst wird. Geht man davon aus, daß die Betonzugfestigkeit pro-

portional zur Betondruckfestigkeit ist, so entsprechen die gemessenen Werte für den Durchstanzwiderstand den bekannten Abhängigkeiten der Betonzugfestigkeit von der Betondruckfestigkeit und auch der Dehngeschwindigkeit /6/.

Variation der Belastungsfläche

Die Vergrößerung der Belastungsfläche verbessert das Tragverhalten der Platte auf zweierlei Art und Weise. Zum einen wird infolge Vergrößerung der wirksamen Schubfläche der lokale Durchstanzwiderstand vergrößert. Zum anderen wird die Anzahl der durch die Größe der Lasteinleitungsplatte bestimmten Bewehrungsseisen vergrößert, die in der zweiten Tragphase nach erfolgter Ausbildung eines Stanzkegels abgeschert werden müssen. Somit können in der zweiten Tragphase größere Kräfte bis zum völligen Versagen aktiviert werden. Bei den Versuchen an flachen Platten kann sich die Vergrößerung des lokalen Widerstandes gegen "Primär-Durchstanzen" nicht auf das Tragverhalten auswirken, da bei allen Platten das Versagen im Biegebereich erfolgte (Bruchtyp "Sekundär-Durchstanzen"), allerdings verbunden mit größeren Biegeverformungen bei der größeren Lasteinleitungsfläche. Auch bei Versuchen mit Randbalkenplatten ergab sich eine Verbesserung des Tragverhaltens bei vergrößerter Lasteinleitungsfläche.

Einfluß der Beanspruchungsgeschwindigkeit

Die servohydraulische Versuchsanlage ermöglicht es, mit dem gleichen Prüfzylinder Versuche mit unterschiedlicher Beanspruchungsgeschwindigkeit durchzuführen (vom statischen Lastfall mit einer Zeit bis zum Bruch von einigen Minuten bis hin zum dynamischen Lastfall mit einer Zeit bis zum Bruch von ca. 20 Millisekunden). Geregelt wurde hierbei die Verformungsgeschwindigkeit des Prüfzylinders. Durchgeführt wurden statische Versuche bei einer Verformungsgeschwindigkeit von 0,1 mm/Sekunde sowie dynamische Versuche mit einer mittleren Verformungsgeschwindigkeit von etwa 2000 mm/Sekunde.

Das Trag- und Verformungsverhalten der Platten wird bei hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten zum einen durch Massenträgheitskräfte beeinflusst, die zu vom statischen Fall abweichenden Schnittlastenverteilungen führen. Zum anderen wirken sich die geschwindigkeitsabhängigen Materialeigenschaften von Beton, Stahl und Verbund auf das Tragverhalten aus. Für den Versagenszustand "Primär-Durchstanzen" entspricht die gemessene Stoßkraft (Bauteilwiderstand) den in der Stanzfuge auftretenden Kräften, da hier die Masse des Durchstanzkonus vernachlässigt werden kann. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß in diesem Versagensbereich der Beton maßgebend ist. Die sehr starke Abhängigkeit der Betonfestigkeit von der Dehngeschwindigkeit zeigt sich hier für die Platte in Form einer starken Abhängigkeit des Durchstanzwiderstandes von der Beanspruchungsgeschwindigkeit. So ergab der Vergleich von statischem und dynamischem Versuch ein Anwachsen der Maximalkraft von etwa 60 % im Versagensbereich "Primär-Durchstanzen". Im Versagensbereich "Sekundär-Durchstanzen" bzw. "Biegeversagen" lassen sich die Einflüsse von Trägheitskräften und geschwindigkeitsabhängigen Materialeigenschaften nicht mehr ohne weiteres trennen. Das Maximum des Bauteilwiderstandes wird hier durch die Biegegrenztragfähigkeit der Platte bestimmt, die je nach Biegetragmechanismus weniger von den Eigenschaften des Betons als von denen des Betonstahls beeinflusst wird. Bei den flachen Platten ergab der Vergleich statische/dynamische Belastung eine deutliche Zunahme der Verformung bis zum Versagen, während die Zunahme des maximalen Bauteilwiderstandes gering blieb. Bei

den Randbalkenplatten ergaben sich neben größeren Verformungen bis zum Versagen auch deutlich größere Kräfte bei dynamischer Belastung, die allerdings hier auf die Mitwirkung von Membrankräften zurückzuführen sind.

Literatur

- /1/ Brandes, K., Limberger, E., Herter, J. und Berner, K.:
1. Technischer Fachbericht zum Vorhaben 1500 121: Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen. Konzeption für geregelte Versuche, Versuchseinrichtung, Vorversuche an Stahlbetonbalken. BAM: Forschungsbericht 90, Berlin: Bundesanstalt für Materialprüfung, April 1983

- /2/ KTA 2202: Schutz von Kernkraftwerken gegen Flugzeugabsturz; Grundsätze und Lastannahmen. Entwurf 1980, Kerntechnischer Ausschuß, Köln. KTA-Dok.-Nr. 2202/80/3

- /3/ Jonas, W., Rüdiger, E., Gries, M., Riech, H. und Rützel, H.:
Kinetische Grenztragfähigkeit von Stahlbetonplatten
IV. Technischer Bericht zum BMFT-Forschungsvorhaben RS 165 (Schlußbericht)

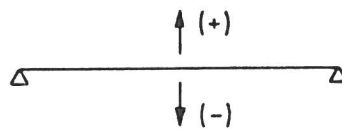
- /4/ Jonas, W., Rüdiger, E., Gries, M., Riech, H. und Rützel, H.:
Kinetische Grenztragfähigkeit von Stahlbetonplatten
Anhangband zum IV. Technischen Bericht zum BMFT-Forschungsvorhaben RS 165/RS 149

- /5/ 4. Technischer Fachbericht zum Vorhaben 1500 121: Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen. Versuche an Stahlbetonplatten, Teil I
BAM: Forschungsbericht 119, Berlin: Bundesanstalt für Materialprüfung, November 1985

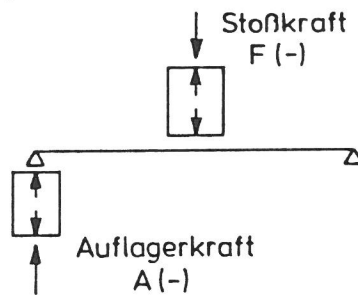
- /6/ Zielinski, A.J. und Reinhardt, H.W.:
Impact stress-strain behaviour of concrete in tension
Interassociation Symposium Concrete Structures under Impact and Impulsive Loading, Berlin, June 2-4, 1982, BAM, Berlin 1982

Vorzeichendefinitionen

1. Wege w



2. Kräfte : Druckkräfte in den Kraftaufnehmern negativ



3. Beschleunigungen $b (+)$

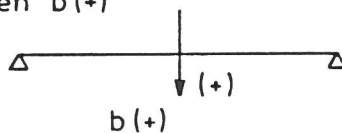


Bild A 3.2/1

Bei der Darstellung der Ergebnisse von Balken- und Plattenversuchen verwendete Vorzeichendefinitionen

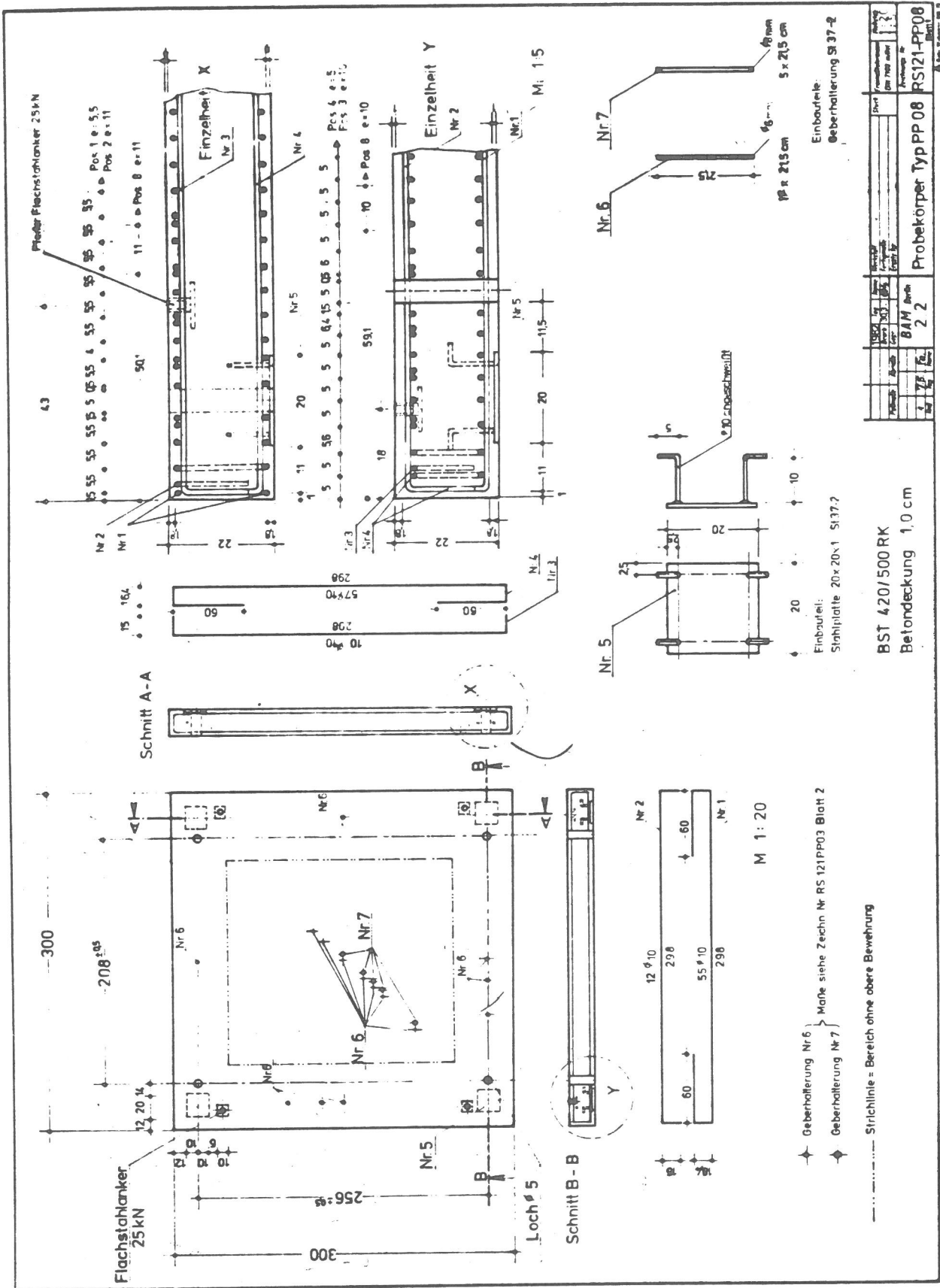


Bild A 4.1/6
Versuchsreihe II, Probekörpertyp PP08: Bewehrungszeichnung

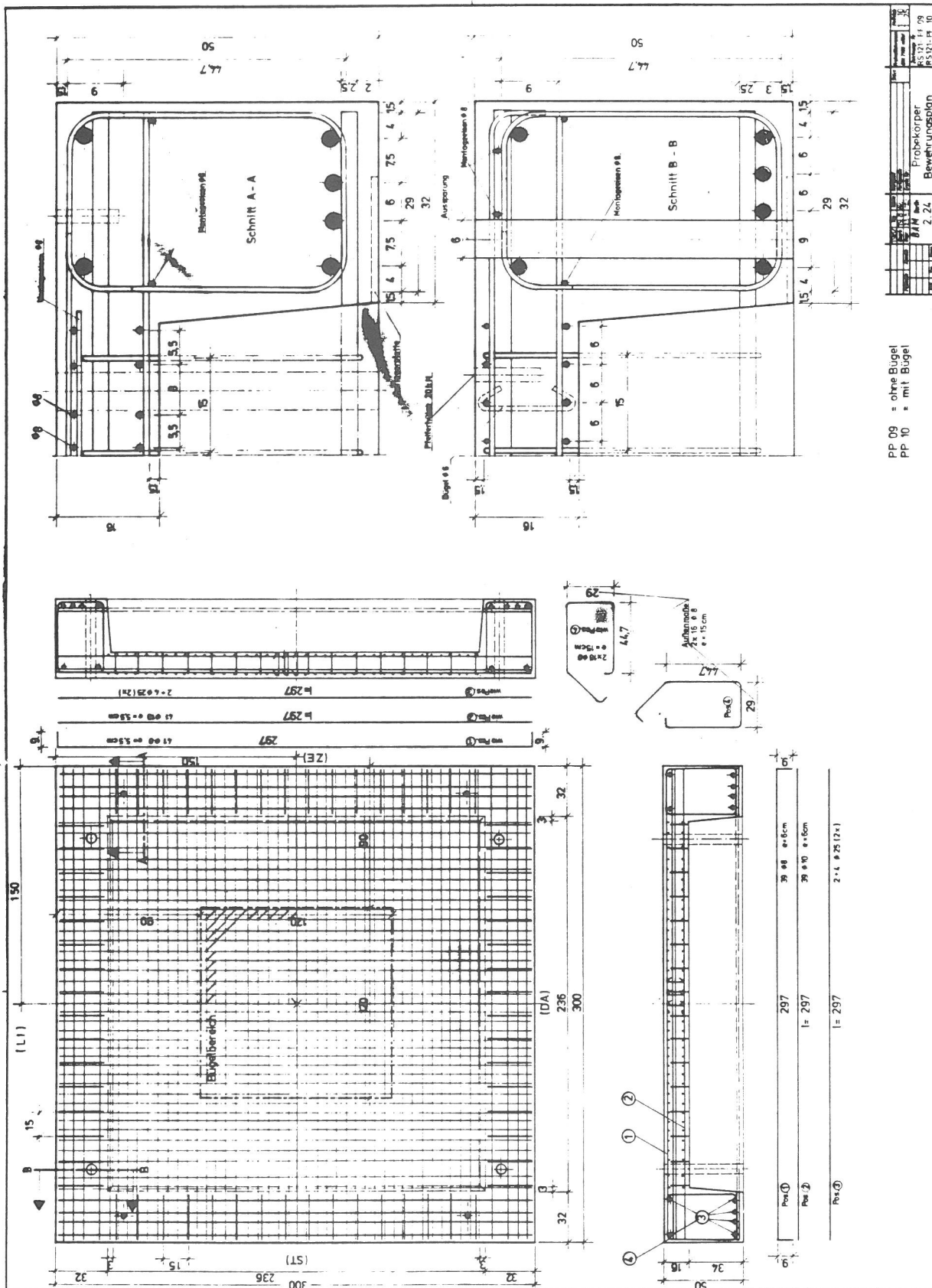


Bild A 4.2/1
 Versuchsreihe III: Bewehrungszeichnung PP09 und PP10

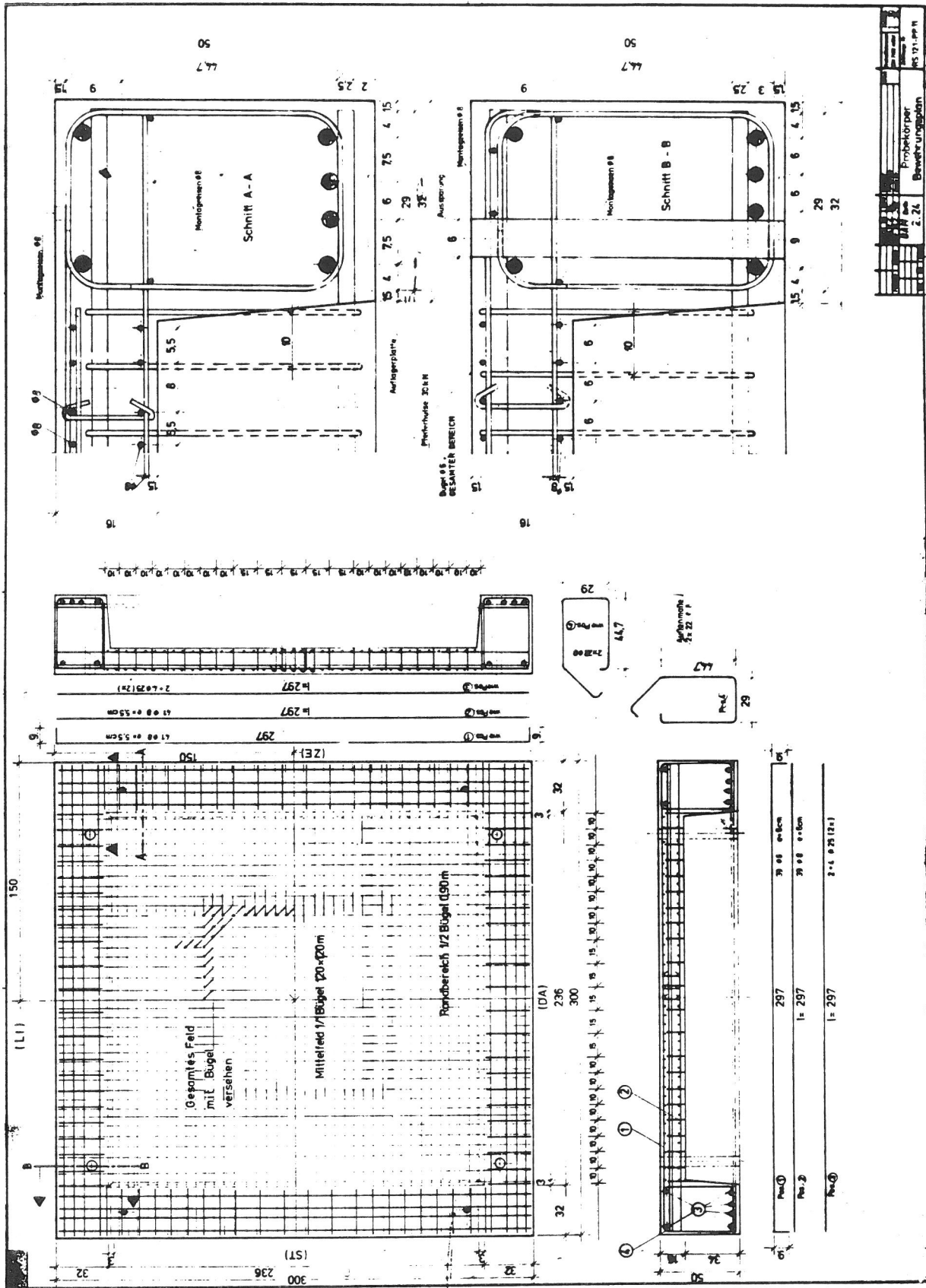


Bild A 4.2/2
 Versuchsreihe III: Bewehrungszeichnung PP11

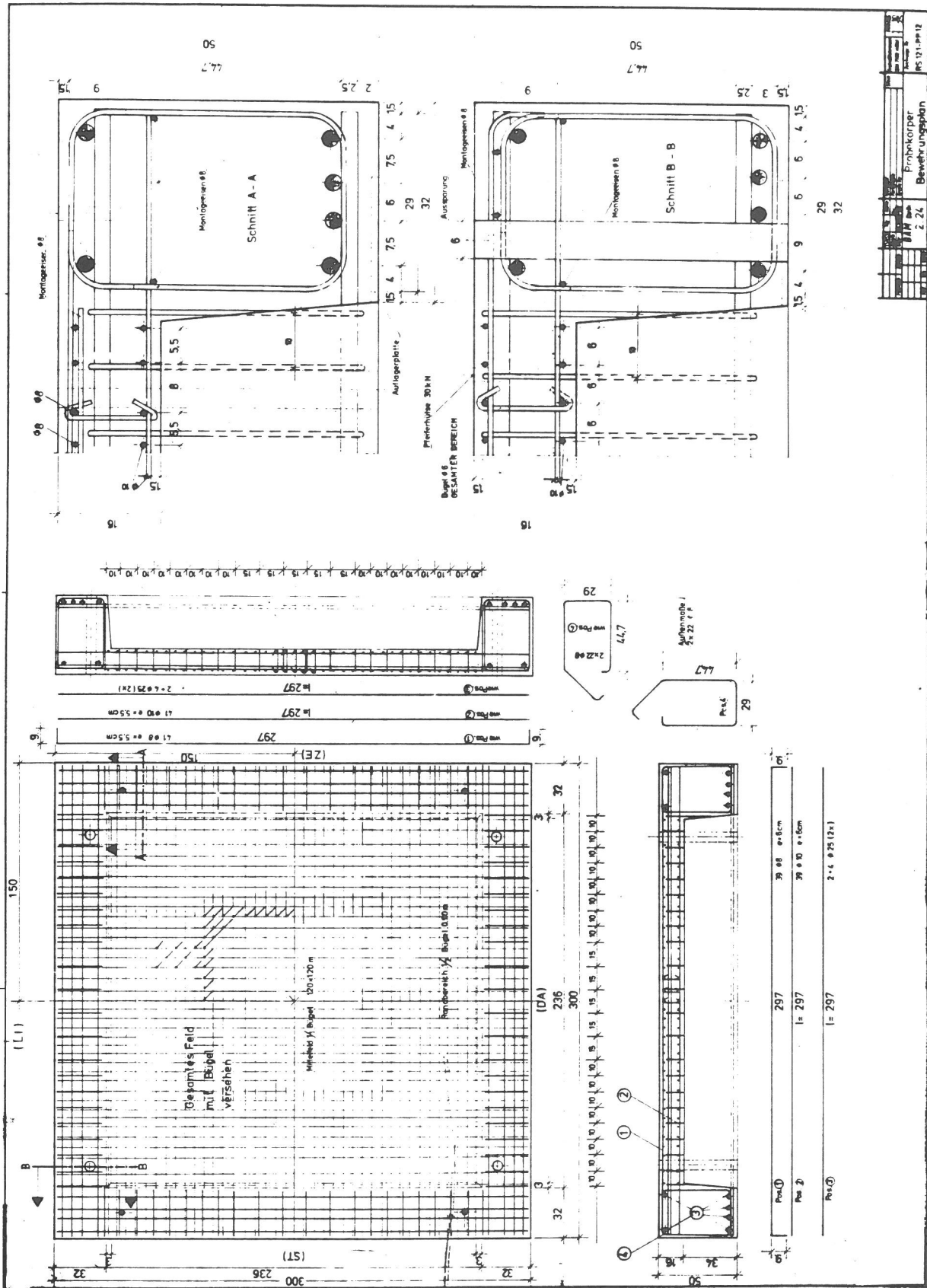


Bild A 4.2/3
Versuchsreihe III: Bewehrungszeichnung PP12

Ø [mm]	Probe Nr.	Vers. Nr.	Fe [mm ²]	F _{0,2} [kN]	F _m [kN]	Festig- keiten		Dehnungs- kennwerte			Ein- schnü- rung Z %
						R _{p0,2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	A ₁₀ %	A _G %	
6	1/3	115	28,2	14,0	16,2	496	574	14,6	8,9	2,7	56,5
	1/10	122	28,0	13,7	16,3	489	582	14,6	8,9	3,2	61,0
	2/1	123	29,4	13,6	16,4	479	577	18,4	11,2	3,4	65,5
	2/2	124	28,4	13,7	16,5	482	581	18,6	11,7	3,6	66,5
	3/1	131	28,4	13,5	16,1	475	567	18,5	11,6	3,2	69,0
	3/2	132	28,4	13,9	16,3	489	574	15,5	9,7	2,4	71,0
10	10	139	82,3	35,0	43,5	425	529	16,2	9,6	3,0	62,0
	11	140	82,2	35,5	43,2	432	526	16,3	9,5	3,0	64,0
	20	148	82,5	36,0	43,3	436	525	14,3	8,4	2,6	54,5
	21	149	81,7	35,5	42,5	435	520	14,0	8,3	2,6	68,5
	30	156	82,4	37,0	44,1	449	535	15,9	9,2	2,6	60,0
	31	157	82,4	36,5	44,2	443	536	17,7	10,1	2,9	67,5

Bild A 5.2/1

Auswertung von Zugversuchen an Betonstahl Repräsentativproben von Stahl für Plattenversuche Hersteller: Peine Salzgitter

Ø [mm]	Probe Nr.	Vers. Nr.	Fe [mm ²]	F _{0,2} [kN]	F _m [kN]	Festig- keiten		Dehnungs- kennwerte		
						R _{p0,2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	A ₁₀ %	A _G %
10 Vers. 405	11	164	78,9	34,0	39,8	431	504	16,3	9,0	2,4
	21	165	78,9	34,5	40,2	437	510	17,7	9,9	2,5
	31	166	78,9	34,0	39,7	431	503	17,2	9,7	2,2
	41	167	78,9	34,5	40,2	437	510	17,5	9,7	2,3
	51	168	78,9	36,0	41,8	456	530	17,7	10,0	2,3
	61	169	78,9	34,0	40,5	431	513	18,1	10,1	2,8
10 Vers. 406	61/0	170	78,8	33,5	39,2	425	497	17,5	9,9	2,6
	62/0	171	78,8	33,5	39,2	425	497	17,2	9,6	2,3
	61/1	172	79,2	33,0	39,0	417	492	16,8	9,5	3,0
	62/1	173	79,1	33,0	39,4	417	498	16,8	9,6	2,9
	61/2	174	78,8	33,0	38,7	419	491	16,6	9,1	2,3
	62/2	175	79,2	33,5	39,0	423	492	16,5	9,1	2,2
10 Vers. 407	71/0	176	79,2	33,0	39,4	417	497	17,6	10,2	2,7
	72/0	177	79,5	33,0	39,2	415	493	17,8	10,2	2,8
	71/1	178	79,0	33,5	39,0	424	494	18,4	10,6	2,7
	72/1	179	79,2	33,0	38,8	417	490	16,5	8,8	2,0
	71/2	180	79,0	33,5	39,0	424	494	17,5	9,6	2,2
	72/2	181	79,1	33,5	39,2	424	496	17,9	9,9	2,6

Bild A 5.2/2

Auswertung von Zugversuchen an Betonstahl Repräsentativproben von Stahl für Plattenversuche Nr. 405, 406, 407 geliefert durch Engel & Leonhardt

Betonrezept 1 für B 25

Zuschlagstoffe:

Sand 0-1 mm: 47 % Anteil ca. 900 kg/m³
Kies 2-8 mm: 53 % Anteil ca. 1 015 kg/m³

Zement:

PZ 55 240/280 kg/m³

W/Z-Wert: 0,71 - 0,76

Mischdauer im Zwangsmischer ca. 2 min.

Betonrezept 2 für B 35

Zuschlagstoffe:

Sand 0-1 mm: 40 % Anteil ca. 770 kg/m³
Kies 2-8 mm: 60 % Anteil ca. 1 155 kg/m³

Zement:

PZ 55 304/330 kg/m³
(Versuch 321/322 : 280 kg/m³)

W/Z-Wert: 0,61 - 0,65

(Versuch 321/322 : 0,73)

Mischdauer im Zwangsmischer ca. 2 min.

Sieblinie

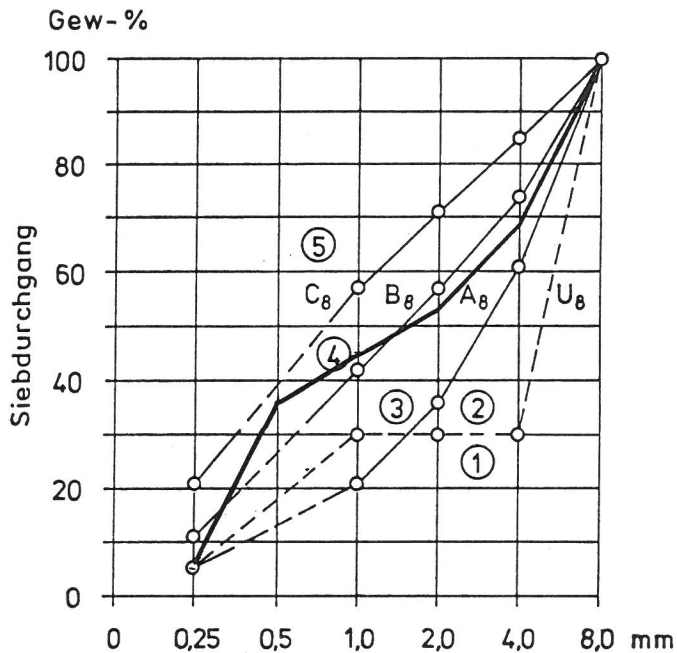


Bild A 5.3/1
Betonrezeptur 1

Sieblinie

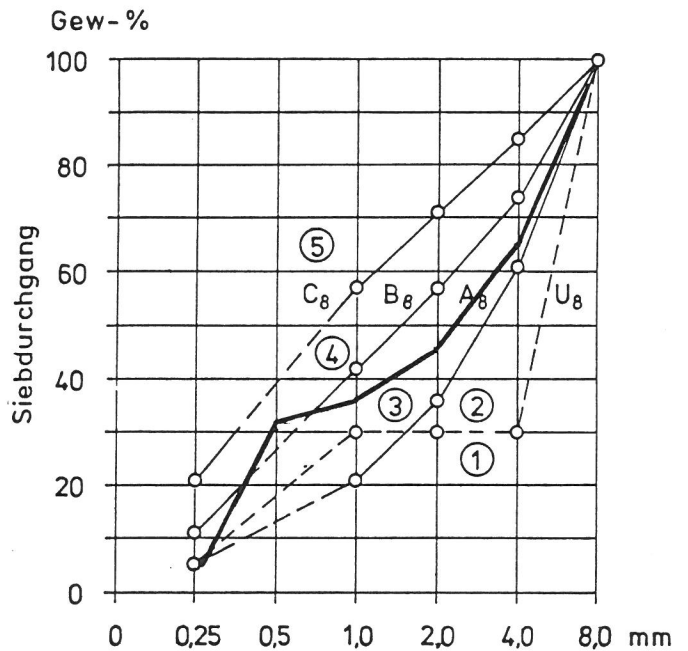


Bild A 5.3/2
Betonrezeptur 2,
verwendet für Versuche 405-413

Betonrezept 3 für B 55

Zuschlagstoffe:

Sand 0-1 mm: ca. 38,5 % Anteil Zuschlagstoffe: 620 kg/m³

Kies 2-8 mm: ca. 61,5 % Anteil : 980 kg/m³

Zement:

PZ 55 550 kg/m³

W/Z-Wert: 0,4

Mischdauer: ca. 2 min

Sieblinie

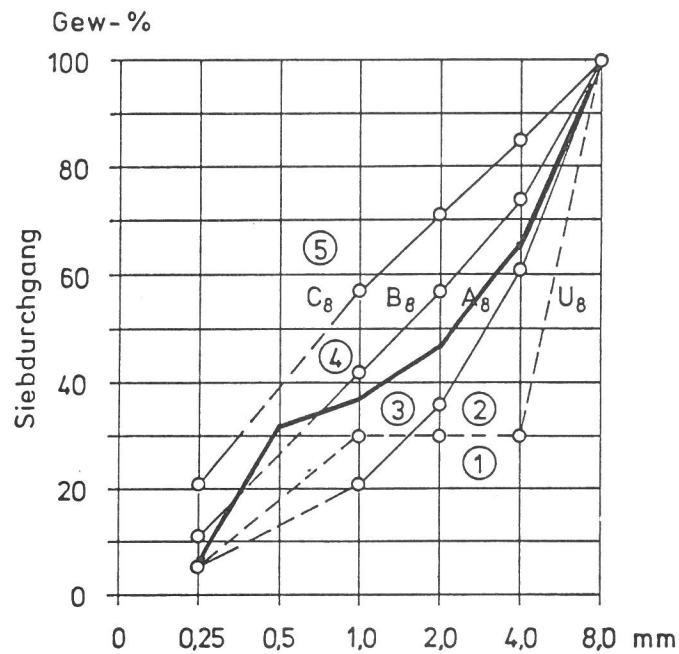


Bild A 5.3/3

Betonrezeptur für hochfesten Beton

Versuchs-Nr.	Probekörpertyp	Betonierdatum	Versuchsdatum	[N/mm ²] ¹⁾ β _{W28}	[N/mm ²] ²⁾ β _W	[N/mm ²] ³⁾ β _C	Alter der Probe am Tag der Prüfung
307	PP 03	15.10.81	15.12.81	34,0±0,15	37,2±1,76	31,9±1,65	61 Tage
308	PP 04	12.10.81	7. 1.82	24,7 4)	41,2±1,89	32,2±1,98	87 "
309	PP 05	18. 1.82	16. 2.82	39,0±3,75	41,3±1,33	33,0±3,23	29 "
310	PP 05	20. 1.82	25. 2.82	75,2±2,38	74,7±2,52	86,4±3,82	36 "
311	PP 06	29. 1.82	4. 3.82	38,2±0,70	39,1±2,27	35,4±0,35	34 "
312	PP 06	3. 2.82	10. 3.82	71,2 4)	72,5±2,98	77,3±2,52	35 "
313	PP 07	8. 2.82	16. 3.82	35,0±4,56	44,3±2,08	37,9±2,80	36 "
314	PP 07	10. 2.82	23. 3.82	68,5±4,74	72,9±1,61	78,4±1,50	41 "
315	PP 08	23. 4.82	19. 5.82	47,3±0,44	41,9±1,98	48,2±2,63	26 "
316	PP 08	27. 4.82	26. 5.82	71,5±3,42	70,4±4,38	82,3±1,96	29 "
317	PP 06	29. 4.82	3. 6.82	43,3±9,10	41,4±3,01	44,0±2,25	35 "
318	PP 06	4. 5.82	9. 6.82	38,9±3,35	40,4±0,79	37,6±1,28	36 "
319	PP 05	6. 5.82	15. 6.82	37,9±1,47	35,5±4,09	39,2±4,00	40 "
320	PP 05	11. 5.82	24. 6.82	46,7±0,66	44,5±2,17	42,0±3,84	44 "
321	PP 05	24. 3.83	3. 8.83	39,2±2,67	39,4±1,25	38,9±2,14	134 "
322	PP 07	28. 3.83	15. 8.83	41,3±1,59	41,3±3,73	43,6±3,11	141 "

- 1) Die 3 Würfel wurden entsprechend DIN 1048 hergestellt, gelagert und geprüft.
- 2) Die 3 Würfel wurden wie die Stahlbetonplatten hergestellt, verdichtet, gelagert und am Tage des Plattenversuches geprüft.
- 3) Die Bohrkerne, Durchmesser 10 cm wurden nach dem Plattenversuch aus dem Randbereich der Platte entnommen (307, 308, 321 und 322 je 4 Bohrkerne, sonst 3)
- 4) Nur 2 Würfel

Bild A 5.4/1

Betonfestigkeiten Versuchsreihe II, flache Platten

Versuchs-Nr.	Probekörpertyp	Betonierdatum	Versuchsdatum	[N/mm ²] ¹⁾ β _{W28}	[N/mm ²] ²⁾ β _W	[N/mm ²] ³⁾ β _C	Alter der ⁴⁾ Probe am Tag der Prüfung
401	PP 09	30. 8.82	22. 9.82	46,2±0,82	42,6±4,61	36,1±5,76	23/29 Tage
402	PP 10	2. 9.82	29. 9.82	44,3±0,61	28,5±1,90	28,6±4,00	27/33 "
403	PP 10	26.10.82	8.11.82	28,9±0,47	20,1±2,36	22,6±1,47	13/17 "
404	PP 09	3.11.82	16.11.82	33,2±0,21	23,0±3,71	23,0±1,04	13/19 "
405	PP 09	23.11.82	6.12.82	49,7±1,12	36,4±3,82	*43,7±2,97	13/16 "
406	PP 10	13.12.82	13. 1.83	48,4±0,85	34,3±4,11	52,8±5,22	31/36 "
407	PP 10	15.12.82	21. 1.83	46,3±2,58	38,0±2,63	*** /	37/- "
408	PP 09	18. 1.83	23. 2.83	42,8±3,23	36,1±0,15	42,2±4,31	36/38 "
409	PP 11	16. 2.83	17. 3.83	47,3±1,69	33,7±3,31	45,6±2,51	29/35 "
410	PP 11	22. 2.83	15. 4.83	46,2±2,85	37,3±0,70	39,5±2,44	52/59 "
411	PP 12	17. 3.83	22. 4.83	40,6±4,85	36,5±4,71	47,6±1,80	36/46 "
412	PP 13	5. 5.83	3. 6.83	49,6±2,56	46,1±1,31	49,0±3,45	29/36 "
413	PP 13	10. 5.83	9. 6.83	54,0±1,67	33,6±4,51	*48,6±8,14	30/42 "

- 1) 28 Tage-Festigkeit nach DIN 1048, 3 Würfel
- 2) 3 Würfel wie die Platte hergestellt und gelagert, am Tage des Versuches geprüft
- 3) 4 Bohrkerne, Durchmesser 10 cm
- 4) Alter der Versuchsplatte/Alter des Bohrkerne am Tage der Prüfung

* Nur 3 Bohrkerne

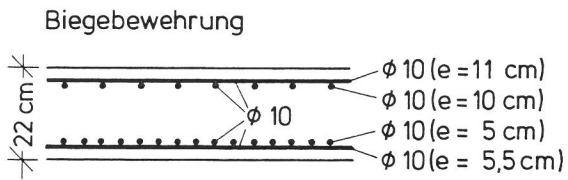
** Sehr unterschiedlich

*** Keine Bohrproben entnommen, Platte zu sehr zerstört

Bild A 5.5/1

Betonfestigkeiten Versuchsreihe III, Randbalkenplatten

Platte: Typ PP03



Schubbewehrung



Bewehrungsstahl BSt 420/500 RK

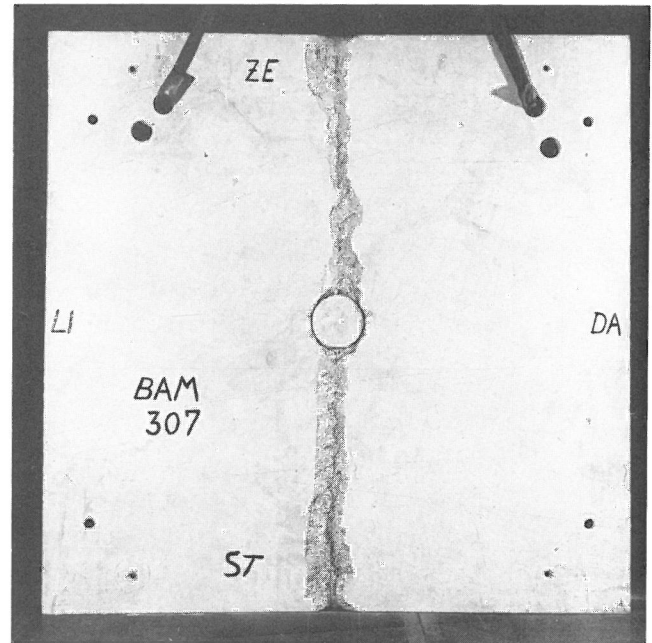


Bild A 6.1/3

Versuch 307, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

Bild A 6.1/2

Bewehrung der Platte PP03 für Versuch 307 (schematisch)

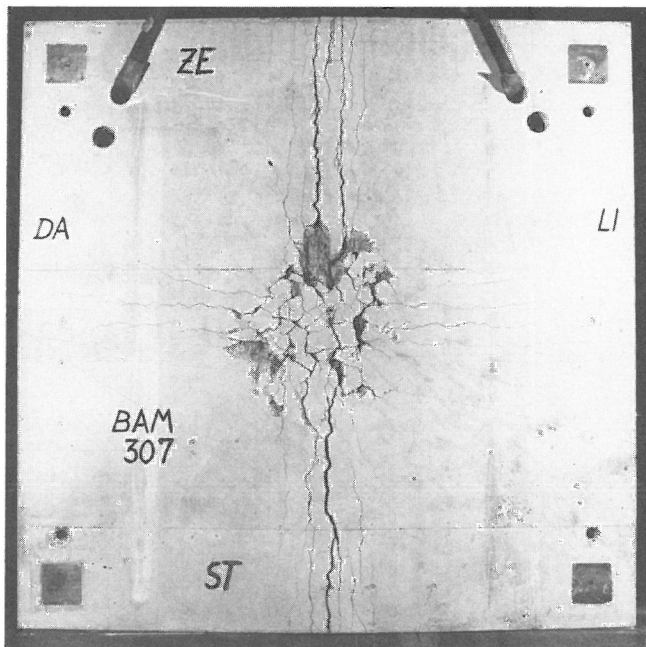


Bild A 6.1/4

Versuch 307, Rückseite der Platte nach Versuchsende

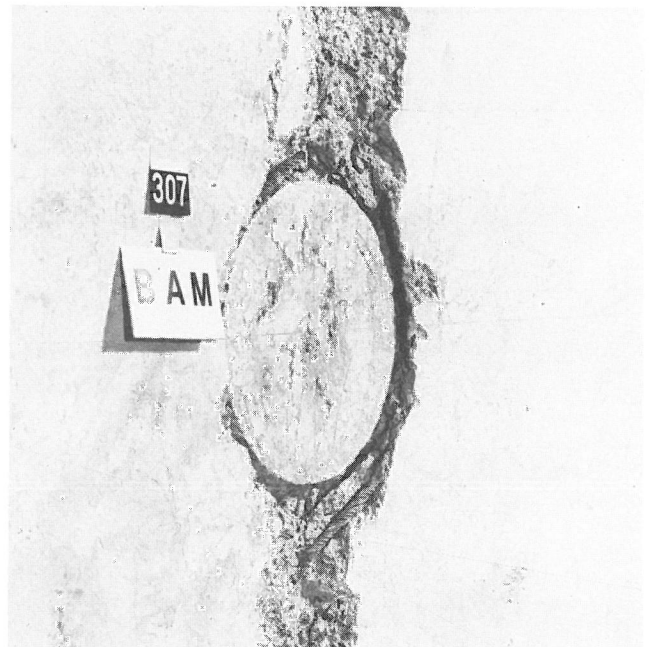


Bild A 6.1/5

Versuch 307, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

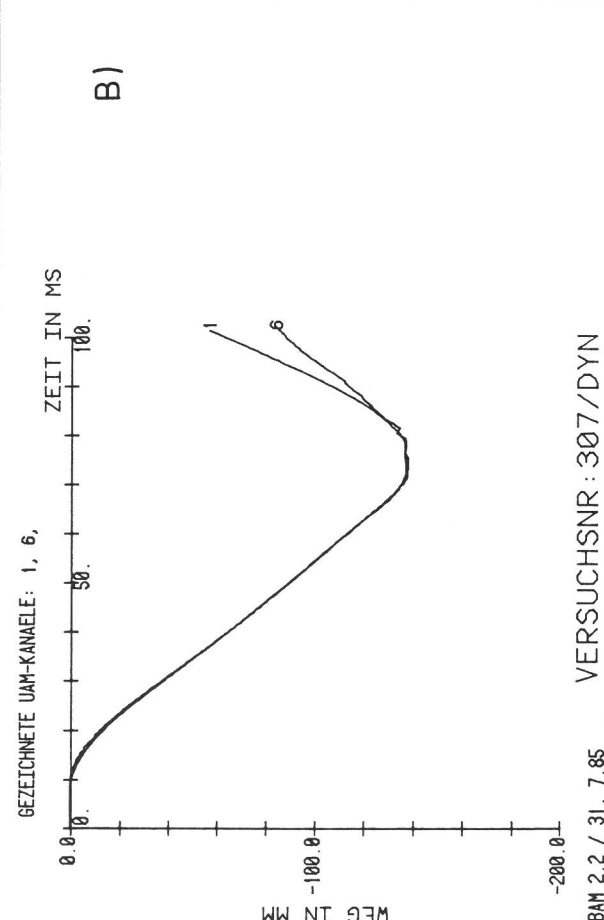
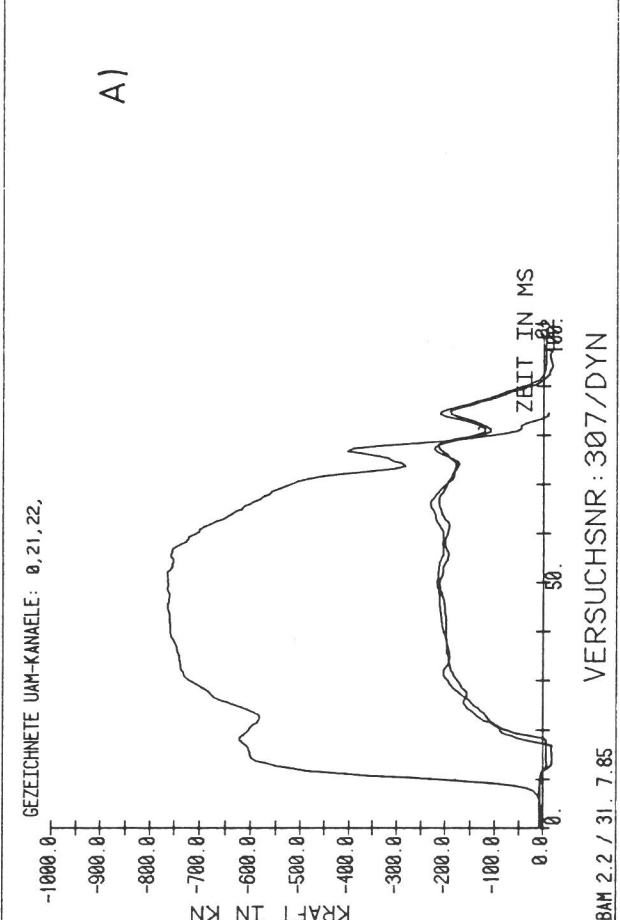
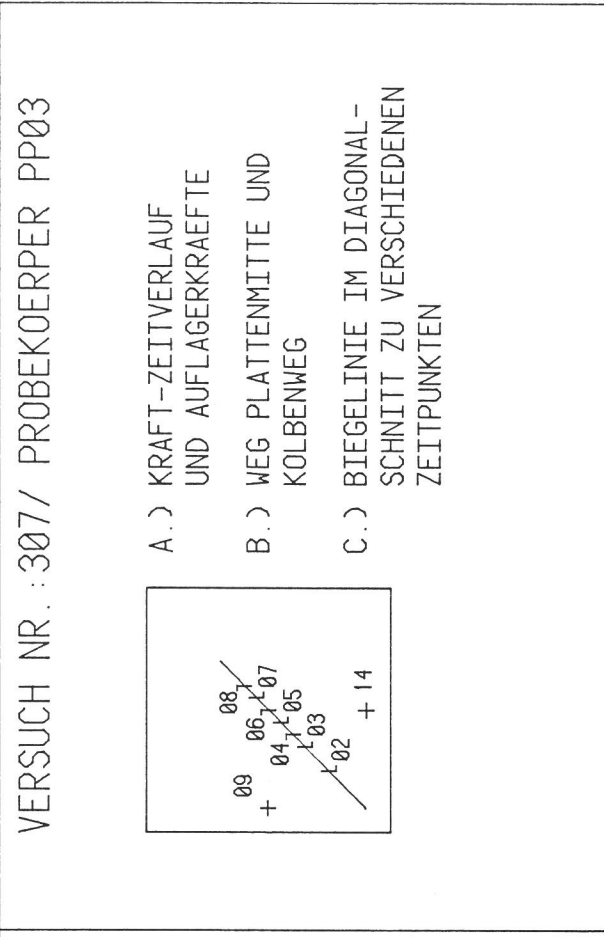
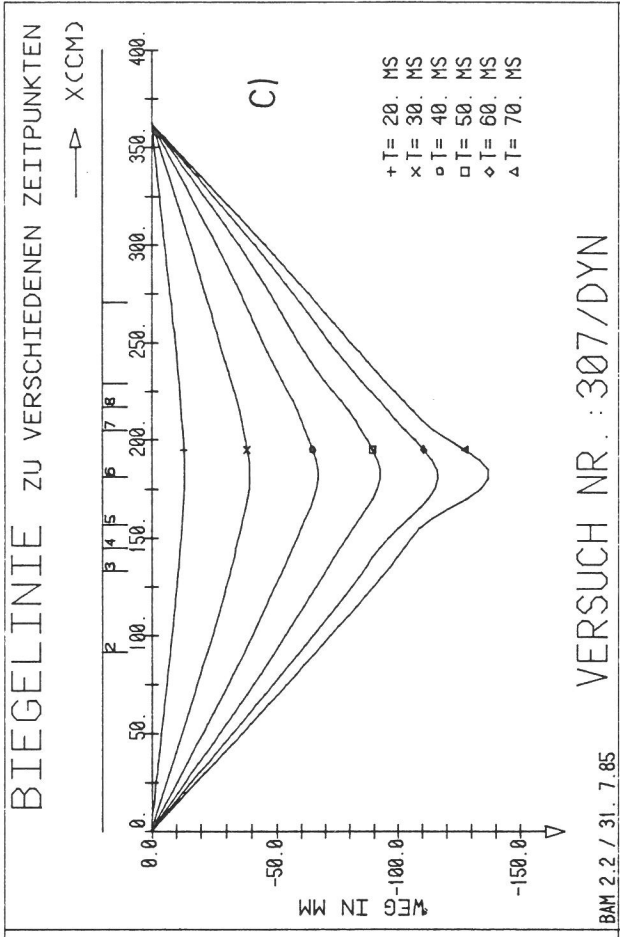
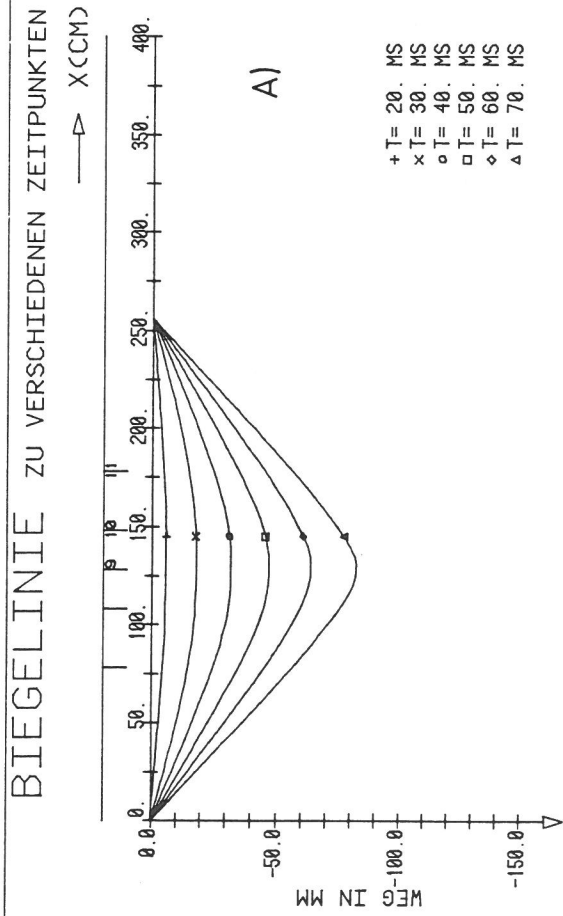
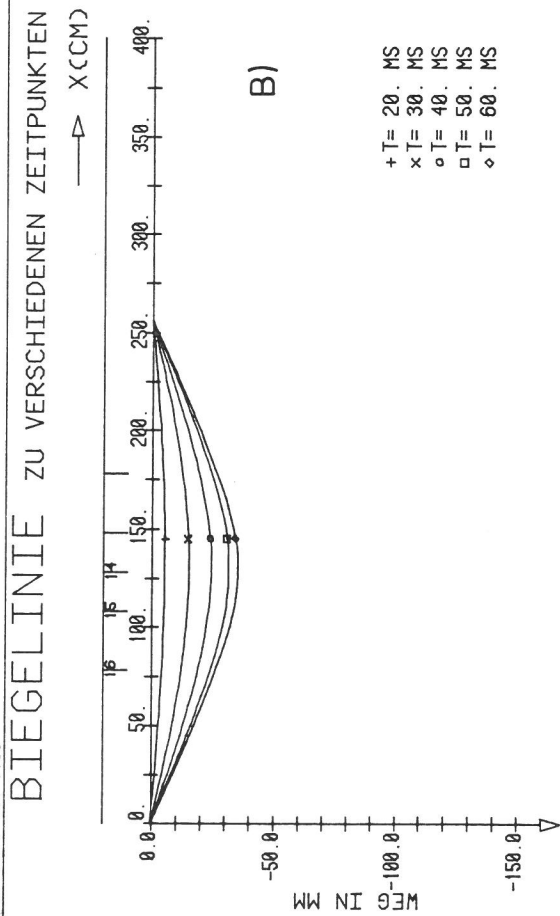


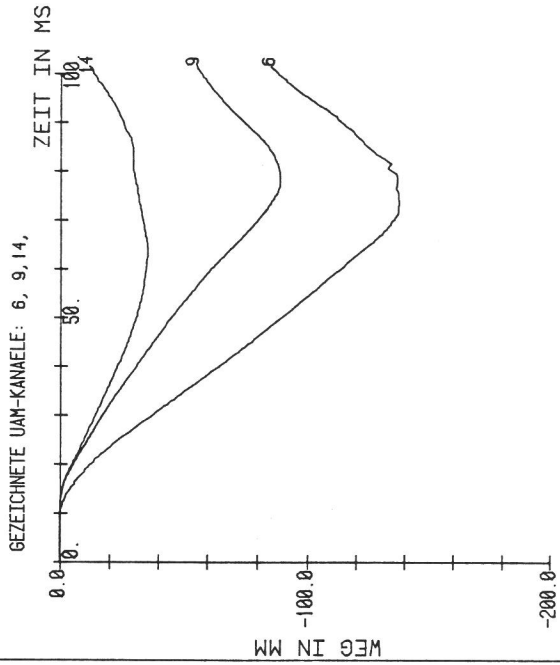
Bild A 6.1/6
Versuch 307



BAM 2.2 / 30. 7.85 VERSUCH NR. : 307/DYN



BAM 2.2 / 30. 7.85 VERSUCH NR. : 307/DYN



BAM 2.2 / 30. 7.85 VERSUCHSNR : 307/DYN

VERSUCH NR. : 307/ PROBEKOEPPER PP03

ΔX_2

11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

▷ X₁

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

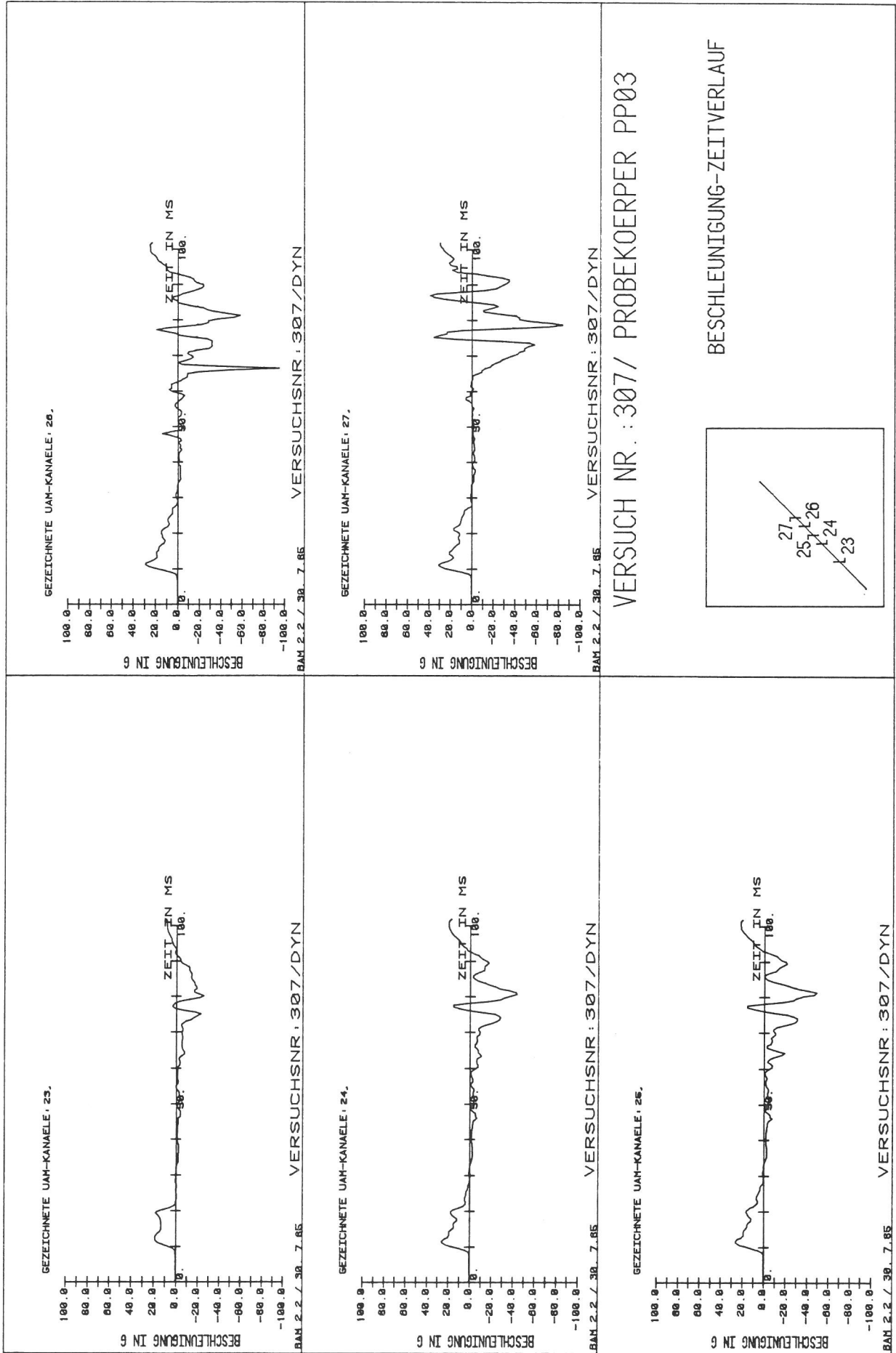
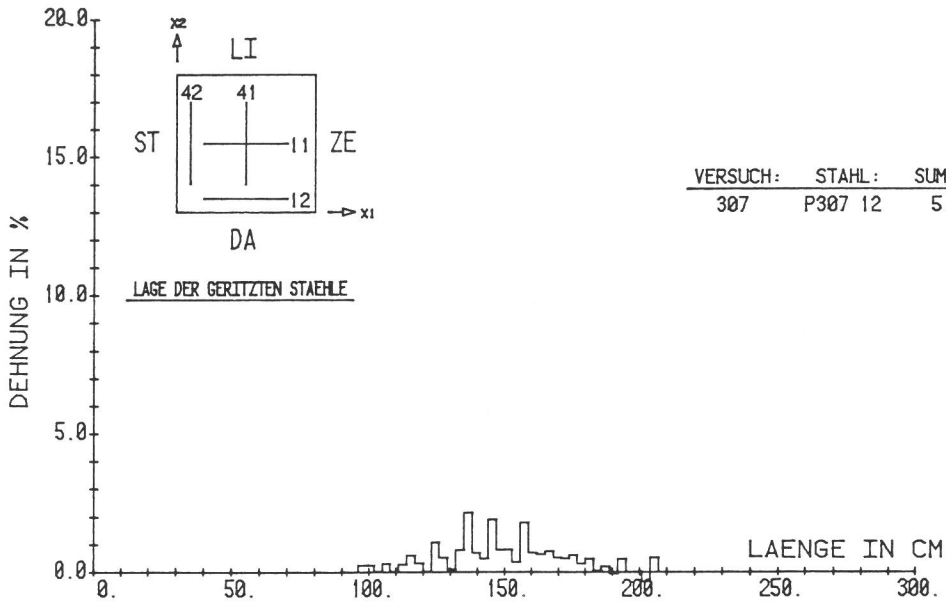
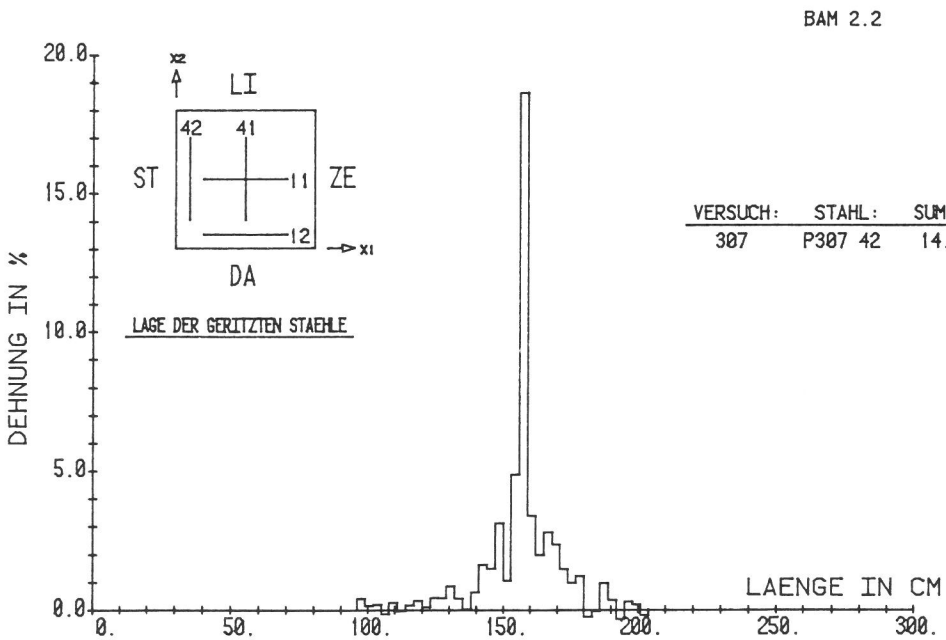


Bild A 6.1/8

Versuch 307



a)



b)

Bild A 6.1/9

Versuch 307, plastische Dehnungsverteilungen von ausgewählten Bewehrungsstäben in der Zugzone der Platte.

- a) Bewehrungsstab 12
- b) Bewehrungsstab 42

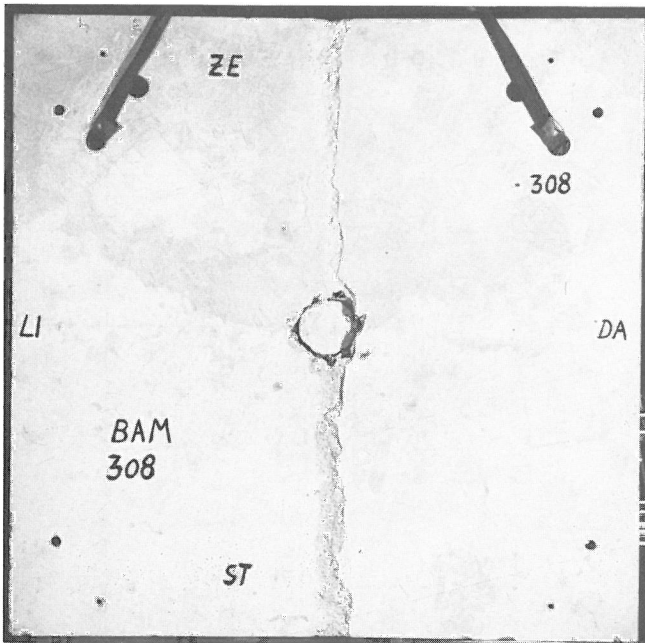


Bild A 6.2/3

Versuch 308, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

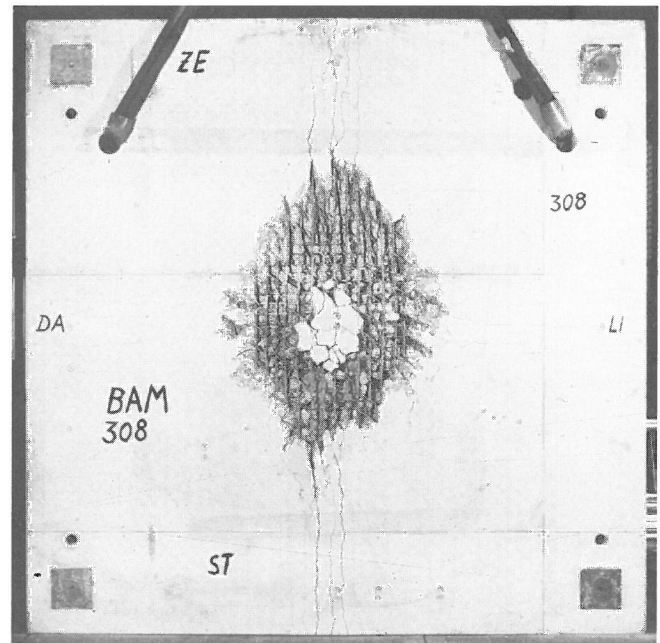


Bild A 6.2/4

Versuch 308, Rückseite der Platte nach Versuchsende



Bild A 6.2/5

Versuch 308, Vorderseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

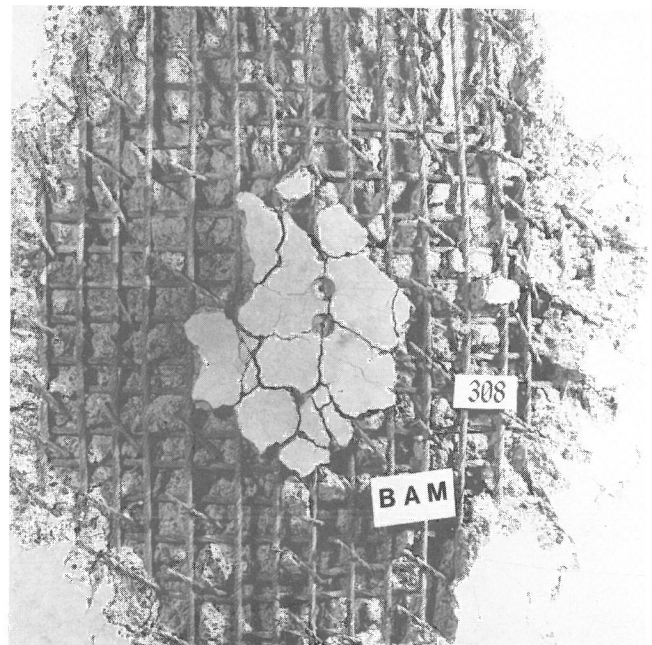


Bild A 6.2/6

Versuch 308, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

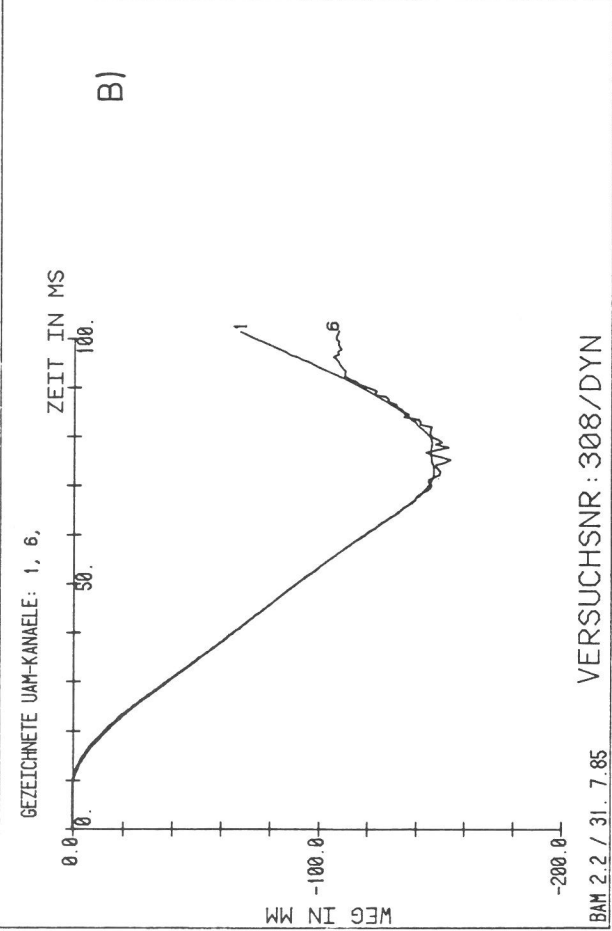
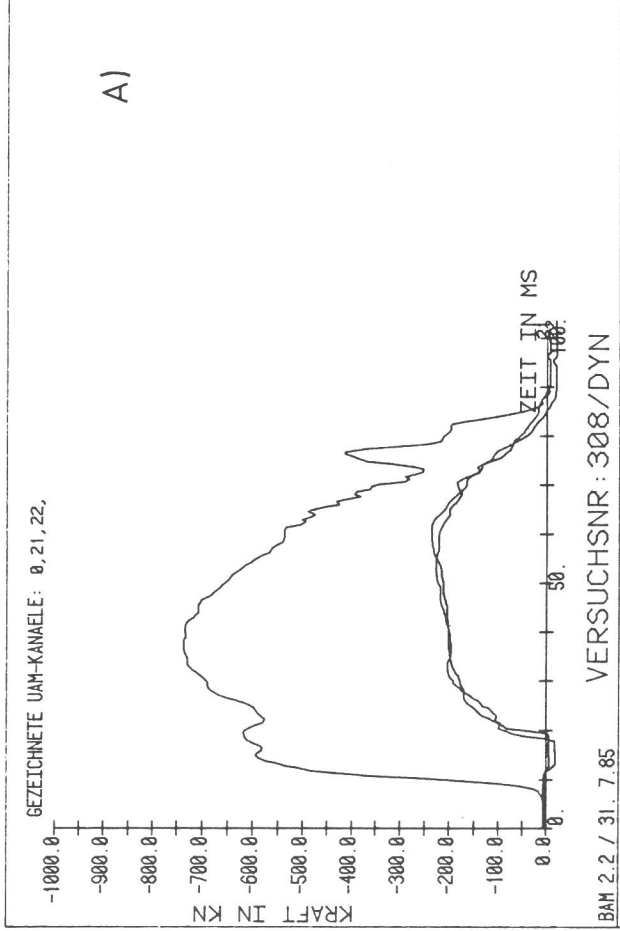
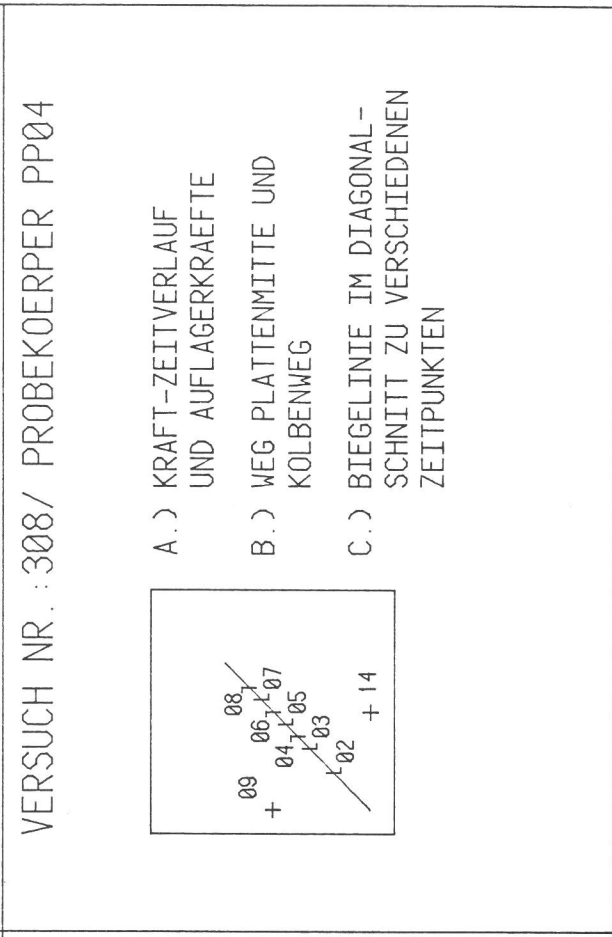
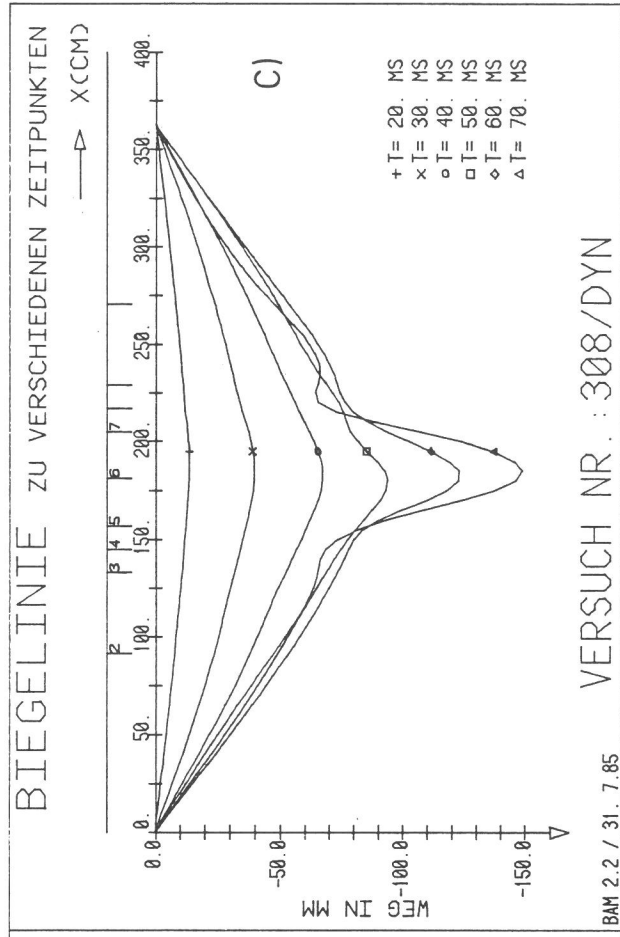
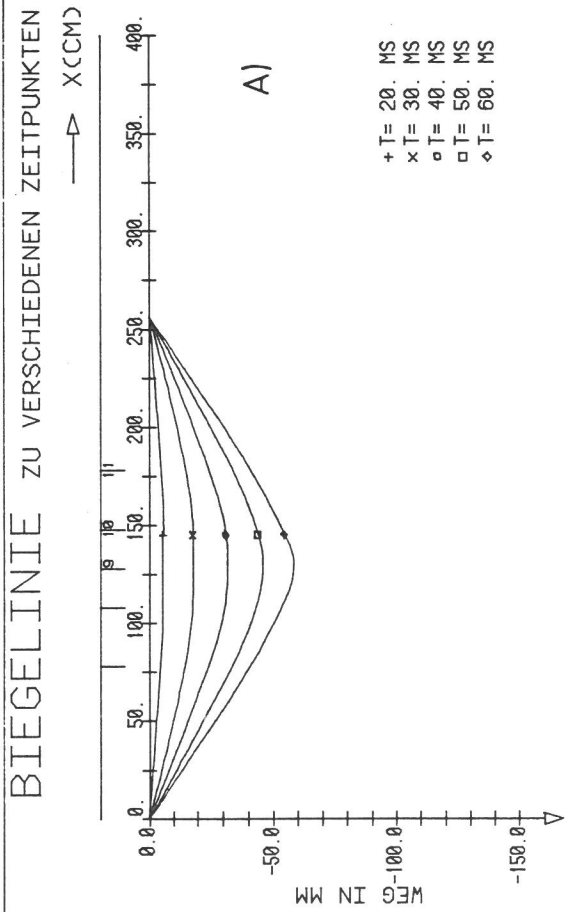
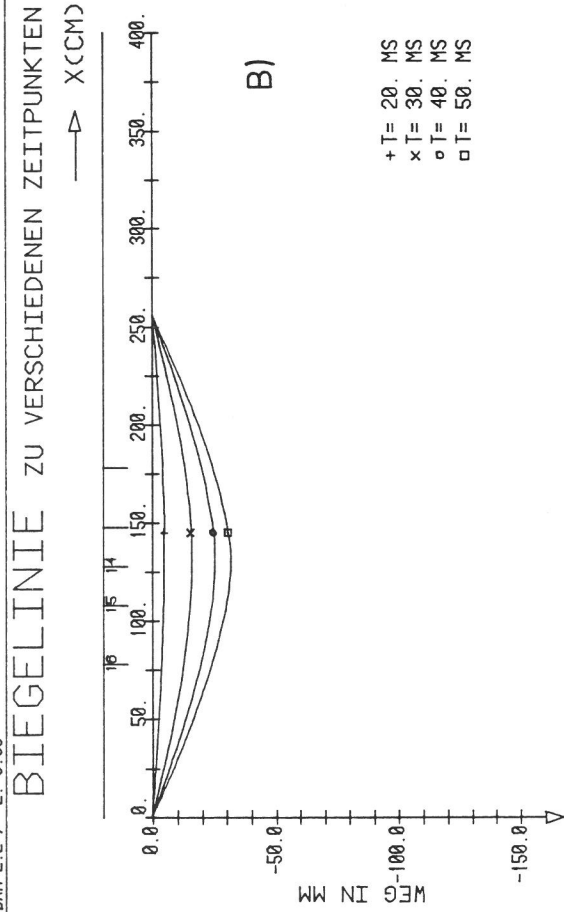


Bild A 6.2/7
 Versuch 308



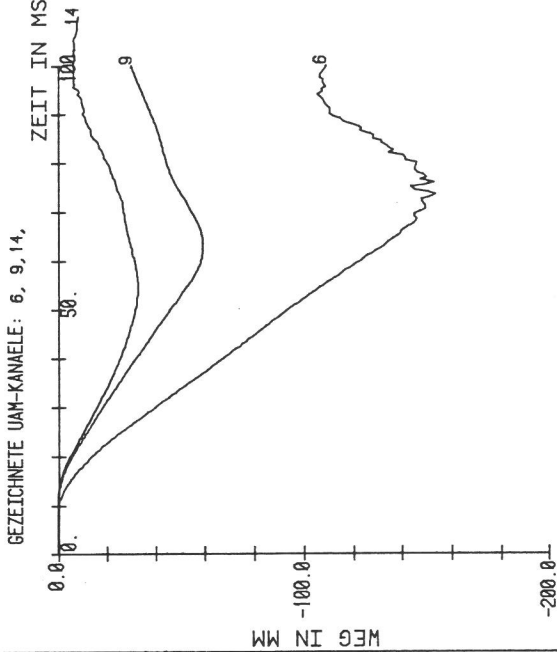
BAM 2.2 / 2. 8. 85

VERSUCH NR. : 308/DYN



BAM 2.2 / 2. 8. 85

VERSUCH NR. : 308/DYN



BAM 2.2 / 2. 8. 85

VERSUCHSNR : 308/DYN

VERSUCH NR. : 308/ PROBEKOEPPER PP04

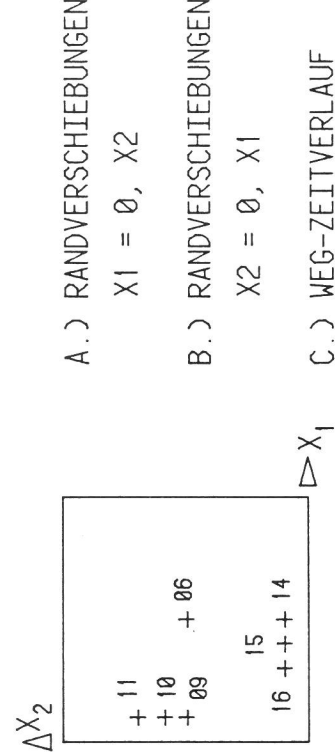


Bild A 6.2/8
 Versuch 308

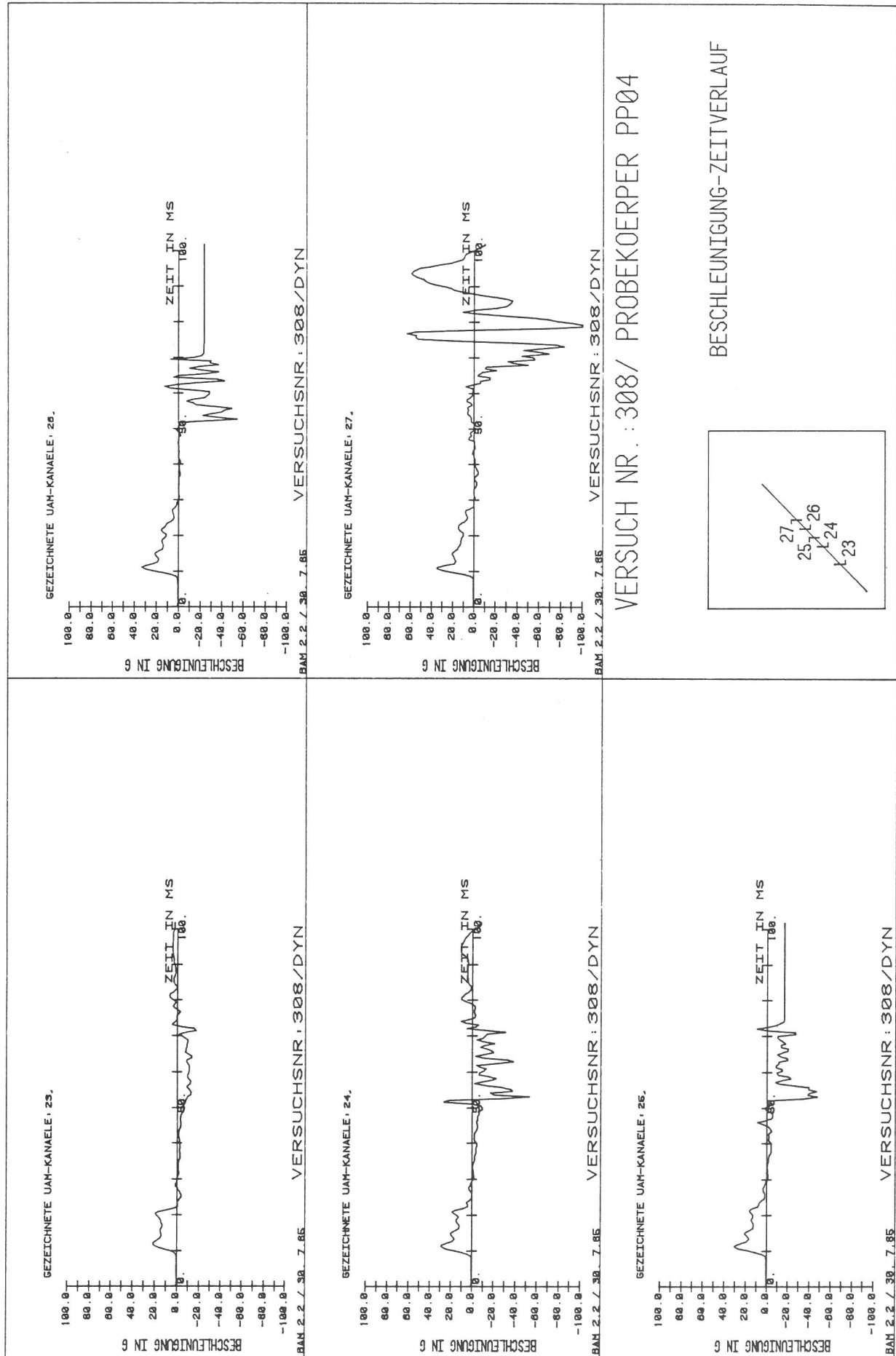
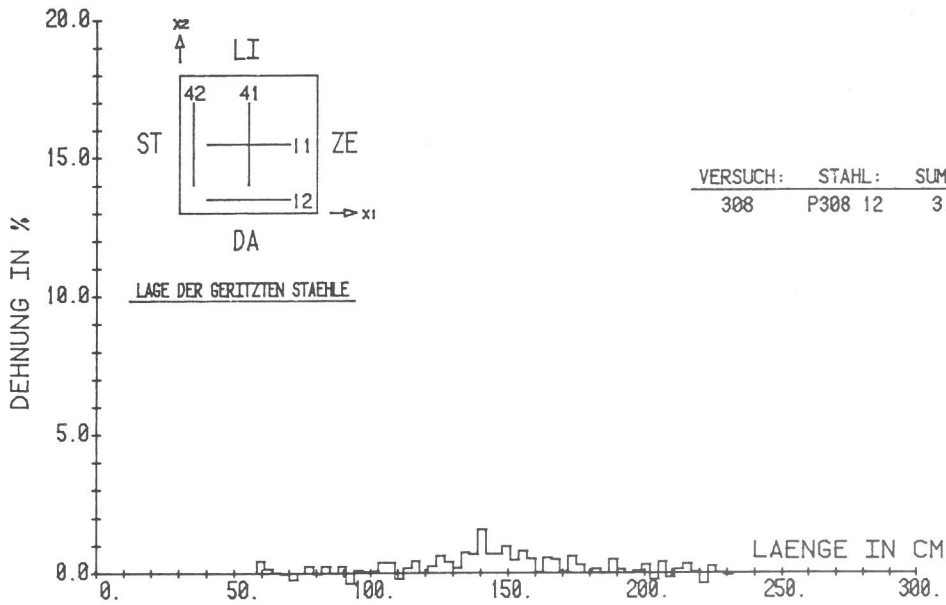
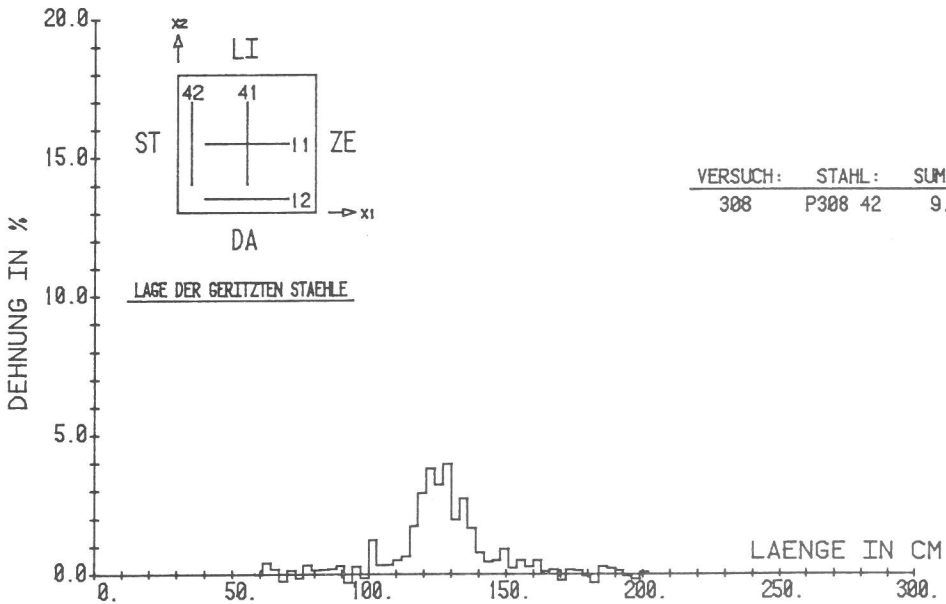


Bild A 6.2/9
Versuch 308



a)



b)

Bild A 6.2/10

Versuch 308, plastische Dehnungsverteilungen von ausgewählten Bewehrungsstäben in der Zugzone der Platte

- a) Bewehrungsstab 12
- b) Bewehrungsstab 42

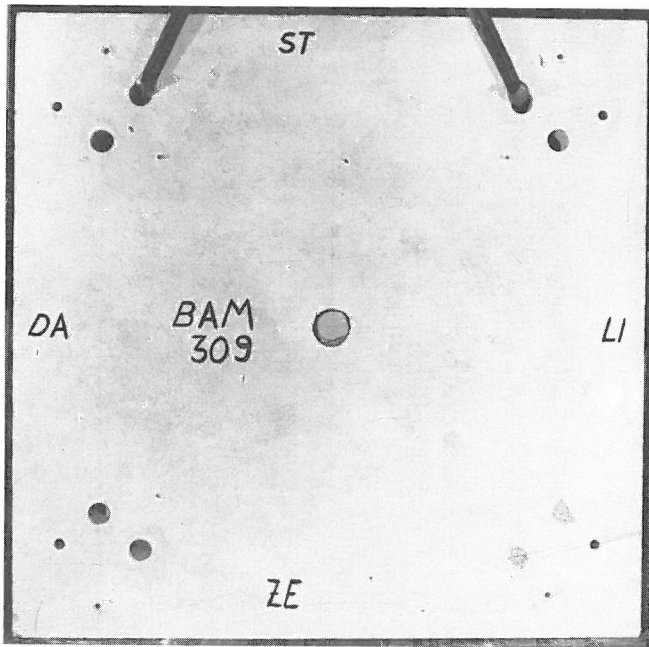


Bild A 6.3/3

Versuch 309, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

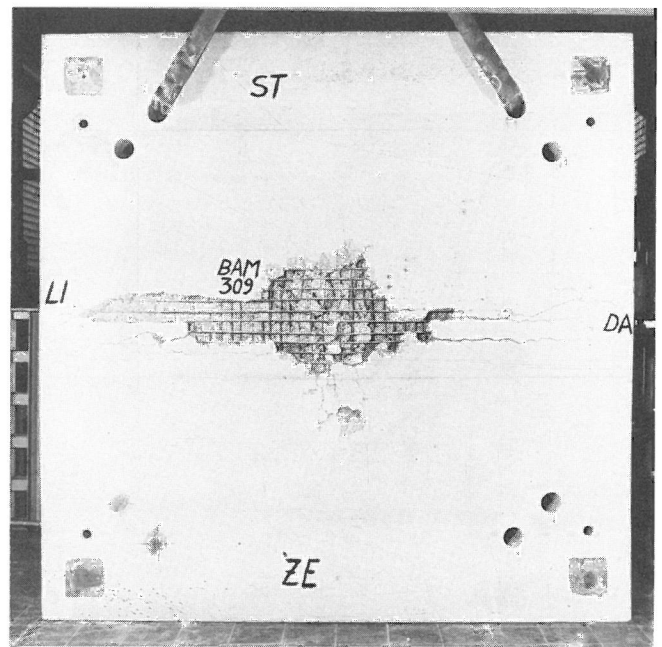


Bild A 6.3/4

Versuch 309, Rückseite der Platte nach Versuchsende

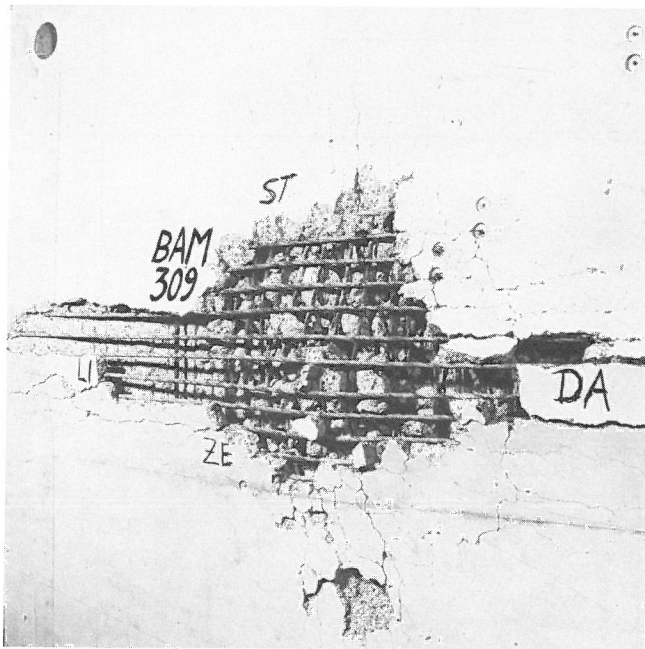
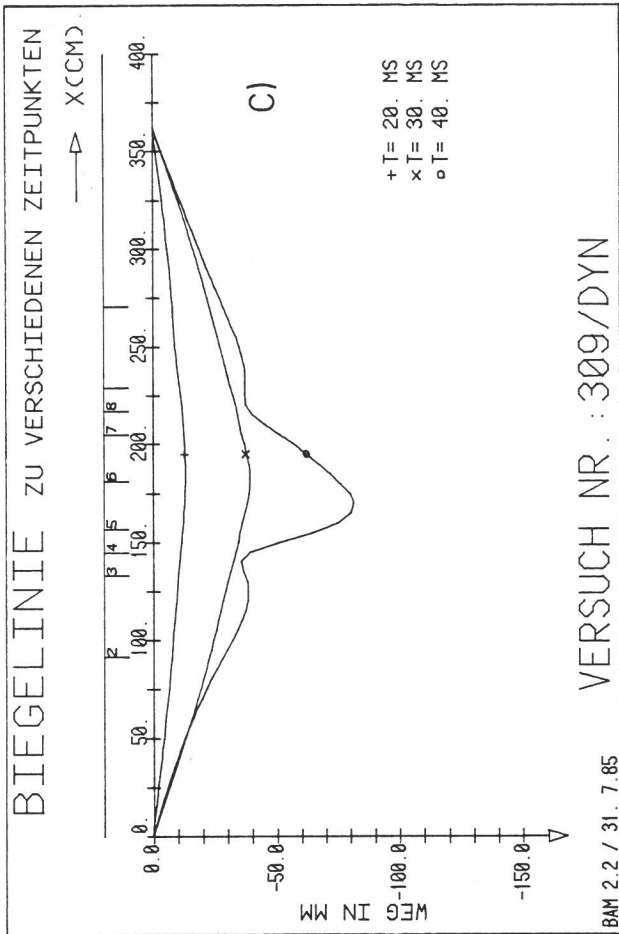


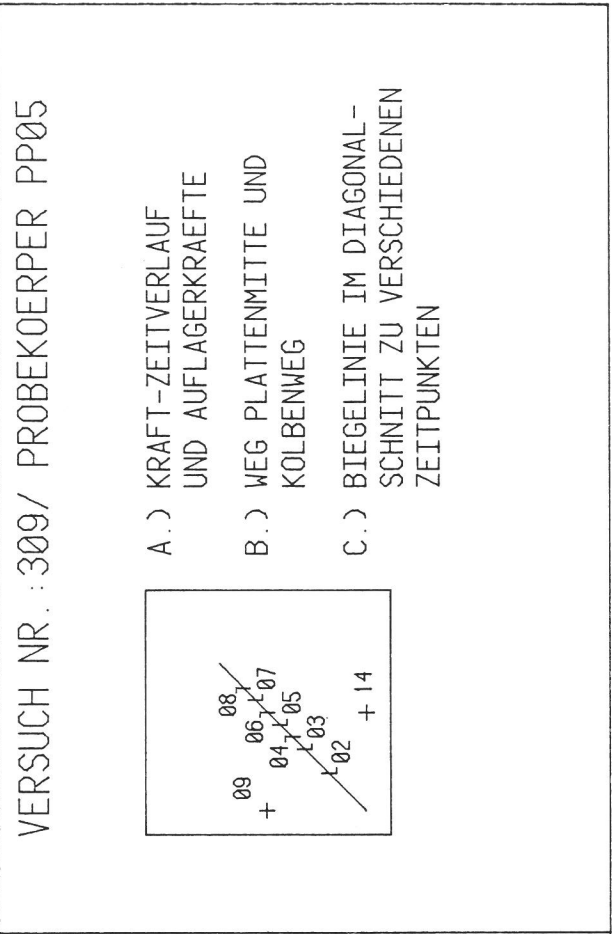
Bild A 6.3/5

Versuch 309, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich



VERSUCH NR. : 309/DYN

BAH 2.2 / 31. 7.85



VERSUCHSNR : 309/DYN

BAH 2.2 / 31. 7.85

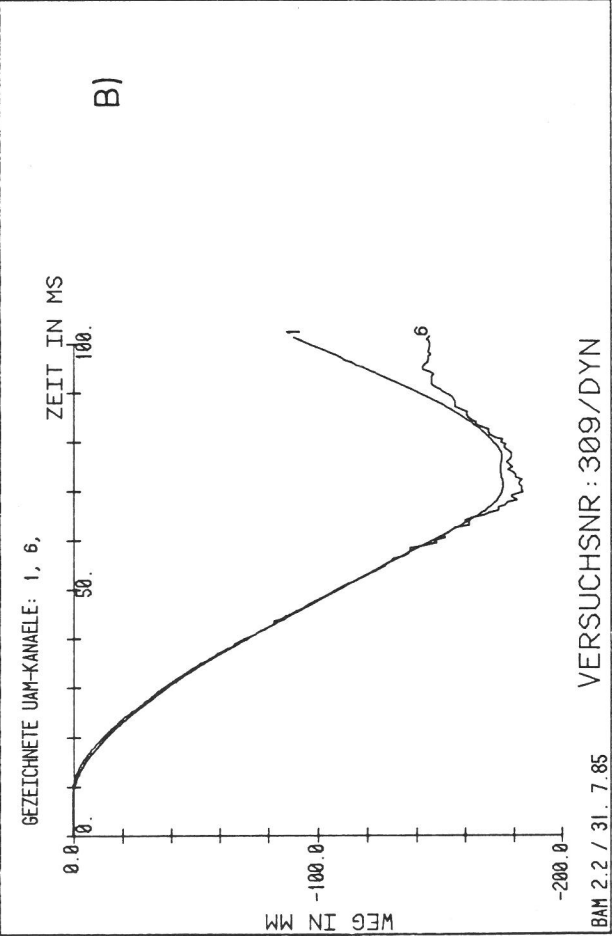
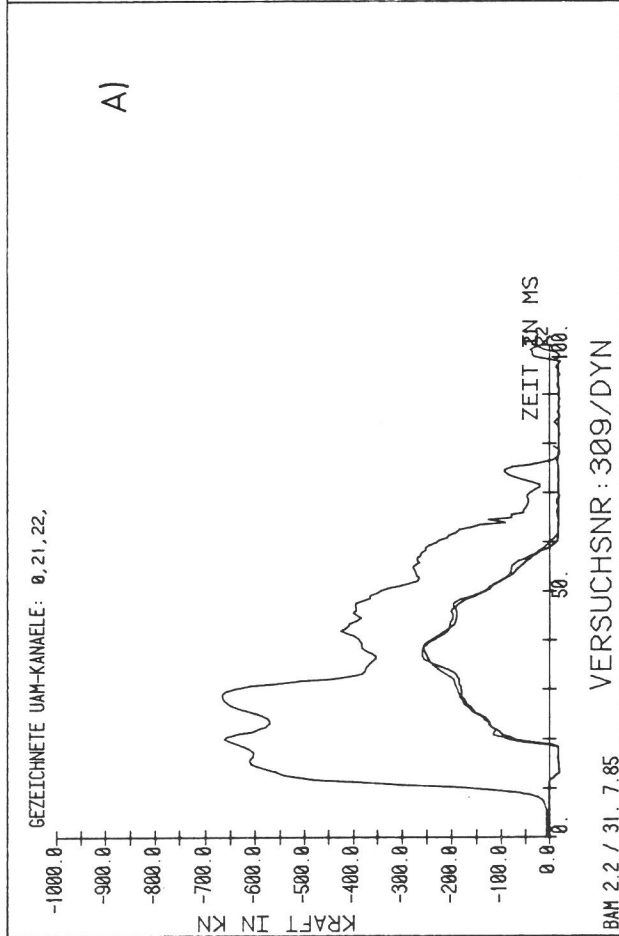
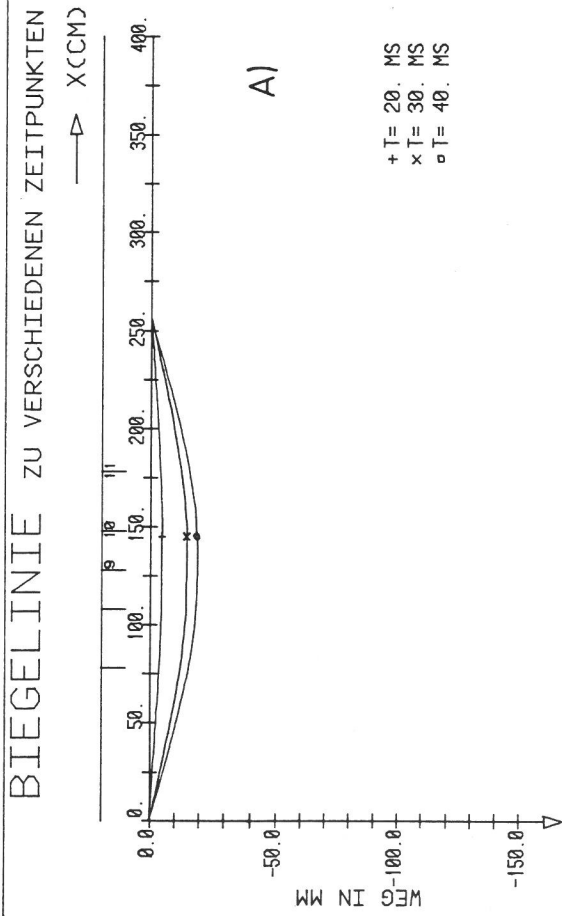
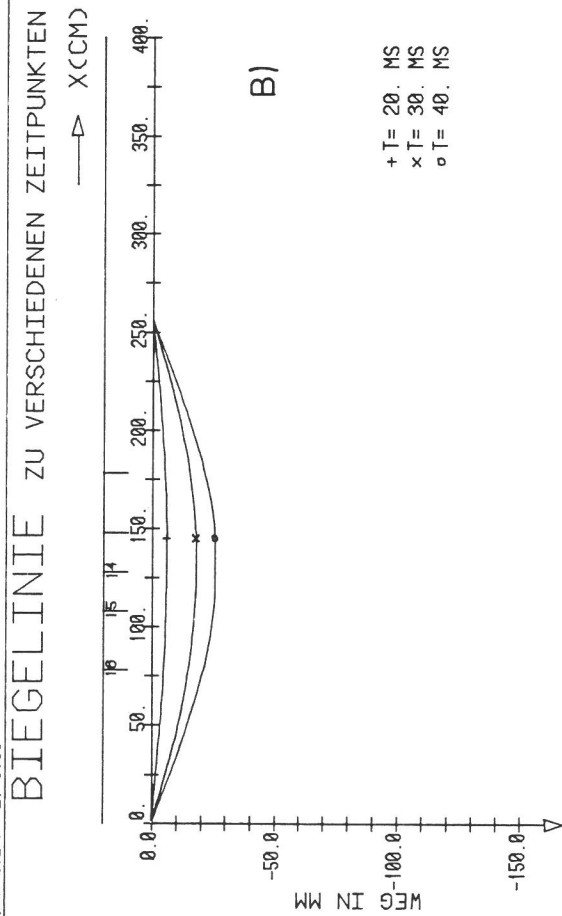


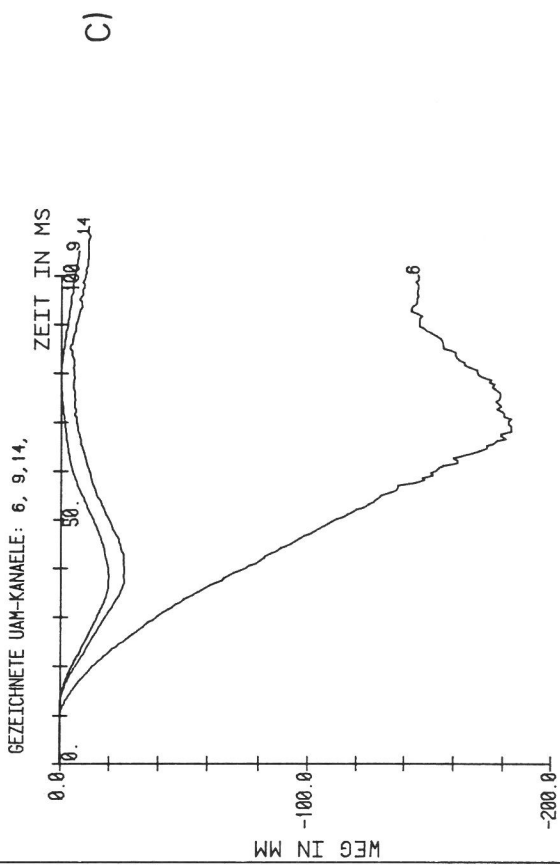
Bild A 6.3/6
Versuch 309



VERSUCH NR. : 309/DYN



VERSUCH NR. : 309/DYN



VERSUCHSNR : 309/DYN

VERSUCH NR. : 309/ PROBEKOERPER PP05

ΔX_2

+ 11
+ 10 + 06
+ 09
15
16 + + + 14

ΔX_1

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

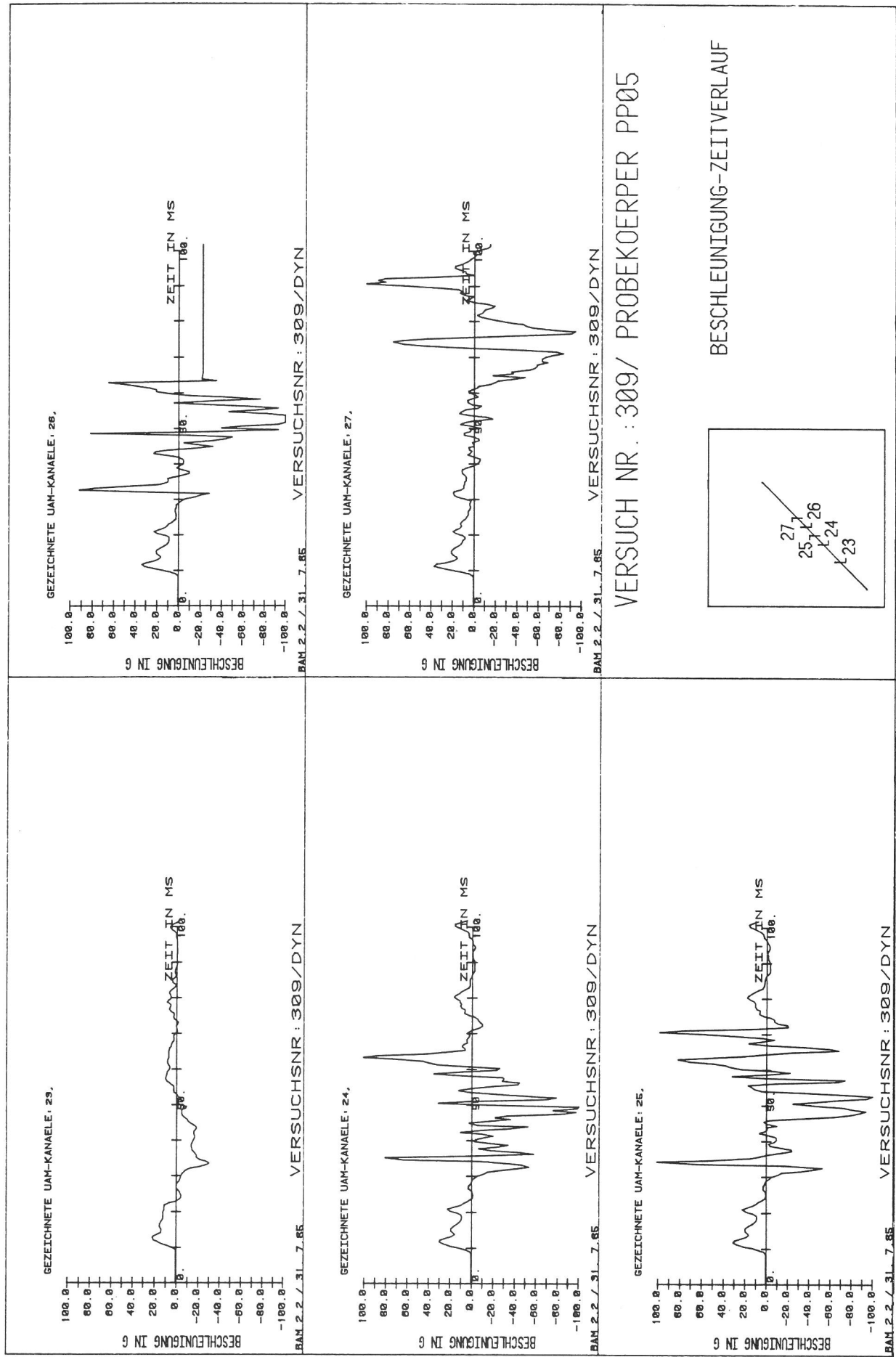


Bild A 6.3/8
 Versuch 309

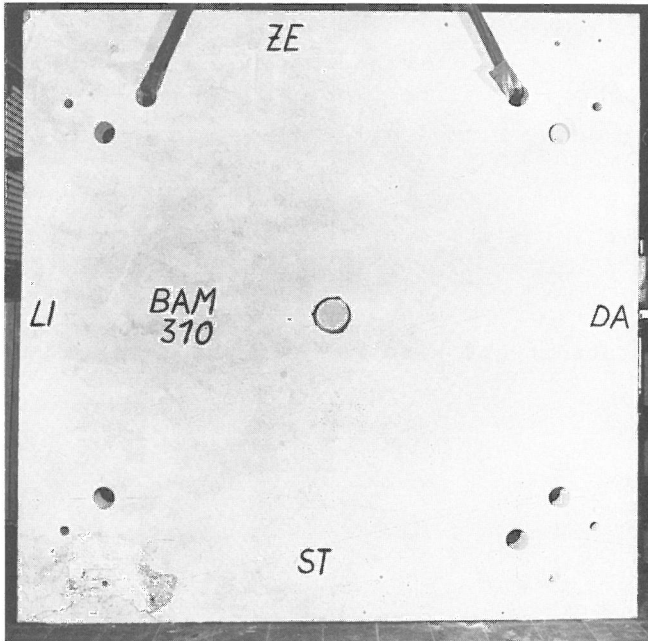


Bild A 6.4/3

Versuch 310, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

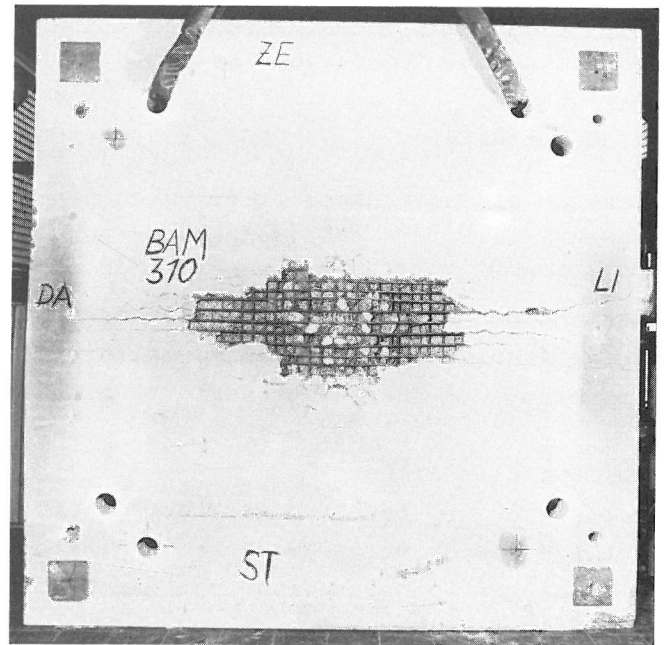


Bild A 6.4/4

Versuch 310, Rückseite der Platte nach Versuchsende

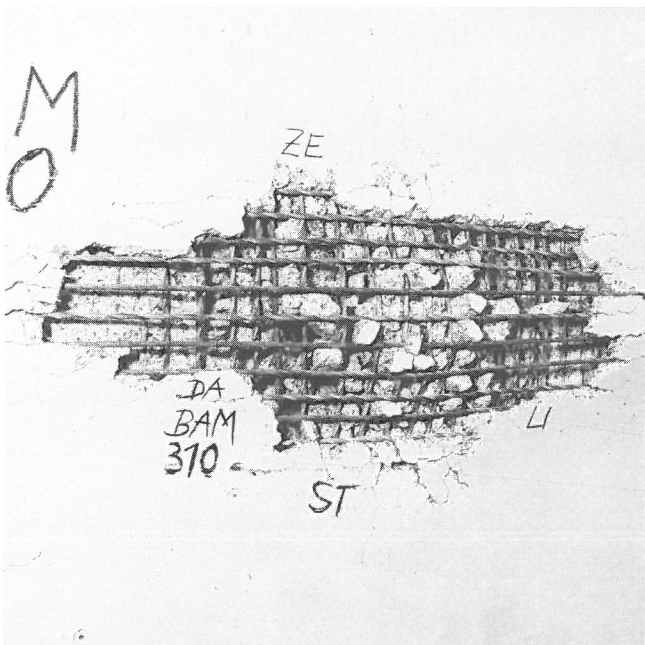
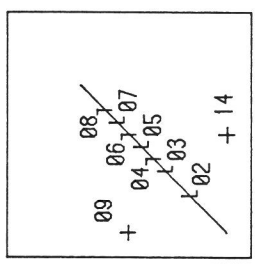
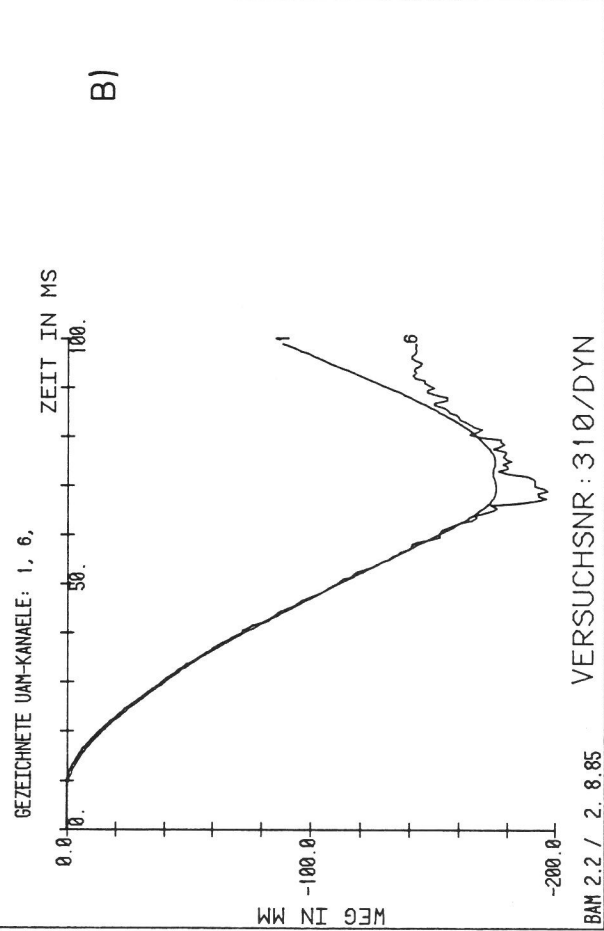
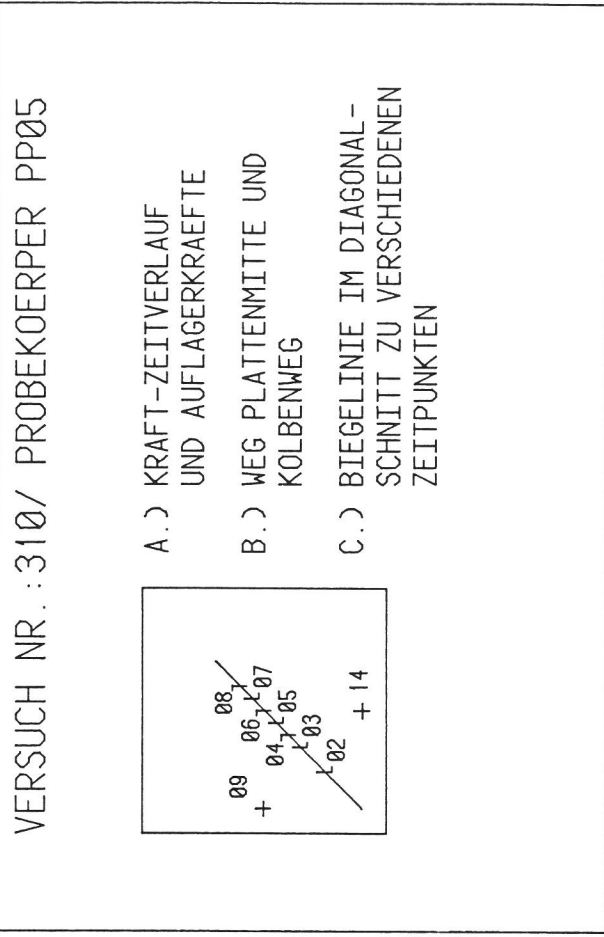
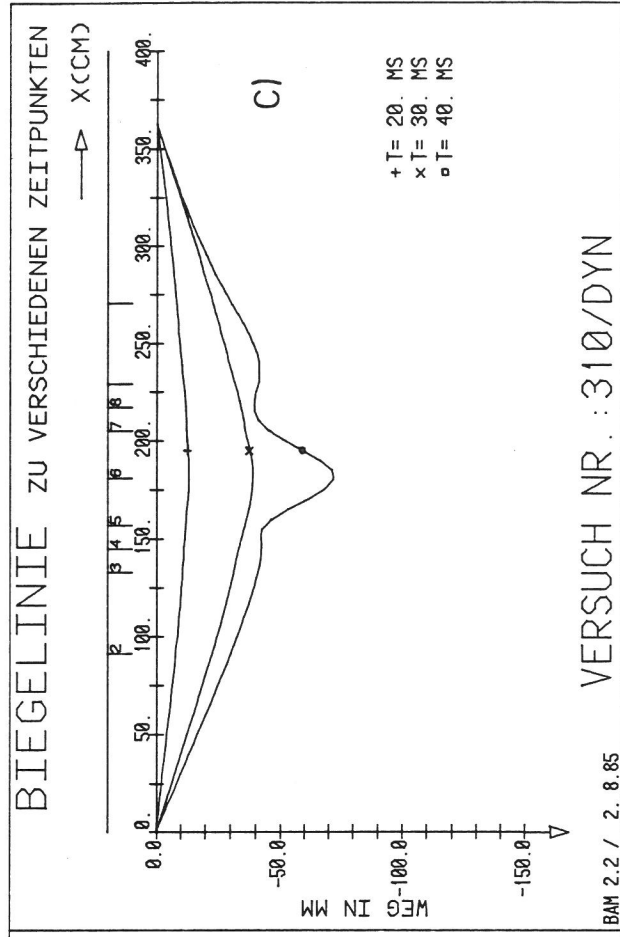


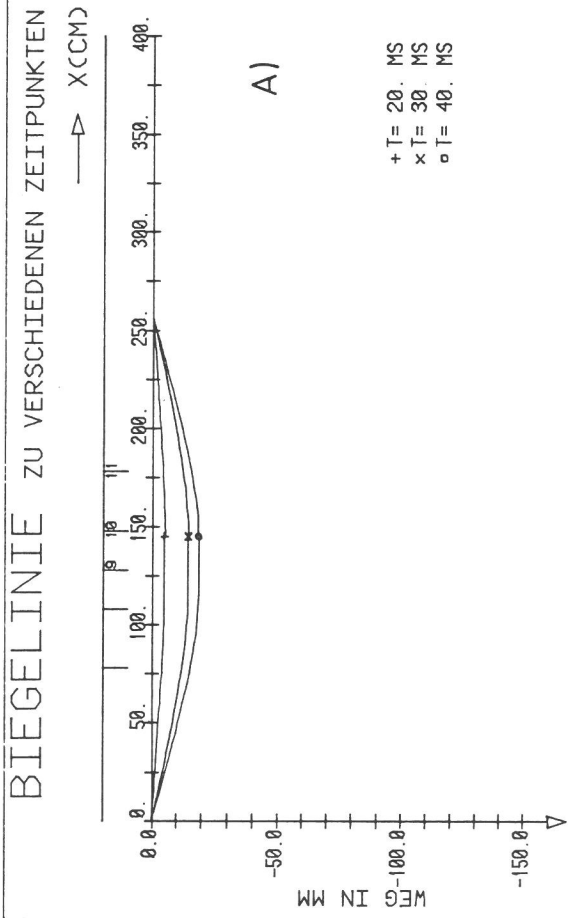
Bild A 6.4/5

Versuch 310, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

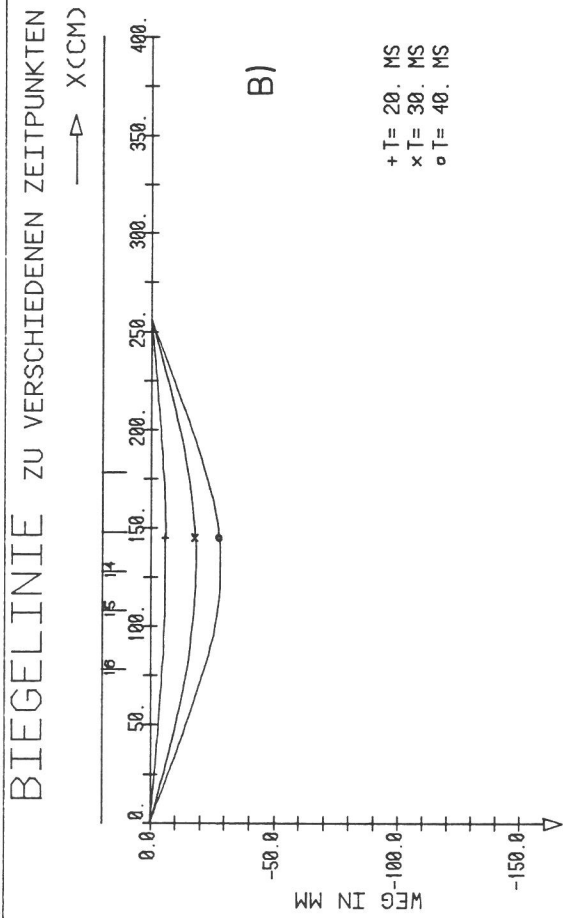


- A.) KRAFT-ZEITVERLAUF UND AUFLAGERKRAEFTE
- B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG
- C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

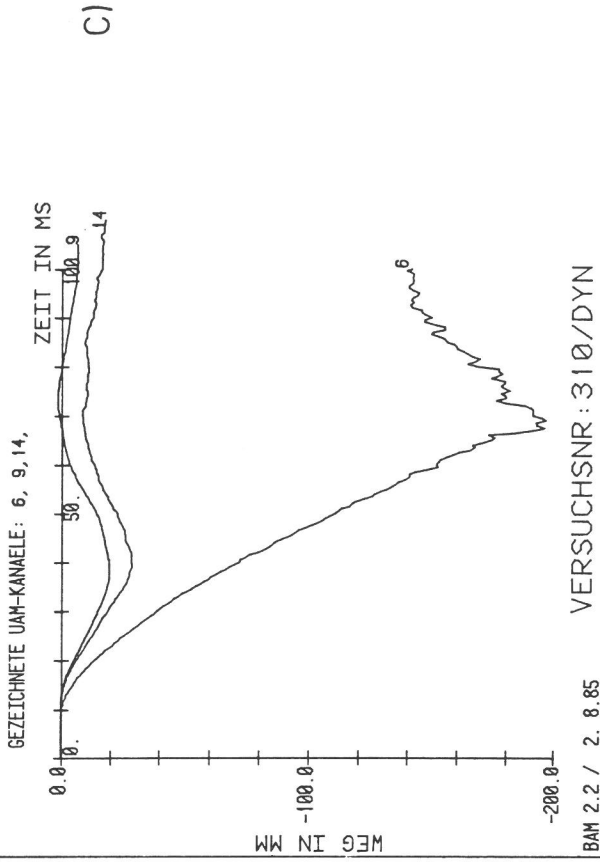
Bild A 6.4/6
Versuch 310



BAM 2.2 / 2. 8.85 VERSUCH NR. : 310/DYN



BAM 2.2 / 2. 8.85 VERSUCH NR. : 310/DYN



VERSUCH NR. : 310/ PROBEKOEPPER PP05

ΔX_2

11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

ΔX_1

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

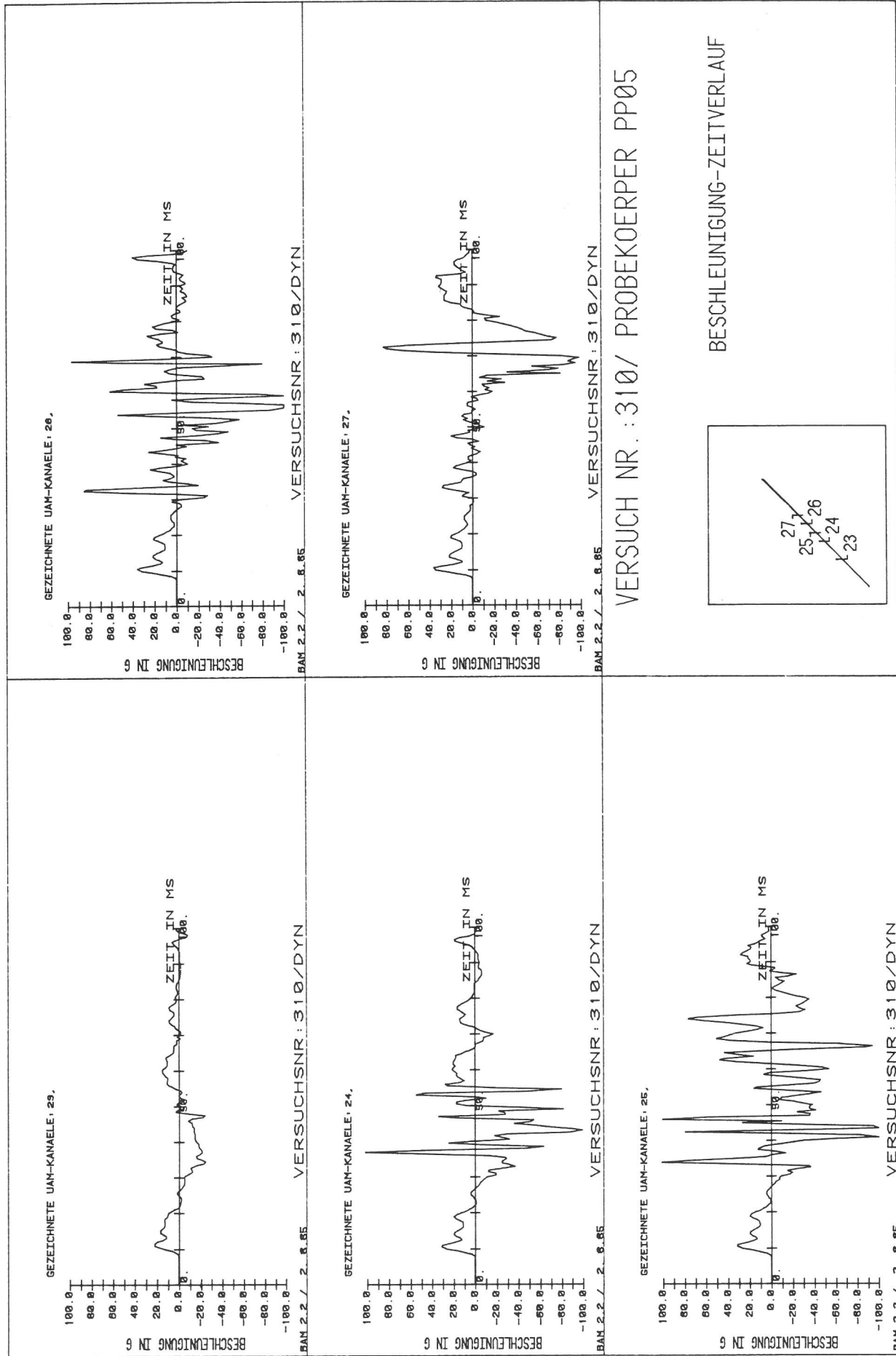


Bild A 6.4/8
Versuch 310

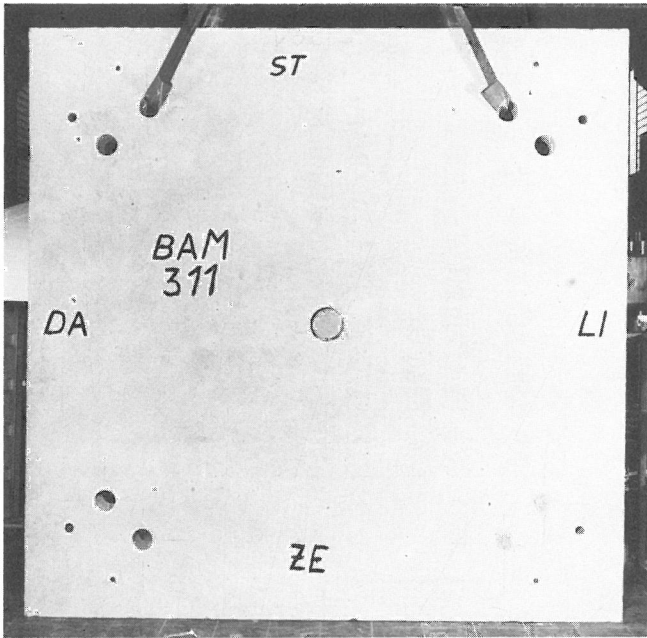


Bild A 6.5/3

Versuch 311, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

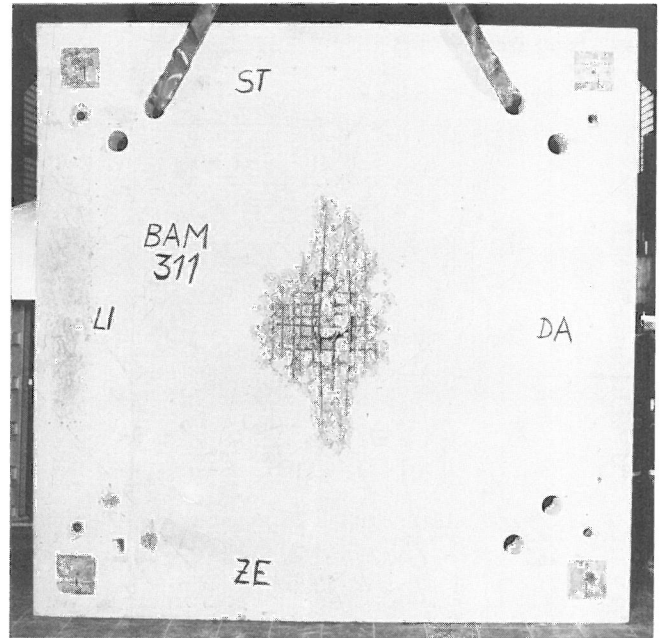


Bild A 6.5/4

Versuch 311, Rückseite der Platte nach Versuchsende



Bild A 6.5/5

Versuch 311, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

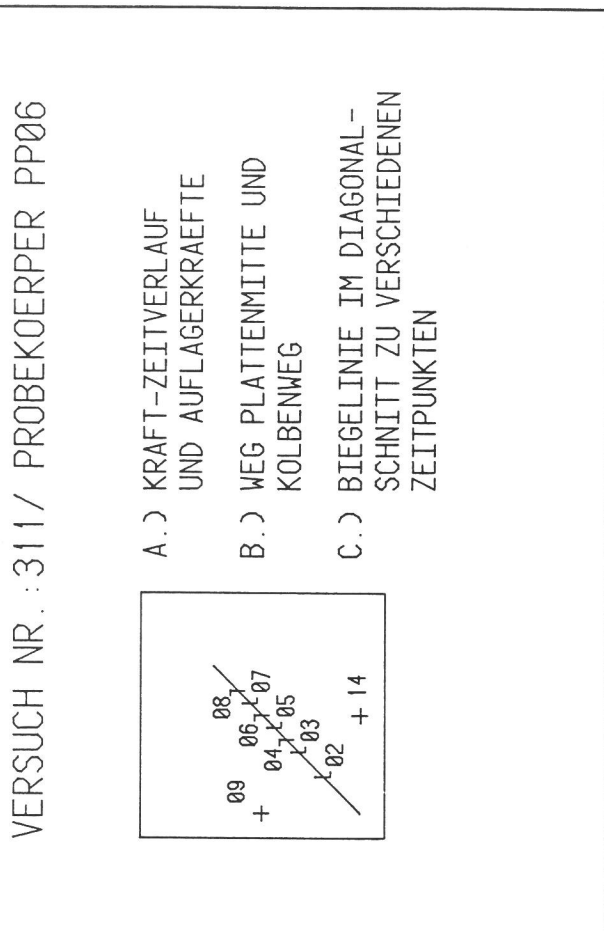
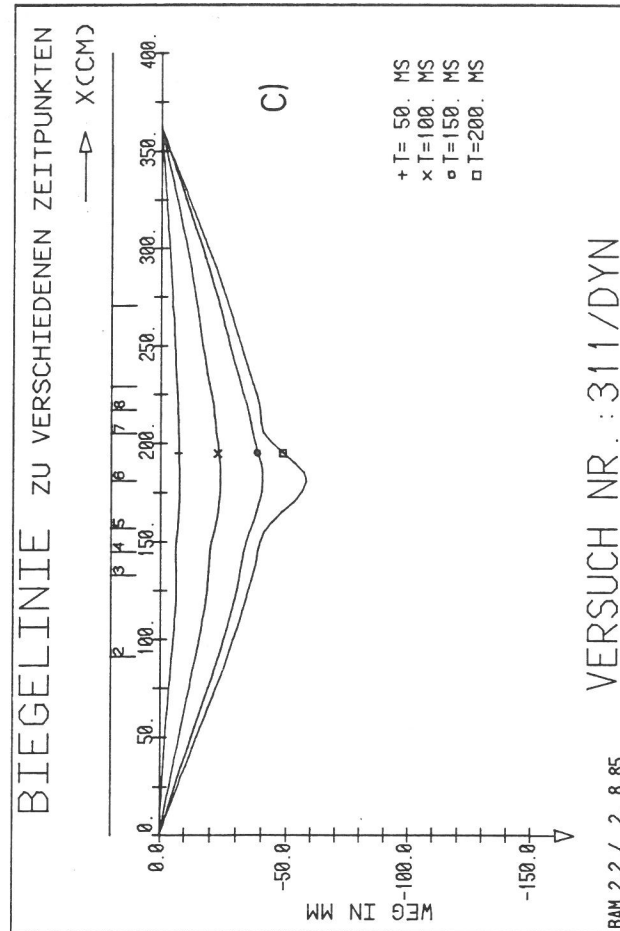
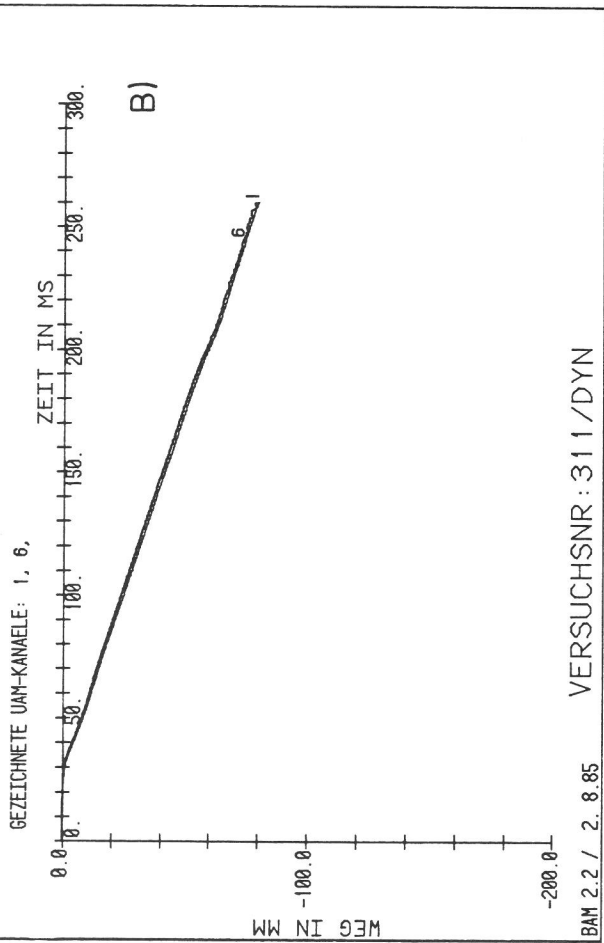
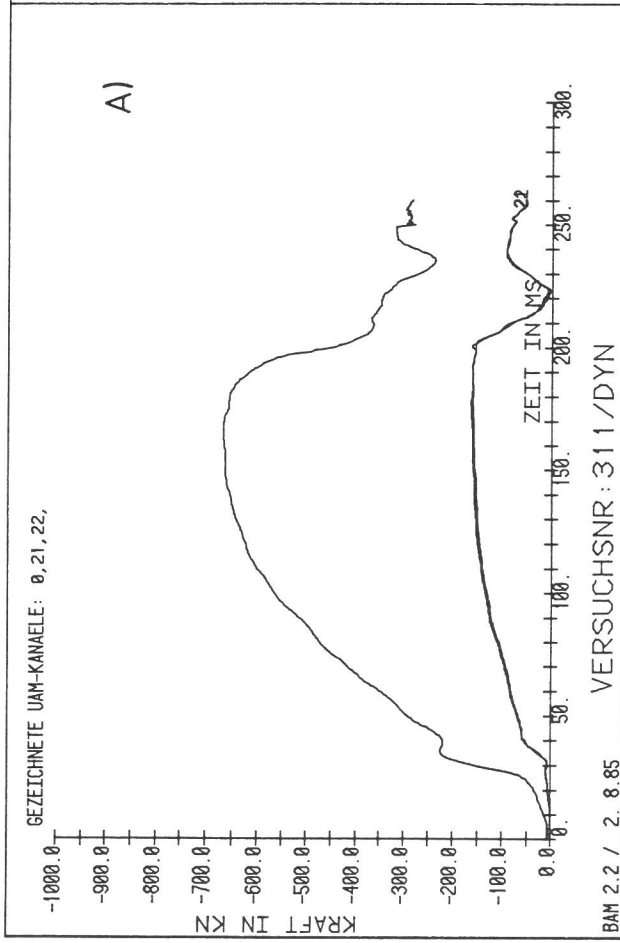


Bild A 6.5/6
 Platte 311

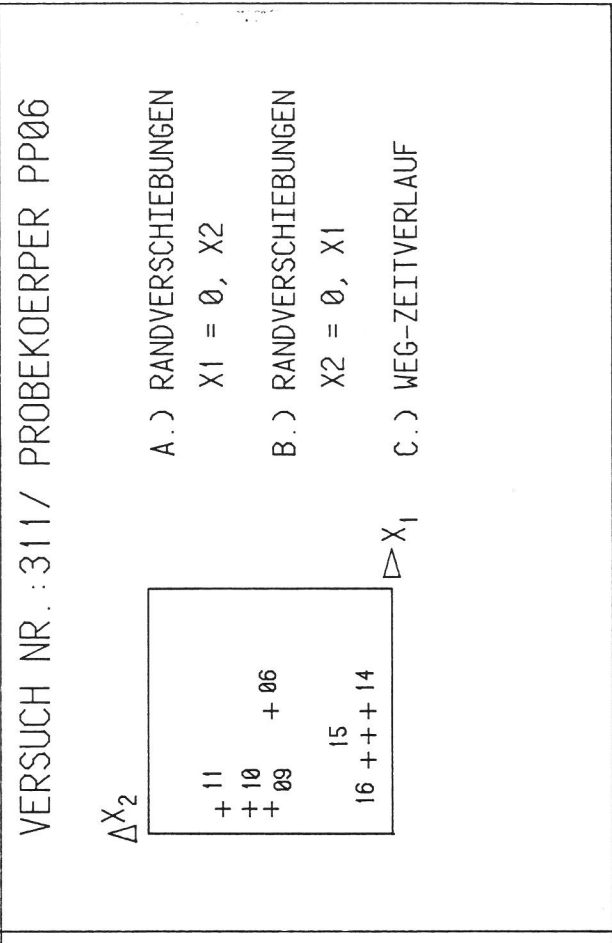
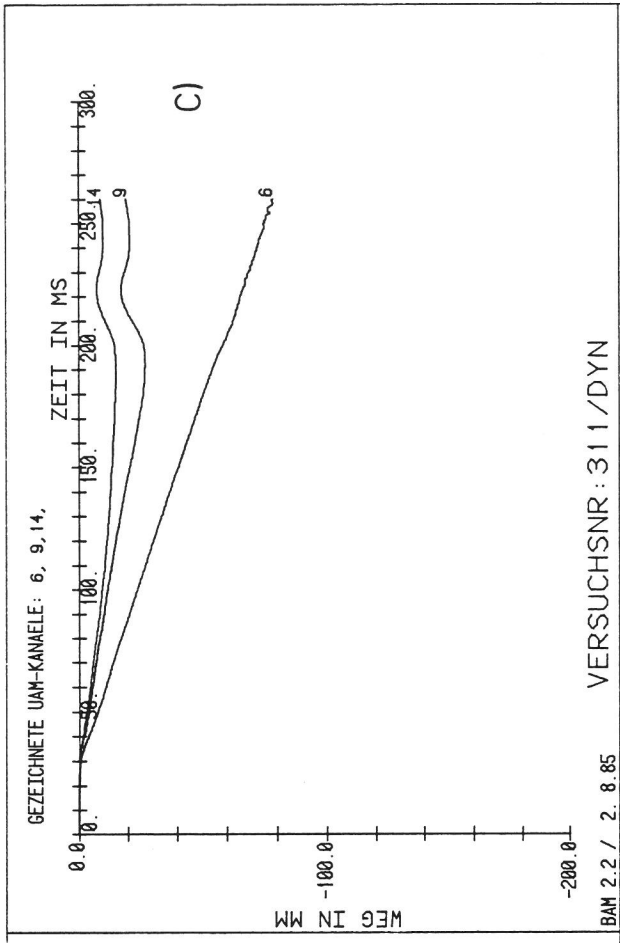
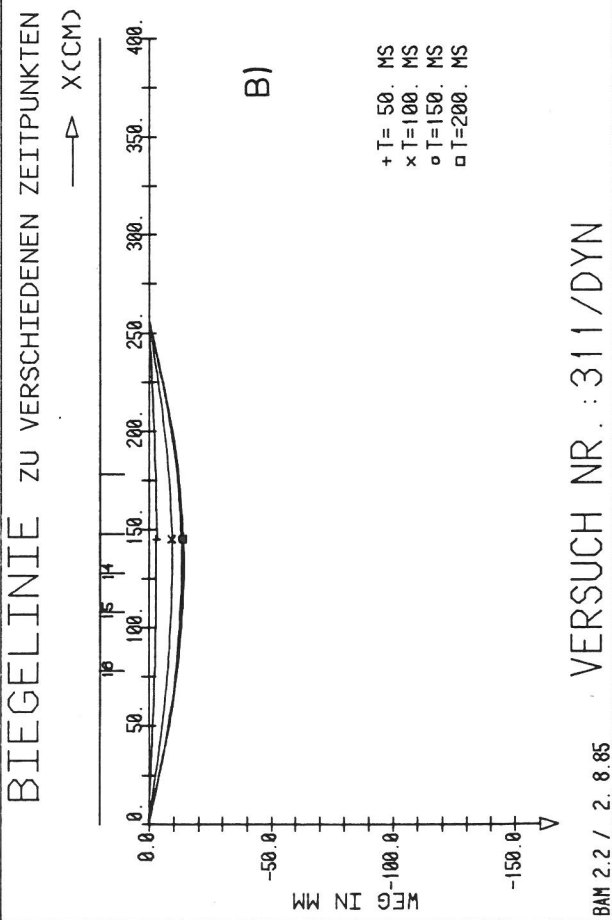
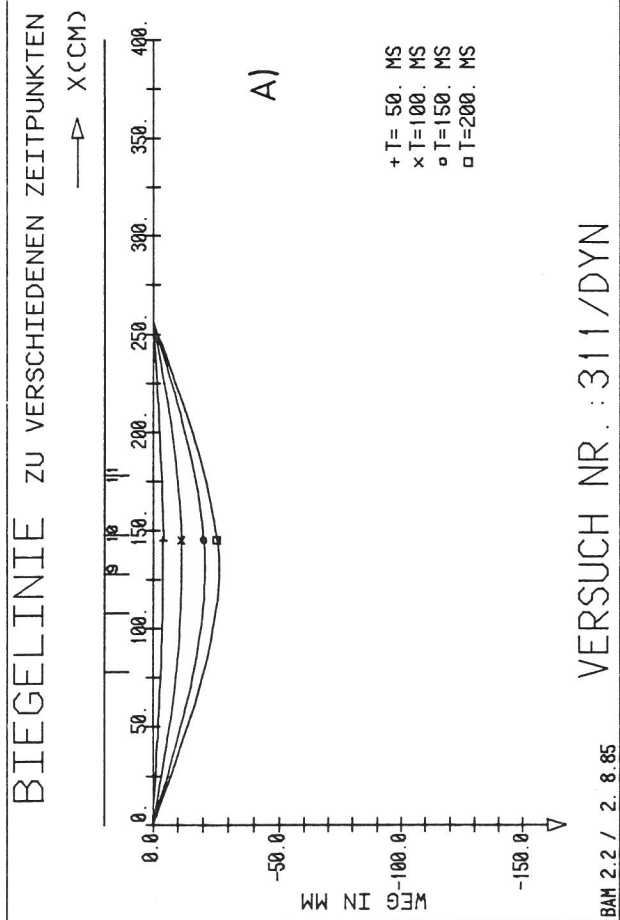


Bild A 6.5/7
Platte 311

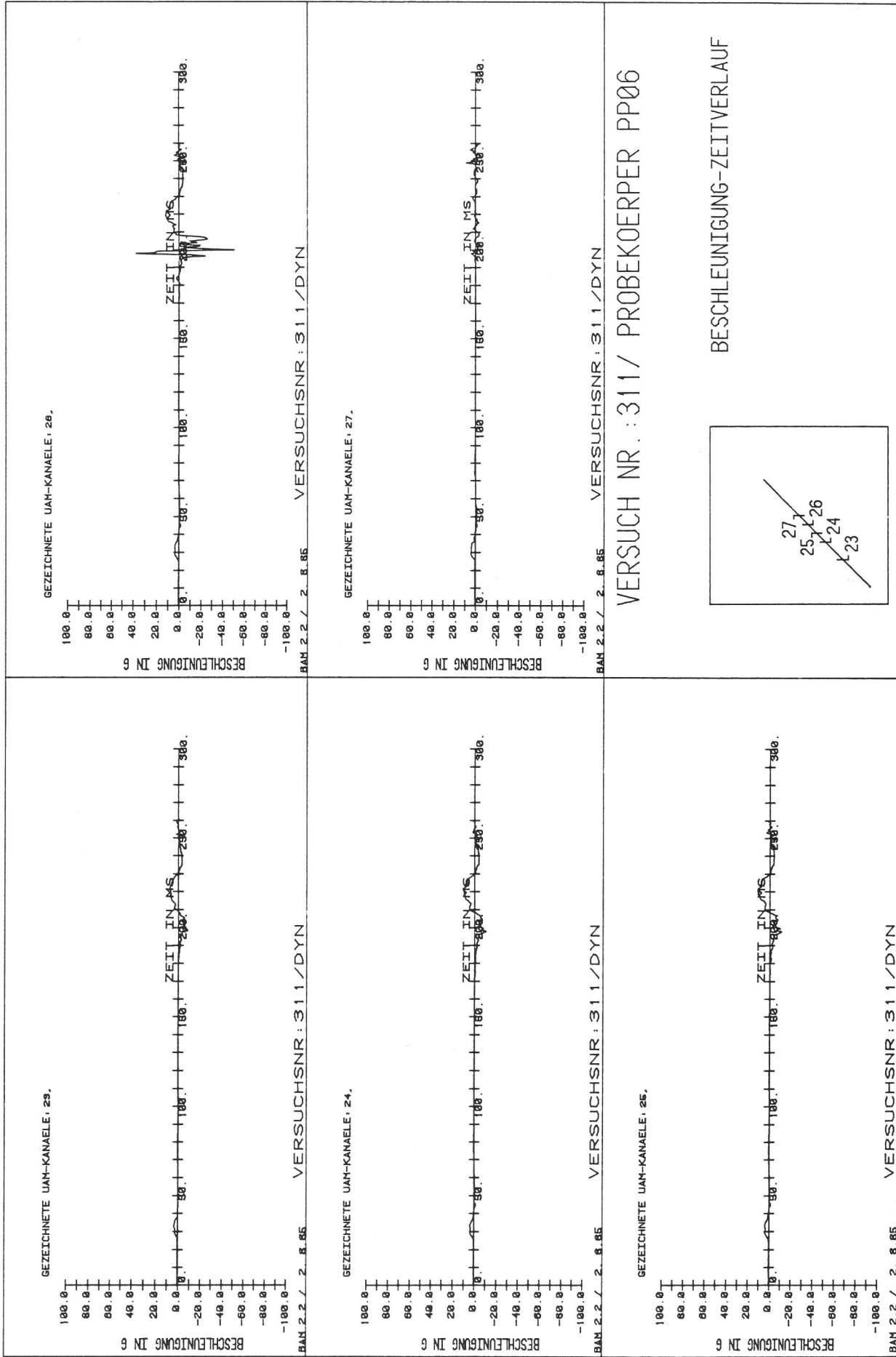


Bild A 6.5/8
Platte 311

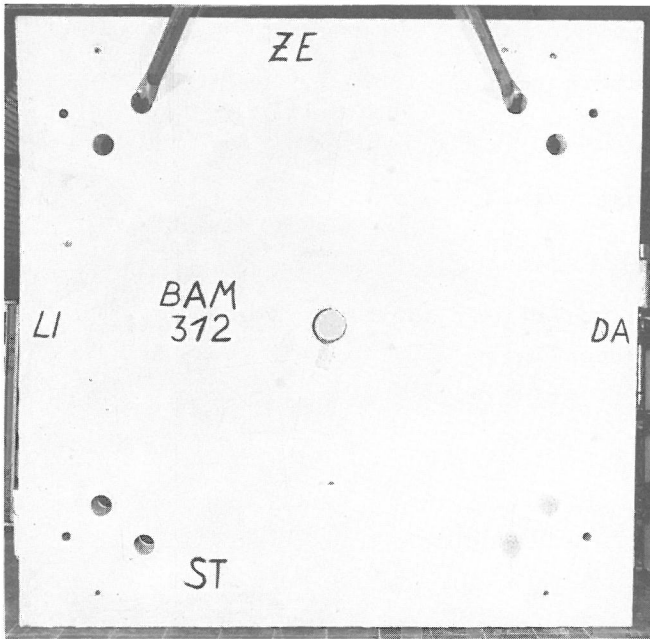


Bild A 6.6/3

Versuch 312, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

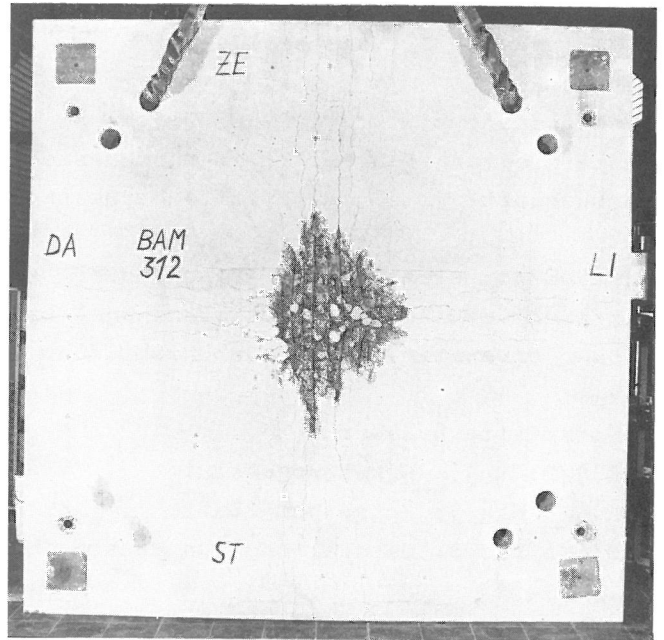


Bild A 6.6/4

Versuch 312, Rückseite der Platte nach Versuchsende

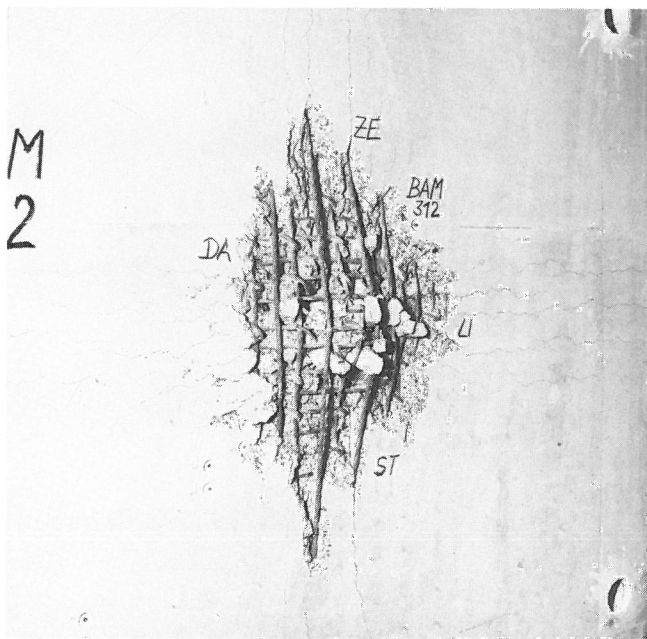


Bild A 6.6/5

Versuch 312, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

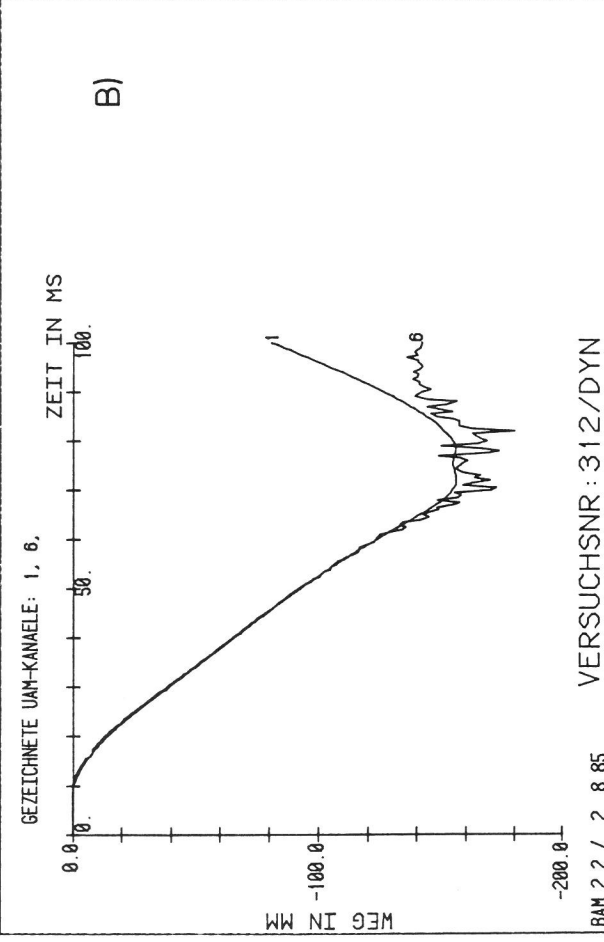
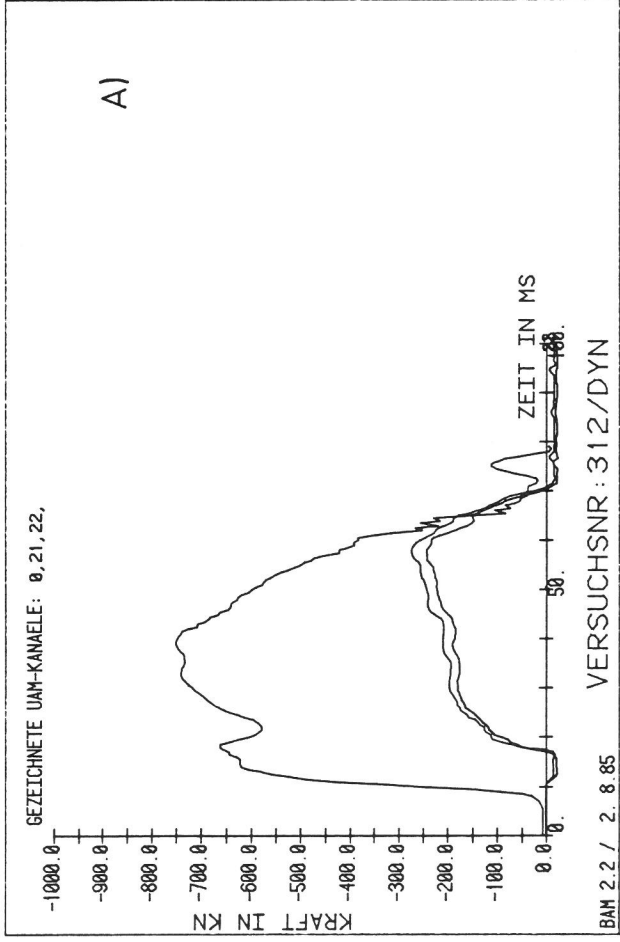
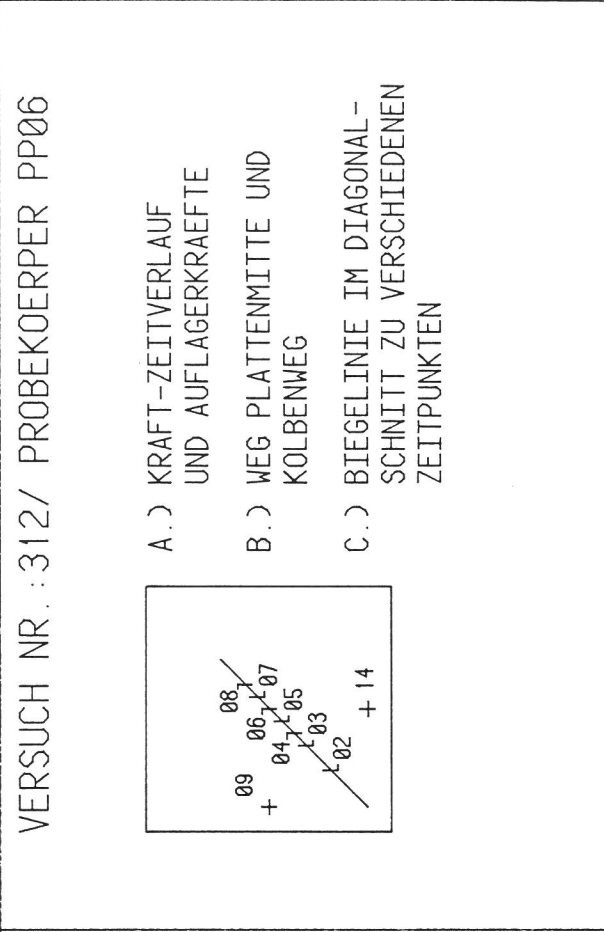
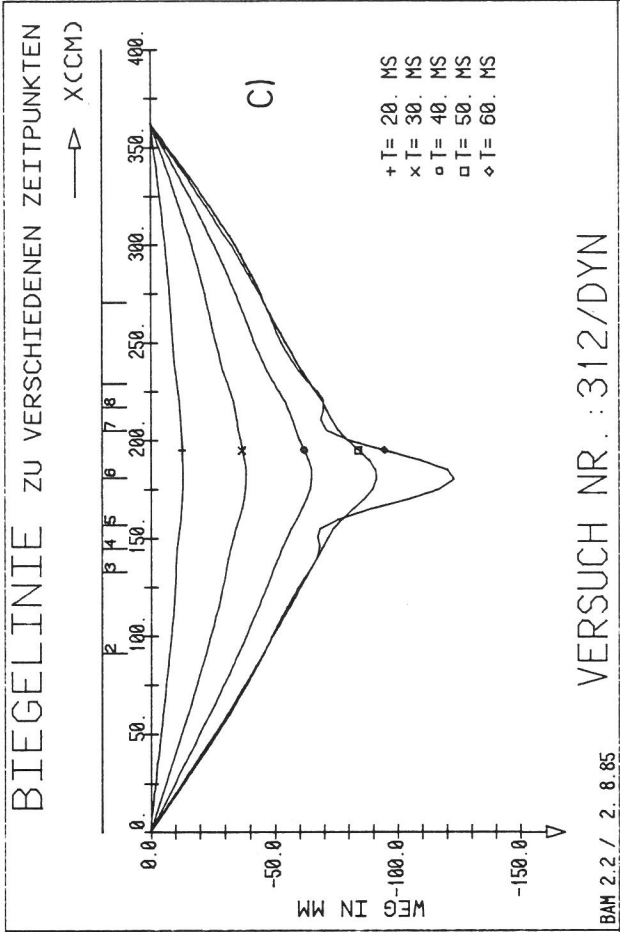
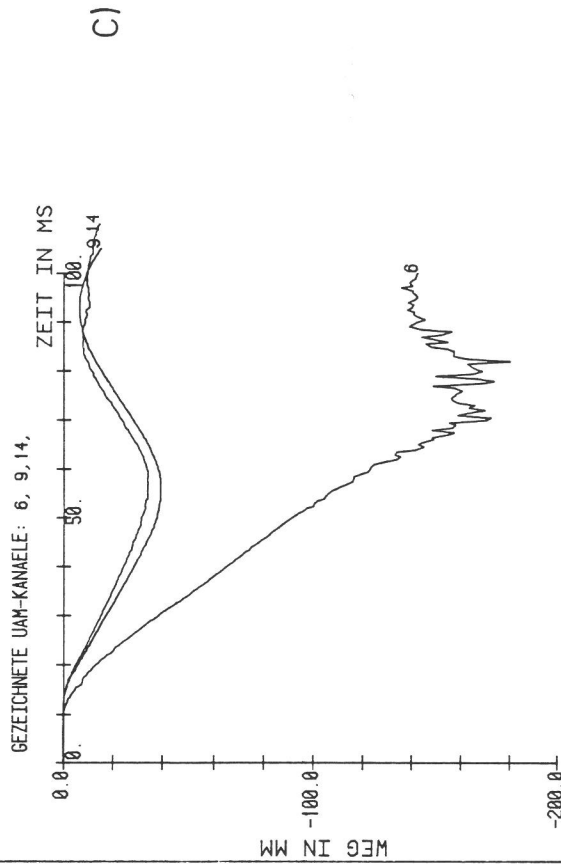
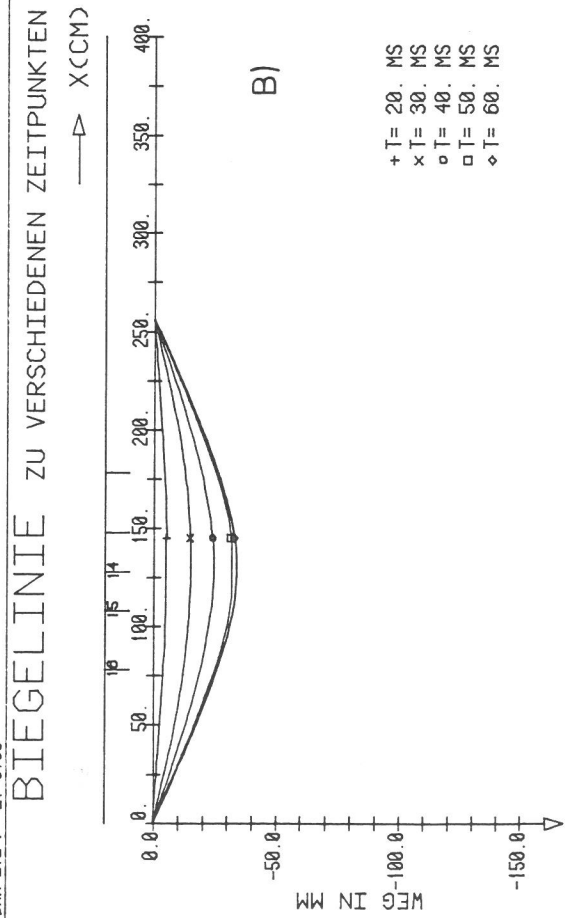
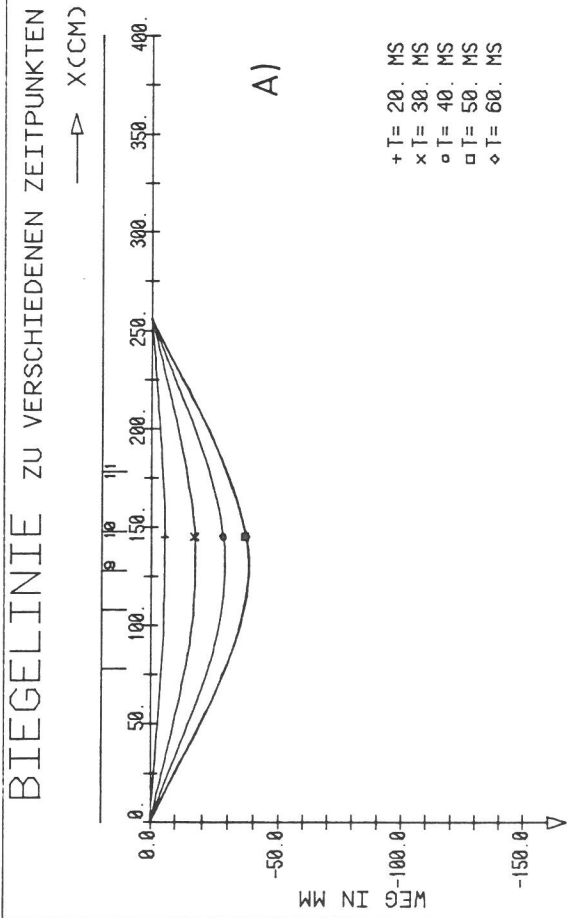


Bild A 6.6/6
Platte 312



VERSUCH NR. : 312/ PROBEKOEPPER PP06

ΔX_2

+ 11	
+ 10	+ 06
+ 09	
	15
16	+ + + 14

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

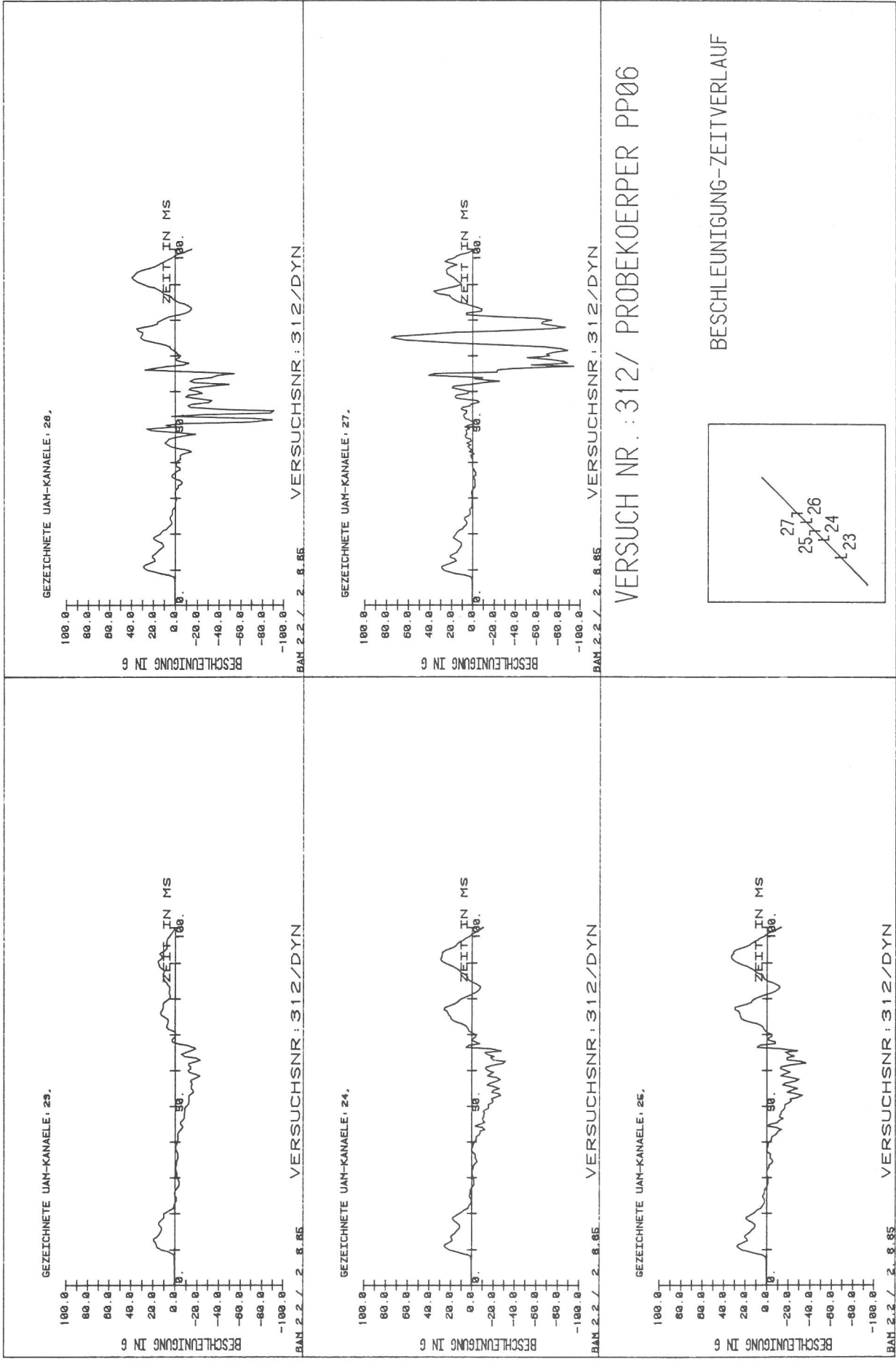
X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

▷ X₁

VERSUCH NR. : 312/DYN

BAM 2.2 / 2. 8.85



VERSUCH NR : 312/ PROBEKOEPPER PP06

BESCHLEUNIGUNG-ZEITVERLAUF

Bild A 6.6/8
Platte 312

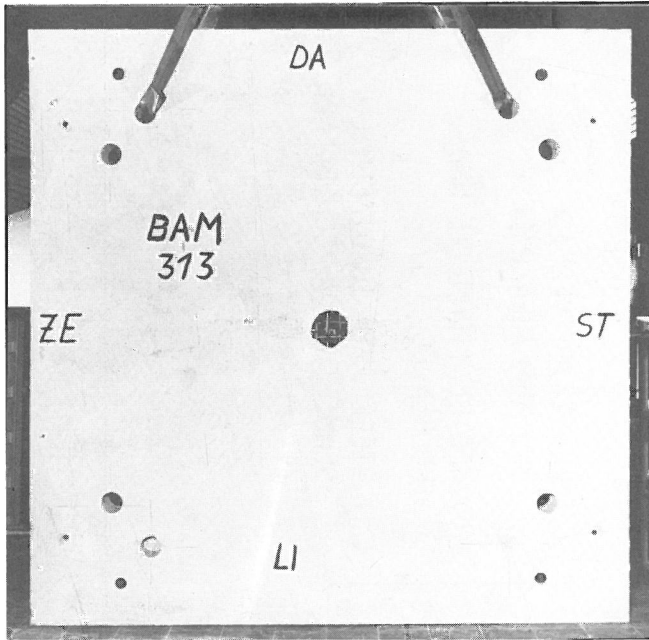


Bild A 6.7/3

Versuch 313, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

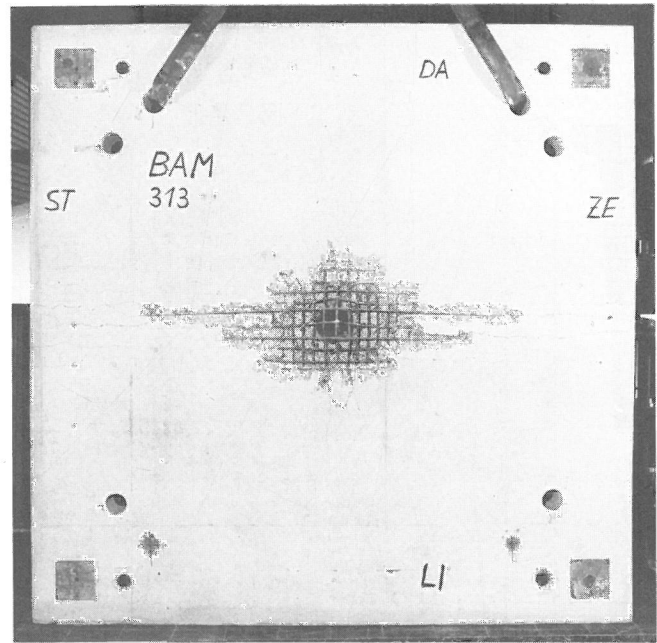


Bild A 6.7/4

Versuch 313, Rückseite der Platte nach Versuchsende

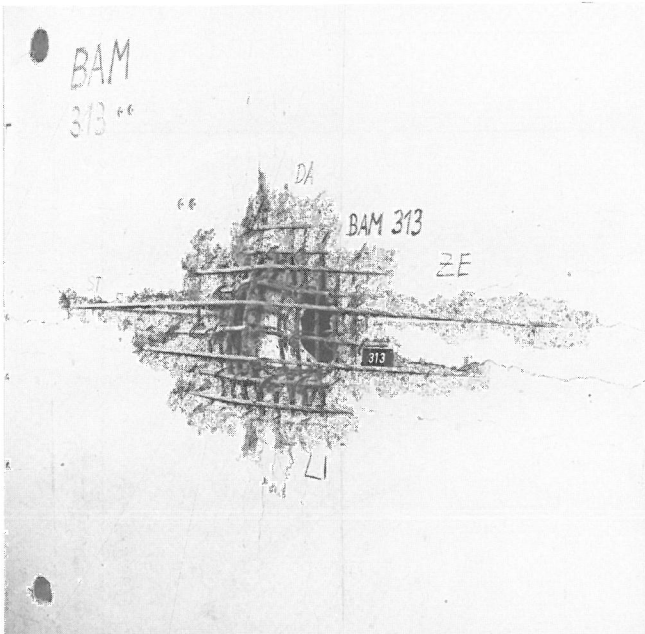
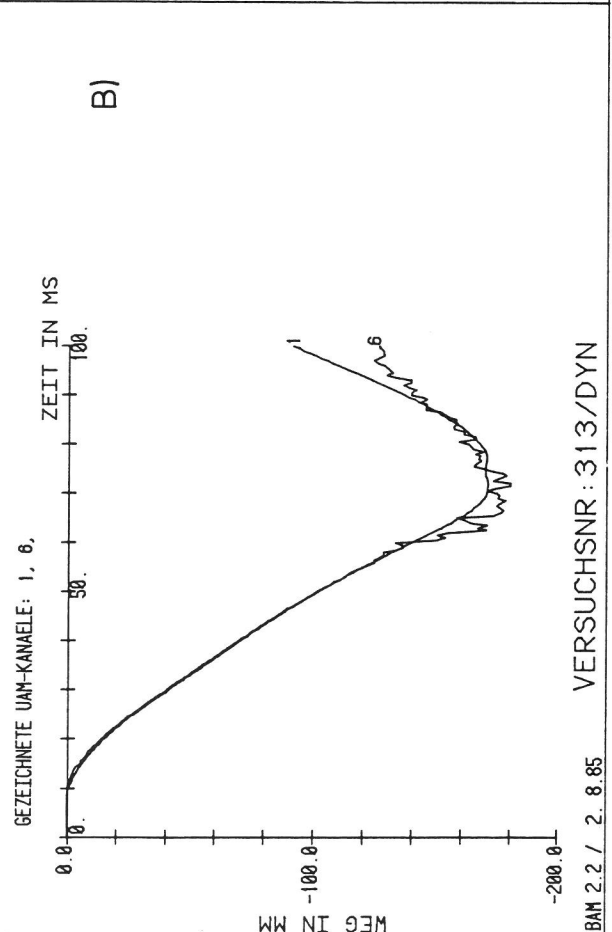
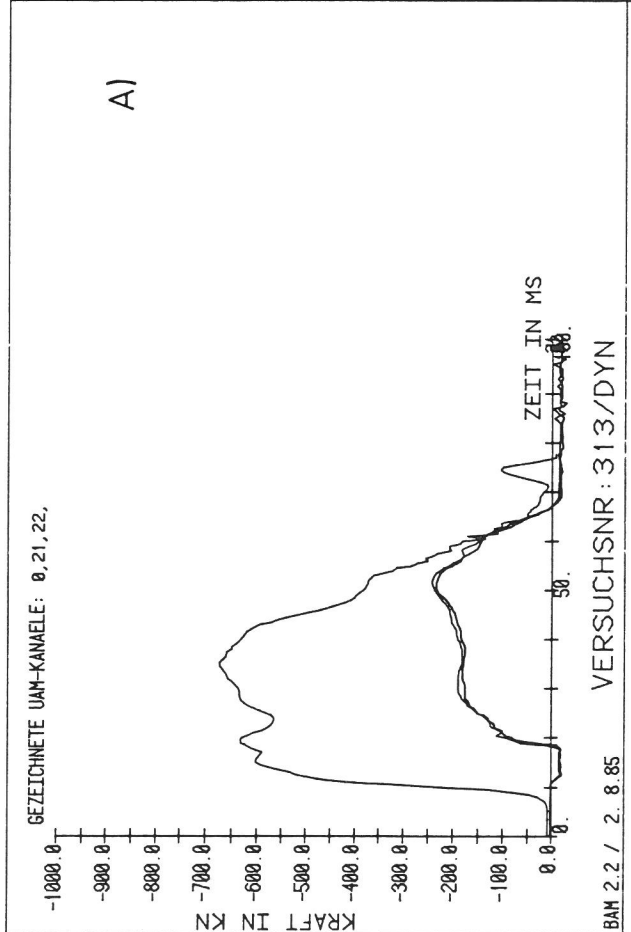
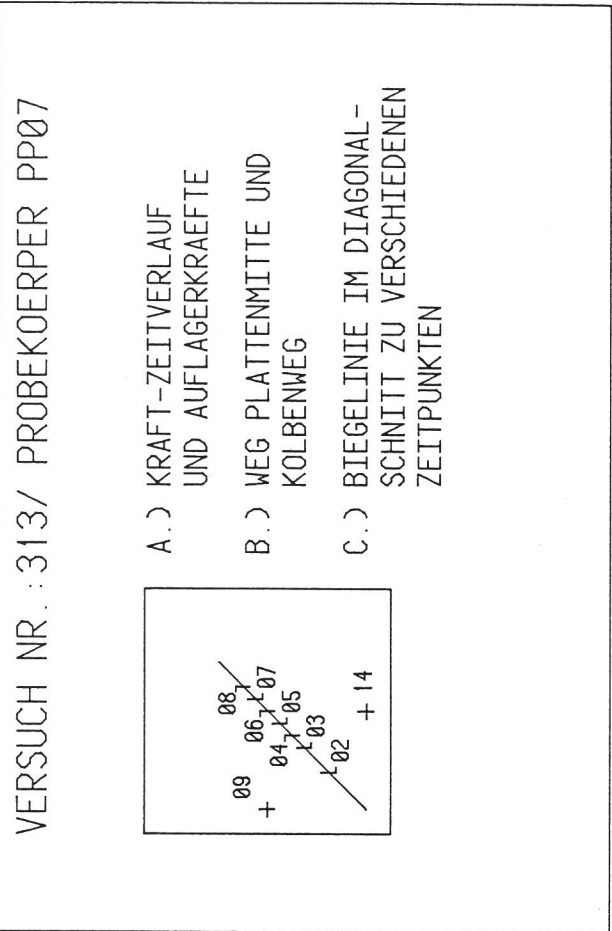
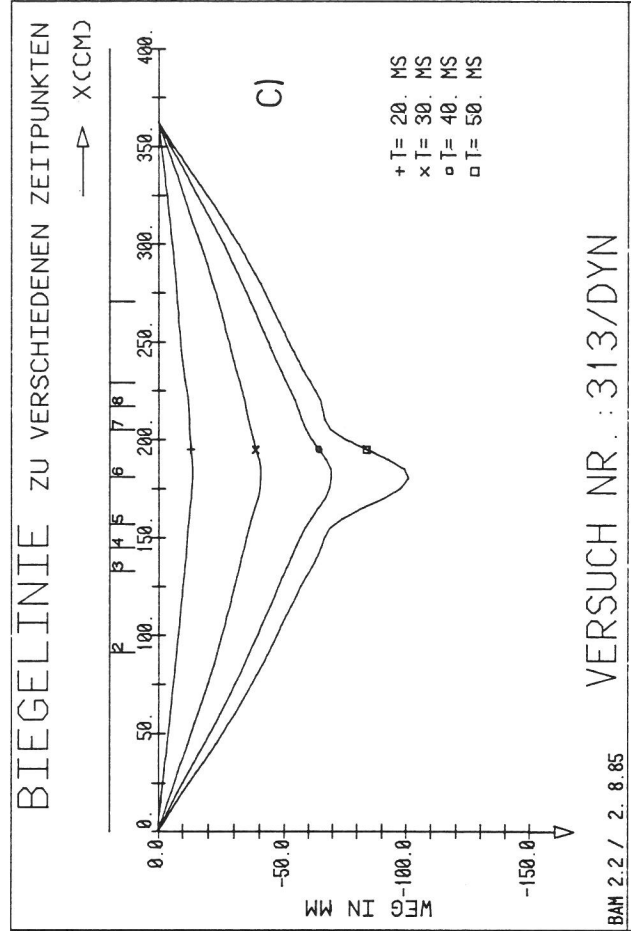


Bild A 6.7/5

Versuch 313, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich



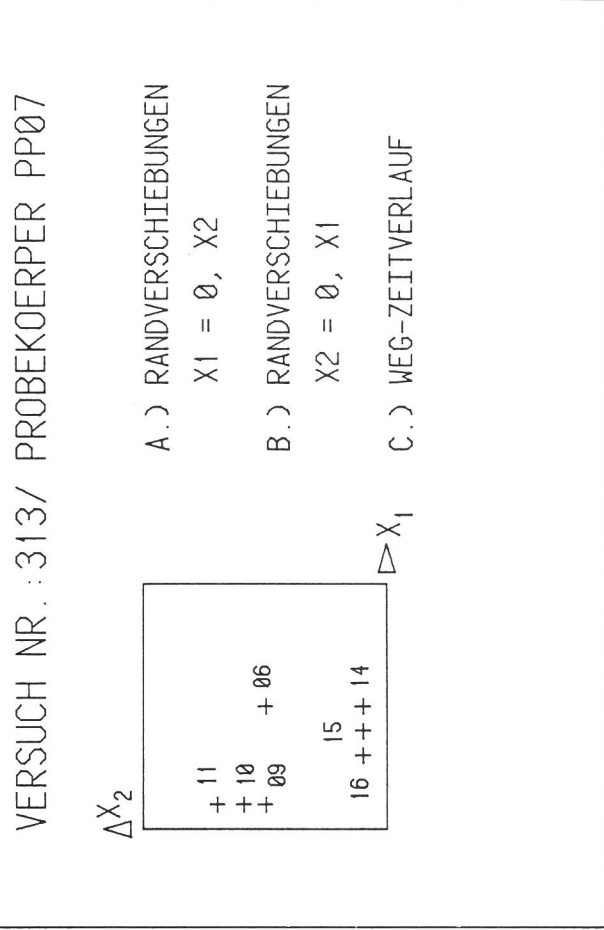
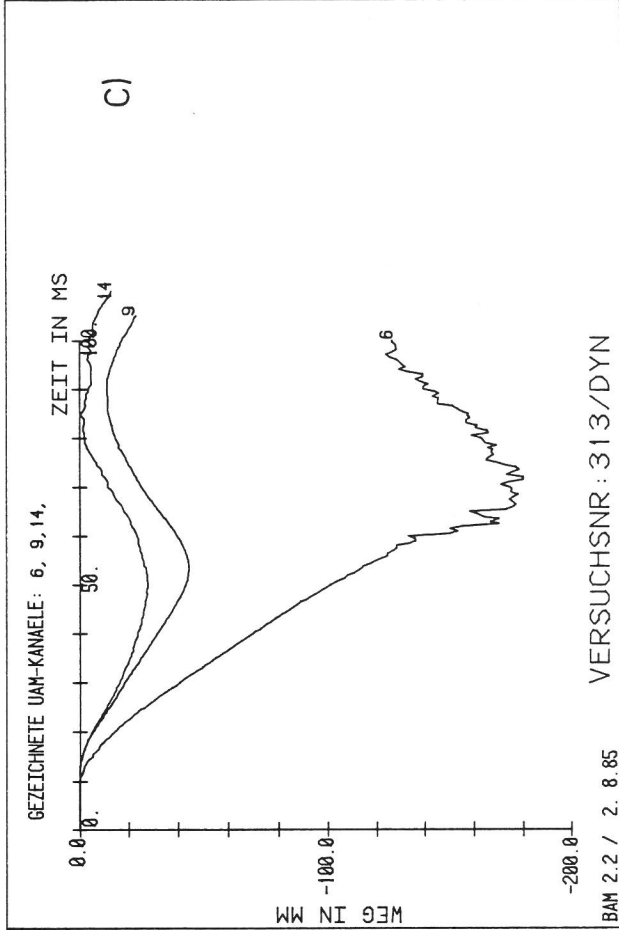
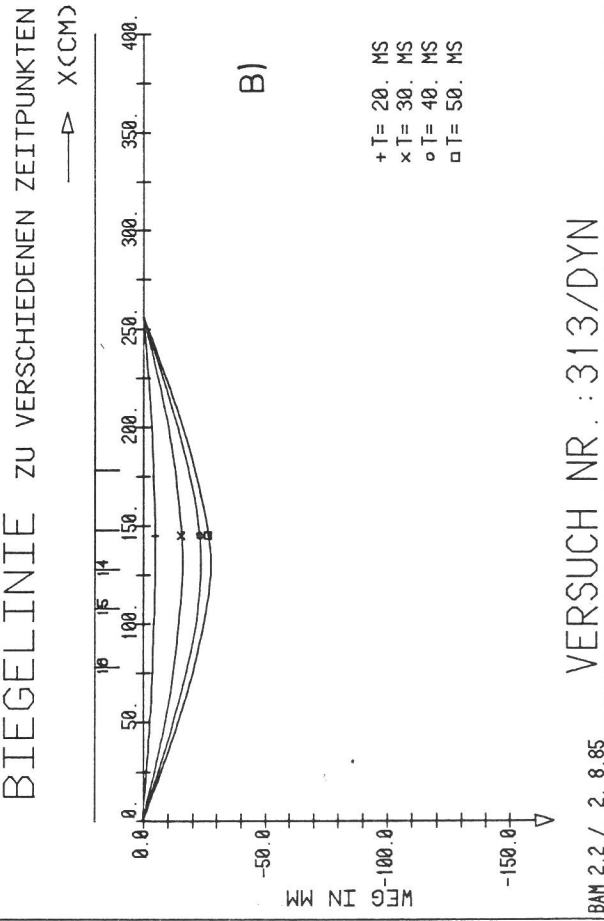
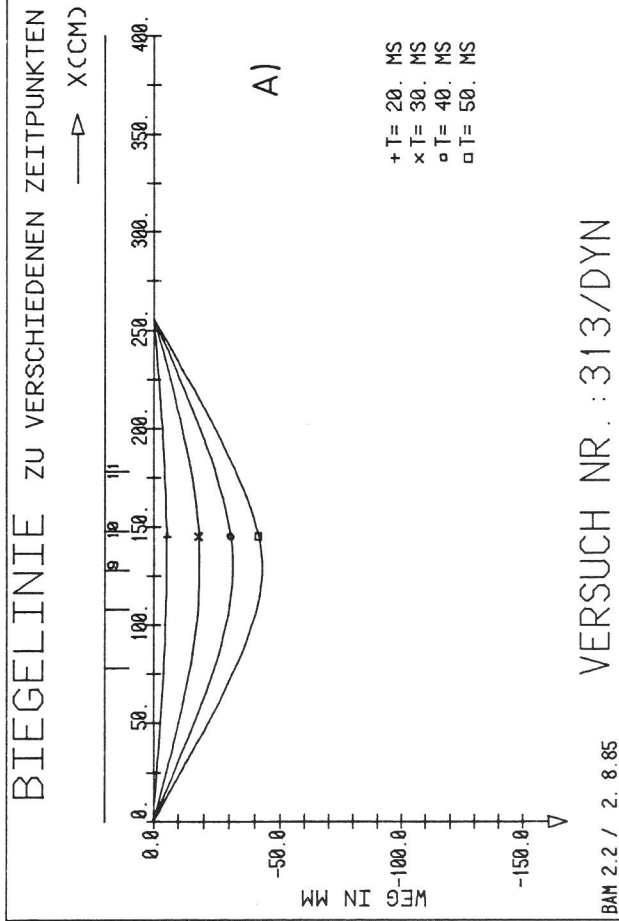


Bild A 6.7/7
Platte 313

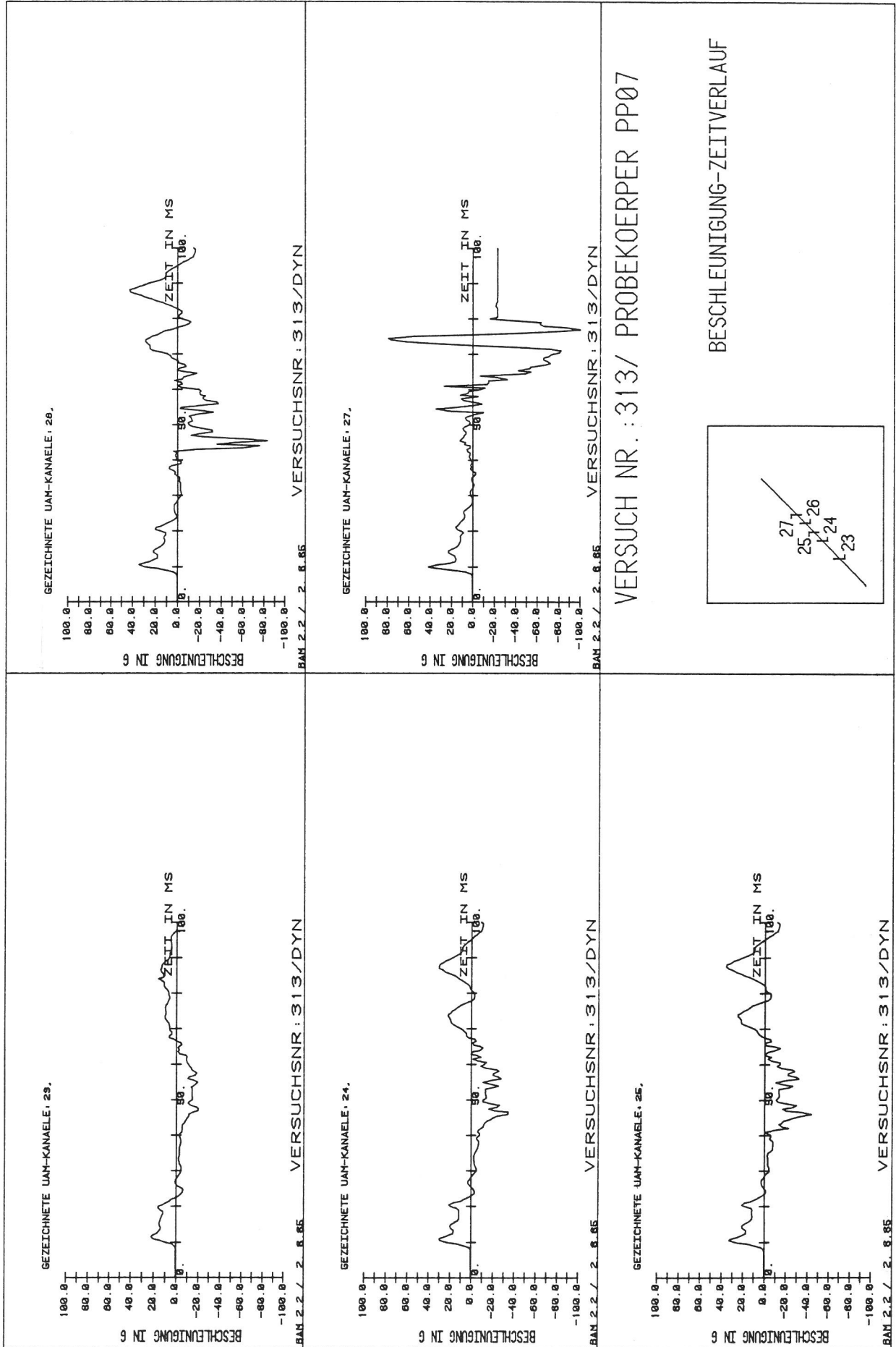


Bild A 6.7/8
 Platte 313

Ergebnisübersicht der Versuche an Platten

Versuchsreihe II, flache Platten

Versuch Nr.: 314 Versuchsdatum: 23.3.1982
Probekörpertyp: PP07, Zeichnung s. Bild A 4.1/5
Lasteinleitungsfläche: 16 cm Durchmesser
Versuchsart: dynamische Beanspruchung, $v \approx 2,0$ m/s

Zustand der Platte nach Versuchsende:

Durchstanzen mit orthogonalen Rissen, die den Beginn der Ausbildung von Bruchlinien anzeigen.

Dargestellte Bilder:

- A 6.8/2: Schema der Bewehrung
- A 6.8/3 bis 5: Fotos der Platte
- A 6.8/6 bis 8: Darstellung von Meßschrieben

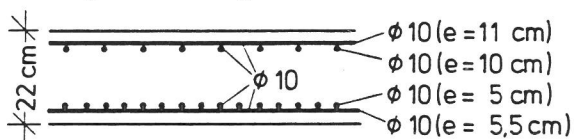
Betonprüfungen:	Druckfestigkeit (Mittel)
Würfel (28 Tage)	68,5 N/mm ²
am Tage der Prüfung	72,9 N/mm ² (41 Tage)
Bohrkerne	78,4 N/mm ²

Bild A 6.8/1

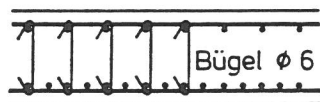
Zusammenstellung der Ergebnisse Versuch 314

Platte: Typ PP07

Biegebewehrung



Schubbewehrung



Bewehrungsstahl BSt 420/500 RK

Bild A 6.8/2

Bewehrung der Platte PP07 für Versuch 314
(schematisch)

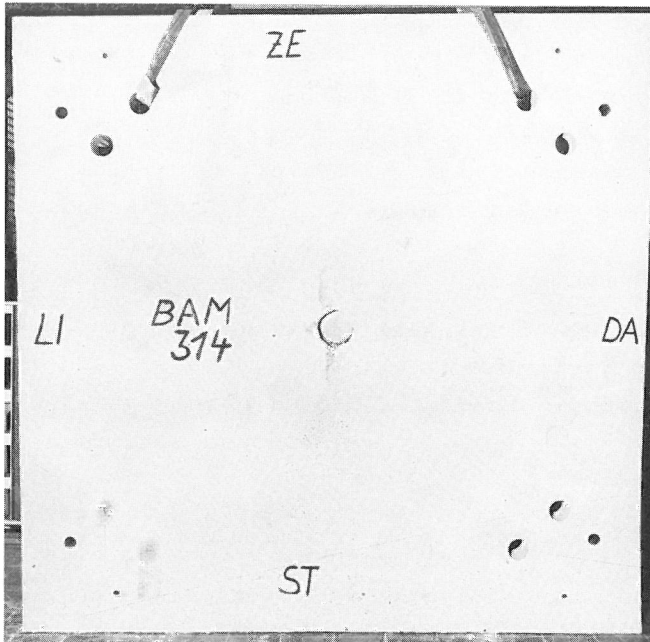


Bild A 6.8/3

Versuch 314, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

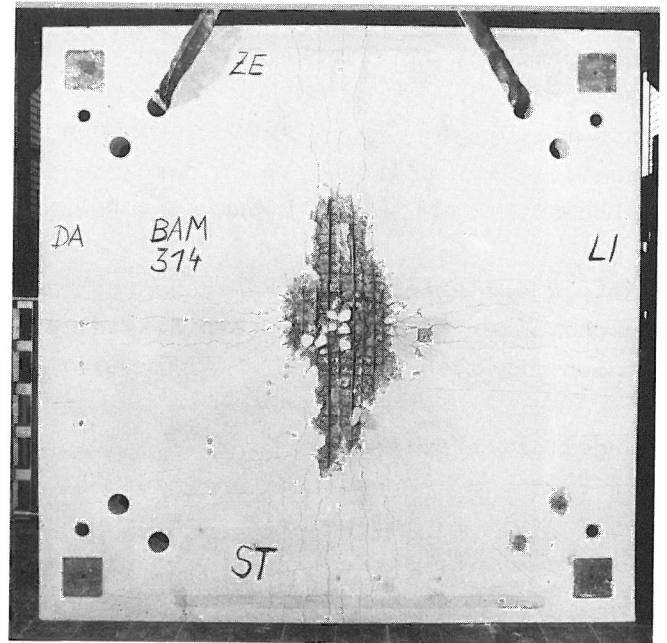


Bild A 6.8/4

Versuch 314, Rückseite der Platte nach Versuchsende

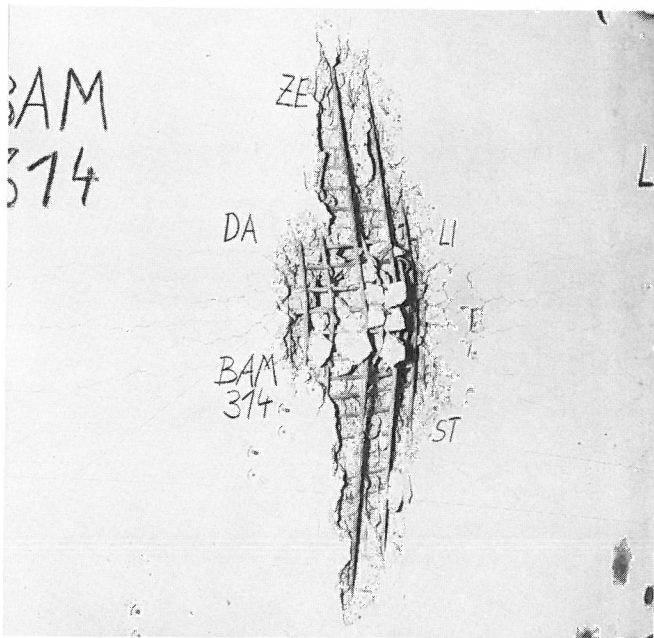
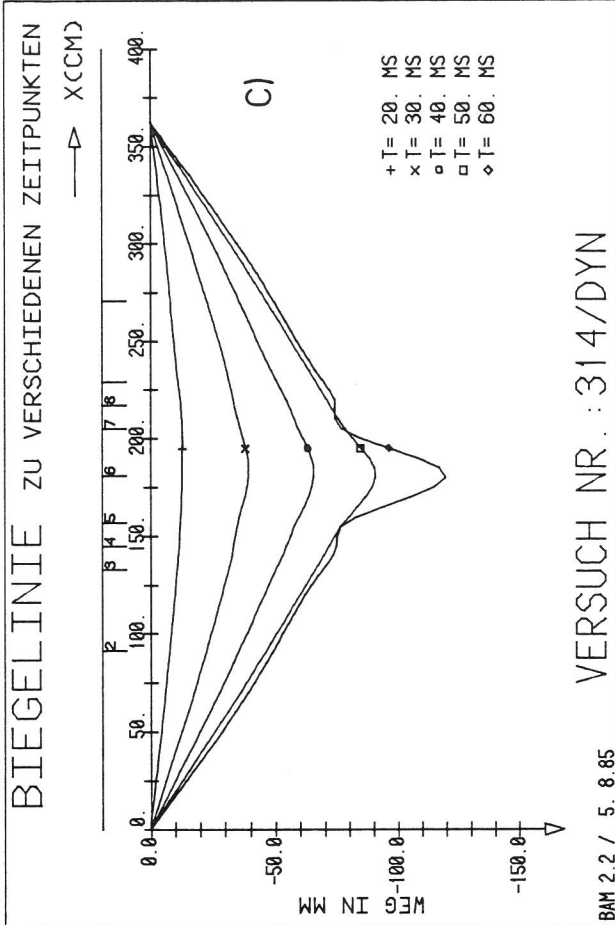


Bild A 6.8/5

Versuch 314, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich



VERSUCH NR. : 314/DYN

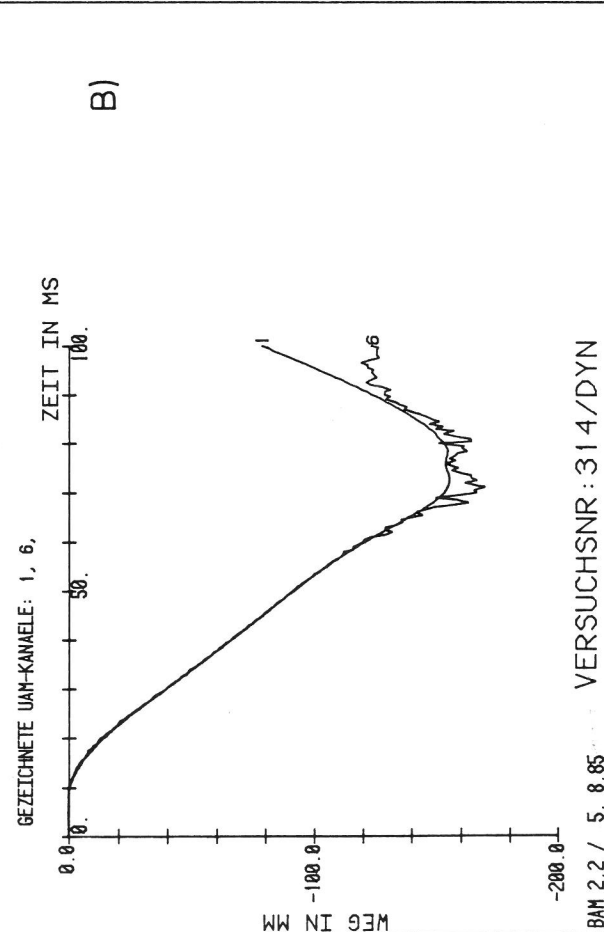
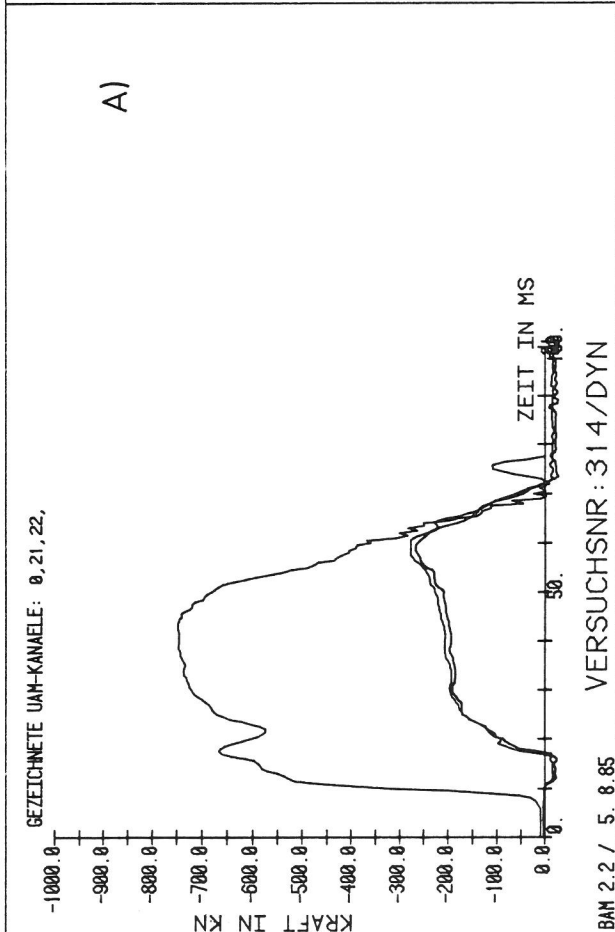
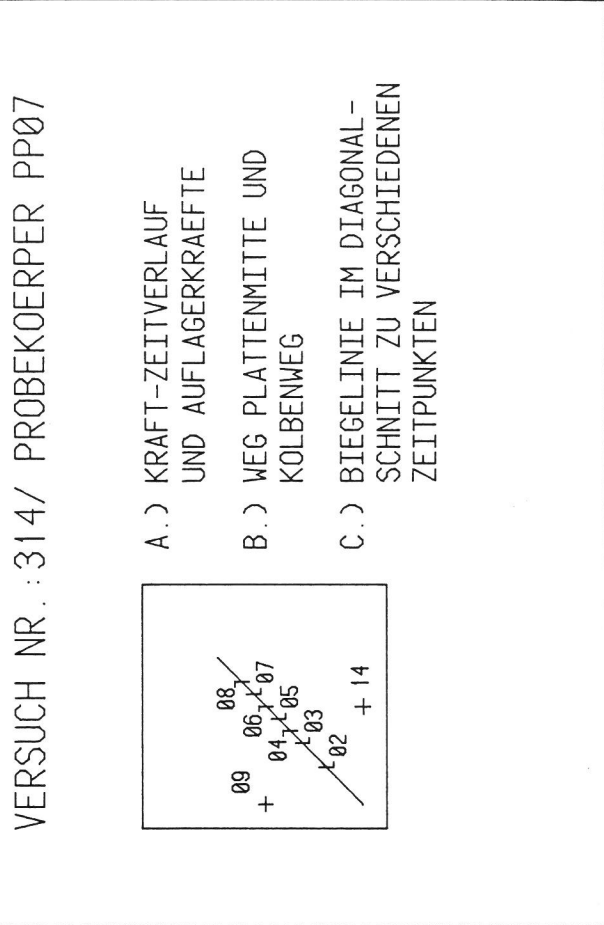
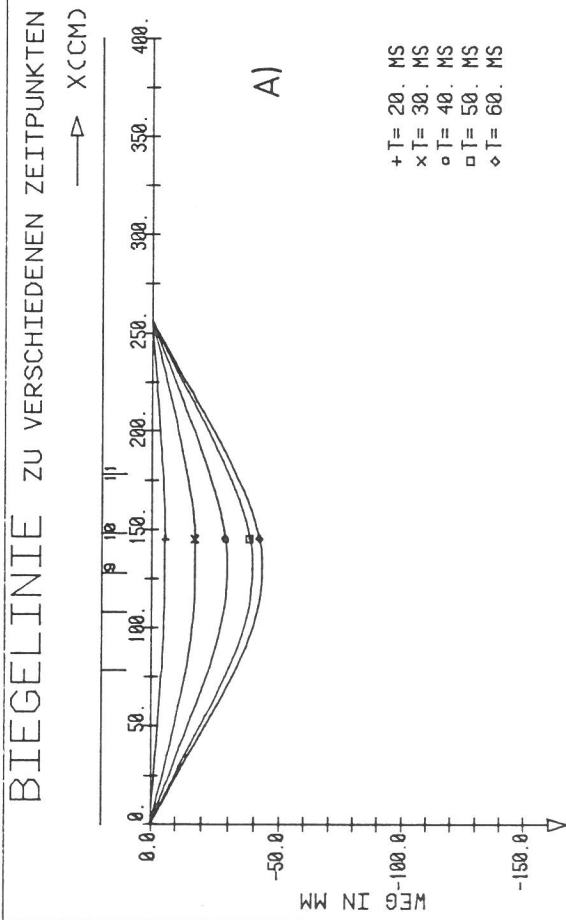
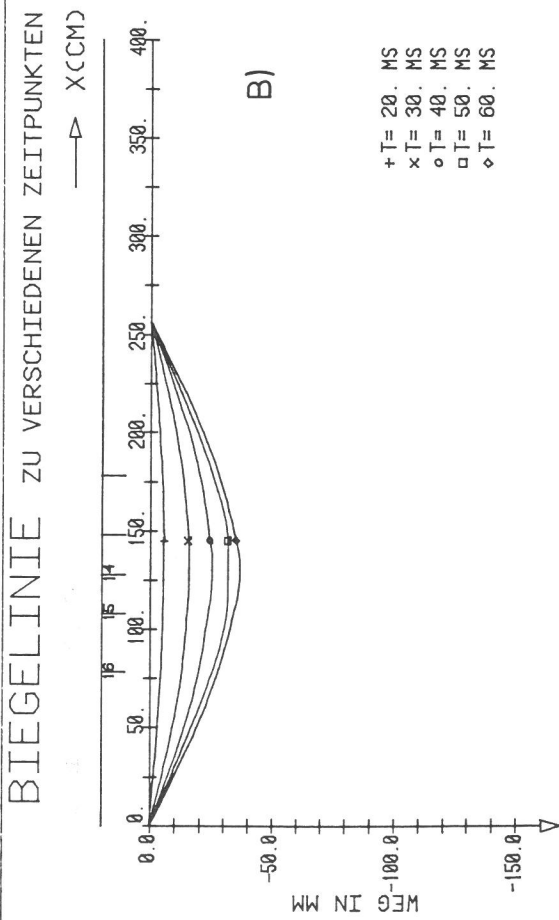


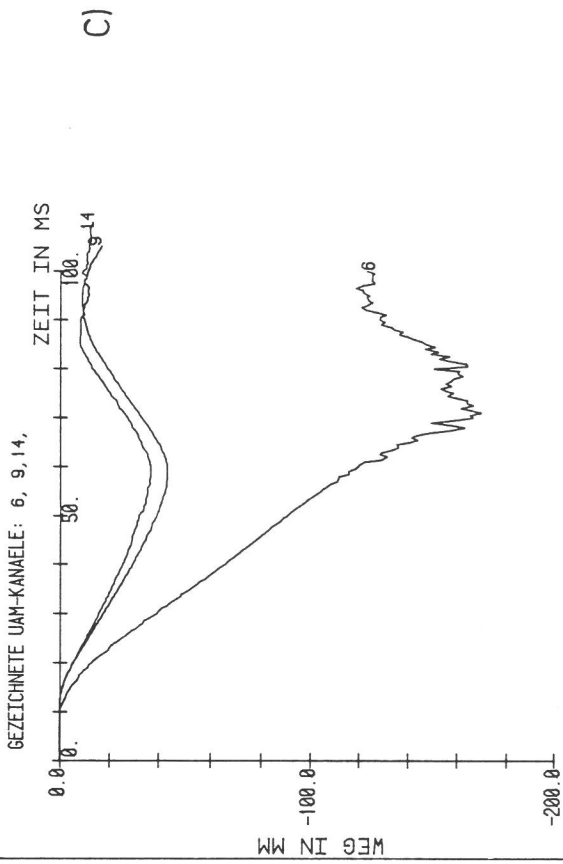
Bild A 6.8/6
Platte 314



BAM 2.2 / 5. 8.85 VERSUCH NR. : 314/DYN



BAM 2.2 / 5. 8.85 VERSUCH NR. : 314/DYN



BAM 2.2 / 5. 8.85 VERSUCHSNR : 314/DYN

VERSUCH NR. : 314/ PROBEKOERPER PP07

ΔX_2

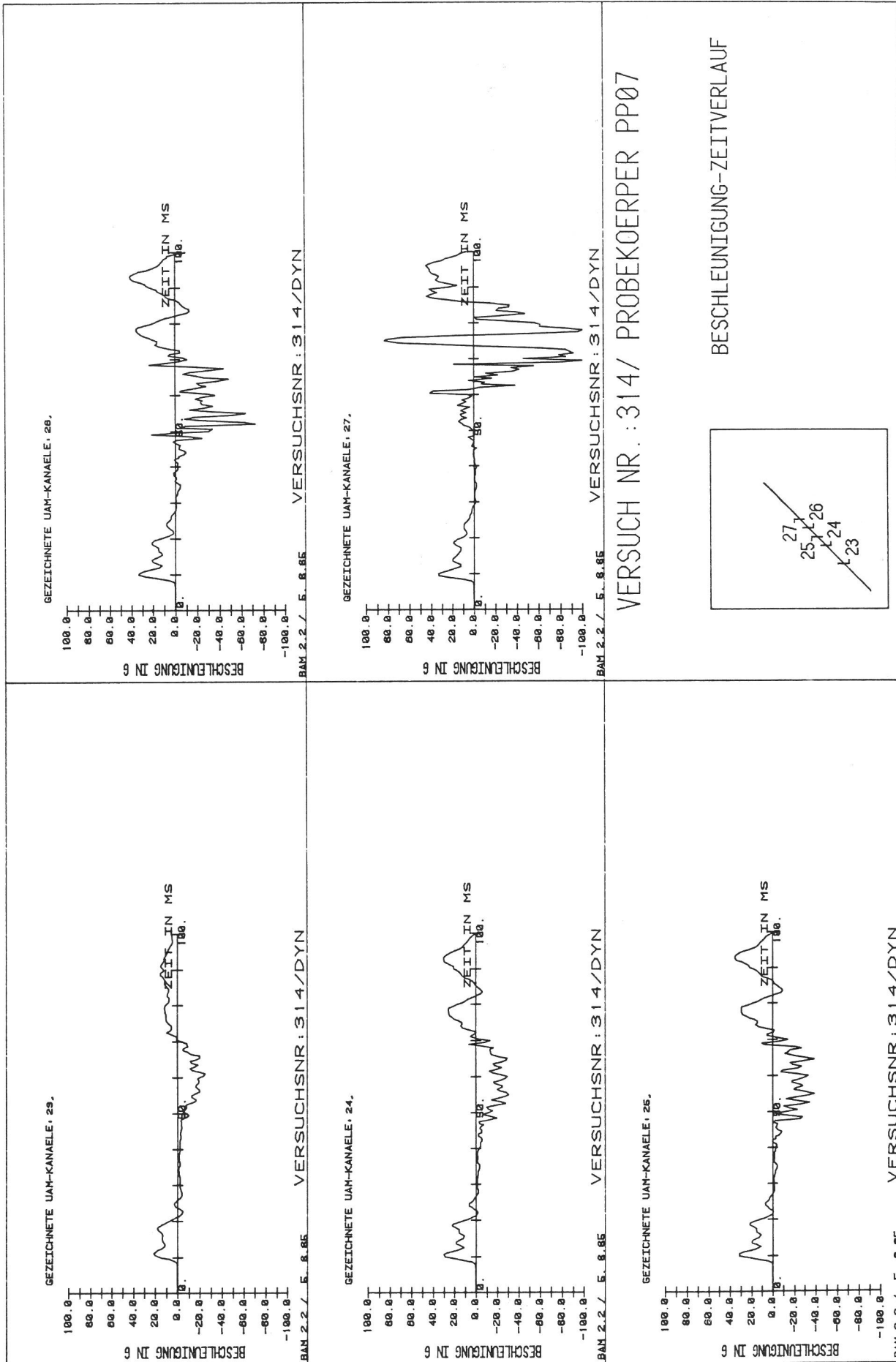
+ 11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

▷ X₁



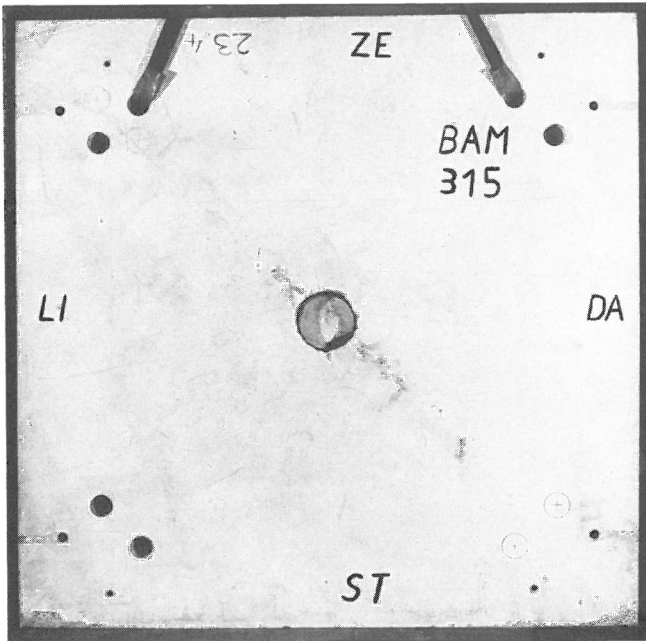


Bild A 6.9/3

Versuch 315, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

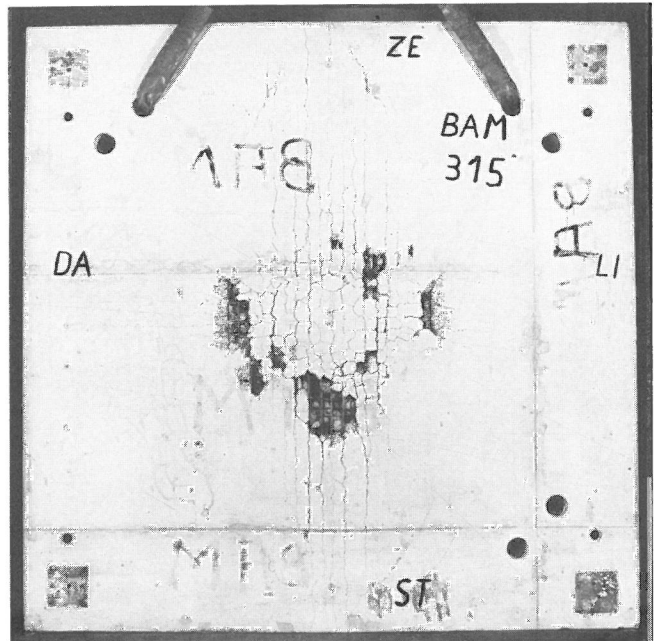


Bild A 6.9/4

Versuch 315, Rückseite der Platte nach Versuchsende

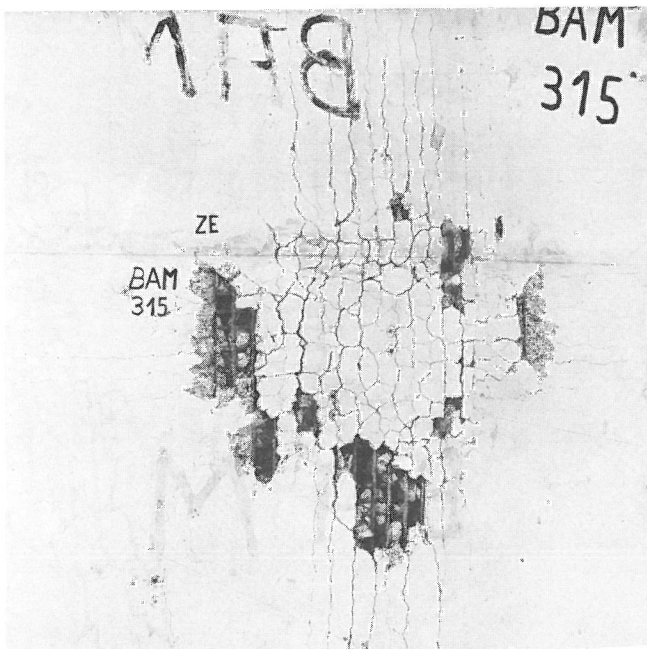
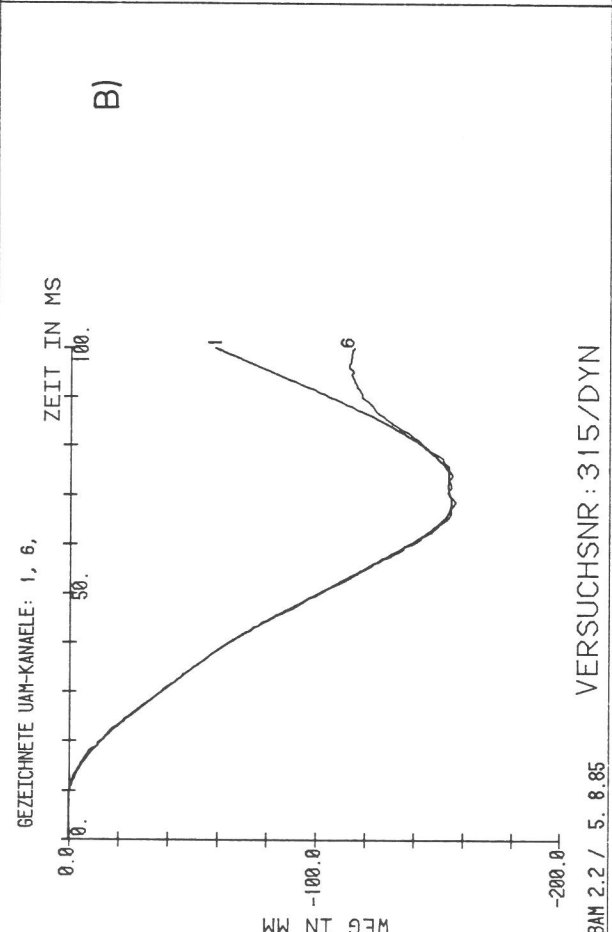
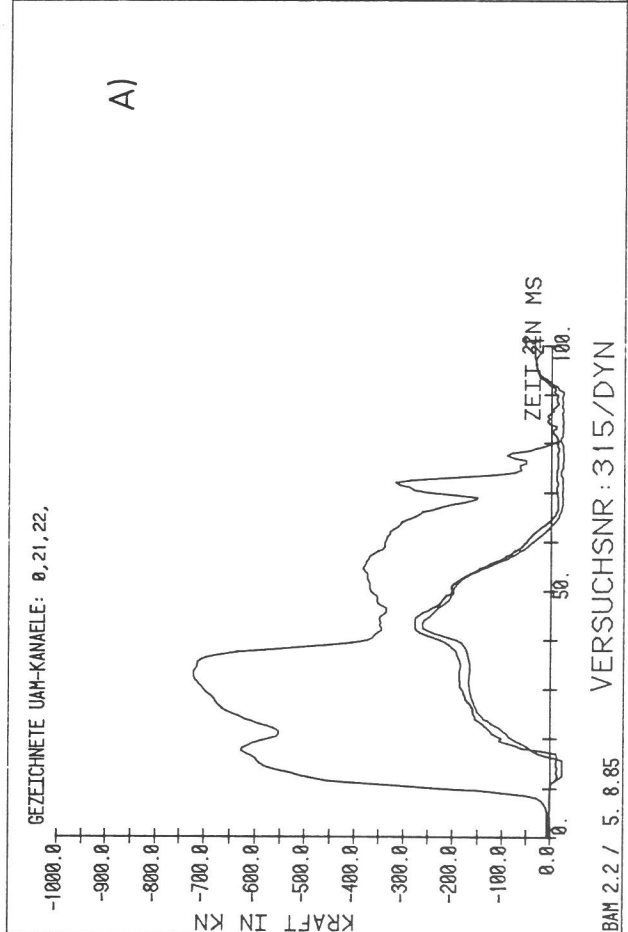
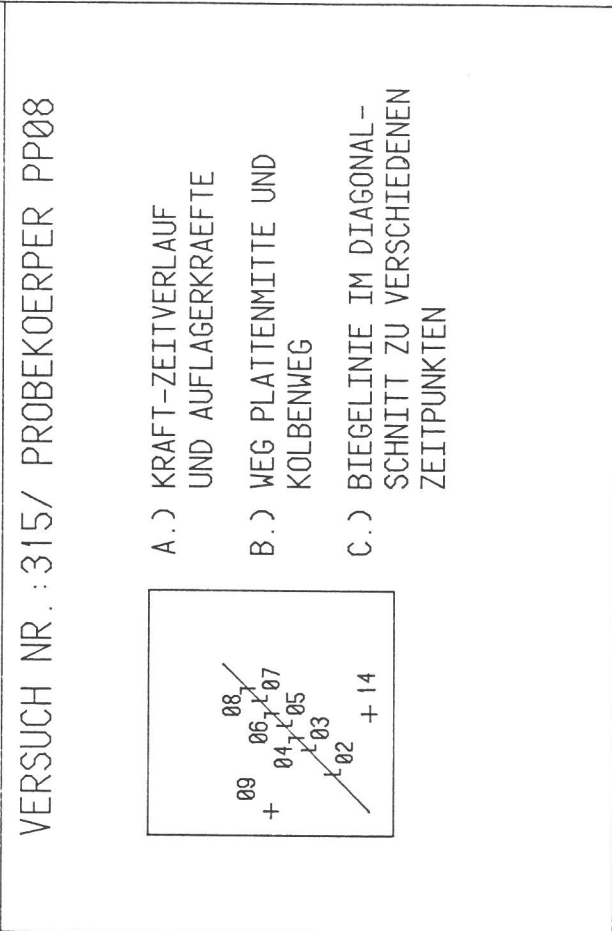
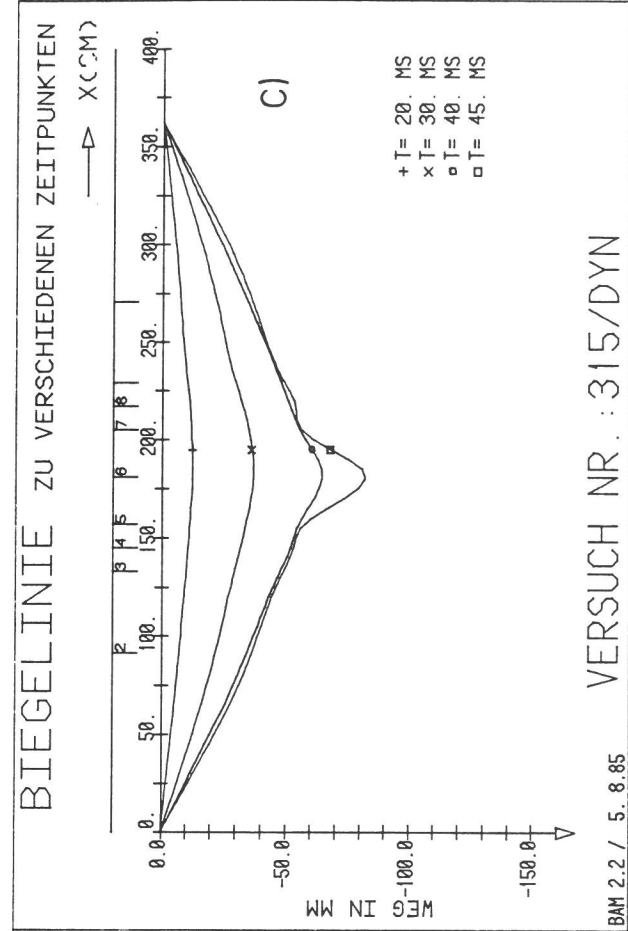
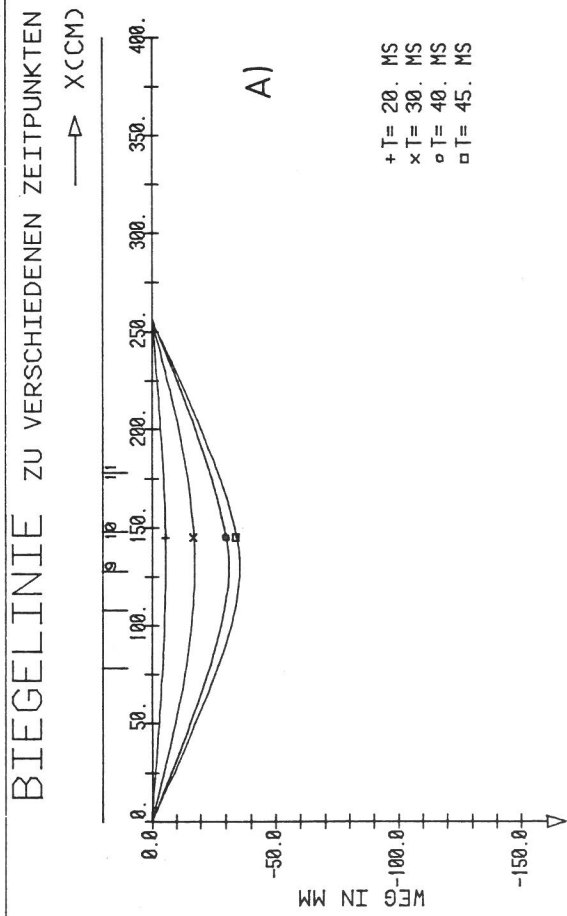


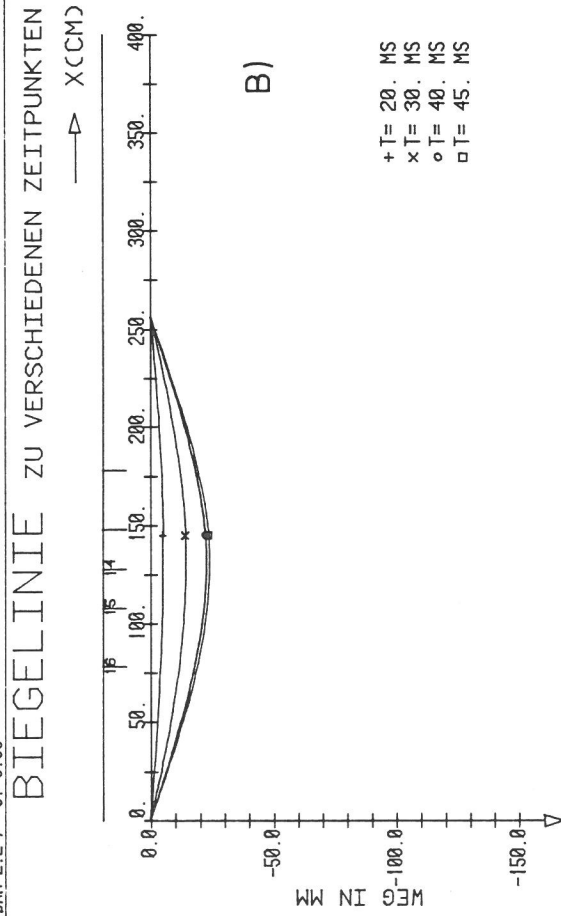
Bild A 6.9/5

Versuch 315, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

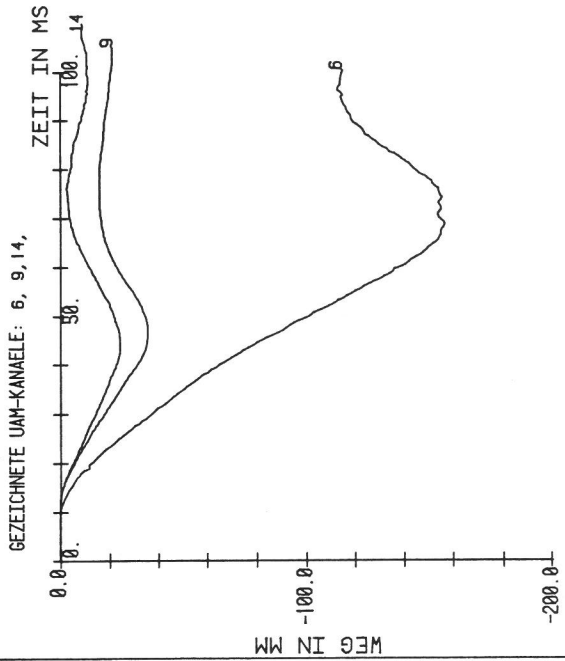




BAN 2.2 / 5. 8.85
 VERSUCH NR. : 315/DYN



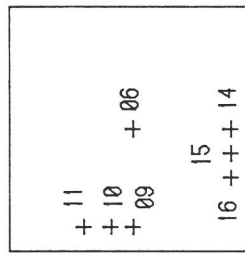
BAN 2.2 / 5. 8.85
 VERSUCH NR. : 315/DYN



BAN 2.2 / 5. 8.85
 VERSUCHSNR. : 315/DYN

VERSUCH NR. : 315/ PROBEKOEPPER PP08

ΔX_2



A.) RANDVERSCHIEBUNGEN
 $X_1 = 0, X_2$

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN
 $X_2 = 0, X_1$

C.) WEG-ZEITVERLAUF
 ΔX_1

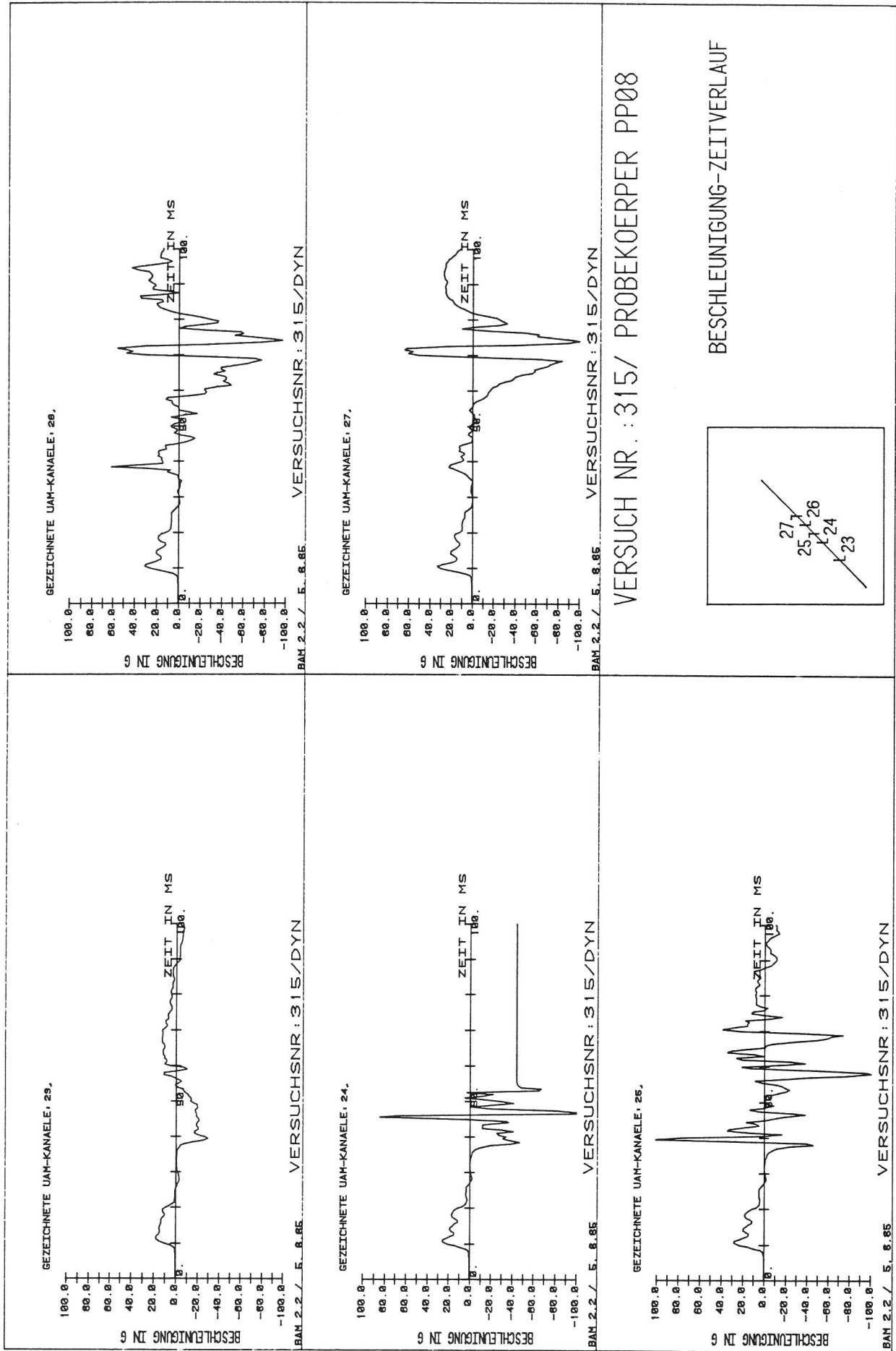


Bild A 6.9/8:
 Platte 315

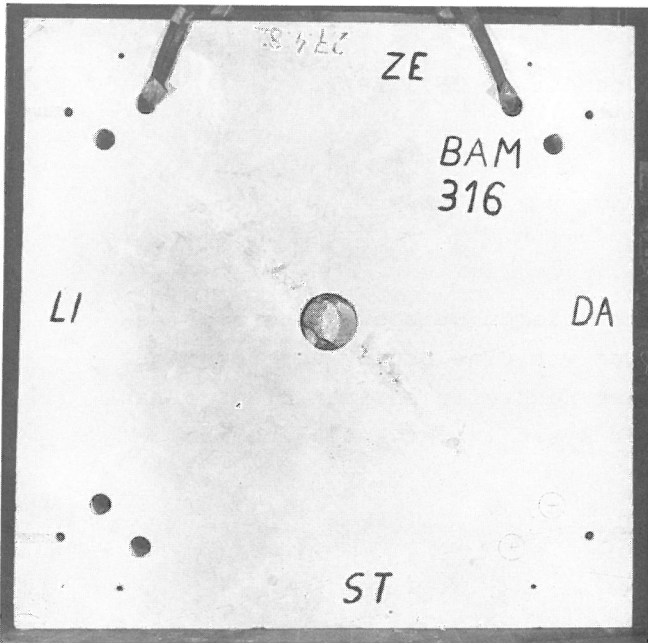


Bild A 6.10/3

Versuch 316, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

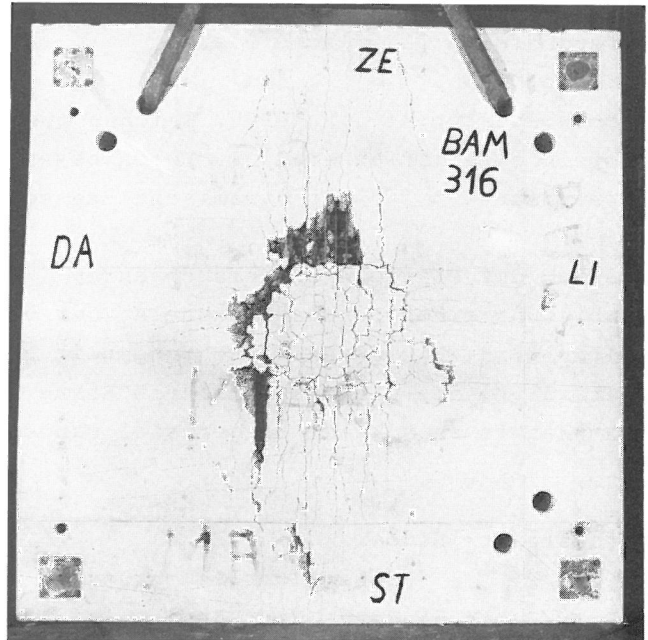


Bild A 6.10/4

Versuch 316, Rückseite der Platte nach Versuchsende

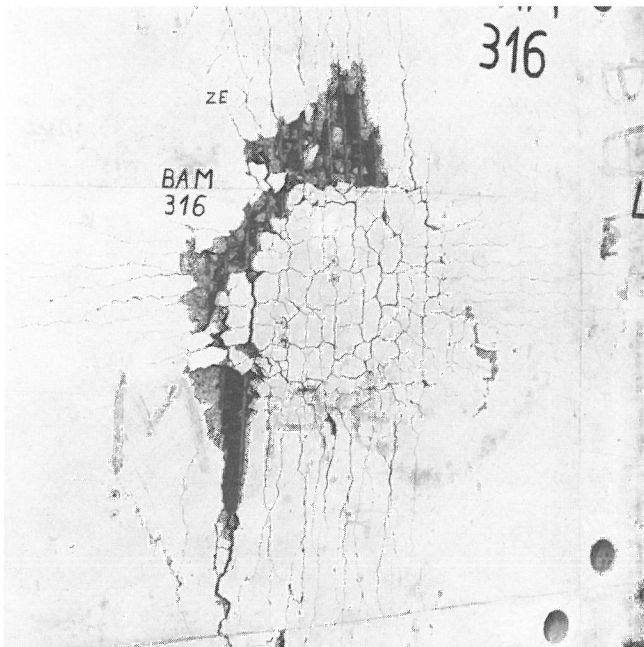


Bild A 6.10/5

Versuch 316, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

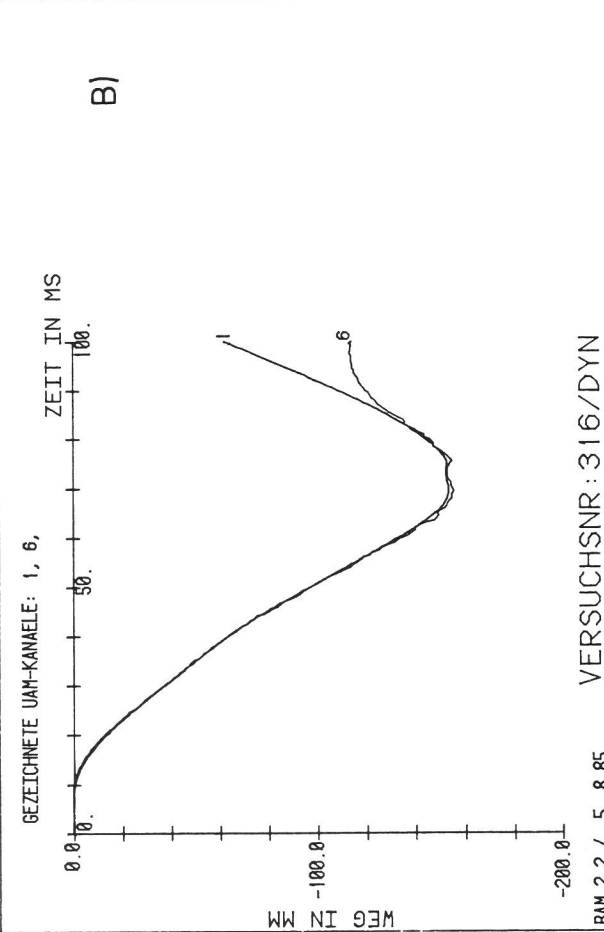
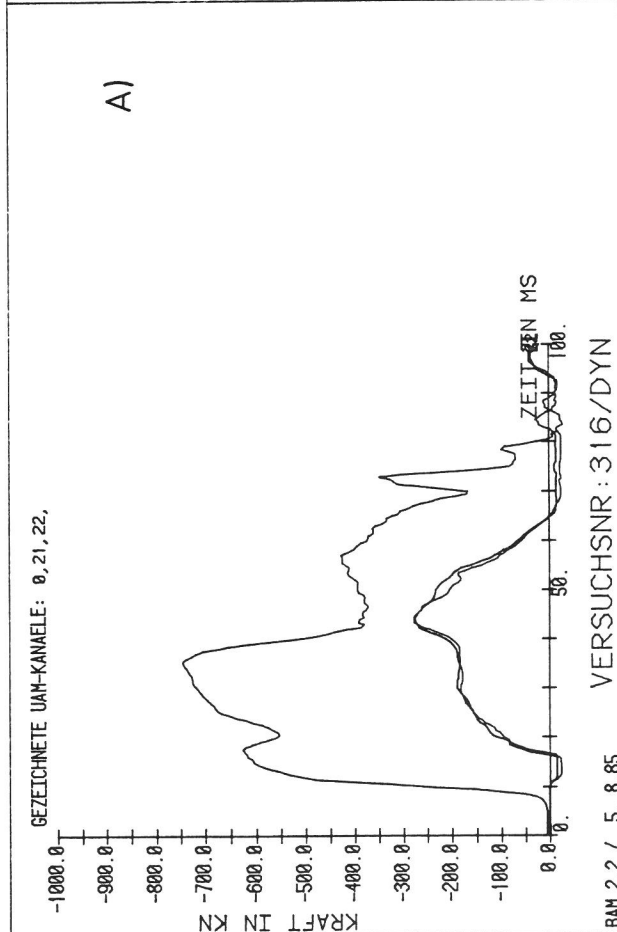
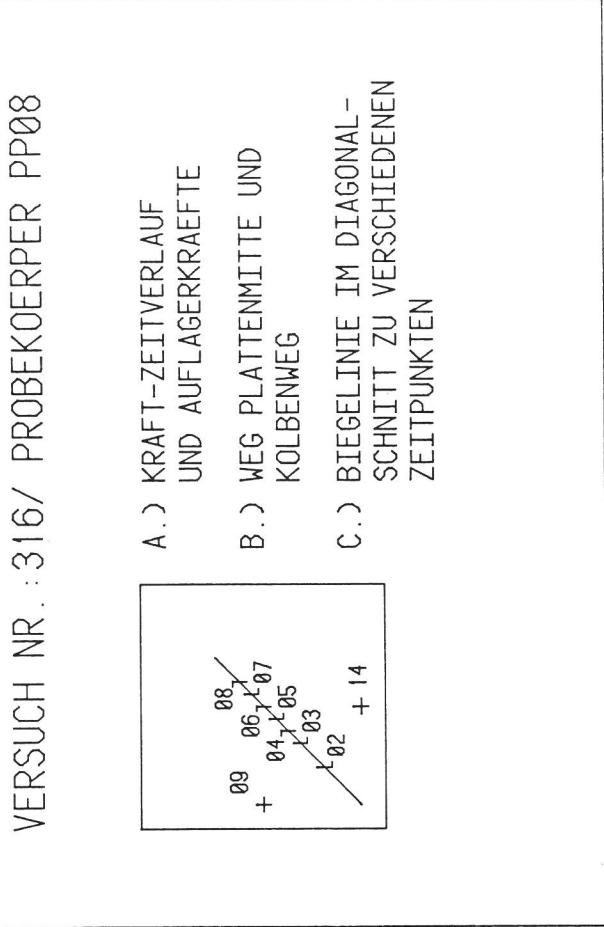
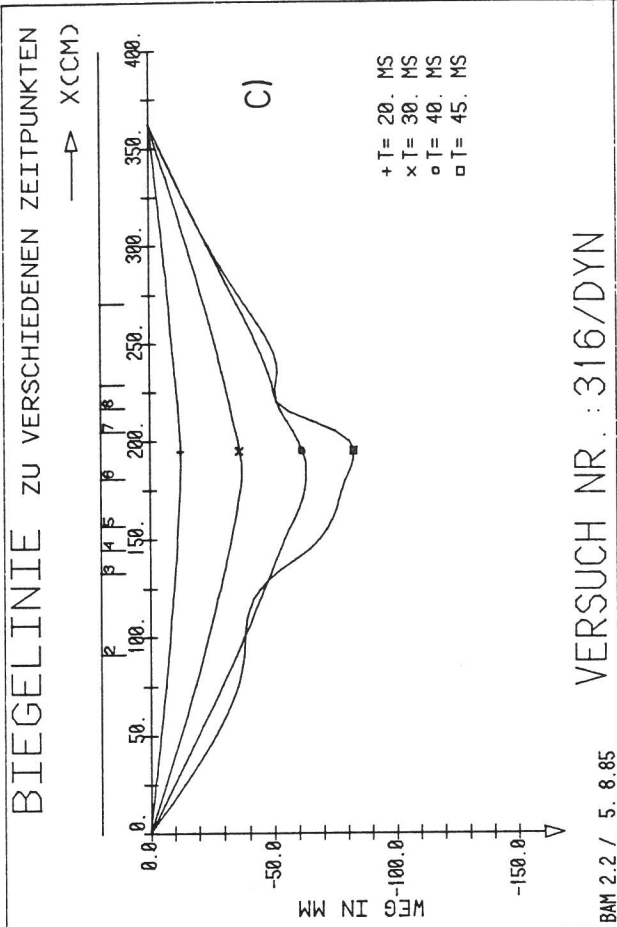
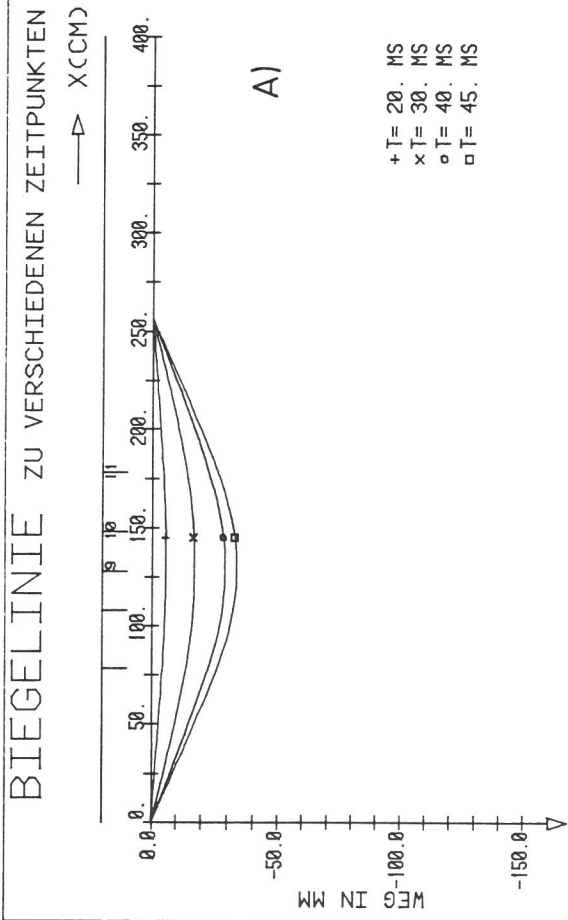
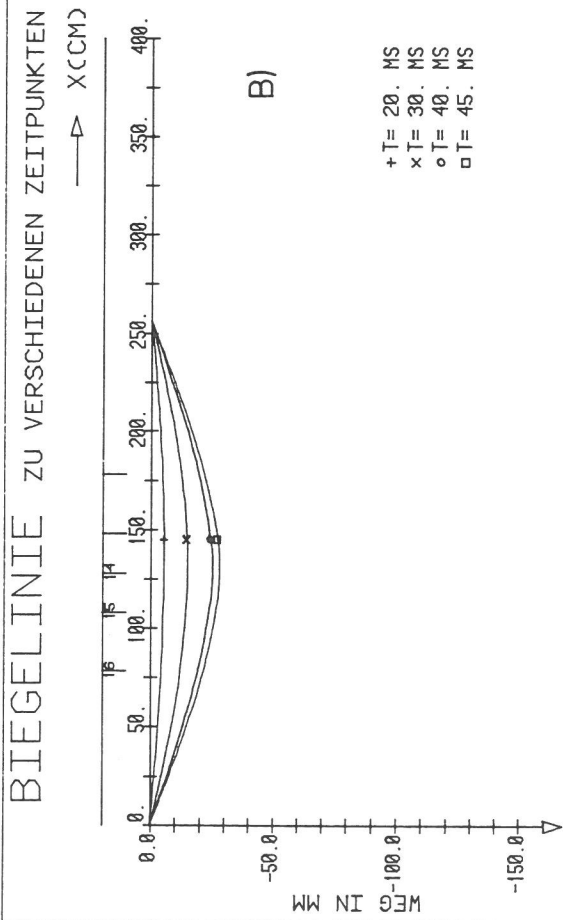


Bild A 6.10/6
Platte 316



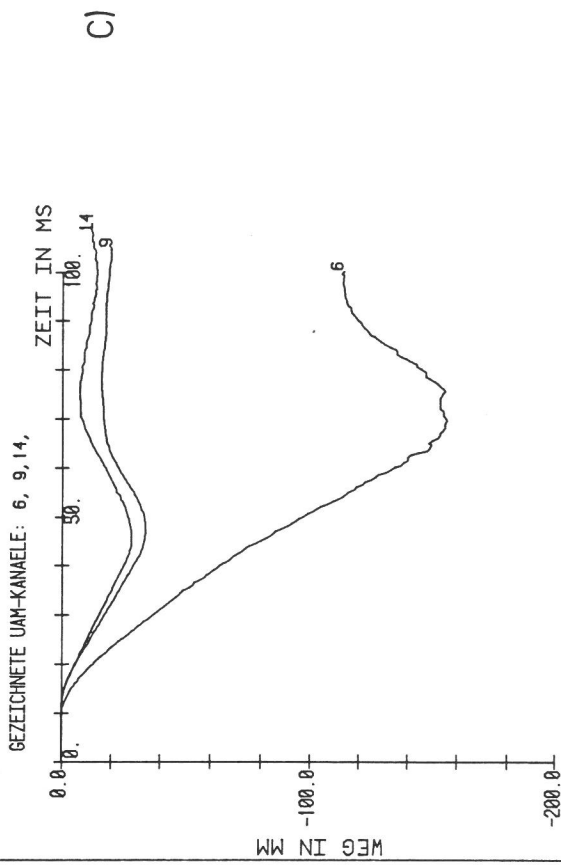
BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCH NR. : 316/DYN



BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCH NR. : 316/DYN

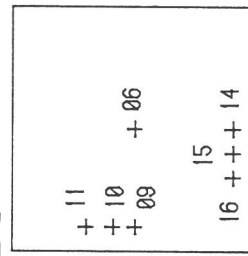


BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCHSNR : 316/DYN

VERSUCH NR. : 316/ PROBEKOEPPER PP08

ΔX_2



▷ X_1

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

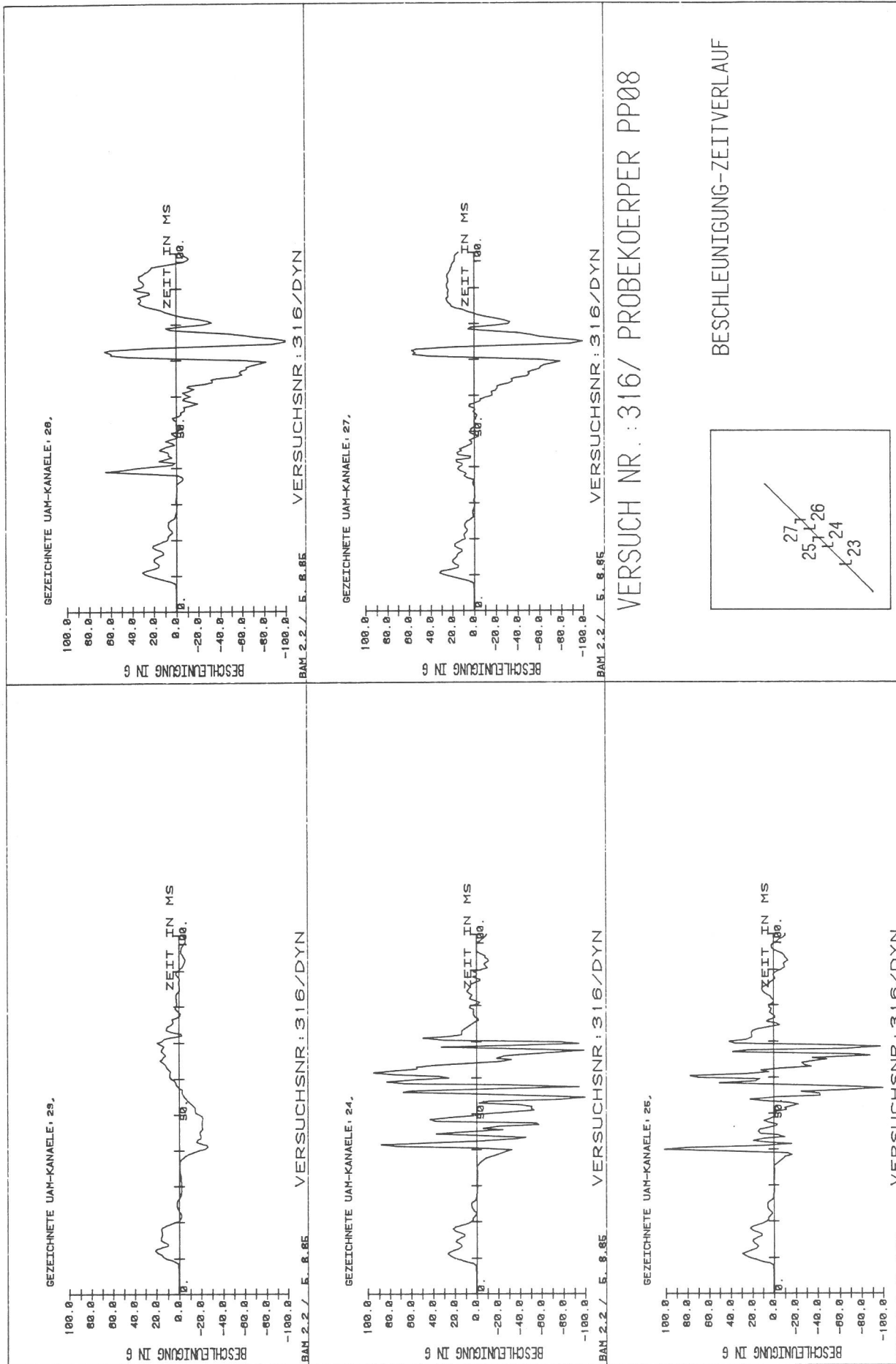


Bild A 6.10/8
Platte 316

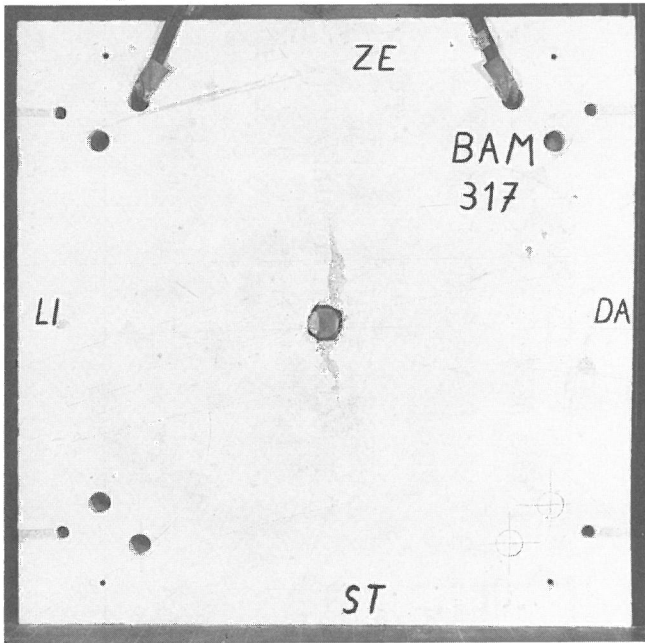


Bild A 6.11/3

Versuch 317, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

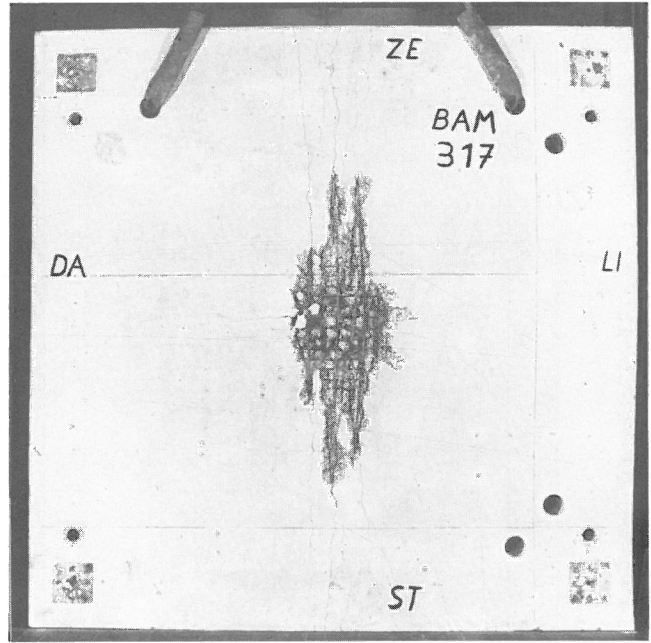


Bild A 6.11/4

Versuch 317, Rückseite der Platte nach Versuchsende

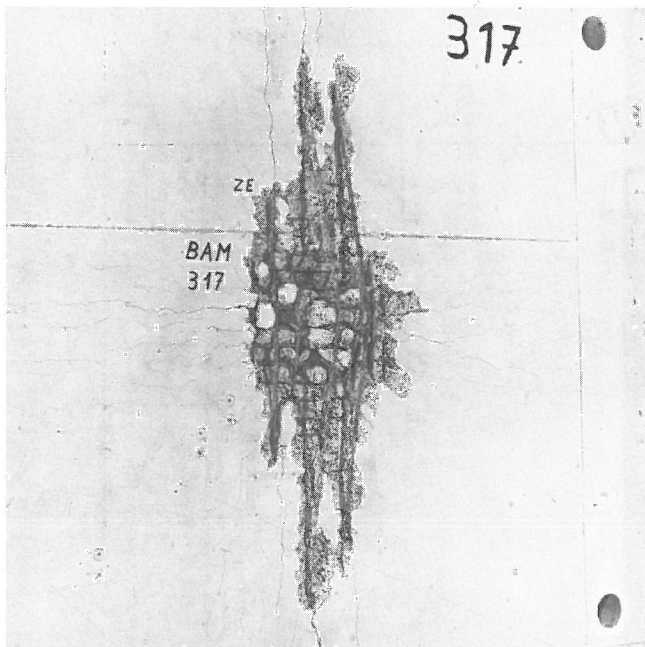


Bild A 6.11/5

Versuch 317, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

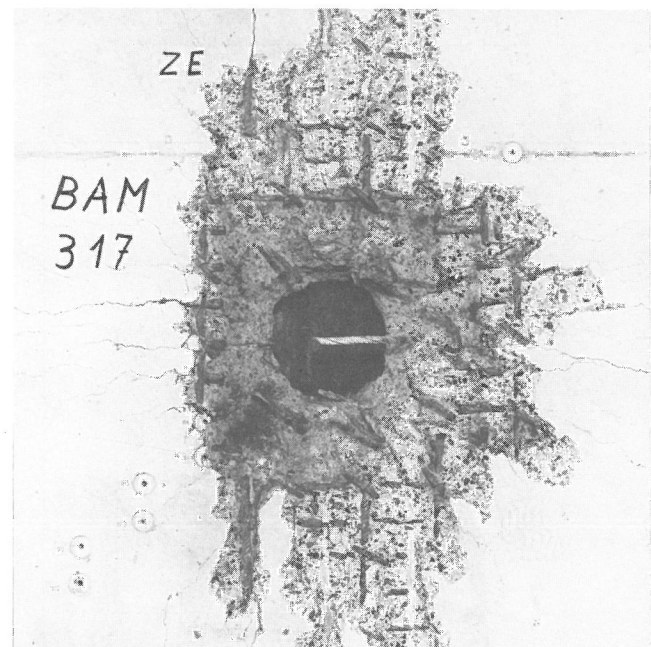


Bild A 6.11/6

Versuch 317, Rückseite der Platte, Durchstanzbereich nach Auslösen aller losen Betonteile des Durchstanzkegels und Abtrennen der Bewehrungsstähle

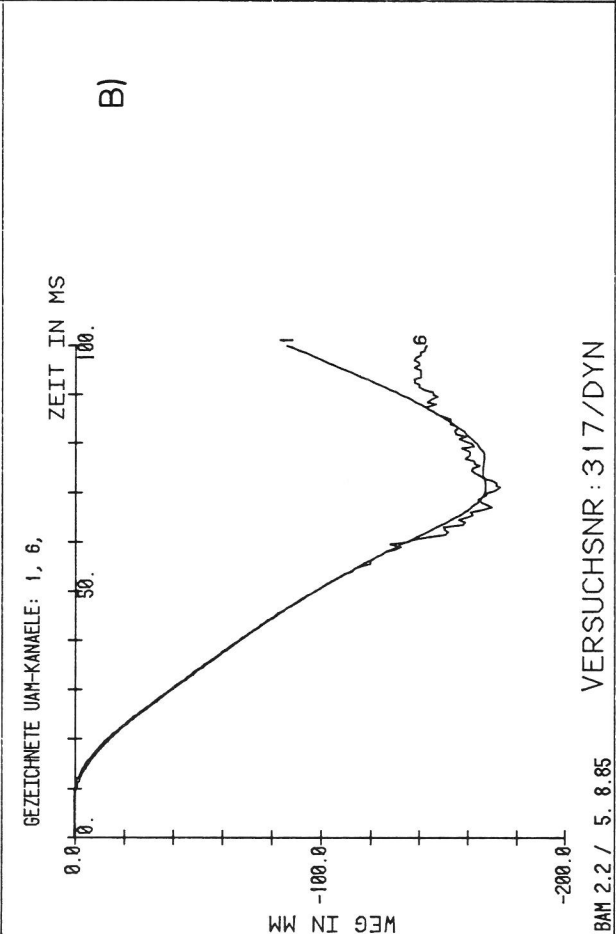
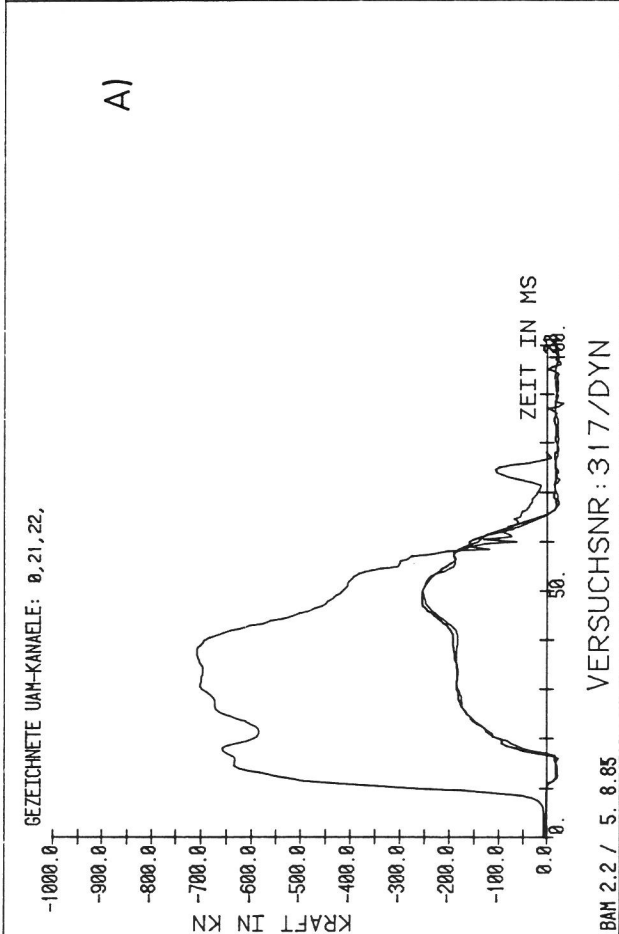
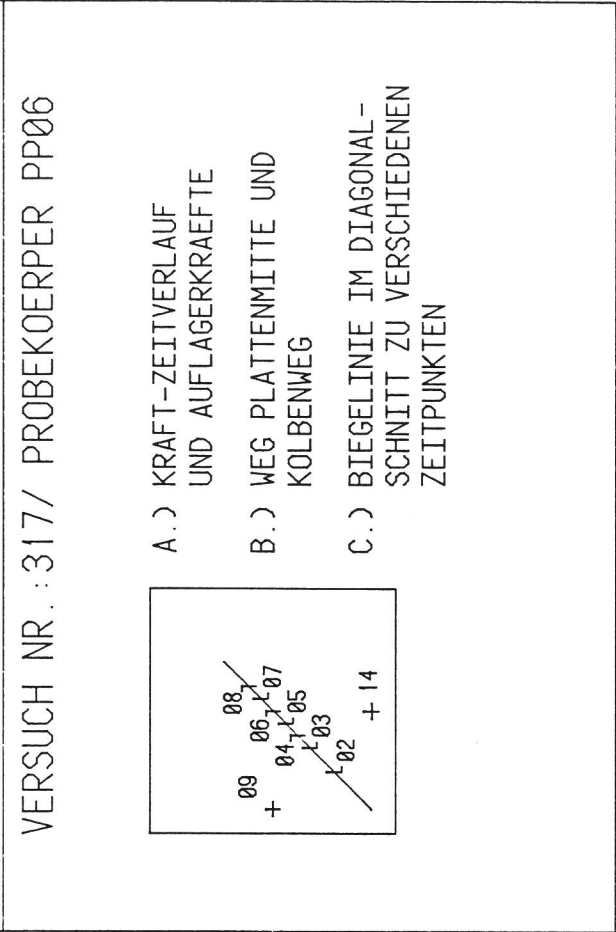
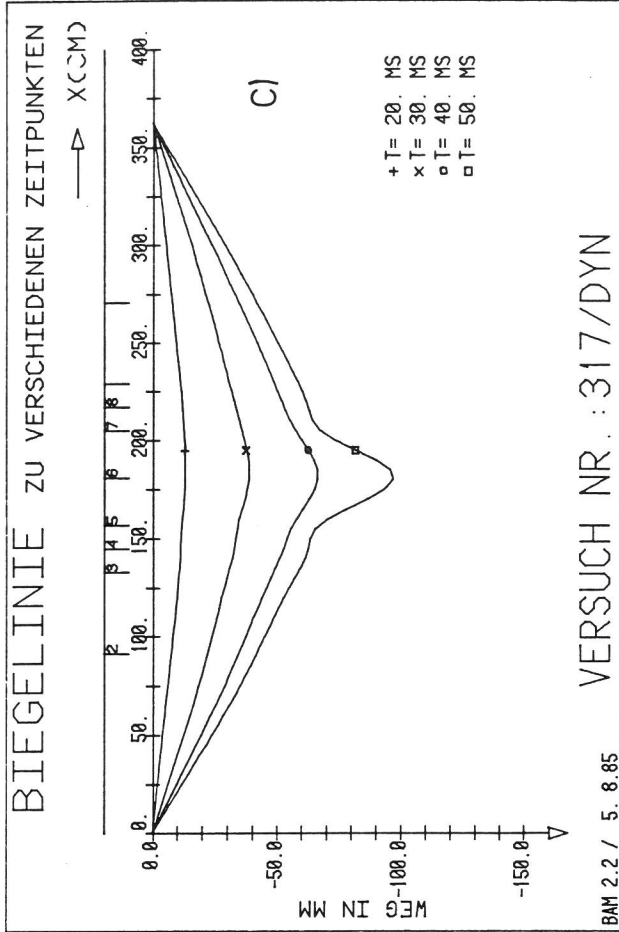
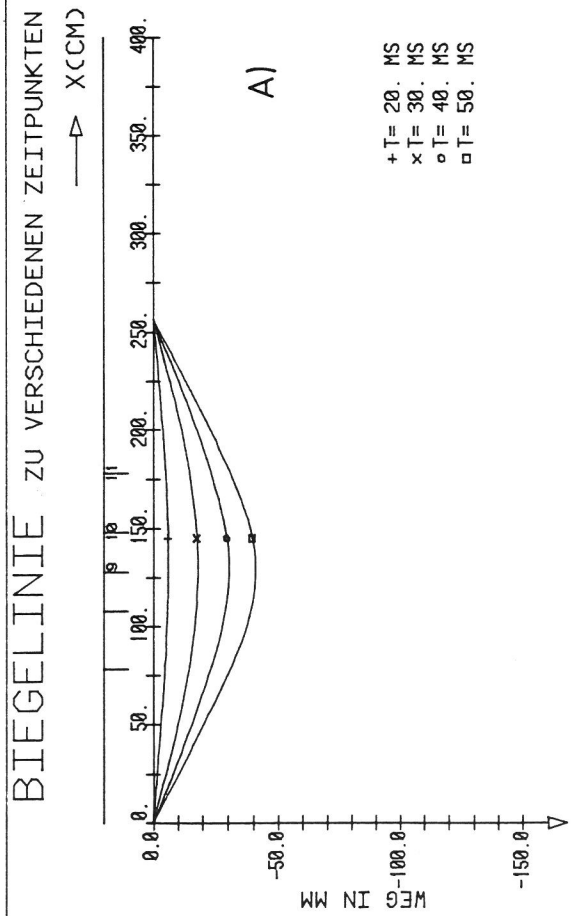
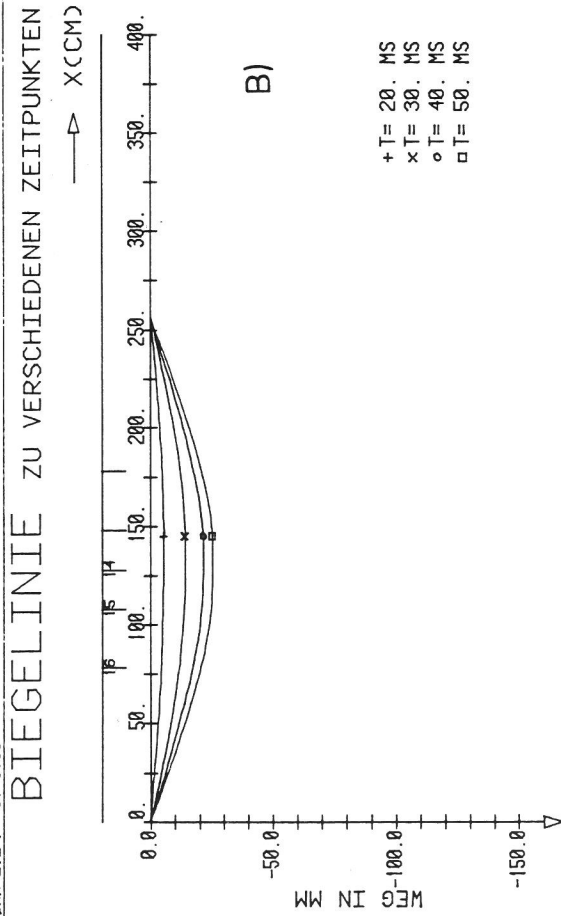


Bild A 6.11/7
Platte 317



BAM 2.2 / 5. 8. 85

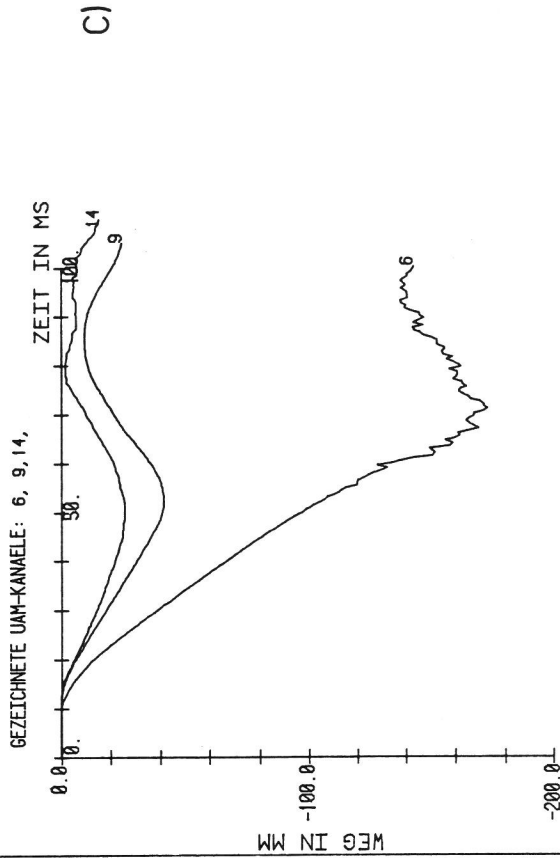
VERSUCH NR. : 317/DYN



BAM 2.2 / 5. 8. 85

VERSUCH NR. : 317/DYN

Bild A 6.11/8
Platte 317



BAM 2.2 / 5. 8. 85

VERSUCHSNR : 317/DYN

VERSUCH NR. : 317/ PROBEKOEPPER PP06

ΔX_2

11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

▷ X_1

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X2 = 0, X1

C.) WEG-ZEITVERLAUF

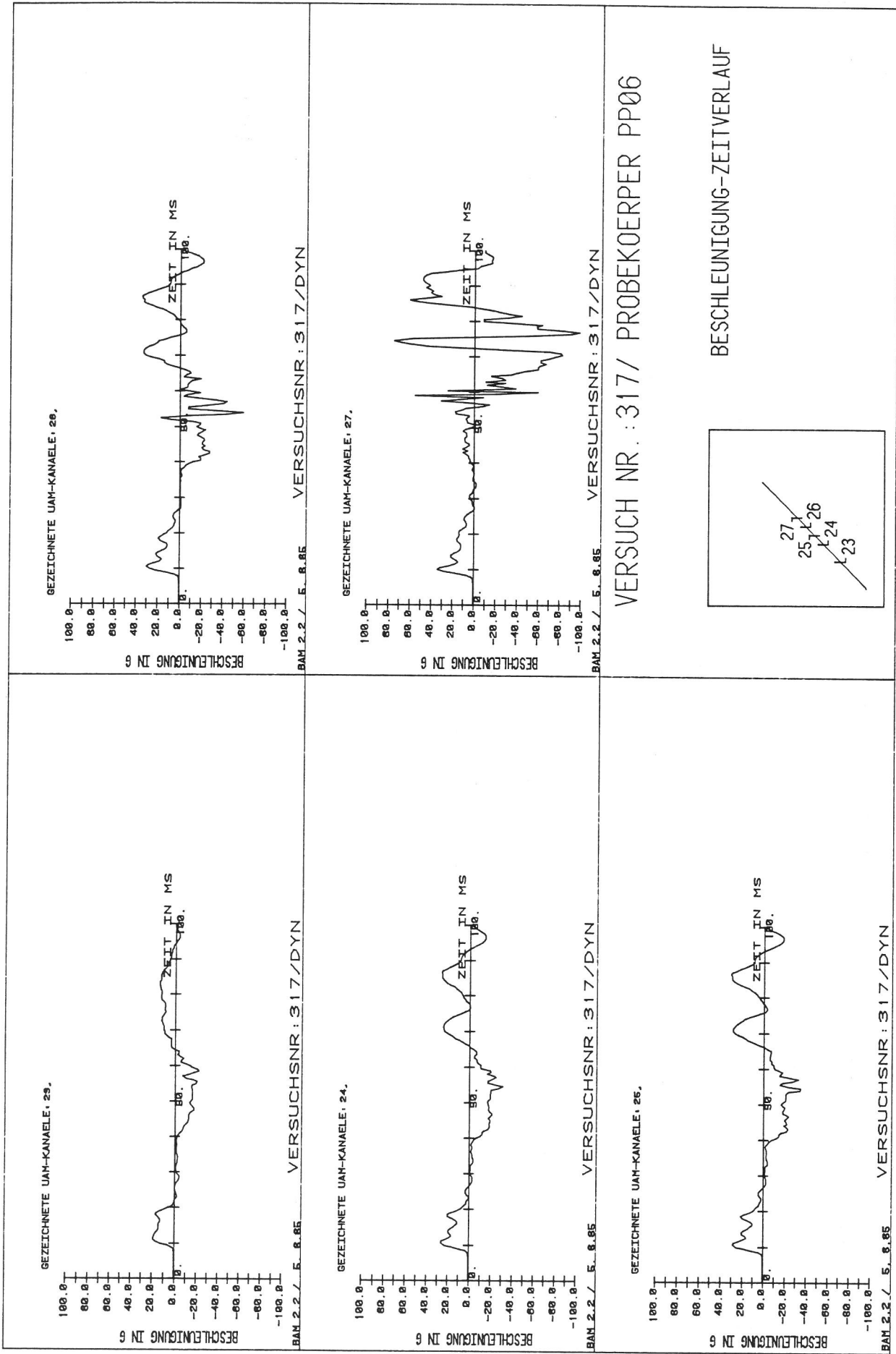


Bild A 6.11/9
 Platte 317

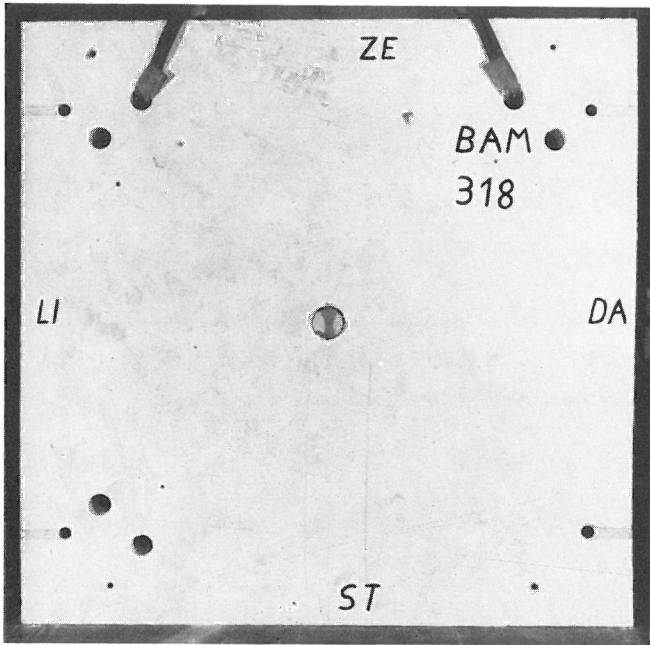


Bild A 6.12/3

Versuch 318, Vorderansicht der Platte
nach Versuchsende

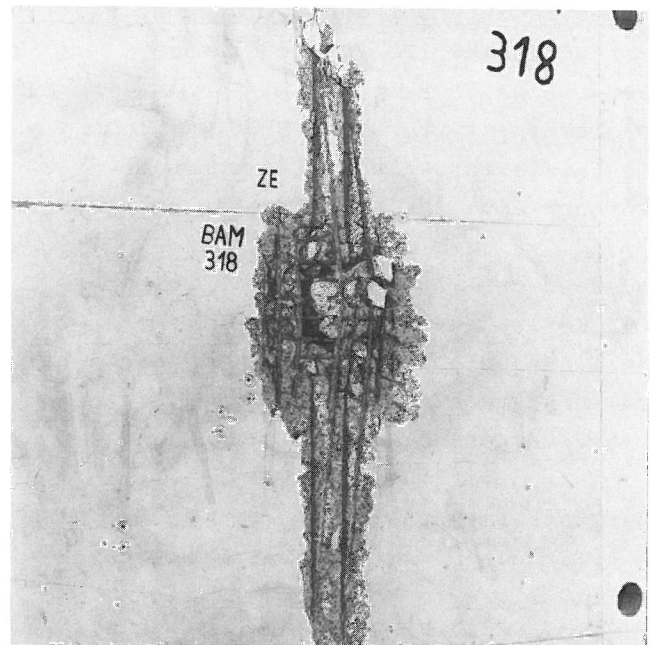
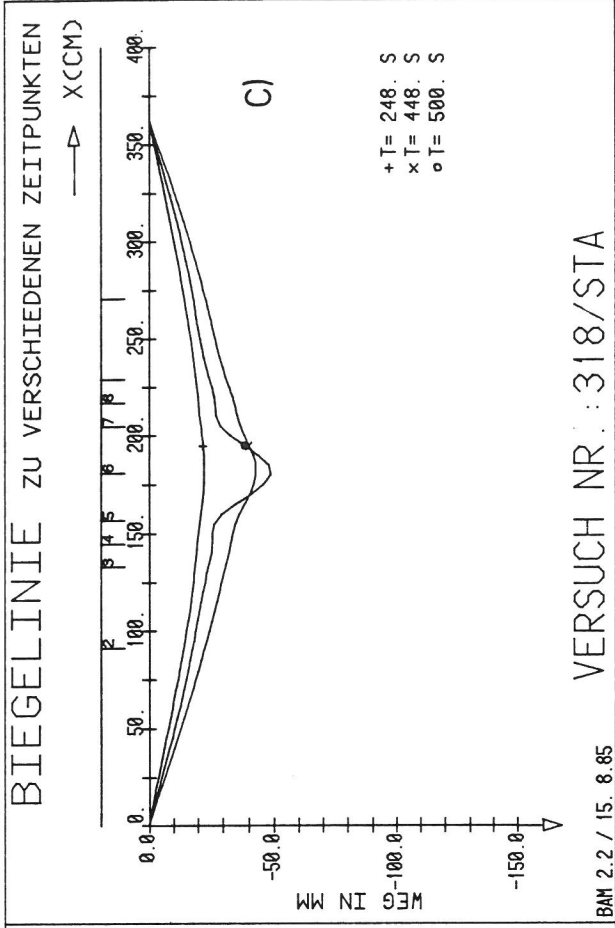
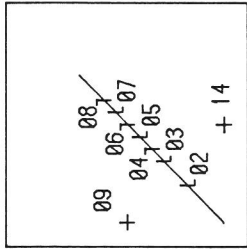
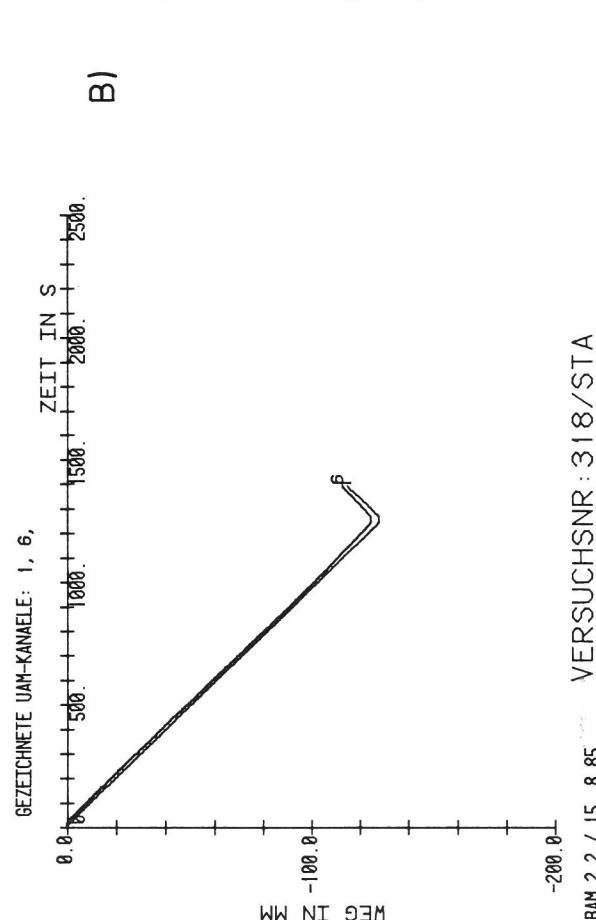
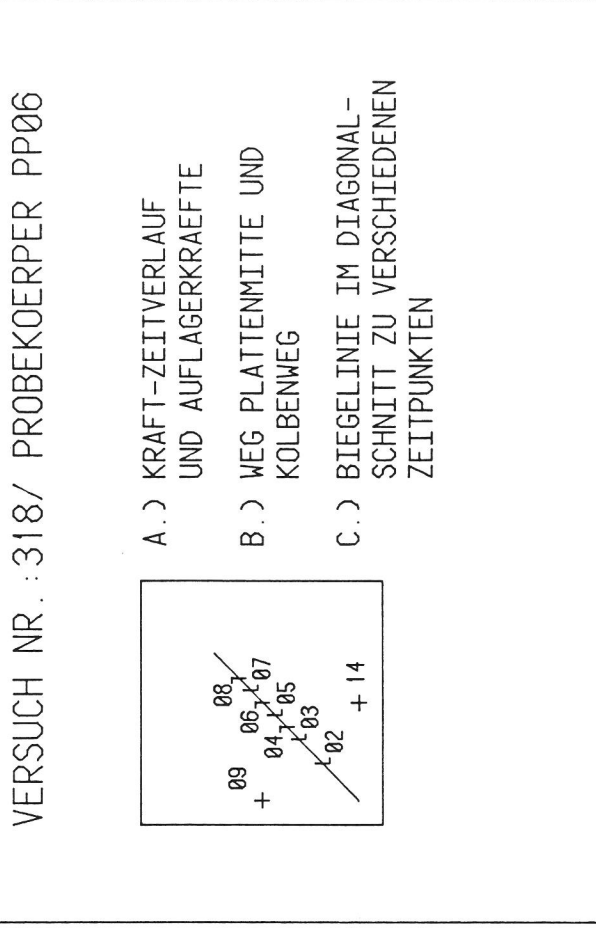


Bild A 6.12/4

Versuch 318, Rückseite der Platte,
Detail Lasteinleitungsbereich

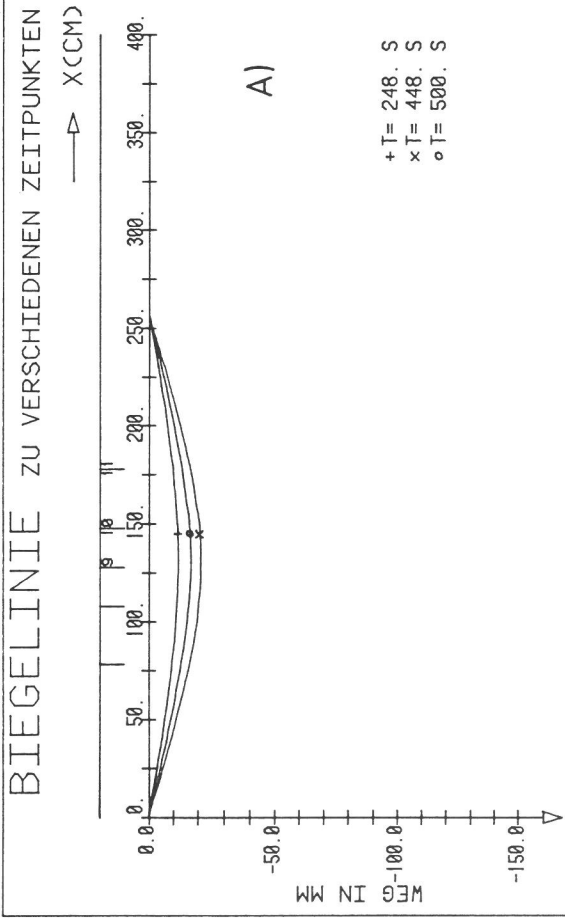


VERSUCH NR.: 318/STA

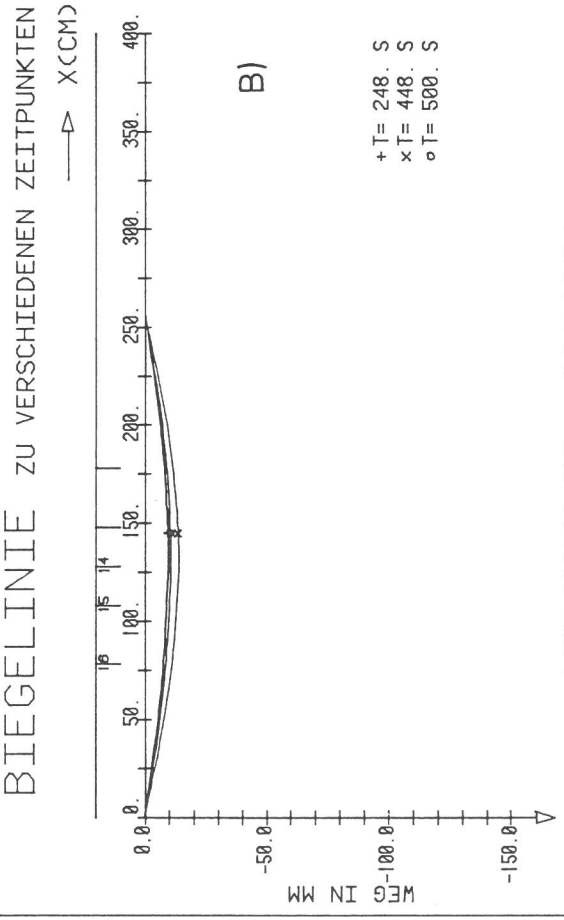


- A.) KRAFT-ZEITVERLAUF UND AUFLAGERKRAEFTE
- B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG
- C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

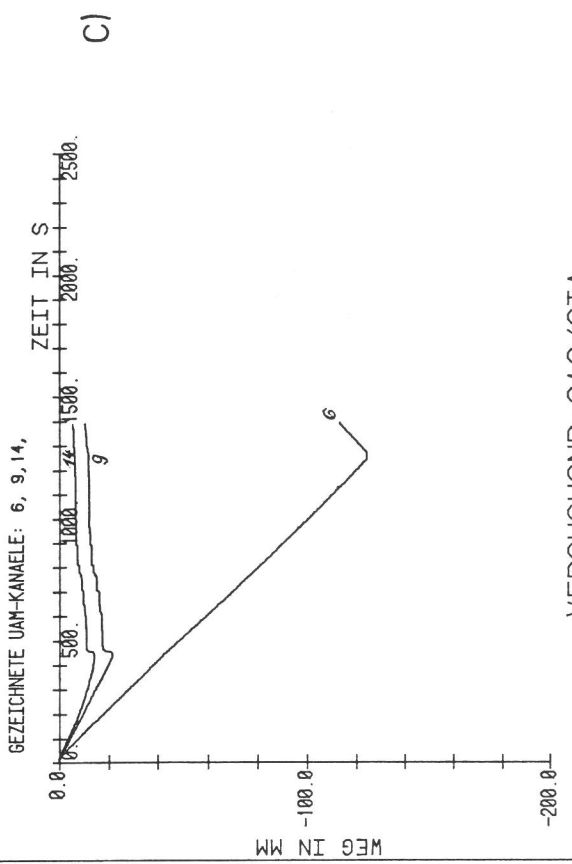
Bild A 6.12/5
Platte 318



BAM 2.2 / 15. 8.85
 VERSUCH NR. : 318/STA



BAM 2.2 / 15. 8.85
 VERSUCH NR. : 318/STA



BAM 2.2 / 15. 8.85
 VERSUCHSNR : 318/STA

VERSUCH NR. : 318/ PROBEKOEPPER PP06

ΔX_2

+ 11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

- A.) RANDVERSCHIEBUNGEN
 X1 = 0, X2
- B.) RANDVERSCHIEBUNGEN
 X2 = 0, X1
- C.) WEG-ZEITVERLAUF

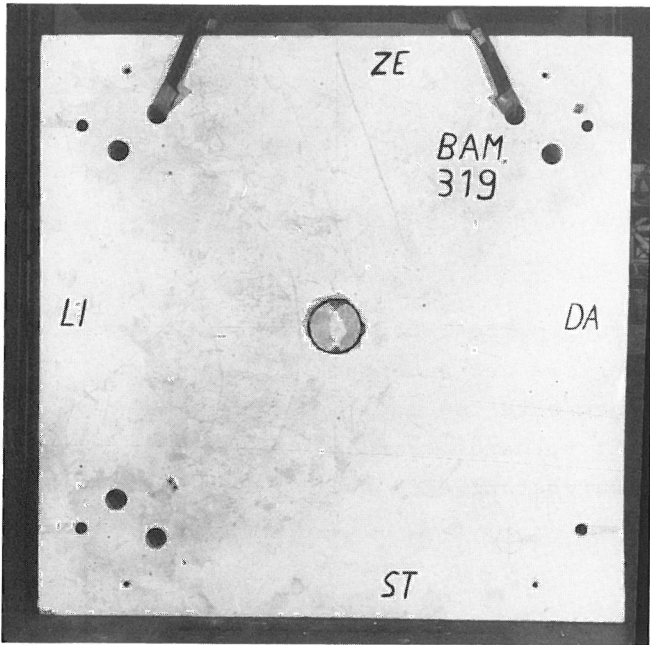


Bild A 6.13/3

Versuch 319, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

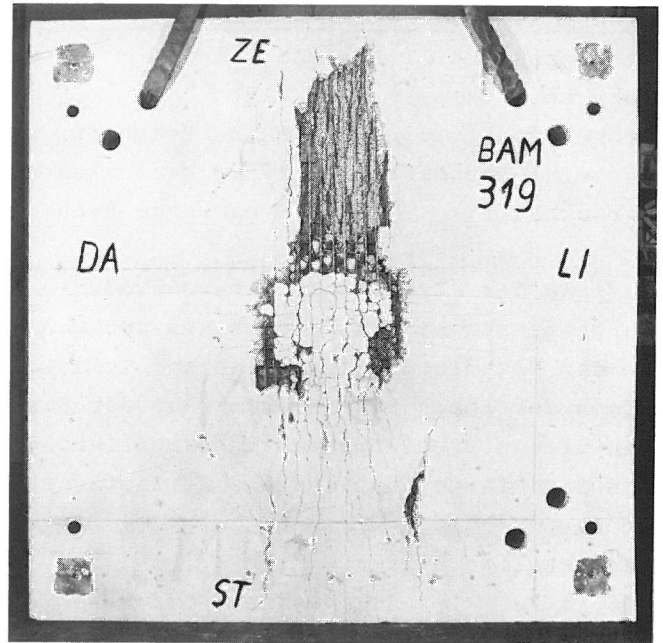


Bild A 6.13/4

Versuch 319, Rückseite der Platte nach Versuchsende

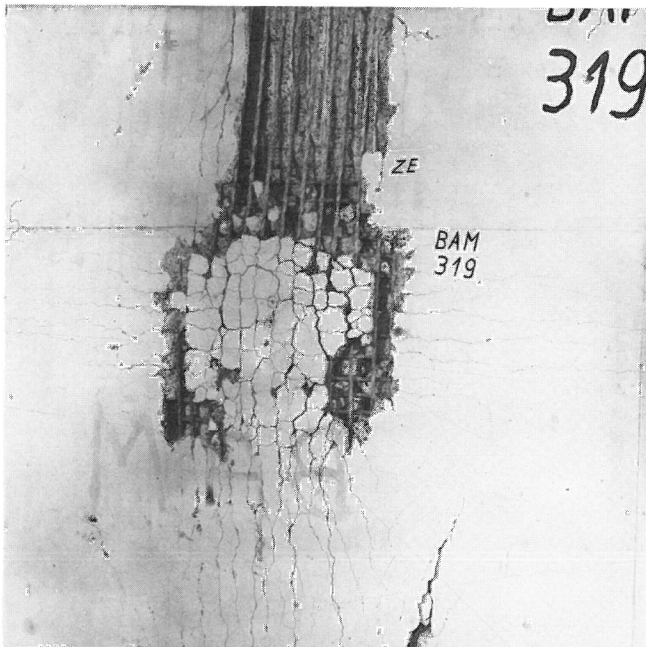


Bild A 6.13/5

Versuch 319, Rückseite der Platte nach Versuchsende, Detail Lasteinleitungsbereich



Bild A 6.13/6

Versuch 319, Rückseite der Platte, Detail des Mittelbereichs, lose Betonteile entfernt sowie untere Bewehrung abgetrennt

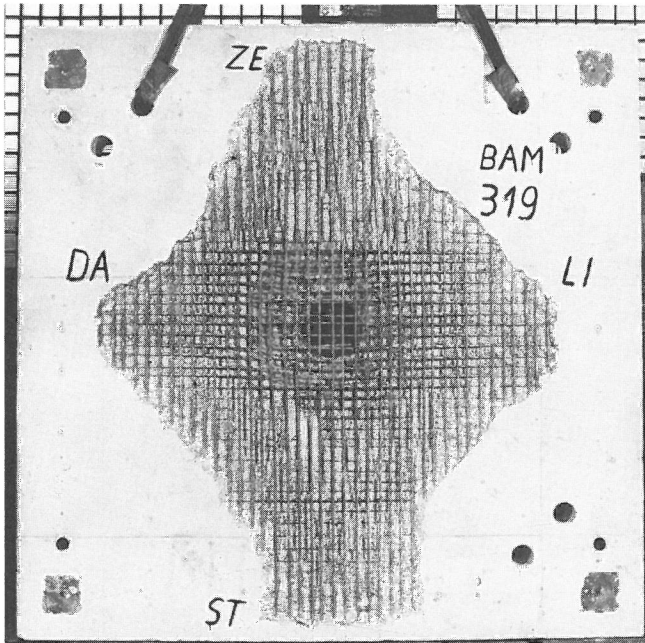


Bild A 6.13/7

Versuch 319, Rückseite der Platte,
lose Betonteile entfernt

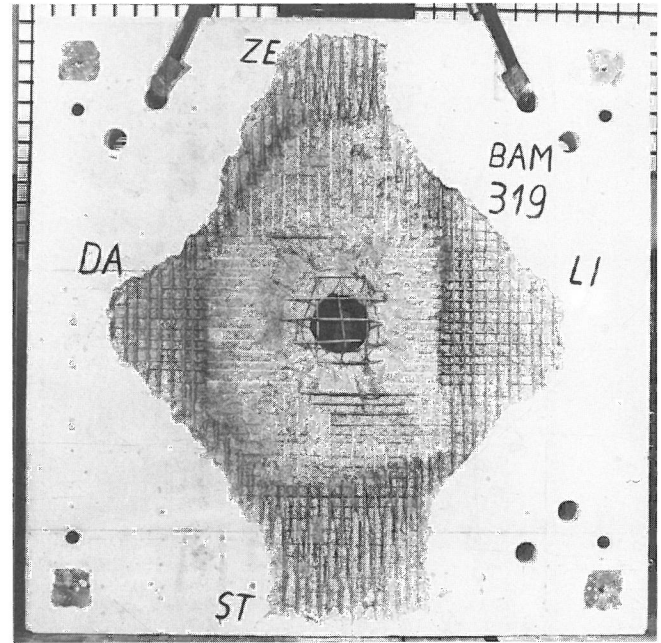
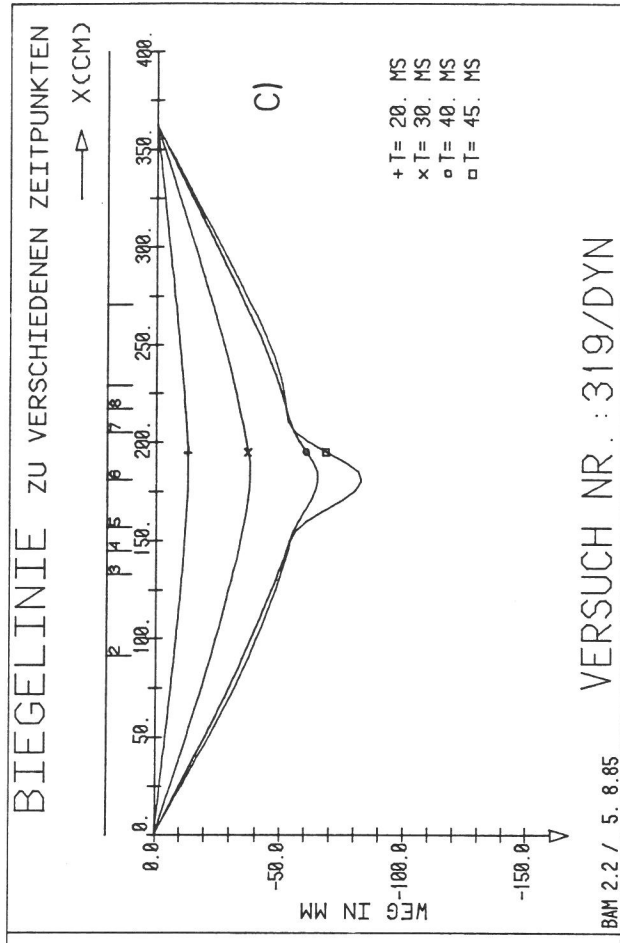


Bild A 6.13/8

Versuch 319, Rückseite der Platte,
lose Betonteile entfernt und äußere
Bewehrung abgetrennt, um den Bereich
des Durchstanzkegels sichtbar zu
machen



VERSUCH NR. : 319/DYN

BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCH NR. : 319/ PROBEKOEPPER PP05

A.) KRAFT-ZEITVERLAUF UND AUFLAGERKRAEFTE

B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG

C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

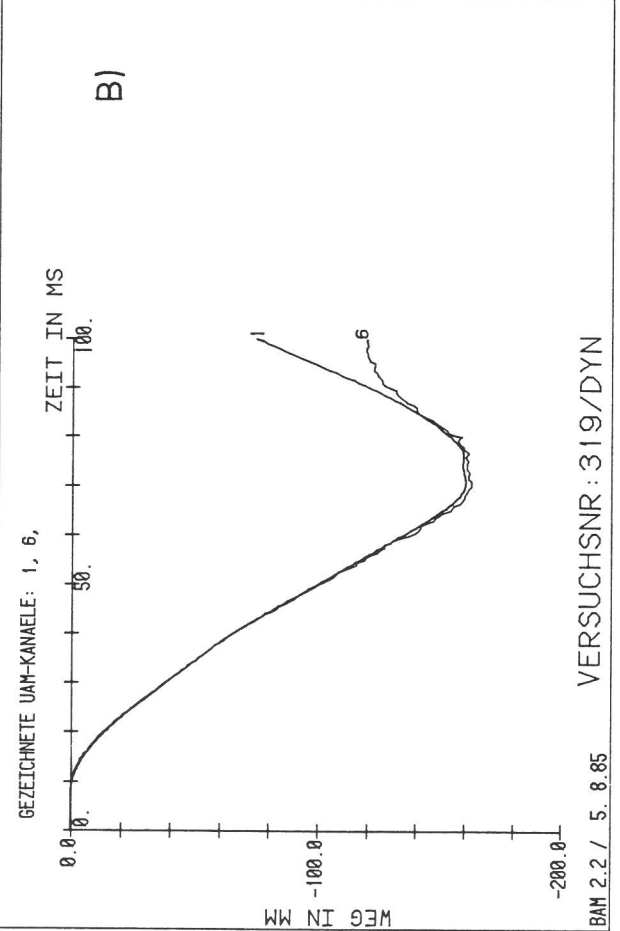
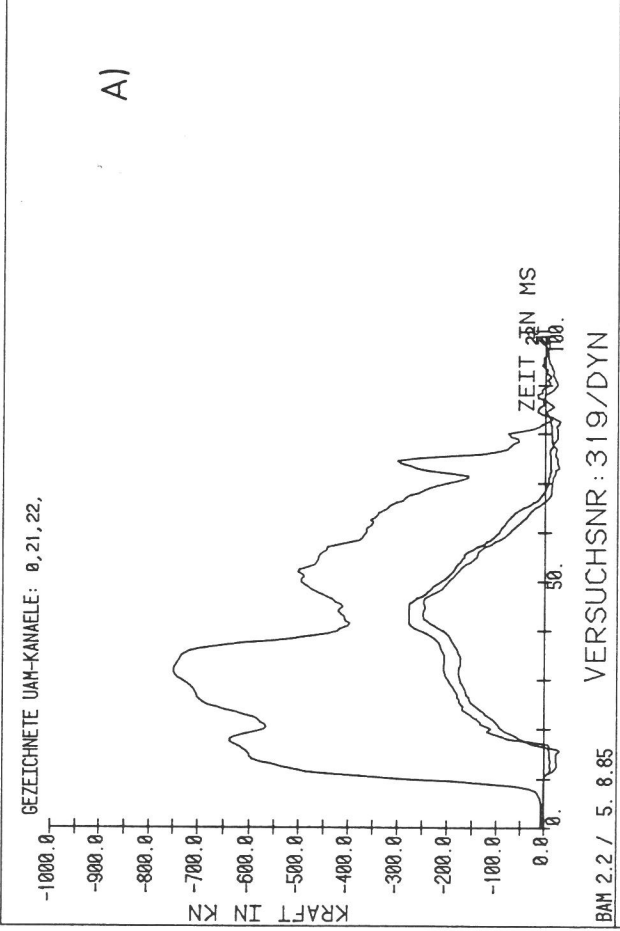
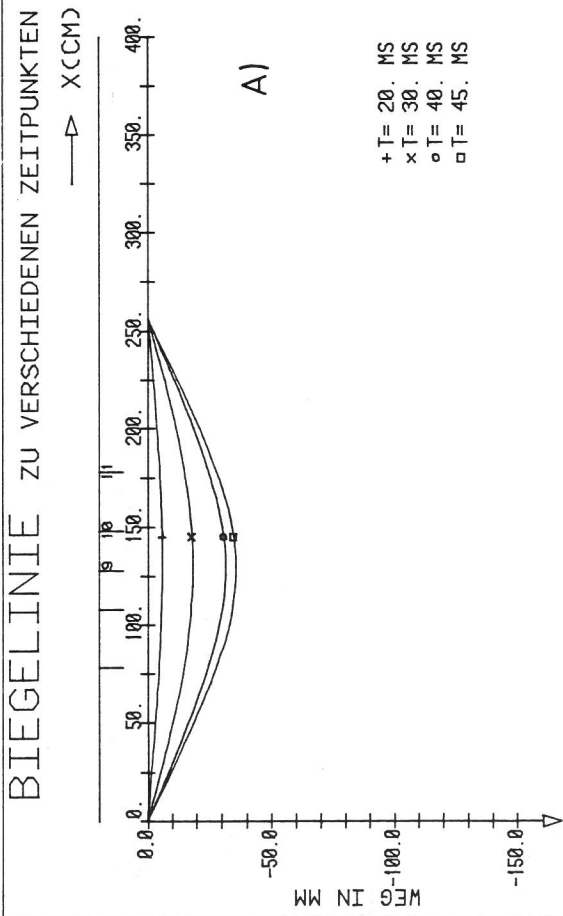
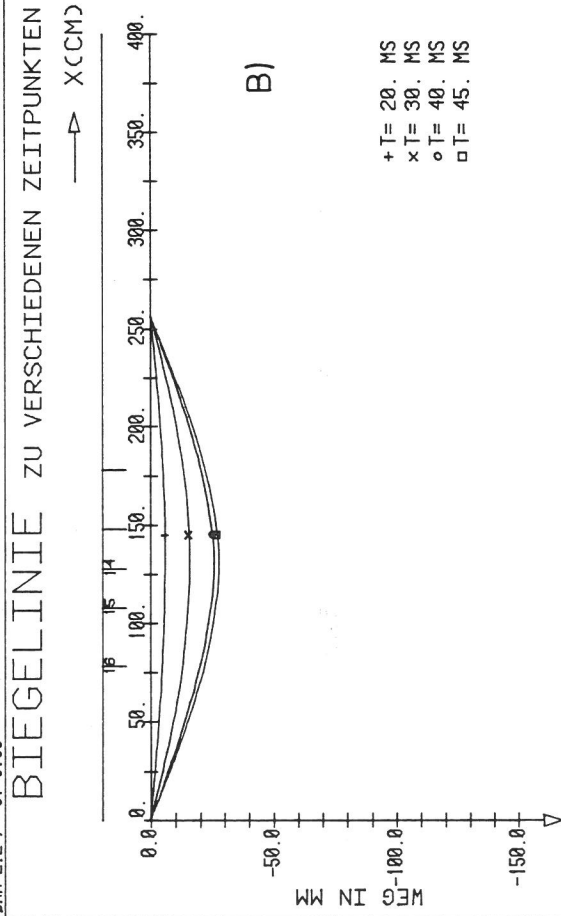


Bild A 6.13/9
Platte 319



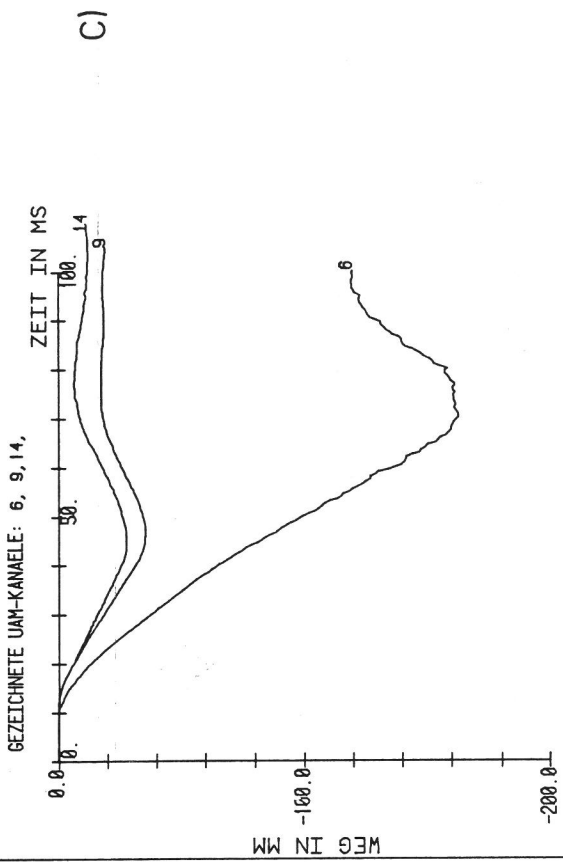
BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCH NR. : 319/DYN



BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCH NR. : 319/DYN

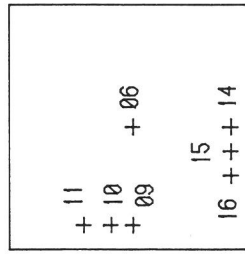


BAM 2.2 / 5. 8.85

VERSUCHSNR: 319/DYN

VERSUCH NR. : 319/ PROBEKOEPPER PP05

ΔX_2



A.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X1 = 0, X2

B.) RANDVERSCHIEBUNGEN

X2 = 0, X1

▷ X₁ C.) WEG-ZEITVERLAUF

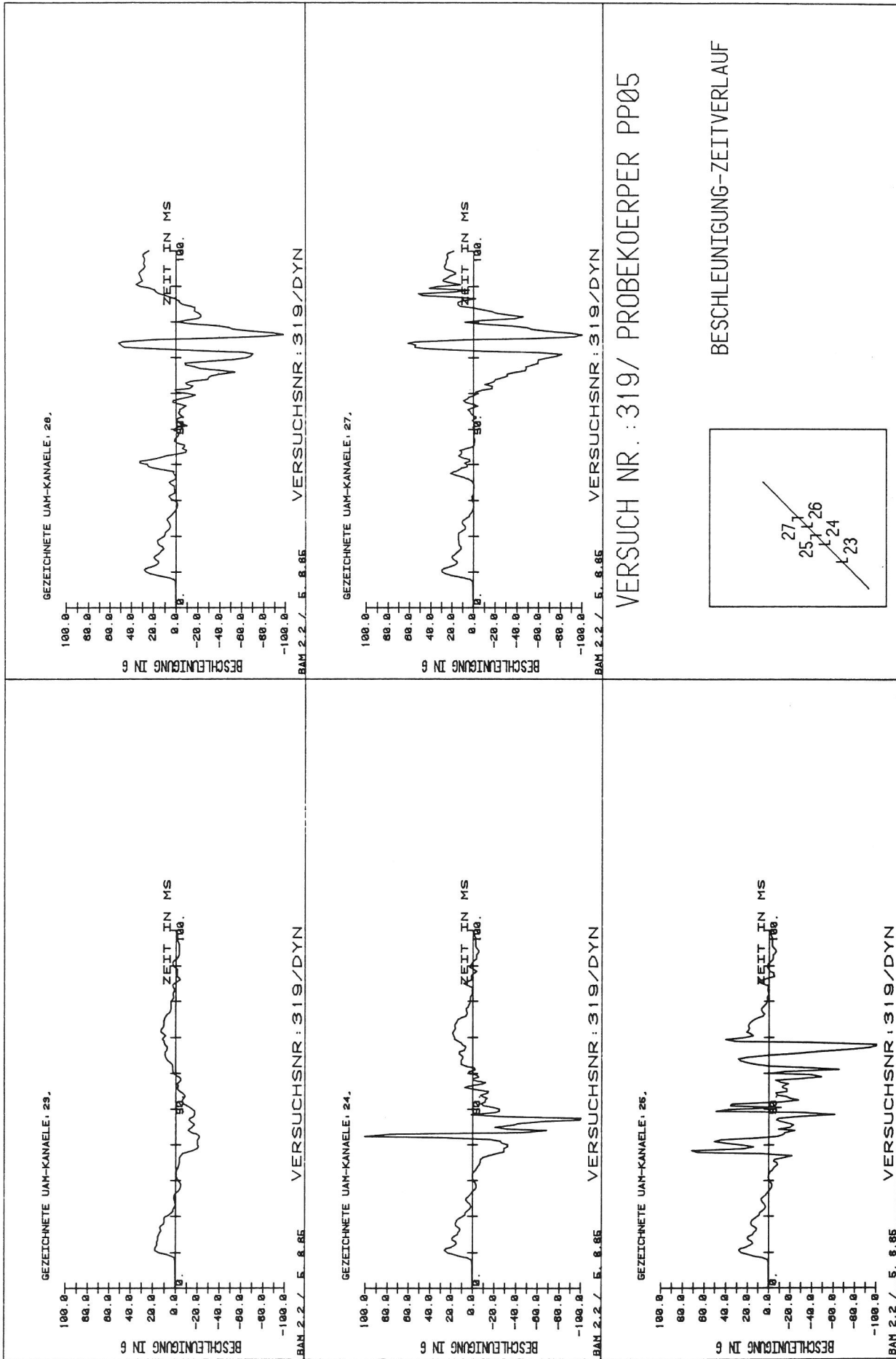


Bild A 6.13/11
Platte 319

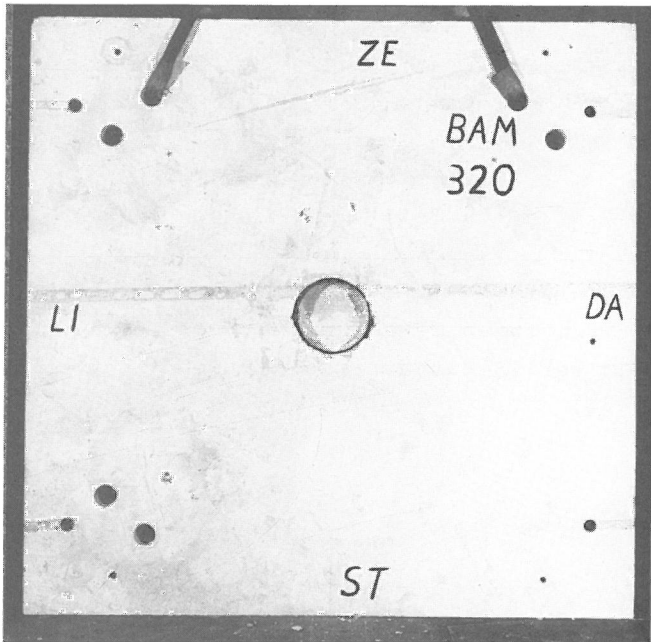


Bild A 6.14/3

Versuch 320, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

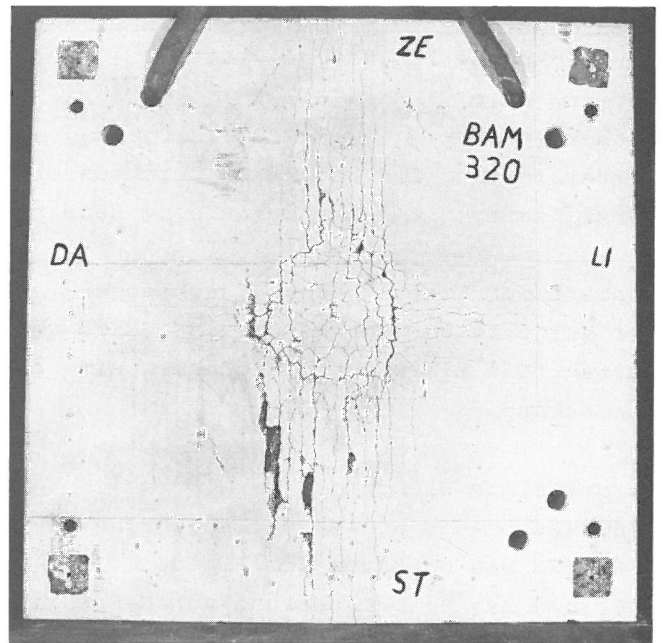


Bild A 6.14/4

Versuch 320, Rückseite der Platte nach Versuchsende



Bild A 6.14/5

Versuch 320, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

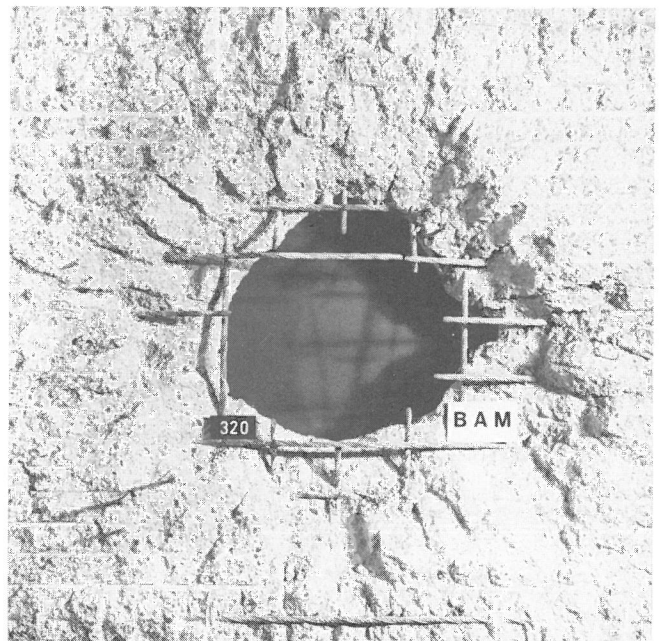
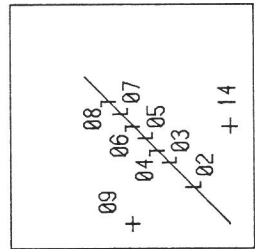
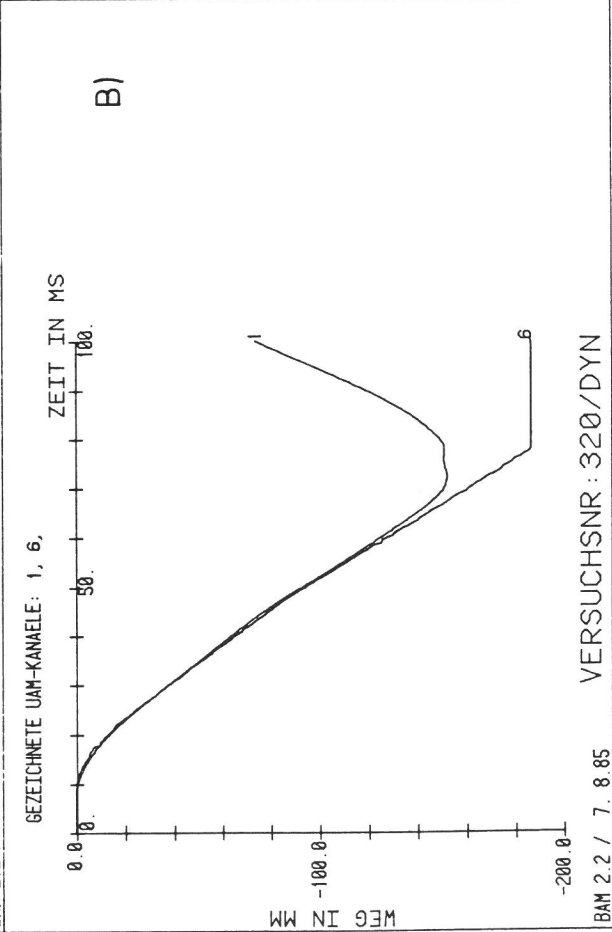
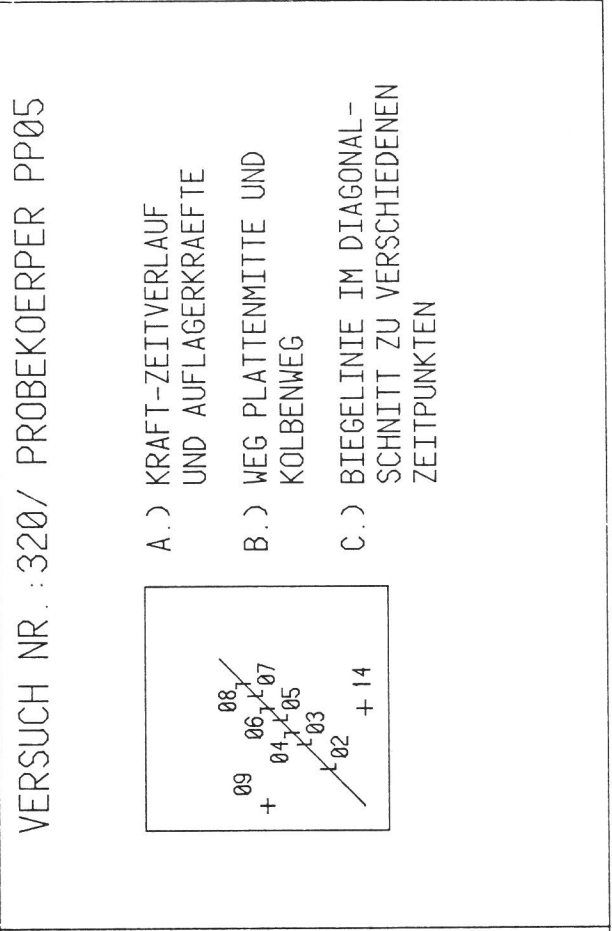
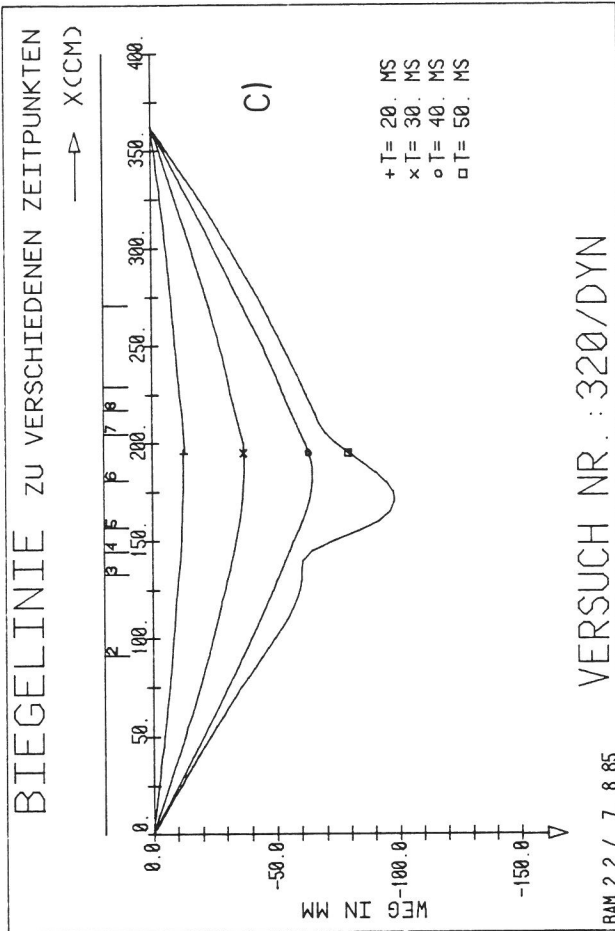


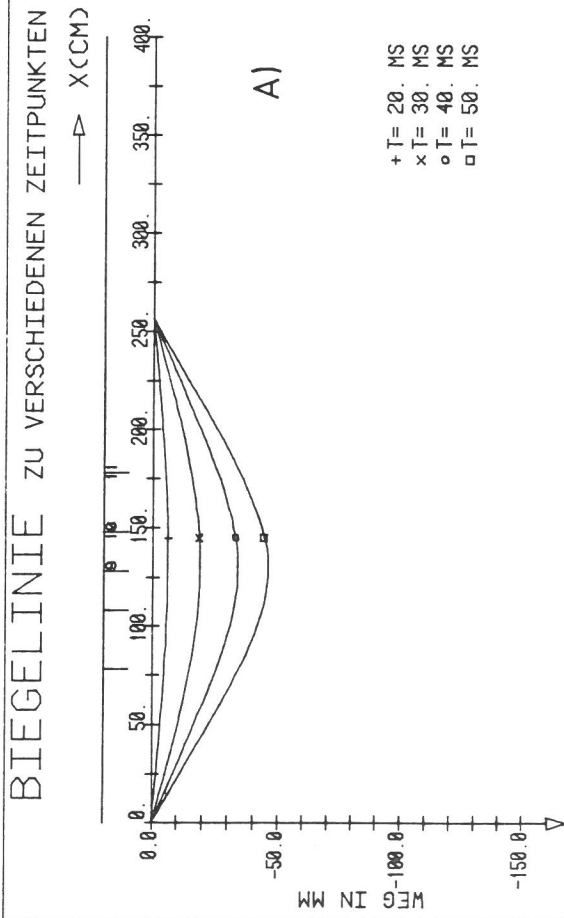
Bild A 6.14/6

Versuch 320, Rückseite der Platte Detail des Mittelbereichs, lose Betonteile entfernt sowie äußere Bewehrung abgetrennt

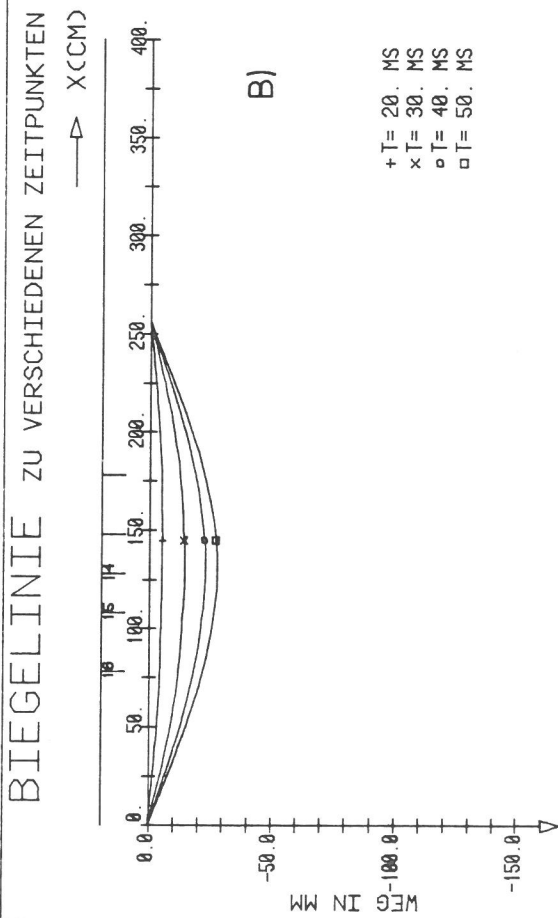


- A.) KRAFT-ZEITVERLAUF UND AUFLAGERKRAEFTE
- B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG
- C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

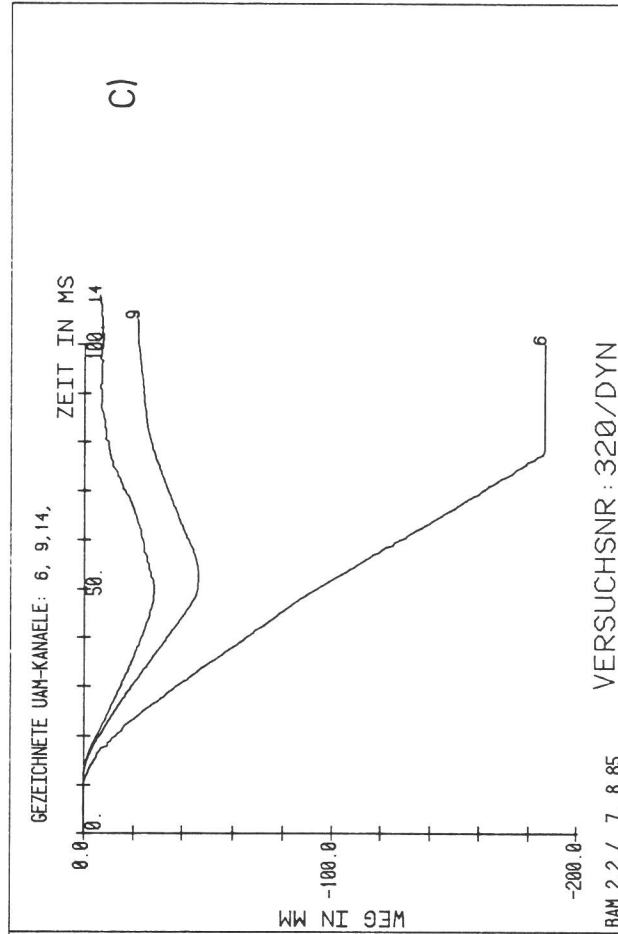
Bild A 6.14/7
Platte 320



BAM 2.2 / 7. 8.85 VERSUCH NR. : 320/DYN



BAM 2.2 / 7. 8.85 VERSUCH NR. : 320/DYN



VERSUCH NR. : 320/ PROBEKOEPPER PP05

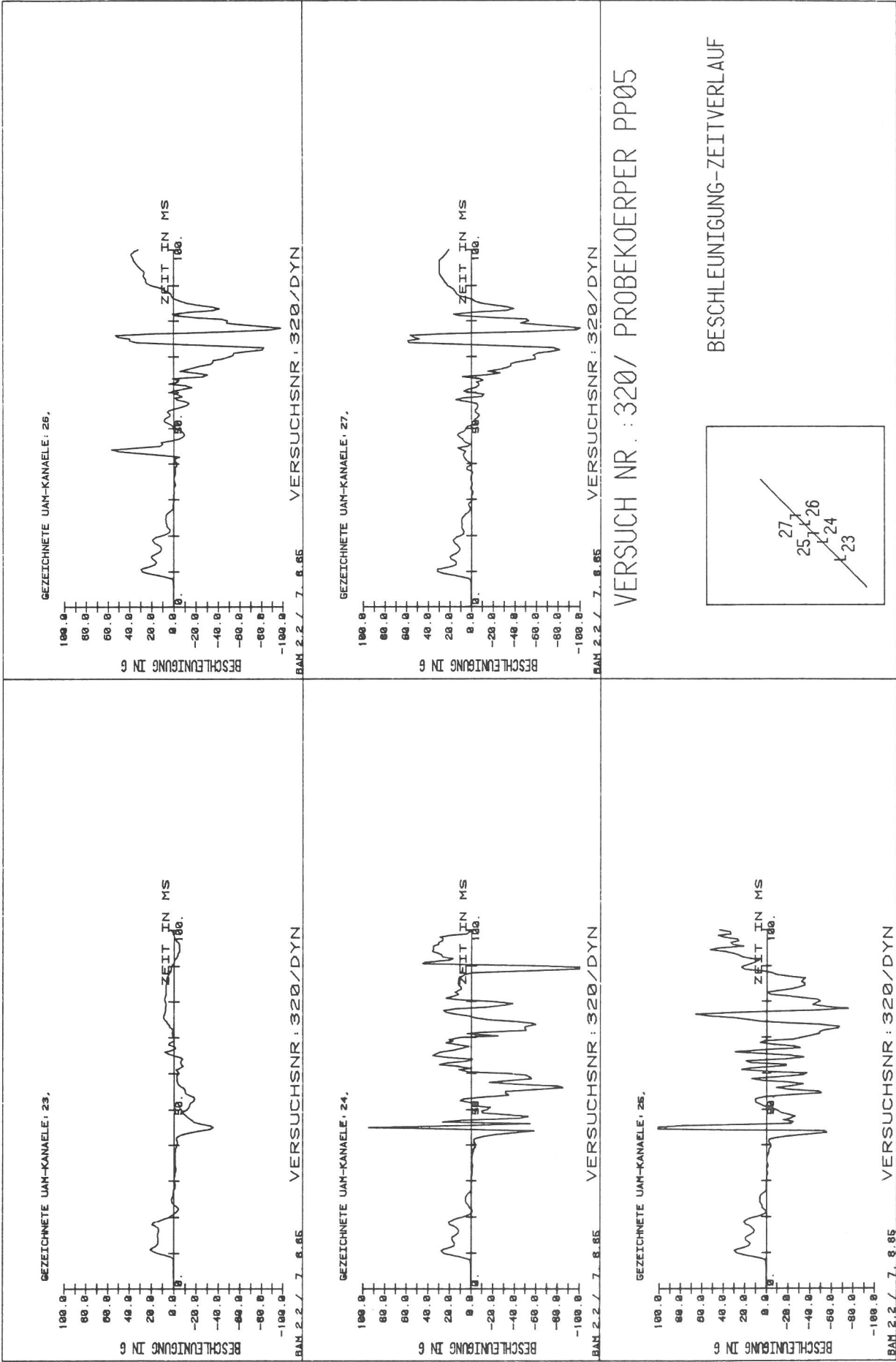
ΔX_2

+ 11	
+ 10	+ 06
+ 09	
15	
16	+ + + 14

$\triangle X_1$

A.) RANDVERSCHIEBUNGEN $X1 = 0, X2$
 B.) RANDVERSCHIEBUNGEN $X2 = 0, X1$
 C.) WEG-ZEITVERLAUF

Bild A 6.14/9
 Platte 320



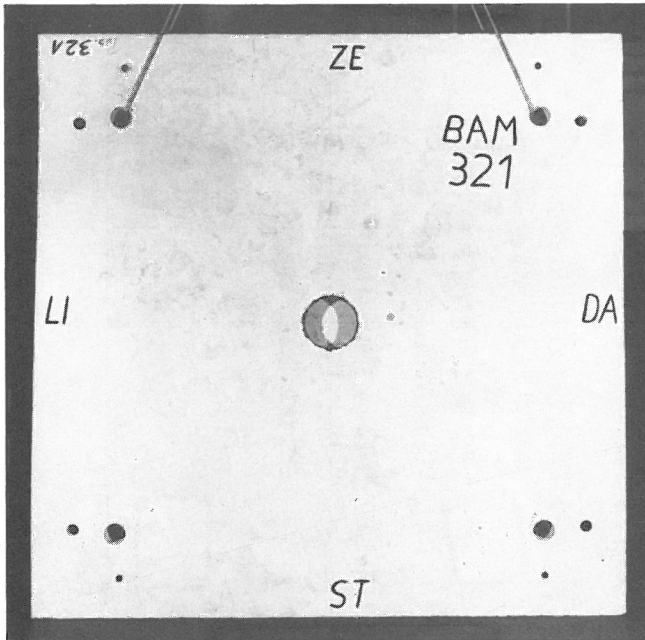


Bild A 6.15/3

Versuch 321, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

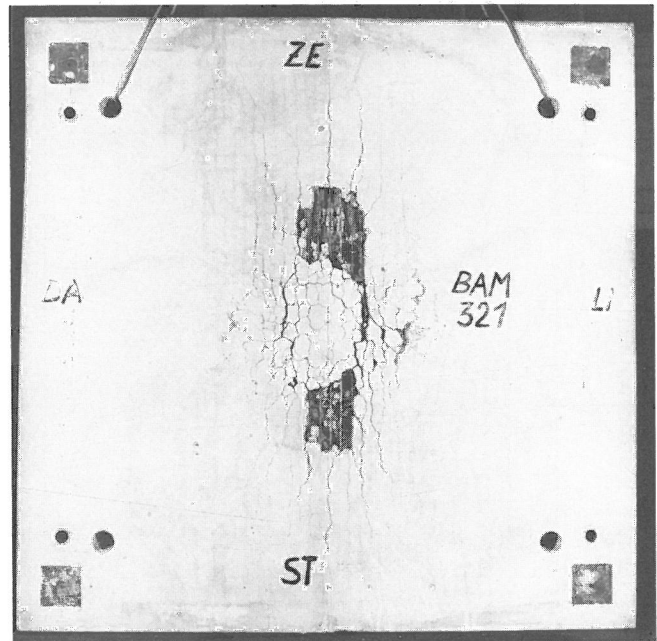


Bild A 6.15/4

Versuch 321, Rückseite der Platte nach Versuchsende

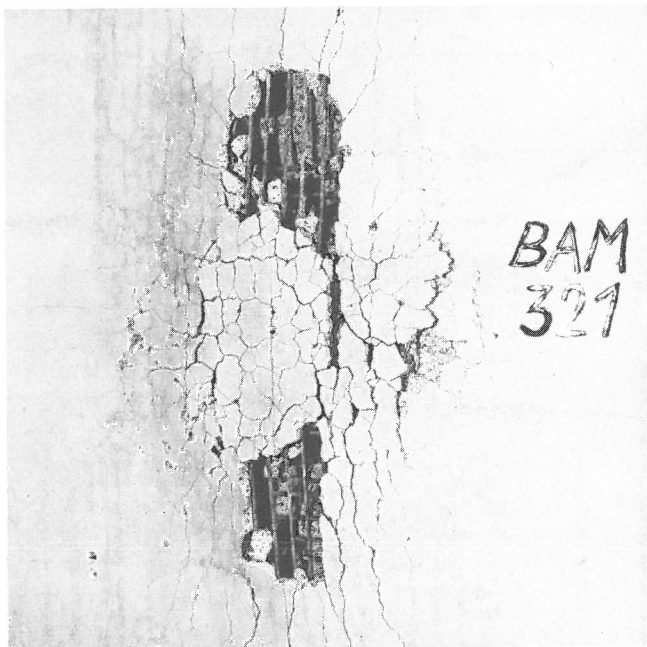


Bild A 6.15/5

Versuch 321, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich

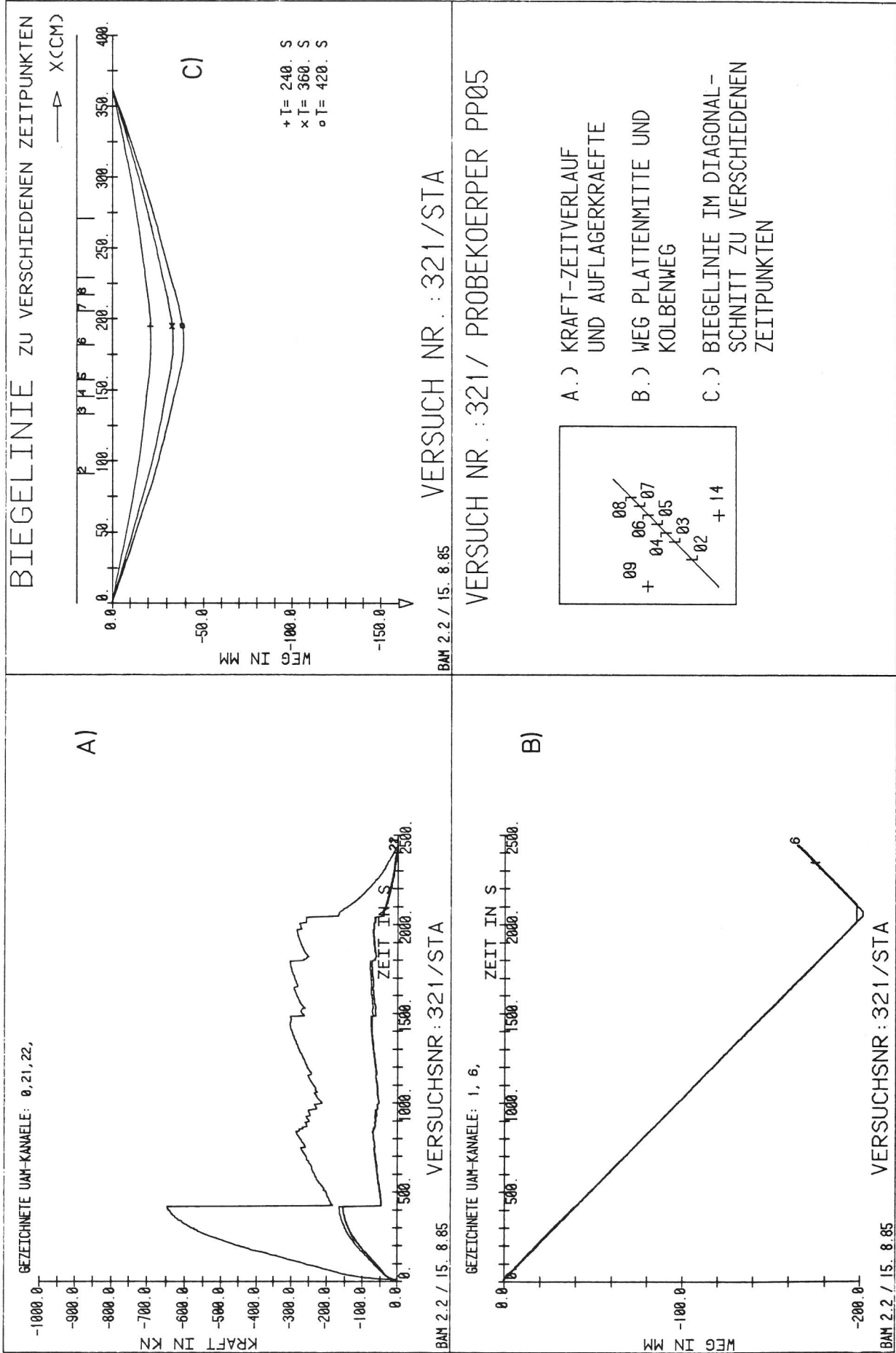


Bild A 6.15/6
Platte 321

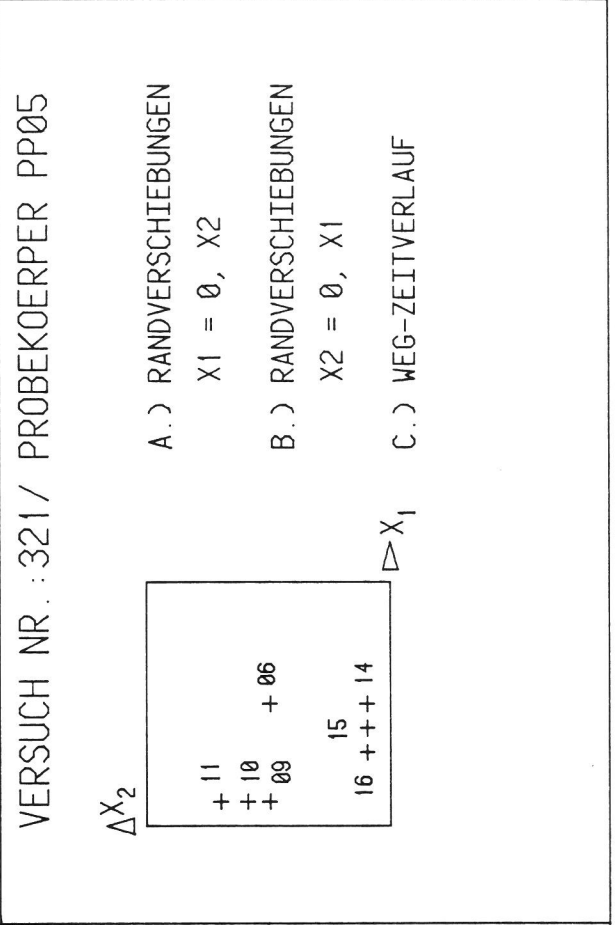
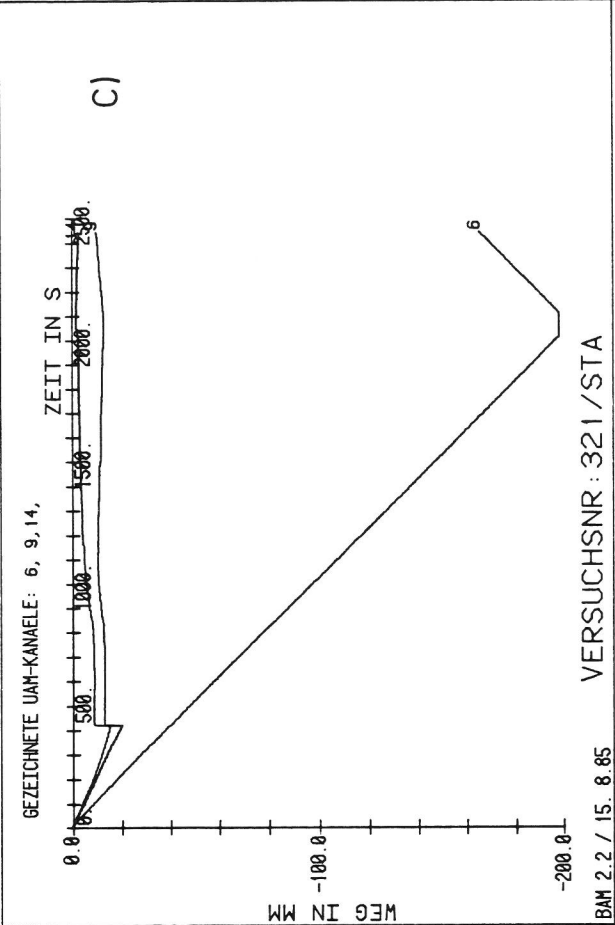
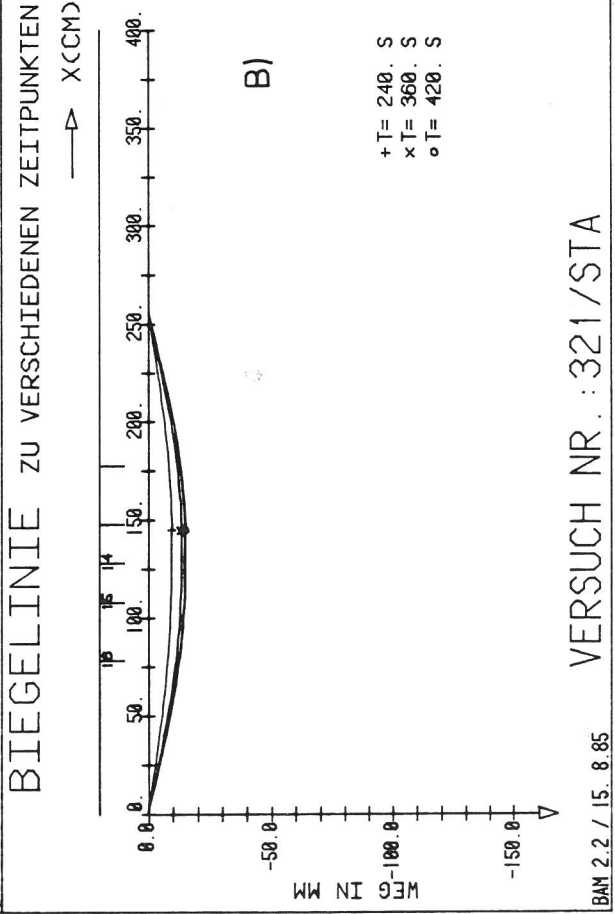
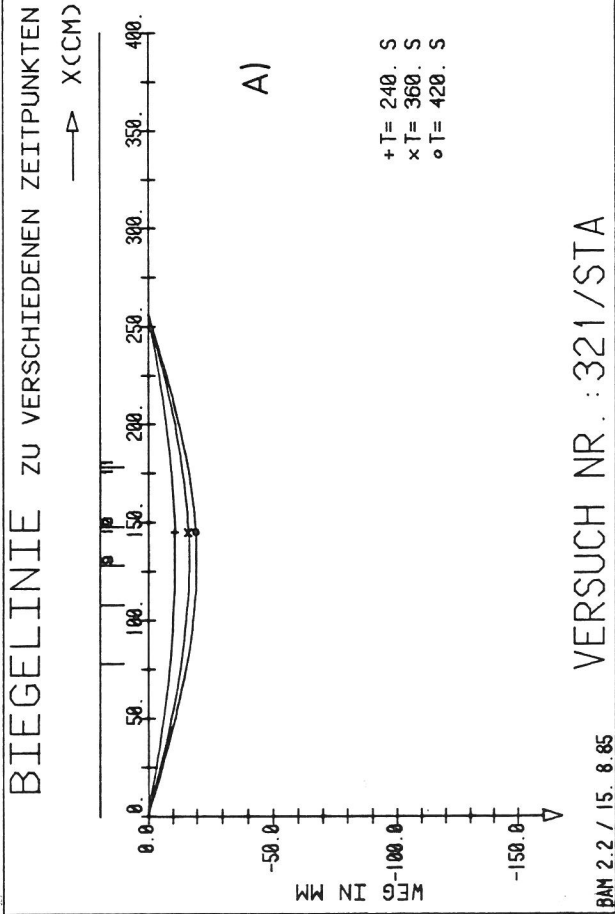


Bild A 6.15/7
 Platte 321

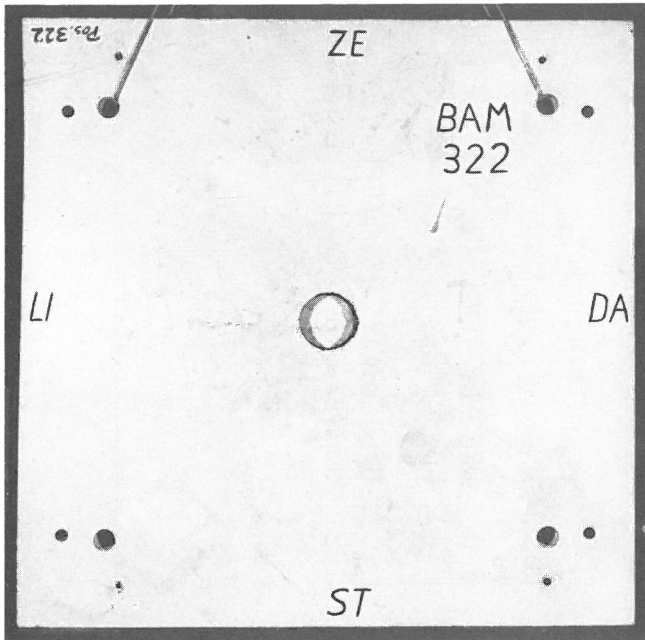


Bild A 6.16/3

Versuch 322, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

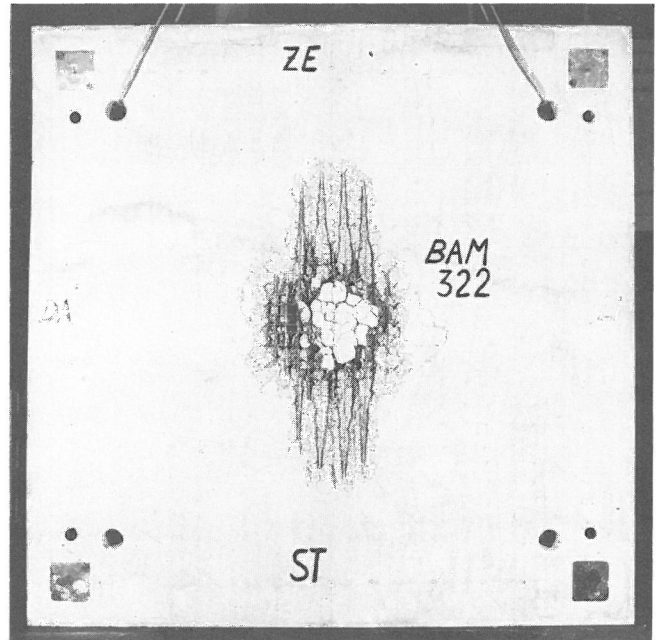


Bild A 6.16/4

Versuch 322, Rückseite der Platte nach Versuchsende

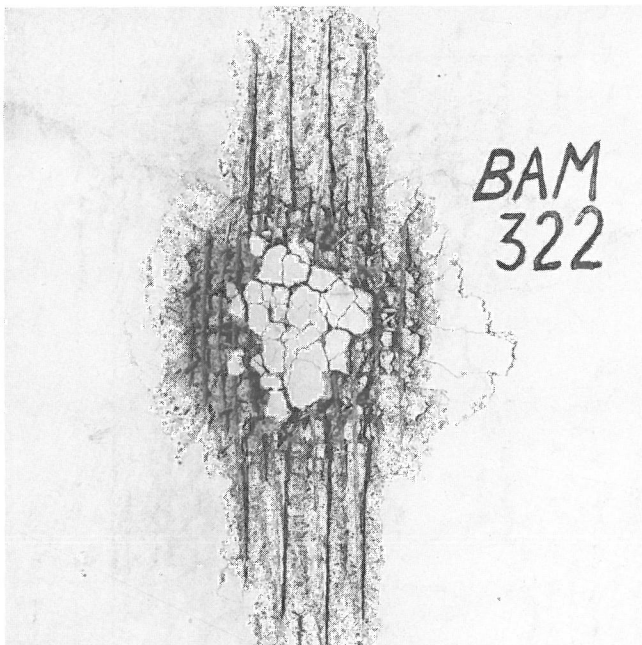
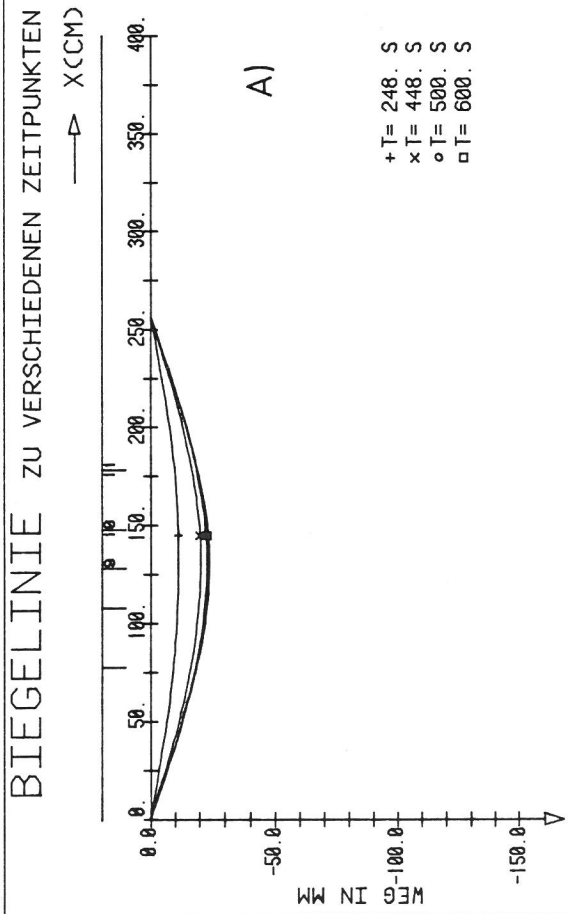
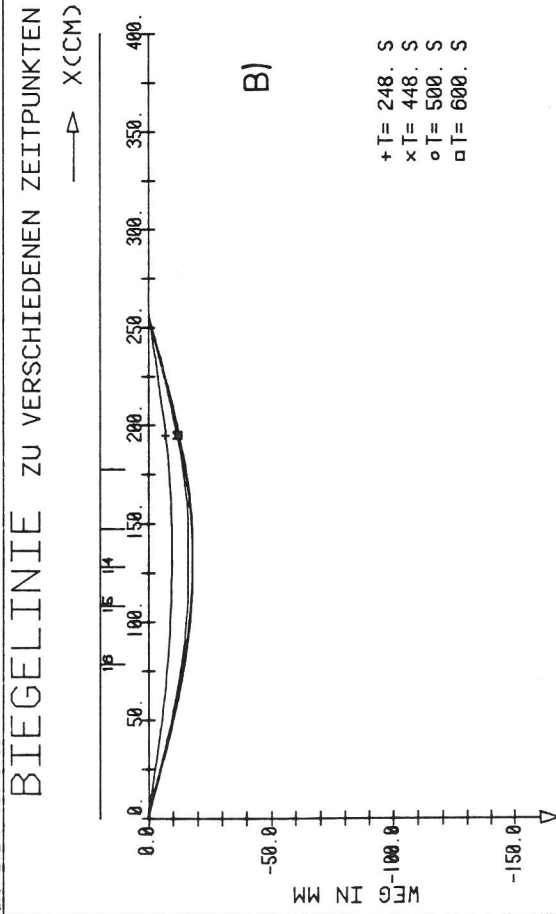


Bild A 6.16/5

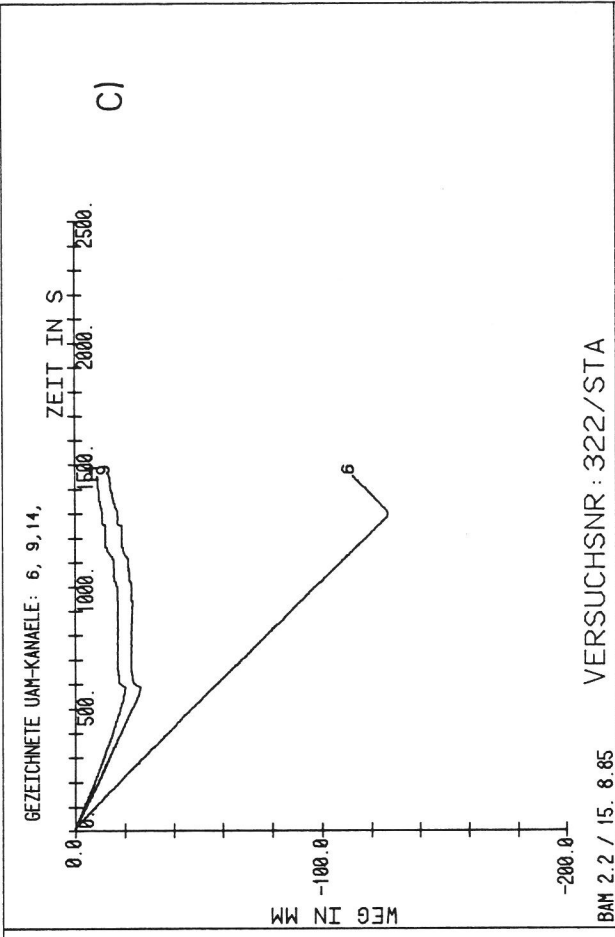
Versuch 322, Rückseite der Platte, Detail Lasteinleitungsbereich



BAM 2.2 / 15. 8.85 VERSUCH NR. : 322/STA



BAM 2.2 / 15. 8.85 VERSUCH NR. : 322/STA



BAM 2.2 / 15. 8.85 VERSUCHSNR : 322/STA

VERSUCH NR. : 322/ PROBEKOEPPER PP07

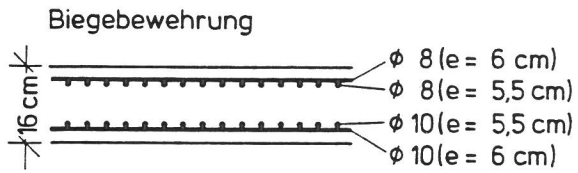
ΔX_2

+ 11	
+ 10	+ 06
+ 09	
	15
16	+ + + 14

- A.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X1 = 0, X2
- B.) RANDVERSCHIEBUNGEN
X2 = 0, X1
- C.) WEG-ZEITVERLAUF

Bild A 6.16/7
Platte 322

Platte: Typ PP09



Schubbewehrung
keine

Bewehrungsstahl BSt 420/500 RK

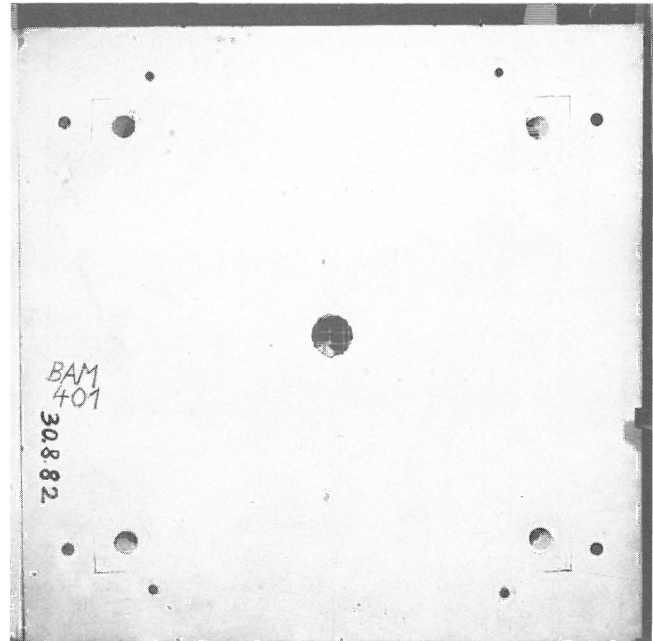


Bild A 8.1/3

Versuch 401, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

Bild A 8.1/2

Bewehrung der Platte für Versuch 401 (schematisch)

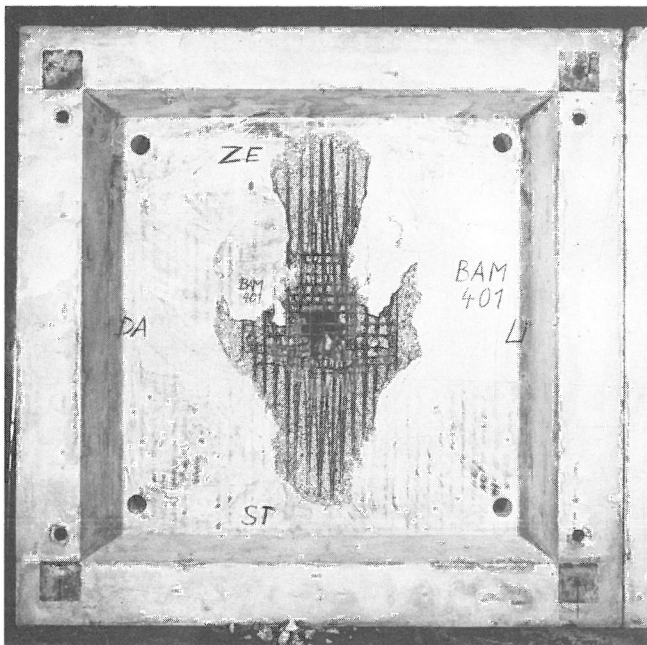


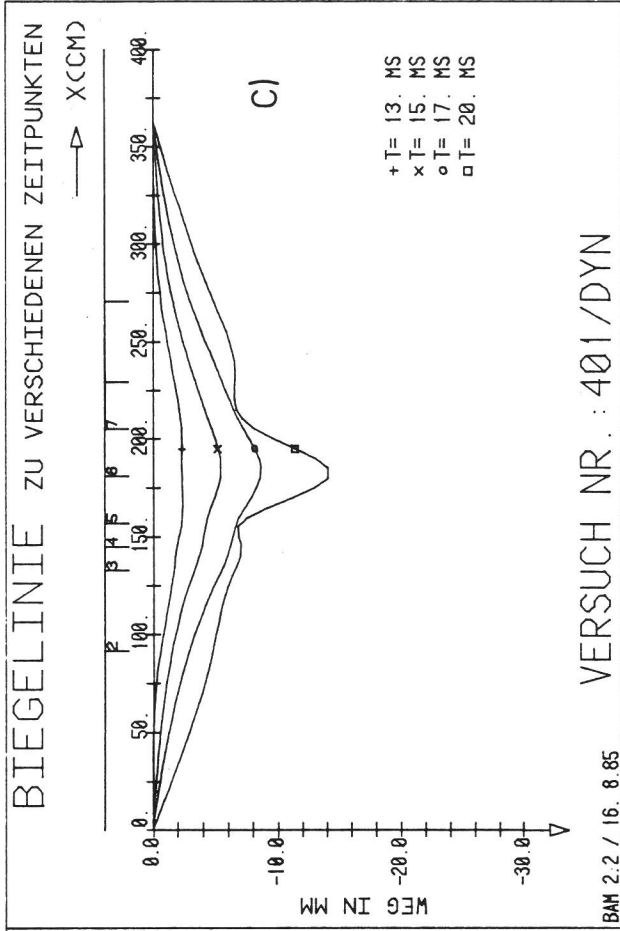
Bild A 8.1/4

Versuch 401, Rückseite der Platte nach Versuchsende



Bild A 8.1/5

Versuch 401, Rückseite der Platte nach Versuchsende, Ausschnitt



VERSUCH NR. : 401/DYN

BAM 2.2 / 16. 8. 85

VERSUCH NR. : 401/ PROBEKOEPPER PP09

A.) KRAFT-ZEITVERLAUF

B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG

C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

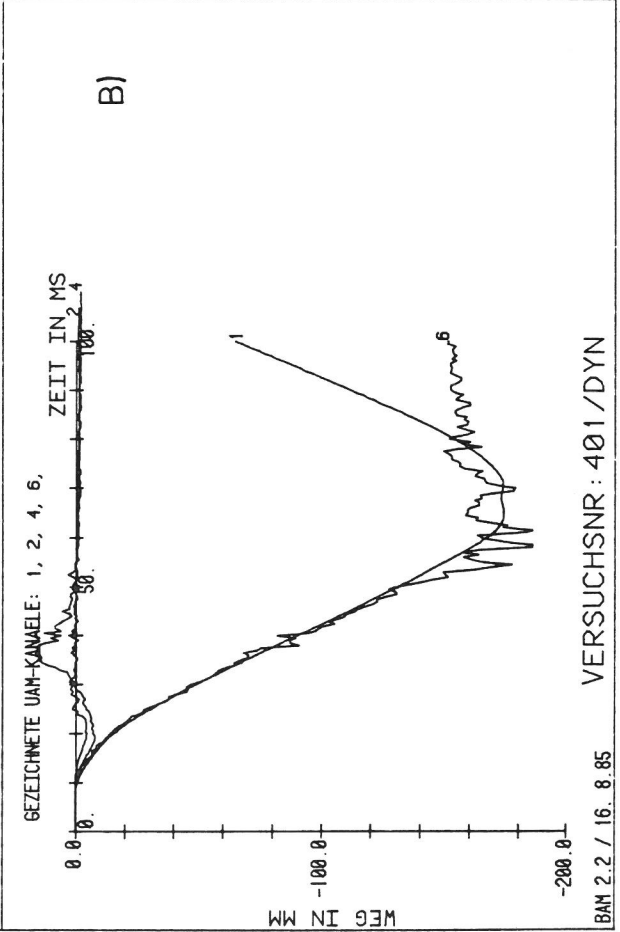
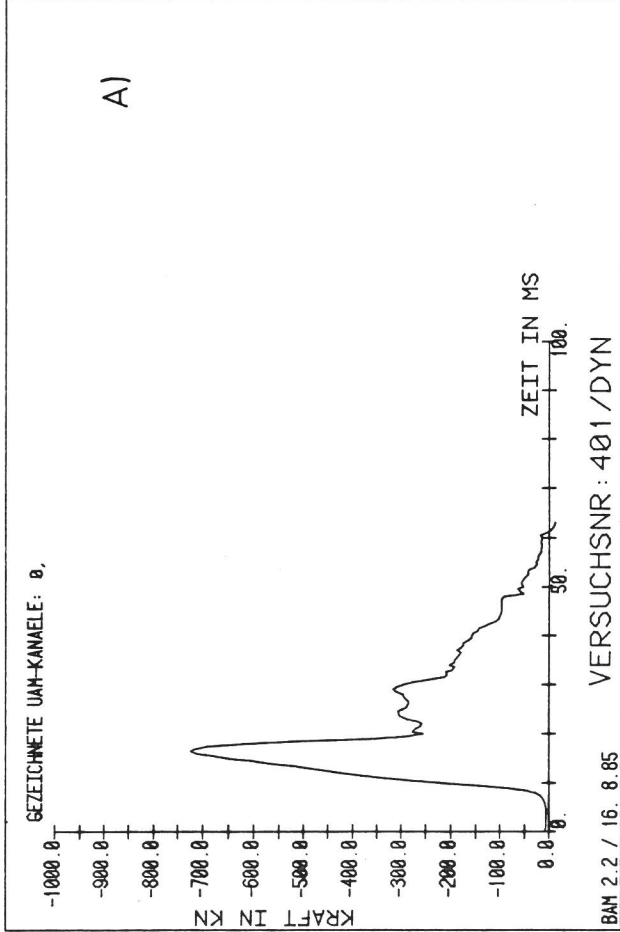


Bild A 8.1/6
Versuch 401

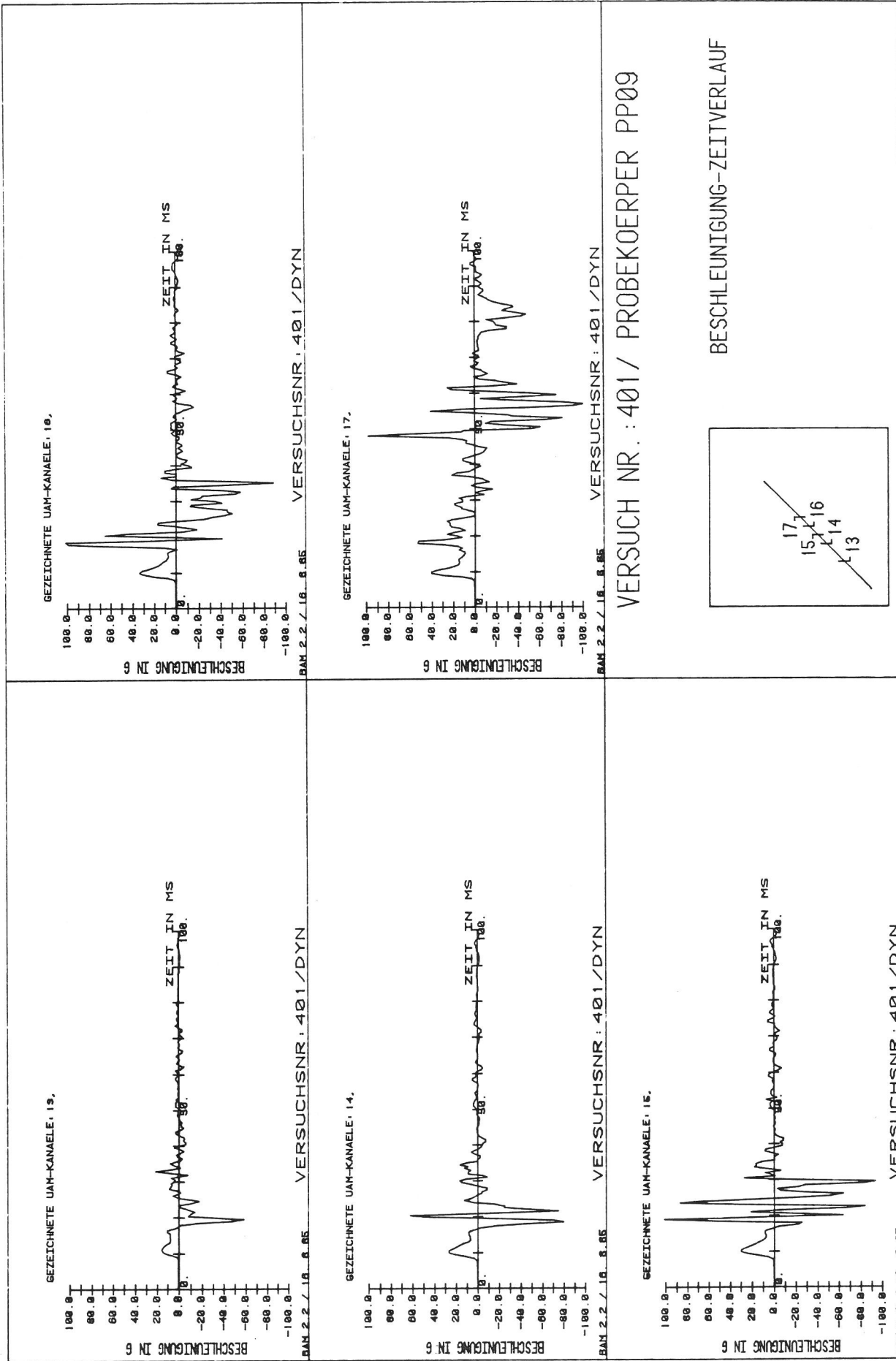


Bild A 8.1/7
Versuch 401

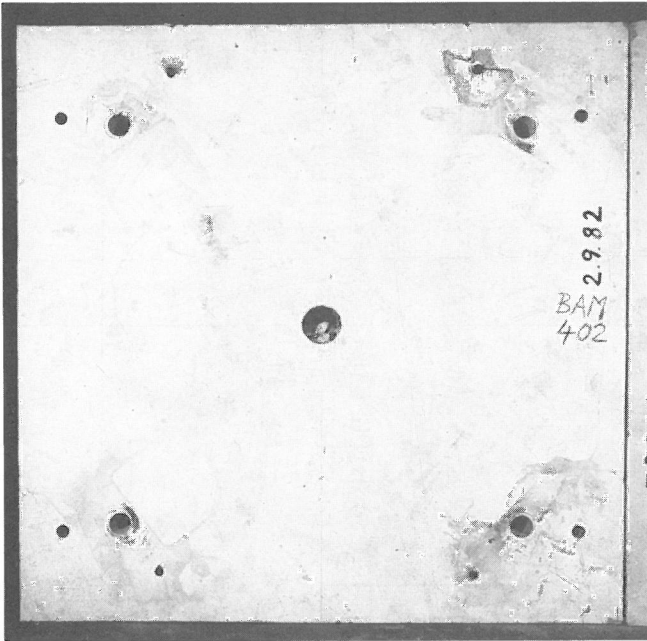


Bild A 8.2/3
Versuch 402, Vorderansicht der Platte
nach Versuchsende

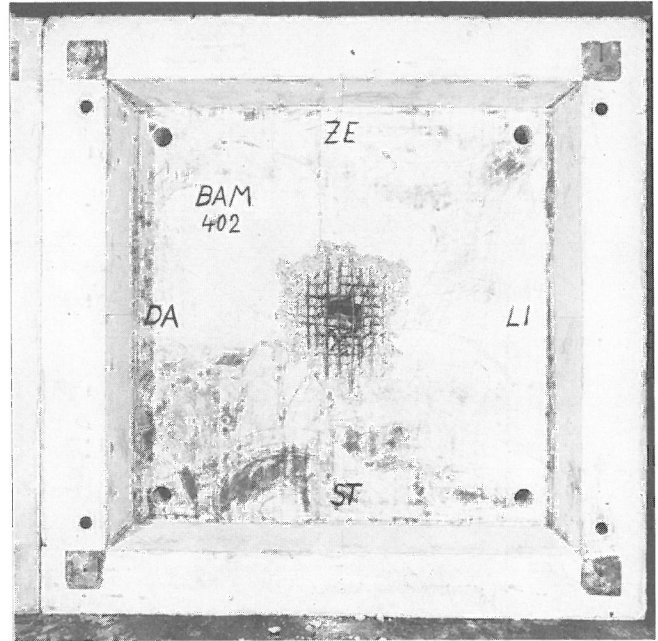


Bild A 8.2/4
Versuch 402, Rückseite der Platte
nach Versuchsende

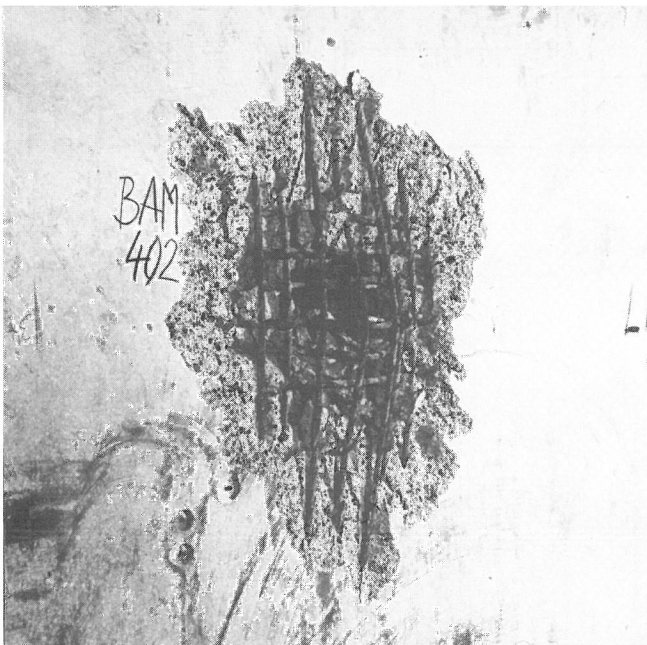


Bild A 8.2/5
Versuch 402, Rückseite der Platte
nach Versuchsende, Ausschnitt

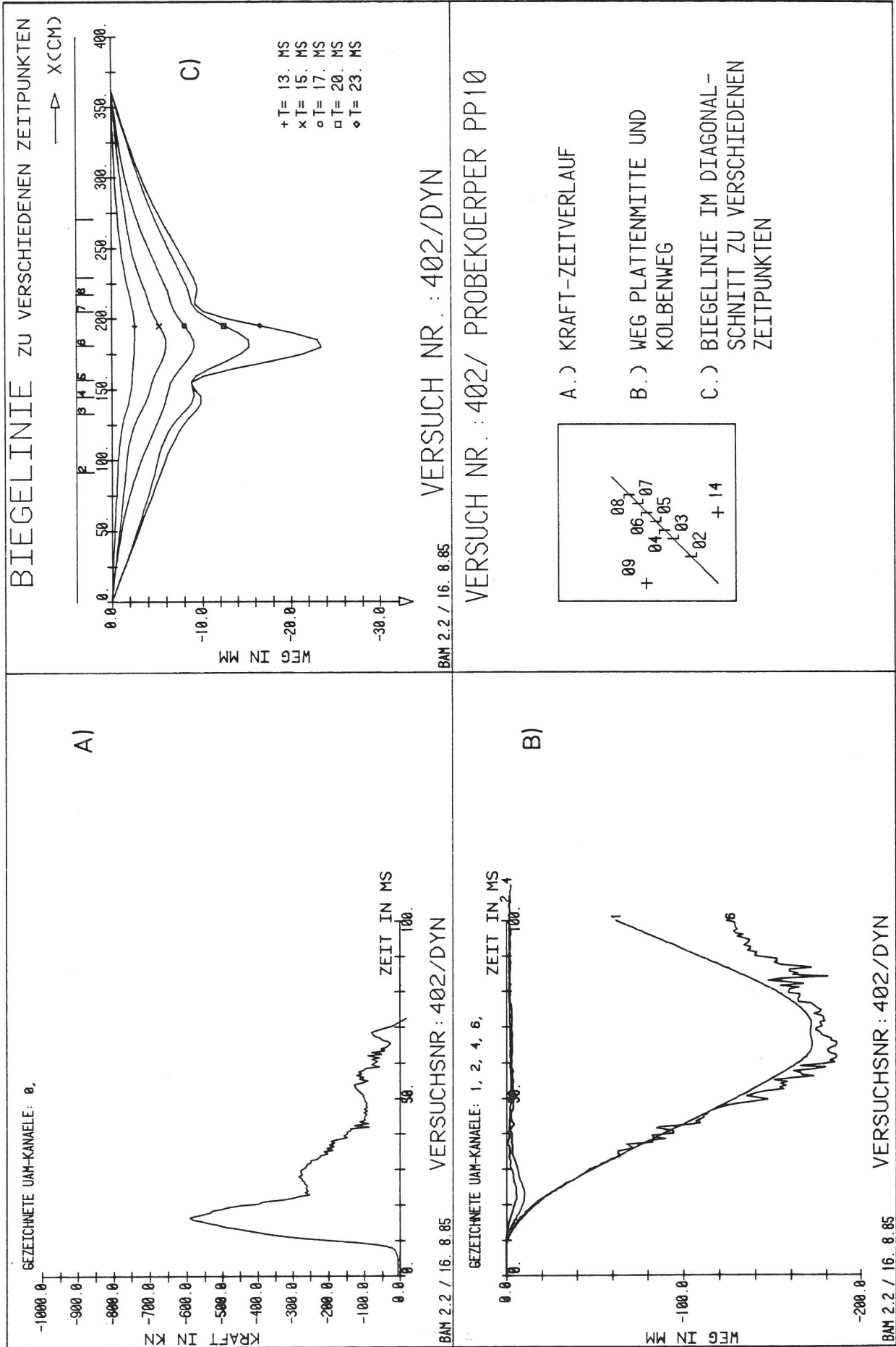


Bild A 8.2/6
Versuch 402

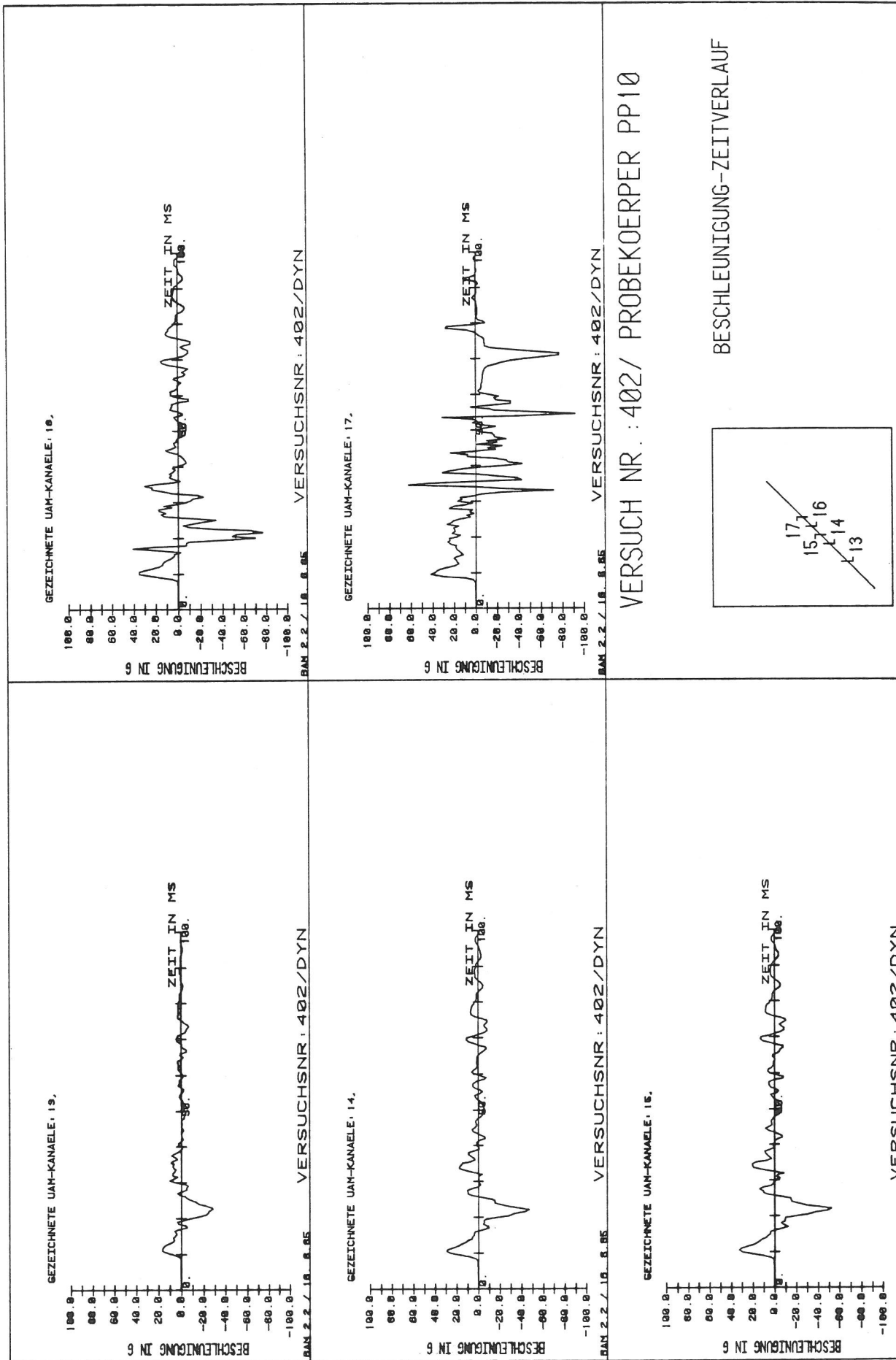


Bild A 8.2/7
 Versuch 402

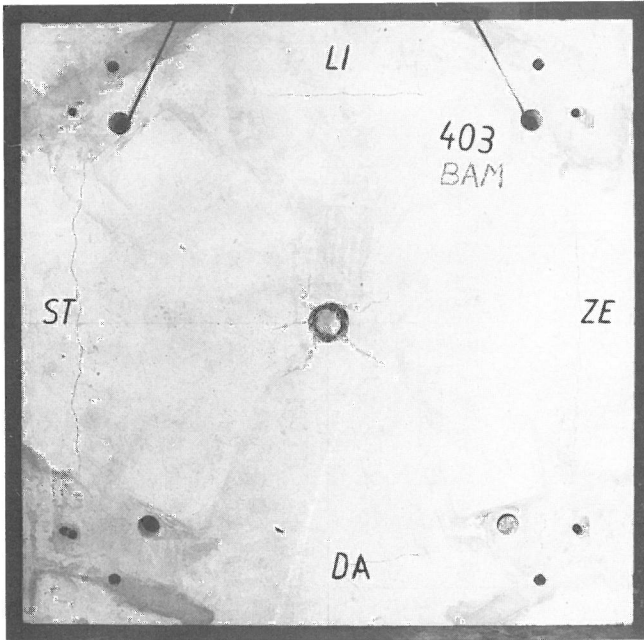


Bild A 8.3/3

Versuch 403, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

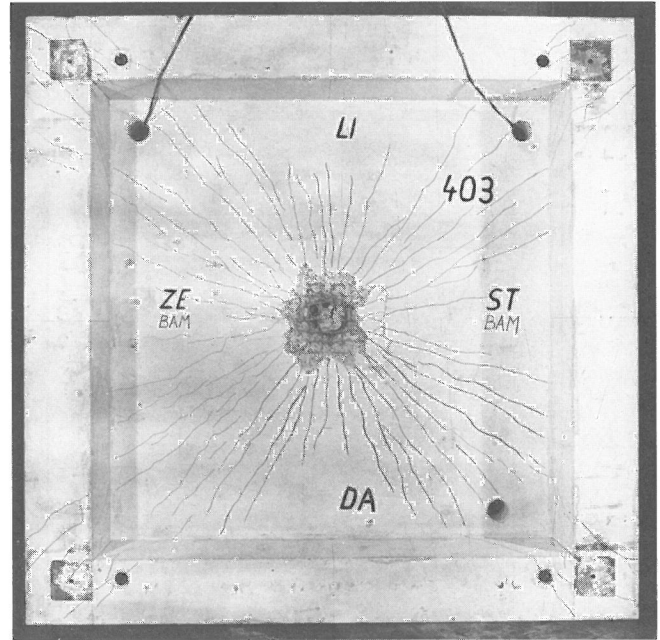


Bild A 8.3/4

Versuch 403, Rückseite der Platte nach Versuchsende

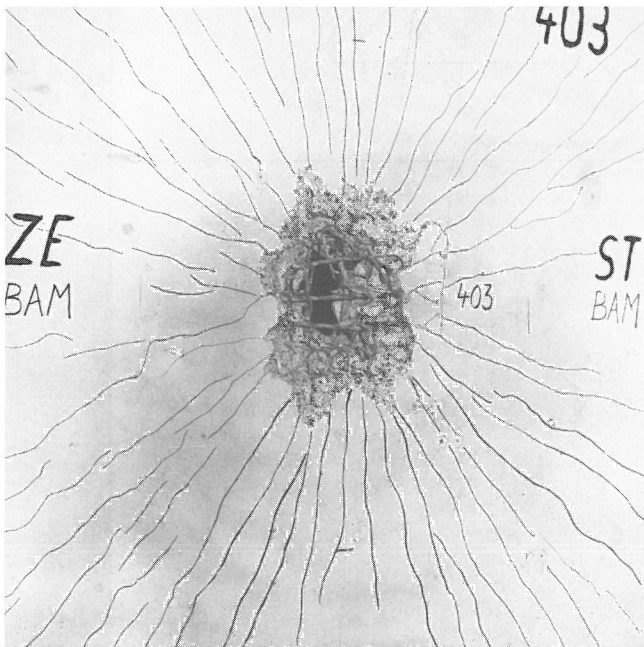


Bild A 8.3/5

Versuch 403, Rückseite der Platte nach Versuchsende, Ausschnitt

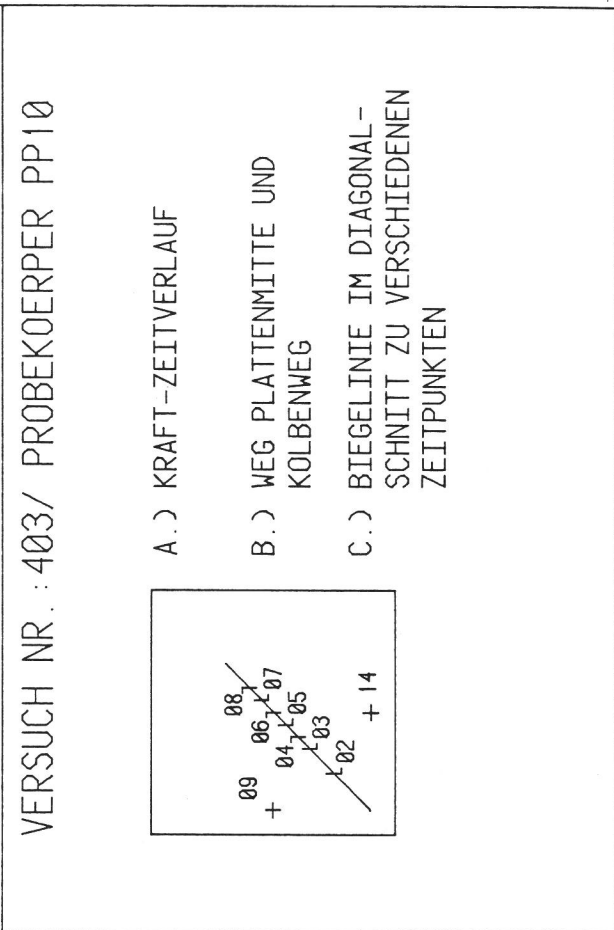
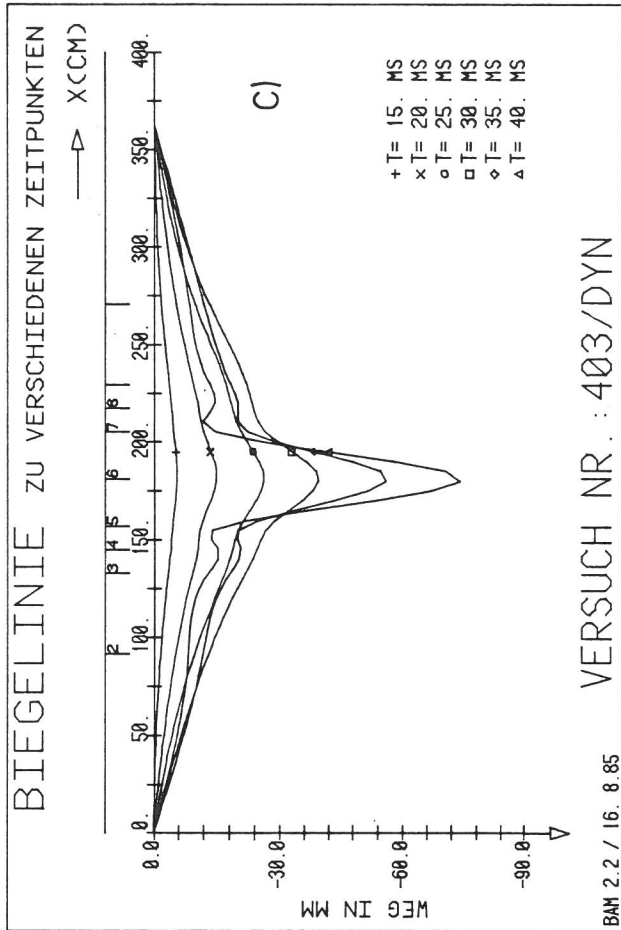
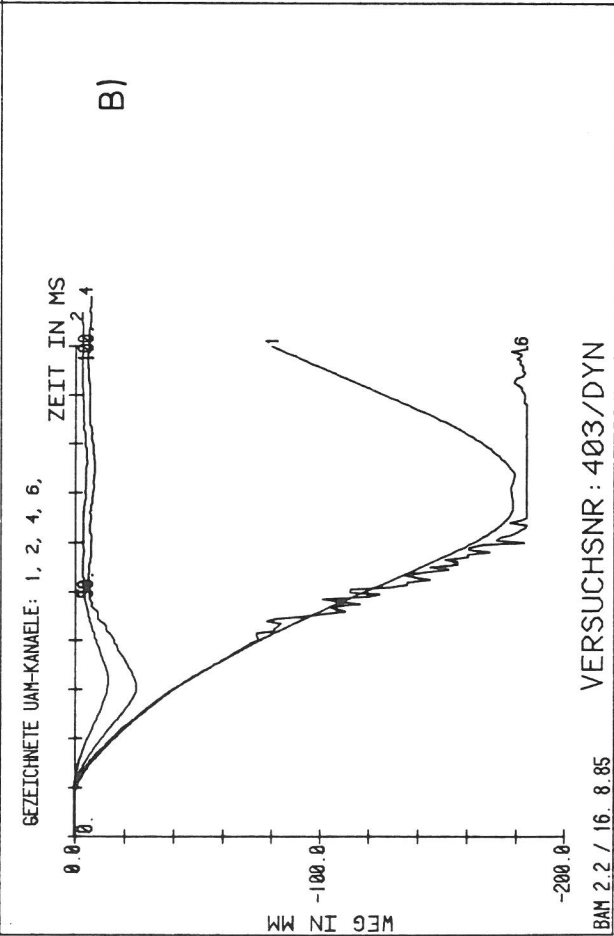
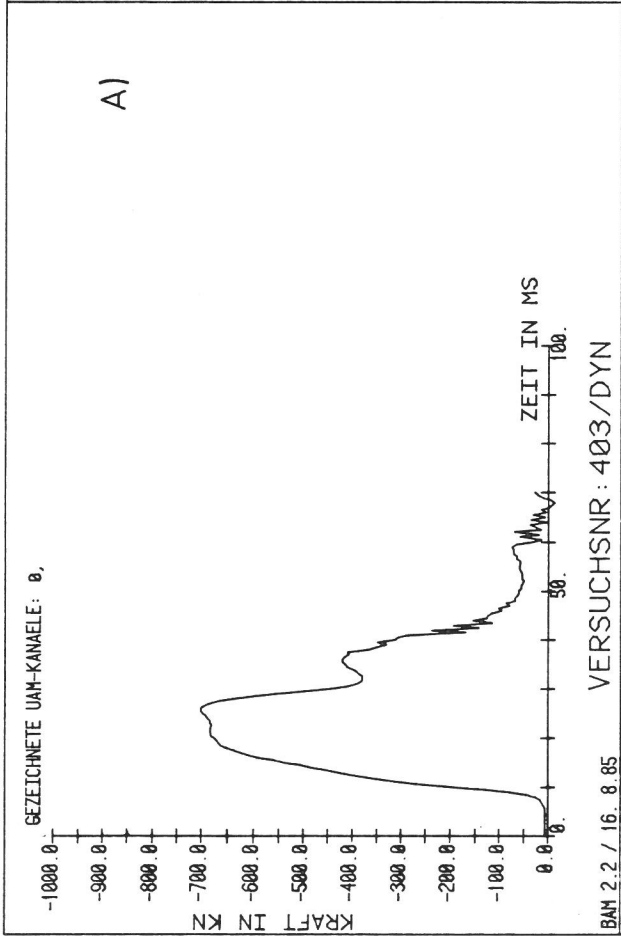


Bild A 8.3/6
Versuch 403

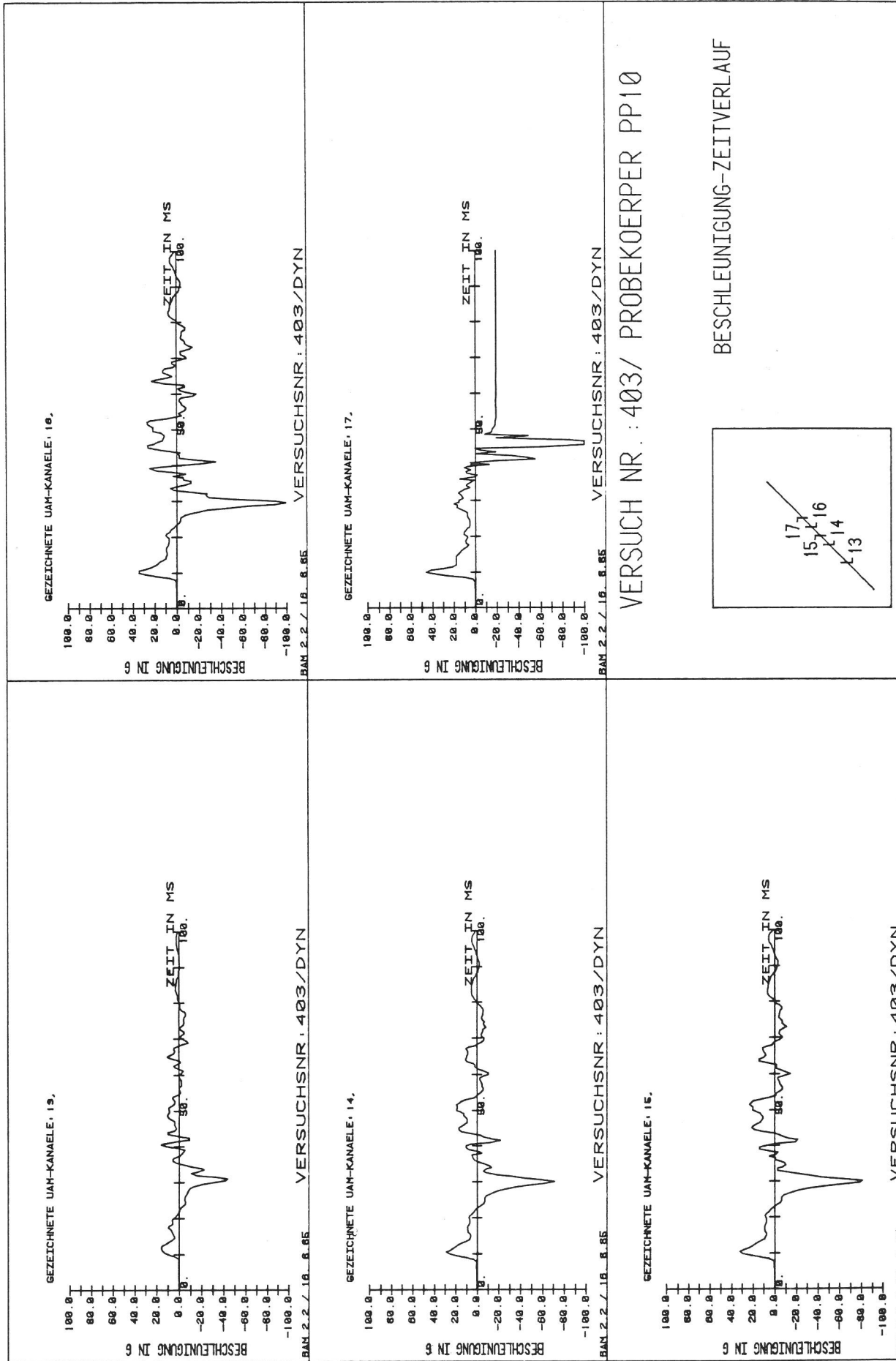


Bild A 8.3/7
 Versuch 403

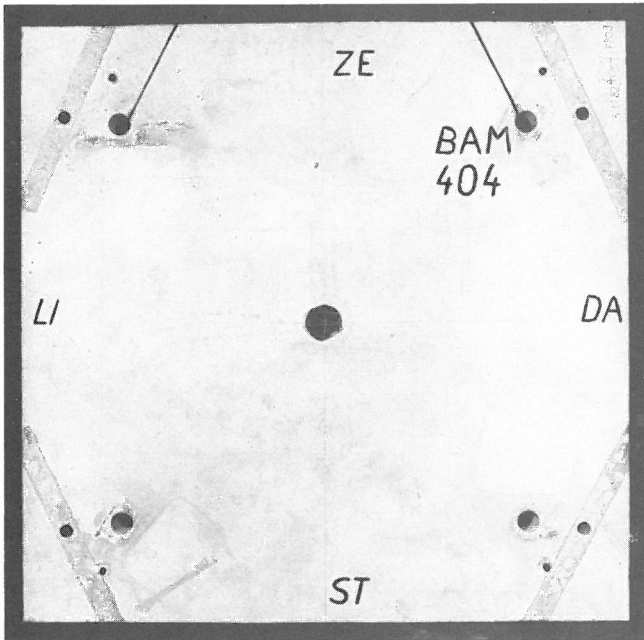


Bild A 8.4/3

Versuch 404, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

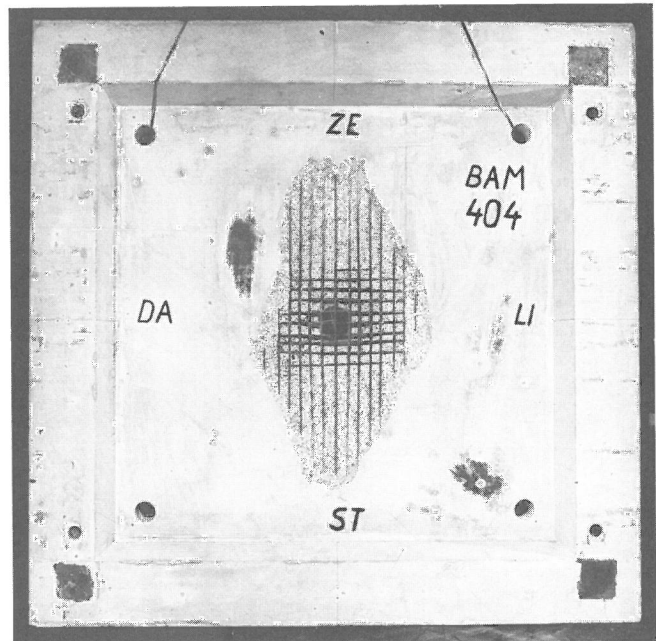


Bild A 8.4/4

Versuch 404, Rückseite der Platte nach Versuchsende; lose Betonteile entfernt

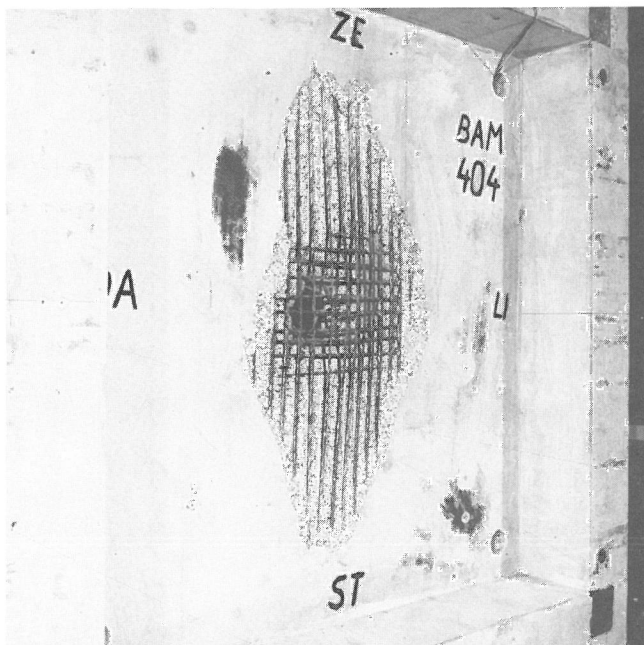


Bild A 8.4/5

Versuch 404, Rückseite der Platte nach Versuchsende, Ausschnitt

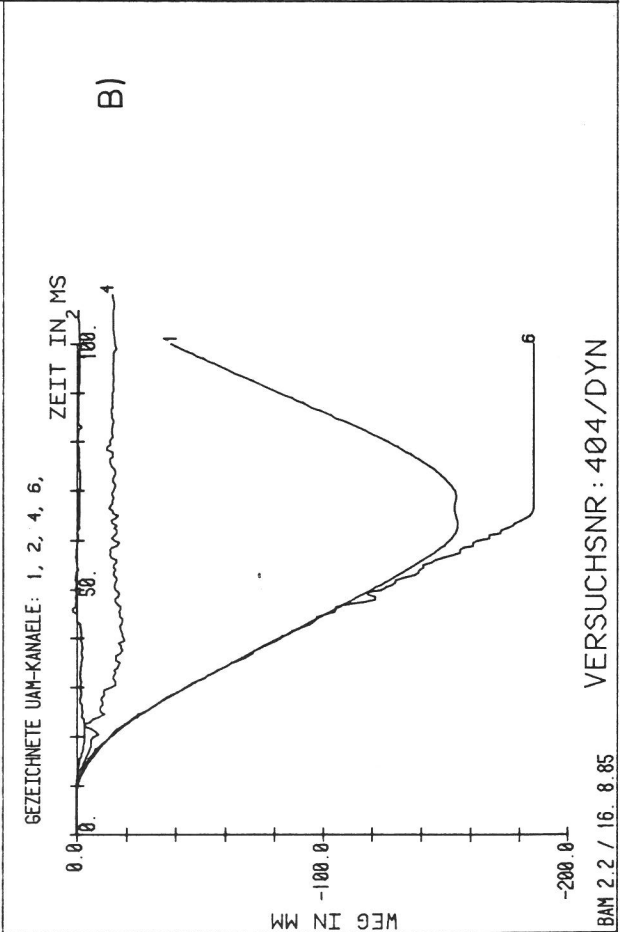
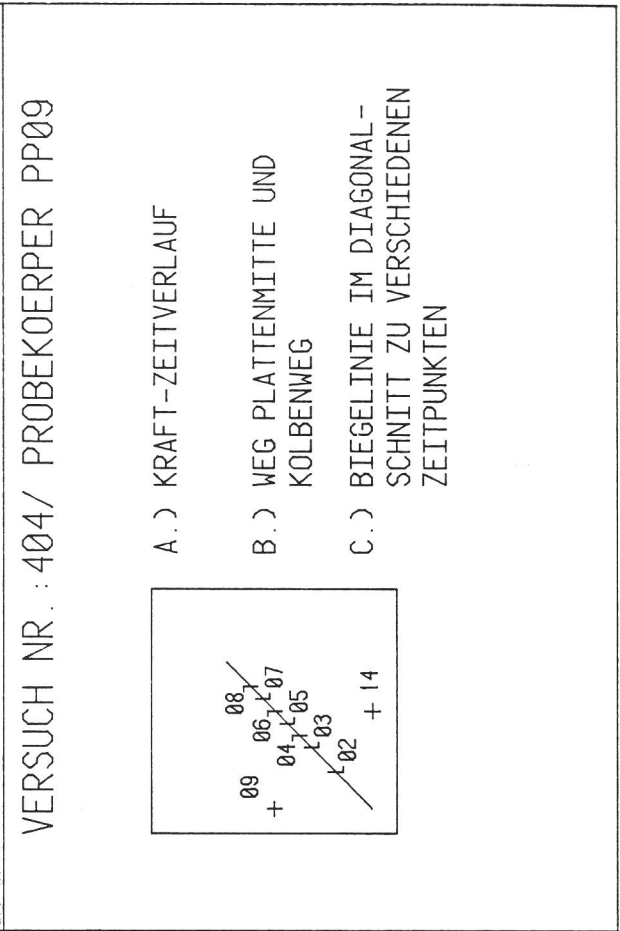
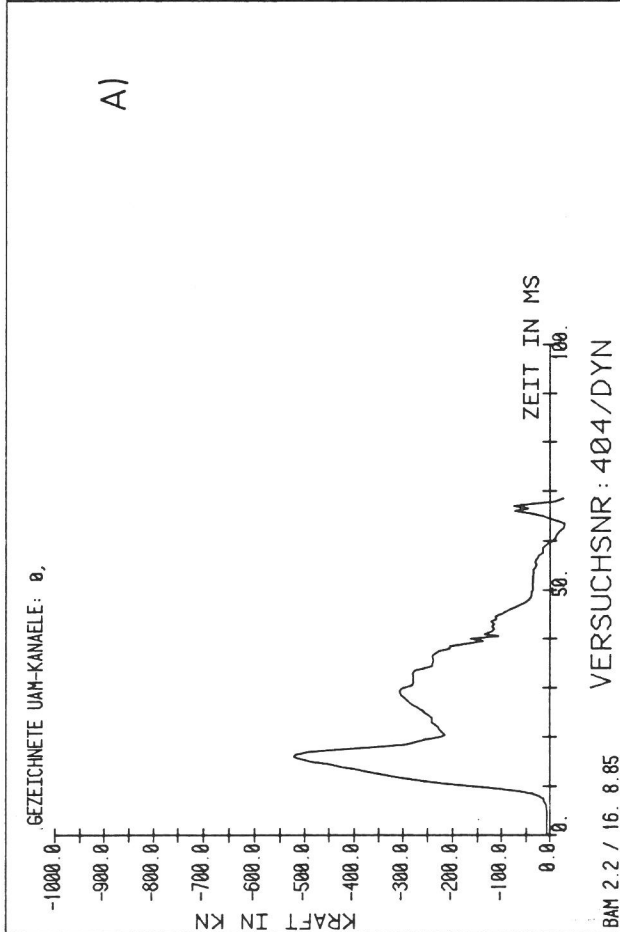
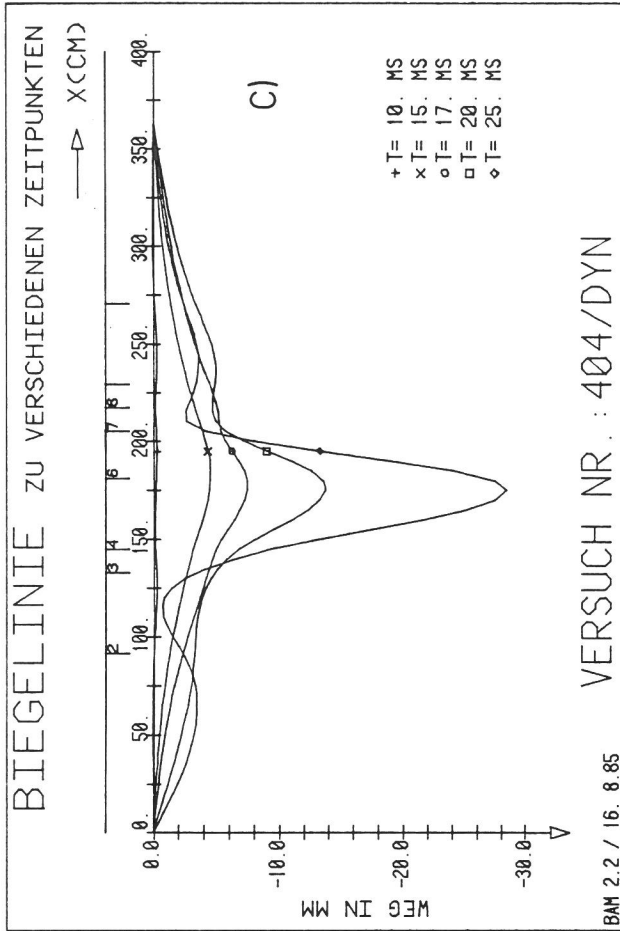


Bild A 8.4/6
Versuch 404

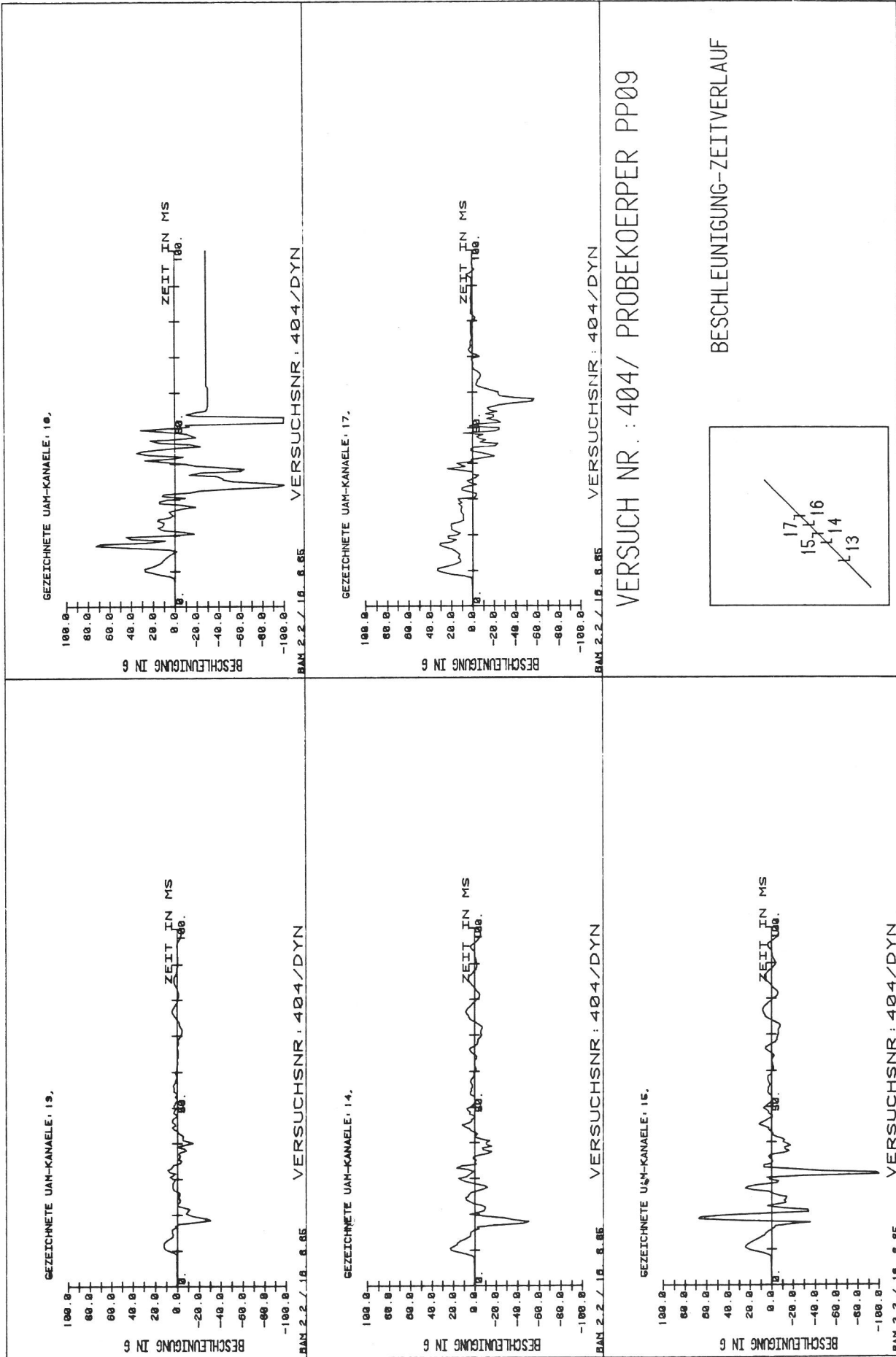


Bild A 8.4/7
Versuch 404

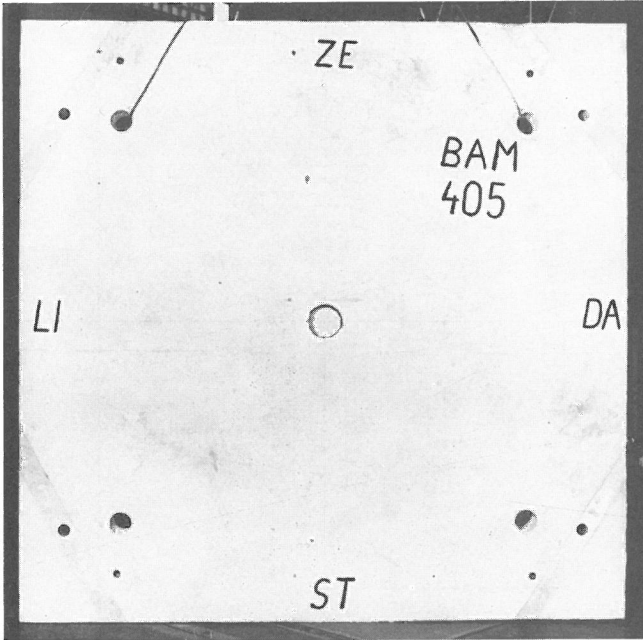


Bild A 8.5/3

Versuch 405, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

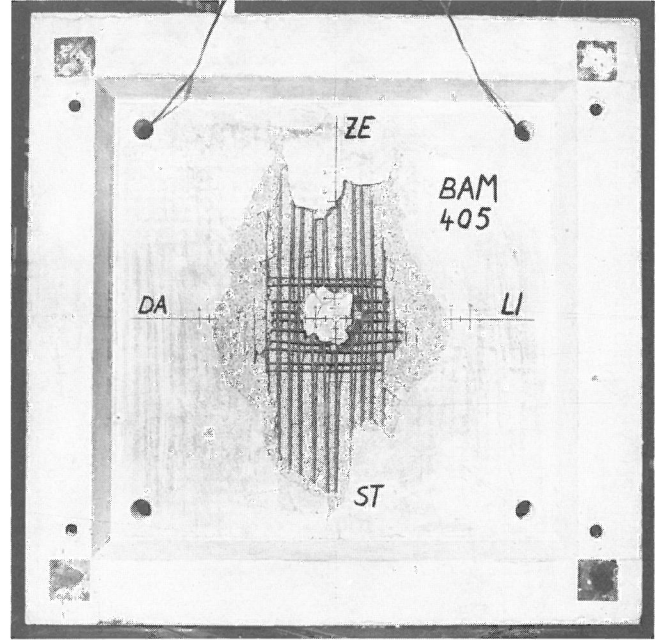


Bild A 8.5/4

Versuch 405, Rückseite der Platte nach Versuchsende

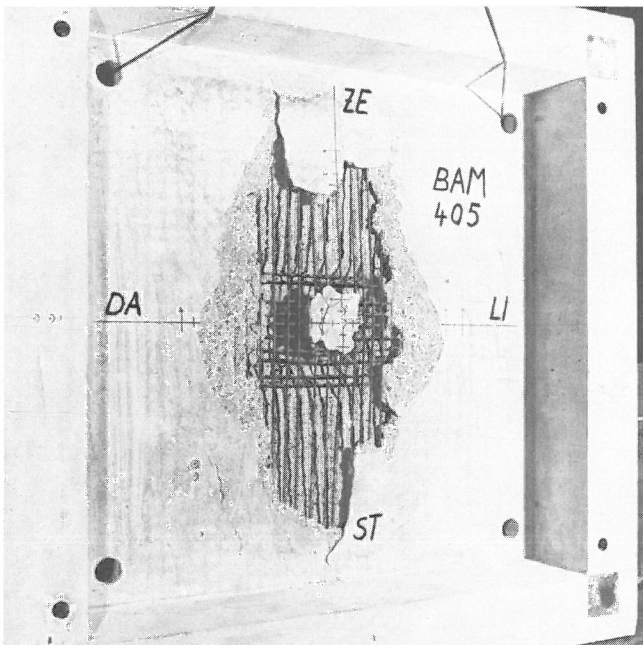
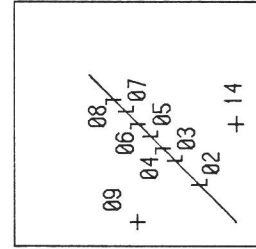
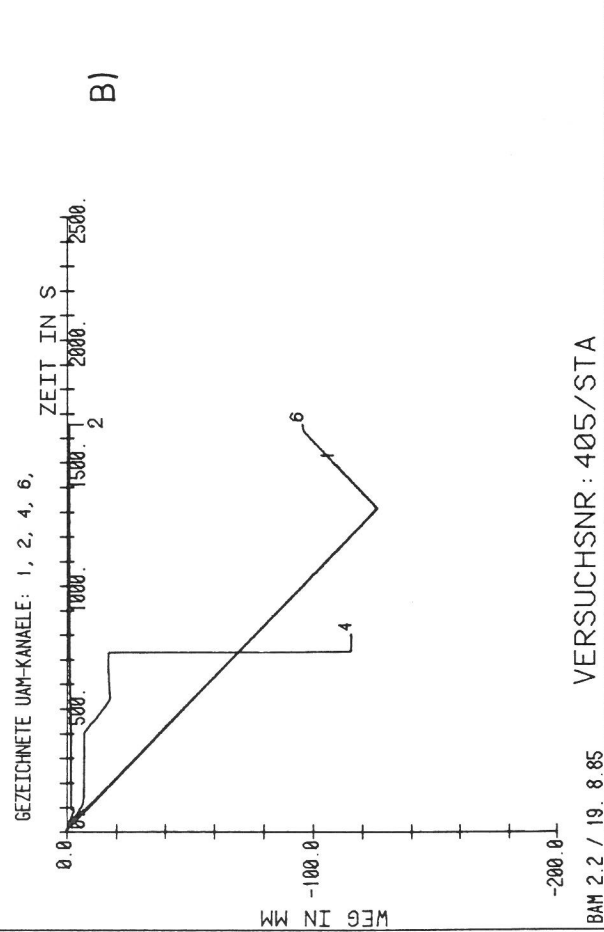
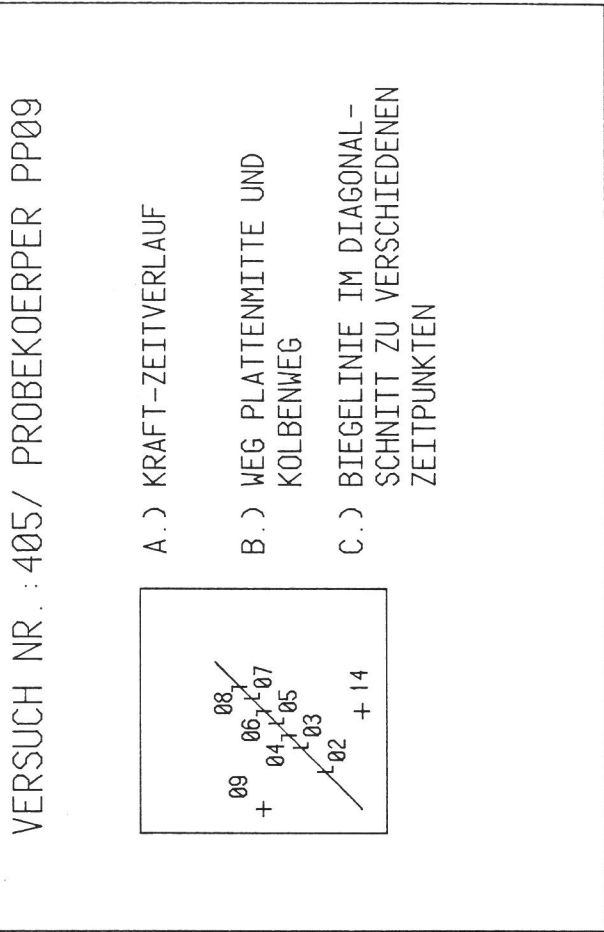
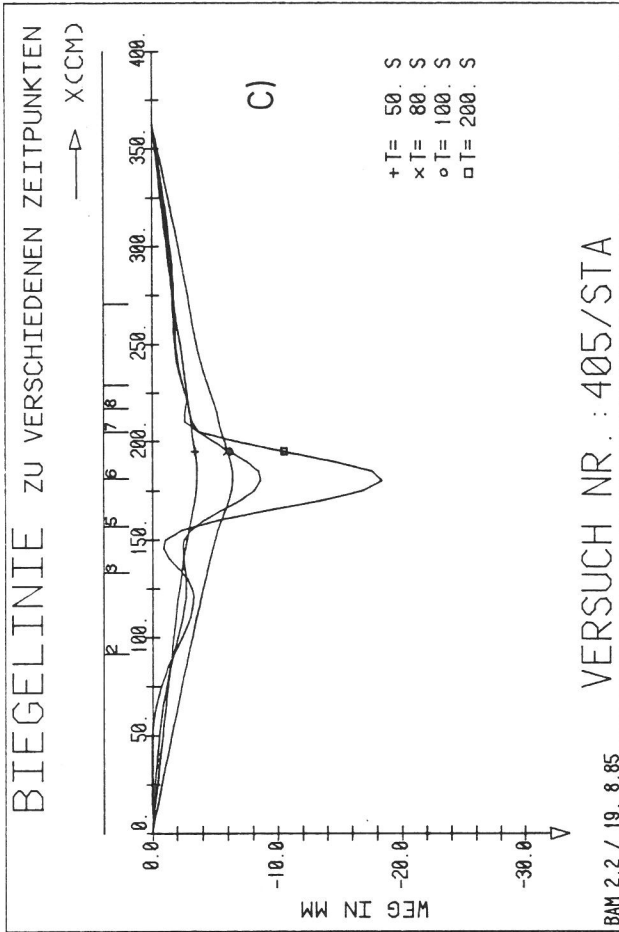


Bild A 8.5/5

Versuch 405, Rückseite der Platte nach Versuchsende, Perspektivbild



- A.) KRAFT-ZEITVERLAUF
- B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG
- C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

Bild A 8.5/6
Versuch 405

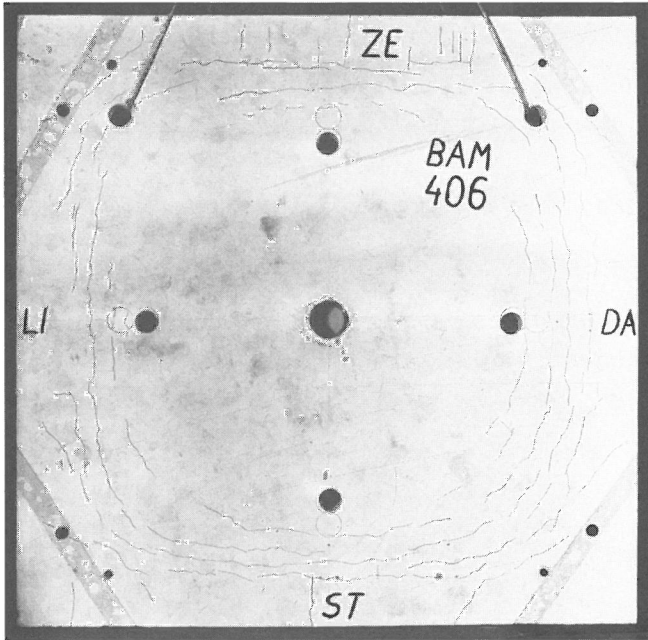


Bild A 8.6/3
 Versuch 406, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

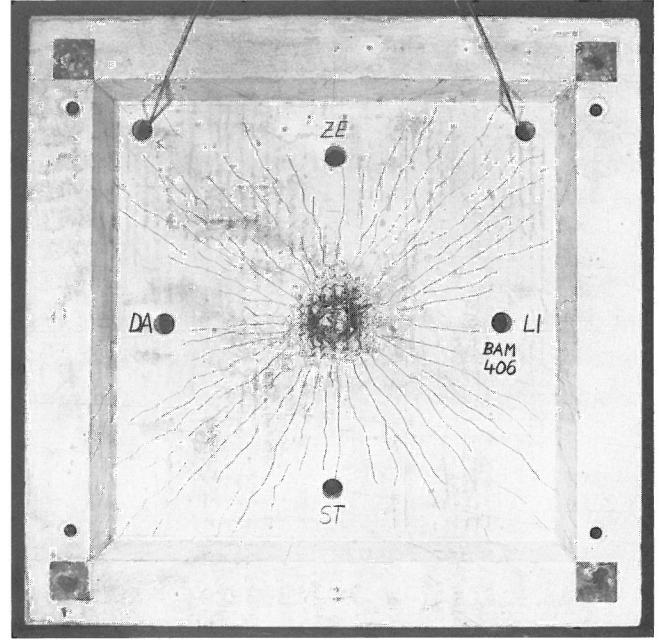


Bild A 8.6/4
 Versuch 406, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende

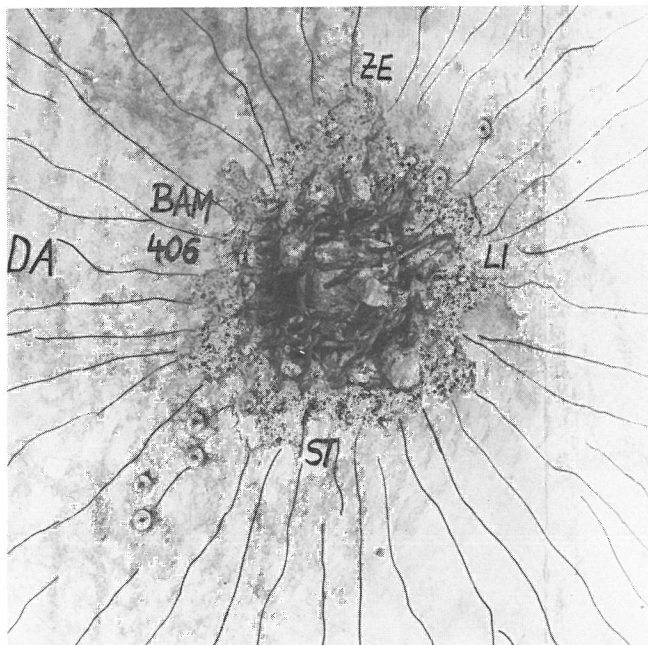


Bild A 8.6/5
 Versuch 406, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende, Detail

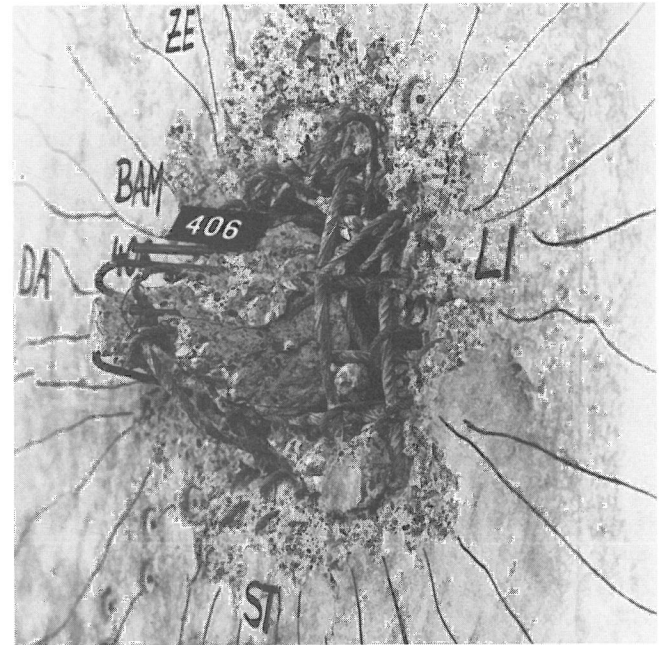
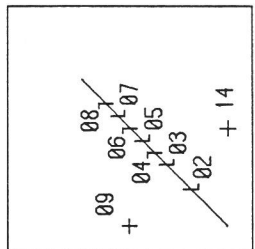
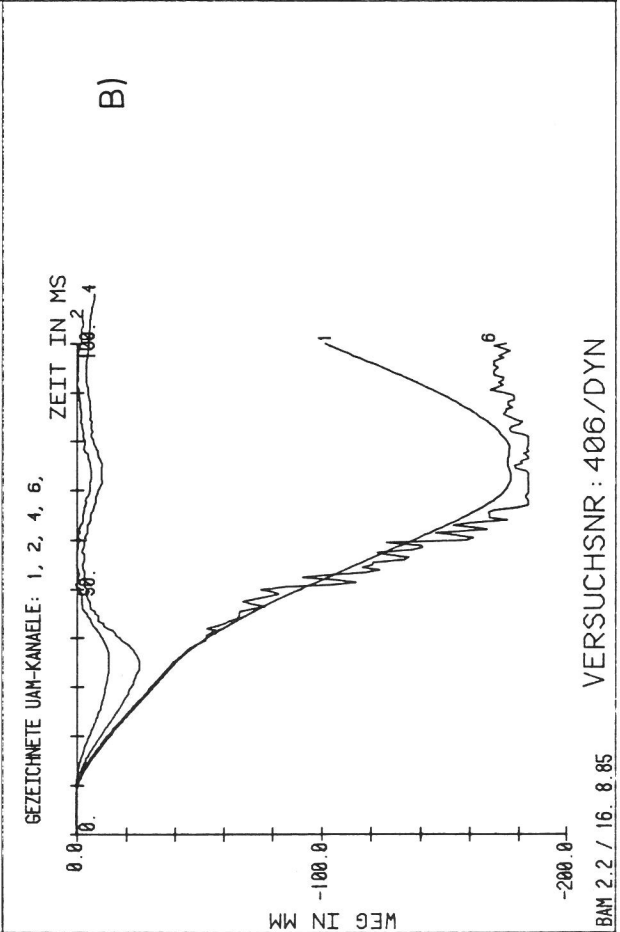
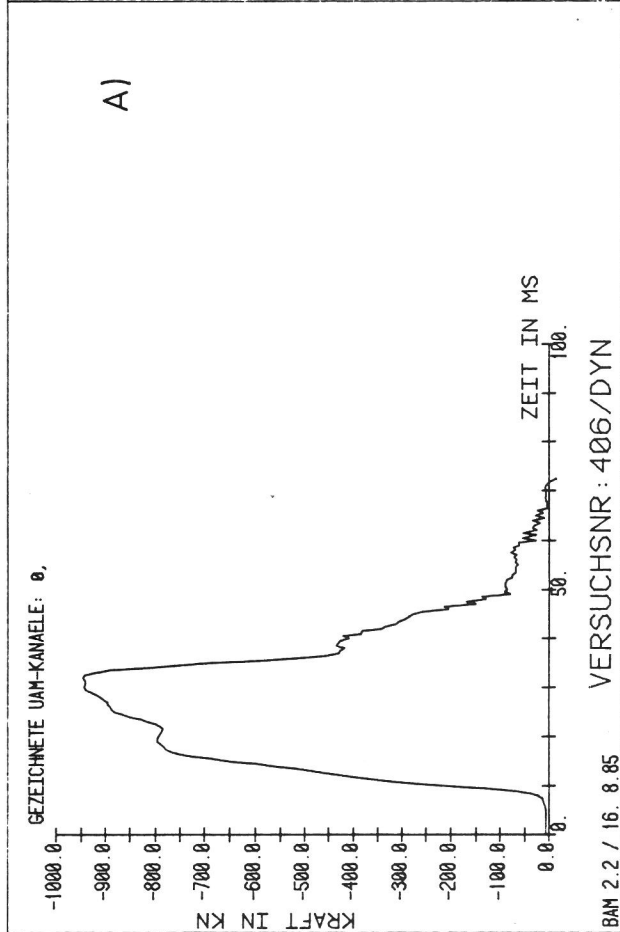
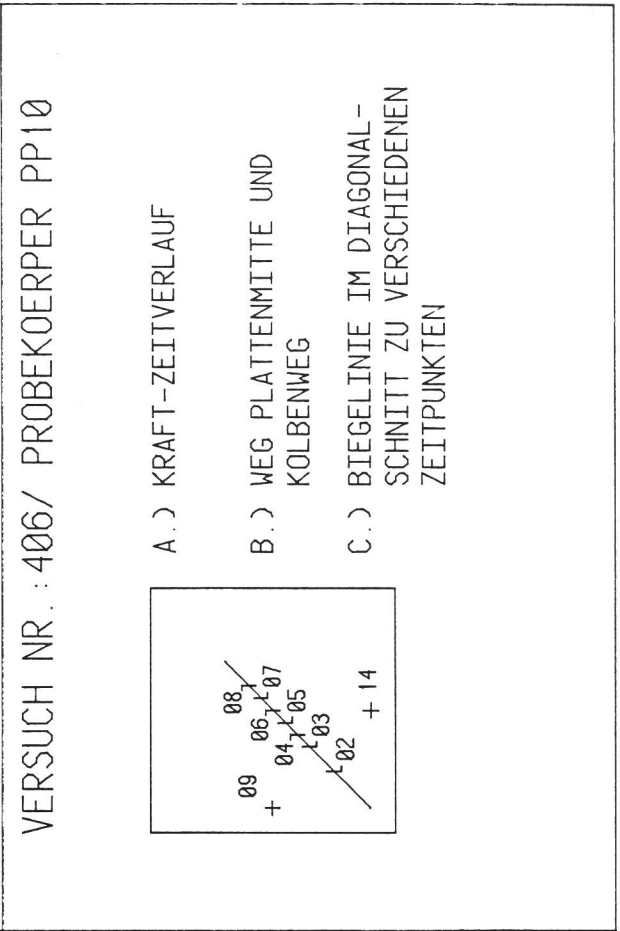
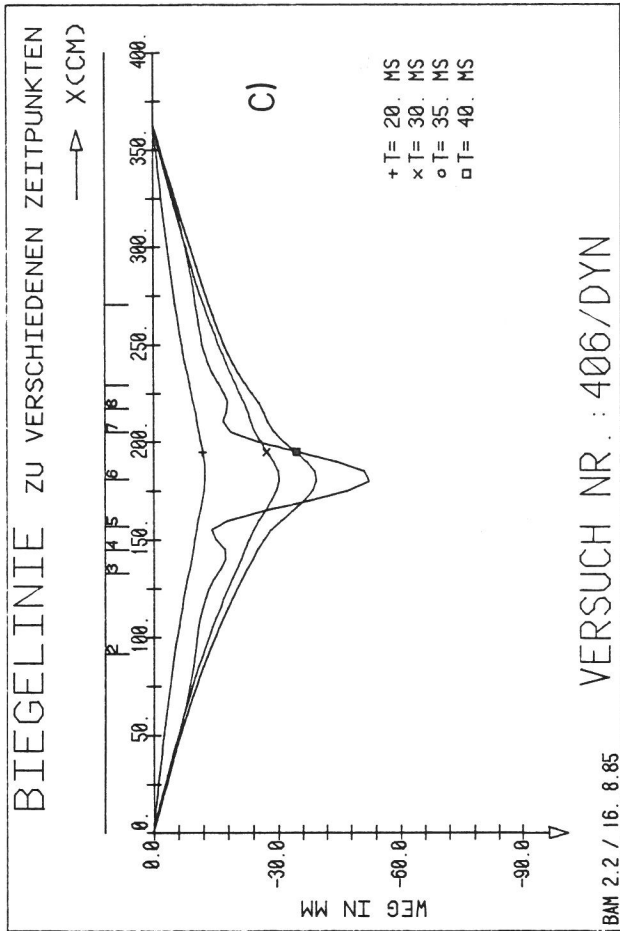
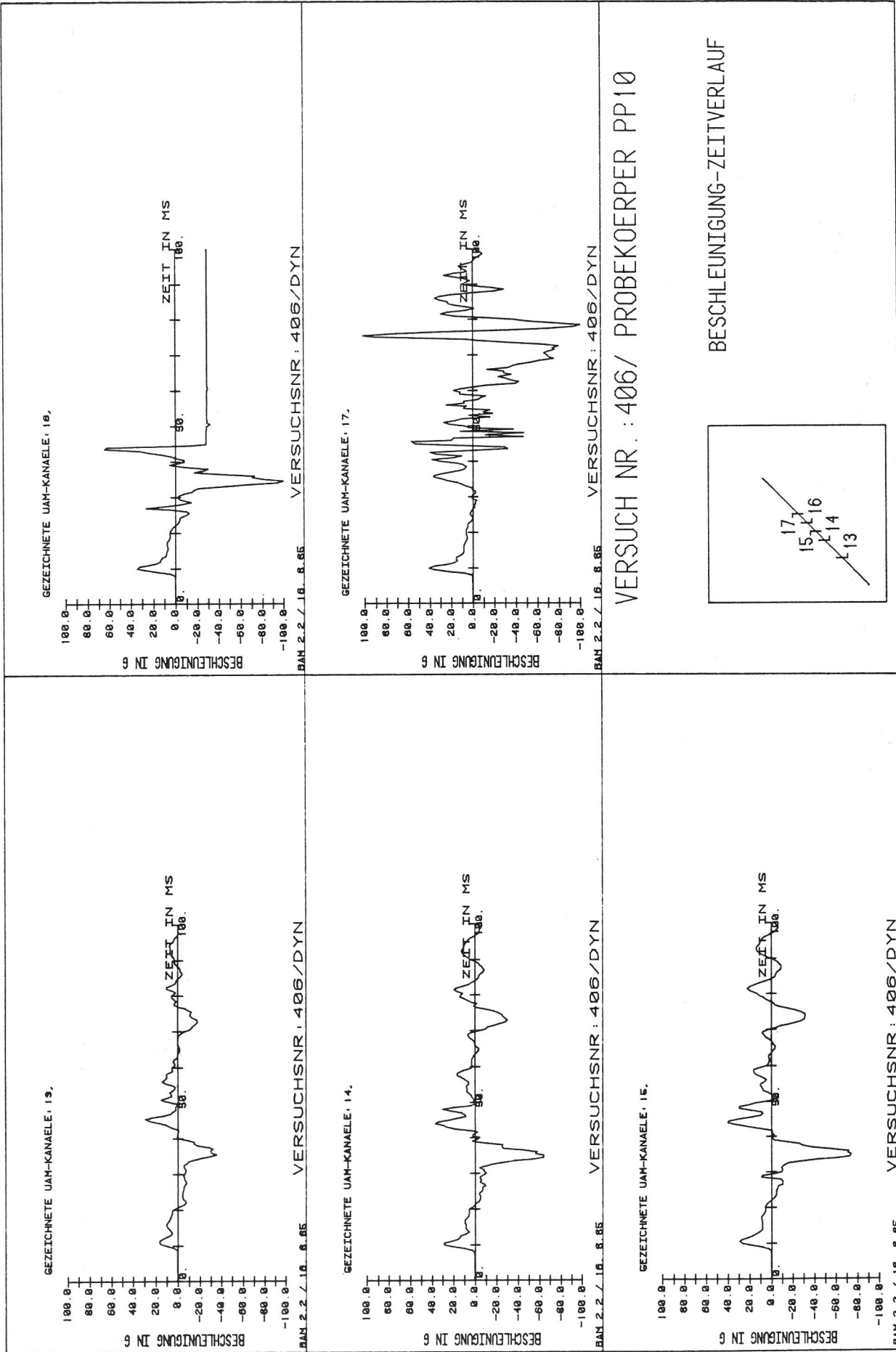


Bild A 8.6/6
 Versuch 406, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende, Detail



- A.) KRAFT-ZEITVERLAUF
- B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG
- C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

Bild A 8.6/7
Versuch 406



VERSUCH NR.: 406/ PROBEKOEPPER PP10

BESCHLEUNIGUNG-ZEITVERLAUF

Bild A 8.6/8
Versuch 406

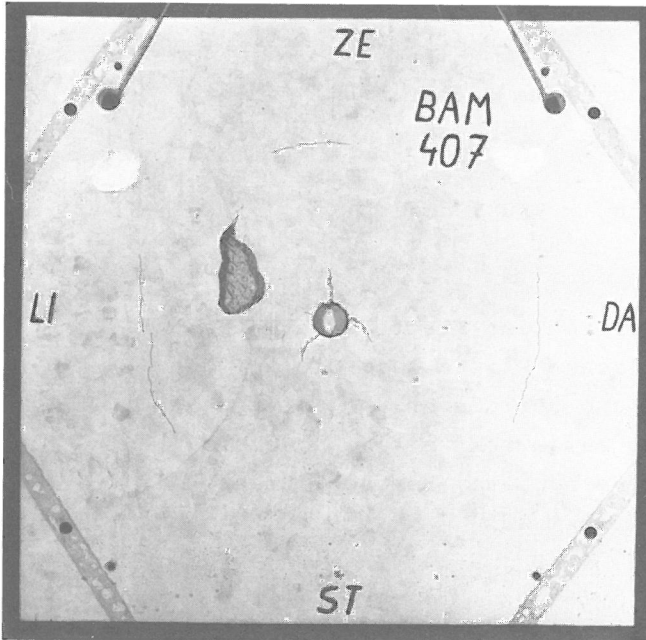


Bild A 8.7/3
 Versuch 407, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

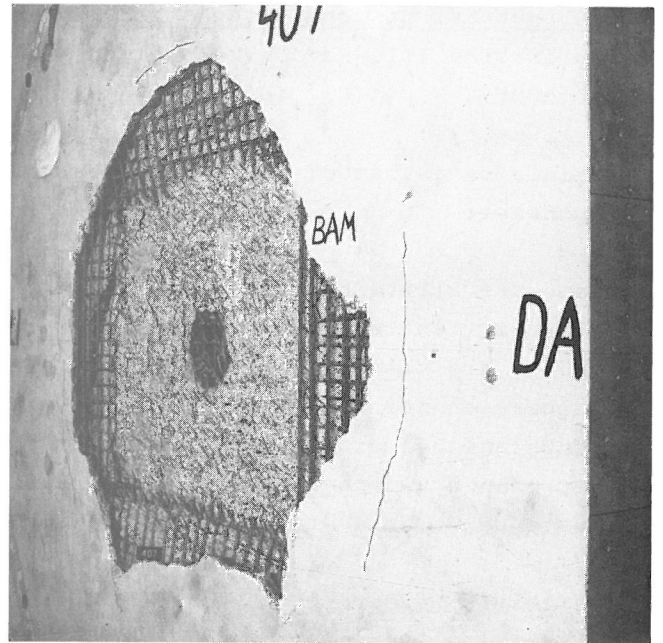


Bild A 8.7/4
 Versuch 407, Vorderansicht der Platte
 nach Ablösen der oberen Betonschale;
 erkennbar ist die teilweise Verbügelung

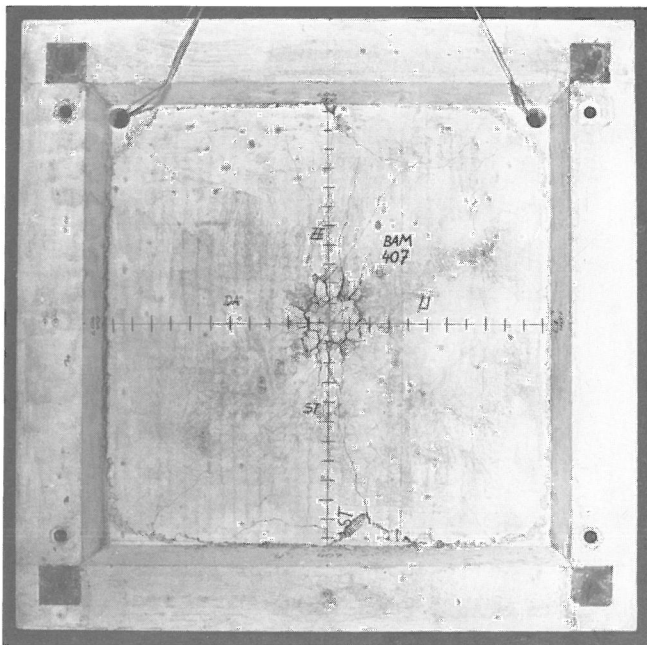


Bild A 8.7/5
 Versuch 407, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende

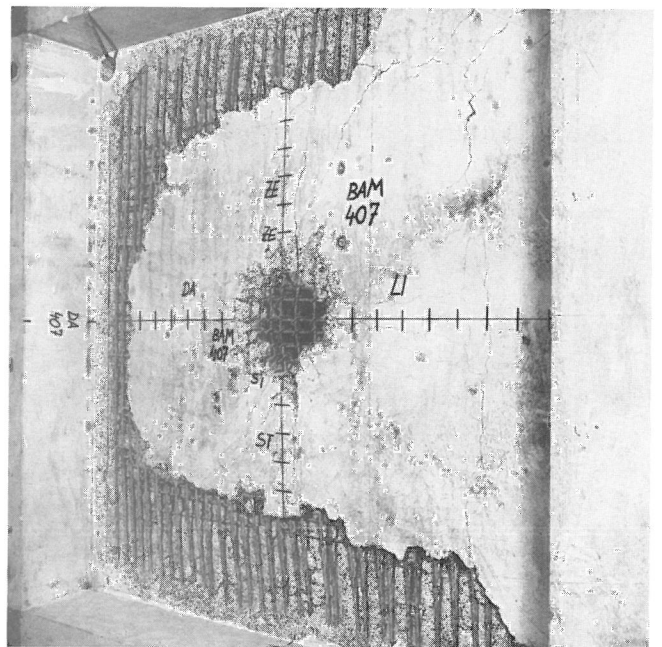
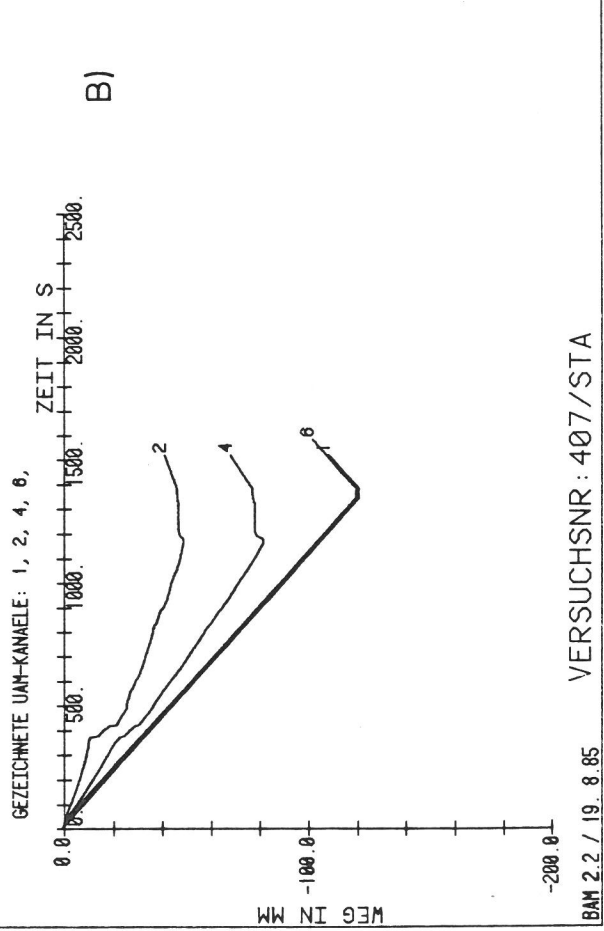
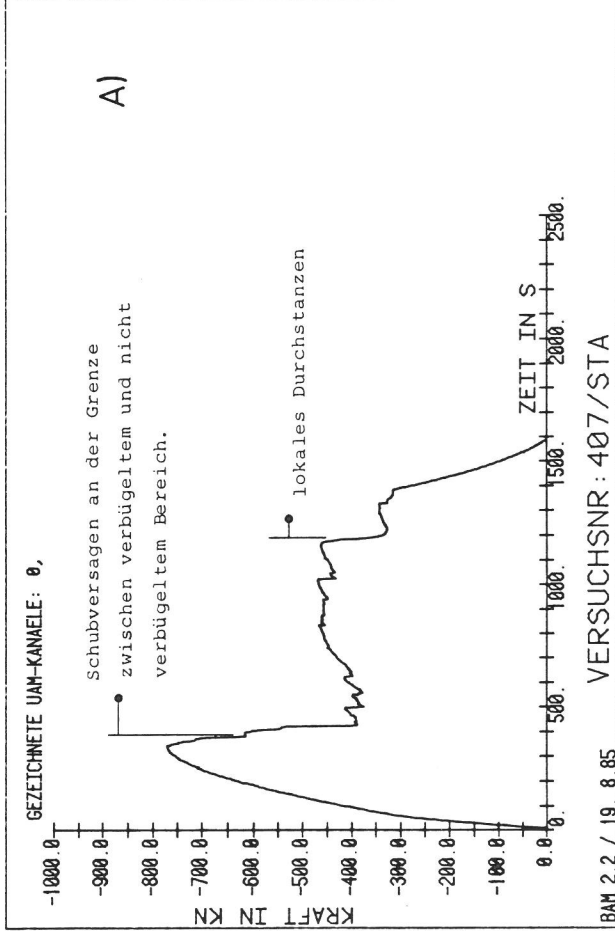
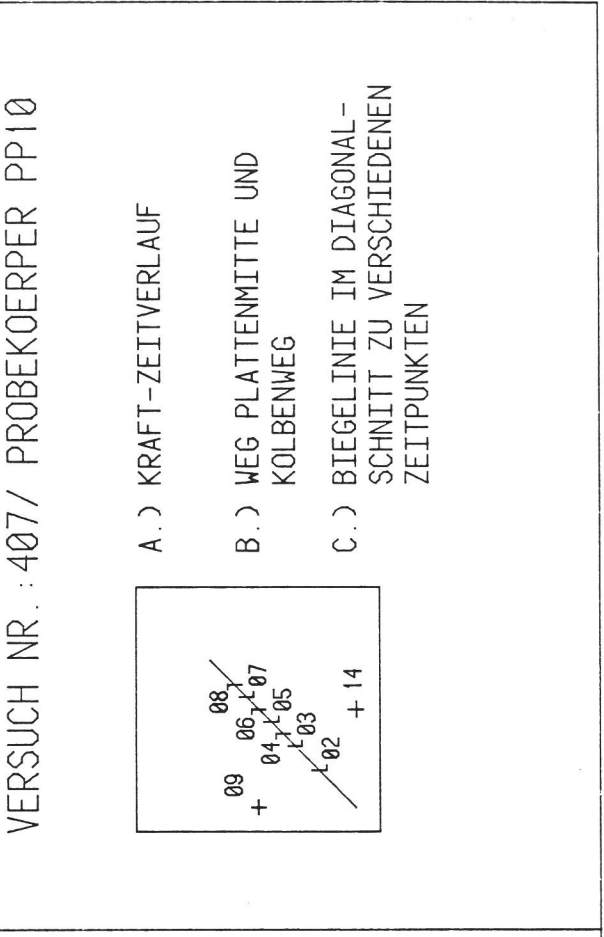
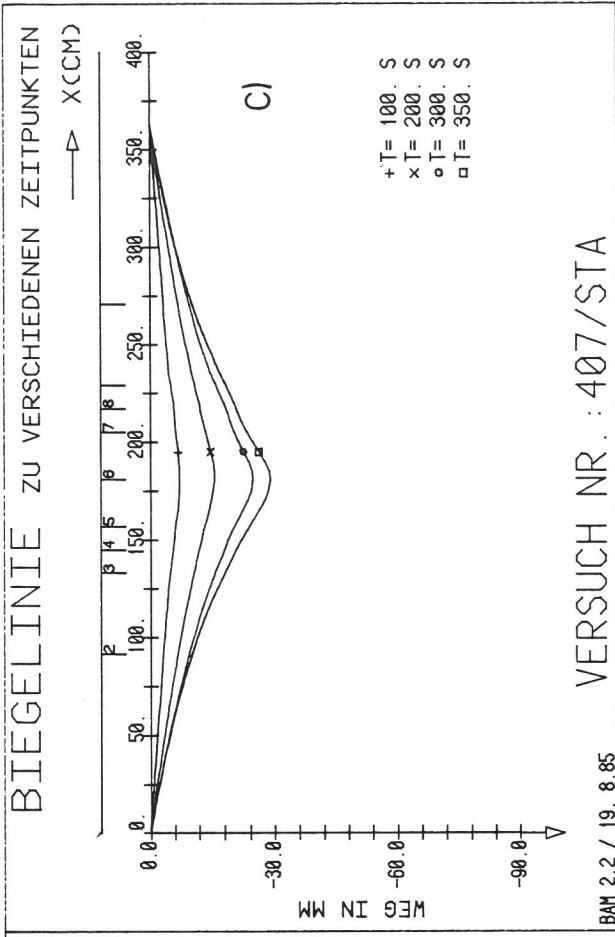


Bild A 8.7/6
 Versuch 407, Rückseite der Platte;
 Betondeckung in Bereichen ohne Verbund
 entfernt

Bild A 8.7/7
 Versuch 407



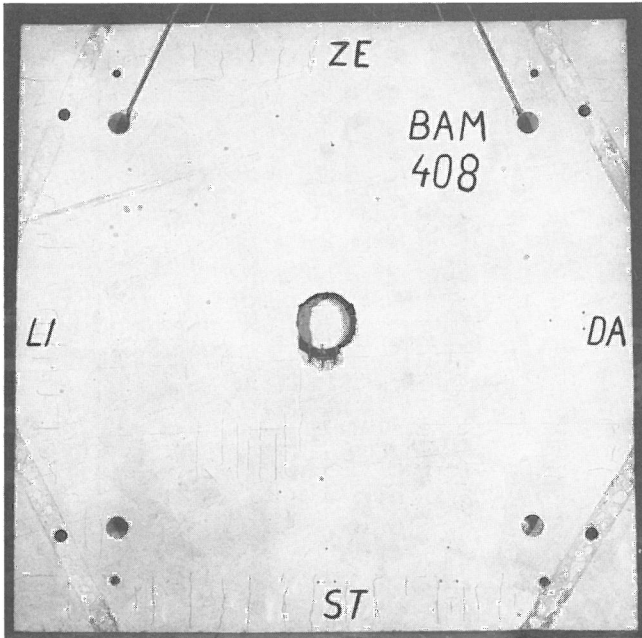


Bild A 8.8/3
 Versuch 408, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

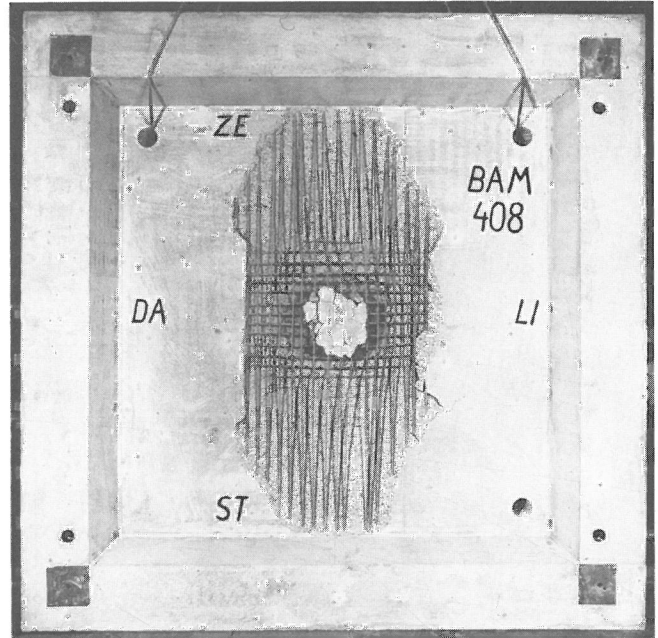


Bild A 8.8/4
 Versuch 408, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende



Bild A 8.8/5
 Versuch 408, Rückseite der Platte, Detail

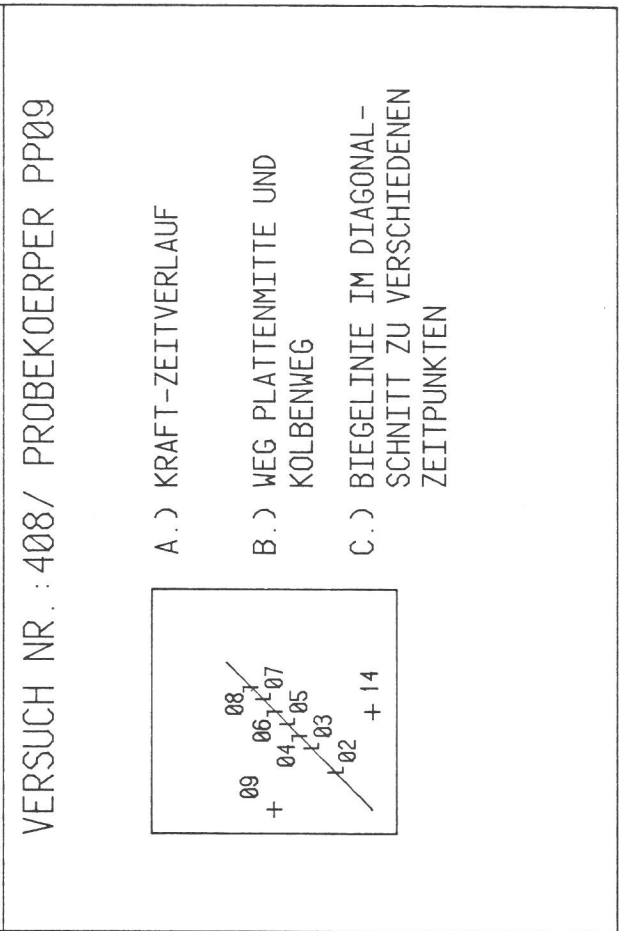
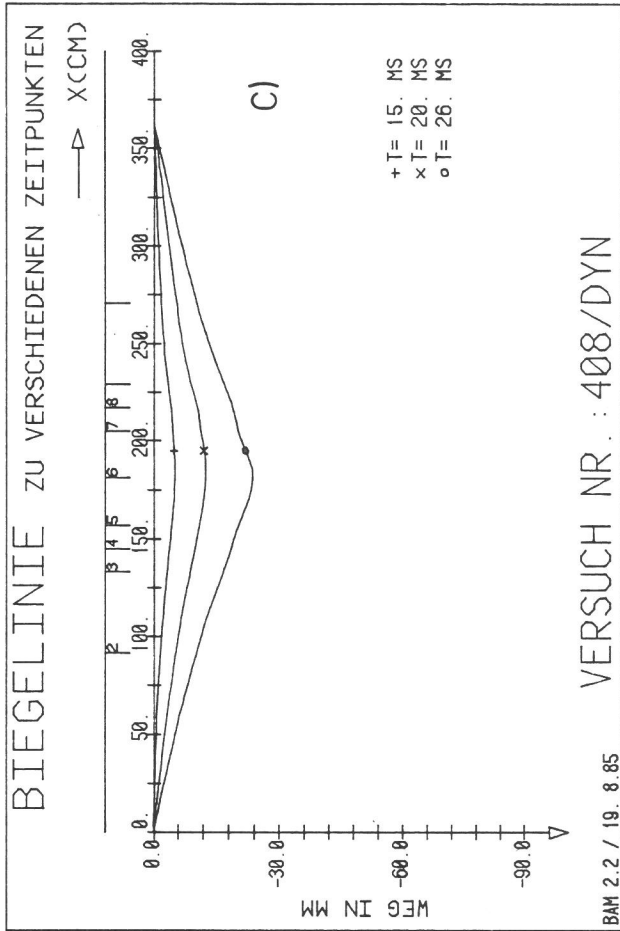
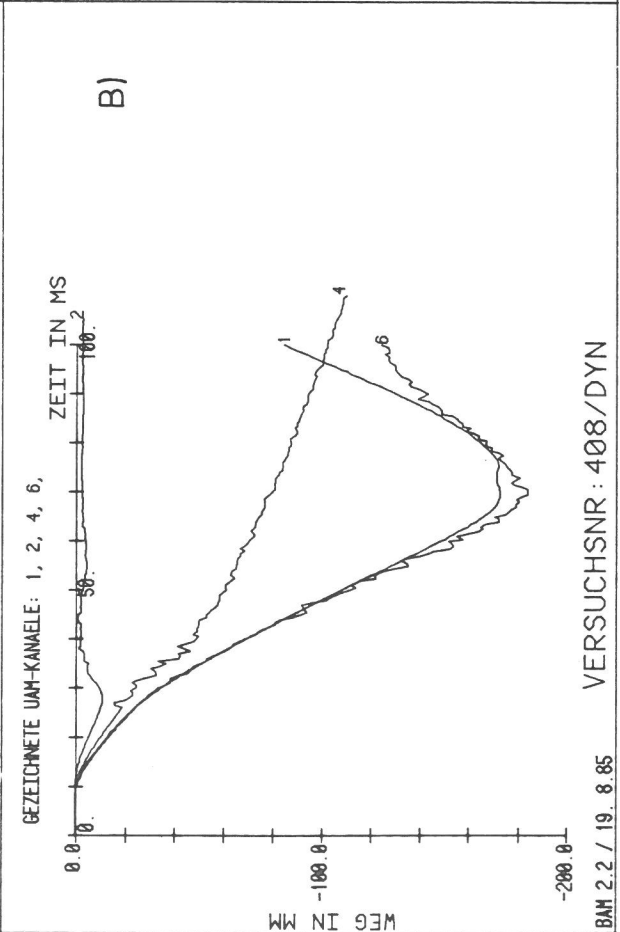
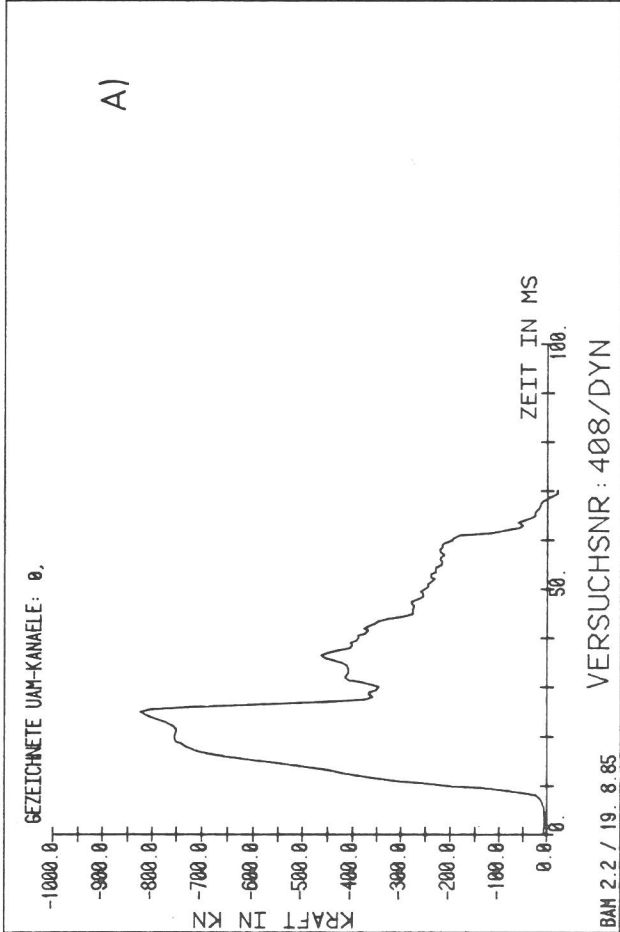


Bild A 8.8/6
 Versuch 408

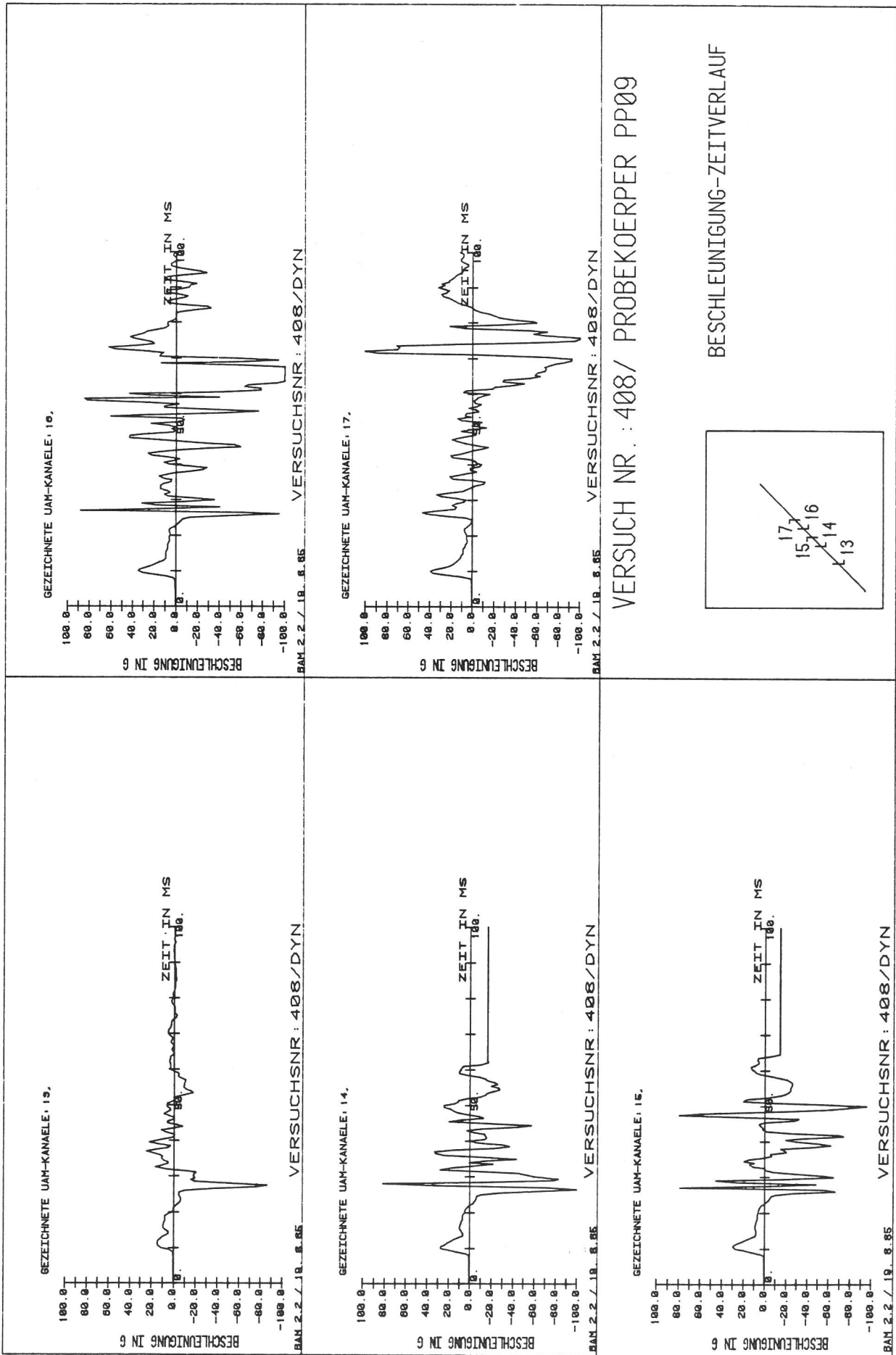


Bild A 8.8/7
Versuch 408

VERSUCH NR.: 408/ PROBEKOEPPER PP09

BESCHLEUNIGUNG-ZEITVERLAUF

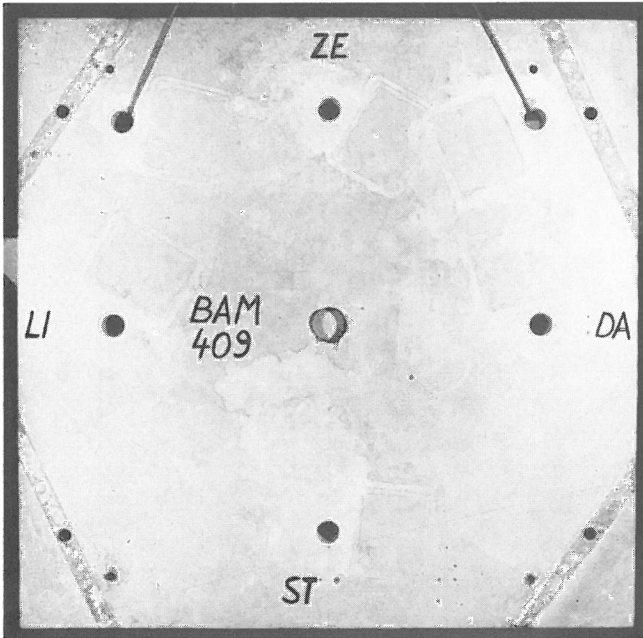


Bild A 8.9/3
 Versuch 409, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

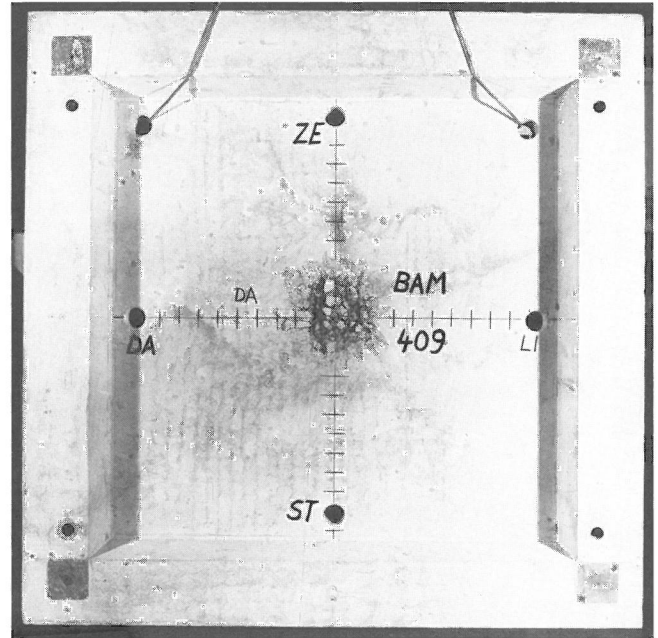


Bild A 8.9/4
 Versuch 409, Rückseite der Platte
 nach Versuchsende

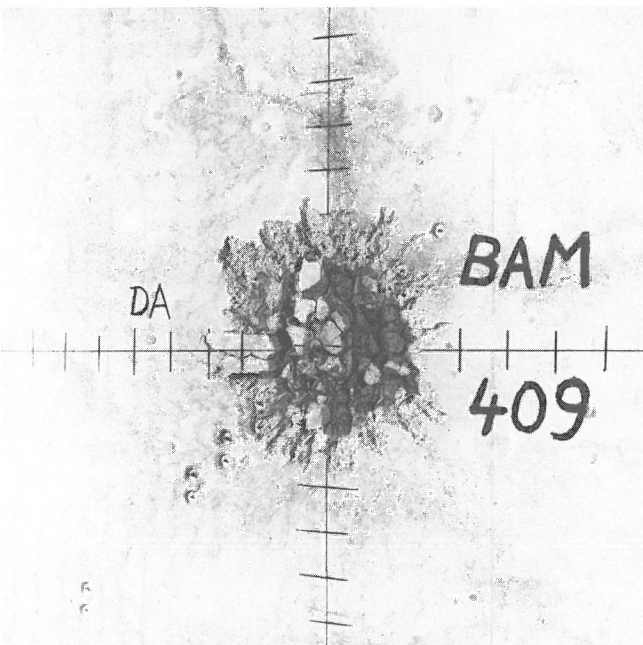
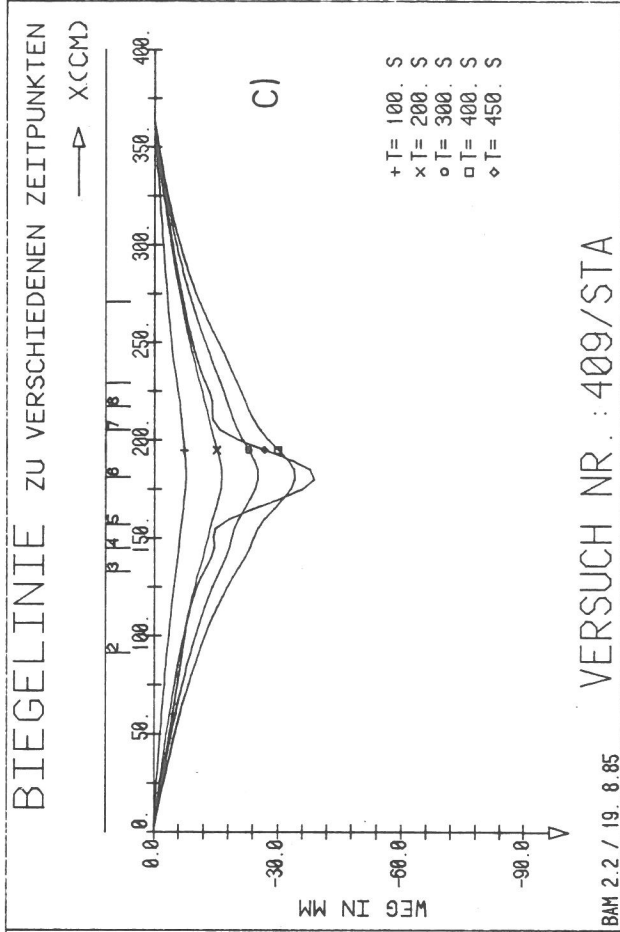


Bild A 8.9/5
 Versuch 409, Rückseite der Platte, Detail



VERSUCH NR. : 409/STA

BAM 2.2 / 19. 8. 85

VERSUCH NR. : 409/ PROBEKOEPPER PP11

A.) KRAFT-ZEITVERLAUF

B.) WEG PLATTENMITTE UND KOLBENWEG

C.) BIEGELINIE IM DIAGONAL-SCHNITT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN

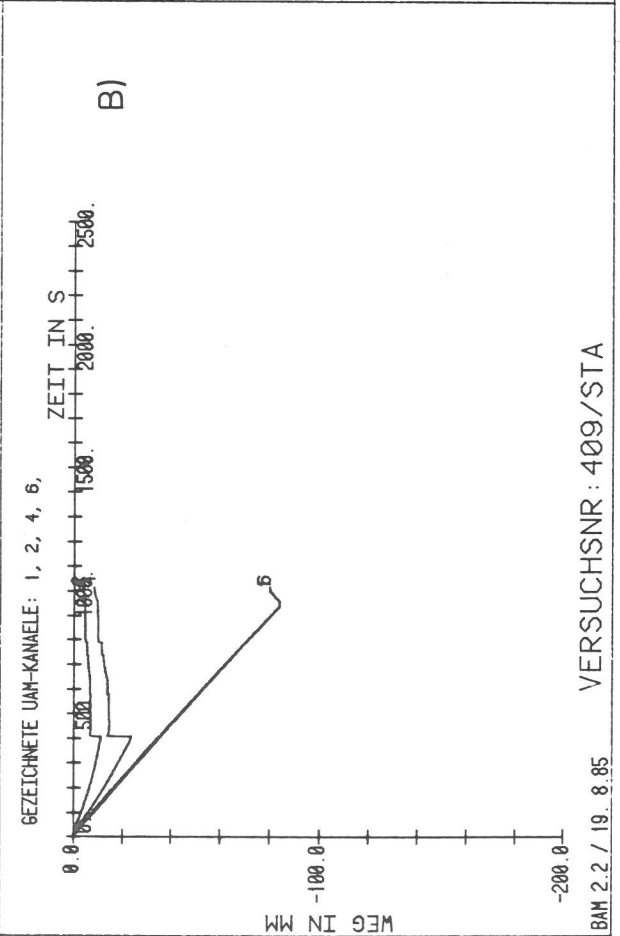
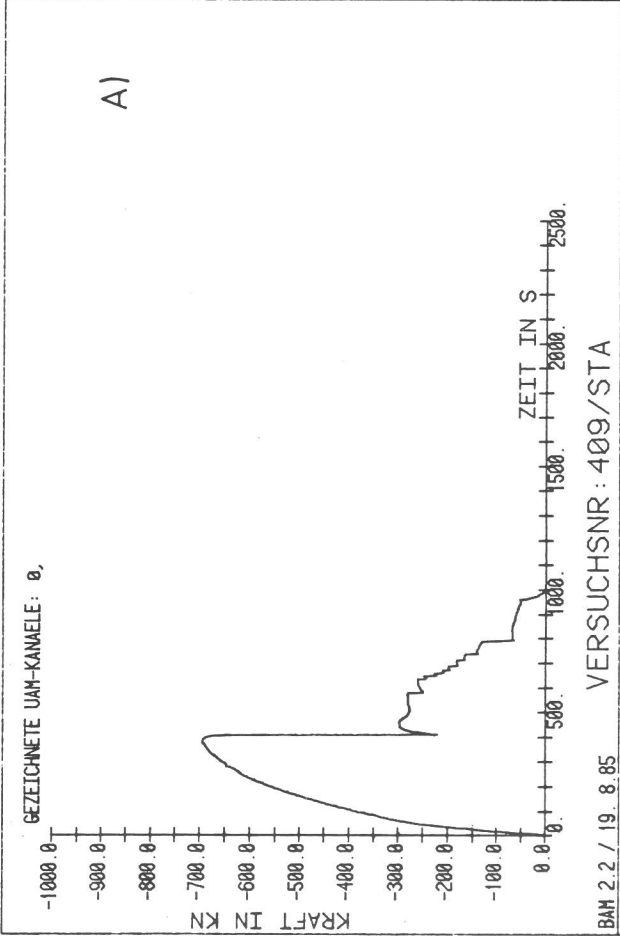


Bild A 8.9/6
Versuch 409

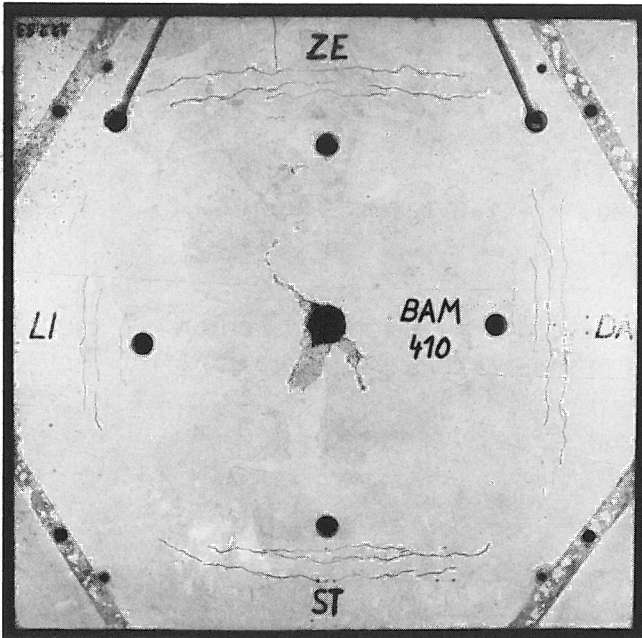


Bild A 8.10/3

Versuch 410, Vorderansicht der Platte
nach Versuchsende



Bild A 8.10/4

Versuch 410, Rückseite der Platte,
Detail Lasteinleitungsbereich

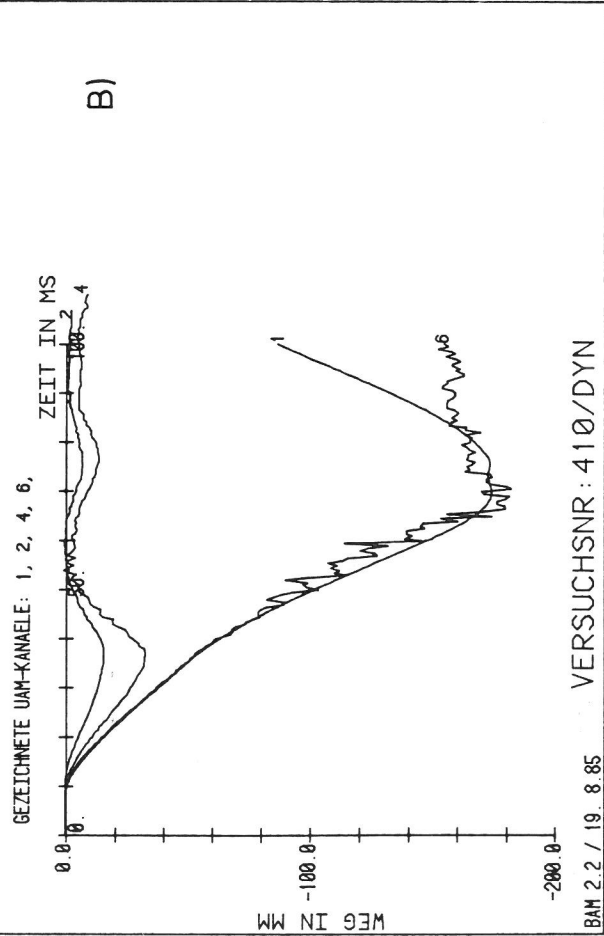
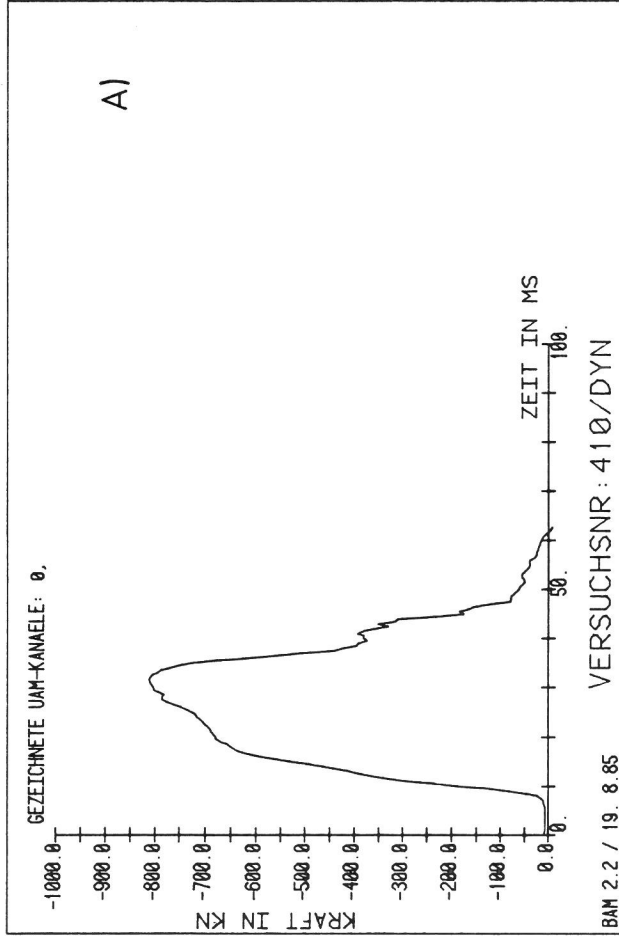
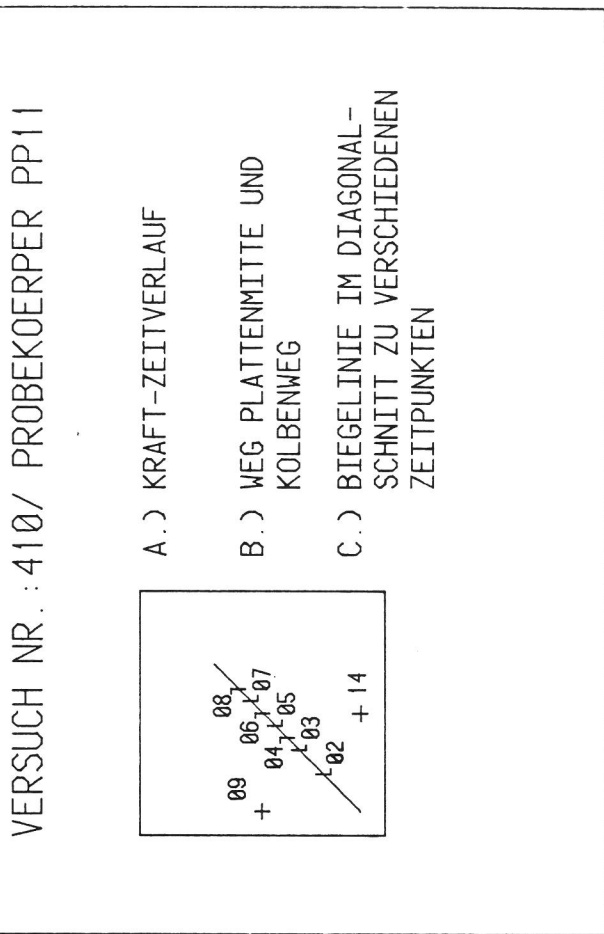
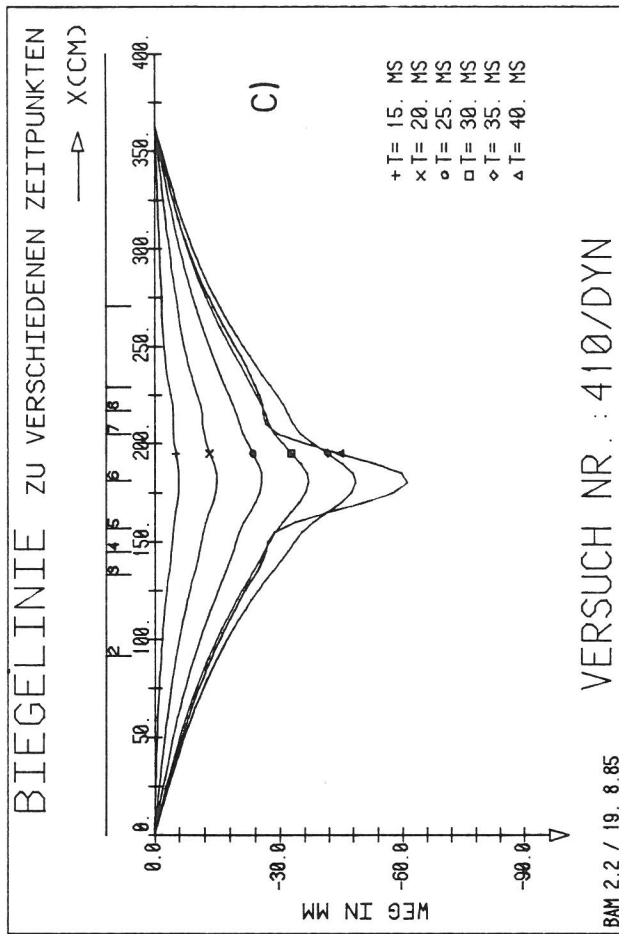


Bild A 8.10/5
Versuch 410

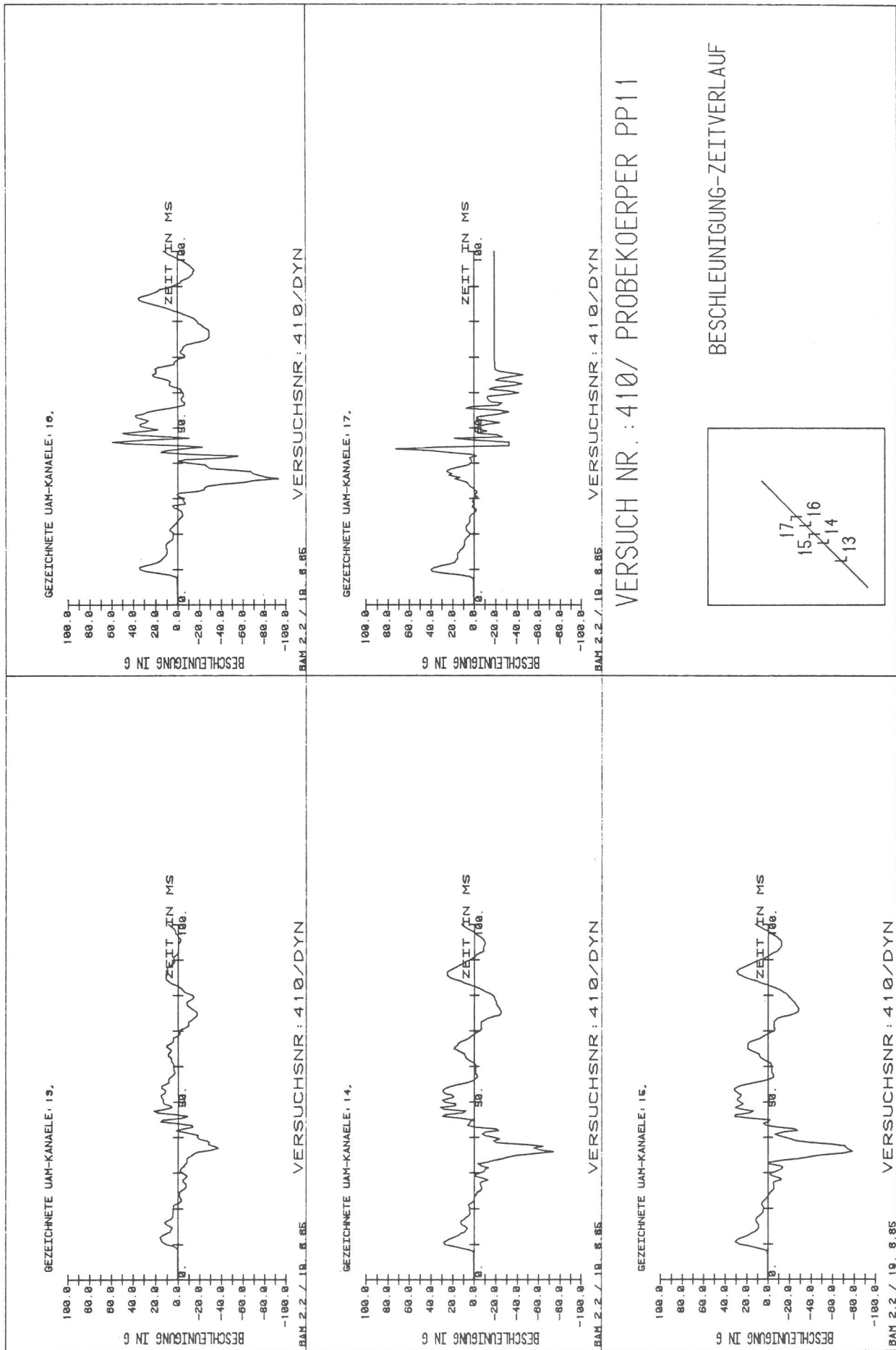


Bild A 8.10/6
Versuch 410

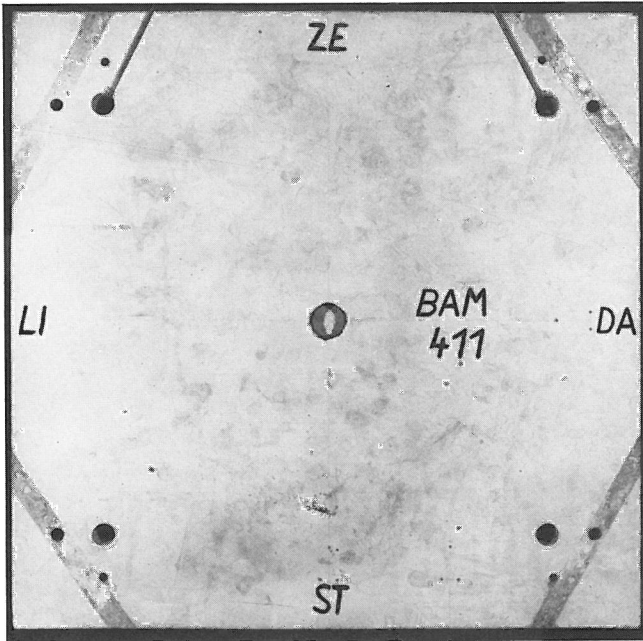


Bild A 8.11/3
 Versuch 411, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

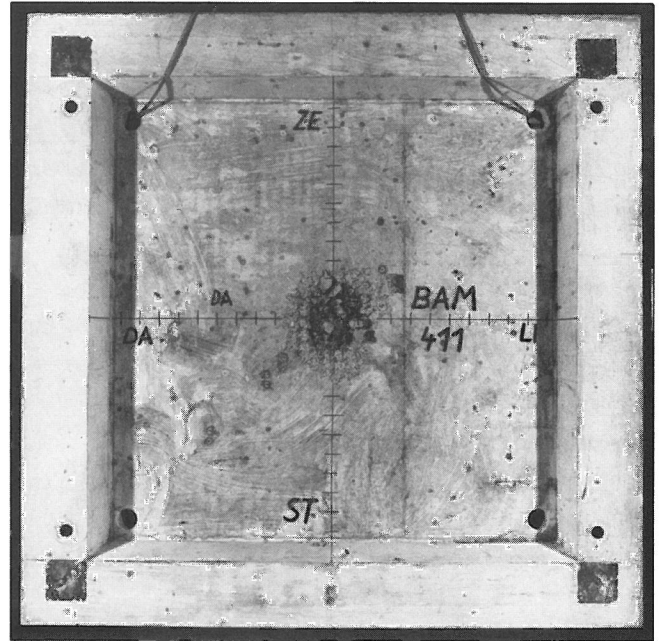


Bild A 8.11/4
 Versuch 411, Rückseite der Platte

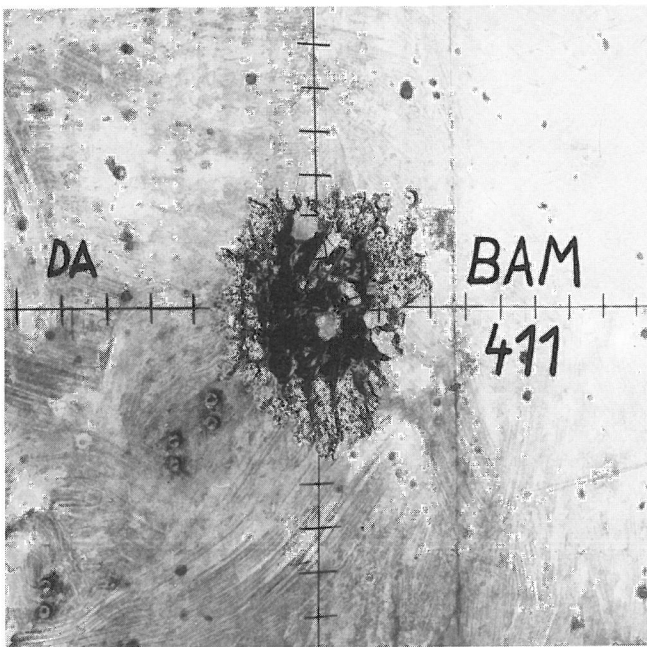


Bild A 8.11/5
 Versuch 411, Rückseite der Platte, Detail

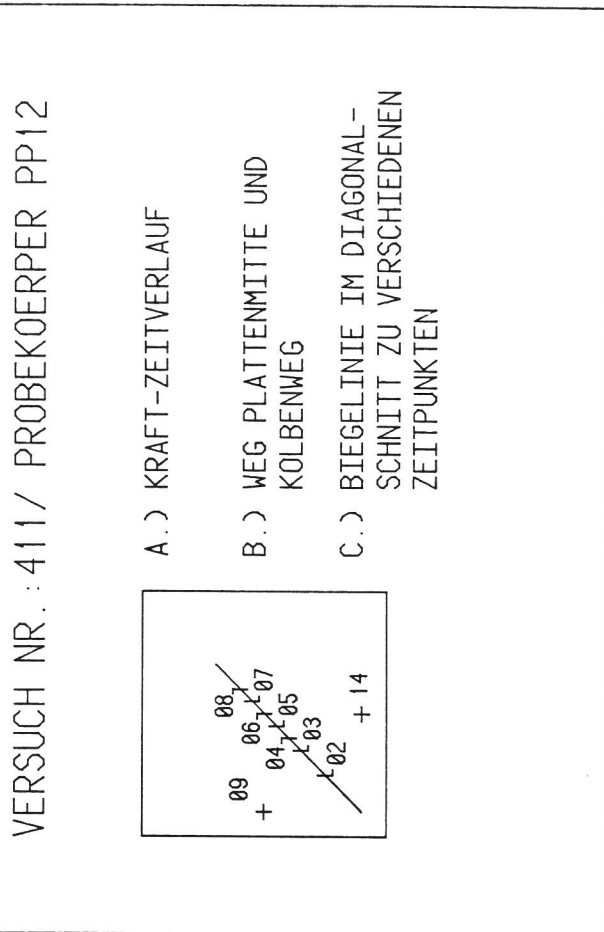
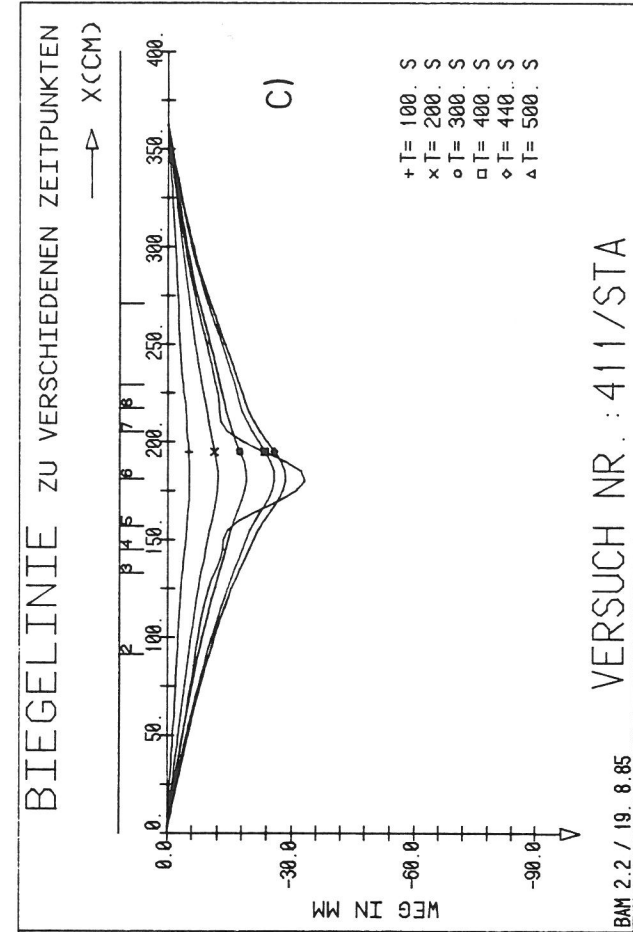


Bild A 8.11/6
Versuch 411

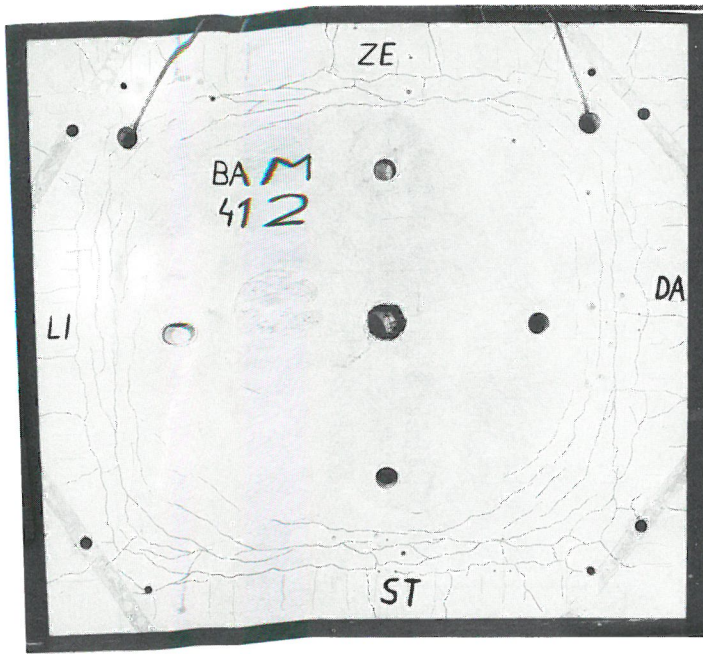


Bild A 8.12/3
 Versuch 412, Vorderansicht der Platte
 nach Versuchsende

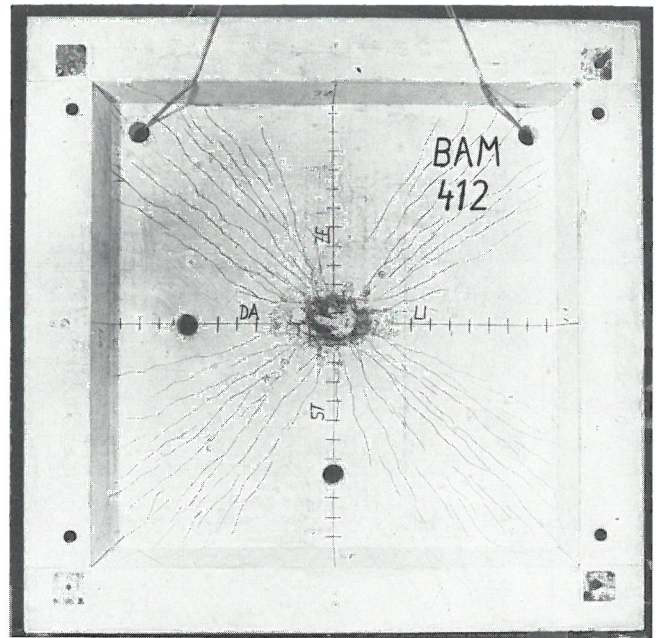


Bild A 8.12/4
 Versuch 412, Rückseite der Platte

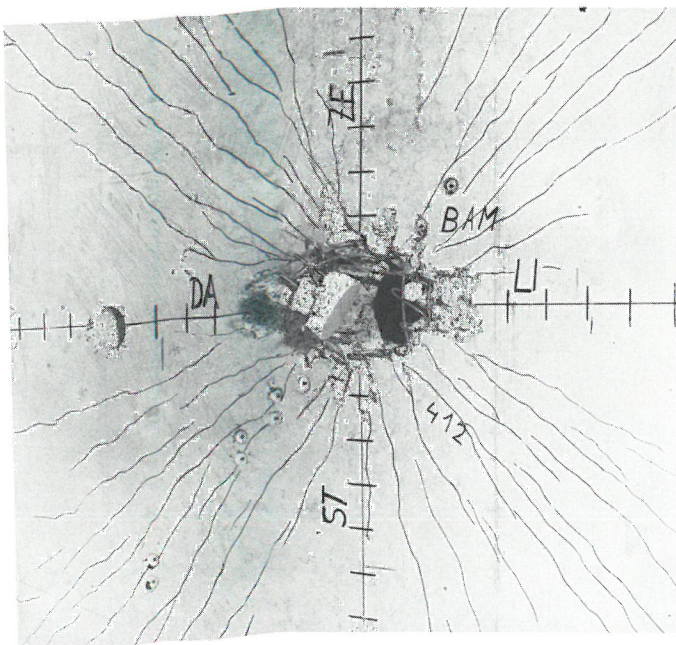


Bild A 8.12/5
 Versuch 412, Rückseite der Platte, Detail

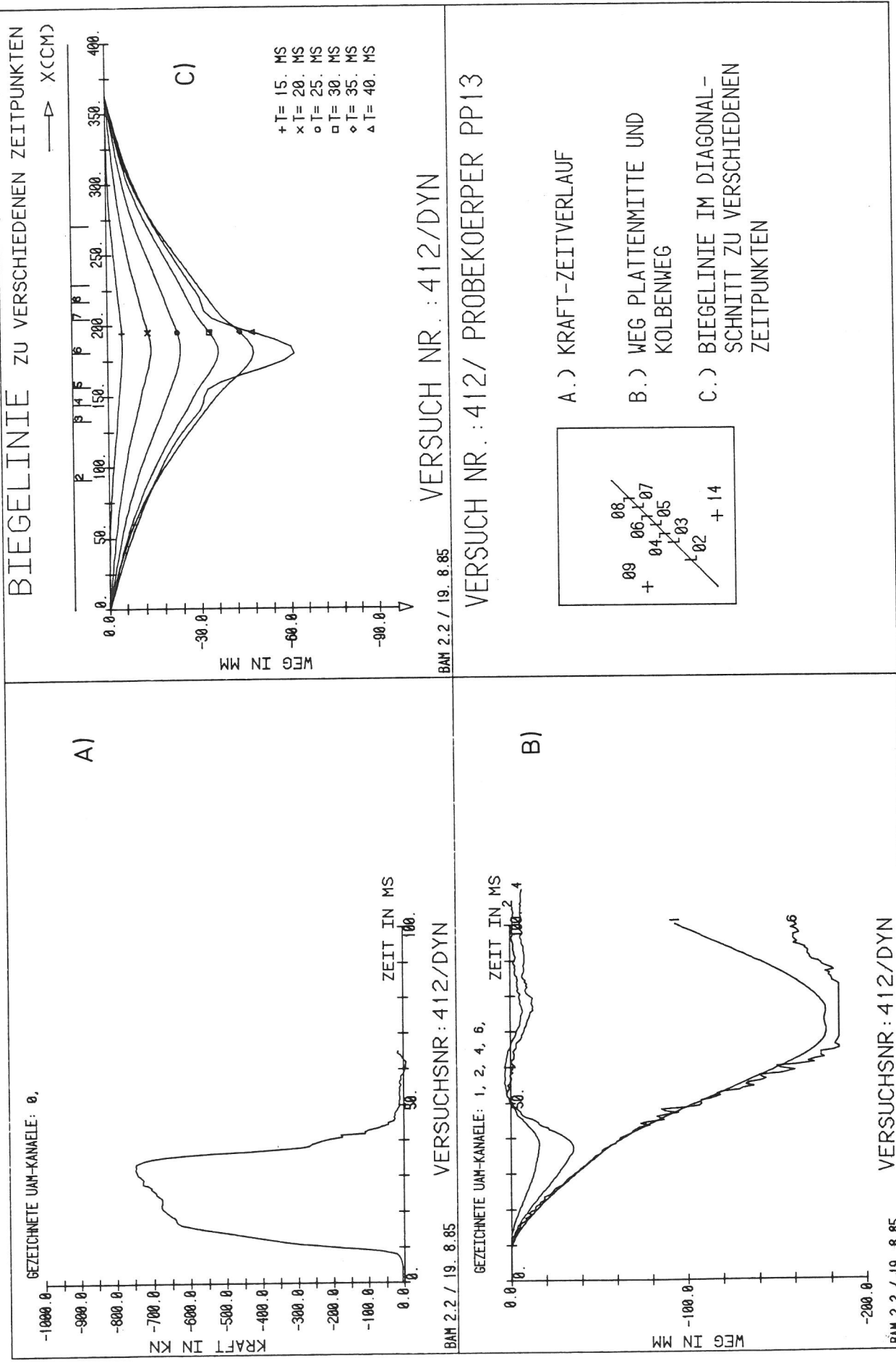
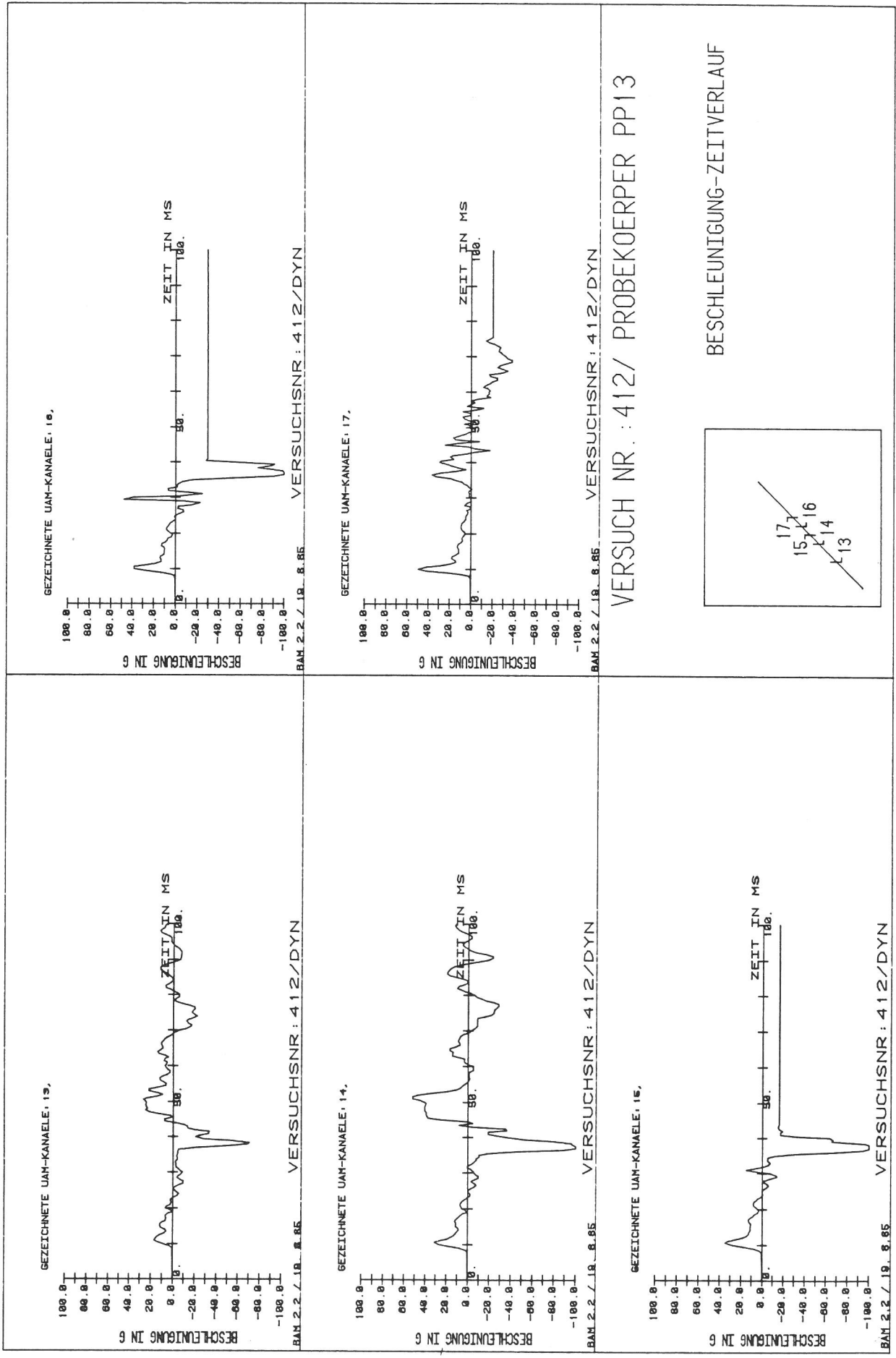


Bild A 8.12/6
Versuch 412

Bild A 8.12/7
 Versuch 412



BESCHLEUNIGUNG-ZEITVERLAUF

VERSUCH NR.: 412/ PROBEKOERPER PP13

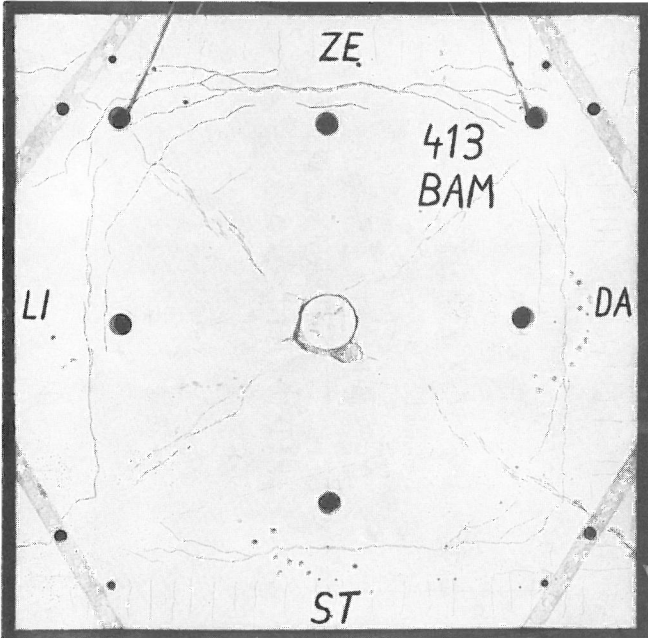


Bild A 8.13/3

Versuch 413, Vorderansicht der Platte nach Versuchsende

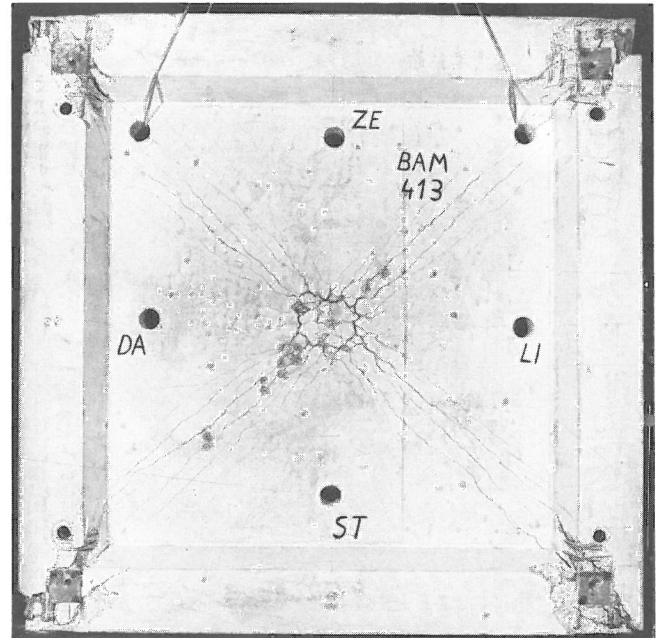


Bild A 8.13/4

Versuch 413, Rückseite der Platte, diagonale Bruchlinien nach Versagen der Randträger

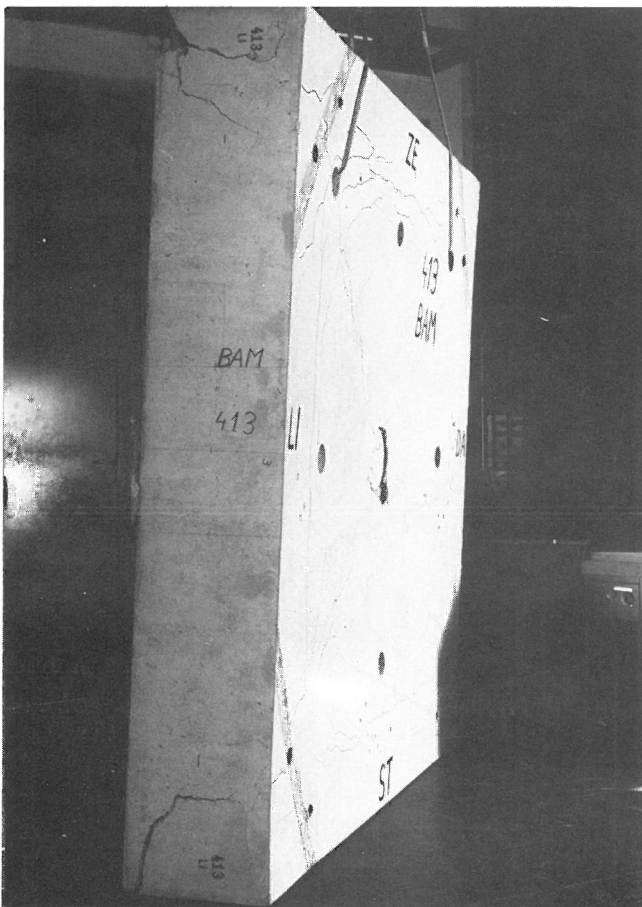
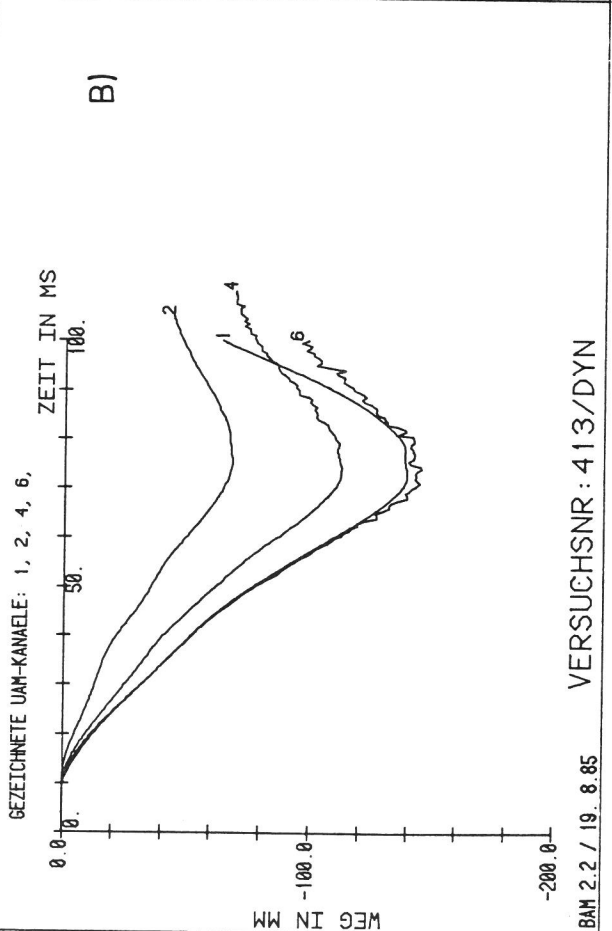
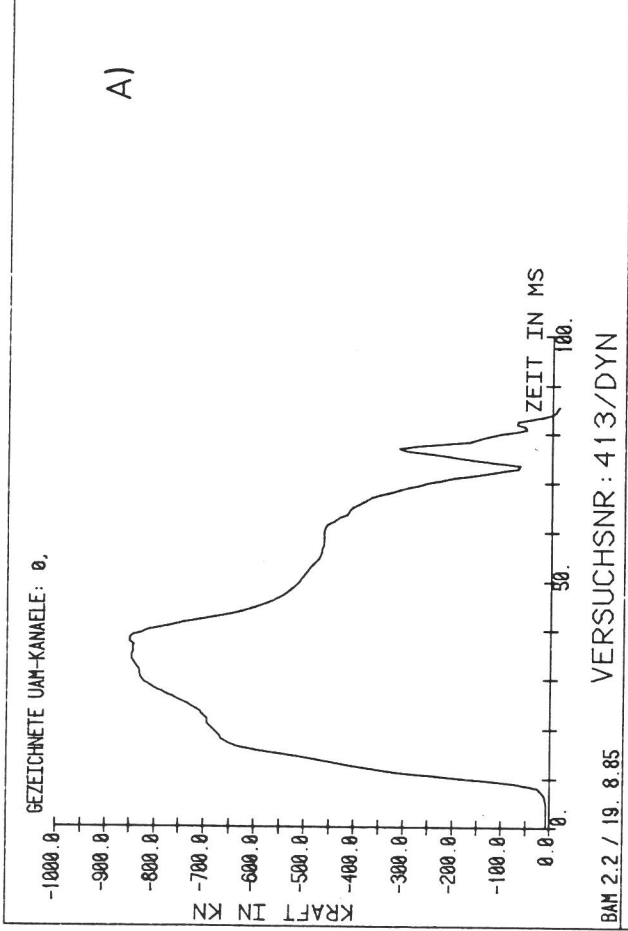
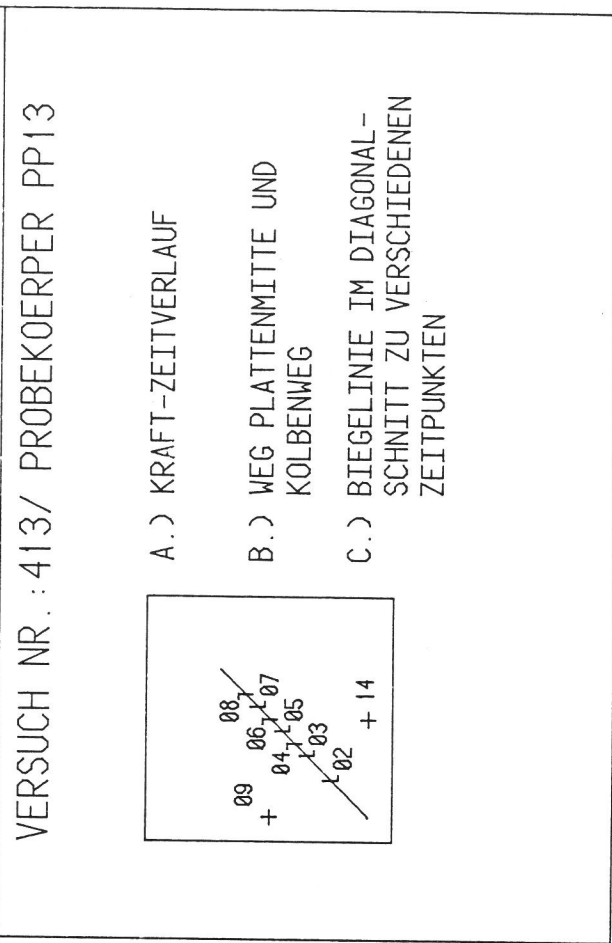
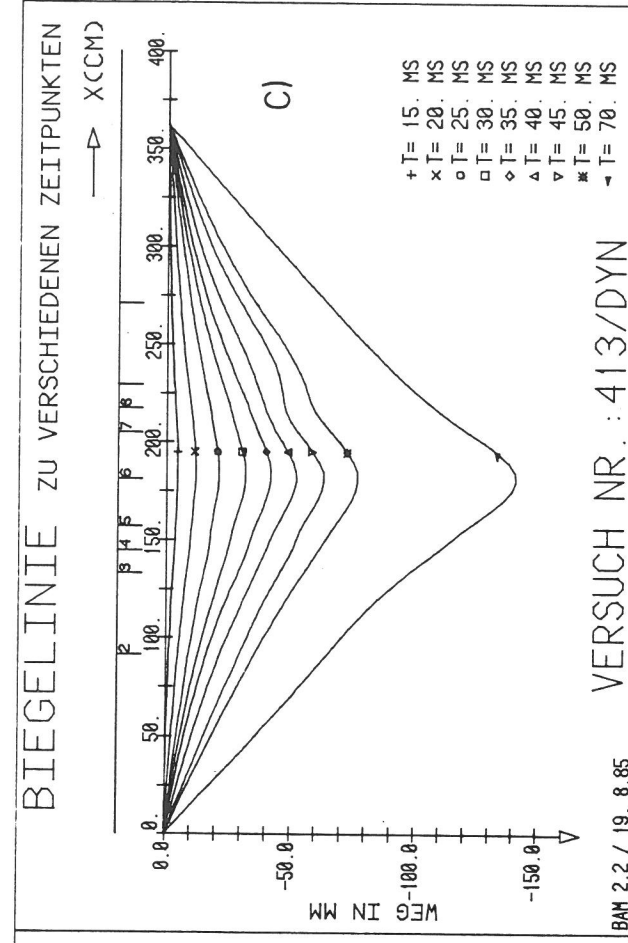
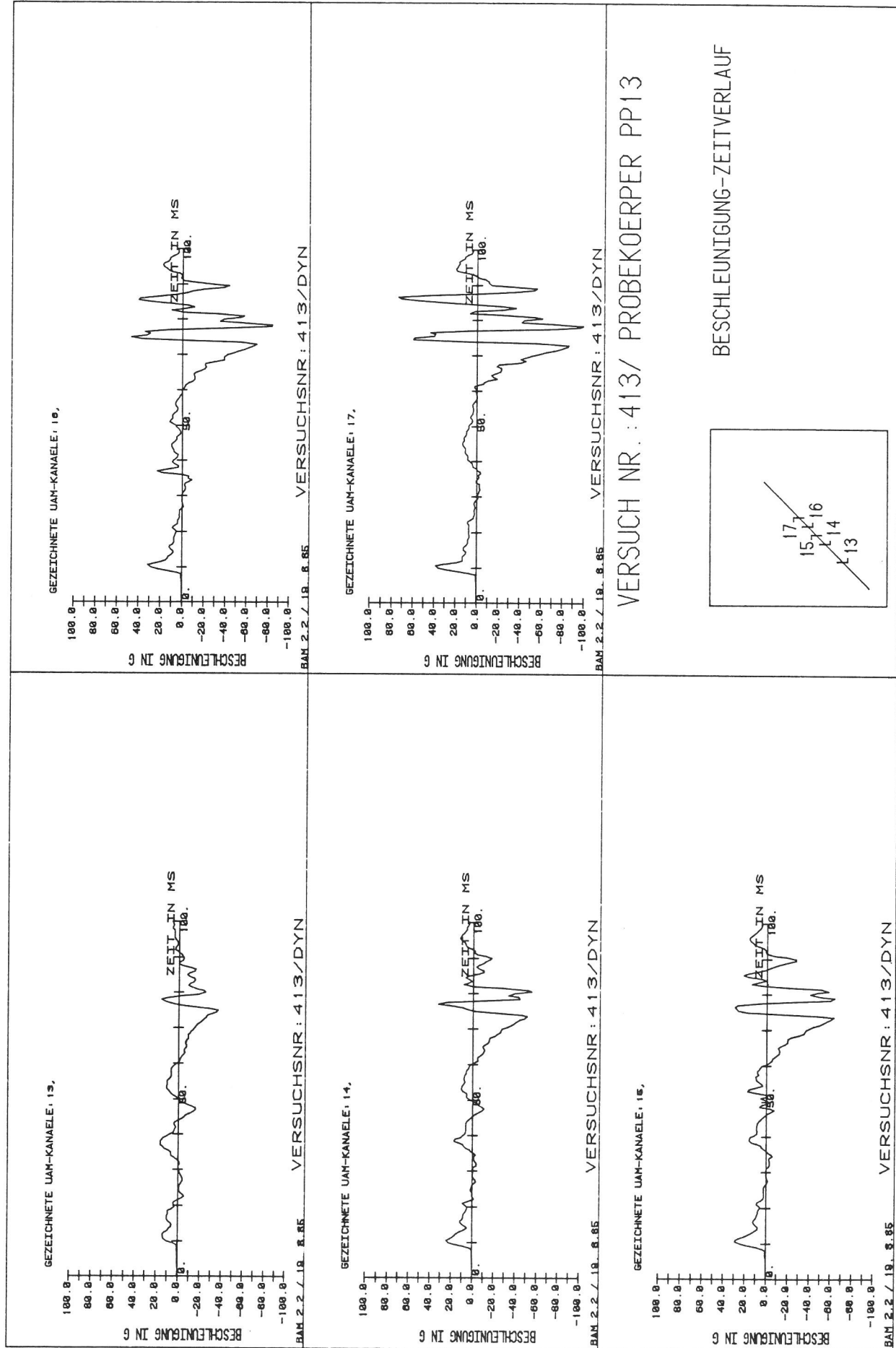


Bild A 8.13/5

Versuch 413, Ansicht der Platte nach Versuchsende. Einspannung in die Randträger führt zunächst zu ringförmigen Rissen an der Einspannstelle. Das Versagen der Randträger führt schließlich zu diagonalen Bruchlinien, wie sie bei umfangsgelagerten Platten ohne Einspannung auftreten können.





VERSUCH NR.: 413/ PROBEKOEPPER PP13

BESCHLEUNIGUNG-ZEITVERLAUF

Bild A 8.13/7
Versuch 413

Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

Nr. 1/September 1968

Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft

Nr. 2/Juli 1970 (vergriffen)

Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern
von Dr.-Ing. Götz Andrae

Nr. 3/September 1970 (vergriffen)

Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile
von Dr.-Ing. Josef Ziebs

Nr. 4/Dezember 1970 (vergriffen)

Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren
von Dr. rer. nat. Arno Burmester

Nr. 5/März 1971

Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken
von Dr. rer. nat. Norbert Steiner

Nr. 6/April 1971

Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen
von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider

Nr. 7/Juli 1971

Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz

Nr. 8/November 1971

Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Helmut Veith

Nr. 9/November 1971

Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller

Nr. 10/Januar 1972 (vergriffen)

Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode
von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin

Nr. 11/Februar 1972

Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütwerte beim Brennschneiden
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause

Nr. 12/Mai 1972

Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren
von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg

Nr. 13/Juni 1972

Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer

Nr. 14/Juli 1972

Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz
von Eberhard Fischer

Nr. 15/August 1972

Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl

Nr. 16/August 1972

Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer
von Dr.-Ing. Erwin Knublauch

Nr. 17/August 1972

Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen
von Dr.-Ing. Peter Reimers

Nr. 18/Januar 1973

Das Sprödbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten

Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 19/Januar 1973

Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos

Nr. 20/April 1973

Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 21/Juli 1973

Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung
Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig

Nr. 22/Juli 1973

Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen
von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 23/November 1973

Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen
von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske

Nr. 24/November 1973

Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung
von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 25/Dezember 1973

Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen
von Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 26/August 1974

Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —
von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise

Nr. 27/August 1974

Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg

Nr. 28/August 1974

Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern
von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 29/August 1974

Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall
von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider

Nr. 30/September 1974 (vergriffen)

The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology
von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon

Nr. 31/August 1975

Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung
von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann

Nr. 32/September 1975

Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen
von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher

Nr. 33/November 1975

Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens
von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)

Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen
von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe

Nr. 35/Januar 1976

Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dipl.-Ing. Ernst Limberger

Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)

Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles
von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt

- Nr. 37/Februar 1976
Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 38/Juni 1976
Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionisiertem Stahl 42 CrMo 4
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 39/Juni 1976
Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonischem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung
von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf
- Nr. 40/Juni 1976
Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren
von Dr. rer. nat. H. Hantsche
- Nr. 41/Okttober 1976
Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten
von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher
- Nr. 42/Okttober 1976
Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft
von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen
- Nr. 43/Okttober 1976
Das Sprödbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 44/November 1976
Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“
von Dipl.-Ing. W. Matthees
- Nr. 45/Dezember 1976
Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten
von Dr.-Ing. W. Paatsch
- Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)
Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung
Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses
von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler
- Nr. 47/Juni 1977
Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen
von Dr.-Ing. Arno Plank
- Nr. 48/Okttober 1977
Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn
von Dr.-Ing. U. Holzlöhner
- Nr. 49/Dezember 1977
Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung
von Dr.-Ing. Günther Wittig
- Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)
Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern
von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andree und Dipl.-Ing. Winfried Markowski
- Nr. 51/Juni 1978
Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen
von Dr. rer. nat. J. Sickfeld
- Nr. 52/August 1978
Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung
von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov
- Nr. 53/Okttober 1978
Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge
von Rolf Günter Rohrmann und Reinald Rudolphi
- Nr. 54/Okttober 1978
Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Harro Sander
- Nr. 55/November 1978
Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke
- Nr. 56/Januar 1979
Stabilität von Sandwichbauteilen
von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langlie
- Nr. 57/März 1979
Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung
Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing
von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus
- Nr. 58/März 1979
Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 59/Juli 1979
Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl
von Dr.-Ing. Günther Plauk
- Nr. 60/August 1979
Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken
von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs
- Nr. 61/Dezember 1979
Beschreibung von Problemen der höheren Farbmetrik mit Hilfe des Gegenfarbensystems
von Dr. Klaus Richter
- Nr. 62/Dezember 1979
Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker
- Nr. 63/Dezember 1979
Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase
von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig
- Nr. 64/Februar 1980
Ermittlung der Schwingungserregung beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge in Tunneln sowie Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Ausbreitung von Erschütterungen im Tunnel und dessen Umgebung
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 65/Februar 1980
Untersuchungen über den Einfluß des Spannungszustandes auf bruchmechanische Kennwerte
von Dr.-Ing. Peter Schmidt, Dr.-Ing. Dietmar Aurich, Dr.-Ing. Rolf Helms, Dr.-Ing. Helmut Veith und Dr.-Ing. Josef Ziebs
- Nr. 66/Mai 1980
Auswirkung von Druckentlastungsvorgängen auf die Umgebung
von Dr. rer. nat. Martin Hattwig
- Nr. 67/Mai 1980
Beitrag zur dynamischen Analyse von vorgespannten und vorbelasteten Feder-Masse-Systemen mit veränderlicher Gliederung unter stoßartiger Beanspruchung
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees
- Nr. 68/Mai 1980
Oberflächenmeßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Stereomeßtechnik.
Entwicklung eines vollezentrischen Präzisions-Goniometers
von Dr. rer. nat. Dieter Petersohn
- Nr. 69/Juni 1980
Untersuchungen zur Integrität des Liners von Reaktorsicherheitshüllen (Containments) in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt und Dipl.-Ing. Peter Brandl
- Nr. 70/August 1980 (vergriffen)
Schwellenwerte beim Betondruckversuch
von Dr.-Ing. Gerald Schickert
- Nr. 71/August 1980
Untersuchungen über durch den Boden gekoppelte dynamische Wechselwirkungen benachbarter Kernkraftwerksbauten großer Masse unter seismischen Einwirkungen
von Dr.-Ing. Wolfgang Matthees und Dipl.-Ing. Götz Magiera
- Nr. 72/September 1980
Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahl- und Holzstützen
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 73/November 1980

Vergleichende Untersuchungen zum Tragverhalten von Klemmkupplungen für Stahlrohrgerüste nach bestehenden deutschen Prüfvorschriften und geplanten europäischen bzw. internationalen Prüfnormen
von Dipl.-Ing. Peter Wegener

Nr. 74/November 1980

ALGOL-Computerprogramm zur Berechnung zweidimensionaler instationärer Temperaturverteilungen mit Anwendungen aus dem Brand- und Wärmeschutz
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dipl.-Inform. Renate Müller

Nr. 75/November 1980

Beitrag zur Kenntnis des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufs bei der plötzlichen Entlastung unter Druck stehender Behälter und Behälterkombinationen
von Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 76/November 1980

Deformationsverhalten von Rein- und Reinstaluminium sowie Cu 99,9 und St 37 bei Biegewechselbeanspruchung im Rasterelektronenmikroskop
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig

Nr. 77/April 1981

Untersuchung des Verhaltens von Lagerzementen
von Dipl.-Ing. Michael Gierloff und Dr.-Ing. Matthias Maultzsch

Nr. 78/September 1981

Dynamische Wechselwirkung eines Schienen-Schwellensystems mit dem Untergrund
von Dr.-Ing. Werner Rücker

Nr. 79/Dezember 1981

Ein Beitrag zur Untersuchung der wasserstoffbeeinflussten Kaltrißneigung höherfester niedriglegierter Feinkornbaustähle mit dem Implantatversuch
von Dr.-Ing. Volker Neumann

Nr. 80/Dezember 1981

Ursachen des Teileinsturzes der Kongreßhalle in Berlin-Tiergarten
von Dr.-Ing. Arno Plank, Dr.-Ing. Werner Struck und Dr.-Ing. Manfred Tzschätzsch

Nr. 81/Dezember 1981

Graphisch-rechnerisches Verfahren zum Erfassen der Zündhäufigkeit zündbarer Stoffe; Anwendung auf Datenmaterial aus dem Bereich der Statistik
von Dipl.-Ing. Jürgen Schmidt

Nr. 82/April 1982

Zur werkstoffmechanischen Beurteilung des Kerbschlagbiegeversuches
Assessment of the mechanical behaviour of materials in the notched bar impact test
von Rolf Helms, Hans-Joachim Kühn und Siegmund Ledworuski

Nr. 83/Juli 1982

Tribologisches Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen — Kontaktdeformation, Reibung und Verschleiß, Oberflächenuntersuchungen —
von Prof. Dr.-Ing. Horst Czichos und Dr.-Ing. Paul Feine

Nr. 84/Juli 1982

Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen im Kleinprüfstand (Vergleichsversuche)
von Dipl.-Inform. Renate Müller und Dr.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 85/ISBN 3-88314-231-X/Okttober 1982

Technische Materialforschung und -prüfung — Entwicklungstendenzen und Rahmenvorschläge für ein EG-Programm „Basic Technological Research“ — Materials Research and Testing — Development Trends and Outline Proposals for a Community Programme „Basic Technological Research“ —
von Prof. Dr. Horst Czichos

Nr. 86/ISBN 3-88314-232-8/November 1982

Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügemerkmale
von Dr.-Ing. Konrad Niesel und Dr. rer. nat. Peter Schimmelwitz

Nr. 87/ISBN 3-88314-240-9/Dezember 1982

Einfluß baupraktischer Umgebungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten von Spannstählen vor dem Injizieren
von Dr.-Ing. Bernd Isecke und Dr.-Ing. Wolfgang Stichel

Nr. 88/ISBN 3-88314-254-9/Februar 1983

Untersuchungen zur Ausbreitung von Longitudinalwellen an Oberflächen bei der Materialprüfung mit Ultraschall
von Dr.-Ing. Anton Erhard

Nr. 89/ISBN 3-88314-263-8/April 1983

Untersuchungen zur Zerfallsfähigkeit von Distickstoffoxid
von Dr. rer. nat. Dietrich Conrad und Dr.-Ing. Siegmund Diellen

Nr. 90/ISBN 3-88314-264-6/April 1983

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen

Konzeption für geregelte Versuche

Versuchseinrichtung

Vorversuche an Stahlbetonbalken

von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter

Nr. 91/ISBN 3-88314-265-4/April 1983

Dreidimensionale Analyse von unbewehrtem Beton mit nichtlinear-elastischem Materialgesetz
von Dr.-Ing. Michael Weber

Nr. 92/ISBN 3-88314-266-2/August 1983

Ausbreitung von Erschütterungen durch den Boden
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch

Nr. 93/ISBN 3-88314-283-2/August 1983

Unterdrückung stick-slip-induzierter Kurvengeräusche schienengebundener Fahrzeuge durch eine physikalisch-chemische Oberflächenbehandlung der Schienen
von Dr. rer. nat. Peter Studt

Nr. 94/ISBN 3-88314-284-0/August 1983

Untersuchungen der Störsschwingungen beim Kerbschlagbiegeversuch und deren Abschwächungen
von Dr.-Ing. Xian-Quan Dong

Nr. 95/ISBN 3-88314-289-1/August 1983

Über die Fokussierung des Schallfeldes von Ultraschall-Prüfköpfen mit Fresnelschen Zonenplatten
von Dr.-Ing. Manfred Römer

Nr. 96/ISBN 3-88314-296-4/Okttober 1983

Verbundverhalten zwischen Beton und geripptem Betonstahl sowie sein Einfluß auf inelastische Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken
von Dr.-Ing. Heinz Eifler

Nr. 97/ISBN 3-88314-297-2/November 1983

Typische Bruchflächenausbildung thermoplastischer Kunststoffe nach wechselnder mechanischer Beanspruchung
von Dipl.-Ing. Gerhard Fuhrmann und Prof. Dr. rer. nat. Wolfram Schwarz

Nr. 98/ISBN 3-88314-312-X/Dezember 1983

Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschenwaren — Stretch- und Erholungsvermögen —
von Dr. rer. nat. Edmund Schnabel

Nr. 99/ISBN 3-88314-317-0/Dezember 1983

Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Versuche an Stahlbetonbalken mit Biegebewehrung aus Betonstahl BSt 420/500 RK und BSt 1080/1320
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter

Nr. 100/ISBN 3-88314-298-0/Januar 1984

Untersuchungen zur Prüfung von Beton auf Frostwiderstand
von Günter Klamrowski und Paul Neustupny

Nr. 101/ISBN 3-88314-327-8/Februar 1984

Röntgen- und Gammastrahlen Computer-Tomographie
von Dr.-Ing. Peter Reimers, Dr. rer. nat. Jürgen Goebels, Dr.-Ing. Heinrich Heidt, Dr.-Ing. Hans-Peter Weise und Dipl.-Phys. Kay Wilding

Nr. 102/ISBN 3-88314-335-9/März 1984

Weiterentwicklung des hydraulischen Kompensationsverfahrens zur Druckspannungsmessung in Beton
von Dr.-Ing. Götz Magiera

Nr. 103/ISBN 3-88314-328-6/März 1984

Radiographie mit Elektronen aus Metallverstärkerfolien
von Dr.-Ing. Dierk Schnitger

Nr. 104/ISBN 3-88314-339-1/April 1984

Beeinflussung von Betoneigenschaften durch Zusatz von Kunststoffdispersionen
von Dr.-Ing. Michael Gierloff

Nr. 105/ISBN 3-88314-345-6/Juni 1984

Beitrag zum Bremsverhalten energieumwandelnder Aufsetzpuffer in Aufzugsanlagen
von Dr.-Ing. Bernd Schulz-Forberg

Nr. 106/ISBN 3-88314-360-X/Okttober 1984

Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last
von Dr.-Ing. Jan Lehnert

Nr. 107/ISBN 3-88314-361-8/Okttober 1984

Korrosion von Stahlradiatoren
von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel und Jörg Ehreke

Nr. 108/ISBN 3-88314-363-4/Okttober 1984

Durch Bodenerschütterungen angeregte Gebäudeschwingungen — Ergebnisse von Modellrechnungen
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch

- Nr. 109/ISBN 3-88314-381-2/Februar 1985
Zur Wirkung der Schrumpfbegrenzung auf den Schweißzugspannungszustand und das Sprödbruchverhalten von unterpulvergeschweißten Blechen aus St E 460 N
 von Dr.-Ing. Mohamed Omar
- Nr. 110/ISBN 3-88314-382-0/Februar 1985
Wasserstoff als Energieträger
 von Dr. Hermann Walde (Mitglied des Kuratoriums der BAM i. R.) und Dr. Bernhard Kropp
- Nr. 111/ISBN 3-88314-383-9/Februar 1985
Über den Einfluß der Initiierung auf die detonative Umsetzung von Analex-Sprengstoffen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Gesichtspunkte
 von Dr.-Ing. Kurt Ziegler
- Nr. 112/ISBN 3-88314-409-6/Juli 1985
Zeitstandverhalten und strukturelle Veränderungen von vielfach wiederverarbeiteten Polyethylenen
 von Dr.-Ing. Wolfgang Lützow
- Nr. 113/ISBN 3-88314-410-X/Juli 1985
Untersuchungen zum Frequenzinfluß auf die Schwingungsrißkorrosion von Offshore-Konstruktionen
 von Rolf Helms, Horst Henke, Gerhard Oelrich (BAM, Berlin) und Tetsuya Saito (NRIM, Japan)
- Nr. 114/ISBN 3-88314-419-3/Juli 1985
Neue Verfahren für die Prüfung von Reaktorkomponenten mittels Röntgen- und Gammastrahlen
 von Dipl.-Ing. Peter Rose, Dipl.-Ing. Peter Raabe, Dipl.-Ing. Werner Daum und Andreas Szameit
- Nr. 115/ISBN 3-88314-420-7/Juli 1985
Farbempfindungsmerkmal Elementaruntun und Buntheitsabstände als Funktion von Farb- und Leuchtdichte von In- und Umfeld
 von Privatdozent Dr. Klaus Richter
- Nr. 116/ISBN 3-88314-460-6/Oktober 1985
Theoretische Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenproblematik
 von Dr. rer. nat. Franz-Josef Kasper, Dipl.-Inform. Renate Müller, Dr.-Ing. Reinald Rudolph und Dr.-Ing. Armin Wagner
- Nr. 117/ISBN 3-88314-468-1/Oktober 1985
**Materials Technologies and Techno-Economic Development
 A study for the German Foundation for International Development
 (Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung)**
 by Prof. Dr. H. Czichos in cooperation with Dr. G. Sievers,
 Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn
- Nr. 118/ISBN 3-88314-469-X/Oktober 1985
Brand- und Explosionsgefahren explosionsgefährlicher Stoffe bei Herstellung und Lagerung
Modellversuche mit pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen
 von Dr. rer. nat. Hartwig Treumann, Dipl.-Ing. Hilmar Andre, Dr. rer. nat. Eduard Blossfeld, Dr. rer. nat. Norbert Pfeil und Ing. grad. Matthias-Michael Zindler
- Nr. 119/ISBN 3-88314-472-X/November 1985
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Versuche an Stahlbetonplatten, Teil I
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part I
 von Dipl.-Ing. Jürgen Herter, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Ernst Limberger
- Nr. 120/ISBN 3-88314-514-9/April 1986
Zerstörungsfreie Korngrößenbestimmung an austenitischen Feinblechen mit Hilfe der Ultraschallrückstreuung
 von Dr.-Ing. Andreas Hecht
- Nr. 121/ISBN 3-88 314-530-0/Juni 1986
Versagenskriterien von Stahlgleitpaarungen unter Mischreibungsbedingungen: Einflüsse von Stahlzusammensetzung und Wärmebehandlung
 von Dr.-Ing. Paul Feinle und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 122/ISBN 3-88 314-521-1/Juli 1986
Entsorgung kerntechnischer Anlagen
 von J. Mischke
 Sonderkolloquium der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) am 10. 12. 1985 mit Beiträgen von B. Schulz-Forberg, K. E. Wieser und B. Droste
- Nr. 123/ISBN 3-88 314-531-9/Juli 1986
Physikalisch-chemische Analyse sowie toxische Beurteilung der beim thermischen Zerfall organisch-chemischer Baustoffe entstehenden Brandgase
 von Dr. rer. nat. Detlef Rennoch
- Nr. 124/ISBN 3-88 314-538-6/Juli 1986
Zur Anwendung des Impuls-Wirbelstromverfahrens in der zerstörungsfreien Materialprüfung
 von Dr.-Ing. Hans-Martin Thomas
- Nr. 125/ISBN 3-88 314-540-8/Juli 1986
Untersuchungen zur Wirksamkeit der Brandschutzisolierung von Flüssiggas-Lagertanks
 von Dr.-Ing. Berhard Droste und Dipl.-Ing. Ulrich Probst
- Nr. 126/ISBN 3-88 314-547-5/August 1986
Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen in Schwimmhallen
 von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel
- Nr. 127/ISBN 3-88 314-564-5/November 1986
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Versuche an Stahlbetonbalken, Teil I
Tests on Reinforced Concrete Beams, Part I
 von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 128/ISBN 3-88 314-568-8/November 1986
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members
Versuche an Stahlbetonbalken, Teil II
Tests on Reinforced Concrete Beams, Part II
 von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 129/ISBN 3-88 314-569-6/November 1986
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load
Zugversuche an Betonstahl mit erhöhter Dehngeschwindigkeit
Reinforcing Steel Tension Tests with high strain rates
 von / by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 130/ISBN 3-88 314-570-X /November 1986
Einfache Abschätzung der Durchbiegung und der Energieaufnahme von Trägern aus duktilem Material bei Belastung durch eine Einzelkraft
 von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 131/ISBN 3-88-314-585-8/November 1986
Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen
Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load
Versuche an Stahlbetonplatten, Teil II
Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part II
 von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Jürgen Herter