

Untersuchung des Adhäsionsverlustes
von Siliconklebern durch Wasserlagerung

T 2746

T 2746

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1998, ISBN 3-8167-4920-8

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>



Abteilung 2 Baukonstruktionen
Referat 25 Glasbau, Klebetechnik

Prüfungsbericht

Abschlußbericht

2. Mehrfertigung

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30
D-10829 Berlin-Schöneberg

Betreff: Forschungsvorhaben "Untersuchung des Adhäsionsverlustes
von Siliconklebern durch Wasserlagerung"
(Geschäftszeichen IV 1-5-670/92)

Datum des Berichts: 18.11.1996

Auftrag: 25-13035-1

Textseiten: 11

Beilagen: 133

FMPA B-W
Abteilung 2 Baukonstruktionen
Pfaffenwaldring 4
D-70569 Stuttgart

Tel.: 0711/685/2215
Fax: 0711/685/6827

Inhalt

- 1 Zielsetzung
- 2 Werkstoffe und Probekörper
 - 2.1 Untersuchte Silicone
 - 2.2 Substrate
 - 2.3 Reinigung der Substrate
 - 2.4 Abmessungen der Probekörper
 - 2.5 Herstellung der Probekörper
- 3 Versuche (Einrichtung, Programm Durchführung)
 - 3.1 Versuchseinrichtung
 - 3.2 Versuchsprogramm
 - 3.3 Durchführung der Versuche
 - 3.3.1 Zweikomponentensilicone
 - 3.3.1.1 Vorversuche
 - 3.3.1.2 Schädigungsphase
 - 3.3.1.3 Erholungsphase
 - 3.3.1.4 Zyklische Beanspruchung
 - 3.3.2 Einkomponentensilicone
- 4 Versuchsergebnisse
 - 4.1 Allgemeines
 - 4.2 Versuche mit Zweikomponentensiliconen
 - 4.2.1 Versuche mit nicht vorbehandelten Proben
 - 4.2.2 Versuche in der Schädigungsphase
 - 4.2.3 Versuche in der Erholungsphase
 - 4.2.4 Versuche mit zyklischer Beanspruchung
 - 4.3 Versuche mit Einkomponentensiliconen (Beilagen 108 bis 127)
- 5 Wertung der Ergebnisse
 - 5.1 Zweikomponentensilicone
 - 5.2 Einkomponentensilicone

1 Zielsetzung

Versuche mit Siliconklebern im Rahmen von Structural-Glazing-Zulassungen haben gezeigt, daß Silicone sehr empfindlich auf Feuchtigkeit reagieren. Dies äußerte sich in den durchgeführten Versuchen darin, daß bei Proben, die in Wasser gelagert wurden, die Adhäsion zwischen Silicon

und Substrat im Laufe der Zeit abnahm und bei entsprechend langer Lagerung ein vollständiger Adhäsionsverlust eintrat. Dieser Vorgang wurde beschleunigt, wenn die Lagerung in Wasser mit erhöhten Temperaturen erfolgte.

Nach Aussagen der Siliconhersteller ist der Vorgang durch Trocknung bei zweikomponentigen Siliconen reversibel. Erkenntnisse über das Ausmaß der Erholung und die dafür notwendige Zeit liegen jedoch nicht vor. Darüberhinaus stellt sich die Frage, ob durch wiederholte Wasserlagerungs-Trocknungszyklen dennoch eine bleibende Verminderung der Adhäsion auftritt. Bei einkomponentigen Siliconen erfolgt nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine Erholung.

Um Antworten auf die Fragen zu gewinnen, wurde ein Forschungsvorhaben durchgeführt, über dessen Ergebnisse nachfolgend berichtet wird.

2 Werkstoffe und Probekörper

2.1 Untersuchte Silicone

Es wurden Zweikomponenten- und Einkomponentensilicone zweier Hersteller-A und B untersucht. Weitere Angaben zu den Siliconen werden an dieser Stelle nicht gemacht.

2.2 Substrate

Folgende Substrate wurden verwendet:

Aluminium AlMgSi0,5 F22, eloxiert E6-CO

Klarglas

Angaben über die Zusammensetzung der Eloxalbäder und den Eloxiergang sind bei der FMPA hinterlegt. Weitere Untersuchungen wurden nicht vorgenommen.

Als Abstandhalter zwischen den Substraten wurden Teile aus Polyurethanhartschaum verwendet. Sie wurden nach dem Aushärten des Silicons entfernt.

2.3 Reinigung der Substrate

Aluminium

Waschen in entmineralisiertem Wasser,
Reinigen der Klebeflächen mit Isobutylmethylketon,

3.2 Versuchsprogramm

Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf den Zweikomponentensiliconen.

Bei den Untersuchungen lassen sich 3 Abschnitte unterscheiden, die auch zeitlich nacheinander durchgeführt wurden:

- Abschnitt I - Schädigungsphase
- Abschnitt II - Erholungsphase
- Abschnitt III - Zyklische Beanspruchung

Die Ergebnisse der Abschnitte I und II beeinflussten die Gestaltung der folgenden Abschnitte.

Schließlich wurden aufgrund der Erfahrungen mit den Zweikomponentensiliconen Versuche mit Einkomponentensiliconen durchgeführt.

3.3 Durchführung der Versuche

3.3.1 Zweikomponentensilicone

3.3.1.1 Vorversuche

Zu Beginn der Untersuchung und zwischen den Abschnitten II und III wurden Proben geprüft, die seit ihrer Herstellung nur im Normalklima lagerten. Diese Ergebnisse dienen als Vergleich für die Ergebnisse mit vorbehandelten Proben.

3.3.1.2 Schädigungsphase

Es wurden Probekörper in Wasser bei 40, 60 und 80 °C gelagert. In Abhängigkeit von der Wasserbadtemperatur wurden verschiedene Lagerungszeiten vorgesehen. Die nachfolgende Tabelle enthält die Versuchsparameter.

Tabelle 1: Versuchsparameter in der Schädigungsphase

Wassertemperatur in °C	Lagerungsdauer in Wochen		
40	3	6	12
60	1,5	3	6,5
80	1	2	4

Die Probekörper wurden in verschließbare Kunststoffbehälter eingelegt, die mit entmineralisiertem Wasser gefüllt waren. Die Behälter wurden in verschiedenen Klimaschränken bei 40, 60 oder 80 °C aufbewahrt. Nach den vorgegebenen Lagerungszeiten im Wasser wurden einzelne Probekörper entnommen und sofort im zentrischen Zugversuch bei Raumtemperatur geprüft, um die Resttragfähigkeit und den Adhäsionsverlust zu bestimmen.

3.3.1.3 Erholungsphase

Aus dem ersten Abschnitt wurden Schädigungsparameter gewählt und Proben durch Wasserlagerung vorbehandelt. Anschließend wurden die Proben aus dem Wasserbad genommen, mit einem Tuch abgewischt und bei 20 °C / 50 % rel. Luftfeuchtigkeit gelagert. In regelmäßigen zeitlichen Abständen wurden Zugversuche durchgeführt, um das Ausmaß der Erholung zu bestimmen. Aufgrund der geringen Schädigung bei Lagerung in Wasser von 40 °C wurde darauf verzichtet, Proben bei dieser Temperatur zu lagern. Die nachfolgende Tabelle enthält die Parameter für den zweiten Untersuchungsabschnitt.

Tabelle 2: Versuchsparameter in der Erholungsphase

Probenvorbereitung °C / Wochen	Lagerungsdauer bei 20°C/50% r.L. in Wochen					
	60/6	0	1	2	4	8
80/4	0	1	2	4	8	16

3.3.1.4 Zyklische Beanspruchung

Mit den Erkenntnissen aus den beiden ersten Abschnitten wurden Prüfbedingungen für eine Schädigung und Erholung der Adhäsion abgeleitet. Die Dauer der Wasserlagerung wurde bei 60 °C zu 6 Wochen und bei 80 °C zu 4 Wochen gewählt. Die Erholungsphase wurde zu 4 Wochen angenommen.

Es wurden Probekörper den zuvor genannten Wasserlagerungs- und Trocknungsbedingungen unterworfen. Ein Versuchszyklus bestand aus einer Wasserlagerungsphase und einer Trocknungsphase. Insgesamt wurden drei Zyklen durchgeführt. Nach der letzten Trocknungsphase wurden zentrische Zugversuche durchgeführt. Wegen der hohen Streuung der Maximallasten wurden alle Probekörper, die in Wasser von 60 °C eingelegt waren, geprüft. Bei den Probekörpern, die in Wasser von 80 °C eingelegt waren, wurde nach Abschluß der drei Zyklen nur ein Teil im Zugversuch geprüft. Bei den übrigen Probekörpern wurde die letzte Trocknungsphase von zunächst 4 Wochen auf 7 und 10 Wochen ausgedehnt und dann erst Zugversuche durchgeführt.

3.3.2 Einkomponentensilicone

Es wurden Tastversuche mit zwei EinkomponentenSiliconen durchgeführt, um deren Verhalten bei Wasserlagerung und insbesondere die Erholung der Adhäsion zu untersuchen.

Um einen Vergleich mit den Ergebnissen der Versuche mit ZweikomponentenSiliconen herzustellen, wurden die Probekörper 6 Wochen in Wasser von 60 °C gelagert. Ein Teil der Probekörper wurde anschließend im Zugversuch geprüft. Die restlichen Probekörper wurden bei 20 °C und 50 % rel. Luftfeuchtigkeit aufbewahrt und nach 1, 2, 4, 8 und 16 Wochen geprüft, um den Adhäsionsverlust bzw. die Erholung in Abhängigkeit von der Zeit festzustellen. Dabei wurden versehentlich alle zur Verfügung stehenden Proben in Wasser gelagert, so daß keine Probekörper zur Bestimmung der Zugfestigkeit bei unbehandelten Proben mehr vorhanden waren.

4 Versuchsergebnisse

4.1 Allgemeines

Die Ergebnisse der einzelnen Versuche werden nach den Untersuchungsabschnitten und den verwendeten Siliconen getrennt angegeben. Dabei werden zuerst die Versuchsergebnisse in Tabellen zusammengestellt. Daran schließen sich die Last-Verschiebungsdiagramme und die Bilder der Probekörper nach den Versuchen an. Die Flächen auf den Substraten mit Adhäsionsverlust wurden augenscheinlich unter Zuhilfenahme von transparentem Millimeterpapier abgeschätzt. Der Adhäsionsverlust wird definiert als das Verhältnis der Flächenanteile ohne Adhäsion zur Gesamtfläche.

4.2 Versuche mit Zweikomponentensiliconen

4.2.1 Versuche mit nicht vorbehandelten Proben

(Beilagen 4 bis 17)

Beim Silicon A lag die Zugfestigkeit zu Beginn der Untersuchung bei 0,97 N/mm² (Reihe A01, Beilage 4, Alter der Probekörper: 2 Wochen). Die Prüfungen zwischen den Versuchsabschnitten II und III ergaben eine Zugfestigkeit von 1,05 N/mm² (Reihe A02, Beilage 7). Zu diesem Zeitpunkt hatten die Probekörper ein Alter von 33 Wochen.

Beim Silicon B wurde eine relativ hohe Streuung der Zugfestigkeiten festgestellt. Die Zugfestigkeiten in den Reihen B01, B02 und B03 zu Beginn der Untersuchung betragen im Mittel 0,62 N/mm², 0,61 N/mm² und wieder 0,61 N/mm² (Beilage 10). Die Probekörper hatten ein Alter von 1

Woche, 4 Wochen und 9 Wochen. Die Prüfungen der Reihe B04 zwischen den Versuchsabschnitten II und III ergaben eine mittlere Zugfestigkeit von 0,76 N/mm². Die Probekörper waren zu diesem Zeitpunkt 48 Wochen alt.

Während die Bruchflächen bei den Probekörpern A eine gleichmäßige schwarze Farbe zeigten, waren bei den Probekörpern B Schlieren zu erkennen, die auf eine ungenügende Durchmischung von Härter und Base zurückzuführen sind.

Das Versagen bei Silicon A war vollständig kohäsiv. Beim Silicon B wurden in geringem Umfang Adhäsionsverlust, Lufteinschlüsse sowie ein Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm beobachtet.

Die Ergebnisse in den Tabellen 3 bis 6 (Beilagen 4, 7, 10 und 13) zeigen, daß während der Untersuchung beim Silicon A keine Festigkeitssteigerung erfolgte. Beim Silicon B wurde ein Festigkeitsanstieg von ca. 25 % beobachtet.

4.2.2 Versuche in der Schädigungsphase

(Beilagen 18 bis 51)

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse enthalten die Bilder 25 und 26 auf den Beilagen 33 und 34 für das Silicon A und die Bilder 39 und 40 auf den Beilagen 50 und 51 für das Silicon B. Daraus ist zu ersehen, daß beim Silicon B bei Lagerung in Wasser von 40 °C innerhalb von 12 Wochen kein Adhäsionsverlust auftrat. Beim Silicon A wurde ein leichter Adhäsionsverlust von etwa 7 % festgestellt. Vollständiger Adhäsionsverlust wurde nur beim Silicon A nach sechswöchiger Lagerung in Wasser von 60 °C vorgefunden. Es ist jedoch zu vermuten, daß bei einer Lagerung in Wasser von 80 °C über einen Zeitraum von schätzungsweise 5 Wochen ebenfalls vollständiger Adhäsionsverlust aufgetreten wäre. Beim Silicon B war das Ausmaß des Adhäsionsverlusts geringer als beim Silicon A.

Für die weiteren Untersuchungen wurden keine Vorbehandlungen in Wasser von 40 °C vorgesehen, da die notwendigen Zeiträume, um Adhäsionsversagen zu erzielen, zu groß sind.

4.2.3 Versuche in der Erholungsphase

(Beilagen 52 bis 87)

Die Diagramme in den Bildern 56 und 57, Beilagen 68 und 69, für das Material A sowie 72 und 73, Beilagen 86 und 87, für das Material B zeigen zusammenfassend die Ergebnisse. Während bei Proben, die in Wasser von 80 °C gelagert waren, nahezu keine Erholung der Adhäsion festzustellen war, wurde bei den Proben, die in Wasser von 60 °C gelagert waren, eine Erholung der

Adhäsion bis auf etwa 20 % Adhäsionsverlust beobachtet. Die Zugfestigkeit stieg an und erreichte nahezu die Zugfestigkeit nicht vorbehandelter Proben. Bei den Proben mit Wasserlagerung bei 80 °C blieb ein hoher Adhäsionsverlust und die Zugfestigkeit blieb entsprechend niedrig. Aufgrund der Ergebnisse wurde für die nachfolgende zyklische Untersuchung ein Erholungszeitraum von 4 Wochen für beide Wasserlagerungstemperaturen festgelegt.

4.2.4 Versuche mit zyklischer Beanspruchung (Beilagen 88 bis 107)

Es wurden drei vollständige Zyklen, bestehend aus der Wasserlagerung bei 60 und 80 °C (6 und 4 Wochen) und der Luftlagerung bei 20 °C, 50 % rel. Luftfeuchtigkeit (4 Wochen) durchgeführt. Die nach der letzten Trocknungsphase durchgeführten Zugversuche ergaben bei dem Silicon A eine hohe Streuung der Höchstlasten und somit der Zugfestigkeiten bei den Proben mit Wasserlagerung 60 °C. Daher wurden alle verfügbaren Proben geprüft, um die Festigkeit zu diesem Zeitpunkt besser statistisch abzusichern. Das Versagen war teilweise kohäsiv und teilweise adhäsiv. Bei den Proben mit Wasserlagerung 80 °C wurde die letzte Trocknungsphase bis auf 10 Wochen verlängert. Selbst bis zu diesem Zeitpunkt versagten alle Proben des Materials A vollständig adhäsiv. Beim Material B versagte die Mehrzahl der Proben adhäsiv. Die Zugfestigkeit stieg im Beobachtungszeitraum geringfügig an.

4.3 Versuche mit Einkomponentensiliconen (Beilagen 108 bis 127)

Die ersten Probekörper wurden nach sechswöchiger Lagerung in Wasser bei 60 °C geprüft. Dann schloß sich eine Trocknungsphase an, die insgesamt 16 Wochen dauerte. Dabei wurden nur geringfügige Festigkeitszunahmen bei beiden Siliconen festgestellt, die einen Endwert von 0,37 N/mm² (Silicon A) und 0,41 N/mm² (Silicon B) erreichten. Das Adhäsionsvermögen steigerte sich. Allerdings ist diese Tendenz nicht einheitlich, sondern unterliegt großen Schwankungen. Versehentlich wurden keine Probekörper ohne Konditionierung bereitgestellt, so daß keine Vergleichswerte ermittelt werden konnten. Das Versagen war bereichsweise kohäsiv und adhäsiv in der Form, daß noch ein dünner Siliconfilm auf der Substratoberfläche verblieb.

5 Wertung der Ergebnisse

5.1 Zweikomponentensilicone

● Vorbemerkungen

- Im unbehandelten Zustand (d.h. ohne Wasserlagerung) zeigen die Silicone deutliche Unter-

schiede in der kohäsiven Festigkeit. Während beim Silicon A die Zugfestigkeit bei etwa 1 N/mm² liegt, erreicht Silicon B Zugfestigkeiten zwischen 0,61 und 0,76 N/mm². Diese Festigkeitsunterschiede haben Auswirkungen auf das Ausmaß des Adhäsionsverlustes bei Wasserlagerung. Nimmt man an, daß die Adhäsion, die sich bei glatten Substraten zusammensetzt aus der physikalischen Anziehung (Adsorption) und der chemischen Bindung (Absorption) zwischen Atomen und Molekülen der sich berührenden Oberflächen, für beide Silicone gleich ist, die Kohäsion (Kräfte die den Zusammenhalt des Materials gewährleisten) aber unterschiedliche Werte annimmt, dann wird sich der Adhäsionsverlust bei dem Silicon mit hoher Kohäsion stärker bemerkbar machen als bei dem Silicon mit niedrigerer Kohäsion. Dieser Gedankengang ist schematisch in Bild 108, Beilage 133, skizziert. Bei den Versuchsergebnissen muß dieser Unterschied berücksichtigt werden, wenn das Verhalten beider Silicone miteinander verglichen wird.

- Obwohl die Proben für das Silicon B im Werk des Herstellers hergestellt wurden, müssen hinsichtlich der Ausführung (Schlierenbildung) gewisse Vorbehalte bleiben.
- Wasserlagerung / Temperatur ohne Trockenphase

Wie bekannt beeinflußt eine Wasserlagerung das Adhäsionsverhalten negativ. Erhöhung der Wassertemperatur erhöht den Effekt.

Bei einer Wassertemperatur von 40°C wird eine Lagerungsdauer von mindestens 12 Wochen benötigt, um Anzeichen eines Adhäsionsverlustes zu erhalten. Das Ausmaß des Adhäsionsverlustes beträgt dann etwa 7 % beim Silicon A. Silicon B zeigte noch keinen Adhäsionsverlust.

Bei höheren Temperaturen werden Adhäsionsverluste bis zu 100 % beobachtet. Die Festigkeitswerte fallen auf 0,41 N/mm² (Silicon A) und 0,24 N/mm² (Silicon B). Sie liegen dabei aber noch über der in den SG-Zulassungen enthaltenen zulässigen Spannung von $\sigma = 0,12$ N/mm².

- Wasserlagerung / Trocknen 1 Zyklus

- 6 Wochen Wasser 60°C, 16 Wochen Trocknen.
Nach der "Erholung" bleibt beim Silicon A ein Adhäsionsverlust von 20 %, beim Silicon B von 10 %.

- 4 Wochen Wasser 80°C, 16 Wochen Trocknen
Nach der Erholung bleiben Adhäsionsverluste von 80 % (B) bis 95 % (A).
- Wasserlagerung / Trocknen, 3 Zyklen
3 x (6 Wochen Wasser 60°C, 4 Wochen Trocknen)

Am Ende des 3. Zyklus bleiben beim Silicon A ein Adhäsionsverlust von 88 %, beim Silicon B von 37 %. Mehr Zyklen erhöhen also den Grad der Schädigung deutlich.

- Übertragung auf die Praxis

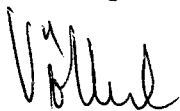
Die für die Versuche gewählten Parameter der Zyklen sind recht extrem. Sie können so in der Praxis nicht auftreten. Da die Versuche jedoch zeigen, daß Phasen des Trocknens nach Phasen mit Feuchtigkeitsbeaufschlagung im Wiederholungsfall keine vollständige Erholung, sondern eine Zunahme der Adhäsionsverluste bringen, kann nicht ausgeschlossen werden, daß auch bei weniger extremen Parametern im Laufe von Jahren mit zahlreichen Naß-, Trockenphasen eine allmähliche, wenn auch entsprechend geringere Schädigung auftritt.

Bei Beachtung der wichtigen Konstruktionsregel, Feuchtigkeitsansammlungen auf dem Silicon zu vermeiden und für ausreichende Belüftung zu sorgen, dürften jedoch diese Adhäsionsverluste baupraktisch unbedeutend sein.

5.2 Einkomponentensilicone

Bei den Einkomponentensiliconen zeigt sich die Tendenz, daß der Adhäsionsverlust im Laufe der Beobachtungsdauer von 16 Wochen abnimmt. Die Zugfestigkeit erholt sich aber nicht im gleichen Maße wie bei den Zweikomponentensiliconen und bleibt etwa bei 0,4 N/mm². Aufgrund der Angaben in den Datenblättern zu den Siliconen kann angenommen werden, daß die Einkomponentensilicone ohne Konditionierung eine Zugfestigkeit von etwa 0,8 bis 1,0 N/mm² haben. Damit erholen sich beide Silicone nach einer vorangegangenen Wasserlagerung höchstens bis auf 50 % der Zugfestigkeit unbehandelter Proben. Damit erscheinen die Einkomponentensilicone für dauerhafte tragende Verklebungen weniger geeignet.

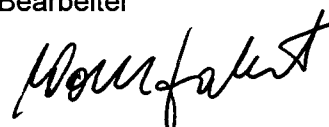
Der Abteilungsleiter



Dr.-Ing. G.E. Völkel, Ltd. BD



Der Bearbeiter



Dipl.-Ing. R. Wohlfahrt, OBR

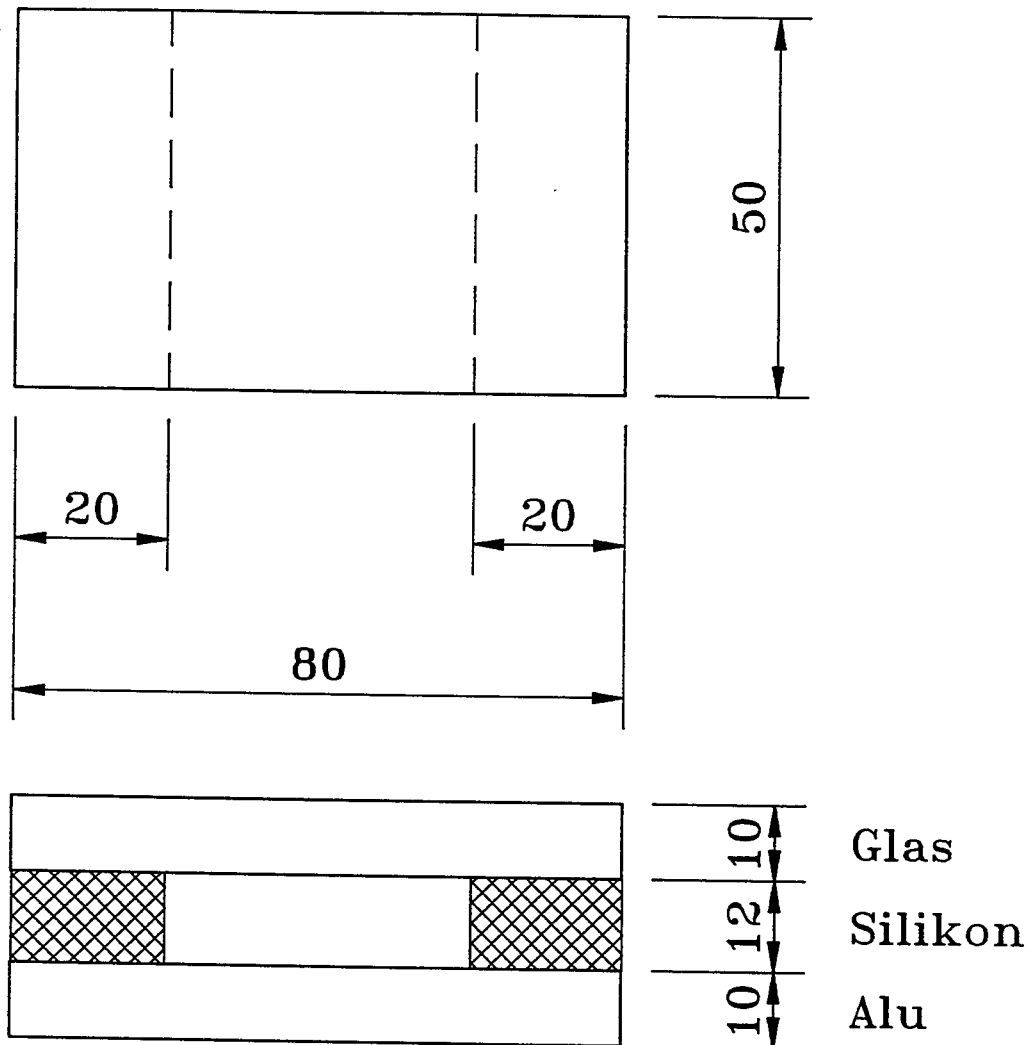


Bild 1: Abmessungen der Probekörper

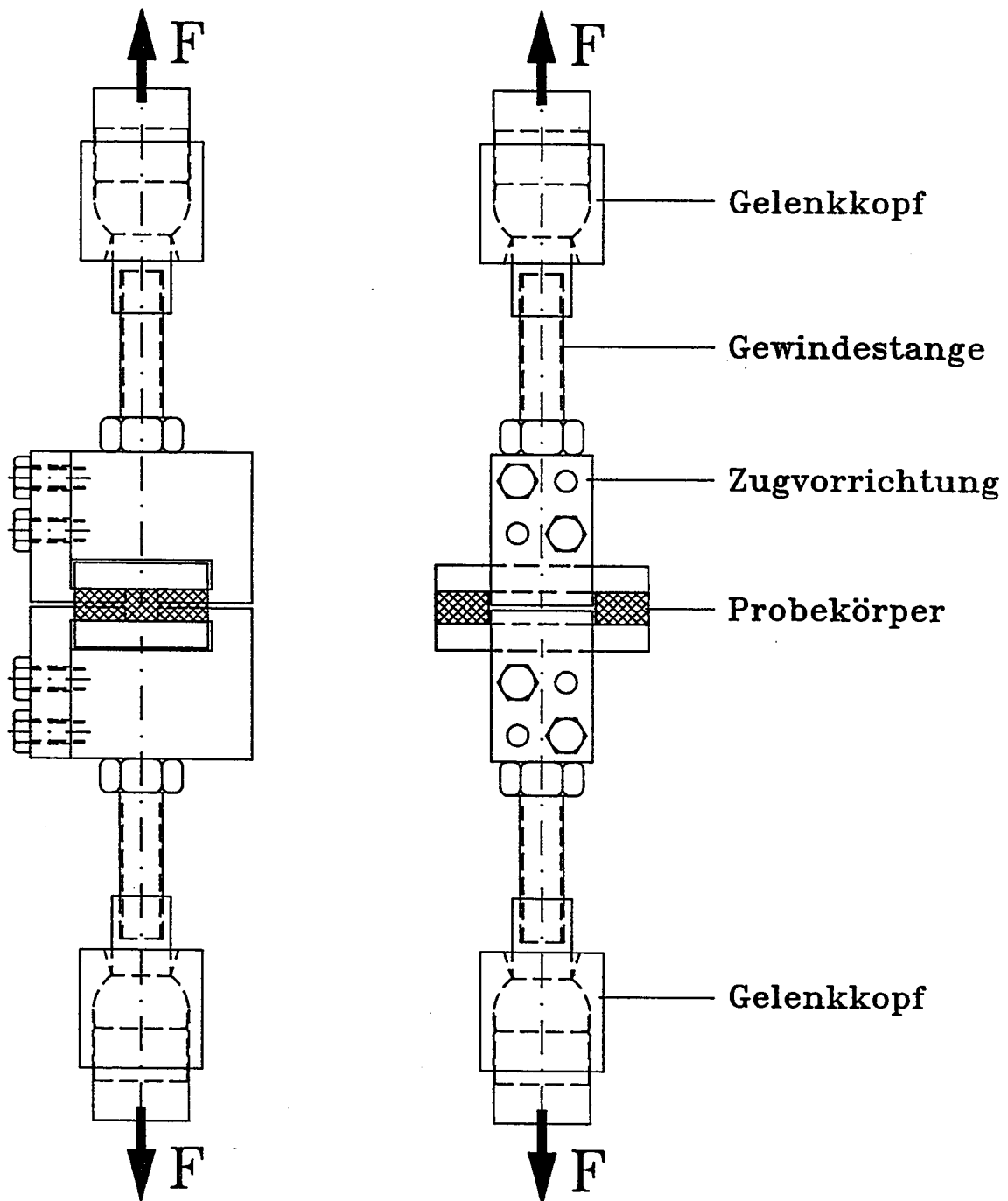


Bild 2: Schematische Darstellung der Zugvorrichtung

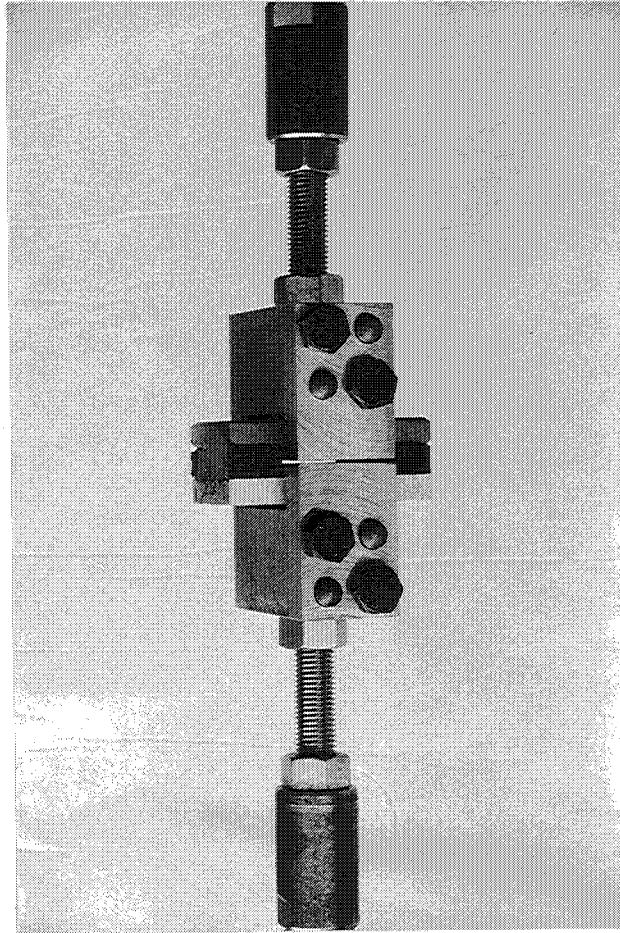


Bild 3: Zugvorrichtung mit Probekörper

Tabelle 3: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit nicht vorbehandelten Proben A

Alter der Probekörper : 2 Wochen

Reihe	Probekörper Nr.	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _v N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
-	-					-	
A01	1	2013	1940	0,96	8,6	K	0
	38	2004	2020	1,01	9,5	K	0
	75	1983	1850	0,93	10,4	K	0
	112	1980	2020	1,02	10,5	K	0
	148	2023	1950	0,95	9,1	K	0
	Mittelwert	1950	1950	0,97	9,6		0

1) K = Kohäsionsversagen

Temperatur 20°C

Versuch Nr.1 , 38 , 75 , 112 , 148

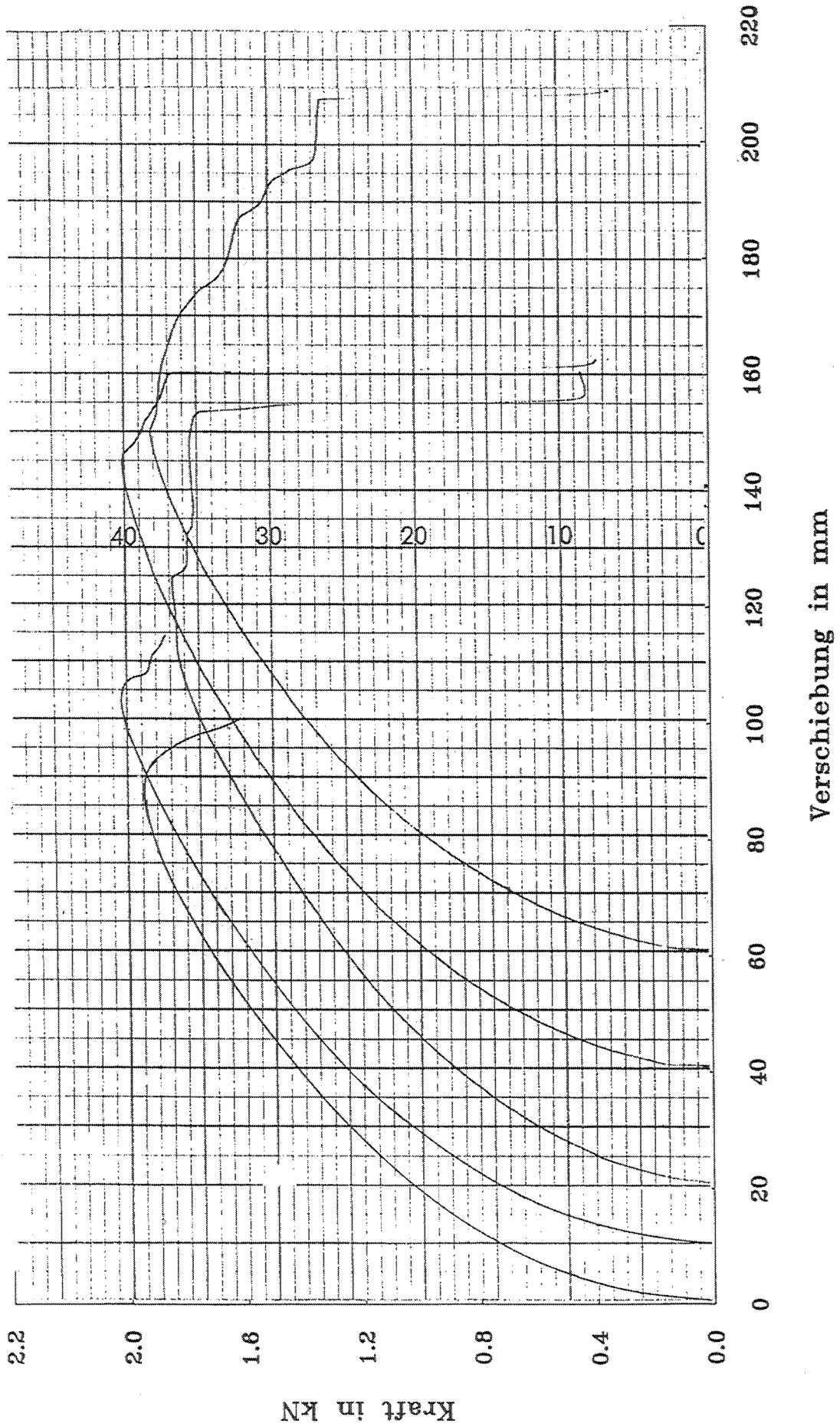


Bild 4: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in Reihe A01

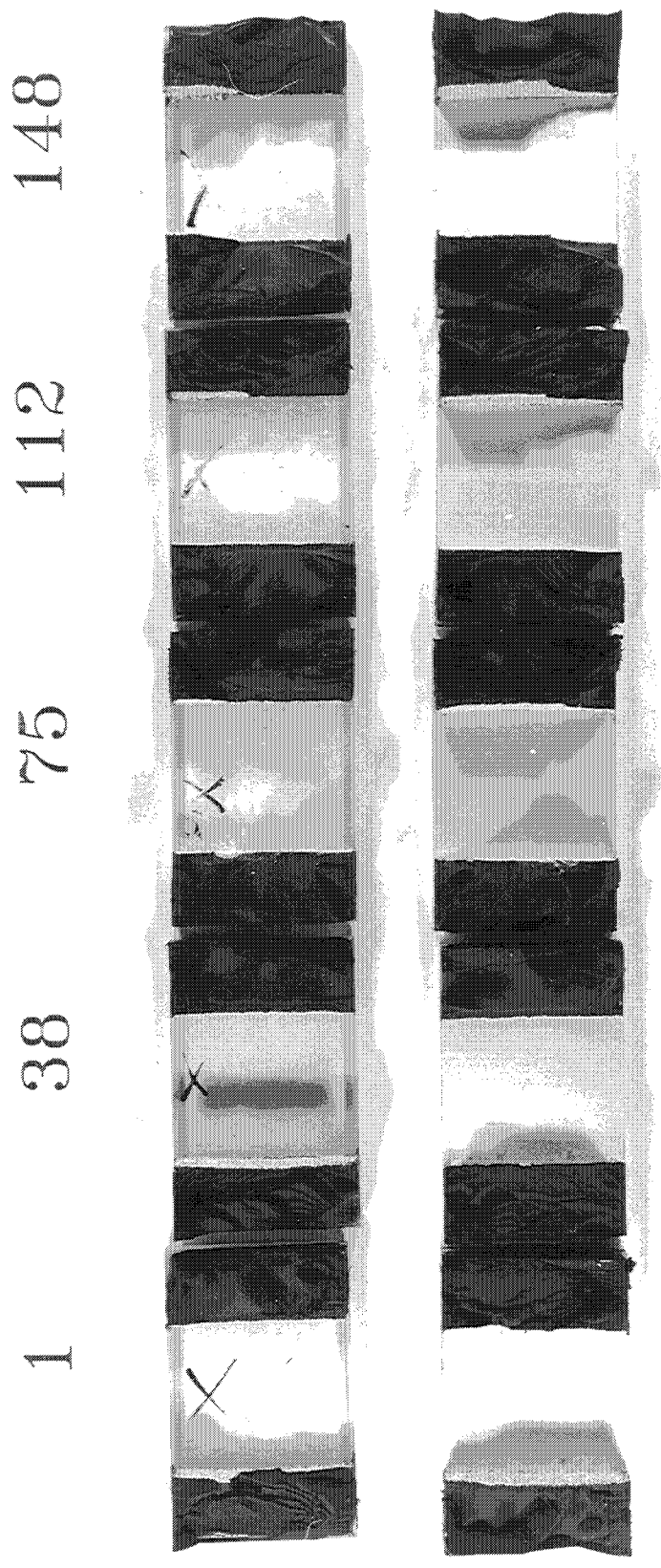


Bild 5: Probekörper in Reihe A01 nach den Versuchen

Tabelle 4: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
mit nicht vorbehandelten Proben A

Alter der Probekörper : 33 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _n N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
A02	17	2005	2220	1,11	6,3	K	0
	37	2021	2197	1,09	6,8	K	0
	57	1995	2084	1,04	7,2	K	0
	77	2013	2084	1,04	9,2	K	0
	97	1996	1980	0,99	6,2	K	0
	Mittelwert	2006	2113	1,05	7,1		0

1) K = Kohäsionsversagen

Versuch Nr.17,37,57,77,97

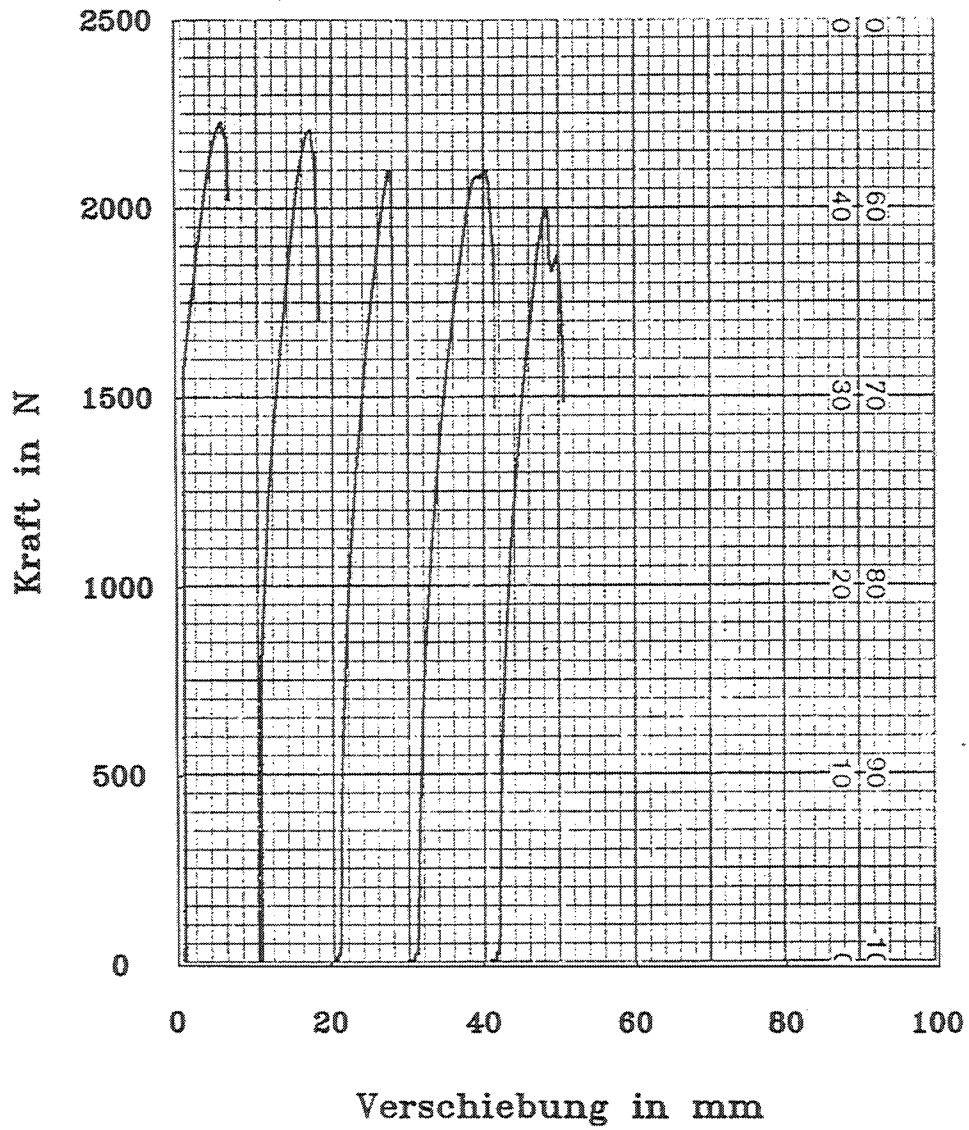


Bild 6: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in Reihe AØ2

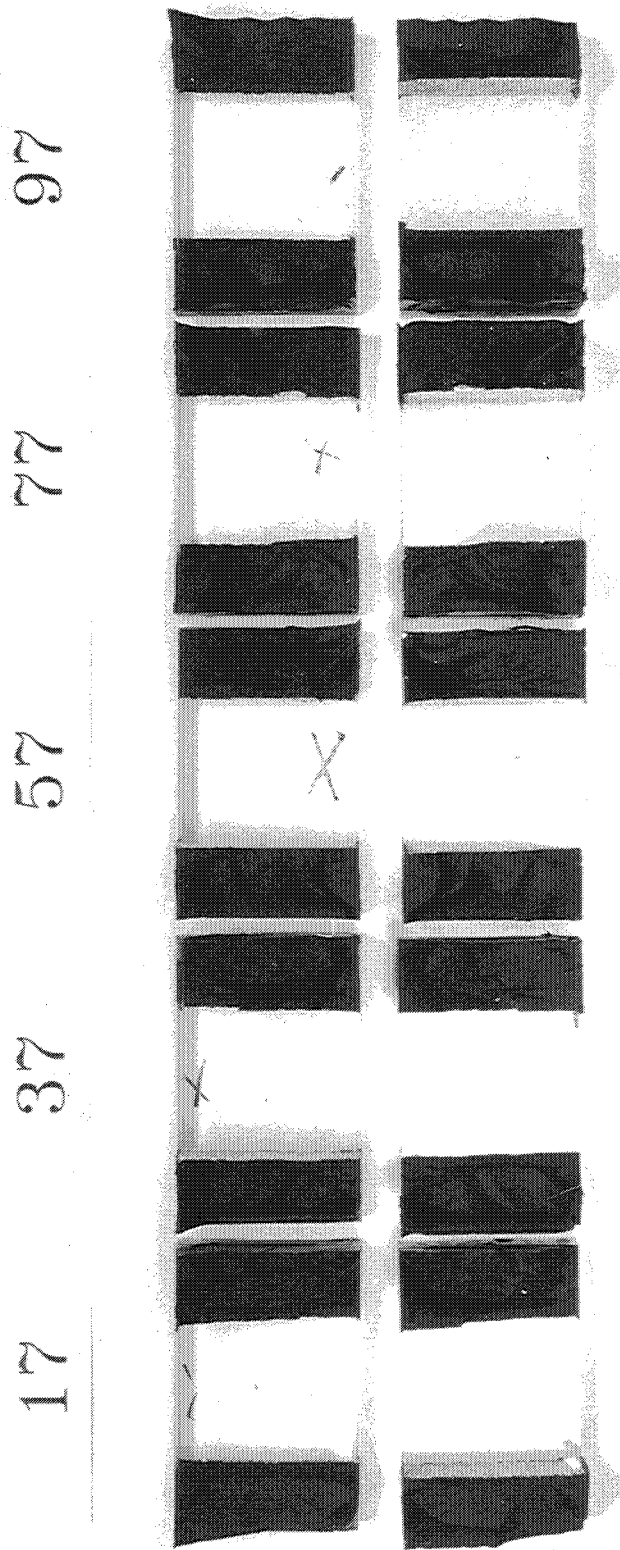


Bild 7: Probekörper in Reihe A02 nach den Versuchen

Tabelle 5: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit nicht vorbehandelten Proben B

Alter der Probekörper: 1 - 5: 1 Woche

Alter der Probekörper: 6 -10: 4 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
B01	1	2005	1500	0,75	-	K 2)	0
	2	2005	1200	0,60	-	K/AA 3)	3,1
	3	2035	1100	0,54	-	K/AA 2)	4,4
	4	1995	1400	0,70	-	K/AG 2)	4,2
	5	2000	1000	0,50	-	K	0
	Mittelwert	2008	1240	0,62	-		2,3
B02	6	2004	1300	0,65	-	K/AA 3)	1,5
	7	2000	1200	0,60	-	K	0
	8	2015	1100	0,55	-	K 2)	3,2
	9	2000	1300	0,65	-	K	0
	10	2000	1200	0,60	-	K	0
	Mittelwert	2004	1220	0,61	-		0,9

1) K = Kohäsion

AA = Adhäsion Aluminium

AG = Adhäsion Glas

2) Lufteinschlüsse

3) Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm

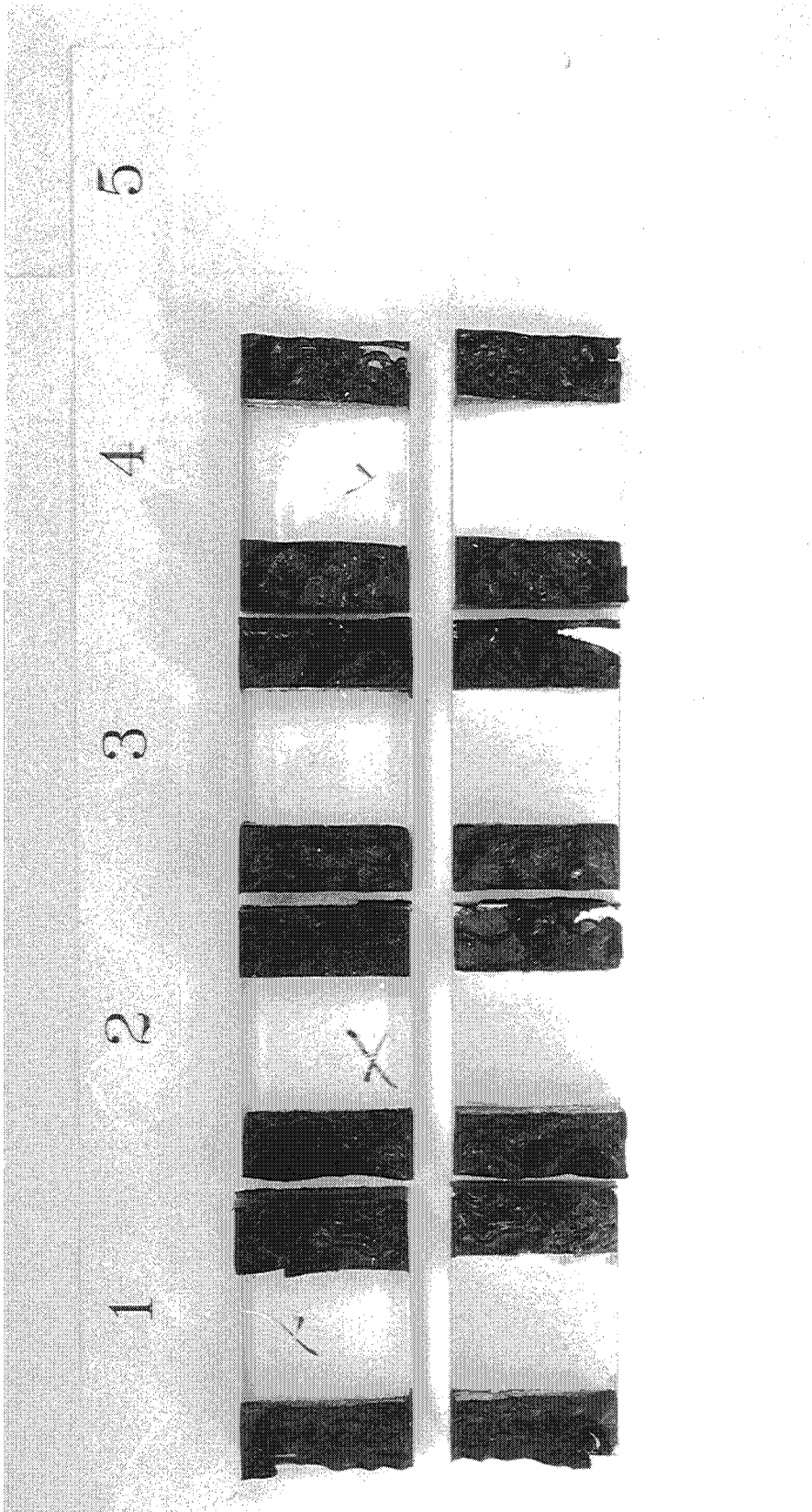


Bild 8: Probekörper mit Adhäsionsverlust nach den Versuchen in Reihe BØ1

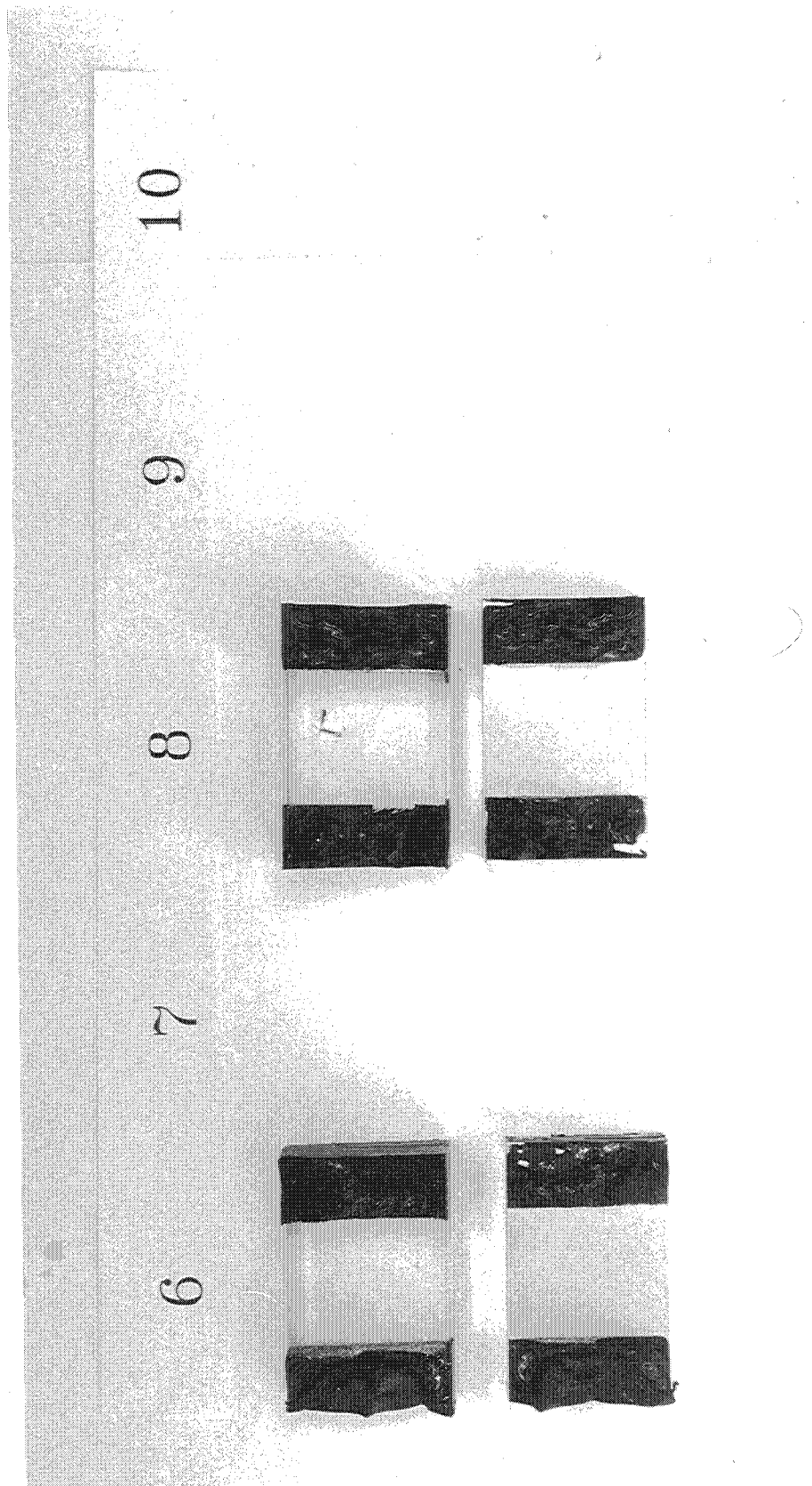


Bild 9: Probekörper mit Adhäsionsverlust nach den Versuchen in Reihe BØ2

Tabelle 6: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit nicht vorbehandelten Proben B

Alter der Probekörper : 9 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F_u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art -	Adhäsions- verlust %
B03	1	2005	1400	0,70	-	K	-
	129	2012	1150	0,57	-	K 1)	-
	134	2017	1100	0,55	-	K	-
	Mittelwert	2011	1217	0,61	-		-

Versuche ohne Diagramm

1) Luftpinschlüsse

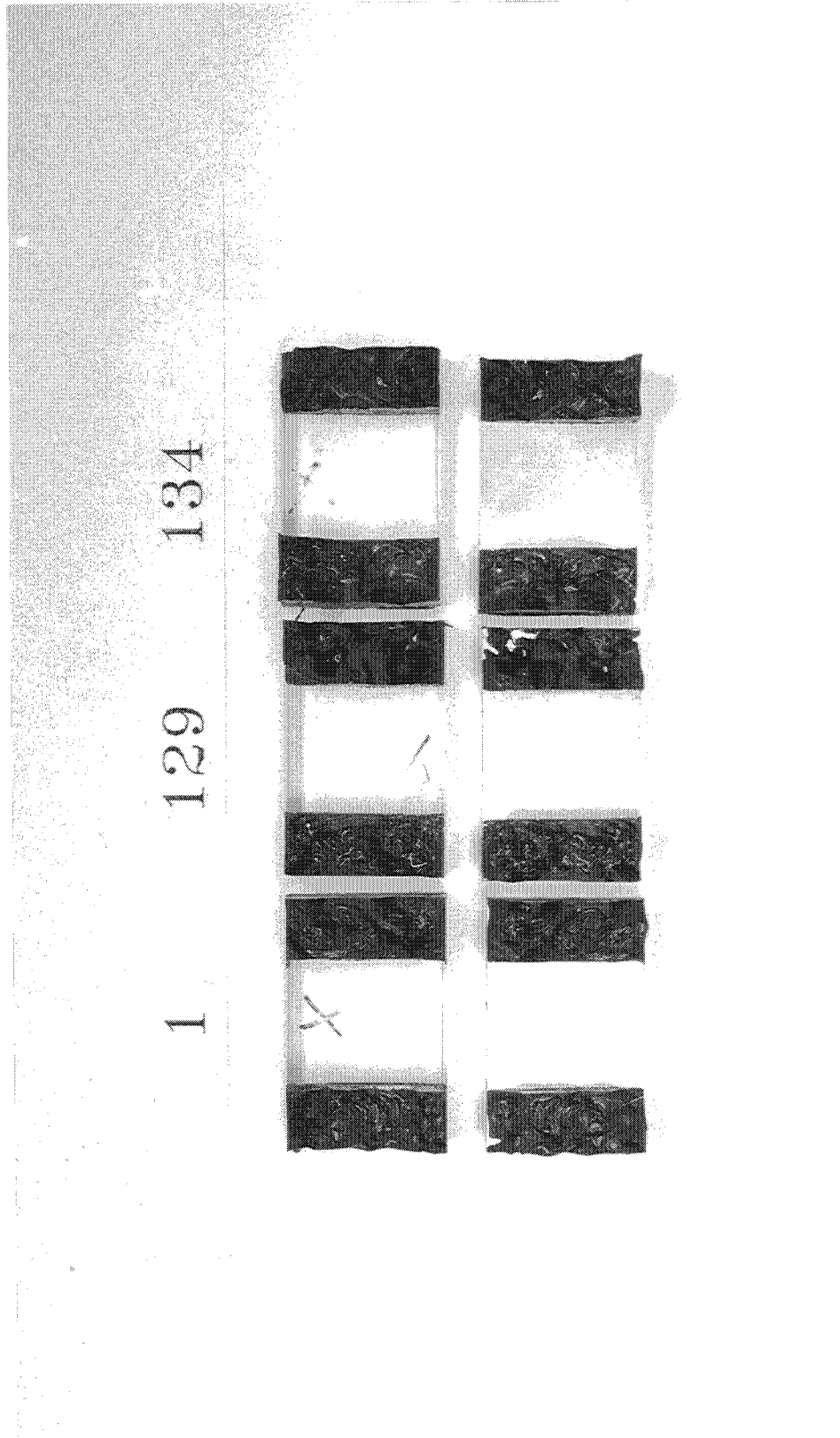


Bild 10: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B03

Tabelle 7: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit nicht vorbehandelten Proben B

Alter der Probekörper : 48 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
-	-					-	
B04	17	1989	1644	0,83	14,5	K	0
	37	2008	1343	0,67	8,0	K 2)	0
	57	1998	1435	0,72	10,5	K	0
	77	1994	1608	0,81	13,3	K	0
	97	1991	1546	0,78	15,0	K	0
	Mittelwert	1996	1515	0,76	12,3		0

1) K = Kohäsion

2) Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm

Versuch Nr.17,37,57,77,97

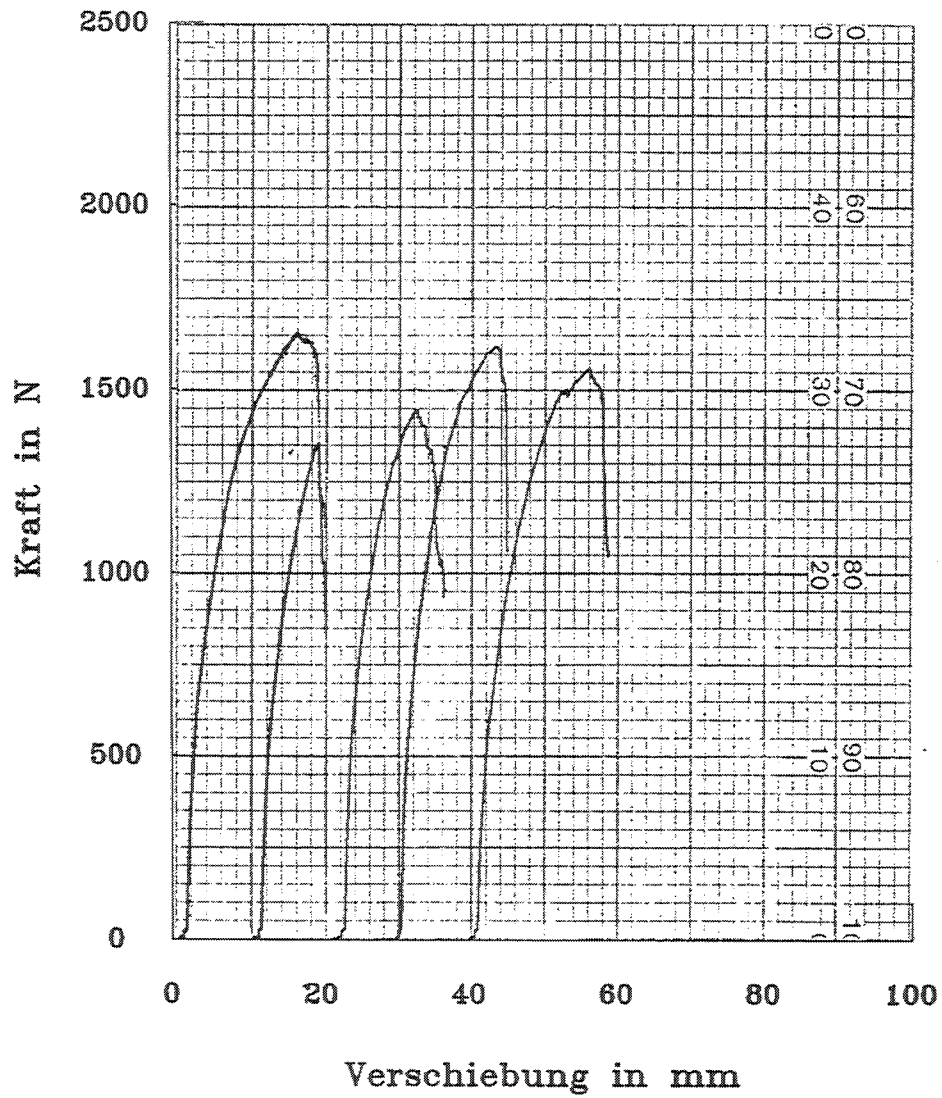


Bild 11: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in Reihe BØ4

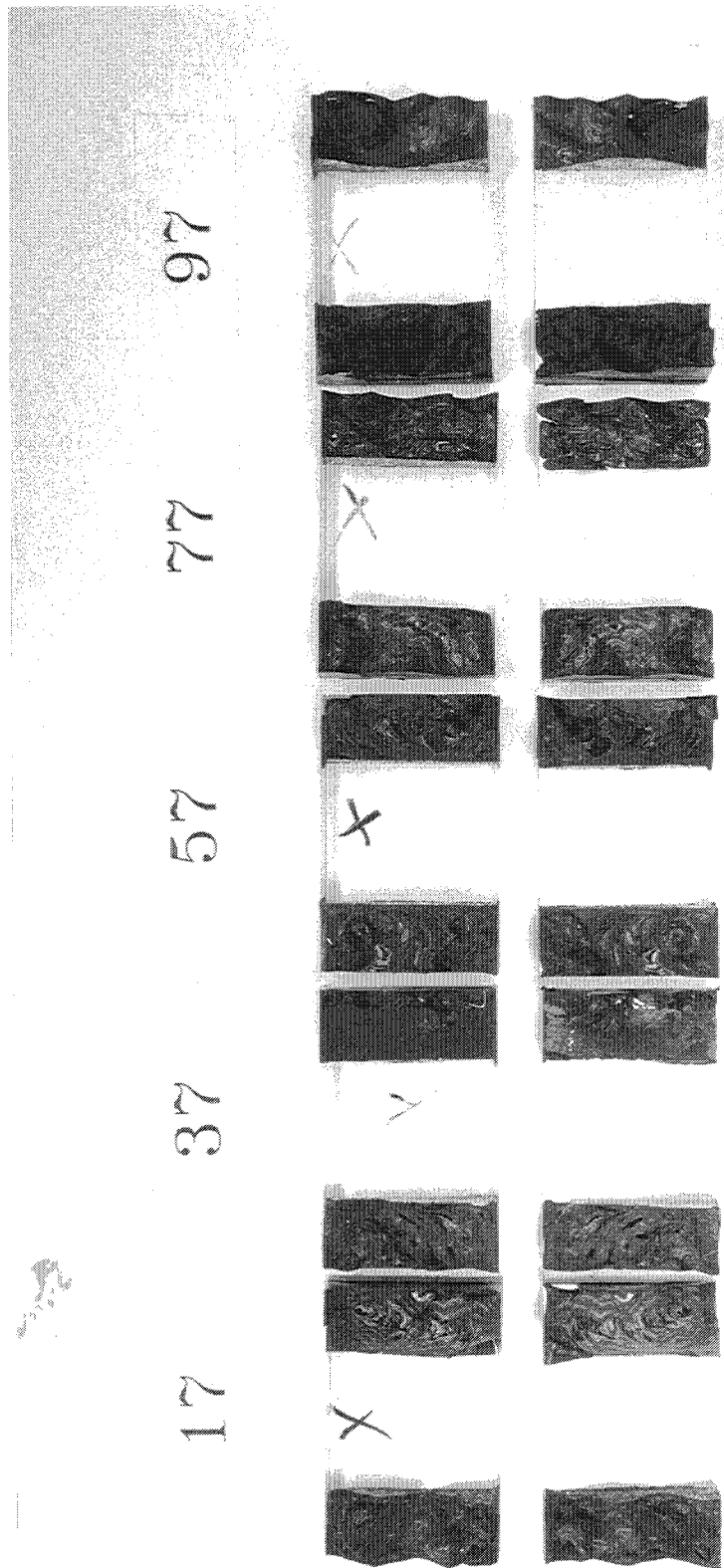


Bild 12: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BØ4

Tabelle 8: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben A

Wassertemperatur 40 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasser- lagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
AII	2	3	1988	1748	0,88	19,0	K/AG	2,3
	22		2024	1679	0,83	18,5	K/AG	1,7
	42		2013	1938	0,96	28,5	K/AG	0,3
	62		2028	1836	0,91	18,5	K/AG	0,5
	82		1985	1811	0,91	19,5	K/AG	0,4
Mittelwert			2008	1802	0,90	20,8		1,0
AII	10	6	2018	1695	0,84	20,5	K/AG	1,8
	30		1993	1702	0,85	21,0	K/AG	1,8
	50		1993	1757	0,88	21,5	K/AG	1,5
	70		1991	1894	0,95	23,5	K/AA	2,4
	90		2015	1874	0,93	23,5	K/AA	4,3
Mittelwert			2002	1784	0,89	22,0		2,3
AIB	20	12	2008	1780	0,89	18,5	K/AG	6,8
	40		2015	1824	0,91	25,0	K/AG	5,8
	60		1991	1847	0,93	23,5	K/AG	7,5
	80		1978	1683	0,85	19,5	K/AG	5,0
	100		1996	1636	0,82	19,0	K/AG	9,5
Mittelwert			1998	1754	0,88	21,1		6,9

- 1) K = Kohäsion
AA = Adhäsion Aluminium
AG = Adhäsion Glas

Temp. 40°C , 3 Wochen

Versuch Nr.2,22,42,62,82

6 Wochen

Nr.10,30,50,70,90

12 Wochen

Nr.20,40,60,80,100

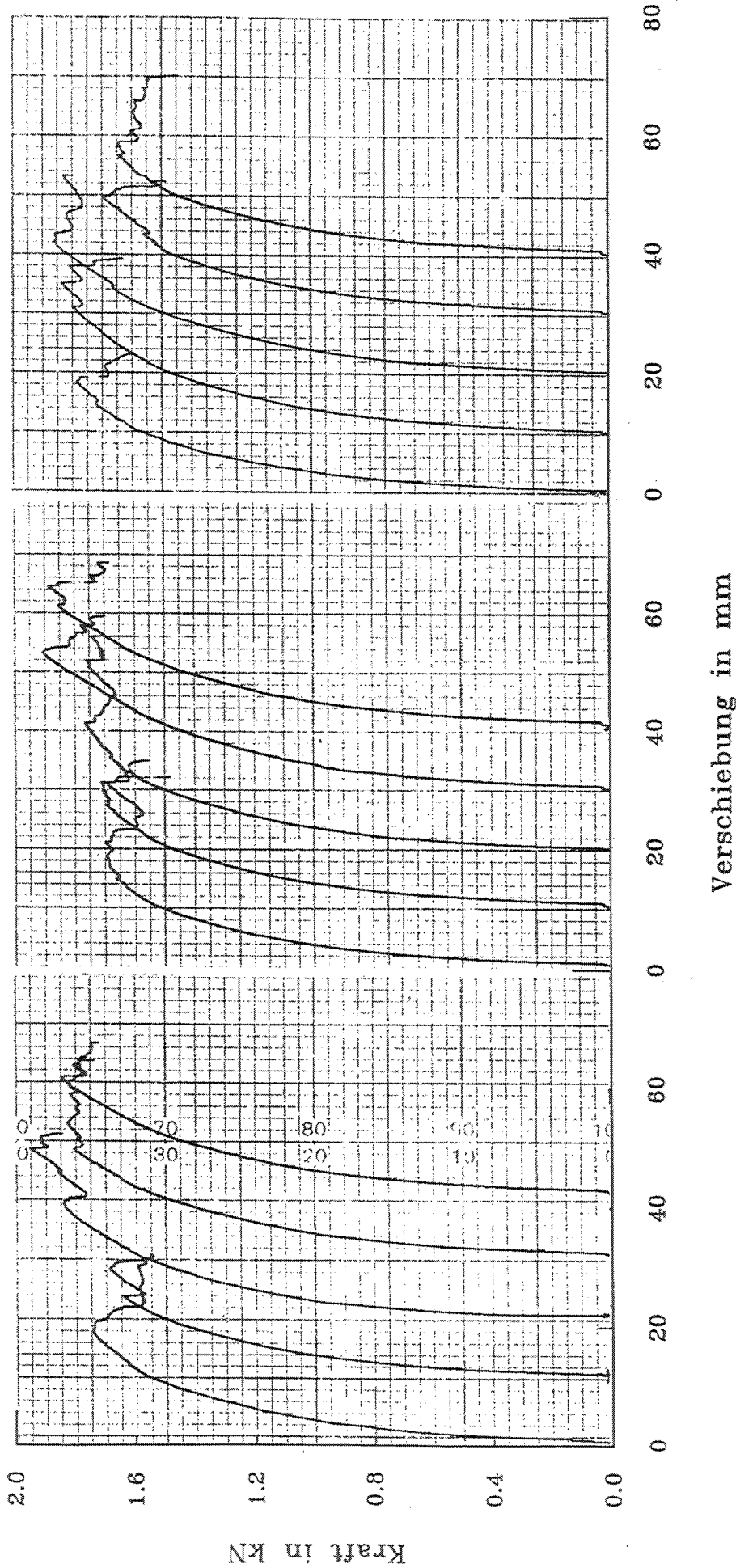


Bild 13: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AI1, AI2 und AI3

2 22 42 62 82

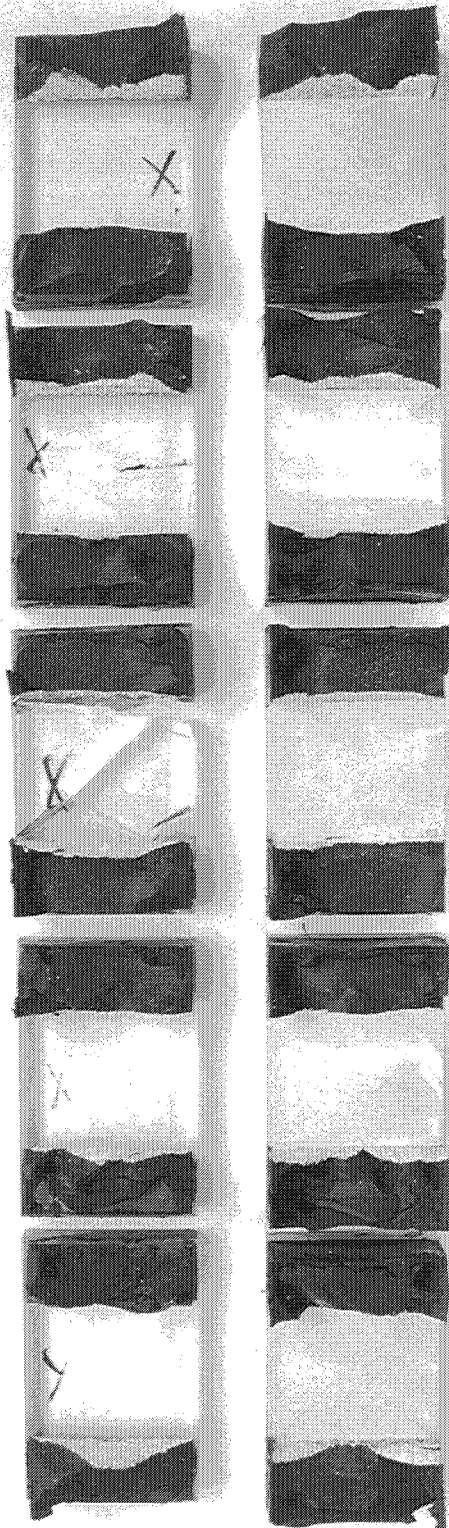


Bild 14: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII

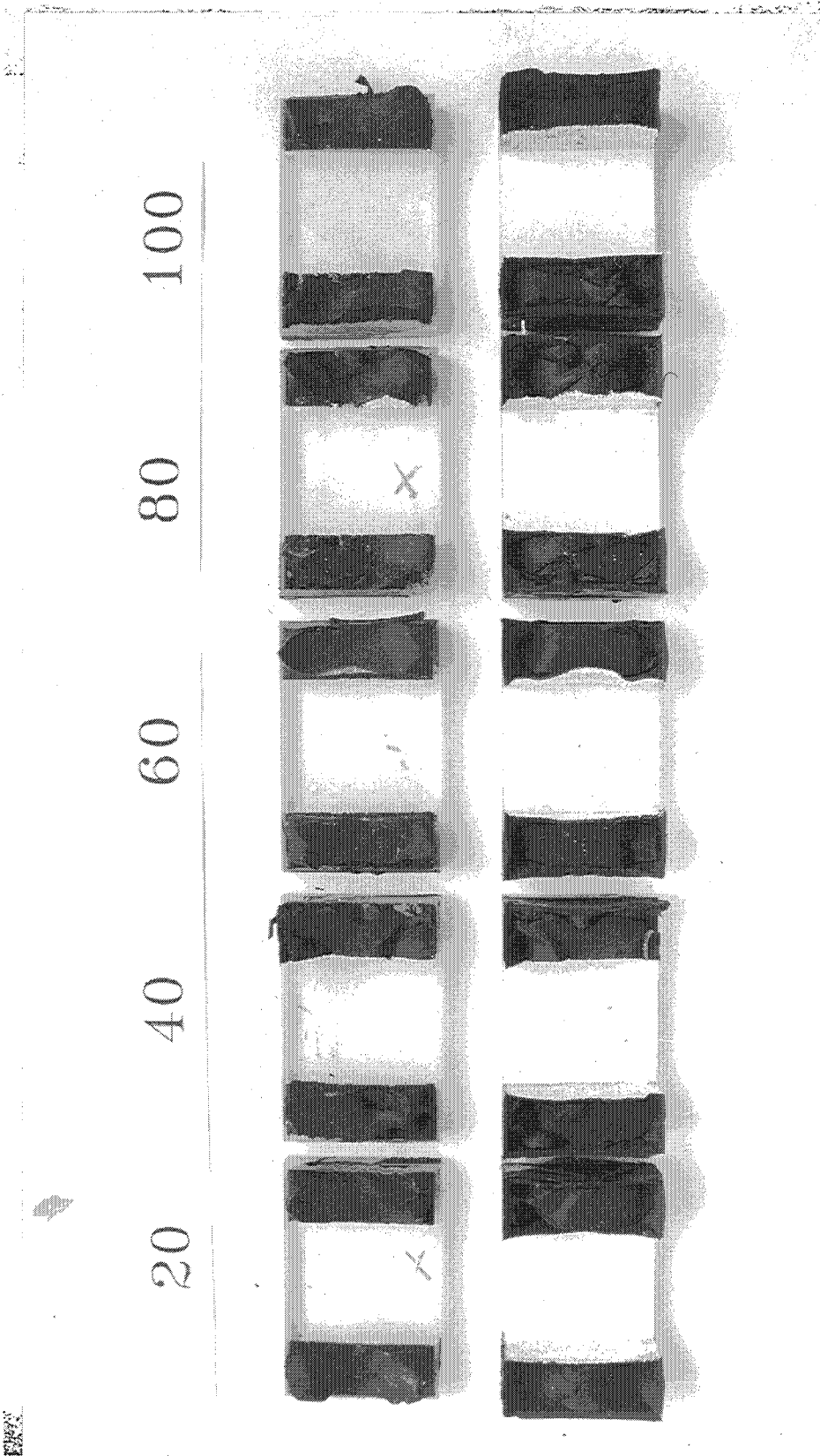


Bild 16: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI3

Tabelle 9: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben A

Wassertemperatur 60 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasserlagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagensart 1)	Adhäsionsverlust %
AI4	3	1,5	1979	1734	0,88	36,0	K/AG	4,4
	23		1997	1734	0,87	30,0	K/AG	4,5
	43		1983	1755	0,89	36,5	K/AG	4,9
	63		1986	1796	0,90	36,5	K/AG	4,5
	83		2012	1824	0,91	33,0	K/AG	4,5
	Mittelwert			1991	1767	0,89	34,4	
AI5	11	3	1989	1631	0,82	28,0	K/AG	6,6
	31		1984	1706	0,86	31,5	K/AG	7,1
	51		1965	1688	0,86	28,0	K/AG	36,8
	71		1995	1821	0,91	37,5	K/AG	50,0
	91		2000	1773	0,89	35,5	K/AG	11,9
	Mittelwert			1987	1724	0,87	32,1	
AI6	19	6,5	2000	1339	0,67	24,0	AG	100
	39		1968	581	0,30	5,0	AG	100
	59		1997	640	0,32	5,0	AG	100
	79		2010	984	0,49	14,0	AG	100
	99		2054	565	0,28	5,0	AG	100
	Mittelwert			2006	822	0,41	10,6	

- 1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas

6.5 Wochen

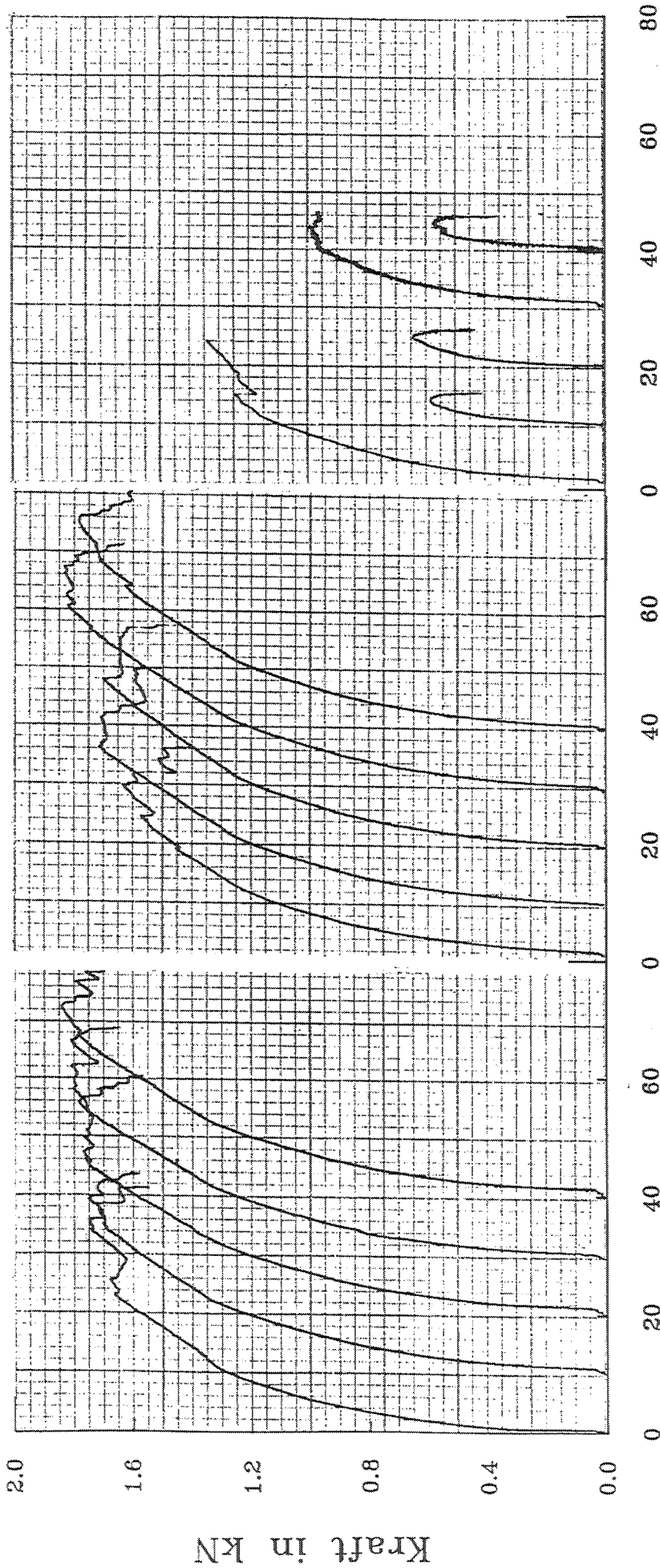
Nr.19,39,59,79,99

3 Wochen

Nr.11,31,51,71,91

1.5 Wochen

Nr.3,23,43,63,83



Verschiebung in mm

Bild 17: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AI4, AI5 und AI6

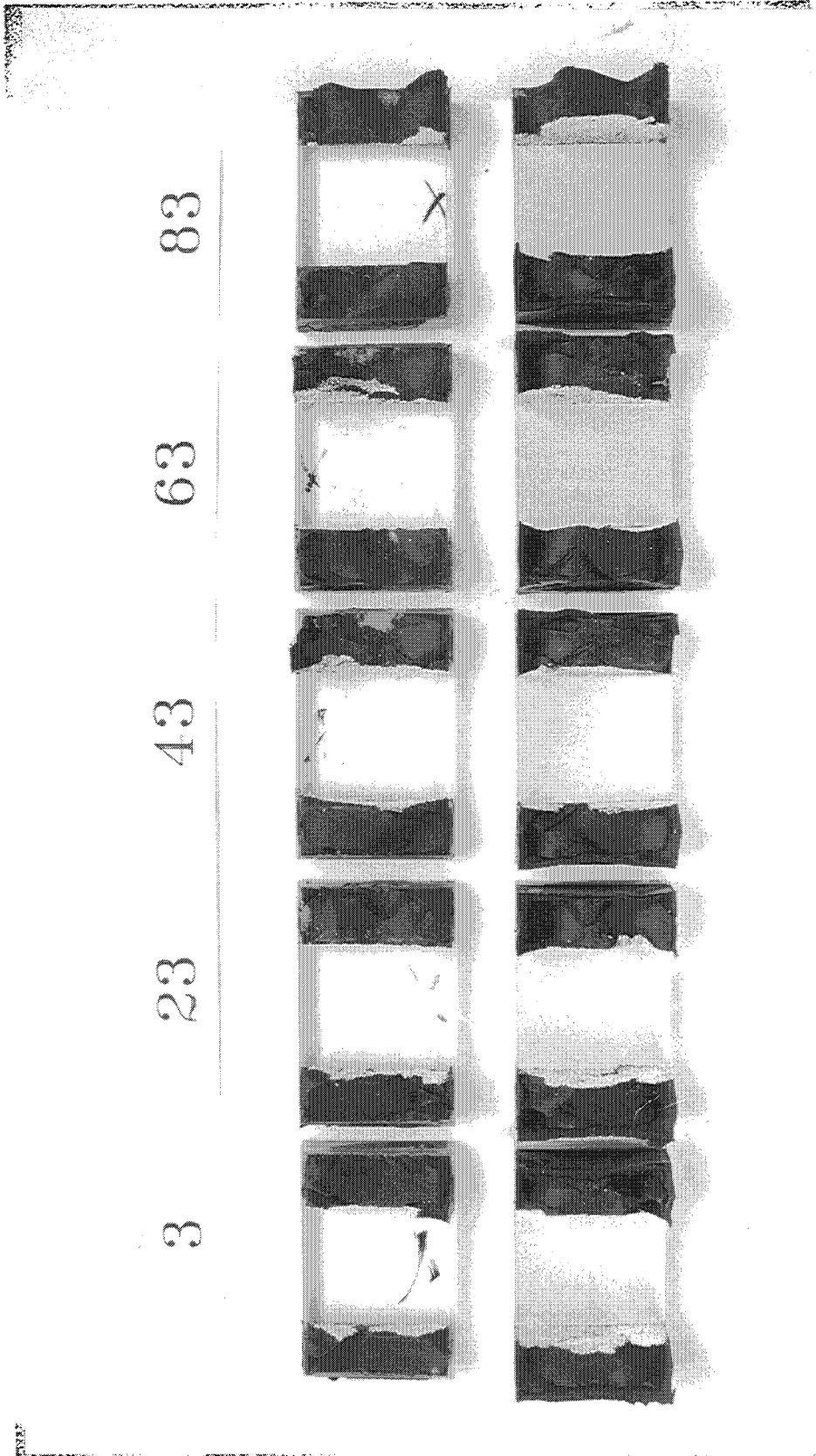


Bild 18: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI4

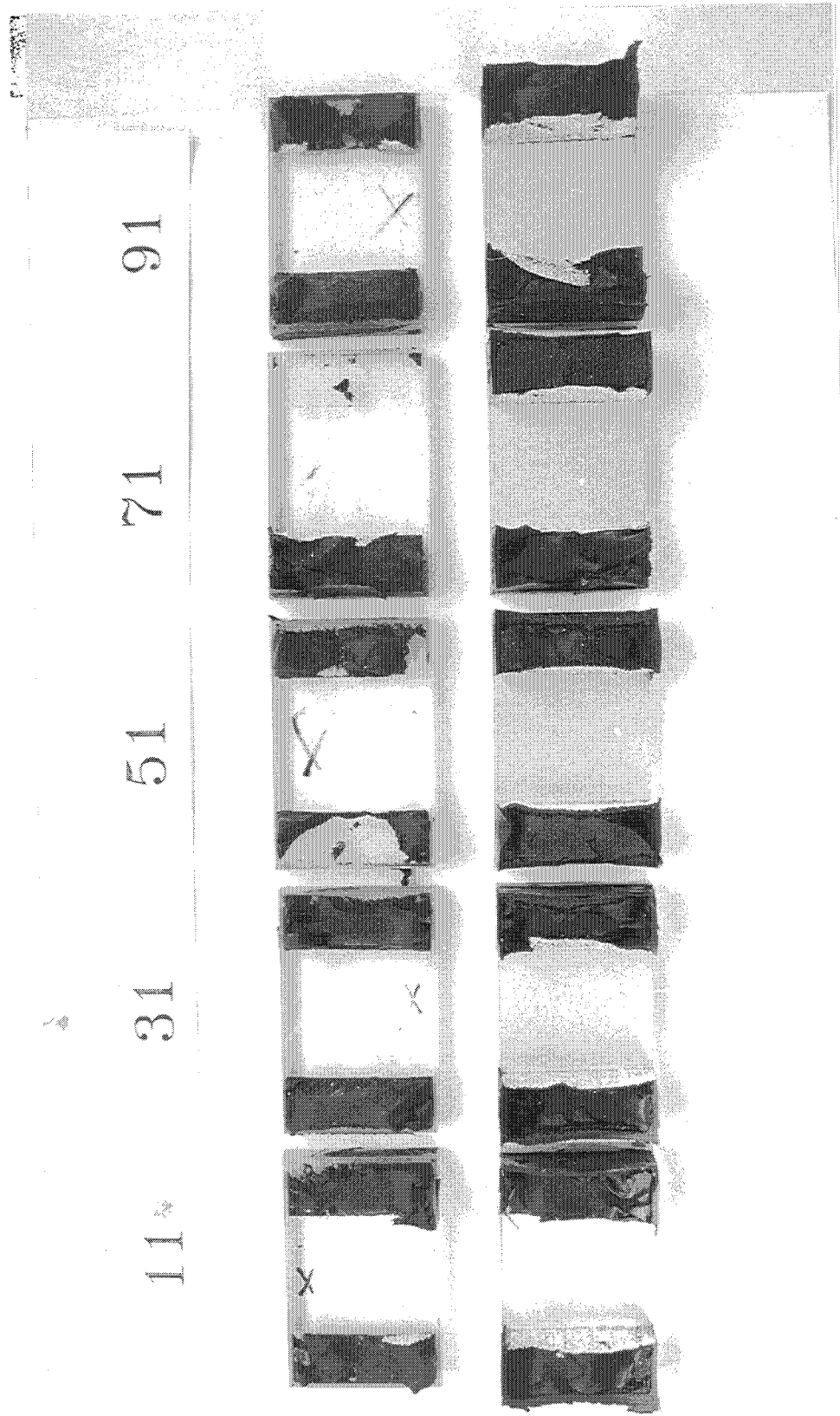


Bild 19: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI5

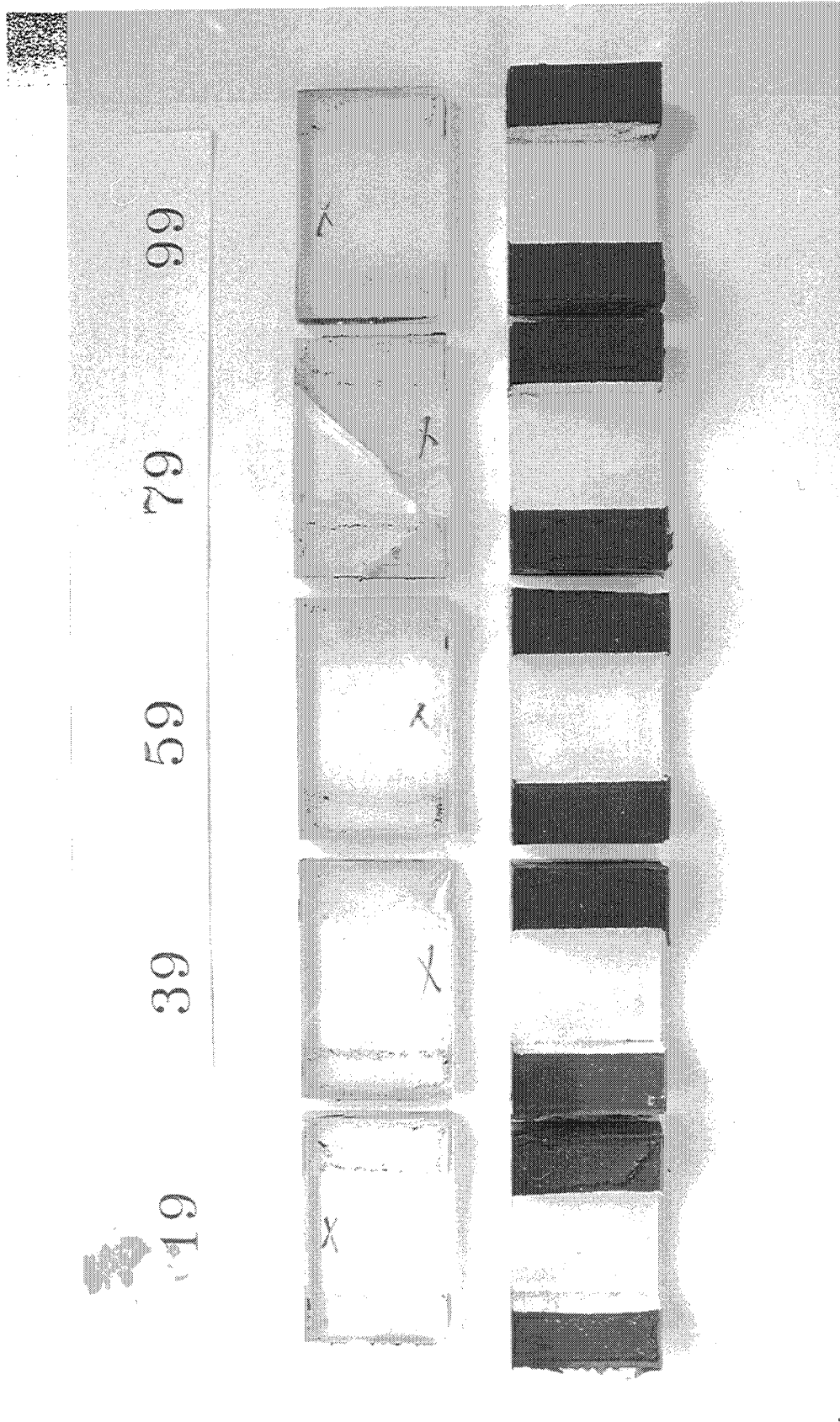


Bild 20: Probekörper nach den Versuchen in Reihe A16

Tabelle 10: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben A

Wassertemperatur 80 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasser- lagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F ₀ N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
A17	4	1	2003	1816	0,91	31,0	K/AG	6,9
	24		2011	1789	0,89	34,5	K/AG	2,5
	44		2011	1806	0,90	30,5	K/AA/AG	3,9/14,0
	64		2011	1823	0,91	35,5	K/AG	3,5
	84		1984	1866	0,94	37,5	K/AG	5,3
Mittelwert			2004	1820	0,91	33,8		3,9/6,4
A18	12	2	2030	1781	0,88	42,5	K/AG	4,7
	32		2006	1737	0,87	32,5	K/AG	22,6
	52		2008	1667	0,83	27,0	K/AG	23,4
	72		1995	1781	0,89	33,0	K/AG	20,9
	92		1983	1816	0,92	37,5	K/AG	8,2
Mittelwert			2004	1756	0,88	34,5		16,0
A19	18	4	2013	1655	0,82	32,0	K/AG	15,6
	58		1993	1123	0,56	16,5	K/AG	65,4
	78		2003	1411	0,70	37,0	K/AG	26,7
	98		1998	1485	0,74	31,5	K/AG	64,2
	118		2010	1123	0,56	19,0	K/AG	99,5
Mittelwert			2003	1359	0,68	27,2		54,3

- 1) K = Kohäsion
AA = Adhäsion Aluminium
AG = Adhäsion Glas

4 Wochen

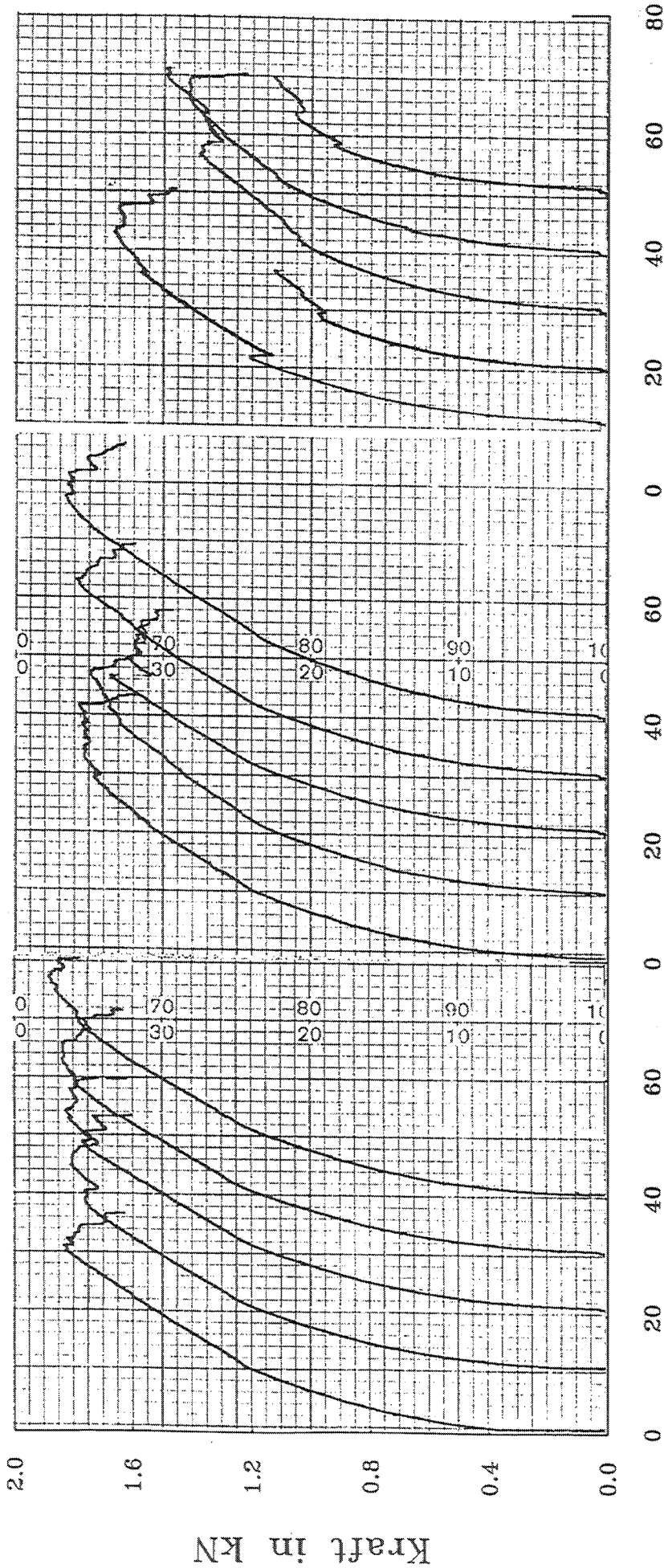
Nr.18,58,78,98,118

2 Wochen

Nr.12,32,52,72,92

Temp. 80°C , 1 Woche

Versuch Nr.4,24,44,64,84



Verschiebung in mm

Bild 21: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AI7, AI8 und AI9

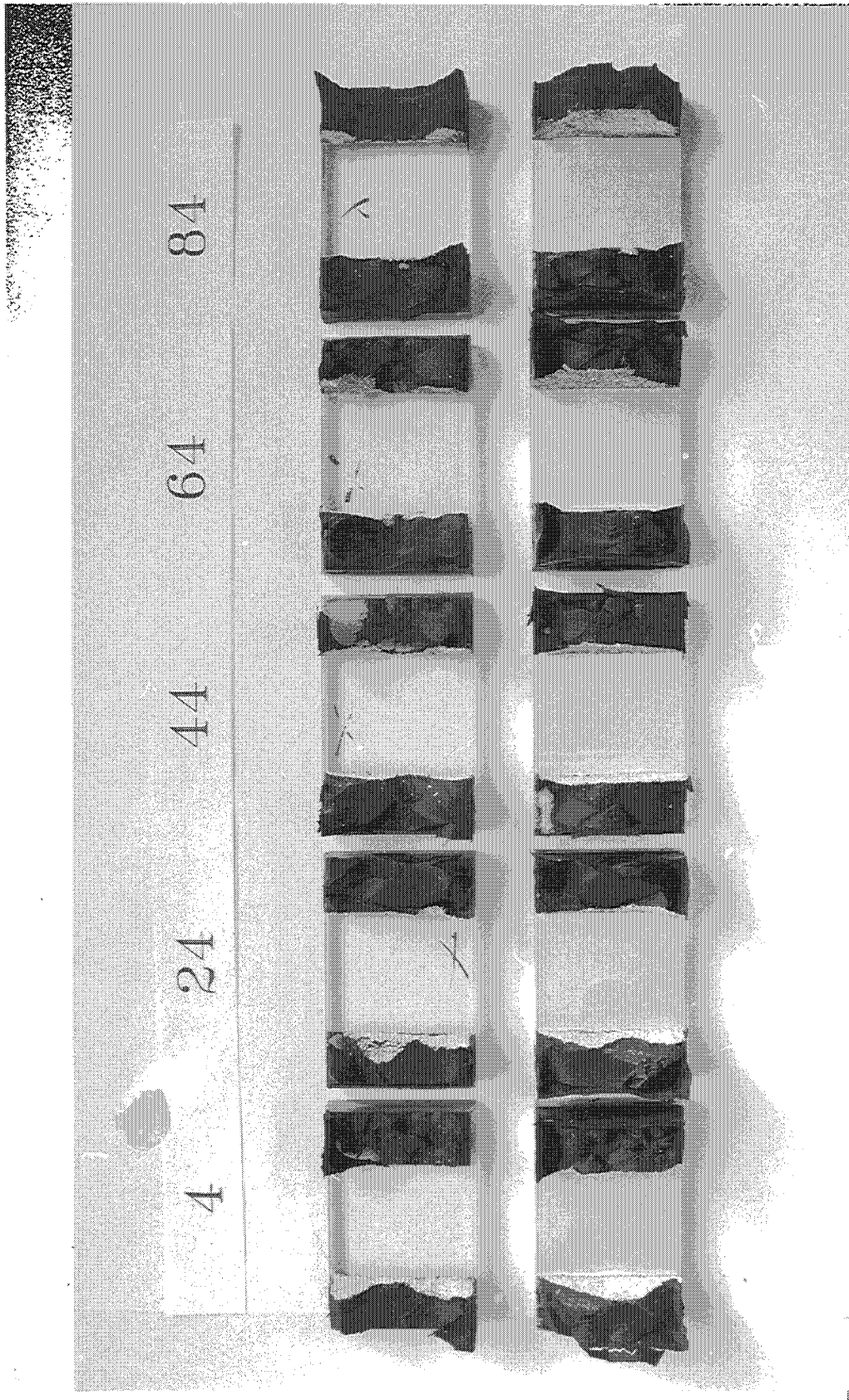


Bild 22: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI7

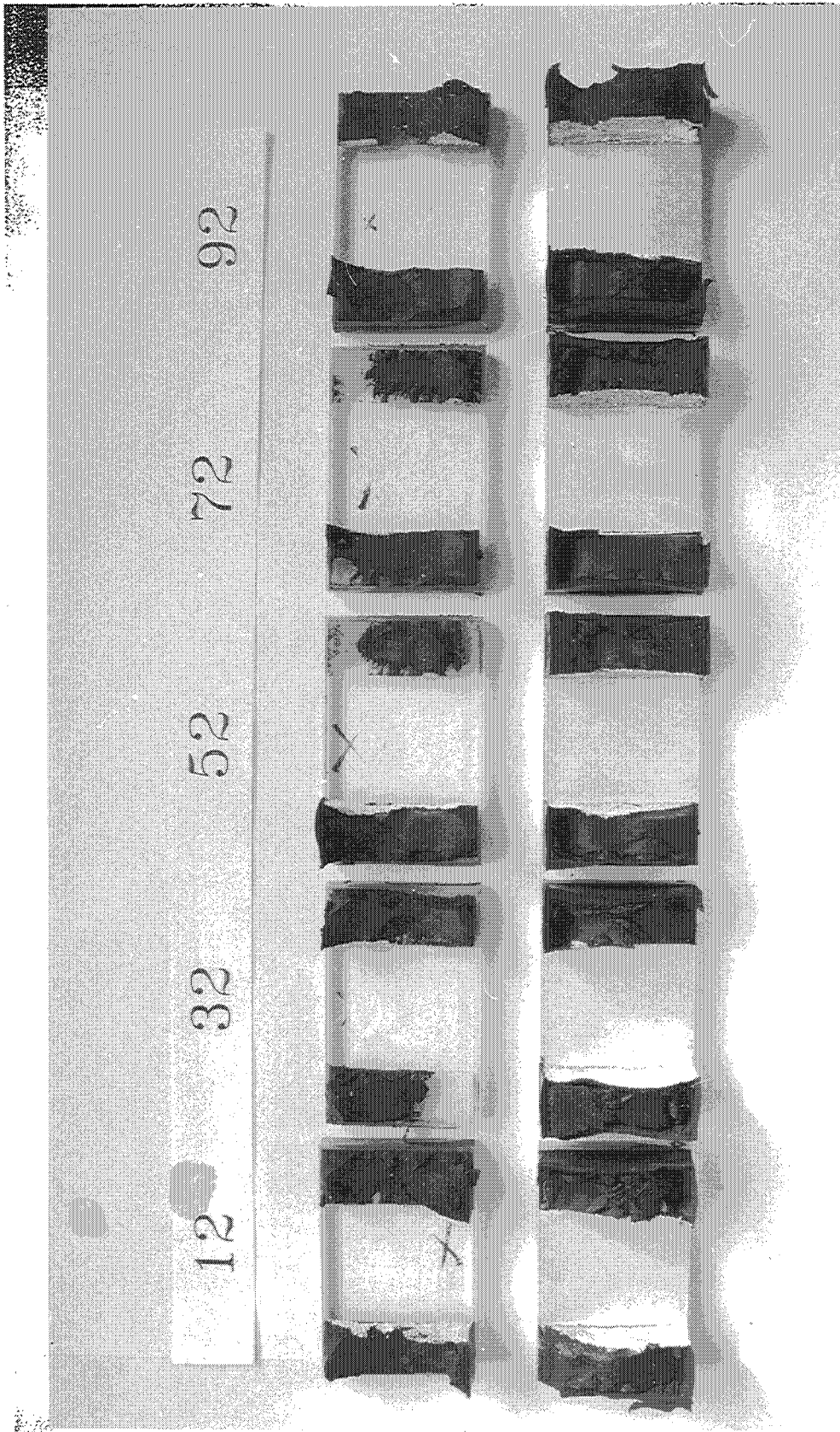


Bild 23: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI8

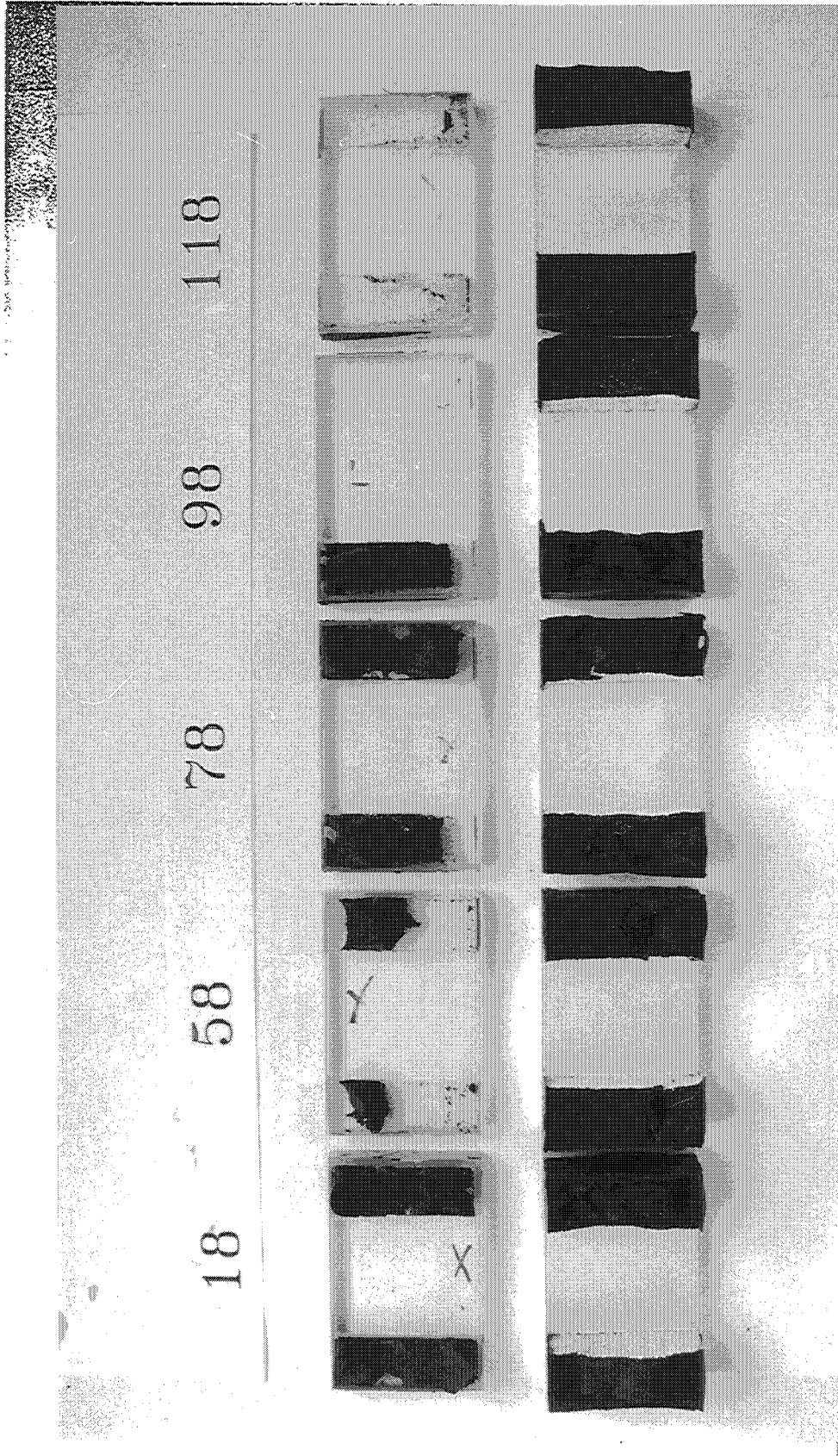


Bild 24: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AI9

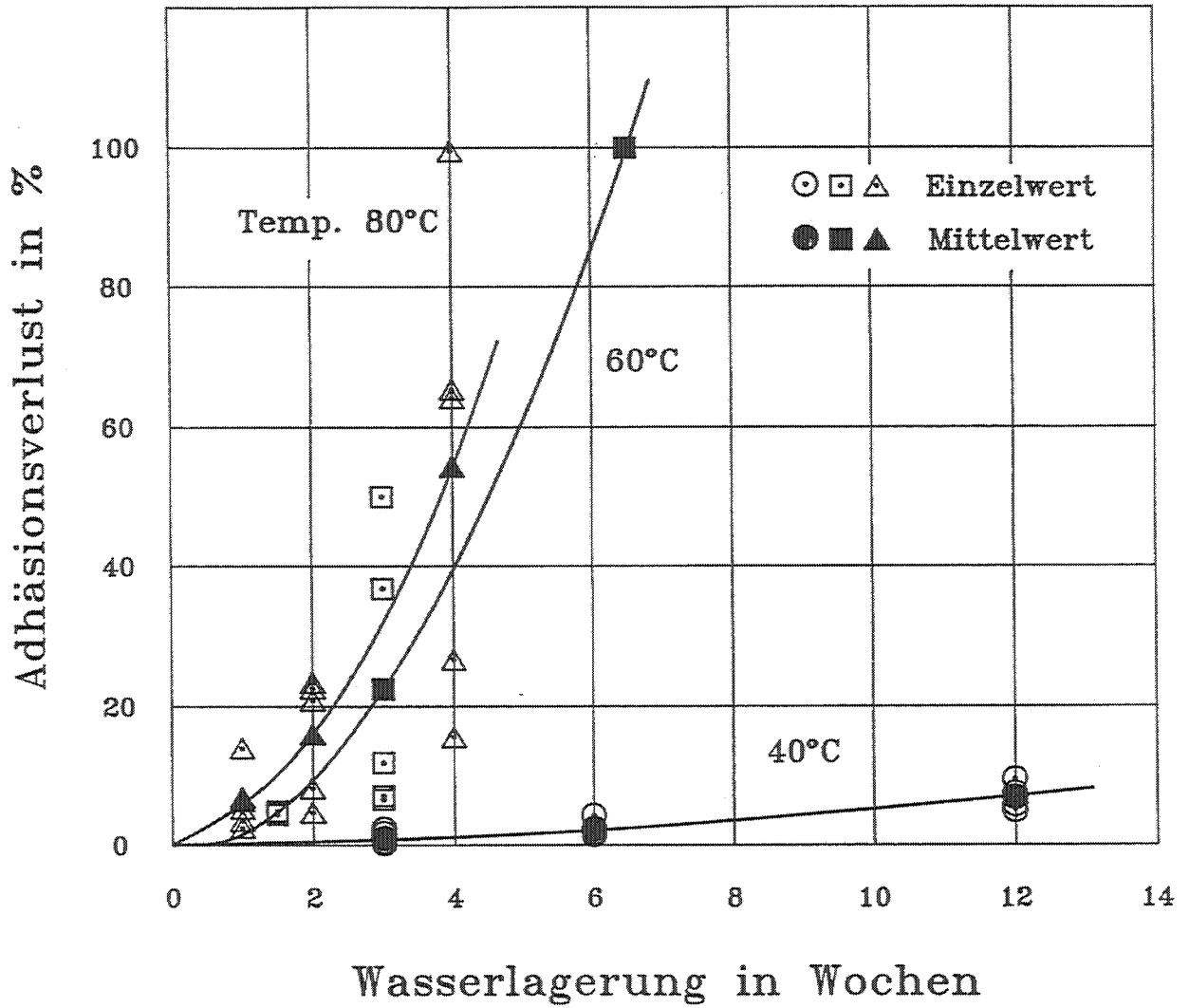


Bild 25: Adhäsionsverlust in Abhängigkeit von der Wasserlagerungsdauer (Silicon A)

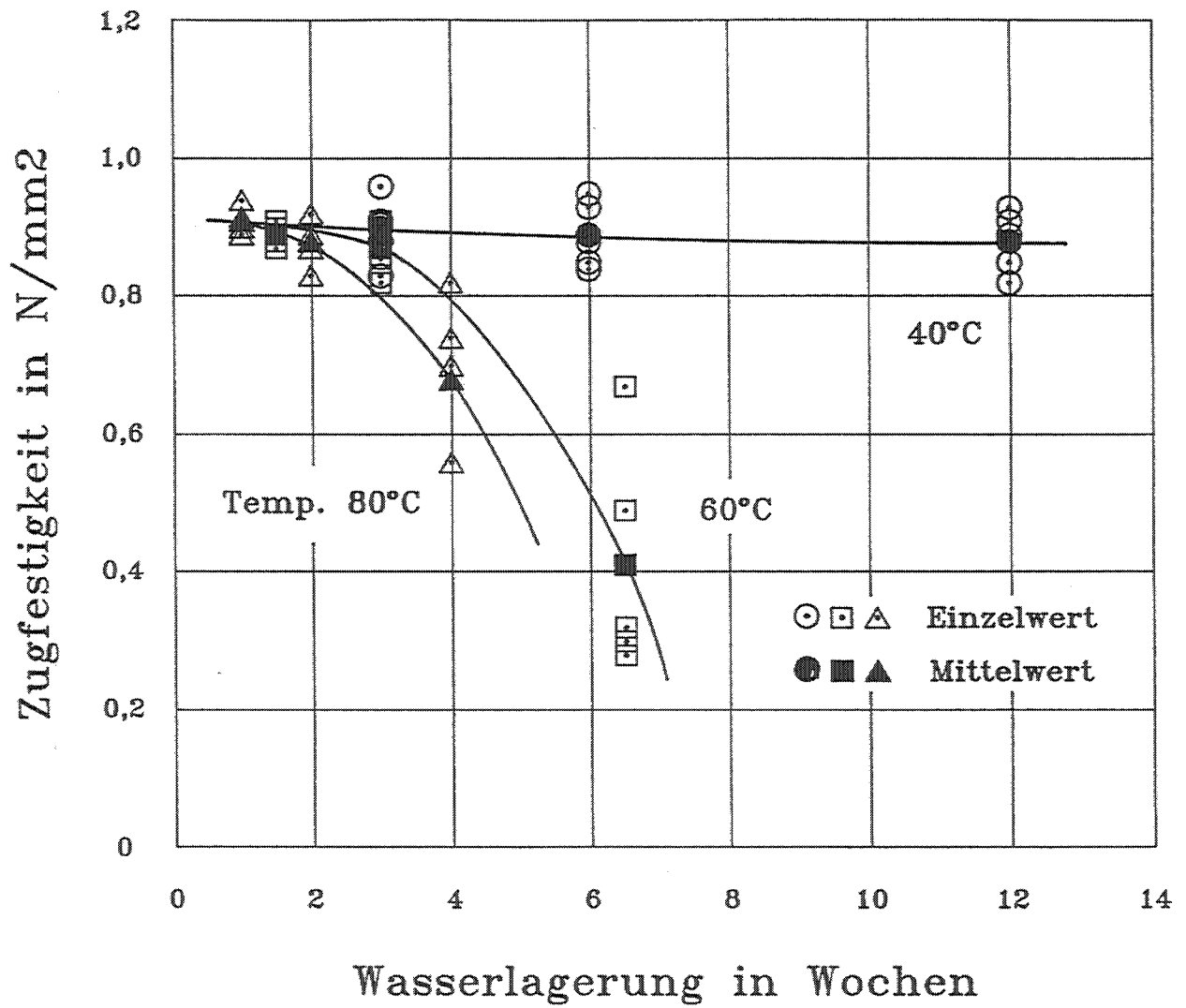


Bild 26: Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Wasserlagerungsdauer (Silicon A)

Tabelle 11: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben B

Wassertemperatur 40 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasser- lagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BII	2	3	1989	1164	0,59	25,8	K	0
	22		1983	932	0,47	16,0	K 2)	0
	42		1978	1041	0,53	22,0	K	0
	62		1991	885	0,44	20,5	K 2)	0
	82		1968	1206	0,61	31,5	K	0
	Mittelwert			1982	1046	0,53	23,2	
BIZ	10	6	1983	1090	0,55	21,0	K	0
	30		1998	1155	0,58	26,5	K	0
	50		1946	1138	0,58	26,5	K	0
	70		1978	1077	0,54	24,0	K	0
	90		1985	1071	0,54	24,5	K	0
Mittelwert			1978	1106	0,56	24,5		0
BIB	20	12	1998	1053	0,53	22,5	K	0
	40		1994	1011	0,51	21,0	K	0
	60		1986	865	0,44	13,0	K 2)	0
	80		1991	1132	0,57	26,0	K	0
	100		1973	1041	0,53	20,0	K	0
Mittelwert			1988	1020	0,51	20,5		0

1) K = Kohäsion

2) Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm

12 Wochen

Nr.20,40,60,80,100

6 Wochen

Nr.10,30,50,70,90

Temp. 40°C , 3 Wochen

Versuch Nr.2,22,42,62,82

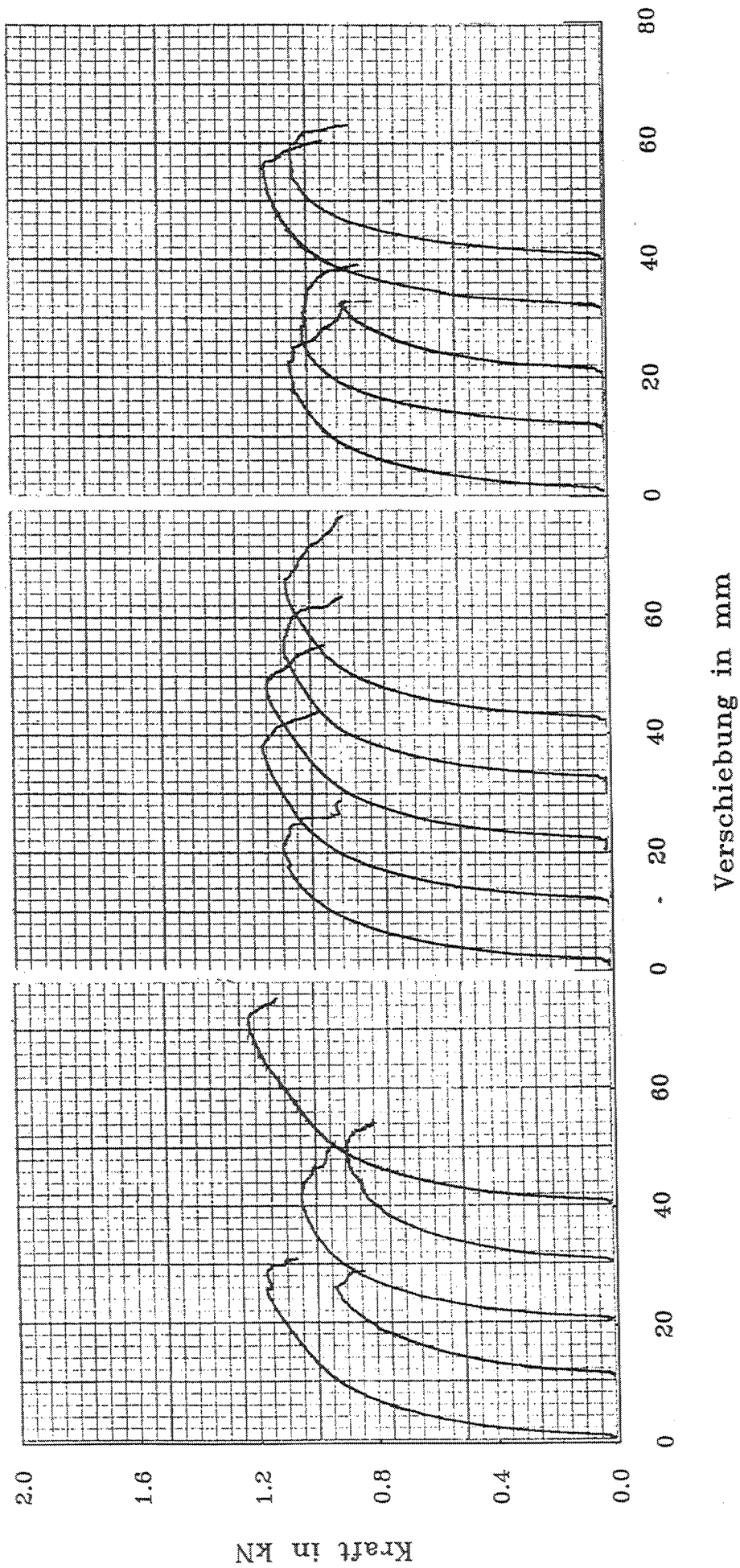


Bild 27: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BI1, BI2 und BI3

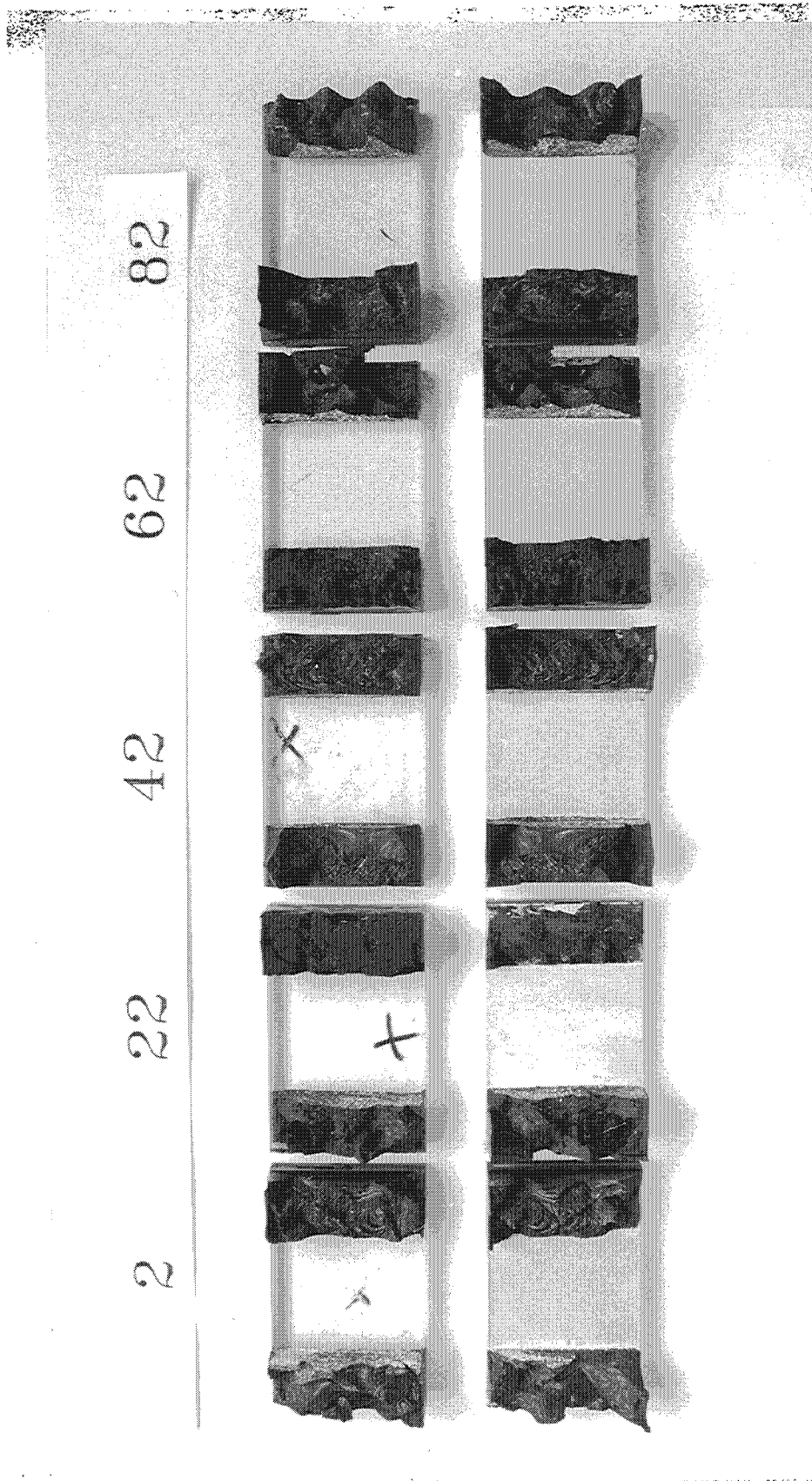


Bild 28: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI1

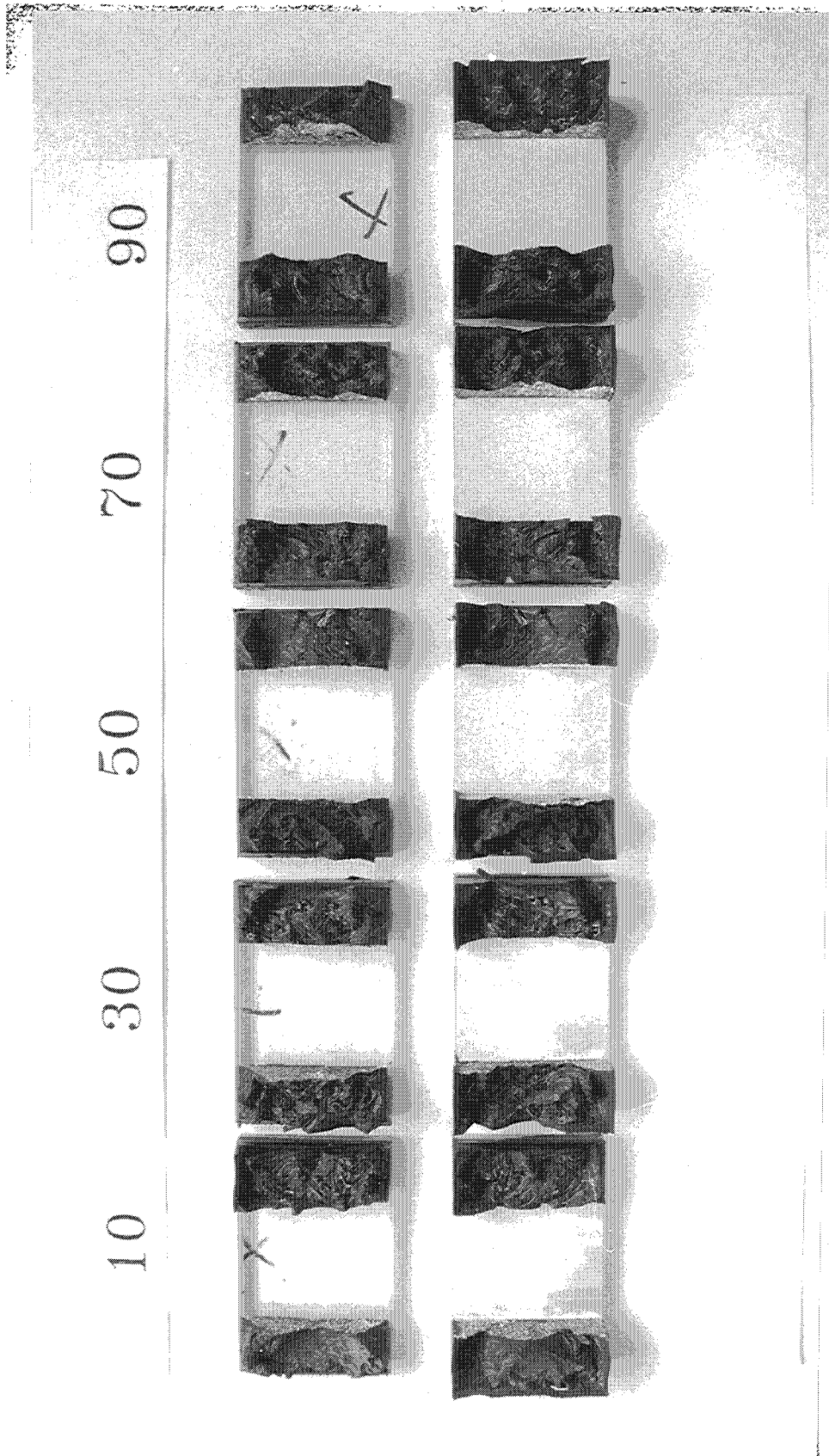


Bild 29: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B12

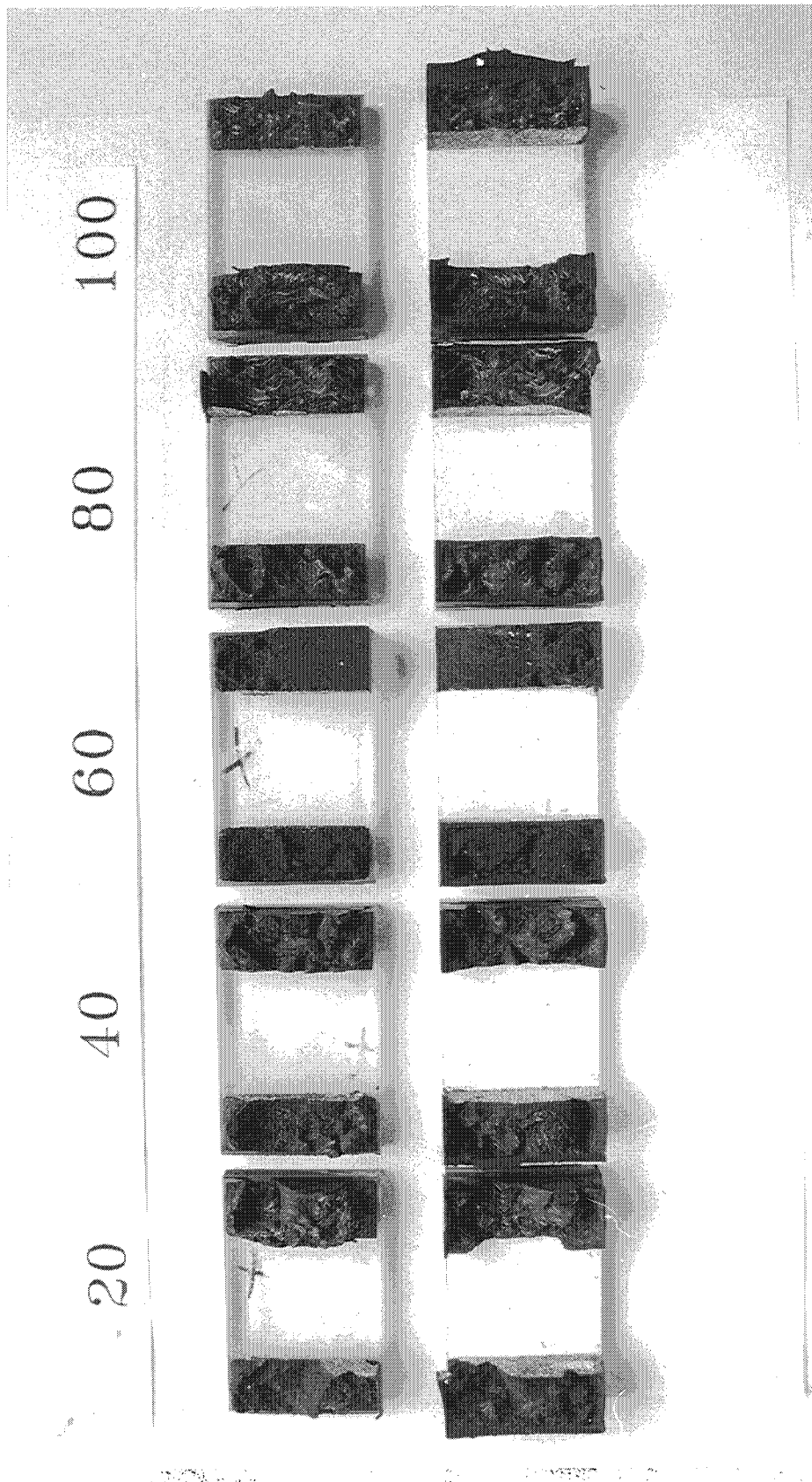


Bild 30: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B13

Tabelle 12: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben B

Wassertemperatur 60 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasserlagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _n N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagensart 1)	Adhäsionsverlust %
BI4	3	1,5	2020	892	0,44	29,0	K	0
	23		1993	710	0,36	16,5	K/AA 2)	8,0
	43		1988	904	0,45	34,5	K	0
	63		1996	670	0,36	25,0	K/AA 2)	1,2
	83		1993	986	0,49	36,0	K	0
	Mittelwert			2000	832	0,42	28,2	
BI5	11	3	2028	929	0,46	33,0	K/AG	12,6
	31		2006	882	0,44	30,5	K/AG	12,3
	51		1985	906	0,46	31,0	K/AG	11,7
	71		1994	885	0,44	32,5	K/AG	11,5
	91		2006	822	0,41	27,5	K/AG	10,4
	Mittelwert			2004	885	0,44	30,9	
BI6	19	6,5	2013	531	0,26	20,5	K/AG	51,7
	39		1990	470	0,24	17,5	K/AG	57,7
	59		1991	353	0,18	12,0	K/AG	82,3
	79		1988	551	0,28	22,0	K/AG	56,6
	99		2011	542	0,27	17,0	K/AG	54,7
	Mittelwert			1999	489	0,24	17,8	

1) K = Kohäsion

AA = Adhäsion Aluminium

AG = Adhäsion Glas

2) Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebfilm

6.5 Wochen

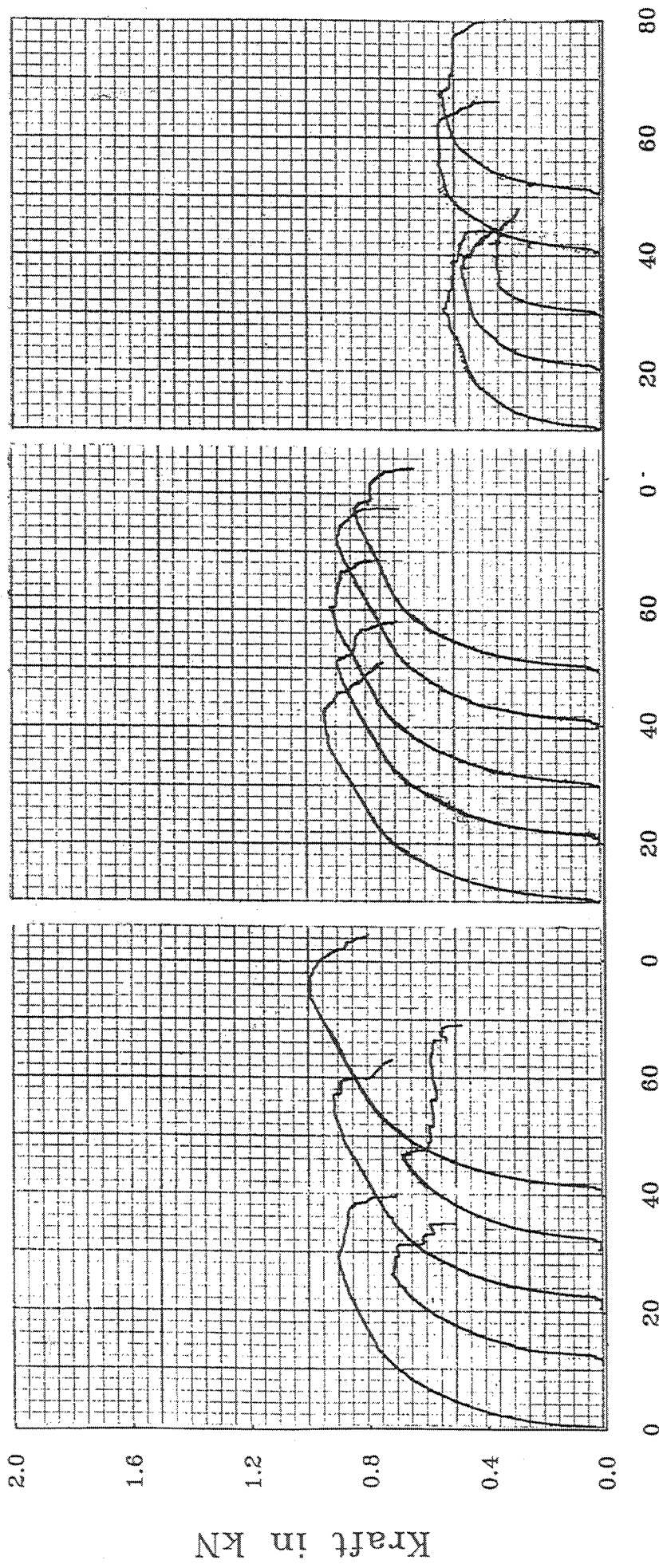
Nr.19,39,59,79,99

3 Wochen

Nr.11,31,51,71,91

Temp. 60°C , 1.5 Wochen

Versuch Nr.3,23,43,63,83



Verschiebung in mm

Bild 31: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BI4, BI5 und BI6

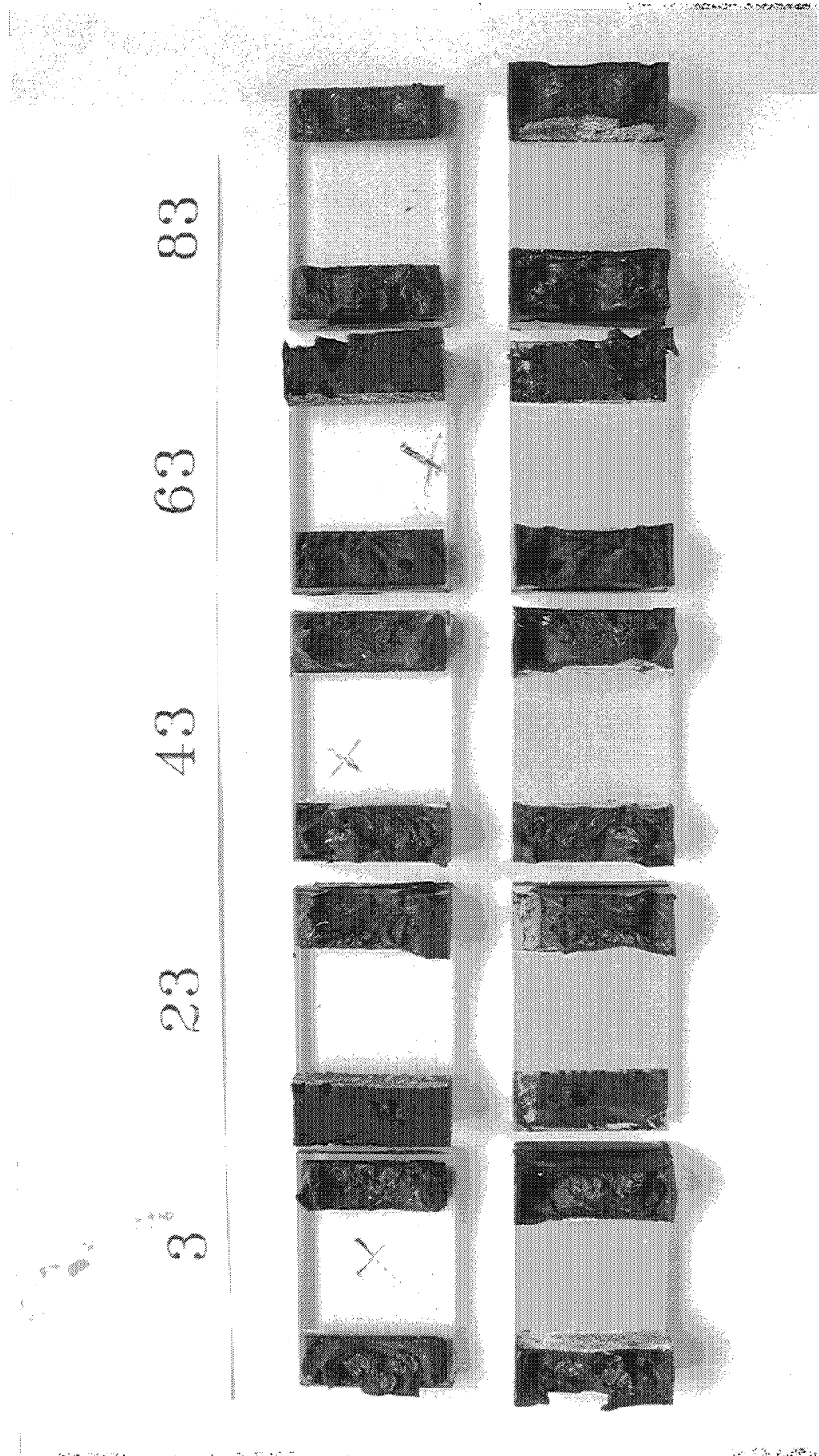


Bild 32: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI4

11 31 51 71 91

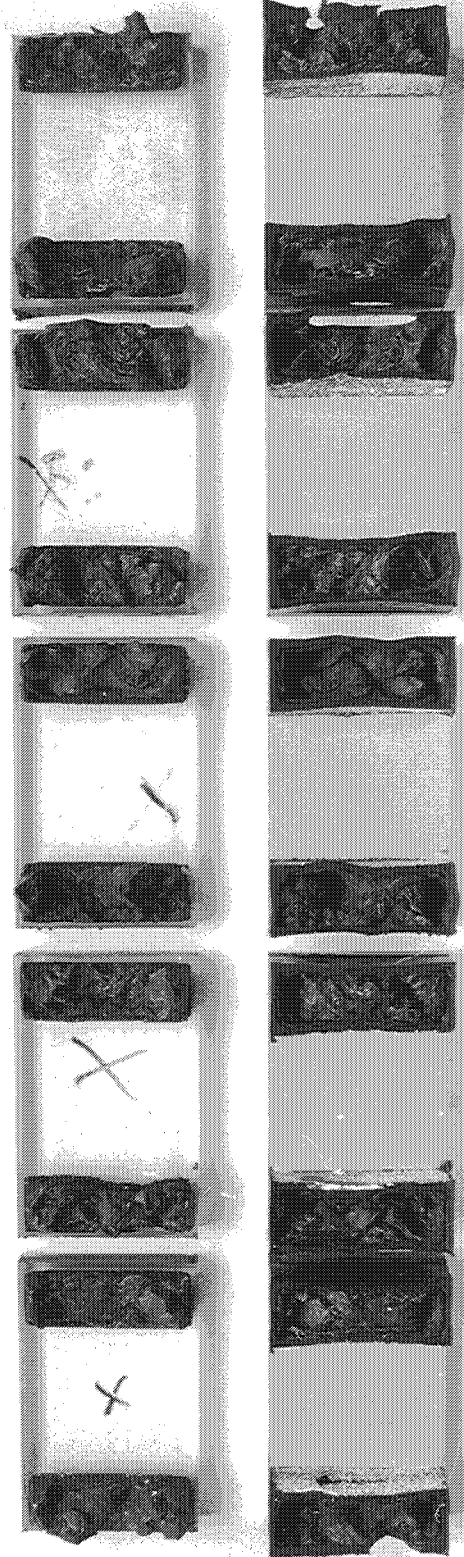


Bild 33: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B15

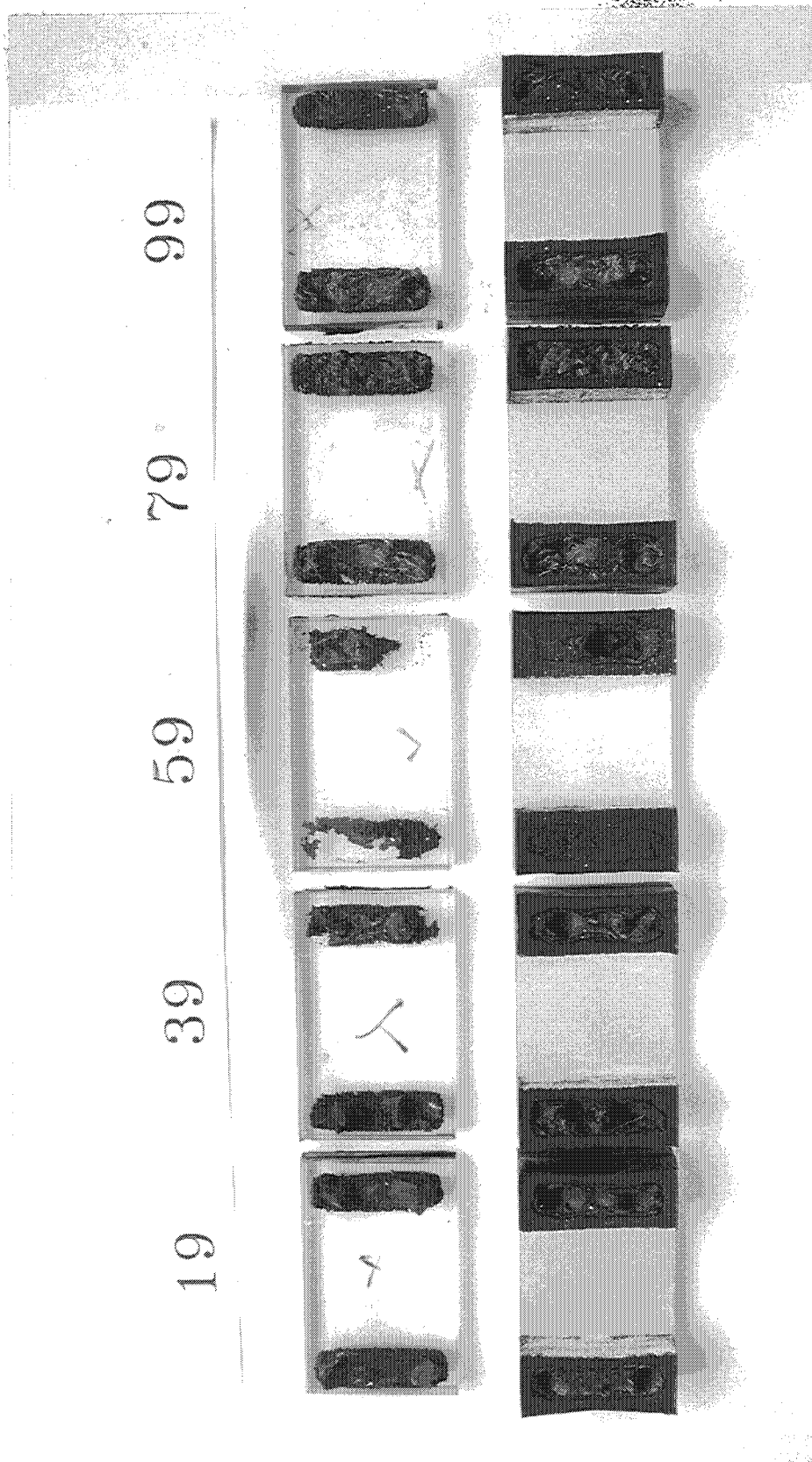


Bild 34: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI6

Tabelle 13: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten Proben B

Wassertemperatur 80 (± 2)° C

Reihe	Probekörper Nr	Wasser- lagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BI7	4	1	2011	909	0,45	31,5	K/AG	5,2
	24		1997	781	0,39	34,0	K/AA 2)	5,9
	44		1993	817	0,41	32,5	K/AA 2)	4,1
	64		1995	877	0,44	39,5	K/AG	4,8
	84		1994	938	0,47	43,0	K/AG	3,6
	Mittelwert			1998	864	0,43	36,1	
BI8	12	2	1999	863	0,43	32,0	K/AG	11,5
	32		2013	936	0,46	37,5	K/AG	8,7
	52		1992	965	0,48	38,0	K/AG	10,8
	72		2012	865	0,43	36,0	K/AG	15,8
	92		2009	793	0,39	29,5	K/AG	8,0
Mittelwert			2005	884	0,44	34,6		11,0
BI9	18	4	2006	748	0,37	28,0	K/AG	21,2
	58		1985	687	0,35	25,0	K/AG	22,1
	78		1996	654	0,33	22,5	K/AG	39,7
	98		2005	544	0,27	21,0	K/AG	40,6
	118		2011	659	0,33	22,0	K/AG	37,5
Mittelwert			2001	658	0,33	23,6		32,2

1) K = Kohäsion

AA = Adhäsion Aluminium

AG = Adhäsion Glas

2) Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm

Temp. 80°C , 1 Woche

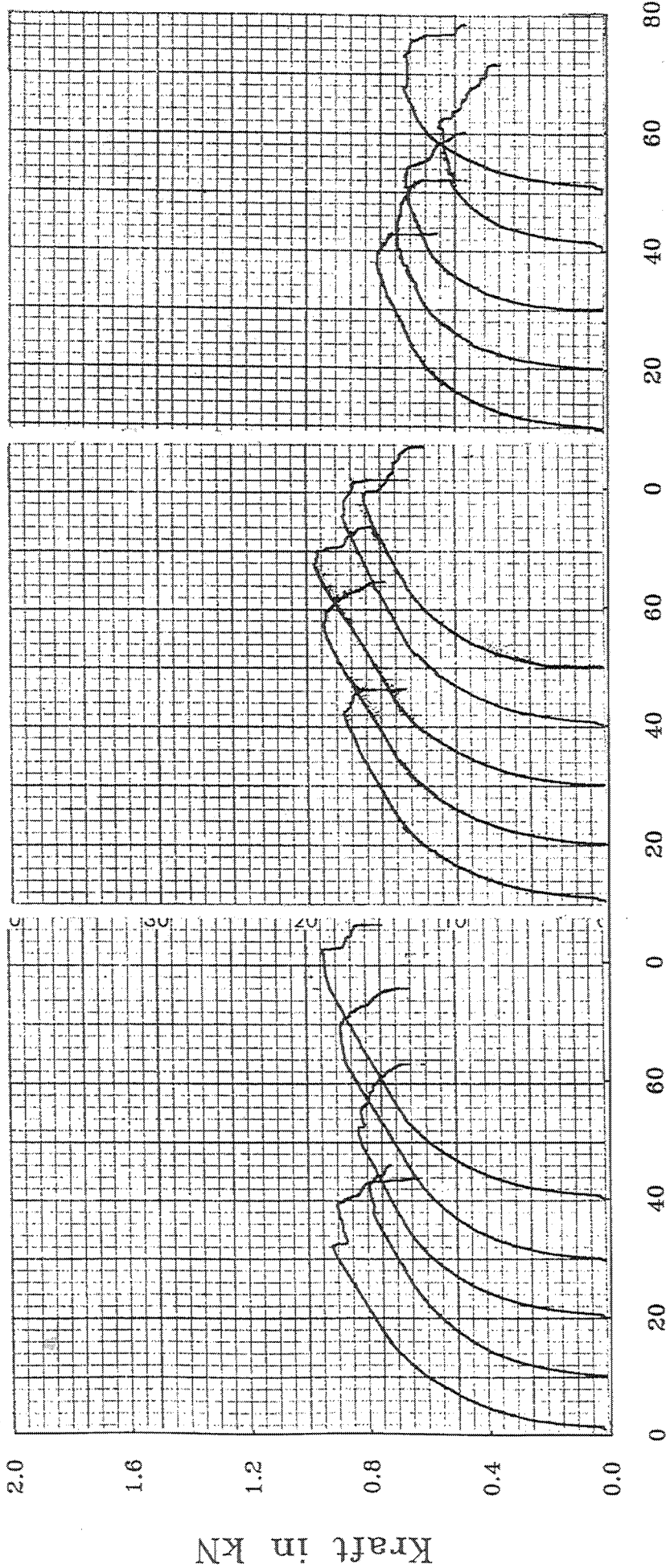
2 Wochen

4 Wochen

Versuch Nr.4,24,44,64,84

Nr.12,32,52,72,92

Nr.18,58,78,98,118



Verschiebung in mm

Bild 35: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BI7, BI8 und BI9

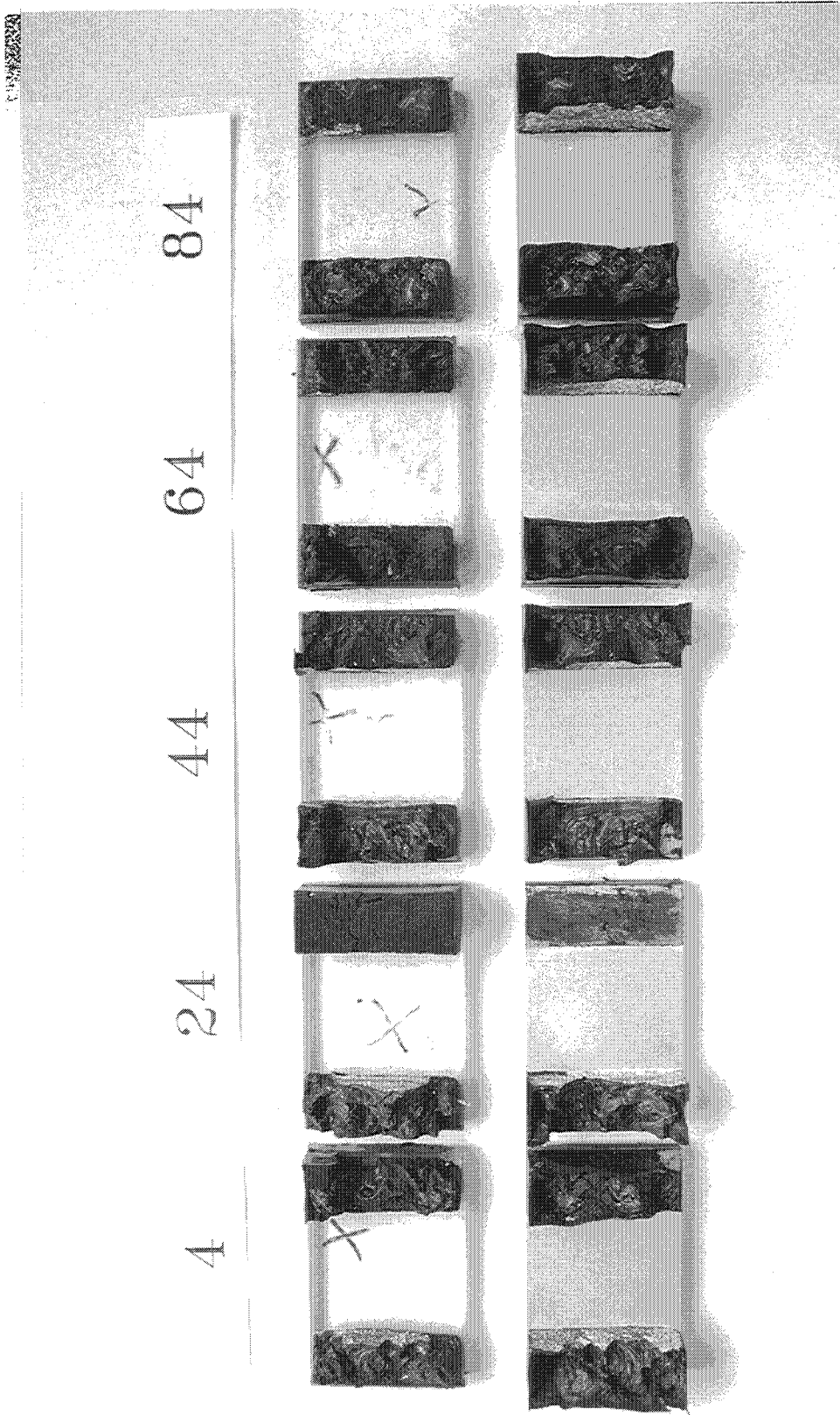


Bild 36: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI7

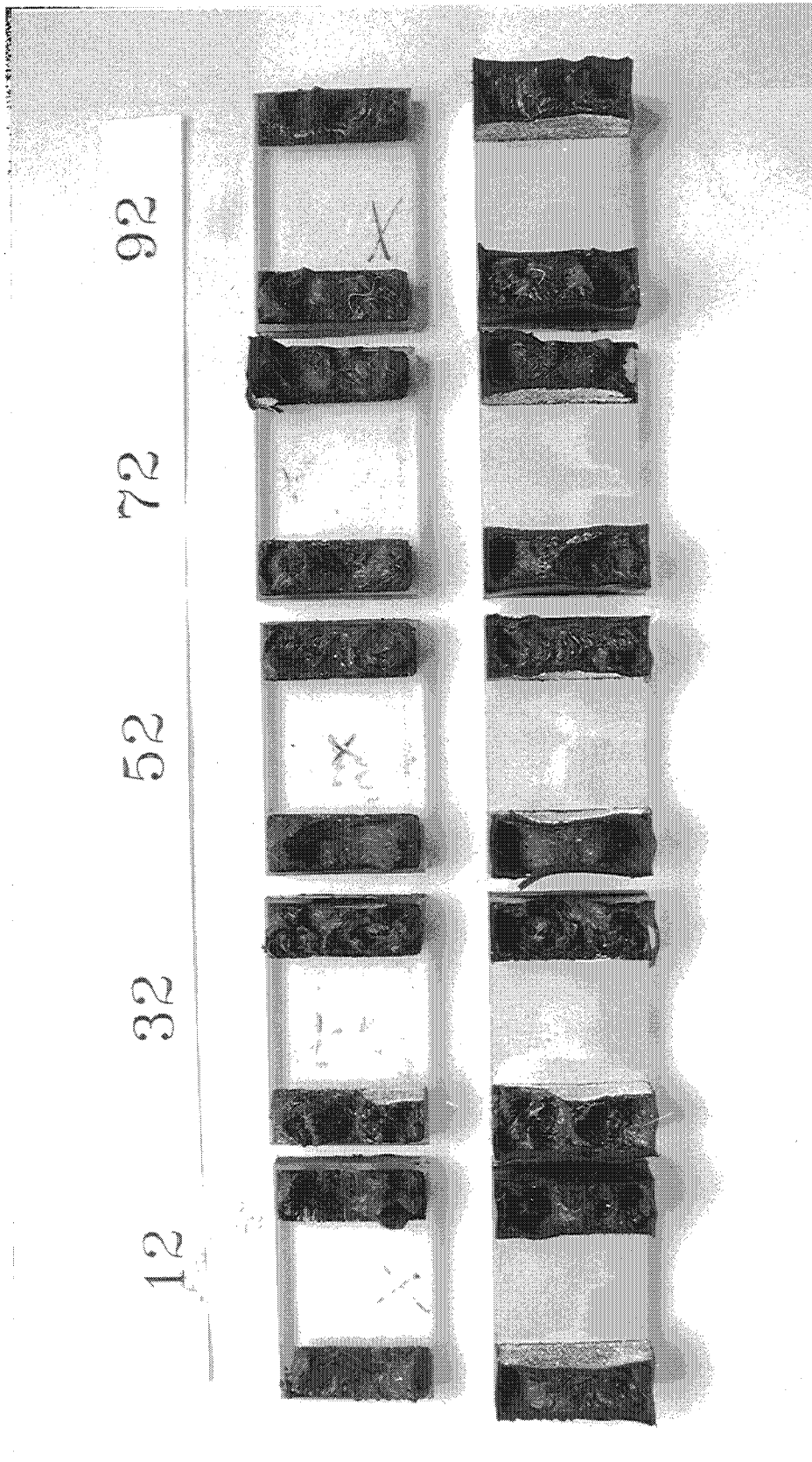


Bild 37: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI8

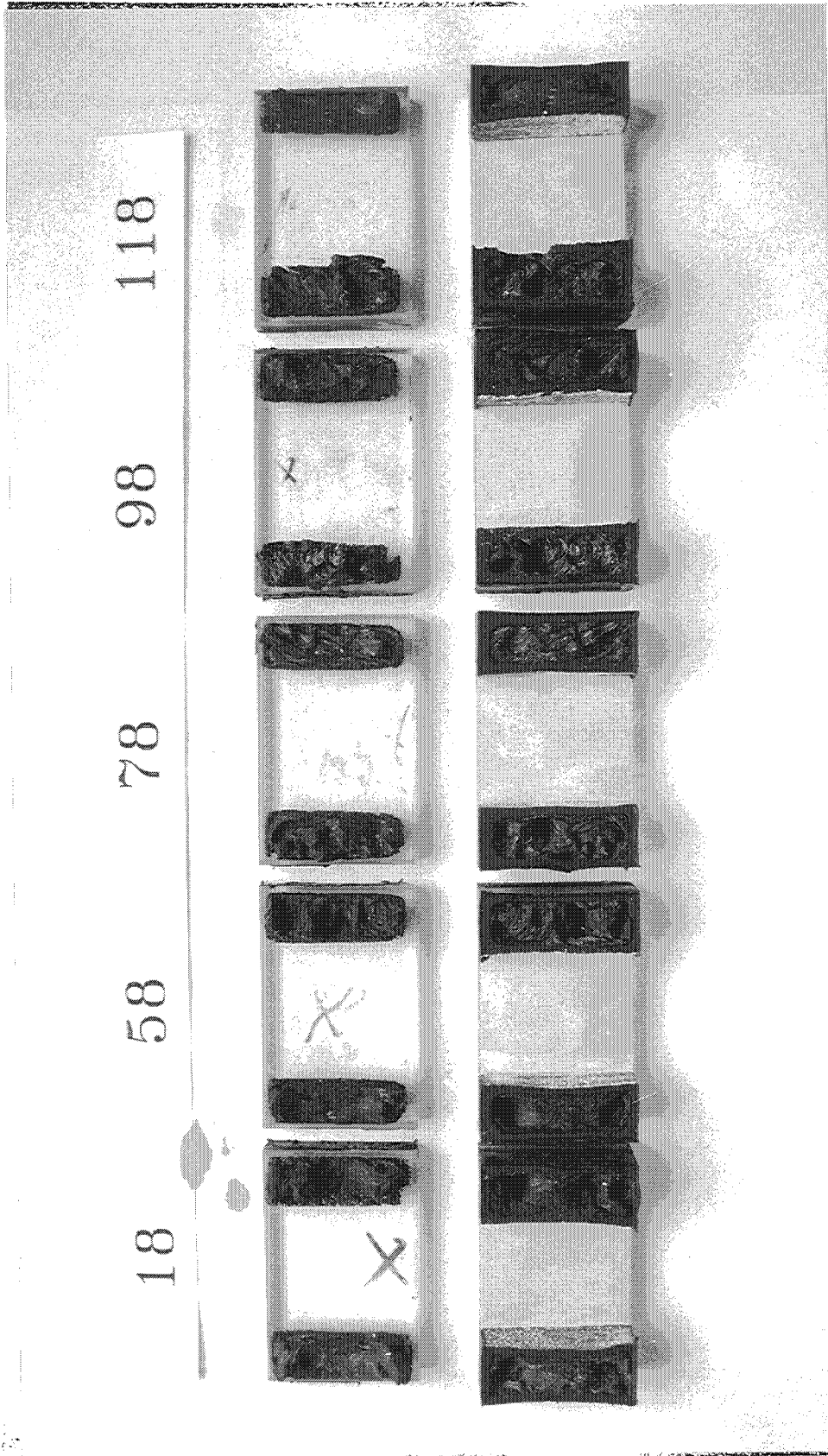


Bild 38: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BI9

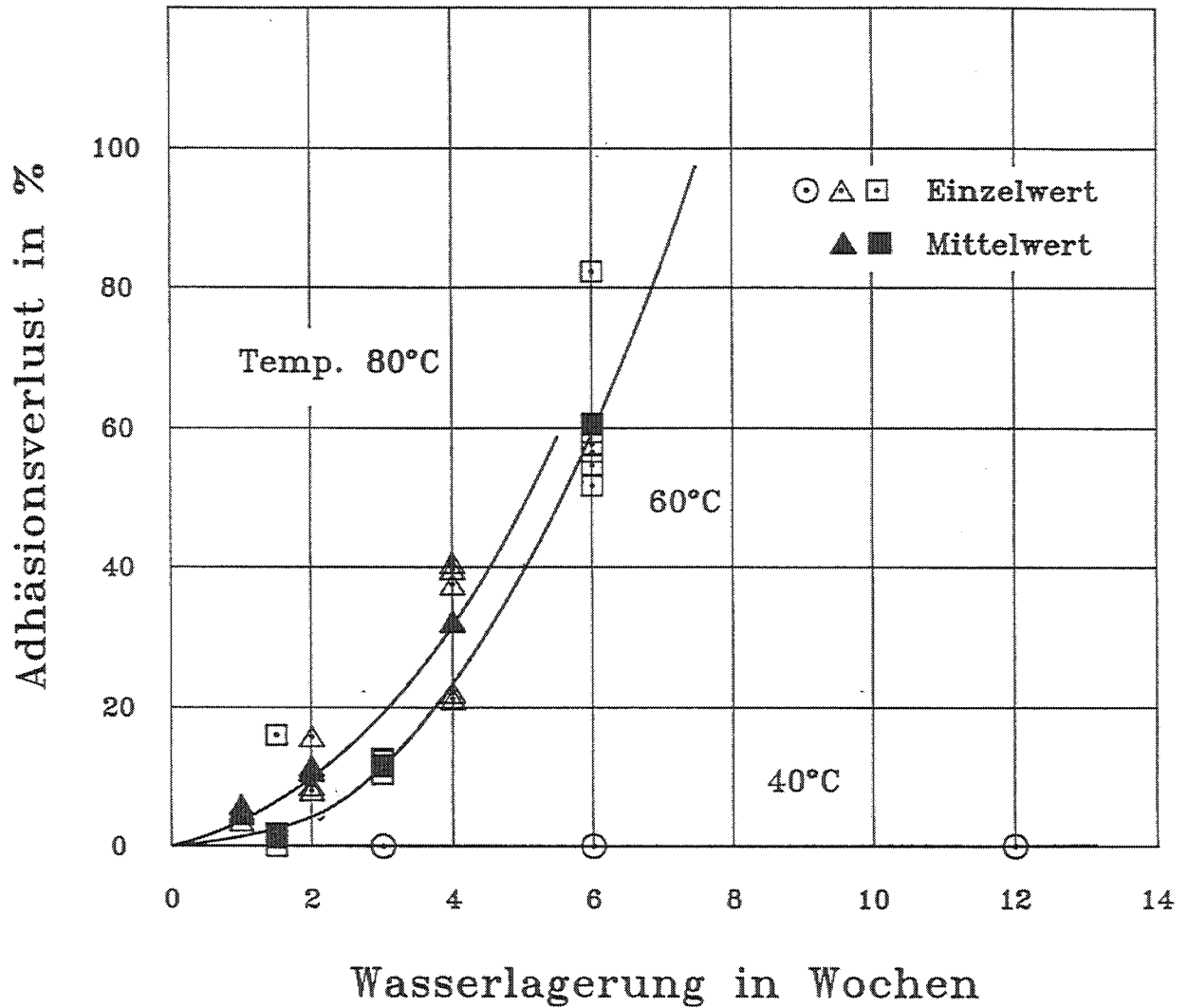


Bild 39: Adhäsionsverlust in Abhängigkeit von der Wasserlagerungsdauer (Silicon B)

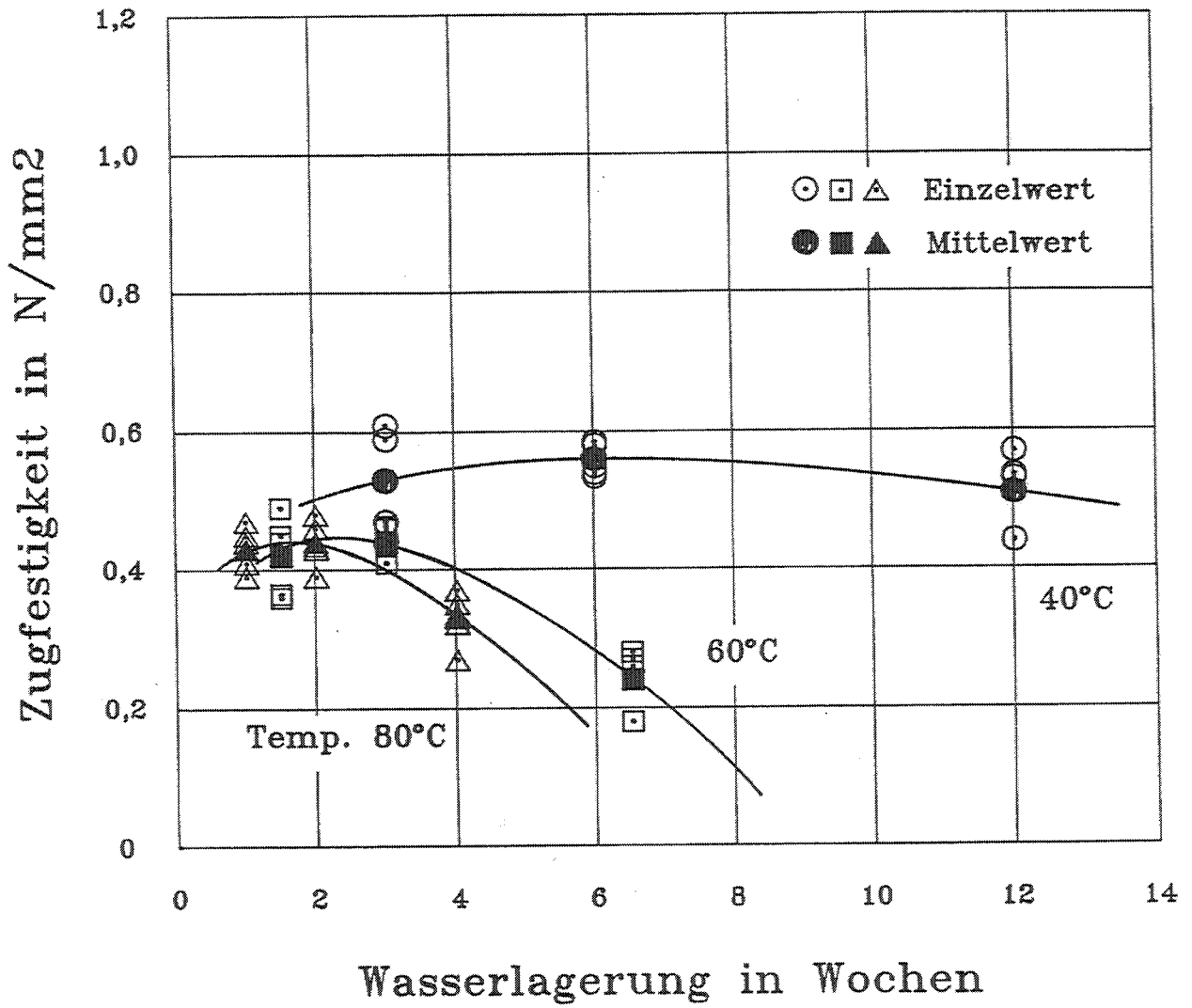


Bild 40: Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Wasserlagerungsdauer (Silicon B)

Tabelle 14: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten und anschließend getrockneten proben A

Wasserlagerung bei 60 (± 2)° C , 6 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
AII1	5	0	2008	1145	0,57	11,0	K/AG	73,2
	25		2001	1030	0,51	10,0	K/AG	91,3
	45		2008	1489	0,74	19,5	K/AG	60,8
	65		2001	1553	0,78	22,0	K/AG	61,5
	85		1993	1299	0,65	16,0	K/AG	88,3
Mittelwert			2002	1303	0,65	15,7		75,0
AII2	6	1	1998	1873	0,94	20,0	K/AG	19,2
	26		2011	1756	0,87	15,0	K/AG	77,9
	46		2032	1719	0,85	14,0	K/AG	79,9
	66		1988	1800	0,91	20,0	K/AG	72,8
Mittelwert			2007	1787	0,89	17,3		62,5
AII3	9	2	2001	2007	1,00	23,0	K/AG	16,0
	29		2015	1988	0,99	16,5	K/AG	42,4
	49		2008	1994	0,99	19,5	K/AG	24,6
	69		1998	1828	0,91	16,0	K/AG	63,6
Mittelwert			2001	1954	0,97	18,7		36,7
AII4	16	4	2030	2010	0,99	17,0	K/AG	13,0
	36		2008	2070	1,03	15,5	K/AG	19,0
	56		2013	2147	1,07	17,5	K/AG	23,4
Mittelwert			2017	2076	1,03	16,7		18,5
AII5	76	8	2008	1936	0,96	12,0	K/AG	24,7
	86		1981	1884	0,95	12,0	K/AG	17,3
Mittelwert			1995	1910	0,96	12,0		21,0
AII6	89	16	2025	1928	0,95	14,0	K/AG	26,0
	96		2003	1903	0,95	11,5	K/AG	20,7
Mittelwert			2014	1916	0,95	12,8		23,4

- 1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas

2 Wochen

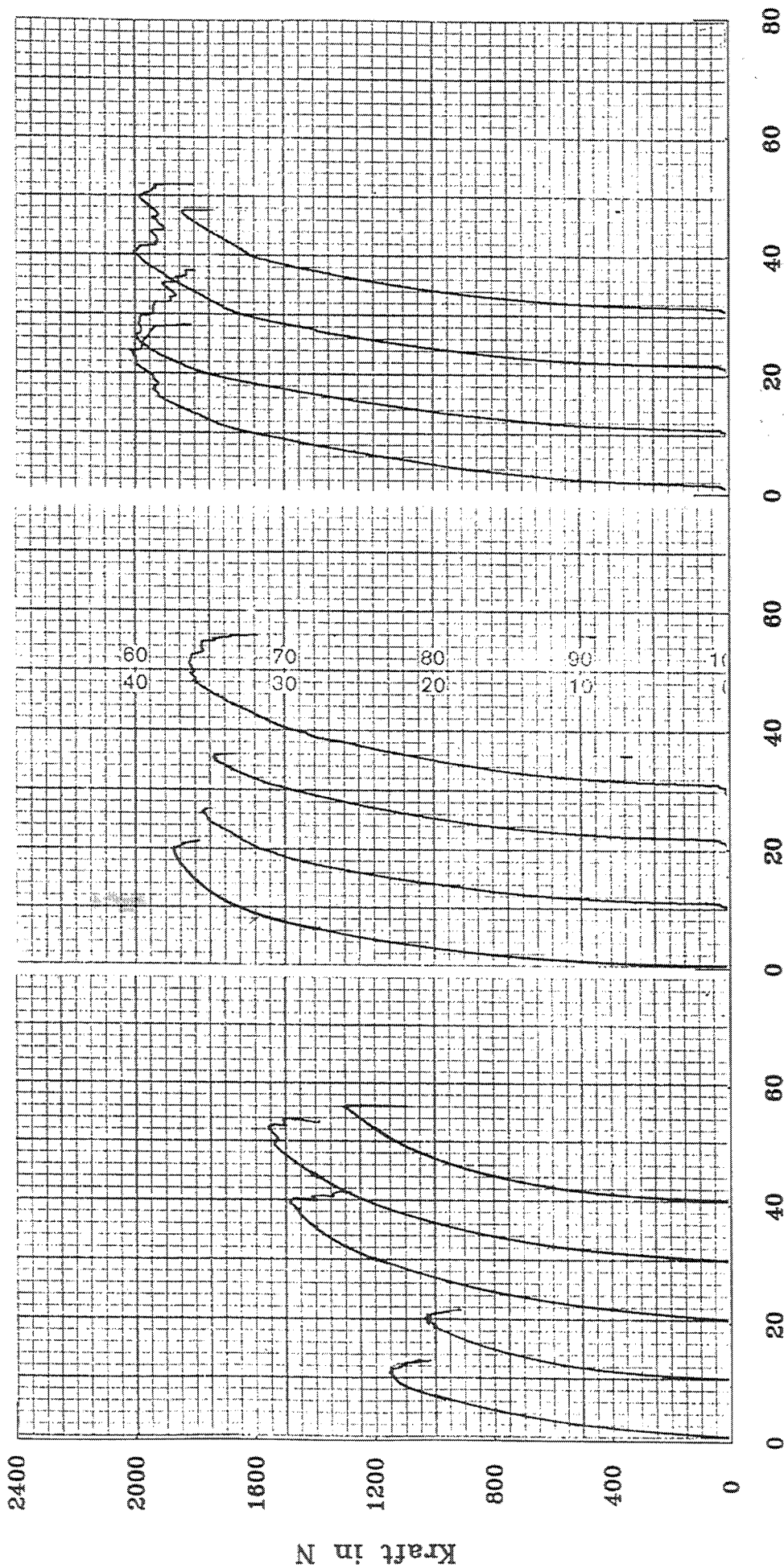
Nr. 9, 29, 49, 69

1 Woche

Nr. 6, 26, 46, 66

Erholungsphase 0 Wochen

Versuch Nr. 5, 25, 45, 65, 85



Verschiebung in mm

Bild 42: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AII1, AII2 und AII3

16 Wochen

Nr.89,96

8 Wochen

Nr.76,86

Erholungsphase 4 Wochen

Versuch Nr.16,36,56

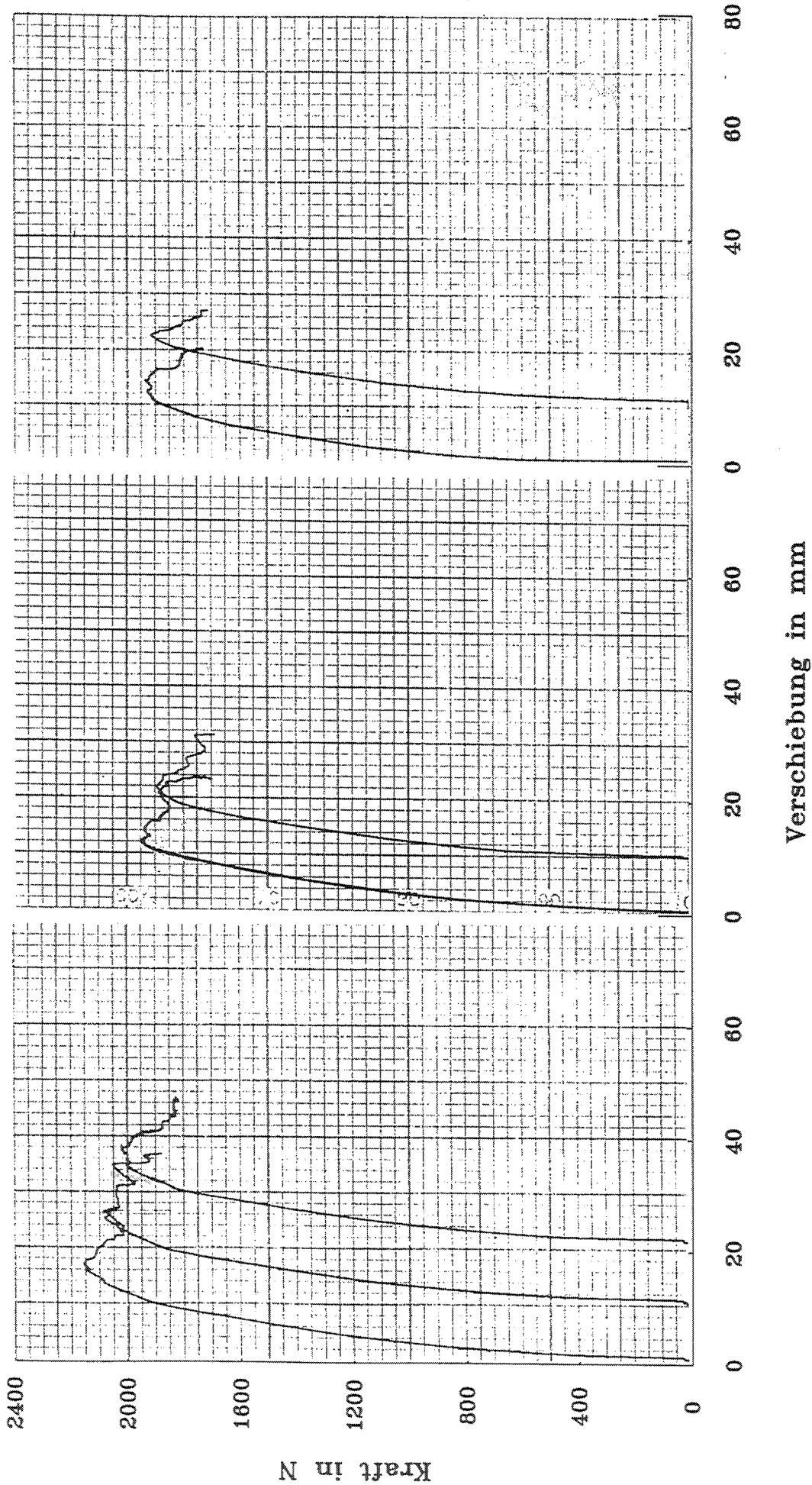


Bild 43: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AII4, AII5 und AII6

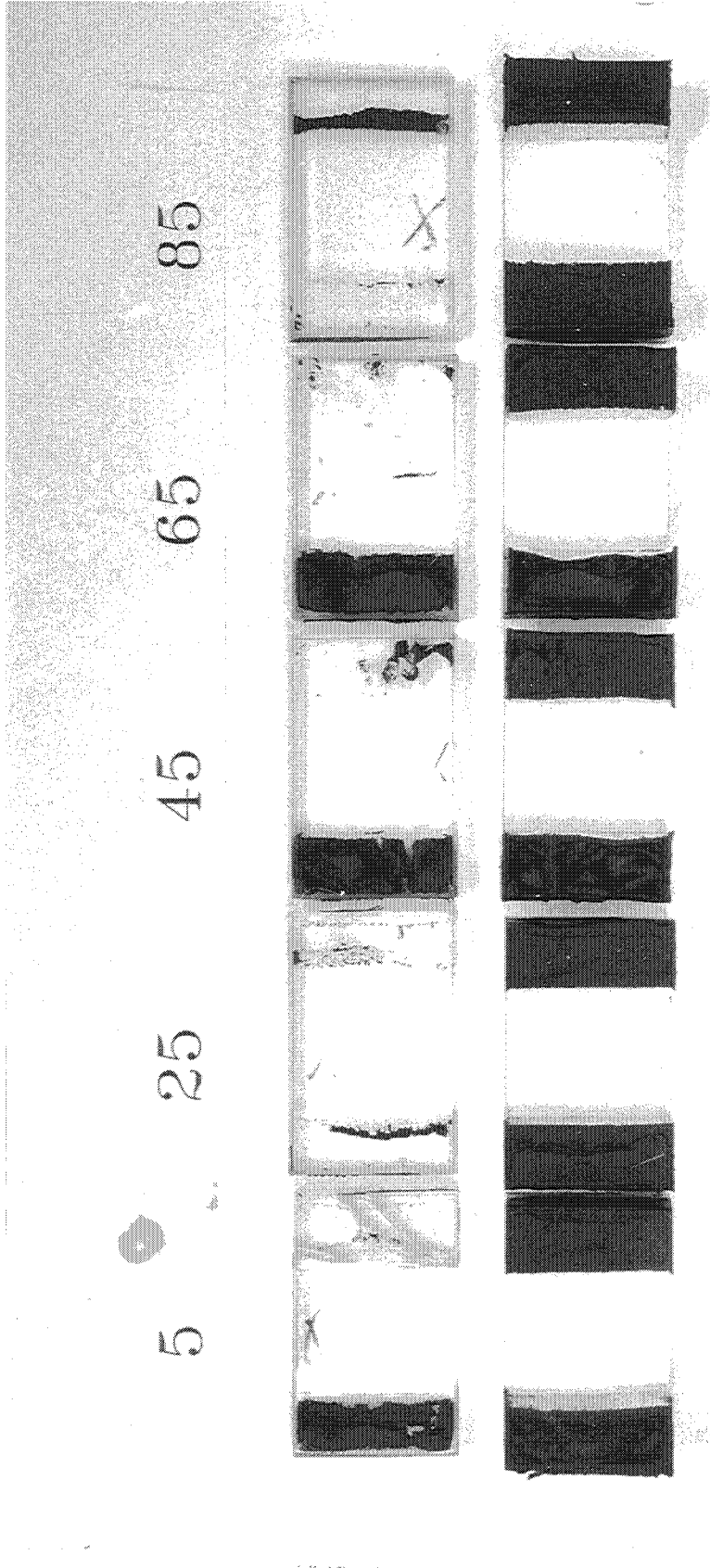


Bild 44: Probekörper nach den Versuchen in Reihe All1

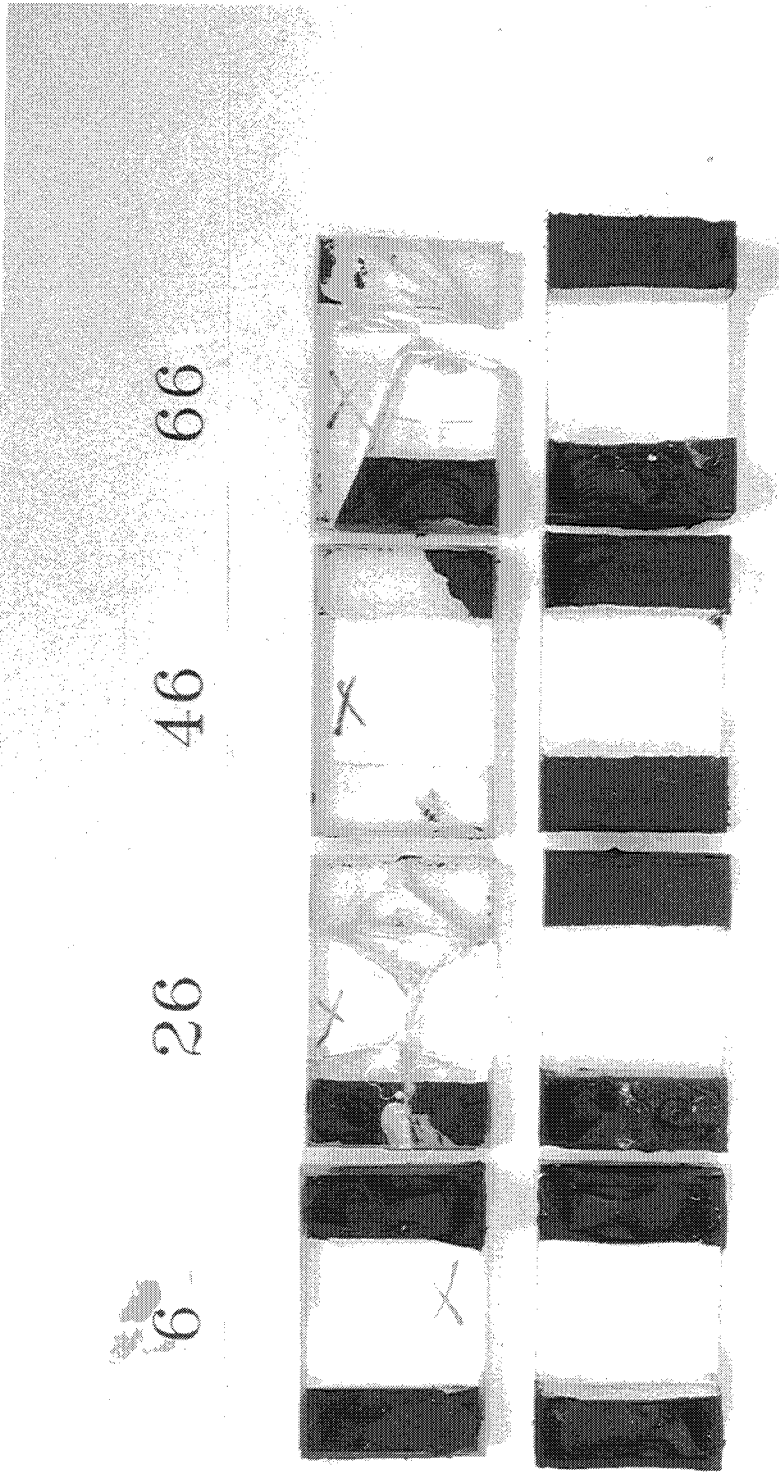


Bild 45: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII2



9 29 49 69

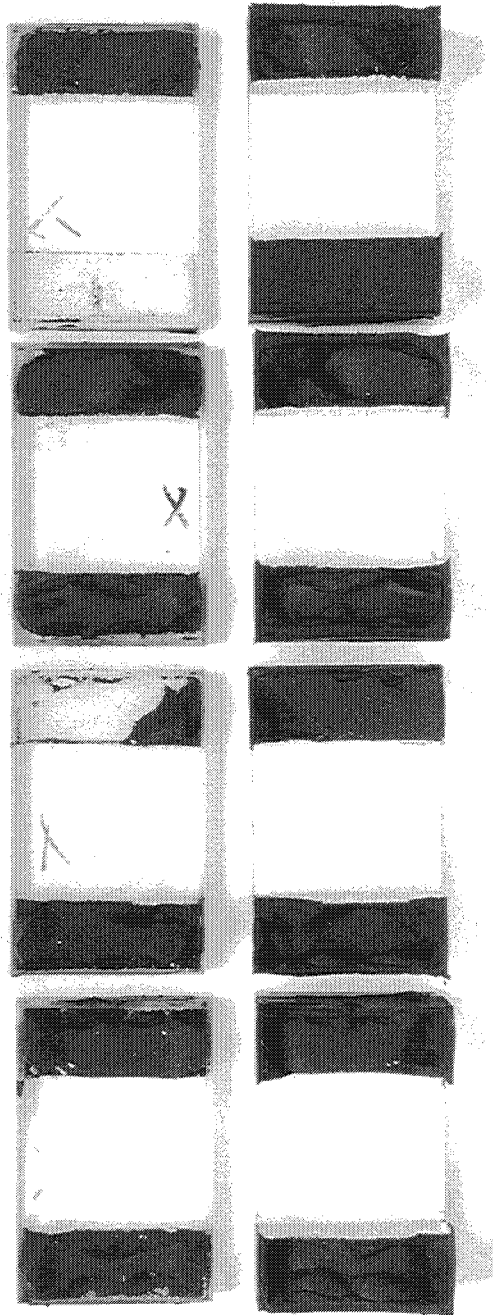


Bild 46: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII3

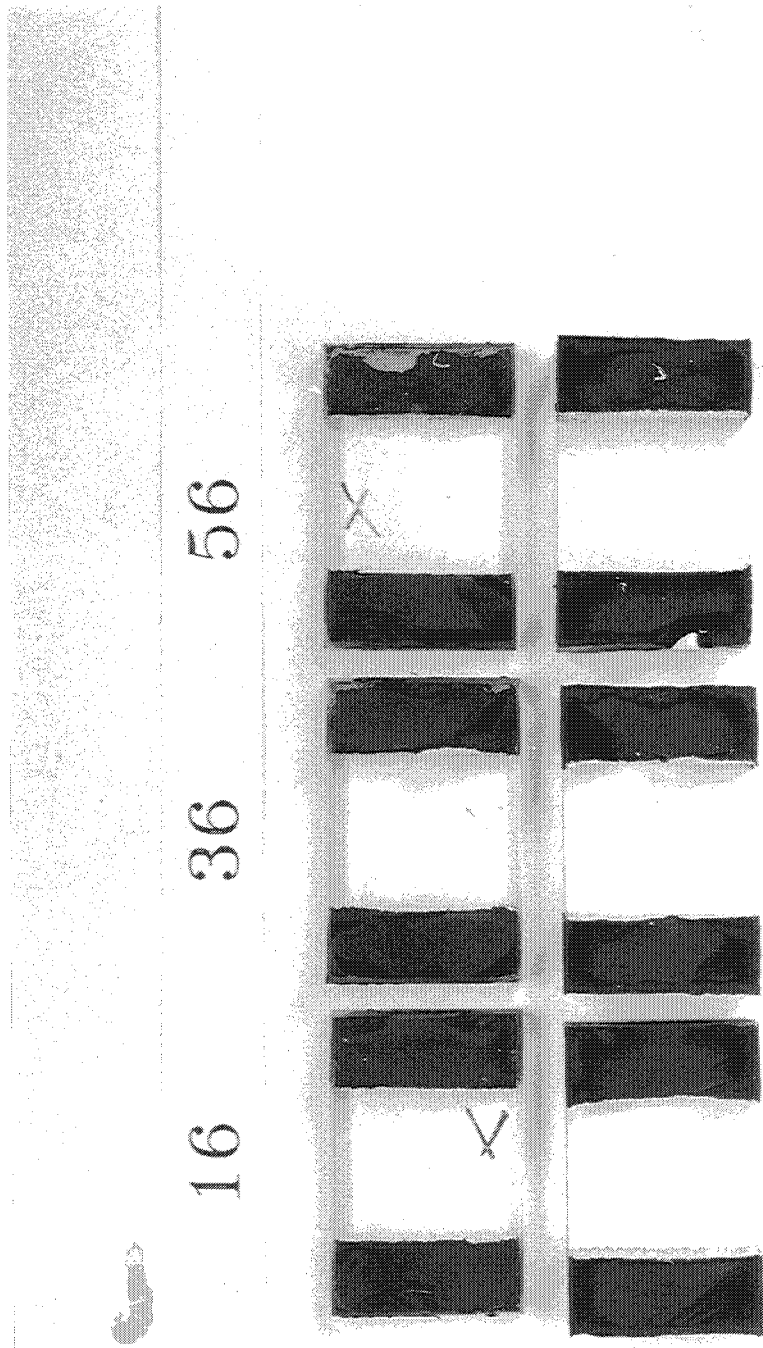


Bild 47: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII4

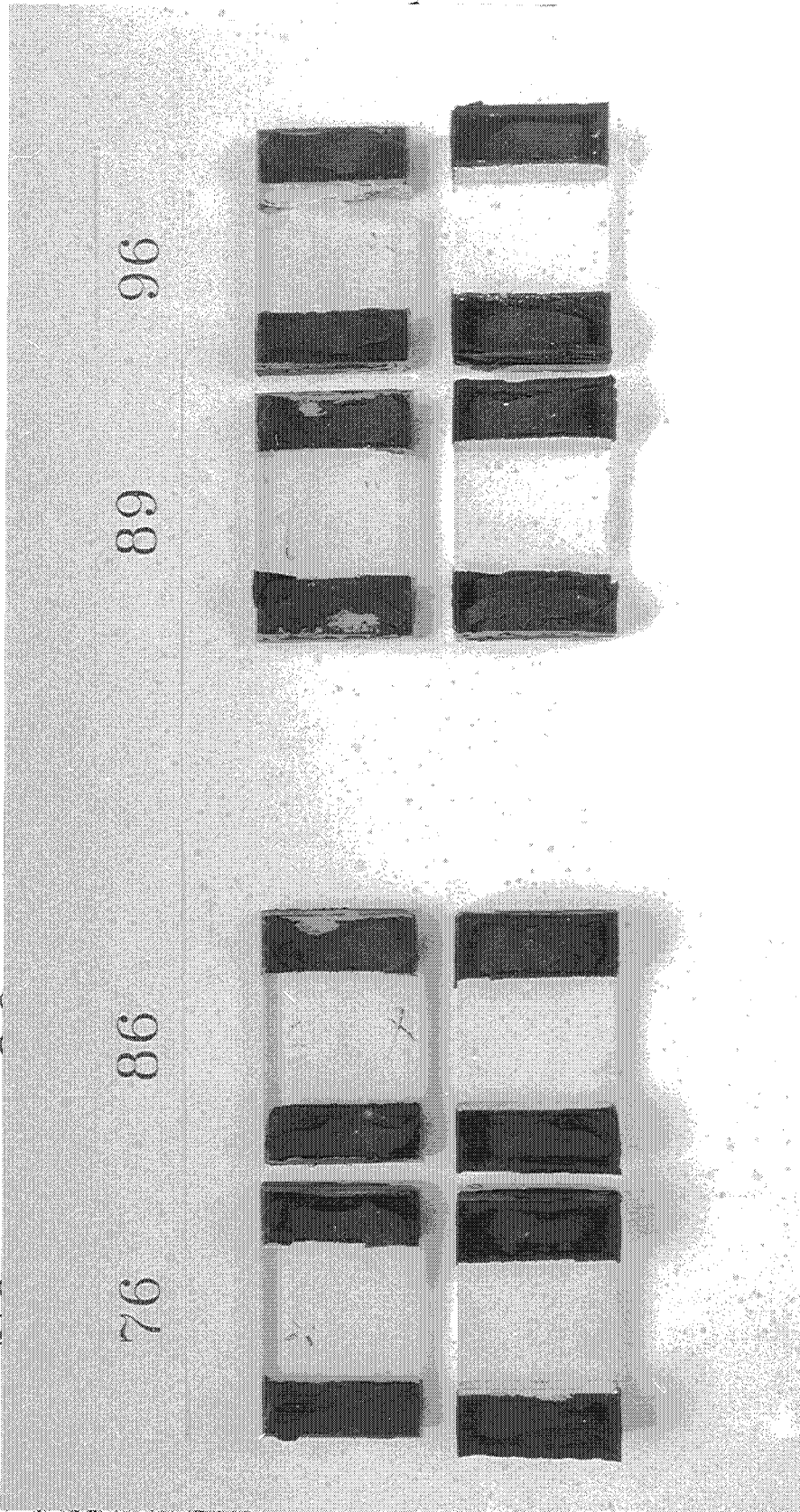


Bild 48: Probekörper nach den Versuchen in den Reihen AII5 und AII6

Tabelle 15: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten und anschließend getrockneten Proben A

Wasserlagerung bei $80 (\pm 2)^\circ$, 4 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
AII7	13	0	1986	275	0,14	1,0	AG	100
	33		2045	309	0,15	0,8	AG	100
	53		2016	267	0,13	1,3	AG	100
	73		2003	301	0,15	1,7	AG	100
	93		1993	324	0,16	2,2	AG	100
Mittelwert			2009	295	0,15	1,4		100
AII8	7	1	2001	599	0,30	3,9	AG	100
	27		2033	690	0,34	4,3	AG	100
	47		1996	603	0,30	4,8	AG	100
	67		2003	752	0,38	7,0	AG	100
	87		2008	590	0,29	3,3	AG	100
Mittelwert			2008	647	0,32	4,7		100
AII9	14	2	1998	725	0,36	5,2	AG	100
	34		2010	764	0,38	5,3	AG	100
	54		2016	760	0,38	6,1	AG	100
Mittelwert			2008	750	0,37	5,5		100
AII10	74	4	1993	770	0,39	4,0	AG	100
	94		2013	755	0,38	4,0	AG	100
	102		2008	813	0,40	5,0	AG	100
Mittelwert			2005	779	0,39	4,3		100
AII11	110	8	1998	788	0,39	3,0	K/AG	99,3
	119		2001	711	0,36	3,2	K/AG	98,0
Mittelwert			2000	750	0,37	3,1		98,7
AII12	128	16	2013	666	0,33	2,5	K/AG	95,8
	138		2005	982	0,49	4,5	K/AG	97,0
Mittelwert			2009	824	0,41	3,5		96,4

- 1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas

2 Wochen
Nr.14,34,54

1 Woche
Nr.7,27,47,67,87

Erholungsphase 0 Wochen
Versuch Nr.13,33,53,73,93

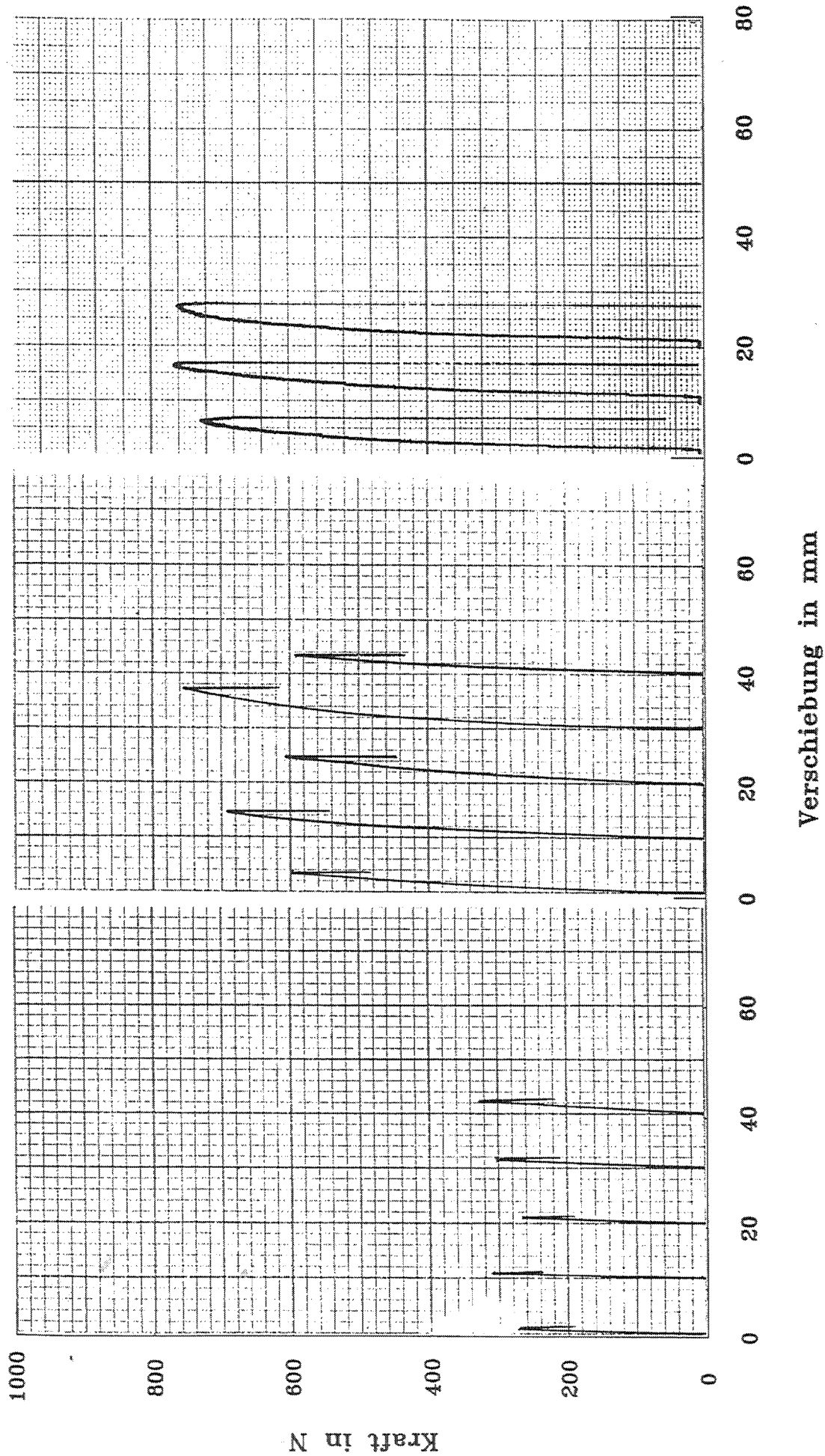


Bild 49: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AII7, AII8 und AII9

16 Wochen
Nr.128,138

8 Wochen
Nr.110,119

Erholungsphase 4 Wochen
Versuch Nr.74,94,102

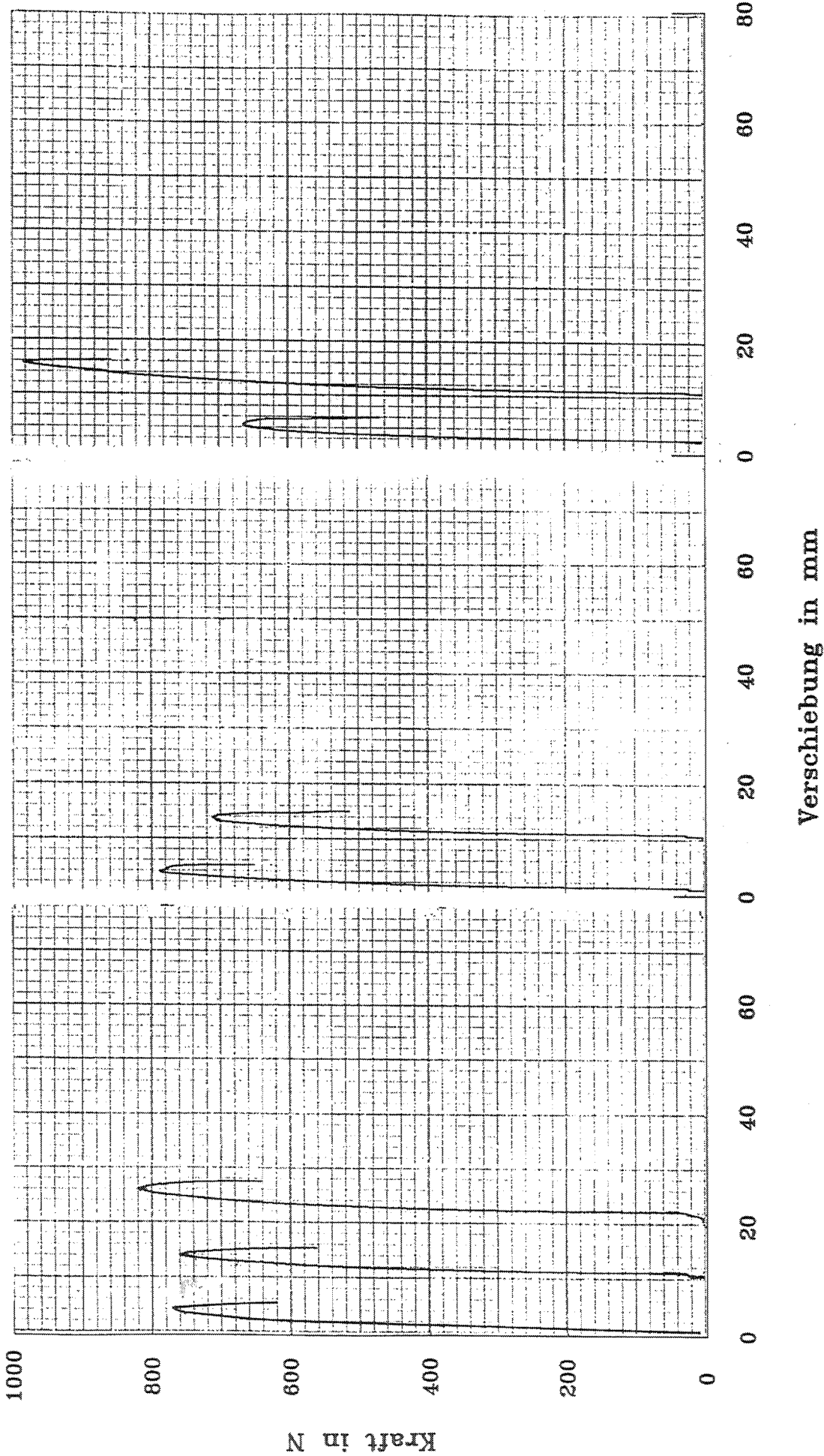


Bild 50: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihe AIII0, AIII1 und AIII2

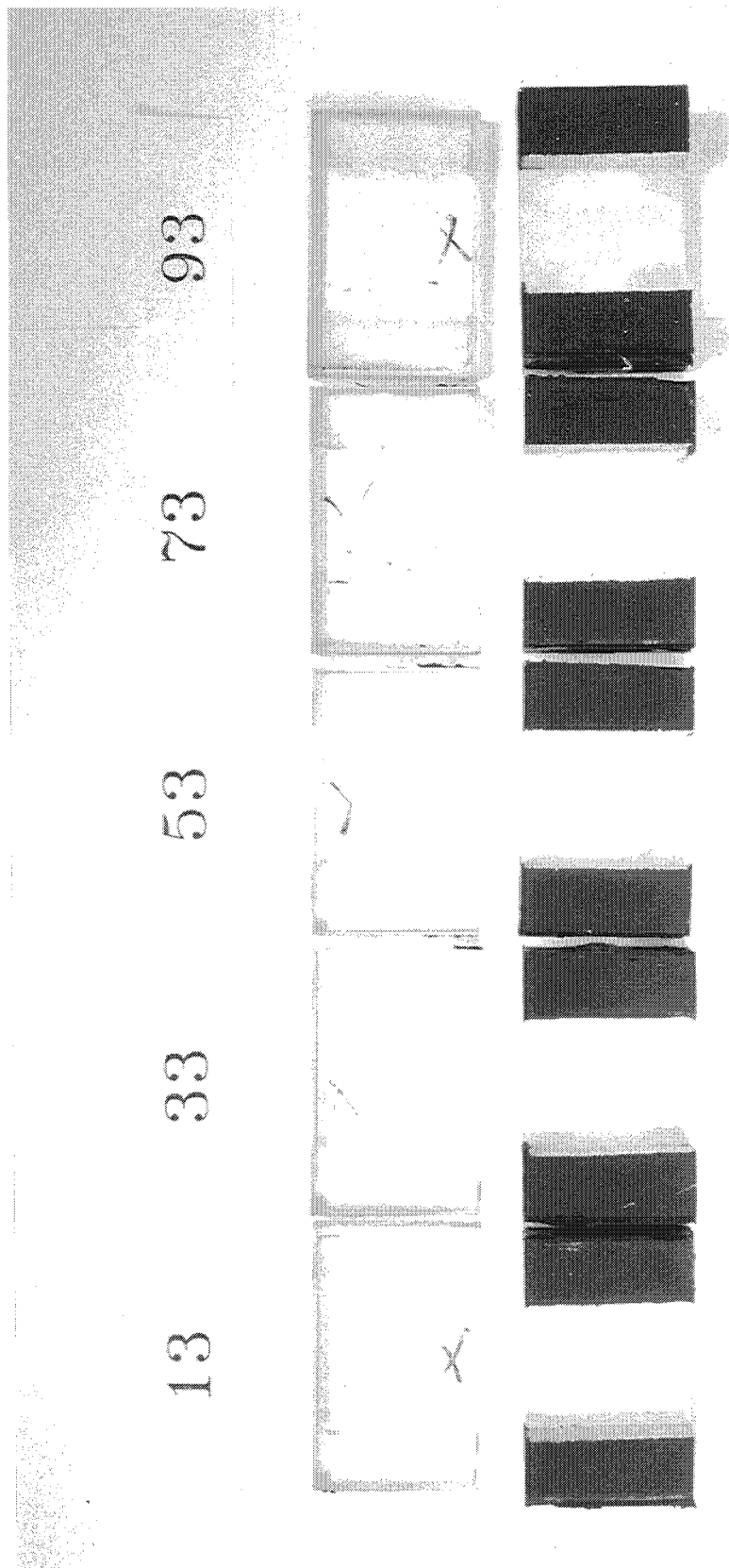


Bild 51: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII7

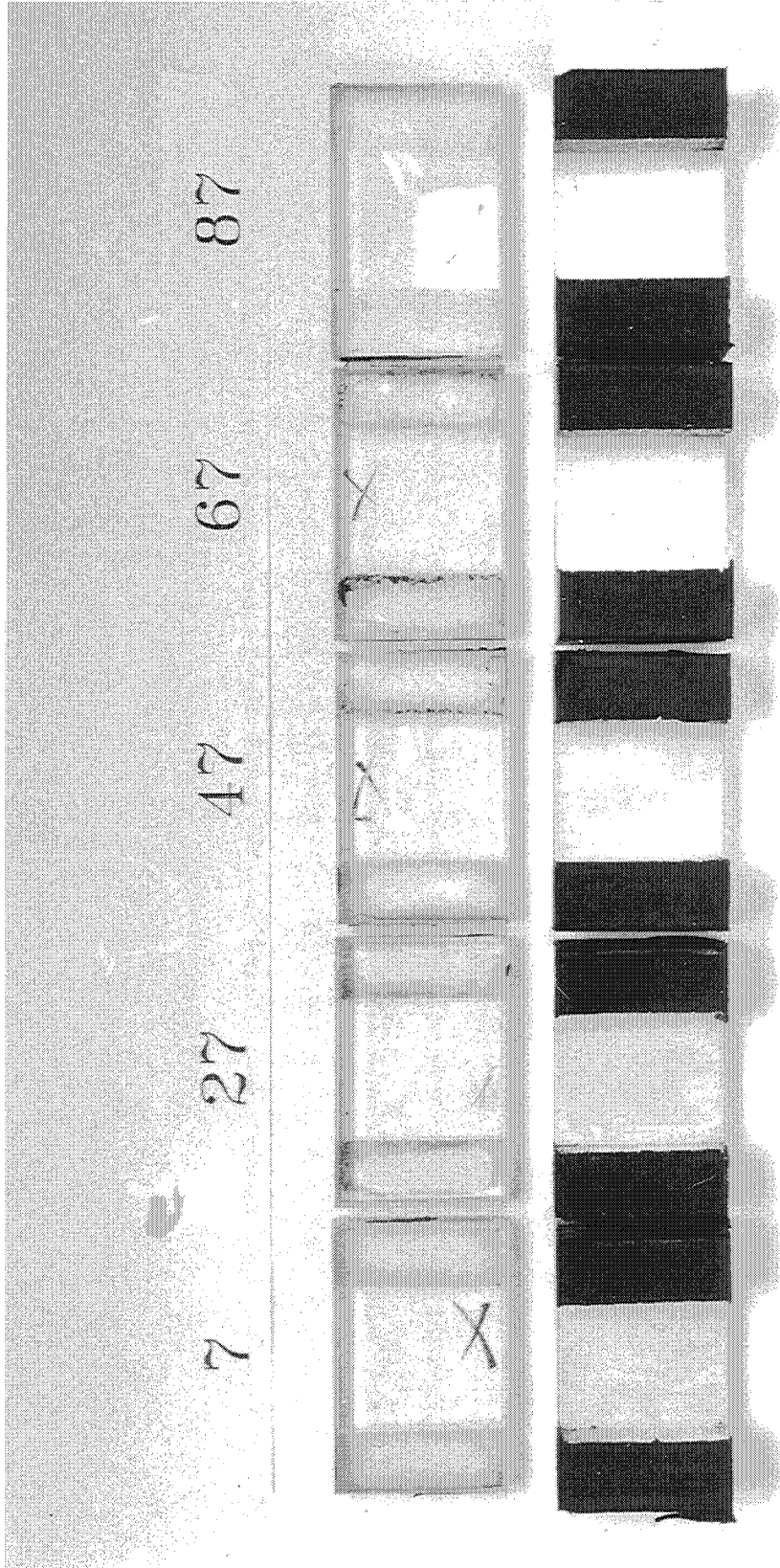


Bild 52: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII8



Bild 53: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AII9

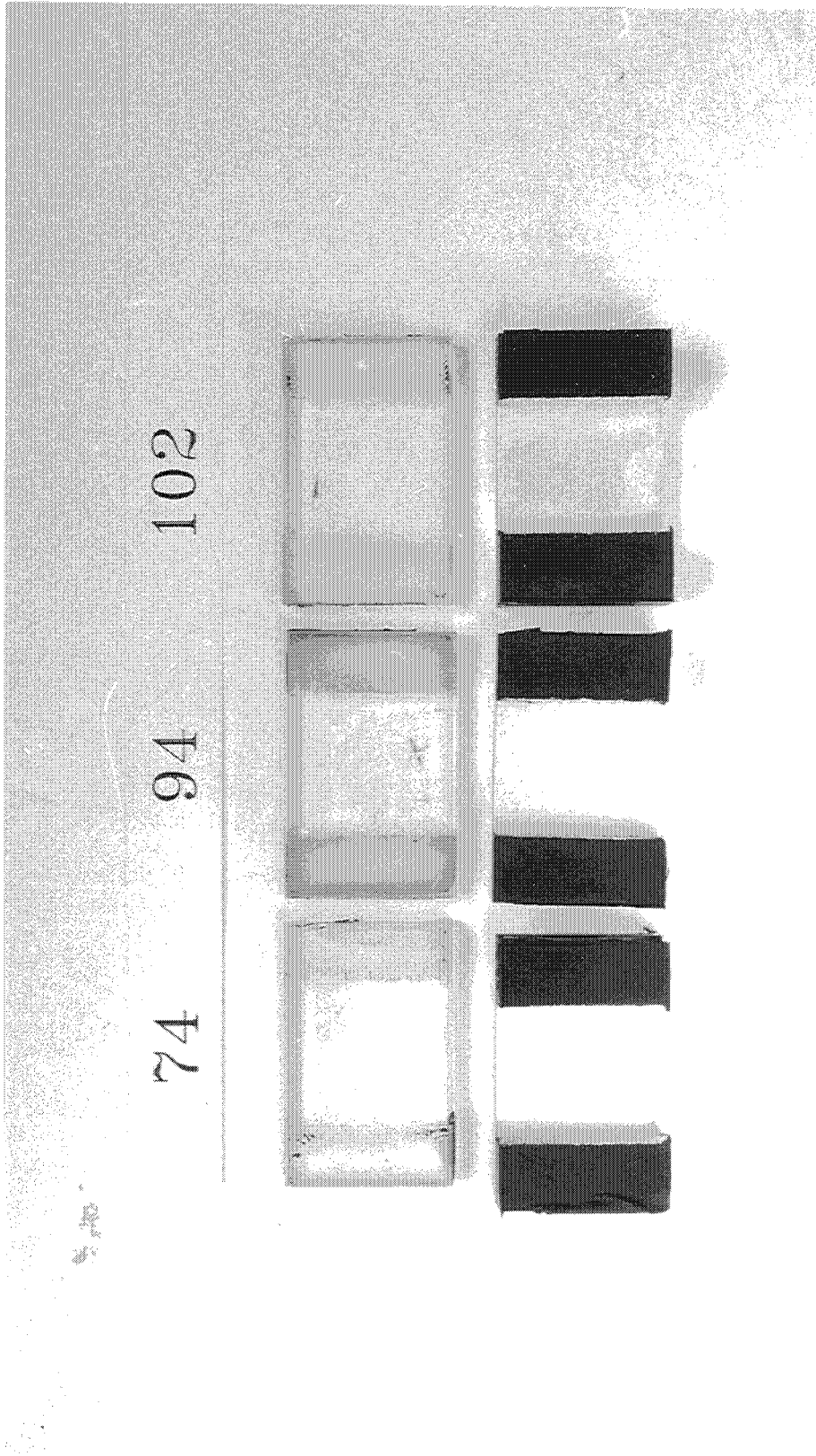


Bild 54: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII0

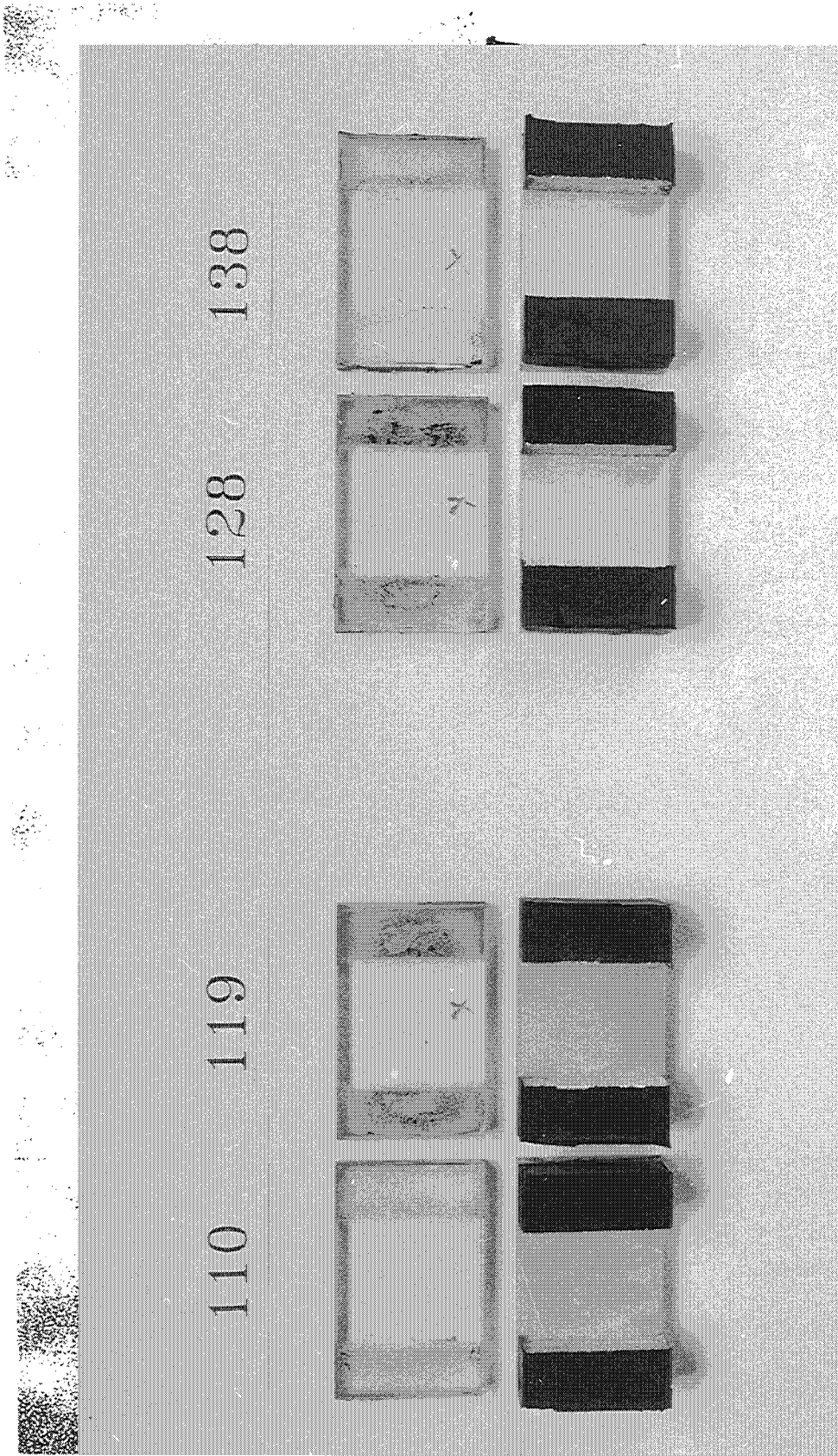


Bild 55: Probekörper nach den Versuchen in den Reihen All11 und All12

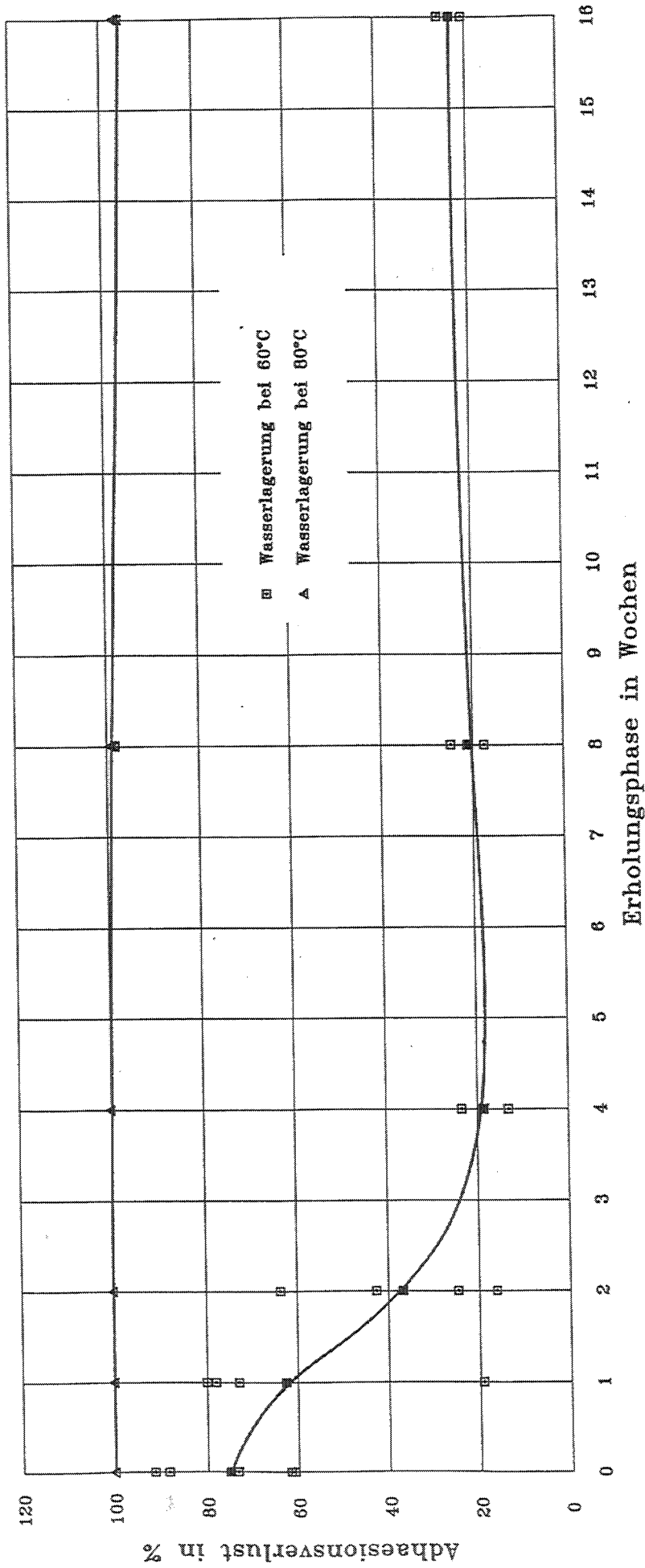


Bild 56: Adhäsionsverlust in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (Silikon A)

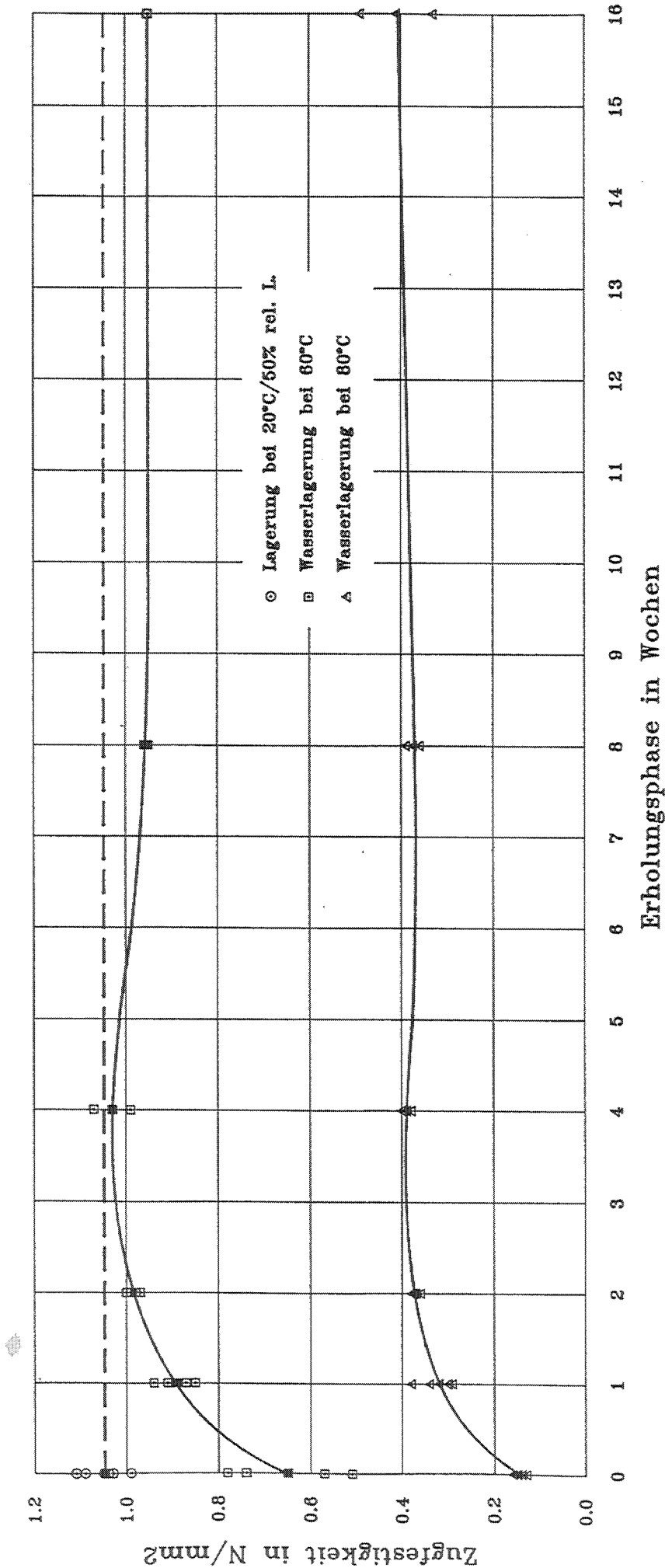


Bild 57: Zugfestigkeit in All11 und All12
Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (Silikon A)

Tabelle 16: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten und anschließend getrockneten Proben B

Wasserlagerung bei 60 (± 2)° C , 6 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _z N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BII1	5	0	1993	794	0,40	20,5	K/AG	29,3
	25		1989	612	0,31	19,5	K/AG	42,5
	45		1966	599	0,30	14,2	K/AG	46,8
	65		2009	789	0,39	25,0	K/AG	30,7
	85		1995	663	0,33	18,0	K/AG	40,1
	Mittelwert			1991	691	0,35	19,4	
BII2	6	1	1996	723	0,36	16,5	K/AG	33,5
	26		2012	1009	0,50	23,0	K/AG	24,8
	46		2024	977	0,48	24,0	K/AG/AA	25,0/3,2
	66		1998	857	0,43	22,0	K/AG/AA	26,0/4,0
Mittelwert			2008	892	0,44	21,4		27,3/3,6
BII3	9	2	2002	1144	0,57	25,5	K/AG	20,5
	29		1997	1020	0,51	16,5	K/AG	34,1
	49		1995	1083	0,54	22,5	K/AG	19,4
	69		1996	1073	0,54	25,0	K/AG	18,3
Mittelwert			1998	1080	0,54	22,4		23,1
BII4	16	4	2004	1106	0,55	17,5	K/AG	24,7
	36		1994	1256	0,63	18,0	K/AG	11,0
	56		2001	1238	0,62	21,0	K/AG	21,7
Mittelwert			2000	1200	0,60	18,8		19,1
BII5	76	8	2024	1448	0,72	18,0	K/AG	15,8
	86		1985	1329	0,67	21,0	K/AG	14,7
Mittelwert			2005	1389	0,70	19,5		15,3
BII6	89	16	2003	1250	0,62	14,5	K/AG/AA	13,1/4,2
	96		2017	1108	0,55	8,0	K/AG/AA	7,4/9,2
Mittelwert			2010	1179	0,59	11,3		10,3/6,7

- 1) K = Kohäsion
AA = Adhäsion Aluminium
AG = Adhäsion Glas

2 Wochen

Nr. 9, 29, 49, 69

1 Woche

Nr. 6, 26, 46, 66

Erholungsphase 0 Wochen

Versuch Nr. 5, 25, 45, 65, 85

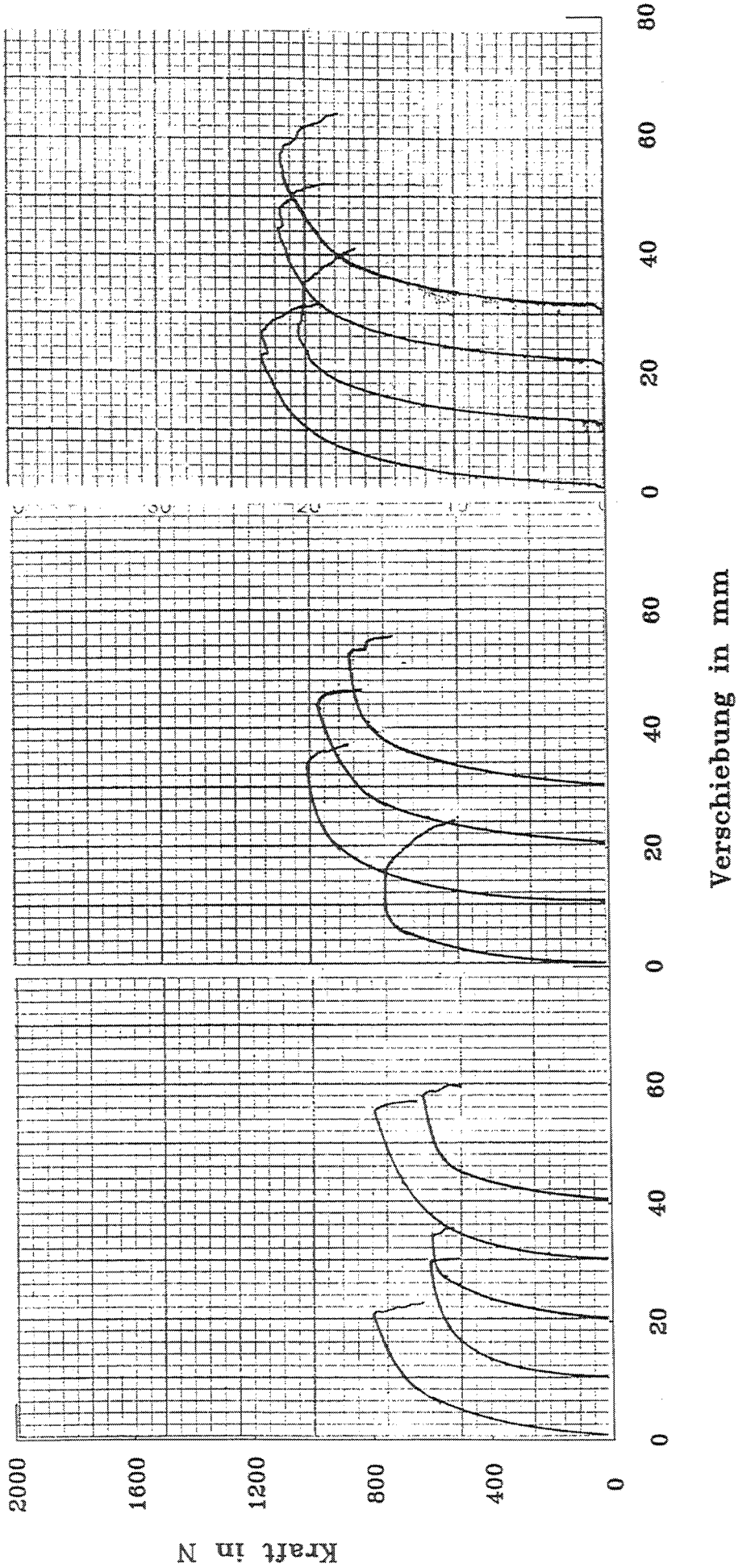


Bild 58: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BII1, BII2 und BII3

16 Wochen

Nr.89,96

8 Wochen

Nr.76,86

Erholungsphase 4 Wochen

Versuch Nr.16,36,56

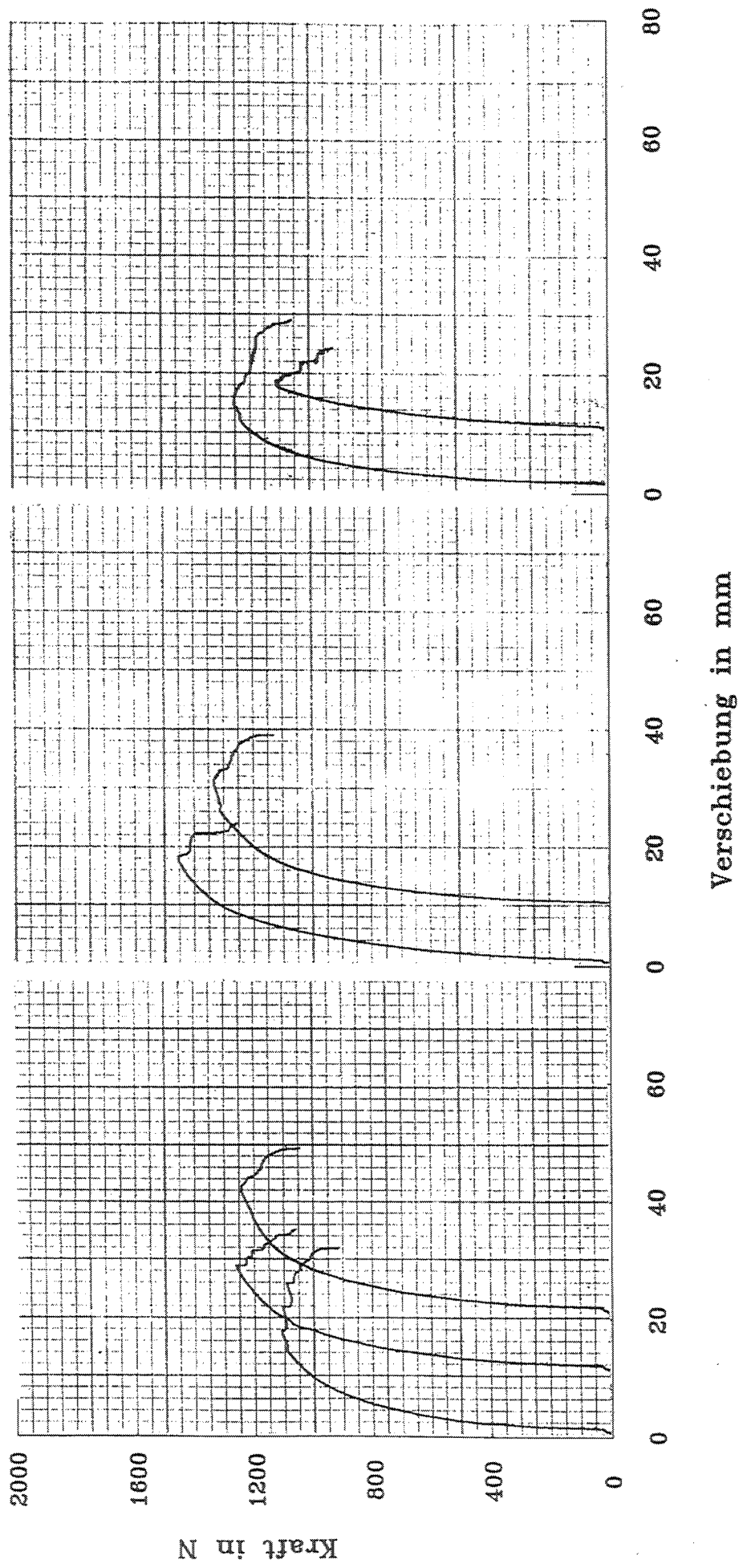


Bild 59: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BII4, BII5 und BII6

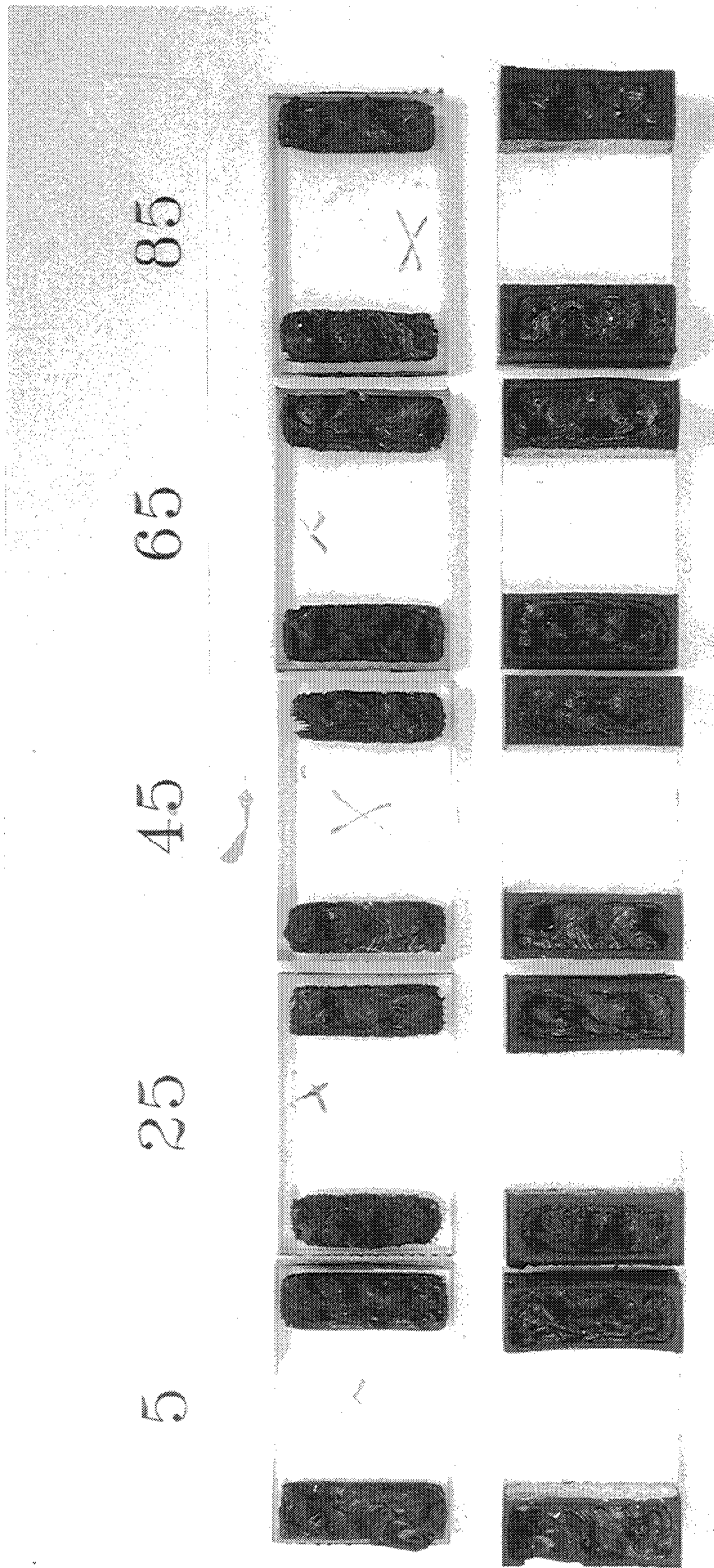


Bild 60: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII

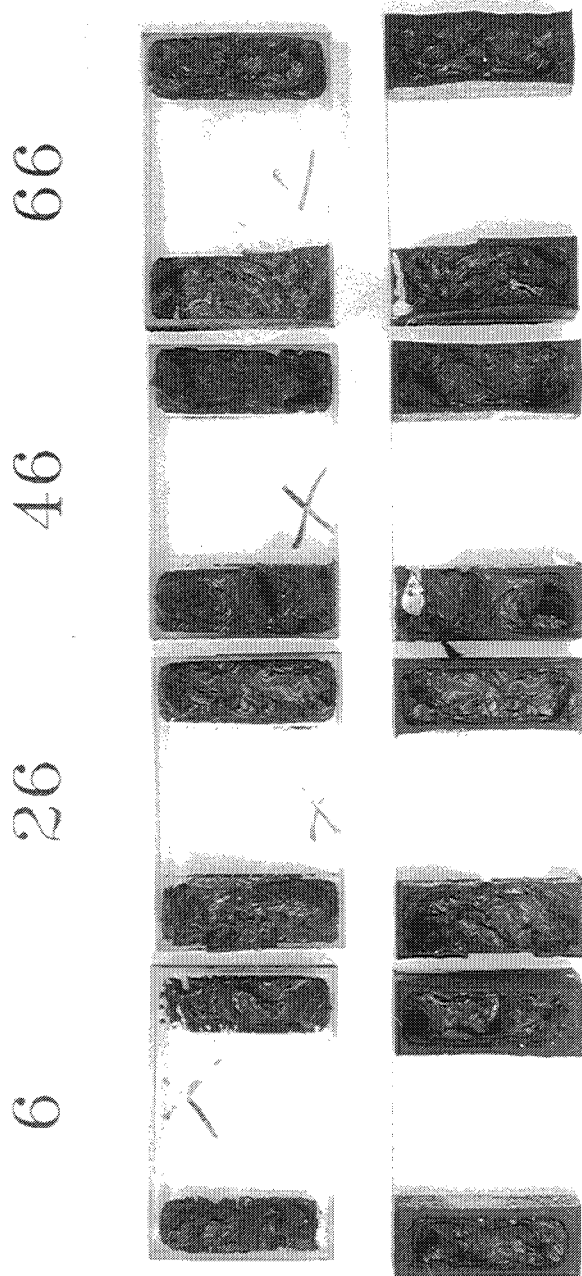


Bild 61: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B112

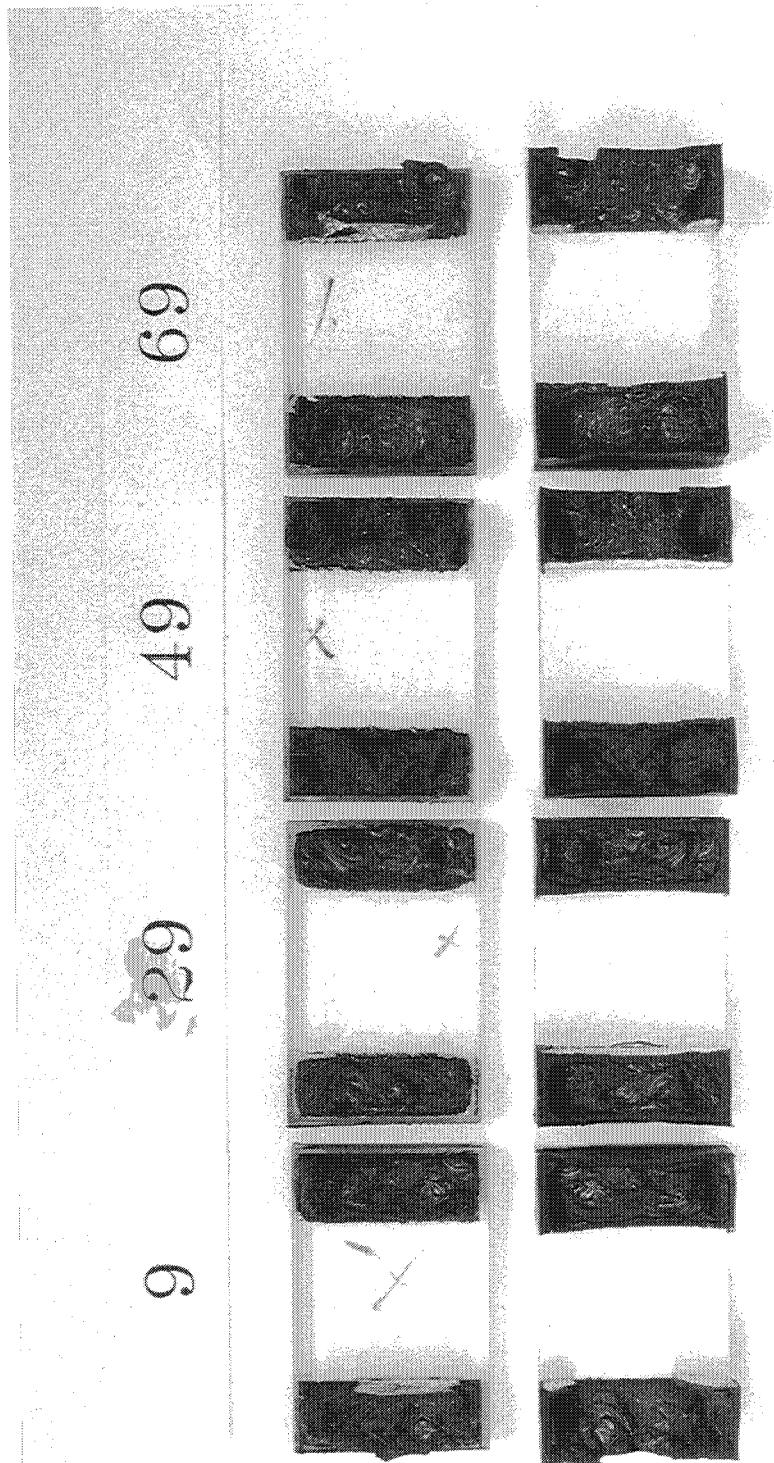


Bild 62: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BII3

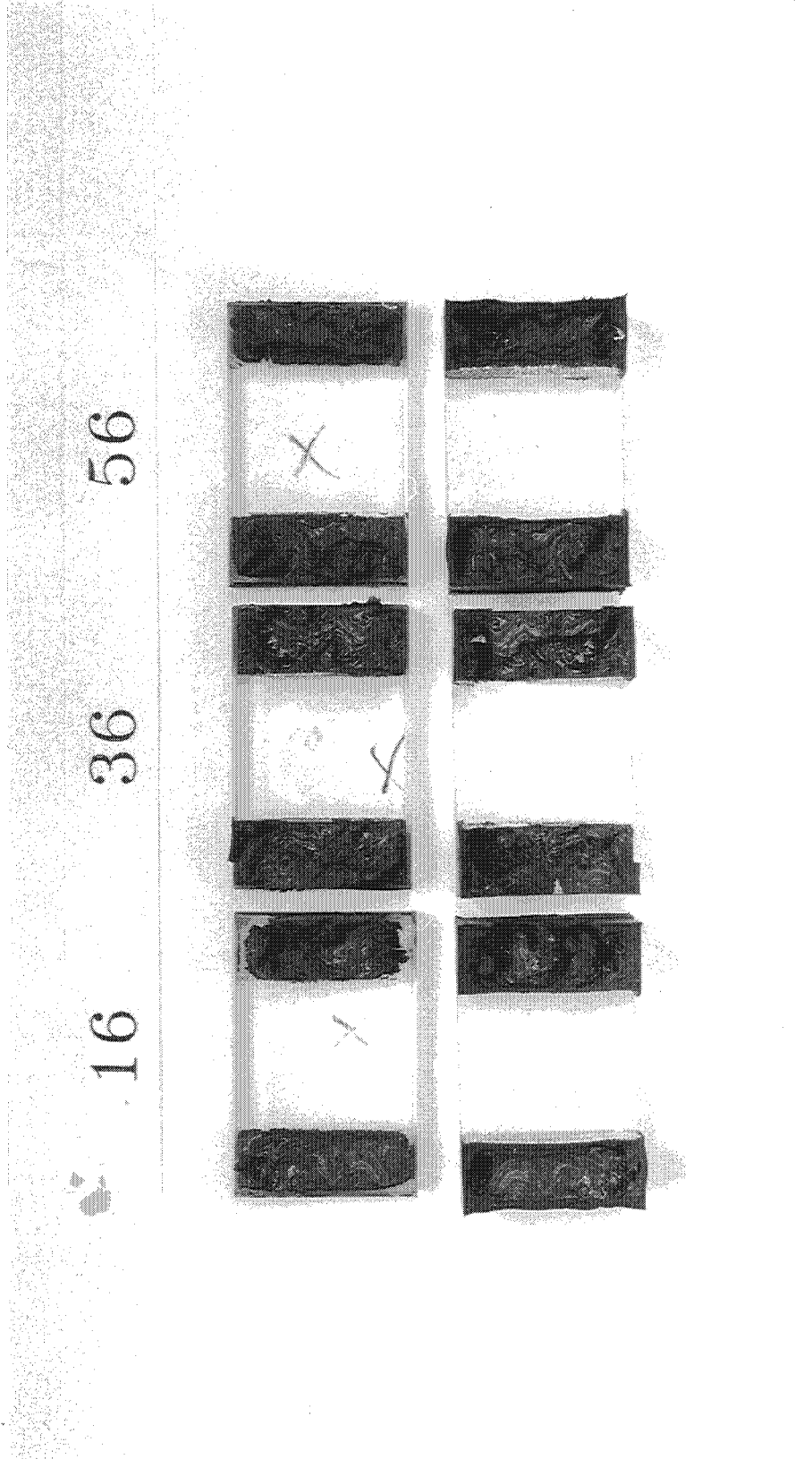


Bild 63: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B114

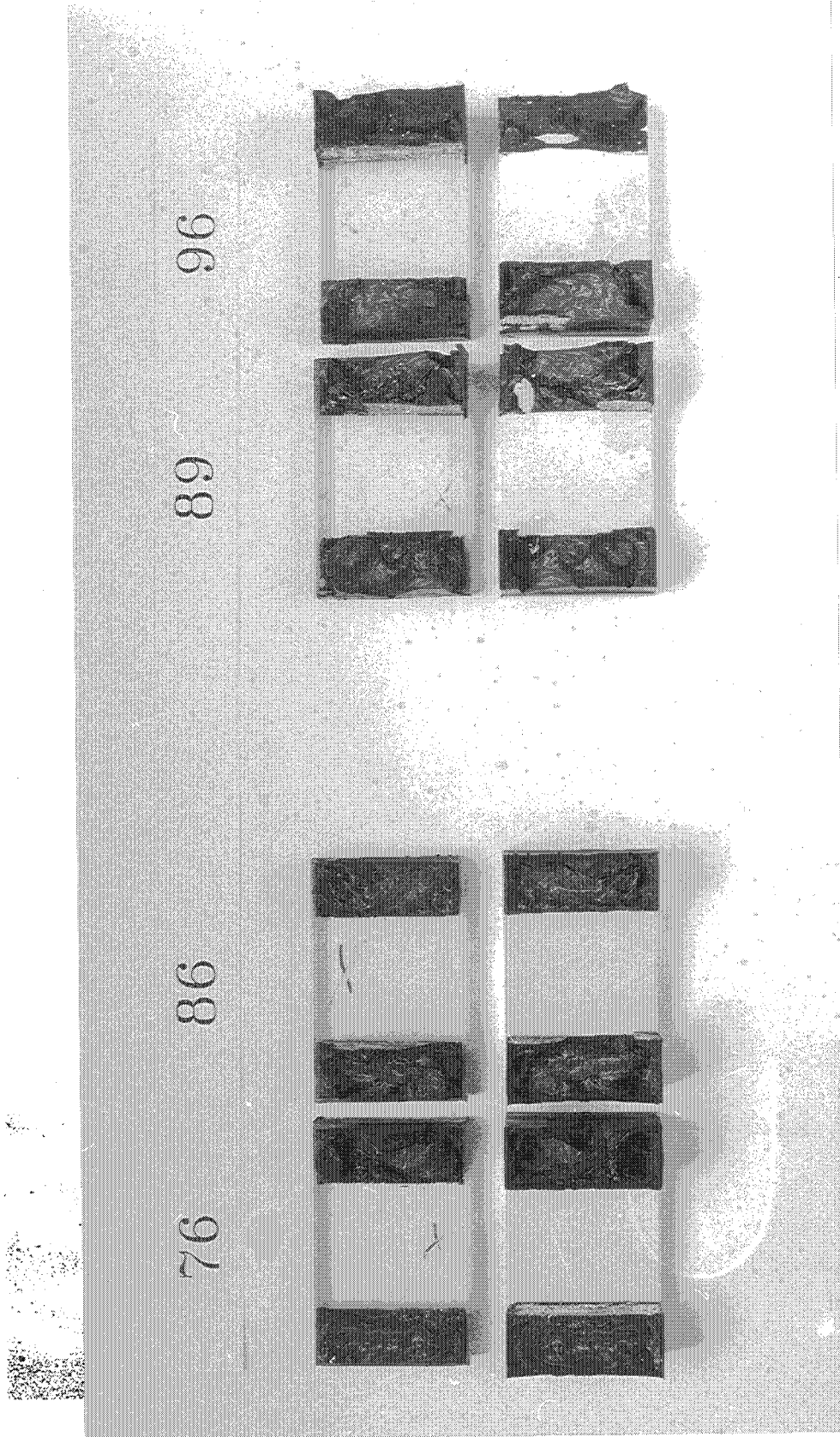


Bild 64: Probekörper nach den Versuchen in den Reihen BII5 und BII6

Tabelle 17: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wassergelagerten und anschließend getrockneten Proben B

Wasserlagerung bei 80 (± 2)° C , 4 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _n N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BII7	13	0	2007	281	0,14	16,0	K/AG	76
	33		2003	361	0,18	18,0	K/AG	54
	53		1975	286	0,14	14,0	K/AG	77
	73		1979	148	0,07	1,2	AG	100
	93		1990	159	0,08	2,1	AG	100
	Mittelwert			1991	247	0,12	10,3	
BII8	7	1	1994	255	0,13	2,5	AG	100
	27		2019	429	0,21	14,5	K/AG	61
	47		1994	341	0,17	7,5	K/AG	74
	67		2002	359	0,18	10,3	K/AG	75
	87		2015	303	0,15	5,2	K/AG	92
Mittelwert			2005	337	0,17	8,0		80
BII9	14	2	2006	420	0,21	6,8	K/AG	95,1
	34		2012	692	0,34	13,2	K/AG	38,5
	54		1997	392	0,20	4,0	K/AG	94,9
Mittelwert			2005	501	0,25	8,0		76,2
BIII0	74	4	1990	721	0,36	8,3	K/AG/AA	72,9
	94		2006	476	0,24	5,0	K/AG	100
	102		1999	748	0,37	16,5	K/AG	54,2
Mittelwert			1998	648	0,32	9,9		75,7
BIII1	110	8	2002	1005	0,50	16,8	K/AG	60,6
	119		1998	831	0,42	8,2	K/AG	94,5
Mittelwert			2000	918	0,46	12,5		77,6
BIII2	128	16	2026	940	0,46	10,0	K/AG	94,6
	138		2004	959	0,48	12,0	K/AG	94,0
Mittelwert			2015	950	0,47	11,0		94,3

- 1) K = Kohäsion
AA = Adhäsion Aluminium
AG = Adhäsion Glas

2 Wochen
Nr.14,34,54

1 Woche
Nr.7,27,47,67,87

Erholungsphase 0 Wochen
Versuch Nr.13,33,53,73,93

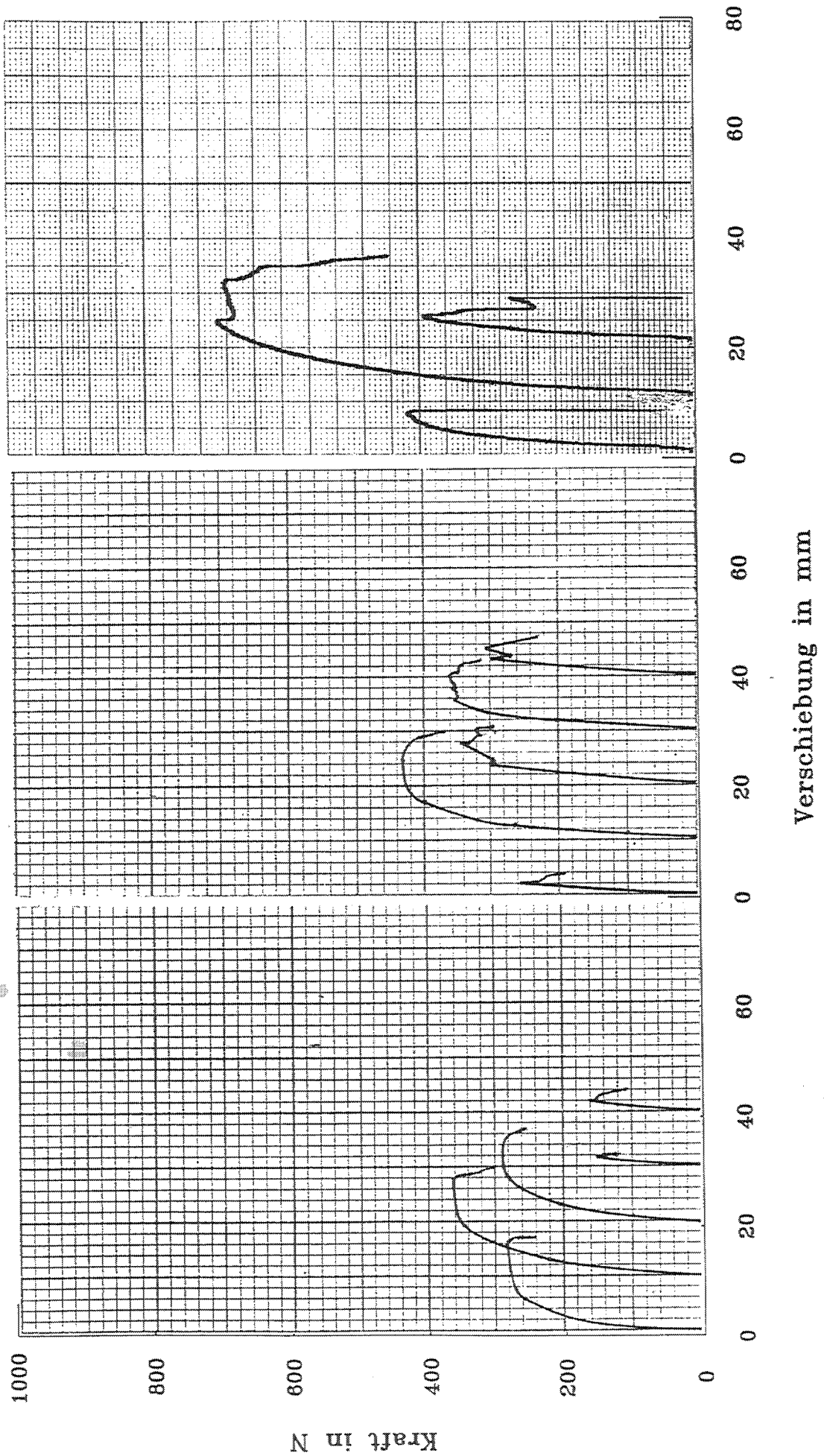
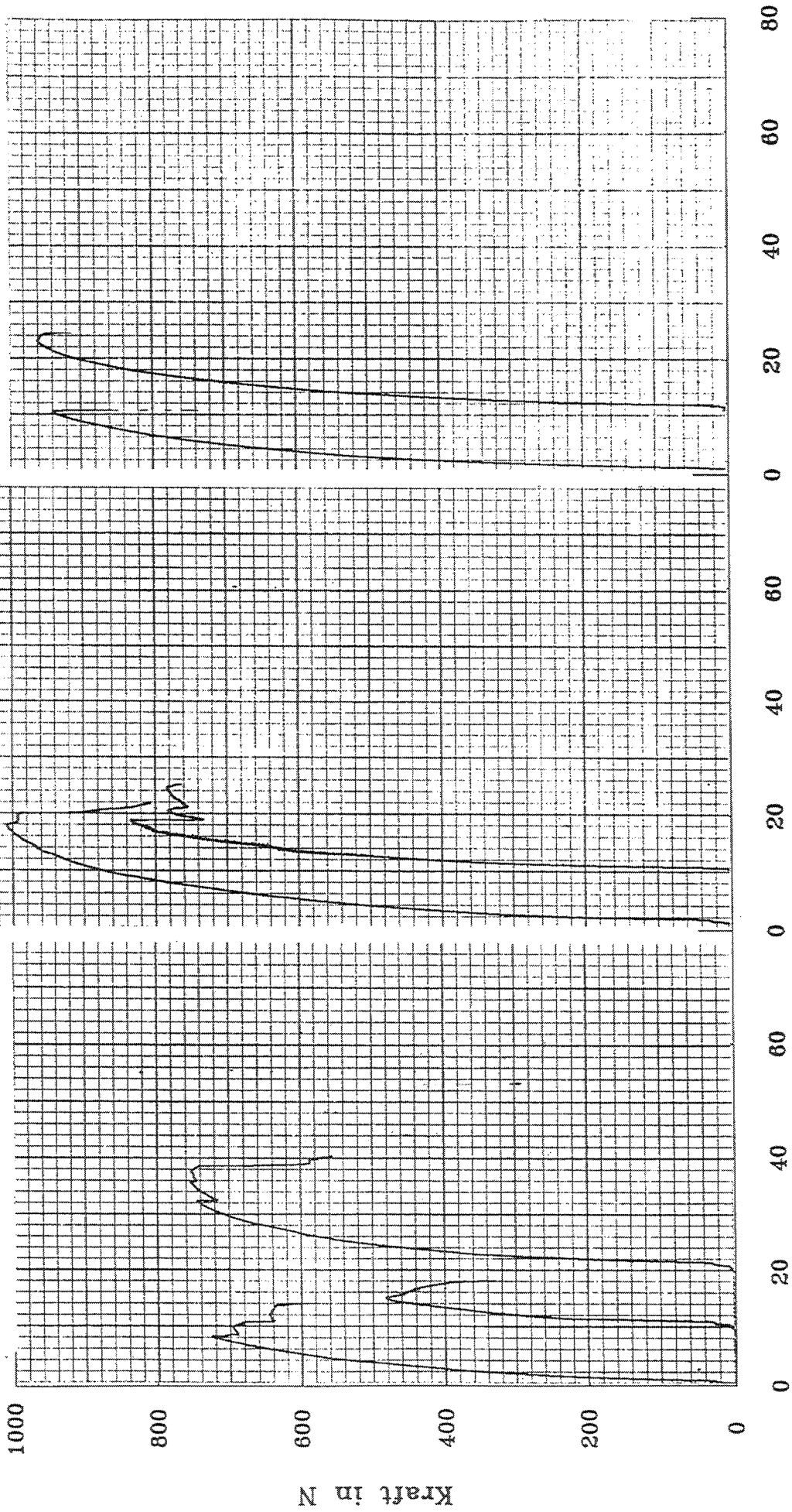


Bild 65: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BII7, BII8 und BII9

16 Wochen
Nr.128,138

8 Wochen
Nr.110,119

Erholungsphase 4 Wochen
Versuch Nr.74,94,102



Verschiebung in mm

Bild 66: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BIII0, BIII1 und BIII2

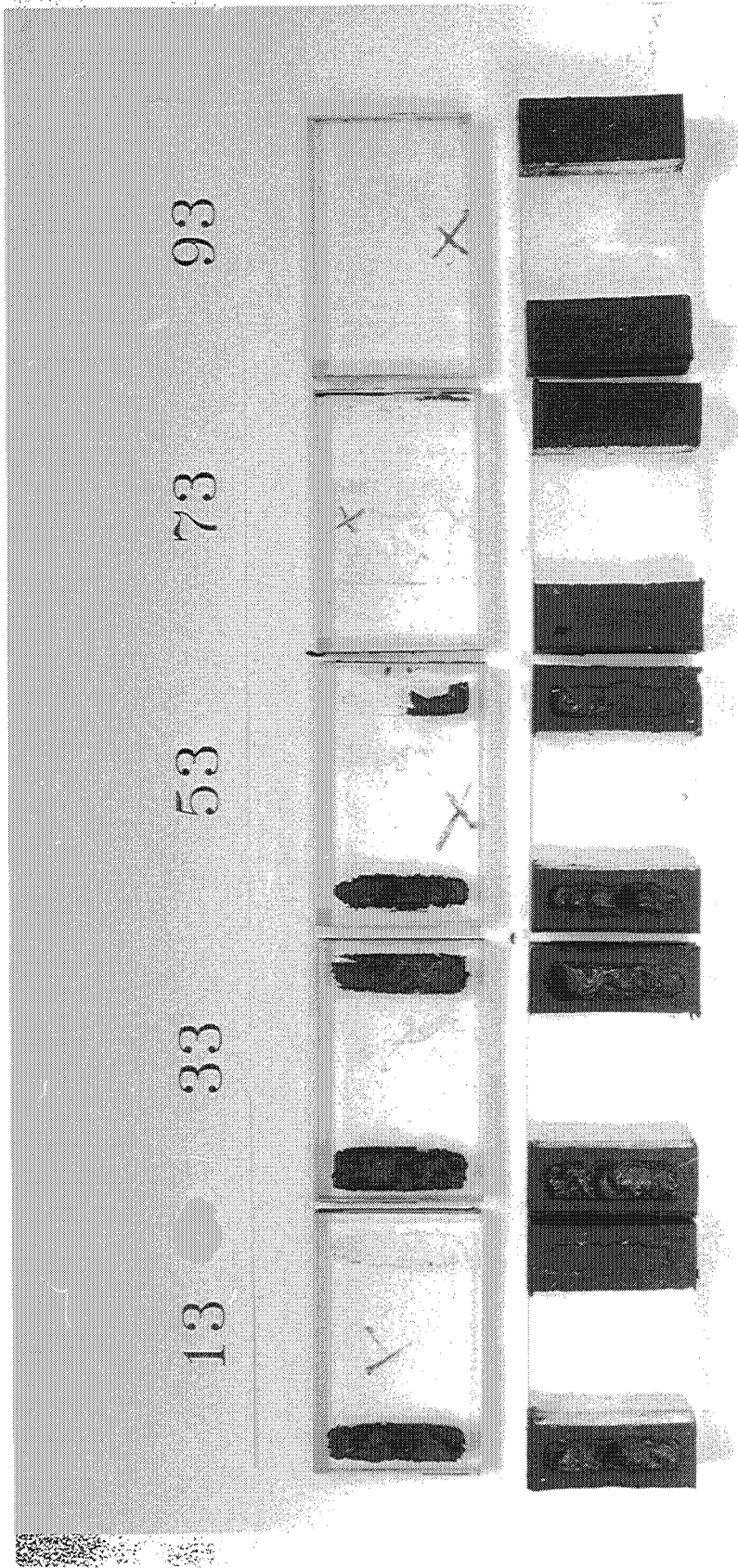


Bild 67: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BII7

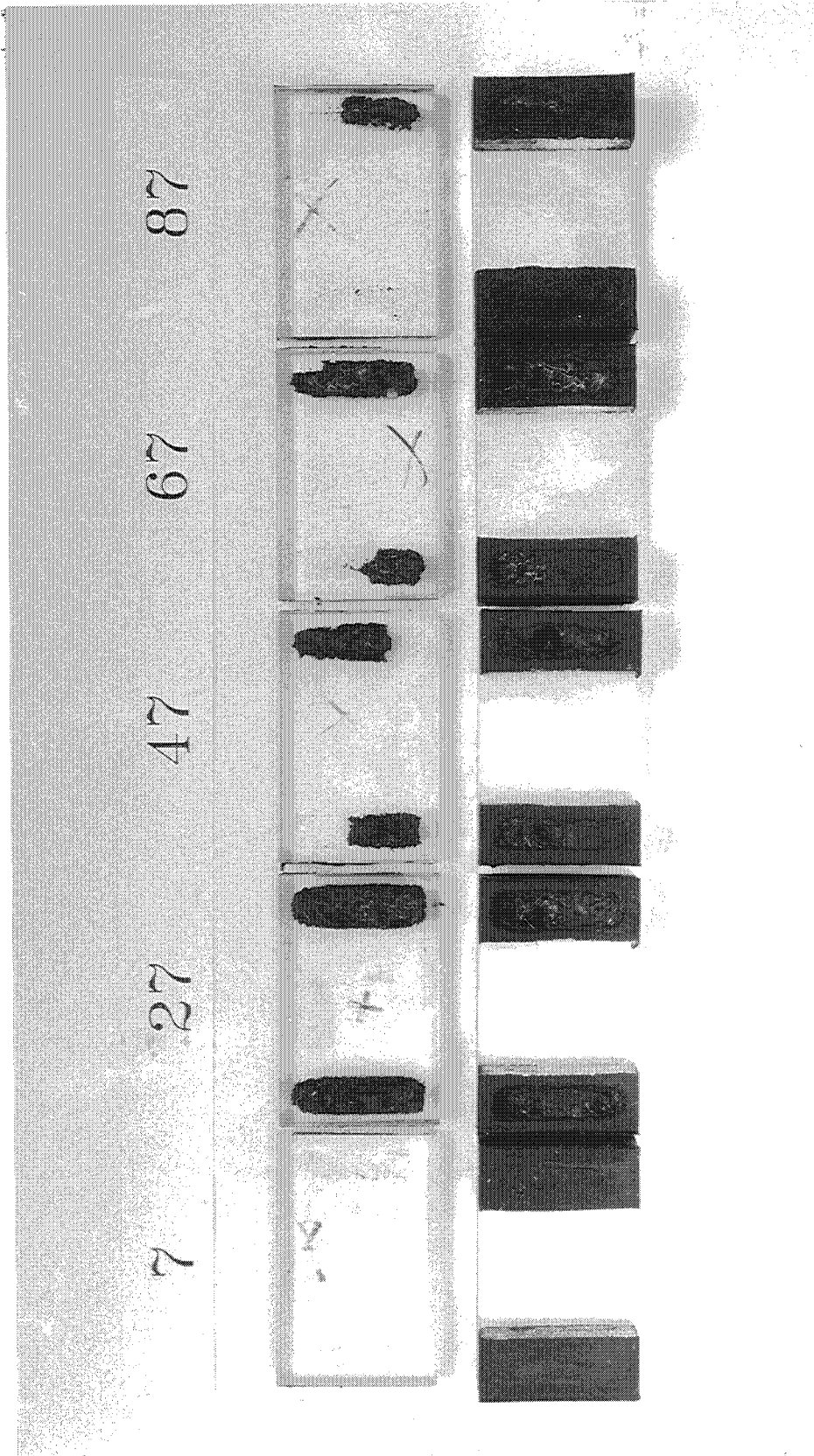


Bild 68: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B118

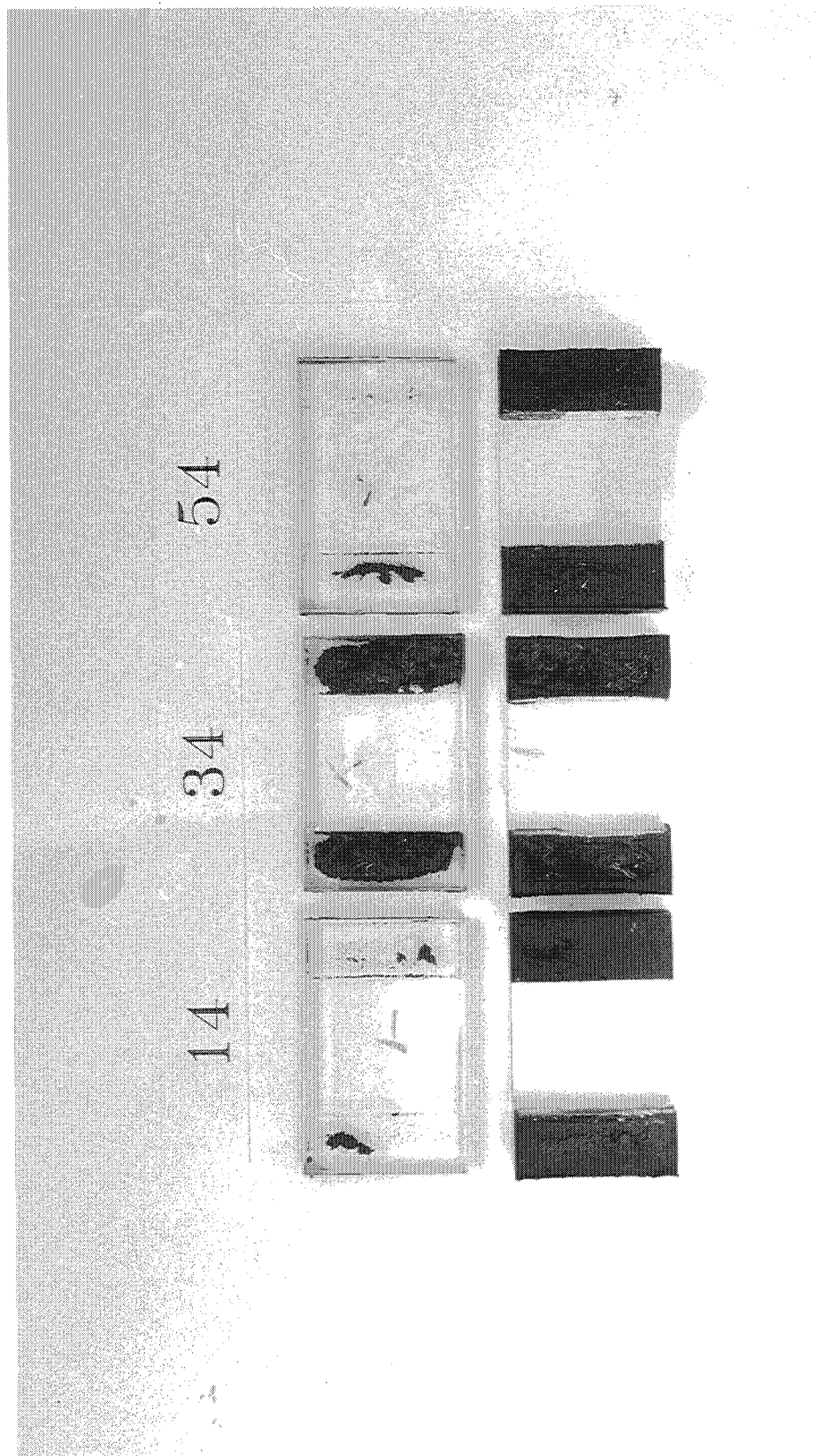


Bild 69: Probekörper nach den Versuchen in Reihe B119

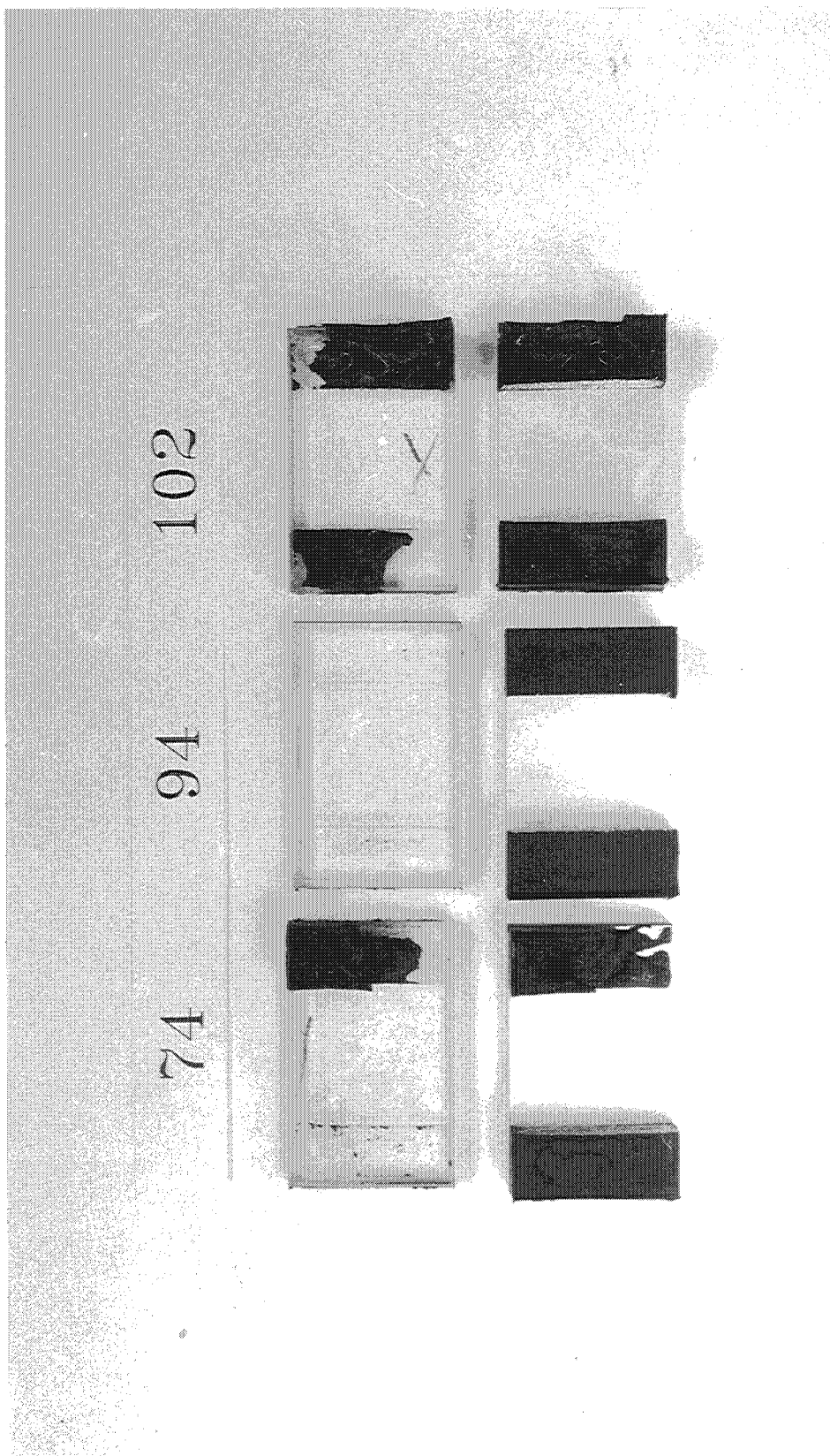


Bild 70: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BU110

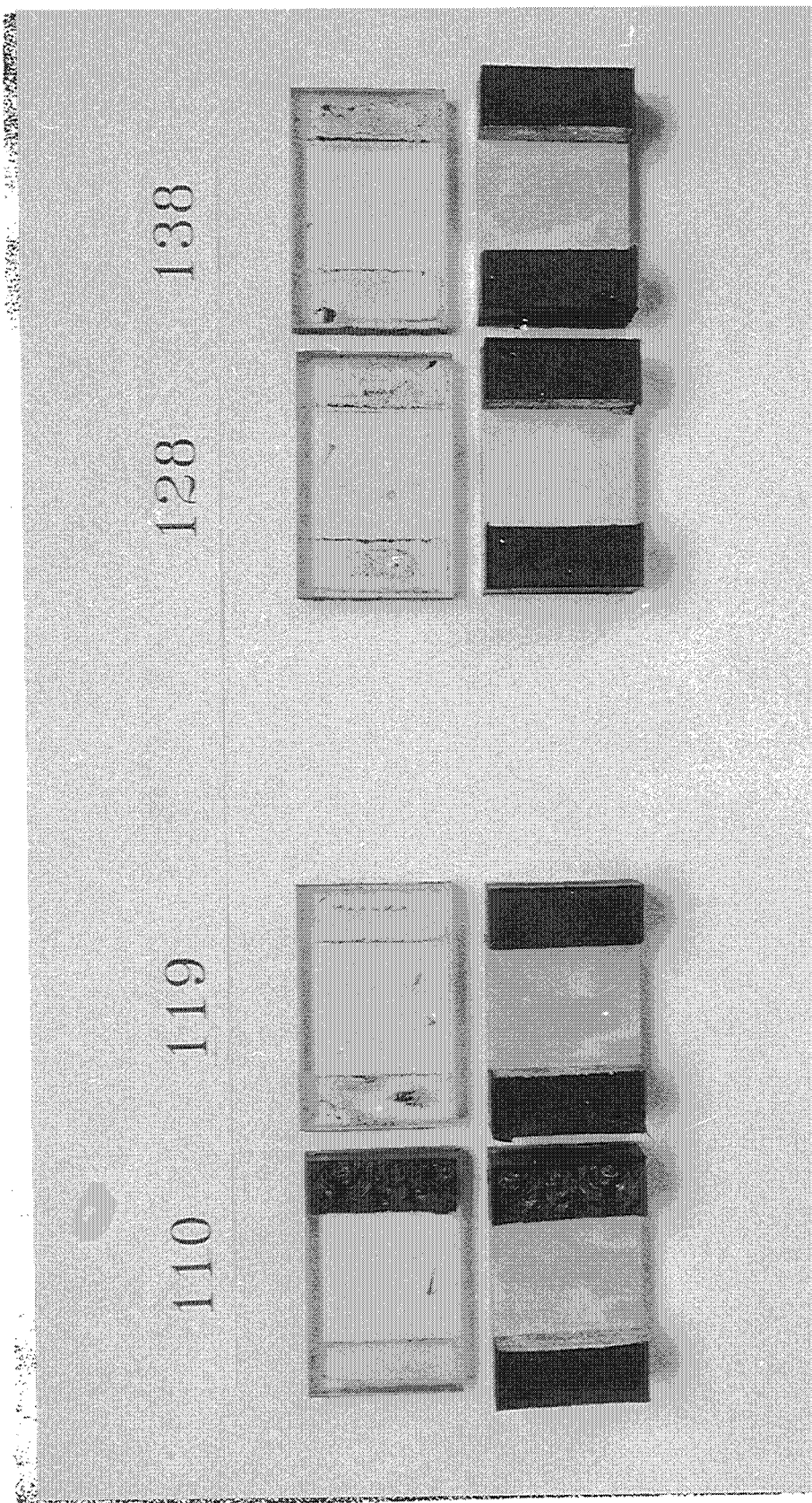


Bild 71: Probekörper nach den Versuchen in den Reihen BII11 und BII12

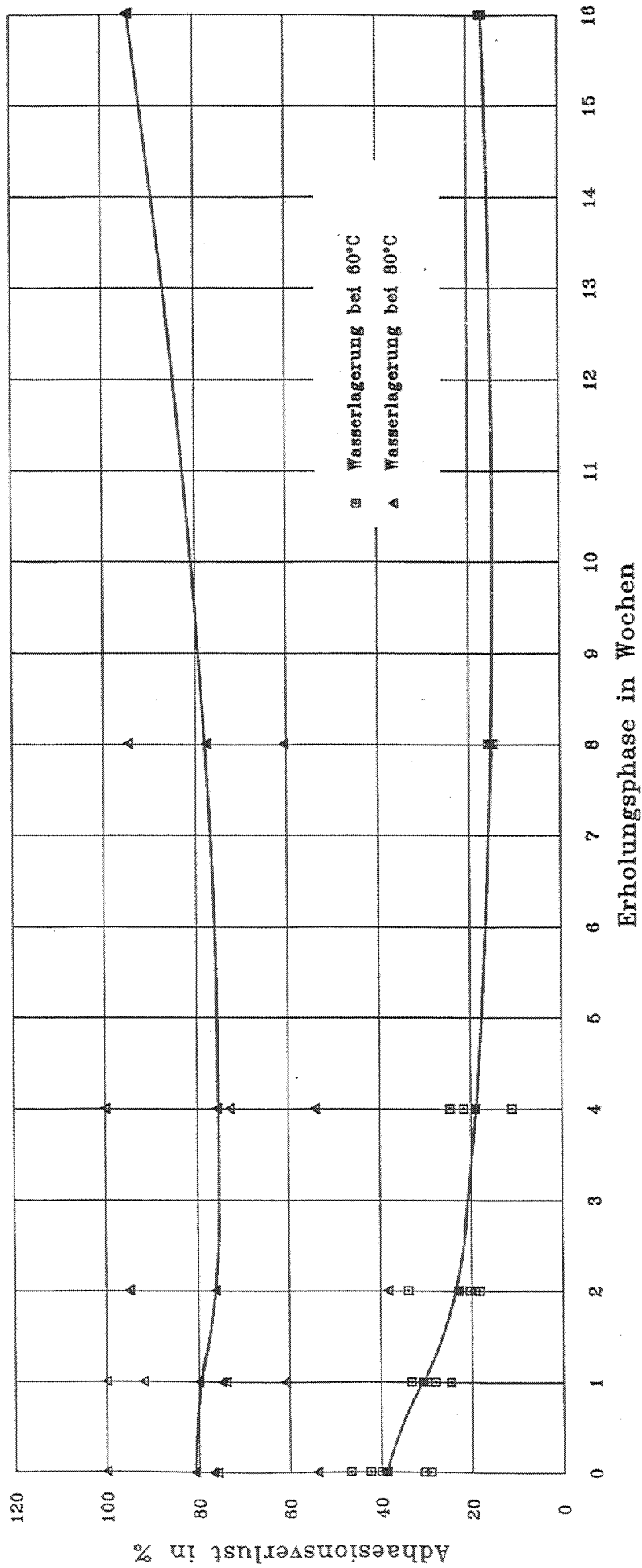


Bild 72: Adhäsionsverlust in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (Silicon B)

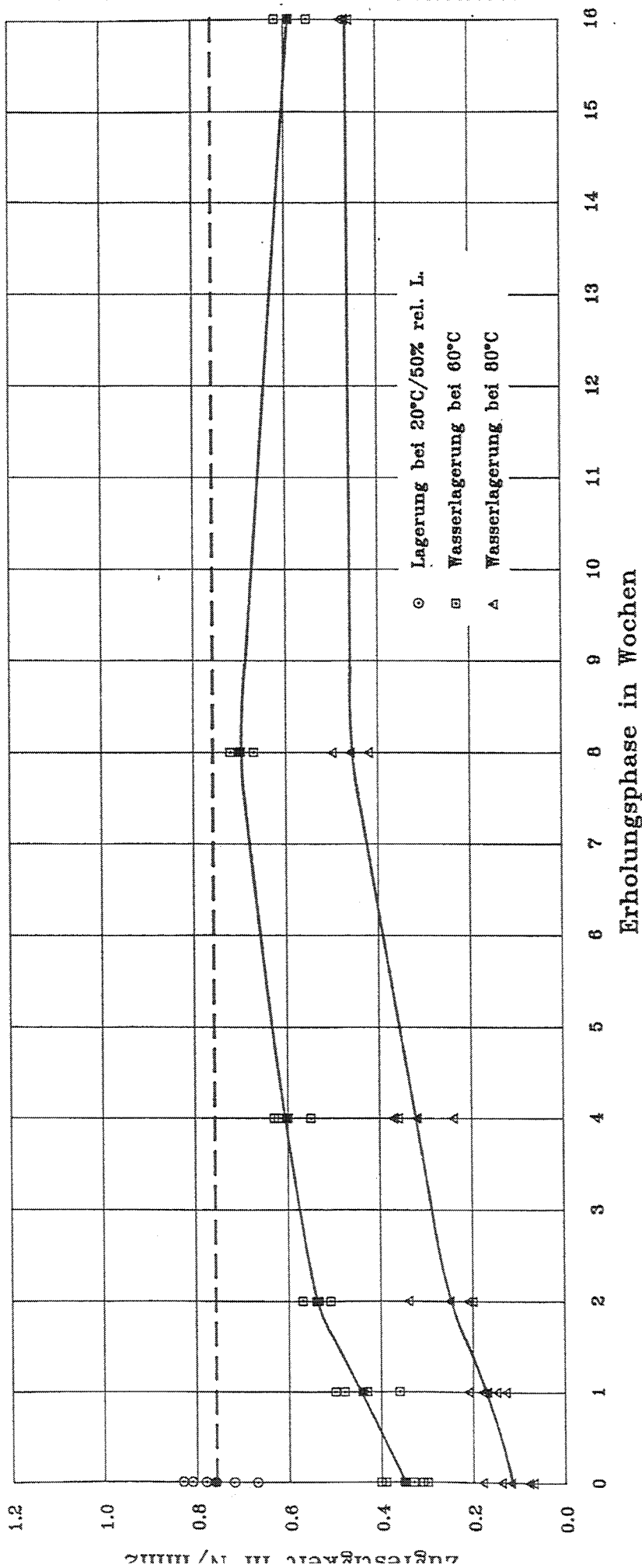


Bild 73: Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (Silicon B)

Tabelle 18: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit zyklisch vorbehandelten Proben A

Zyklische Vorbehandlung

3 x 6 Wochen Wasserlagerung bei 60 (± 2)° C

4 Wochen Luftlagerung 20°C/50% rel. Luftfeuchtigkeit .

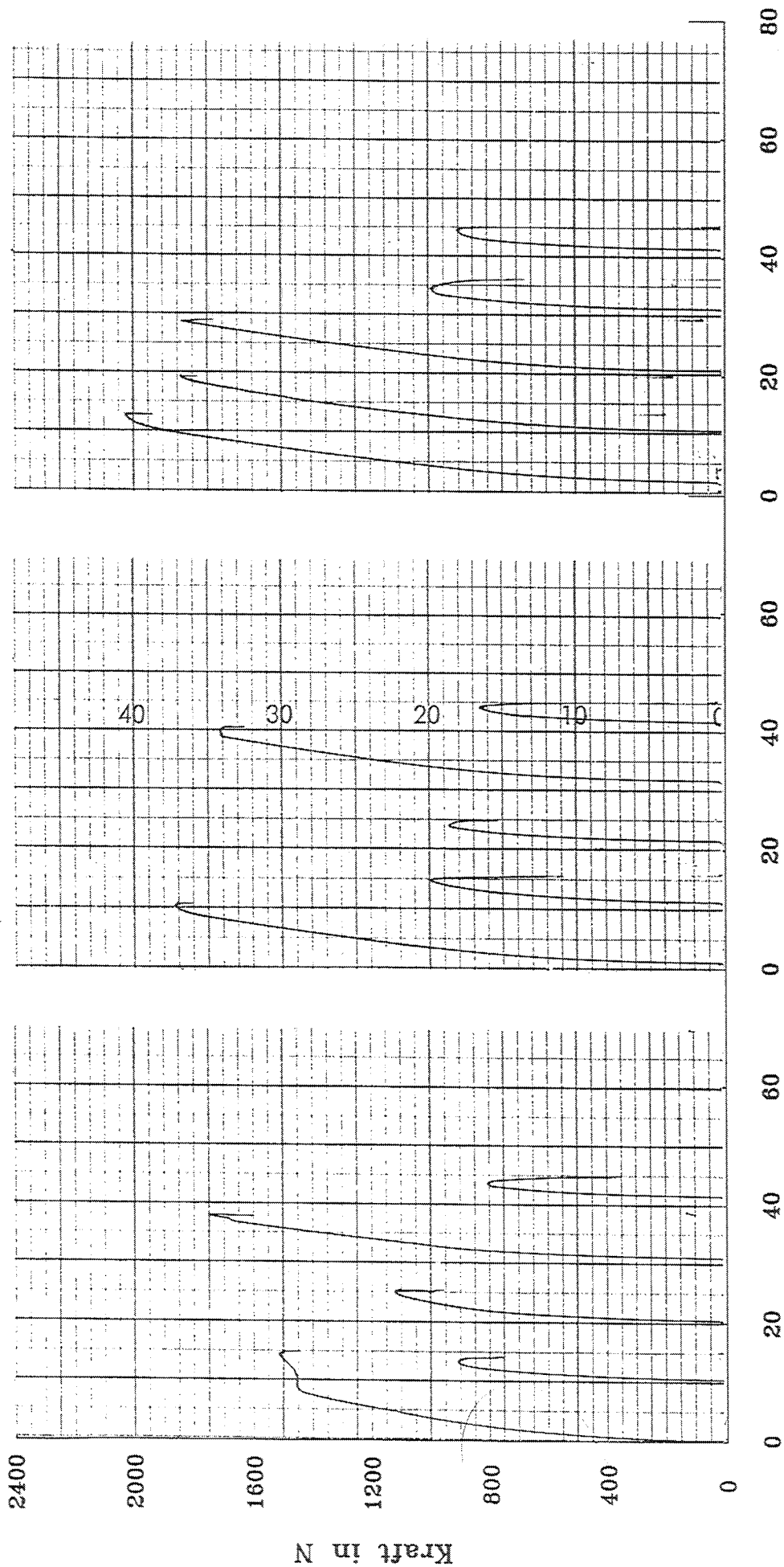
Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %	
AIII	8	1990	1510	0,76	14,0	K/AG	68,8	
	28	2033	910	0,45	3,2	AG	100	
	48	2003	1120	0,56	5,0	K/AG	98,0	
	68	2025	1750	0,86	7,0	K/AG	65,6	
	88	2008	800	0,40	2,3	AG	100	
	15	2018	1860	0,92	9,2	K/AG	65,1	
	35	2001	1000	0,50	3,8	K/AG	96,8	
	55	1998	940	0,47	2,3	K/AG	77,8	
	95	2016	1710	0,85	8,5	K/AG	64,3	
	115	2030	825	0,41	2,6	K/AG	98,8	
	103	2028	2025	1,00	11,0	K/AG	99,0	
	113	2000	1840	0,92	9,0	K/AG	97,5	
	123	2025	1835	0,91	8,1	K/AG	98,1	
	133	2008	990	0,49	3,6	K/AG	98,2	
	143	2003	900	0,45	3,5	K/AG	98,7	
	Mittelwert		2013	1334	0,66	6,2		88,4

- 1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas

3 Zyklen
Nr. 103,113,123,133,143

3 Zyklen
Nr. 15,35,55,95,115

3 Zyklen
Versuch Nr. 8,28,48,68,88



Verschiebung in mm

Bild 74: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in Reihe AIII1

8 28 48 68 88

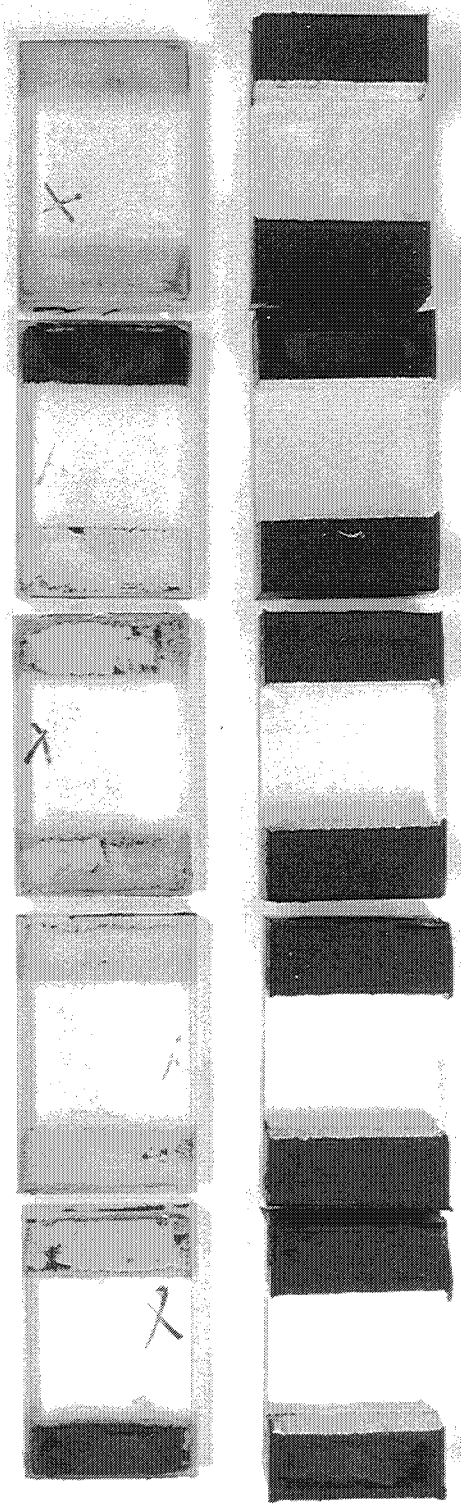


Bild 75: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII1

15 35 55 95 115

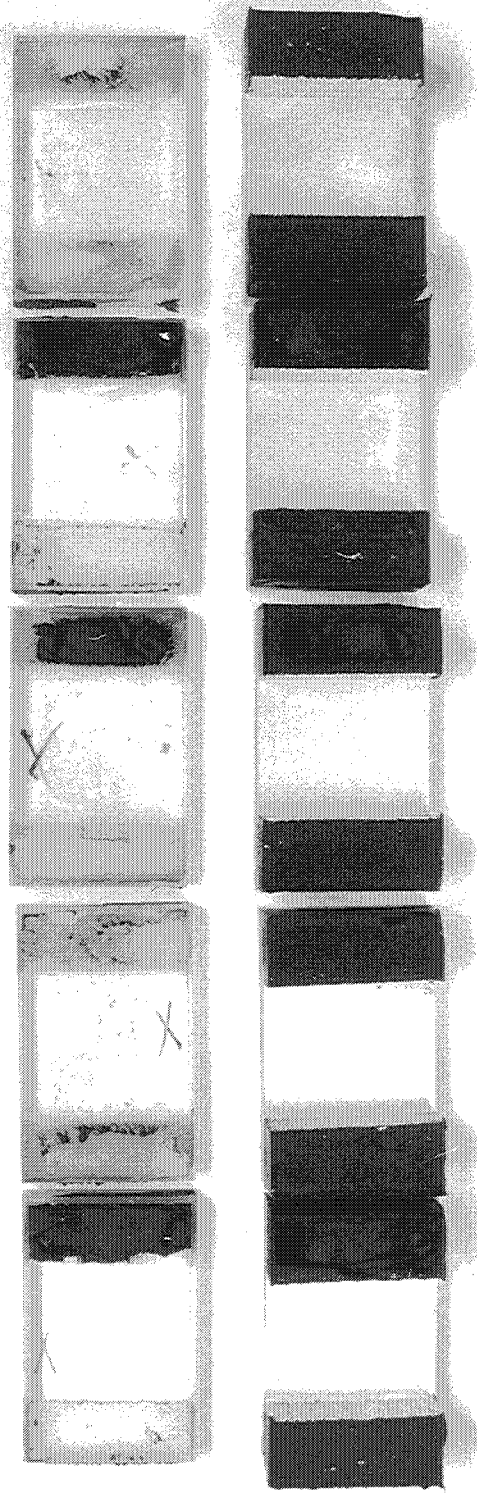


Bild 76: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII1

103 113 123 133 143

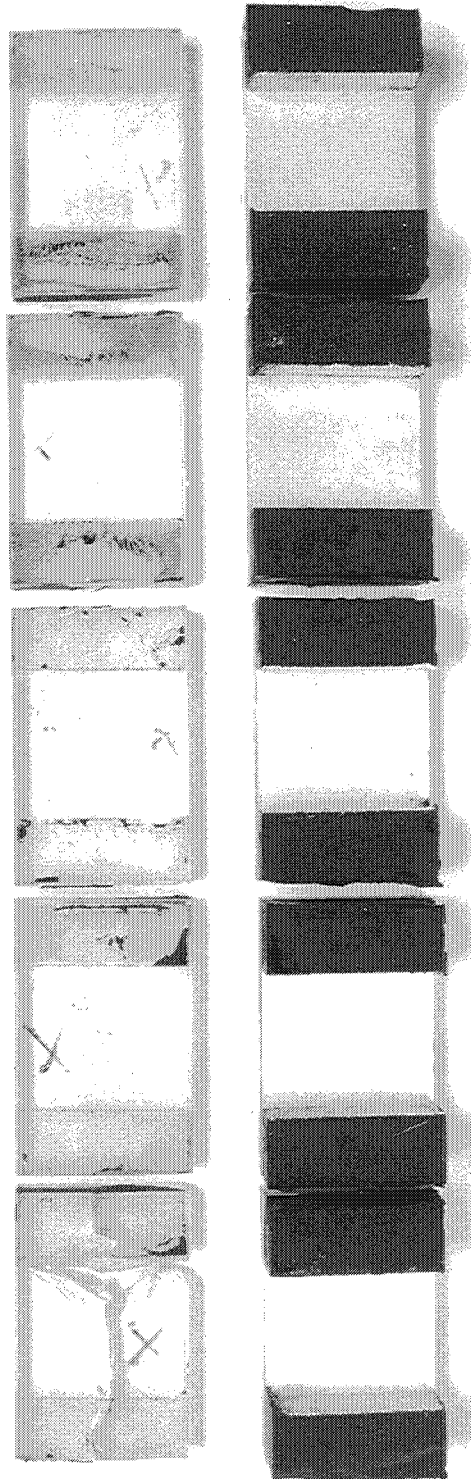


Bild 77: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII1

Tabelle 19: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit zyklisch vorbehandelten Proben A

Zyklische Vorbehandlung

3 x 4 Wochen Wasserlagerung bei 80 (± 2)° C
 4 Wochen Luftlagerung 20° C/50% rel. Luftfeuchtigkeit .

Reihe	Probekörper Nr	weitere Luftlagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _b N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagensart 1)	Adhäsionsverlust %
AIII2	104	0	2013	838	0,42	6,0	AG	100
	114		1991	631	0,32	3,0	AG	100
	124		2010	629	0,31	2,5	AG	100
	134		2026	693	0,34	2,7	AG	100
	144		2013	655	0,33	2,3	AG	100
	Mittelwert			2011	689	0,34	3,3	
AIII3	106	3	1998	656	0,33	3,2	AG	100
	116		2005	595	0,30	3,0	AG	100
	126		2013	918	0,46	5,0	AG	100
	136		1995	695	0,35	3,1	AG	100
	146		2023	698	0,35	3,3	AG	100
	Mittelwert			2007	712	0,35	3,5	
AIII4	105	6	1988	715	0,36	5,0	AG	100
	111		2001	645	0,32	2,3	AG	100
	121		2013	690	0,34	2,5	AG	100
	131		2040	685	0,34	3,0	AG	100
	141		2003	1255	0,63	8,5	K/AG	97
	Mittelwert			2009		0,40	4,3	

1) K = Kohäsion
 AG = Adhäsion Glas

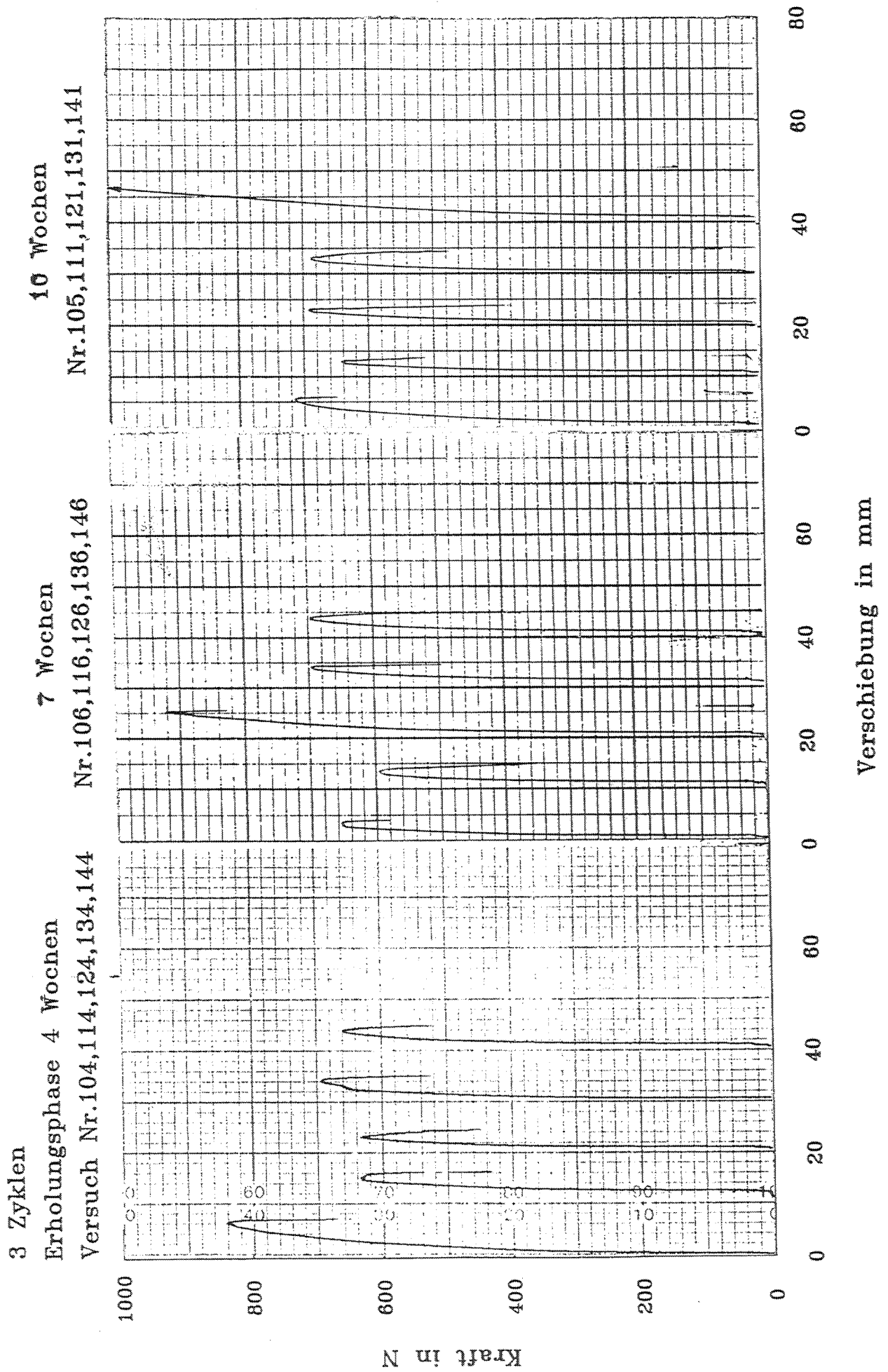


Bild 78: Last-Verschiebungsdiagramm der Versuche in den Reihen AIII2, AIII3 und AIII4

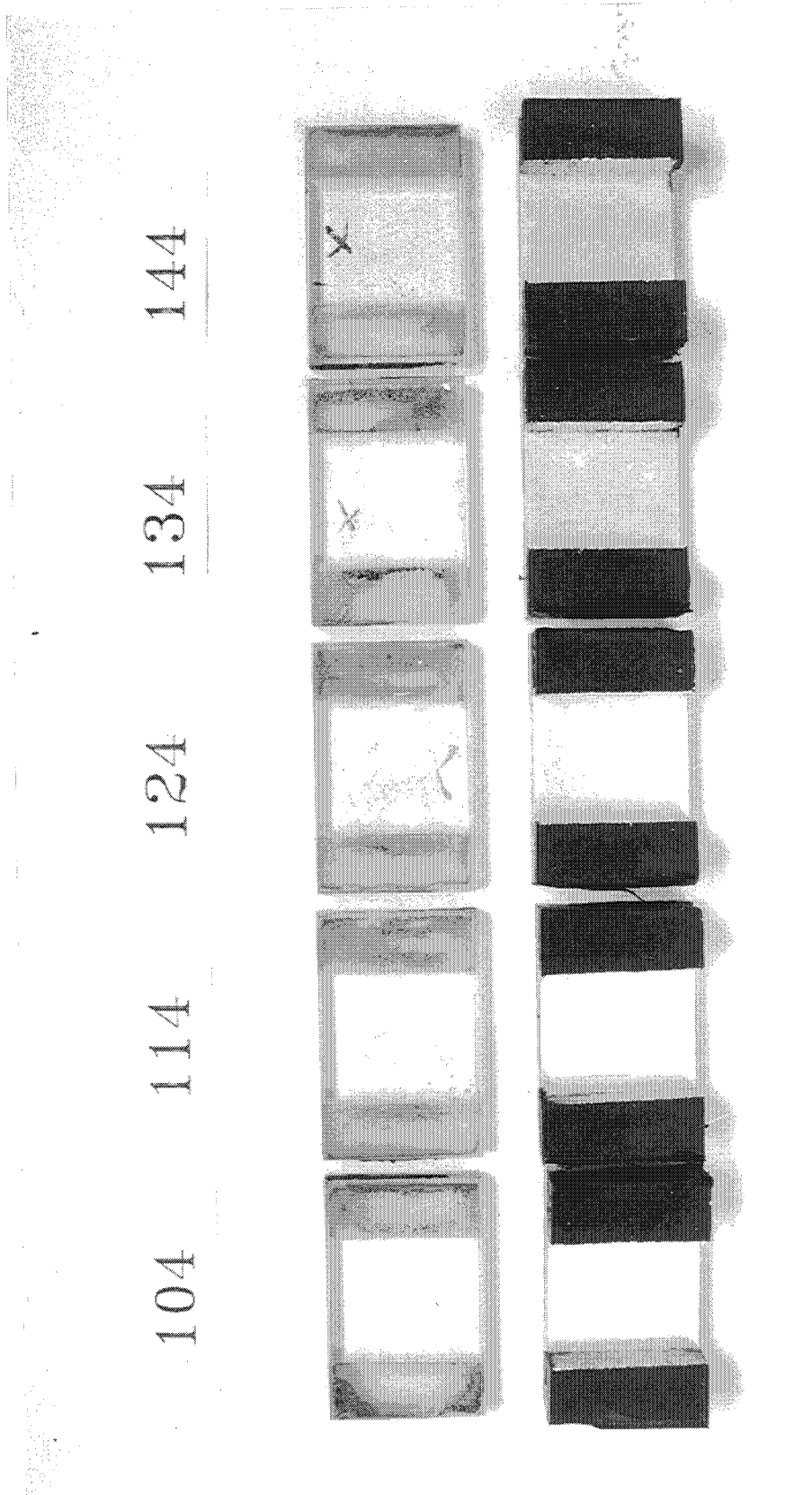


Bild 79: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII2

106 116 126 136 146

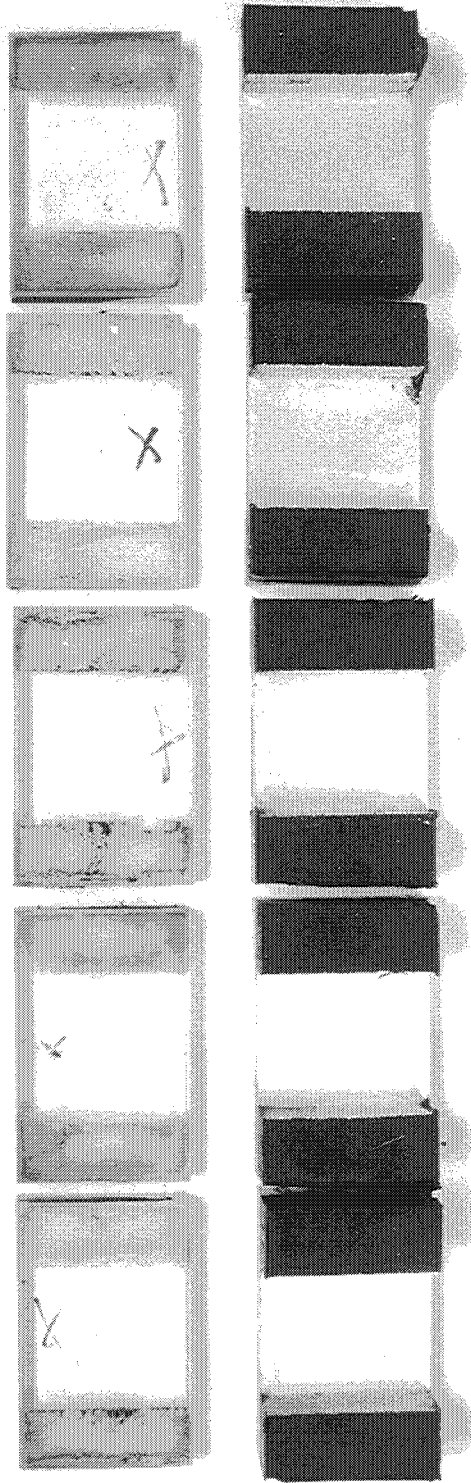


Bild 80: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII3

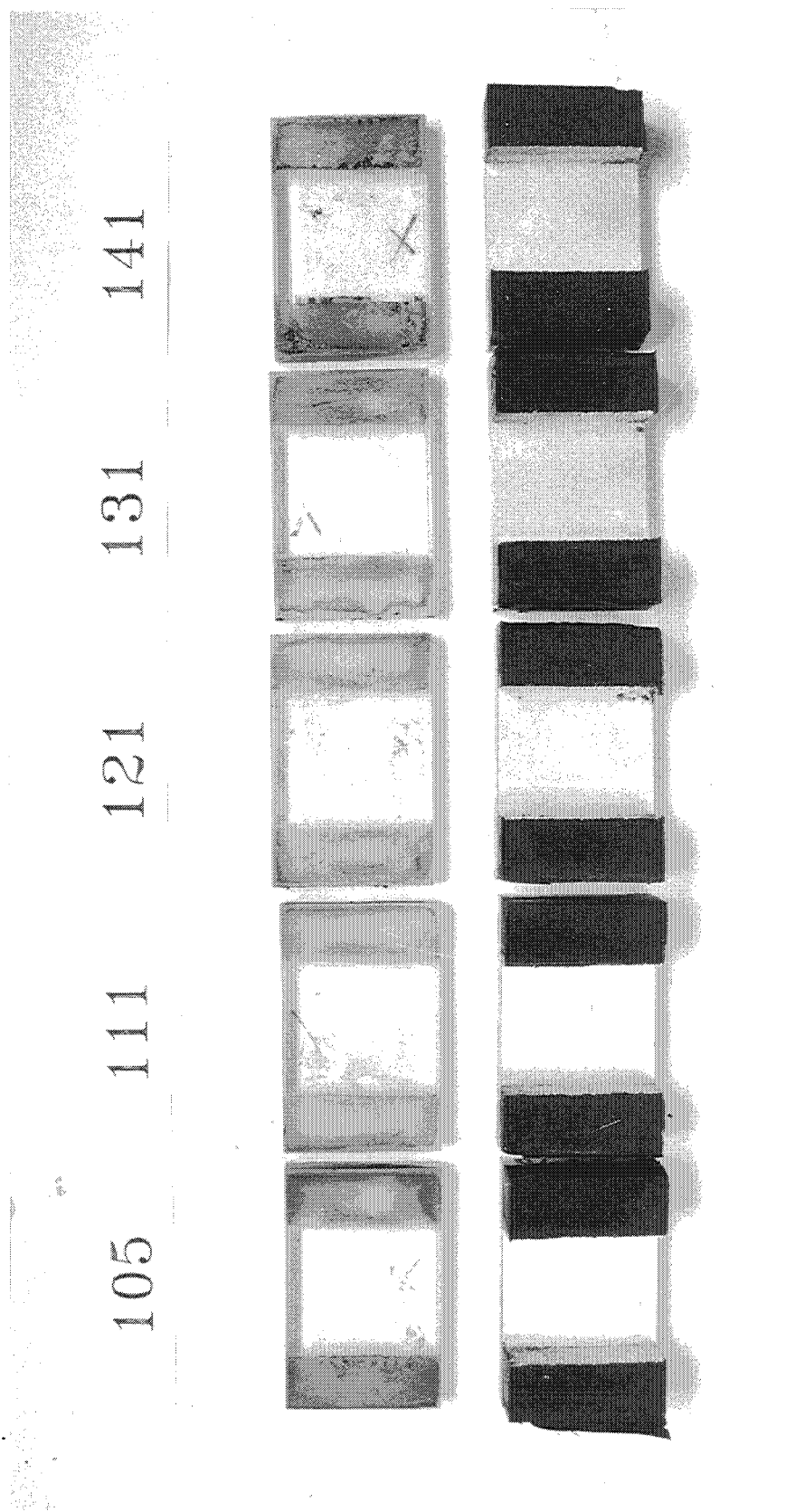


Bild 81: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIII4

Tabelle 20: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
mit zyklisch vorbehandelten Proben B

Zyklische Vorbehandlung

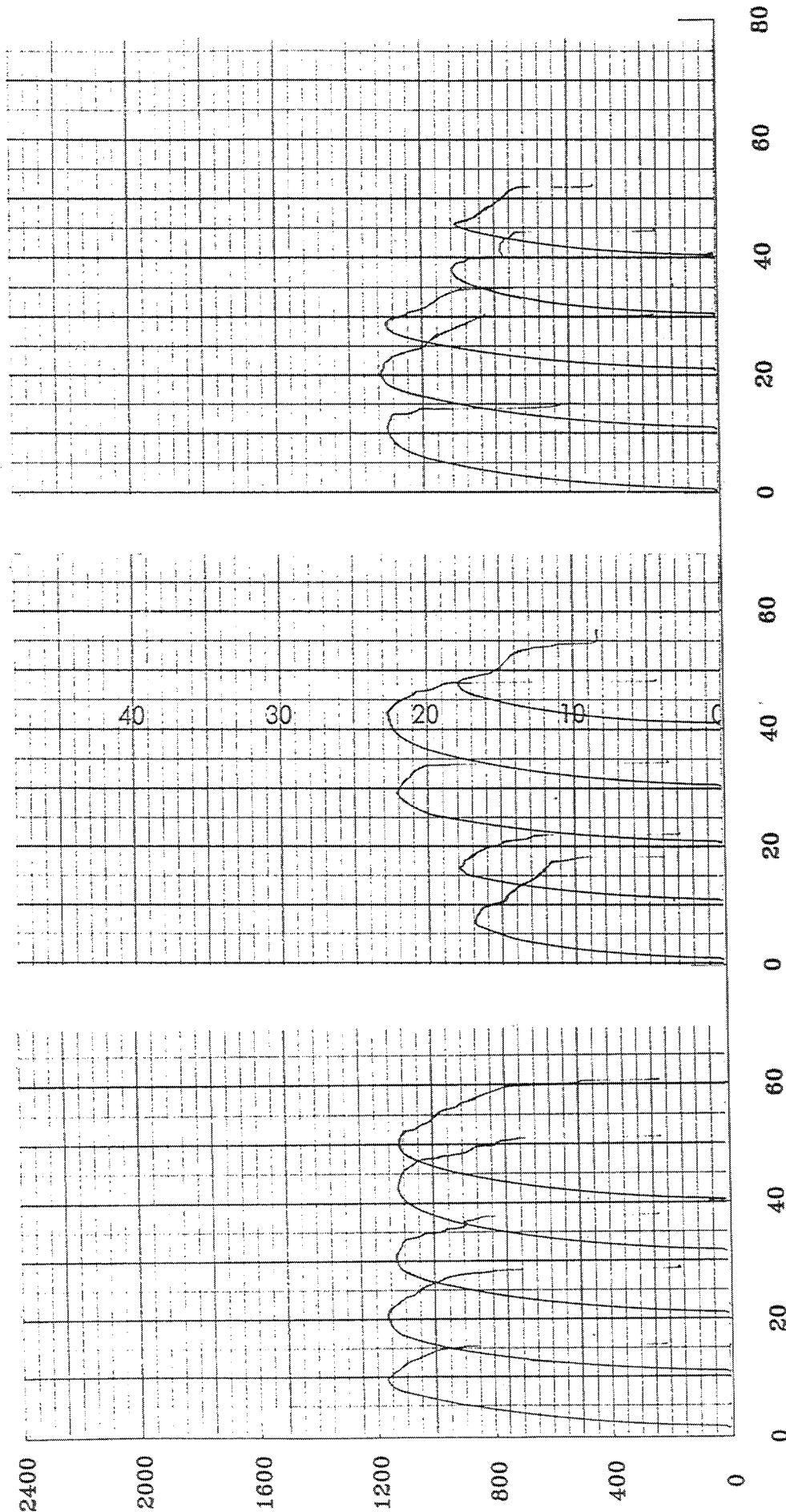
3 x 6 Wochen Wasserlagerung bei 60 (± 2)° C
4 Wochen Luftlagerung 20° C/50% rel. Luftfeuchtigkeit

Reihe	Probekörper Nr	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _v N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %	
BIII	8	1996	1330	0,67	8,0	K/AG	28,9	
	28	2033	1165	0,57	9,5	K/AG	29,5	
	48	1979	1125	0,57	9,5	K/AG	29,9	
	68	1997	1120	0,56	11,2	K/AG	22,6	
	88	1998	1120	0,56	10,0	K/AG	21,4	
	15	1987	850	0,43	6,8	K/AG	50,2	
	35	1997	900	0,45	5,3	K/AG	43,6	
	55	1999	1100	0,55	8,2	K/AG	31,7	
	95	1993	1130	0,57	12,3	K/AG	29,6	
	115	2046	890	0,43	7,0	K/AG	50,9	
	103	1989	1125	0,57	11,0	K/AG	32,8	
	113	2026	1145	0,57	11,0	K/AG	28,1	
	123	1999	1120	0,56	8,8	K/AG	32,2	
	133	2003	900	0,45	8,0	K/AG	55,7	
	140	1999	890	0,45	5,7	K/AG	66,1	
	Mittelwert		2003	1061	0,53	8,3		36,9

1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas

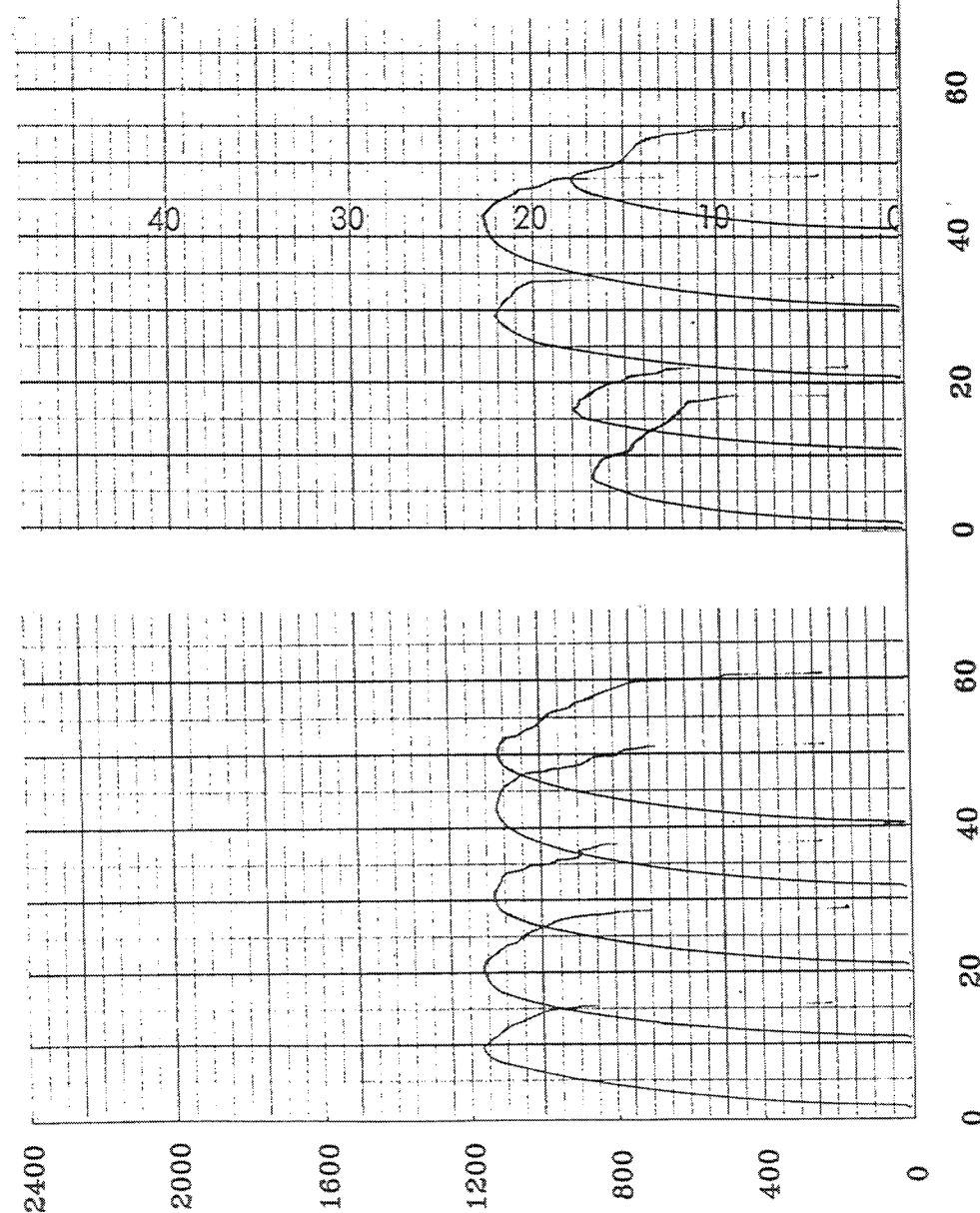
3 Zyklen

Nr. 103,113,123,133,140



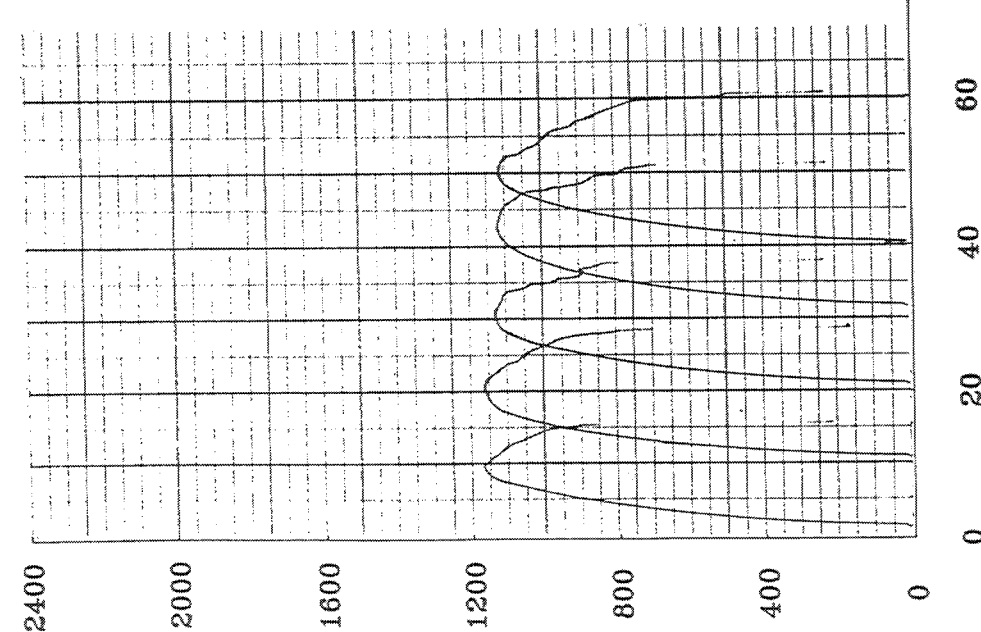
3 Zyklen

Nr. 15,35,55,95,115



3 Zyklen

Versuch Nr. 8,28,48,68,88



Verschiebung in mm

Bild 82: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in Reihe BIII1

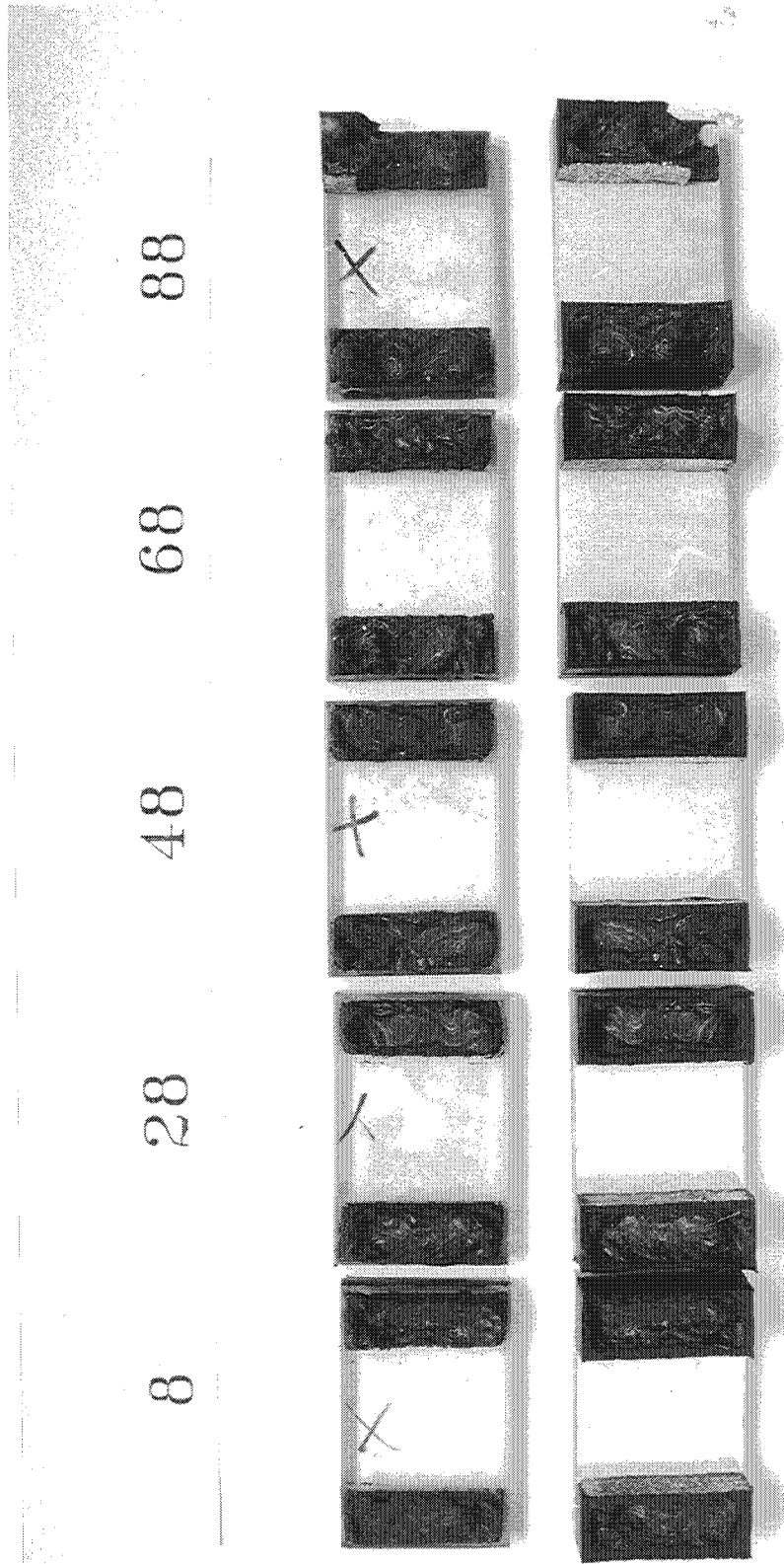


Bild 83: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII1

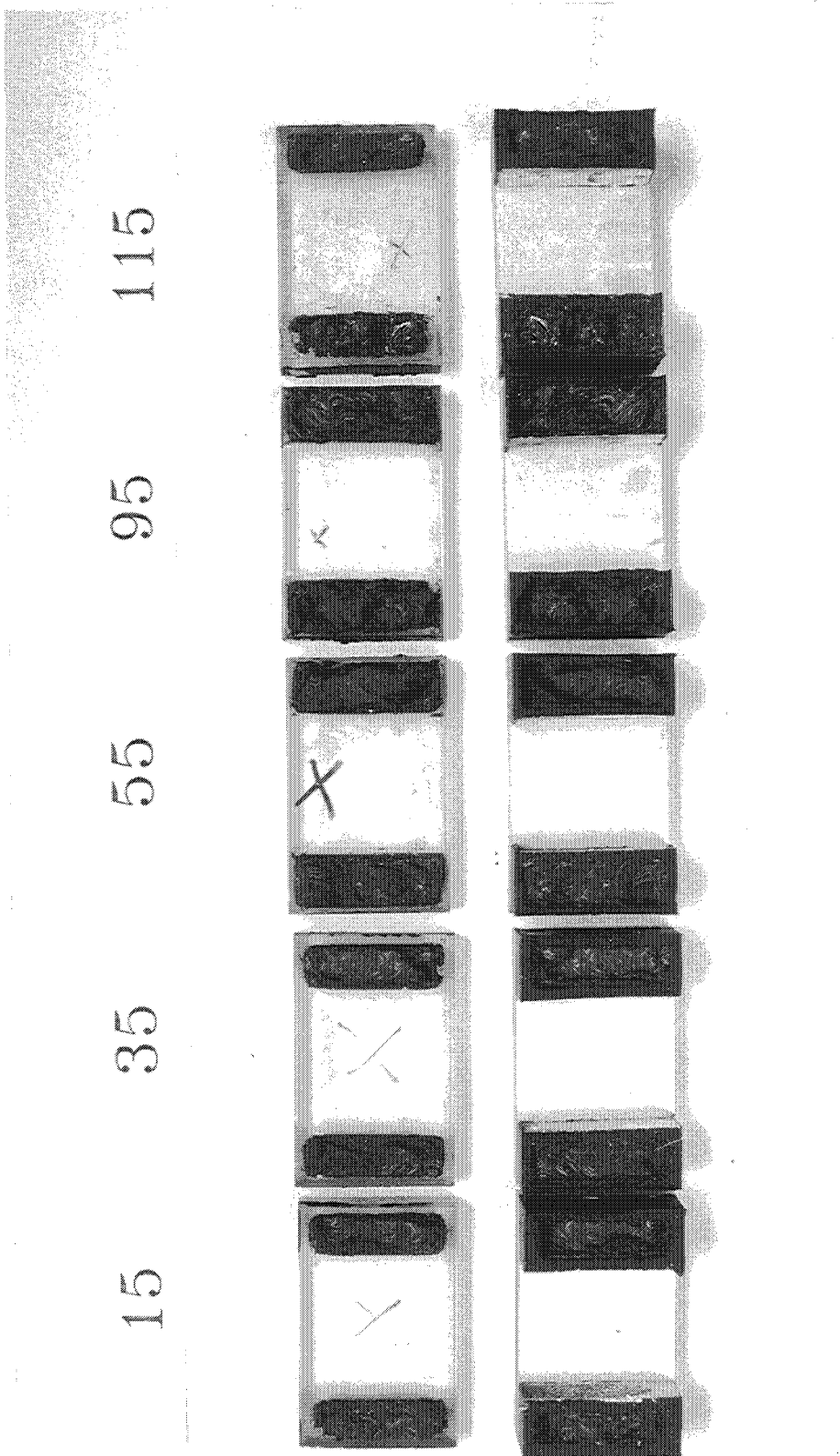


Bild 84: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII1

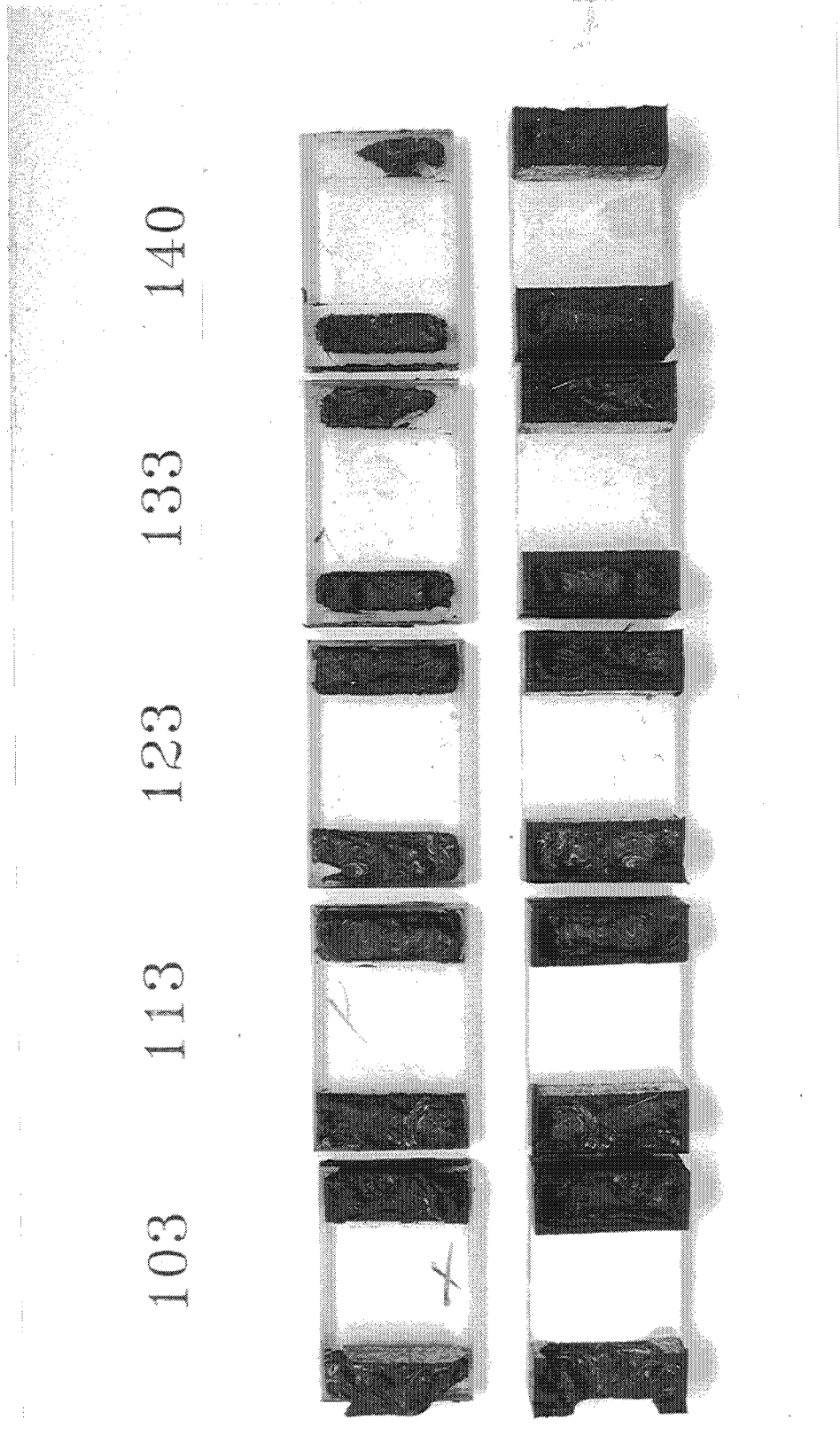


Bild 85: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII1

Tabelle 21: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
mit zyklisch vorbehandelten Proben B

Zyklische Vorbehandlung

3 x 4 Wochen Wasserlagerung bei 80 (± 2)° C
4 Wochen Luftlagerung 20°C/50% rel. Luftfeuchtigkeit .

Reihe	Probekörper Nr	weitere Luftlagerung Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _n N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BIII2	38	0	2001	323	0,16	3,0	AG	100
	75		1998	371	0,19	2,8	AG	100
	104		2008	571	0,28	6,0	K/AG	75
	114		2031	355	0,17	3,0	AG	100
	124		1994	410	0,21	3,2	AG	100
Mittelwert			2006	406	0,20	3,6		95
BIII3	106	3	2011	556	0,28	6,8	AG	100
	112		2001	720	0,36	8,5	K/AG	75
	116		2003	627	0,31	7,2	K/AG	97
	126		1990	485	0,24	5,3	AG	100
	136		1999	412	0,21	4,5	AG	100
Mittelwert			2001	560	0,28	6,5		94
BIII4	105	6	2015	718	0,36	7,2	K/AG	55
	111		2013	435	0,22	3,8	AG	100
	121		2007	585	0,29	6,0	AG	100
	131		2004	720	0,36	8,5	K/AG	74
	137		1996	535	0,27	5,2	AG	100
Mittelwert			2007	599	0,30	6,1		85,8

1) K = Kohäsion

AG = Adhäsion Glas

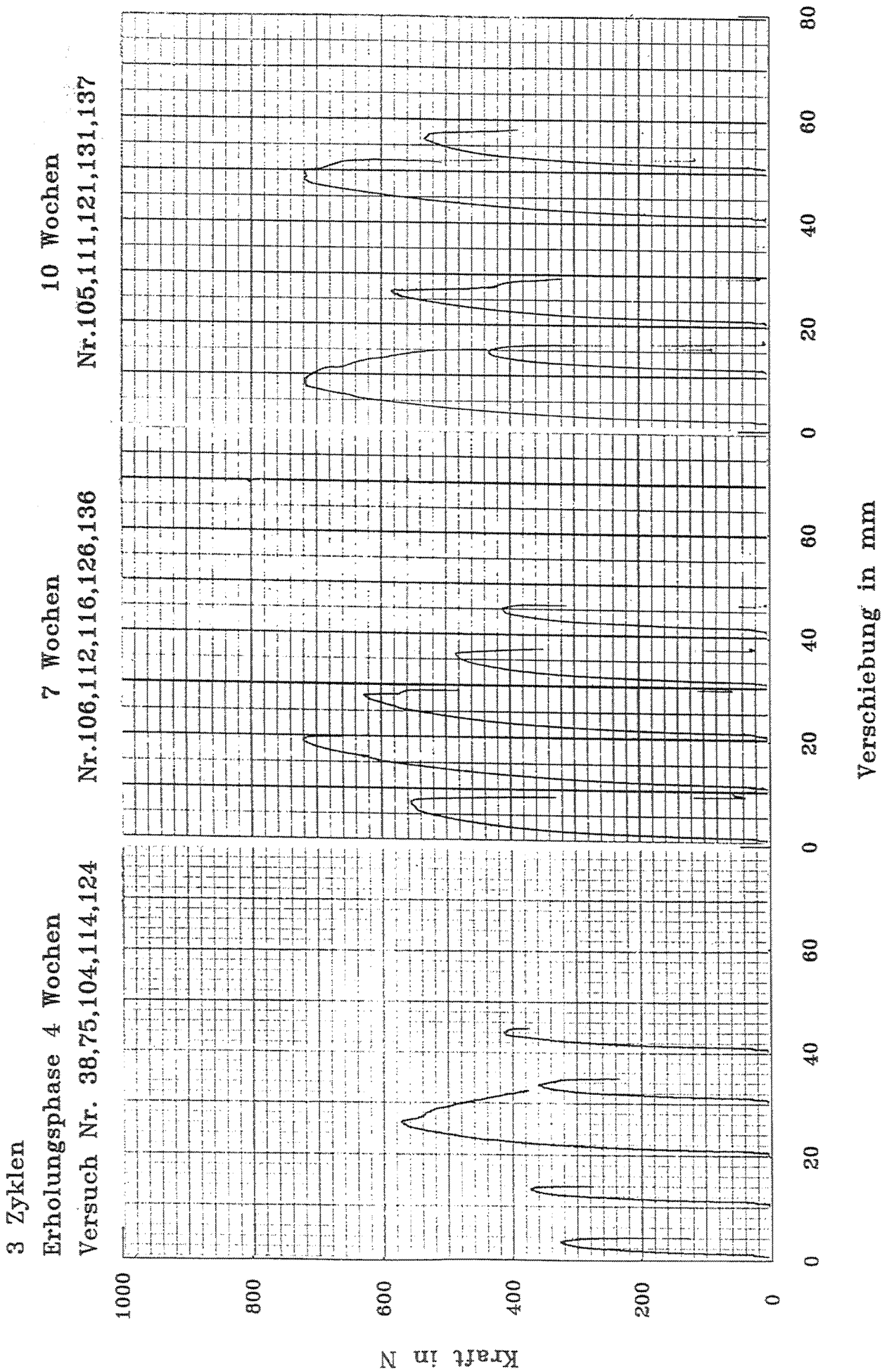


Bild 86: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BIII1



Bild 87: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII2

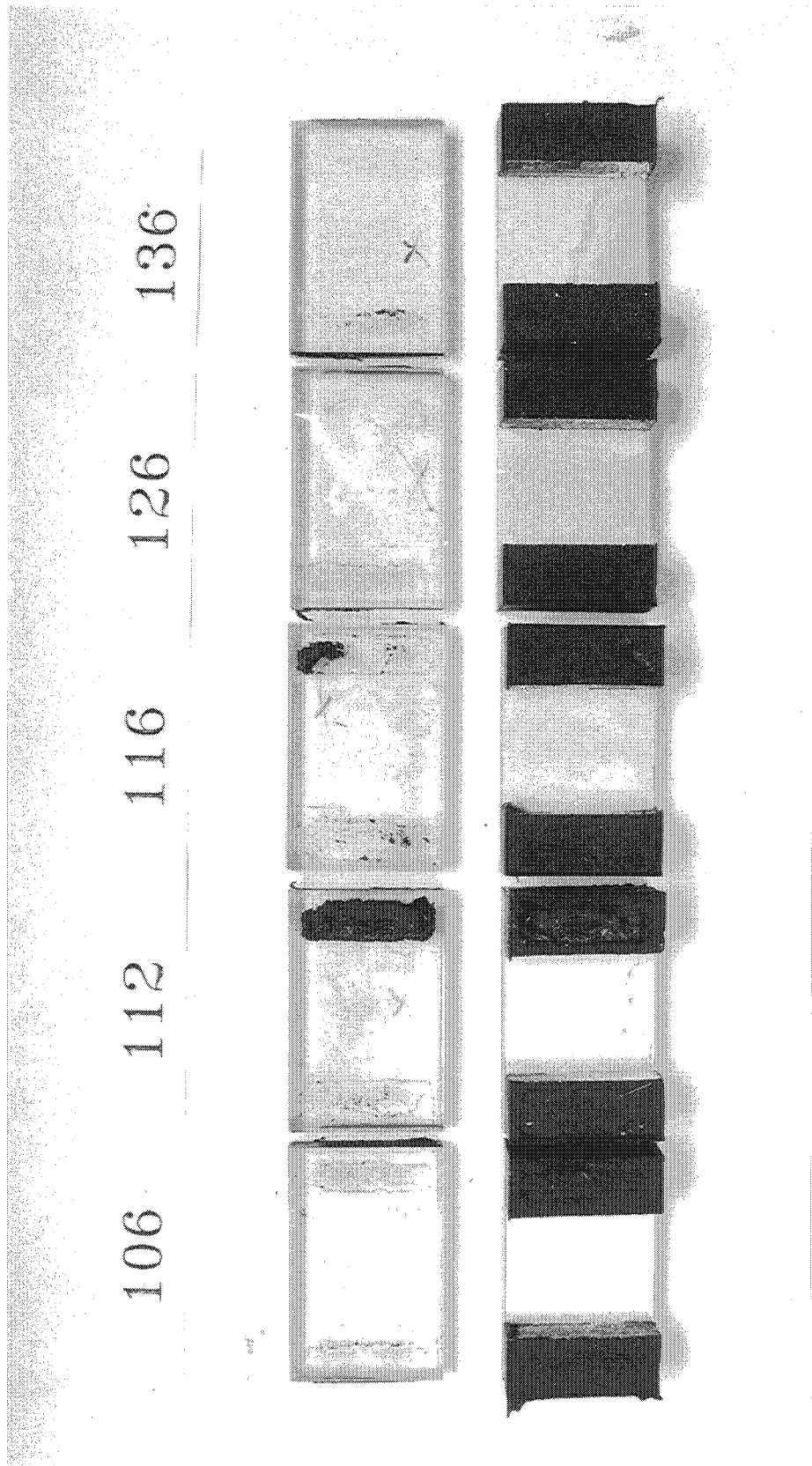


Bild 88: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII3

105 111 121 131 137

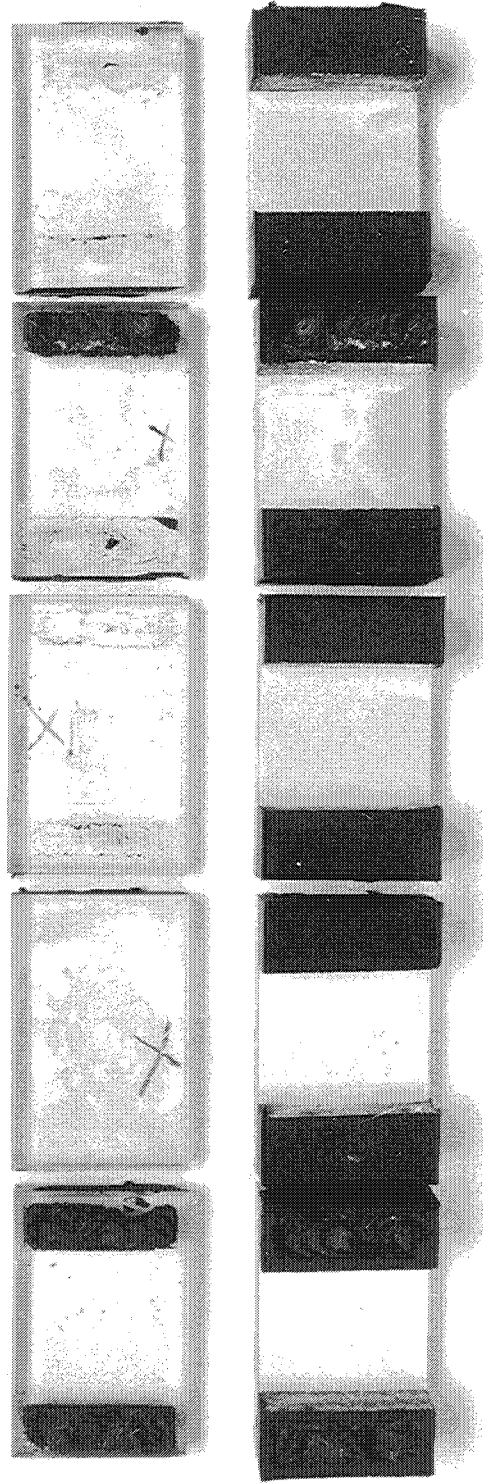


Bild 89: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIII4

Tabelle 22: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wasserge-
lagerten und anschließend getrockneten Proben (1K-Silicon A)Wasserlagerung 60 (± 2)° C , 6 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
AIV1	1.1	0	2003	708	0,35	18,5	K/AG	91,1
	2.1		2016	685	0,34	19,0	K/AG	36,5
	3.1		2028	697	0,34	20,5	K/AG	71,5
	4.1		2021	698	0,35	20,3	K/AG	90,0
	5.1		2016	728	0,36	15,8	K/AG	84,6
	Mittelwert			2017	703	0,35	18,8	
AIV2	6.1	1	2026	800	0,39	18,7	K/AG	91,3
	7.1		2023	870	0,43	19,0	K/AG 2)	73,4
	8.1		2016	763	0,38	15,0	K/AG 2)	75,8
	9.1		2003	681	0,34	17,0	K/AG 2)	26,2
Mittelwert		2017	779	0,39	17,4		66,7	
AIV3	10.1	2	2031	614	0,30	15,0	K/AG 2)	50,8
	11.1		2016	824	0,41	19,5	K/AG	50,1
	12.1		2021	863	0,43	19,0	K/AG 2)	50,5
Mittelwert		2023	767	0,38	17,8		50,5	
AIV4	13.1	4	2010	829	0,41	17,5	K/AG	93,0
	14.1		2016	863	0,43	19,5	K/AG 2)	50,0
	15.1		2011	806	0,40	17,5	K/AG 2)	93,2
Mittelwert		2012	833	0,41	18,2		78,7	
AIV5	16.1	8	2021	822	0,41	20,5	K/AG 2)	50,0
	17.1		2026	779	0,38	17,0	K/AG	95,5
	18.1		2031	812	0,40	17,0	K/AG 2)	56,1
Mittelwert		2026	804	0,40	18,2		67,5	
AIV6	19.1	16	2010	765	0,38	21,0	K/AG 2)	50,0
	20.1		2019	736	0,36	16,0		43,8
Mittelwert		2015	751	0,37	18,5		46,9	

- 1) K = Kohäsion
AG = Adhäsion Glas
und Grenzschichtversagen mit zurückbleibendem Klebefilm
- 2) Lufteinschlüsse

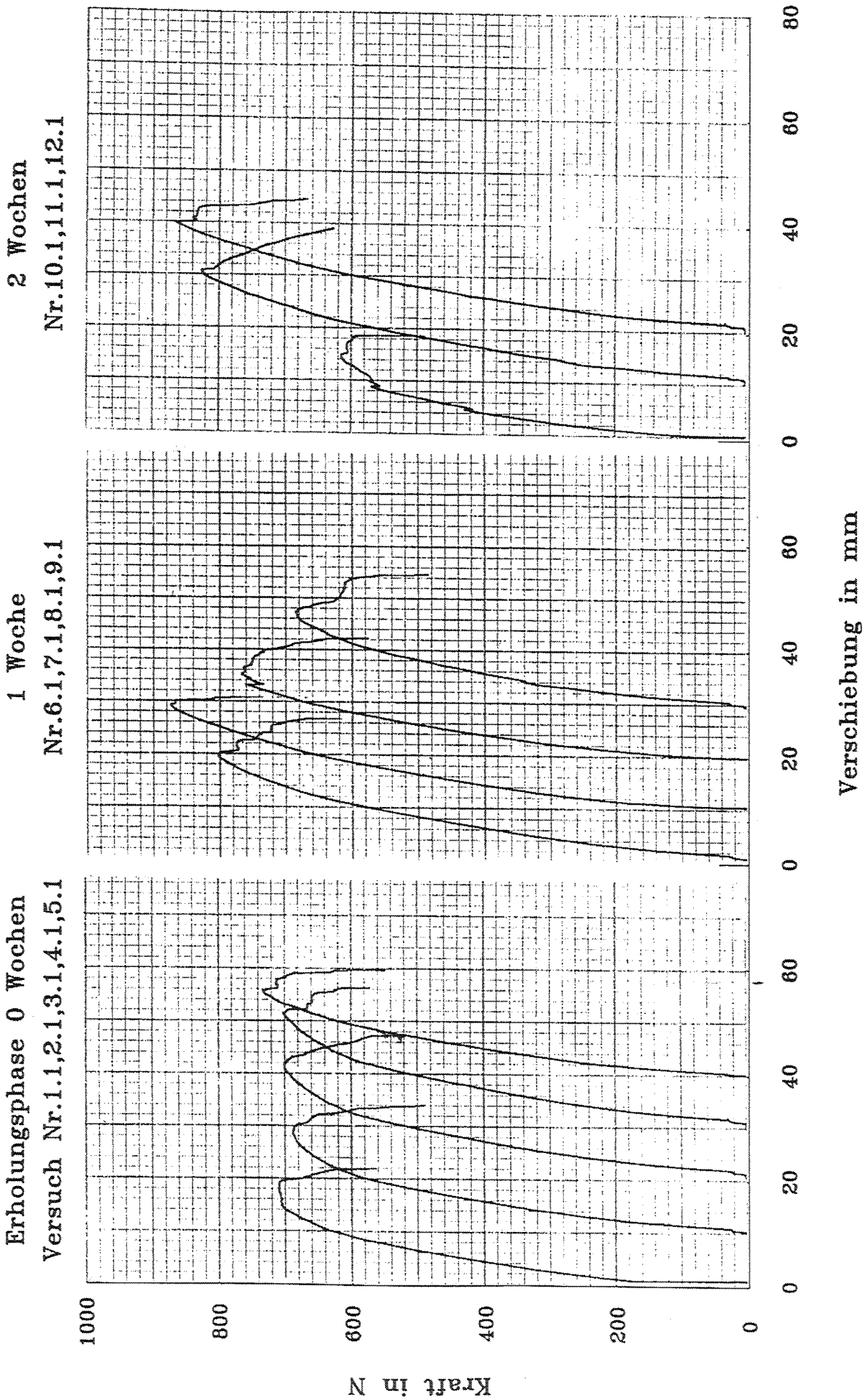


Bild 90: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AIV1, AIV2 und AIV3

16 Wochen

Nr.19.1,20.1

8 Wochen

Nr.16.1,17.1,18.1

Erholungsphase 4 Wochen

Versuch Nr.13.1,14.1,15.1

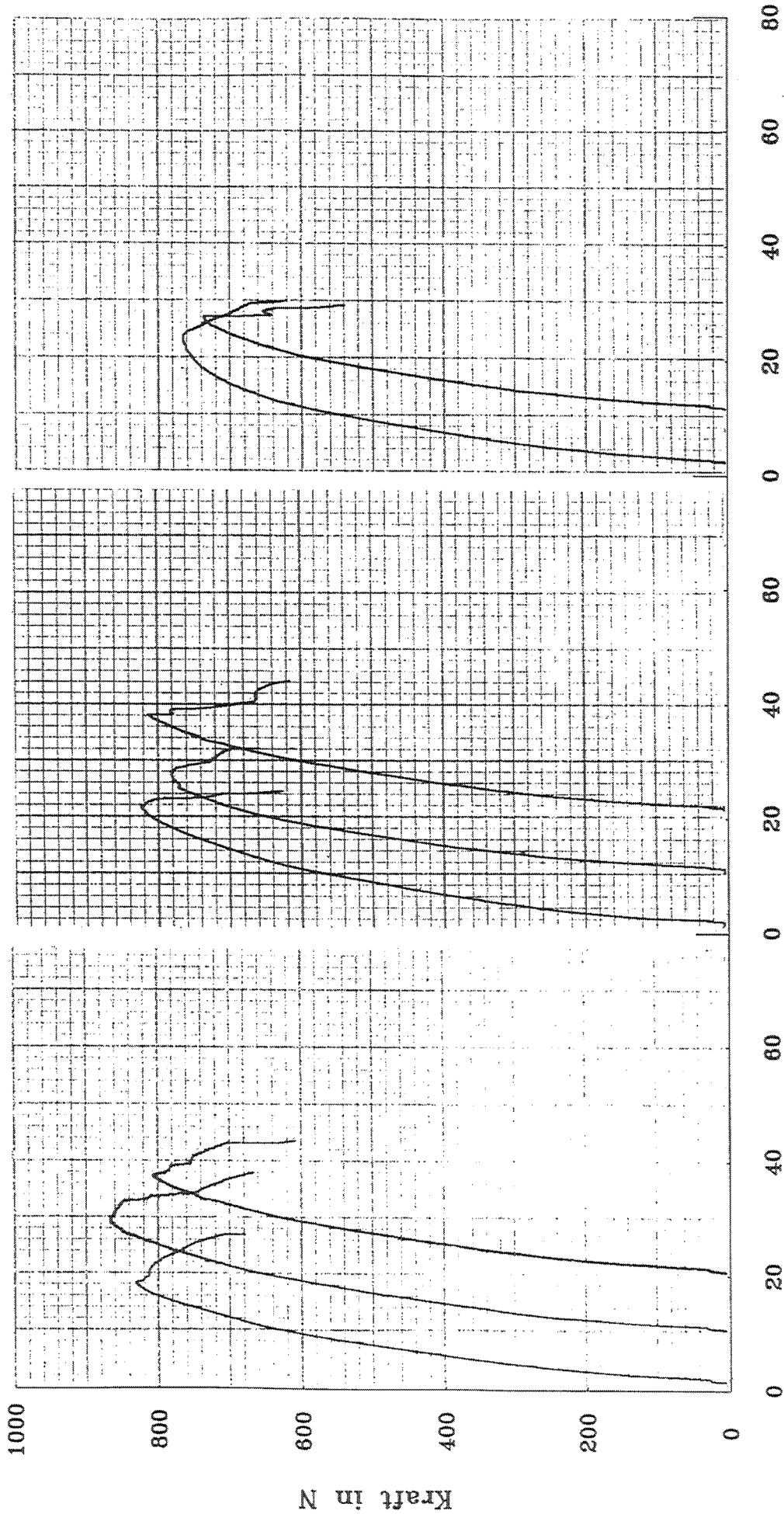


Bild 91: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen AIV4, AIV5 und AIV6

1.1 2.1 3.1 4.1 5.1

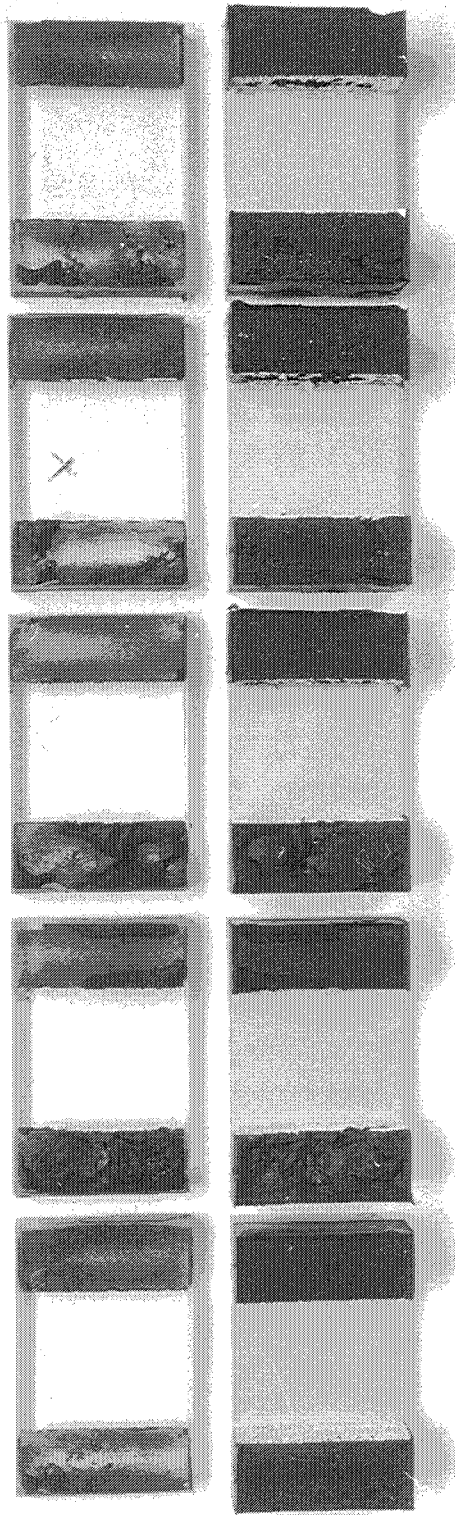


Bild 92: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV1

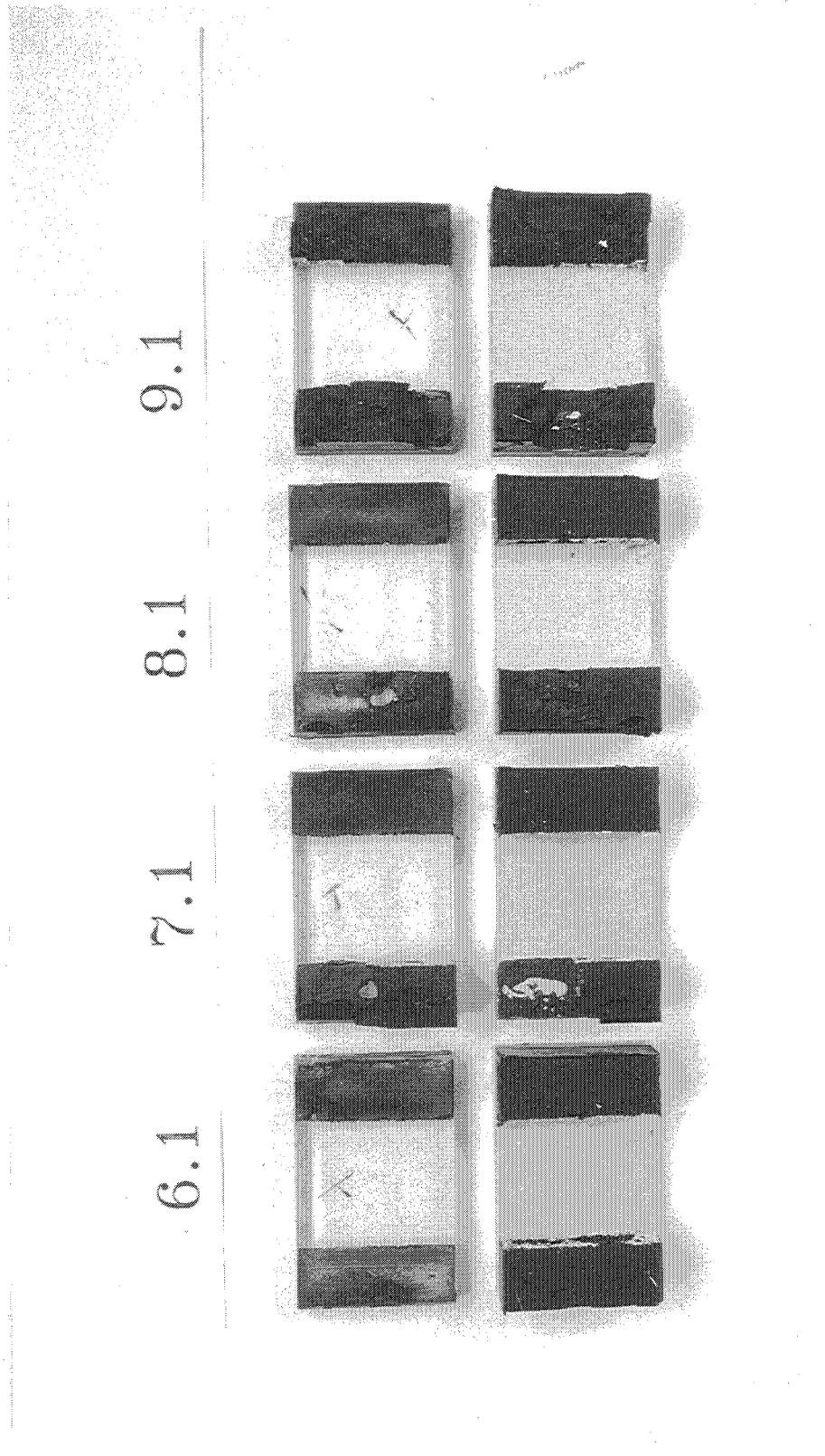


Bild 93: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV2

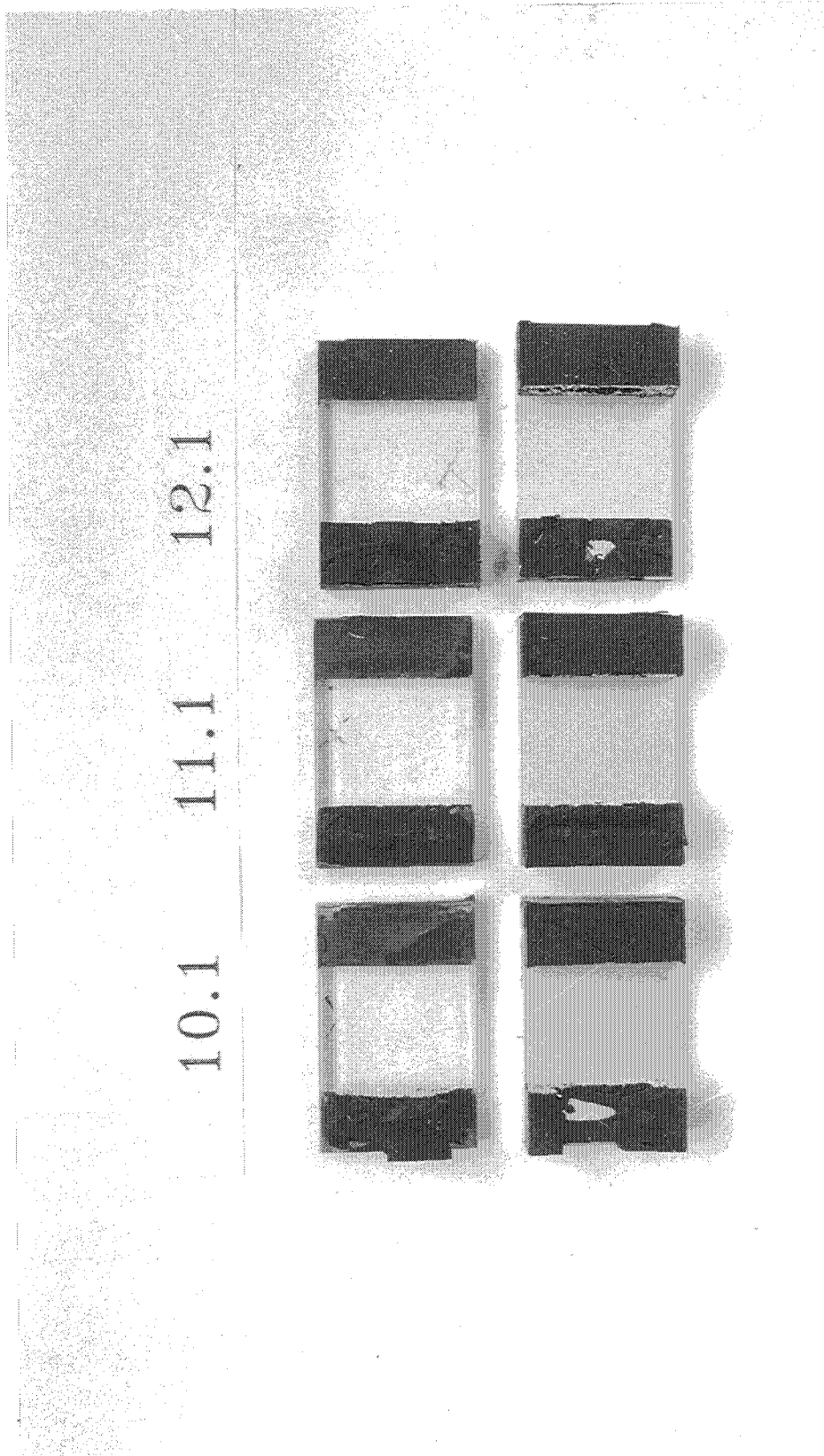


Bild 94: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV3

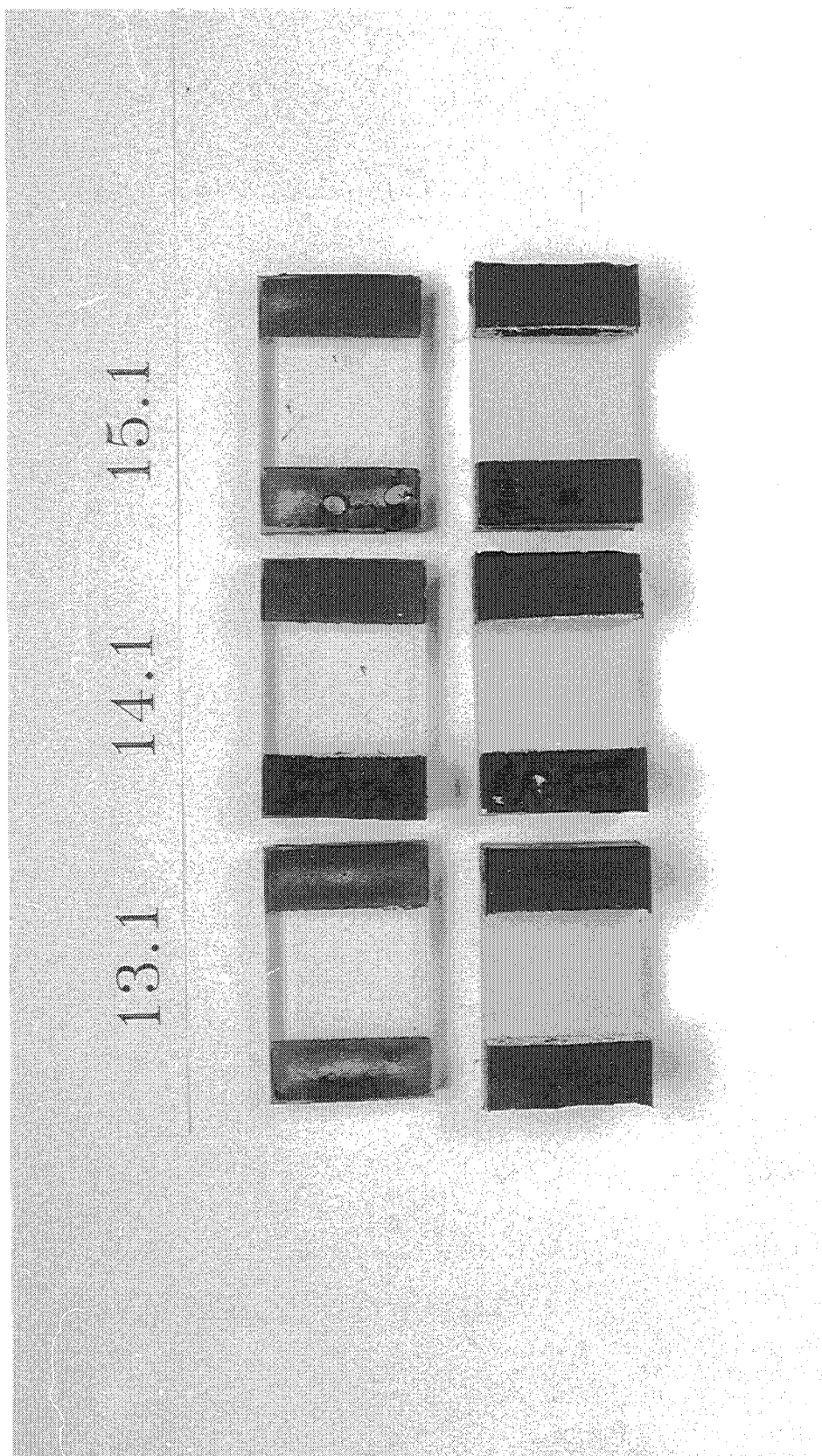


Bild 95: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV4

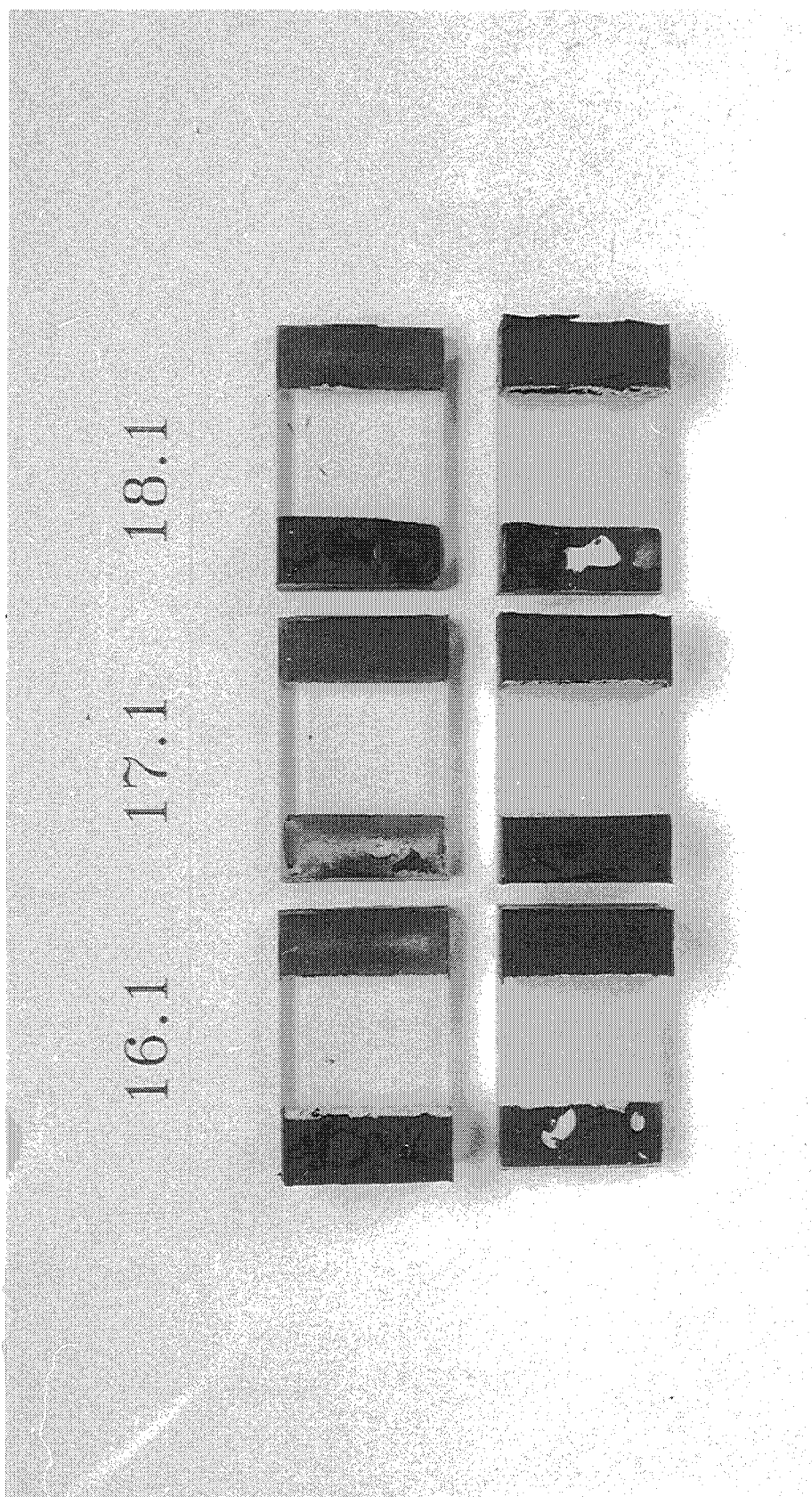


Bild 96: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV5

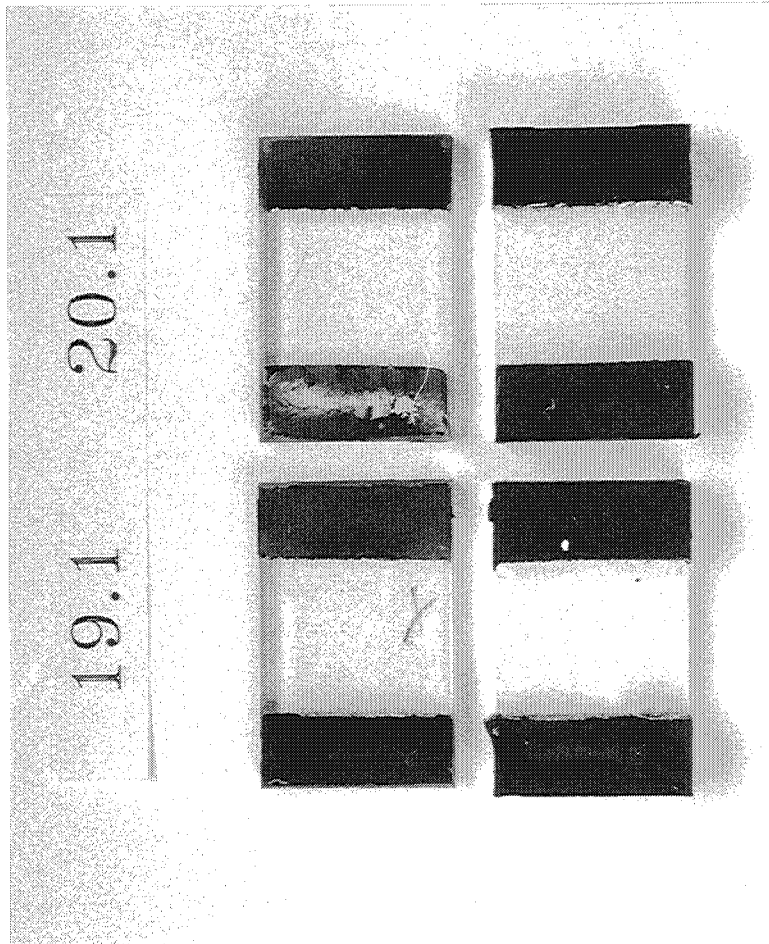


Bild 97: Probekörper nach den Versuchen in Reihe AIV6

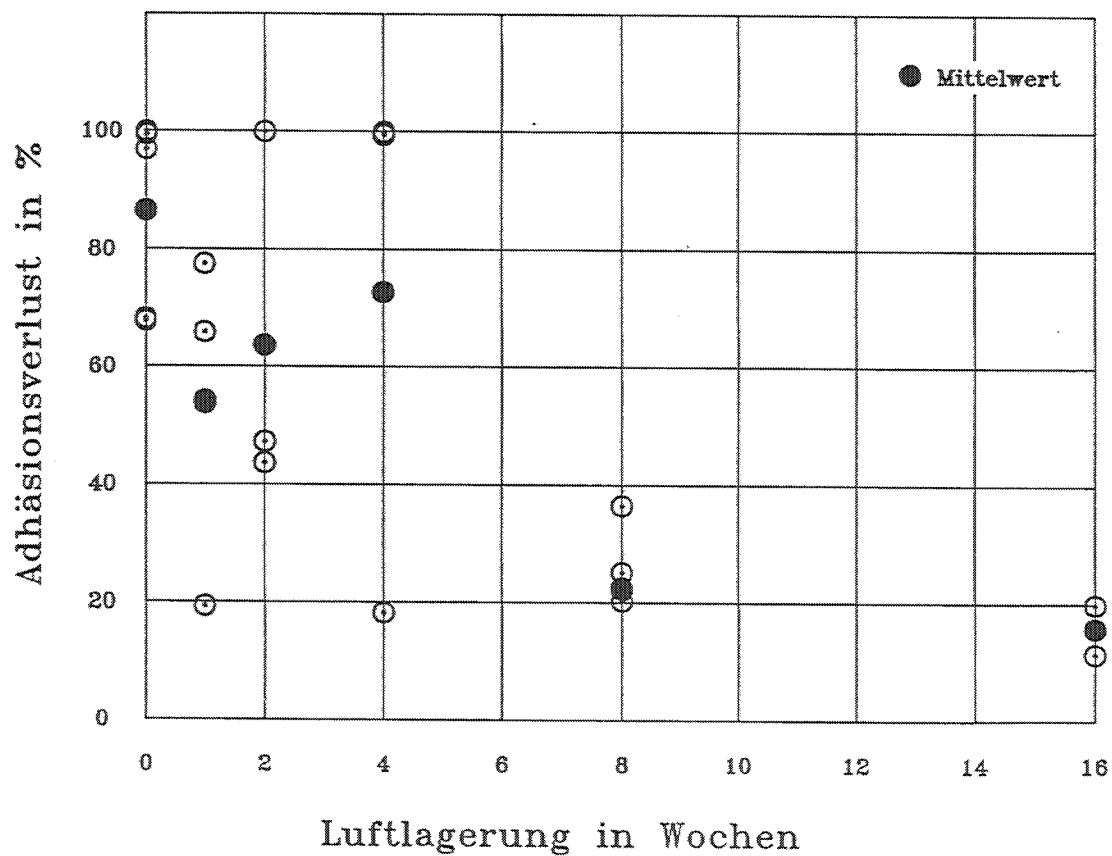
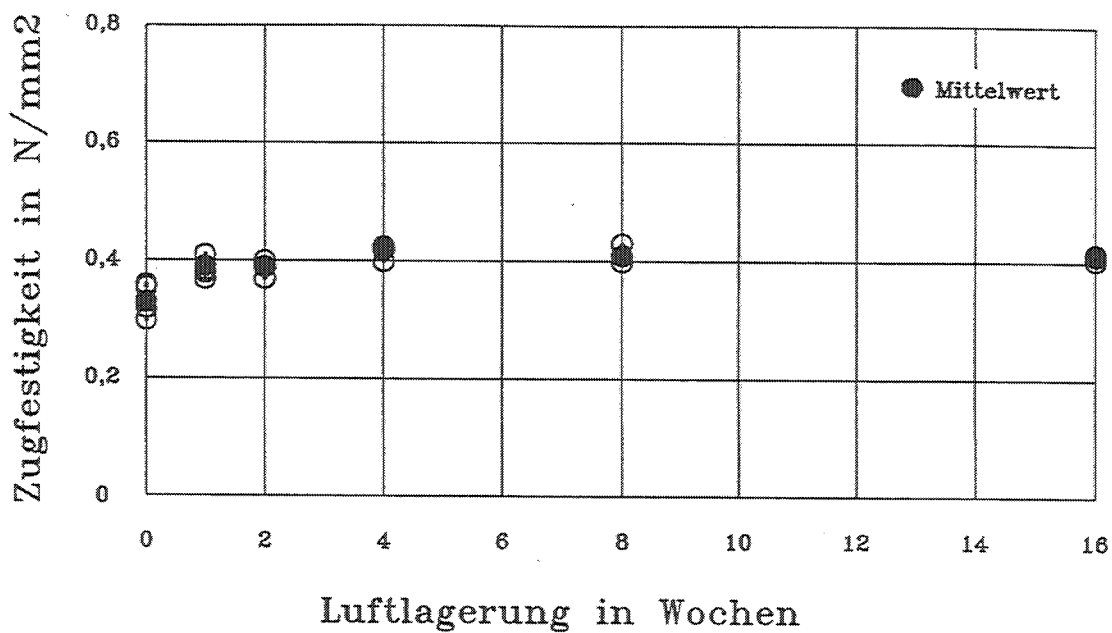


Bild 98: Adhäsionsverlust und Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (1K-Silicon A)

Tabelle 23: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit wasserge-lagerten und anschließend getrockneten Proben (1K-Silicon B)

Wasserlagerung 60 (± 2)° C , 6 Wochen

Reihe	Probekörper Nr	Lagerung bei 20°C/50% rel. L. Wochen	Querschnitt A mm ²	Höchstlast F _u N	Zugfestigkeit σ N/mm ²	Verschiebung bei Höchstlast mm	Versagens- art 1)	Adhäsions- verlust %
BIV1	1.1	0	2013	717	0,36	26,5	K/AG	68,2
	2.1		2003	655	0,33	25,5	AG	100
	3.1		2001	721	0,36	15,0	K/AG	97,0
	4.1		1998	639	0,32	26,0	K/AG/AA	67,8/36,5
	5.1		2003	603	0,30	15,5	AG	100
Mittelwert			2004	667	0,33	21,7		86,6/36,5
BIV2	6.1	1	2013	822	0,41	18,0	K/AG	77,6
	7.1		2008	773	0,38	15,0	K/AG/AA	53,8/14,9
	8.1		2001	766	0,38	31,5	K/AG/AA	65,9/15,2
	9.1		2013	750	0,37	35,0	K/AG/AA	19,4/17,4
Mittelwert			2009	778	0,39	24,9		54,2/15,8
BIV3	10.1	2	2006	781	0,39	11,0	K/AG/AA	47,3/13,2
	11.1		1998	742	0,37	32,0	K/AG/AA	43,7/27,3
	12.1		2003	808	0,40	12,0	AG	100
Mittelwert			2002	777	0,39	18,3		63,7/20,3
BIV4	13.1	4	2016	847	0,42	10,0	AG	100
	14.1		2008	851	0,42	12,5	K/AG/AA	18,3/12,9
	15.1		2008	808	0,40	11,5	AG	100
Mittelwert			2011	835	0,42	11,3		72,8/12,9
BIV5	16.1	8	2033	813	0,40	12,8	K/AG/AA 2)	25,3/13,3
	17.1		2016	821	0,41	14,0	K/AG/AA 2)	22,3/14,4
	18.1		2013	867	0,43	15,0	K/AG/AA 2)	20,4/ 6,0
Mittelwert			2021	834	0,41	13,9		22,7/11,2
BIV6	19.1	16	2003	826	0,41	8,0	K/AG/AA 2)	10,0/20,0
	20.1		2001	813	0,41	9,0	K/AG/AA 2)	10,5/11,5
Mittelwert			2002	820	0,41	8,5		10,3/15,8

- 1) K = Kohäsion
AA = Adhäsion Aluminium
AG = Adhäsion Glas
- 2) Lufteinschlüsse

Erholungsphase 2 Wochen
Nr.10.1,11.1,12.1

Erholungsphase 1 Woche
Nr.6.1,7.1,8.1,9.1

Erholungsphase 0 Wochen
Versuch Nr.1.1,2.1,3.1,4.1,5.1

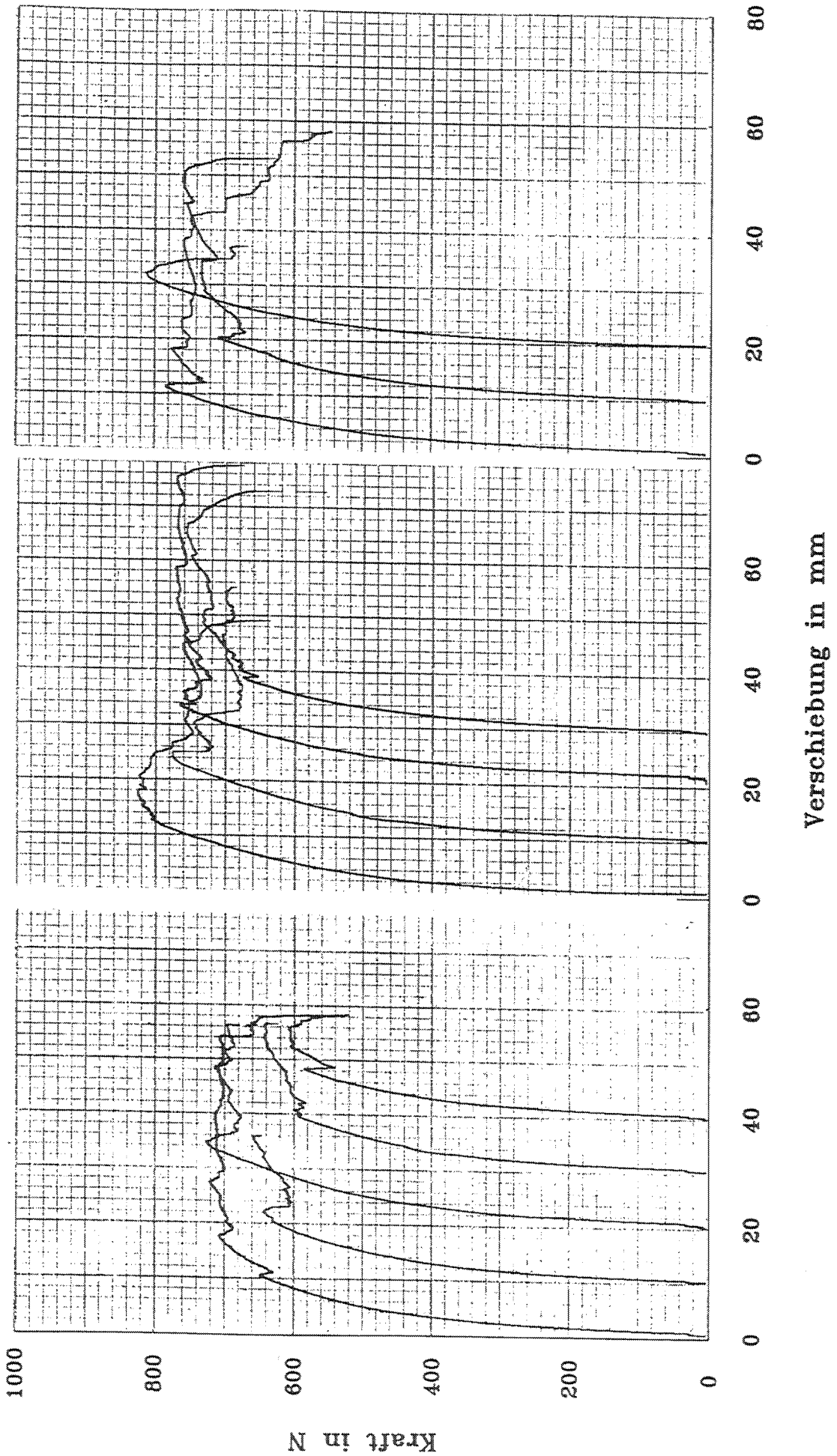
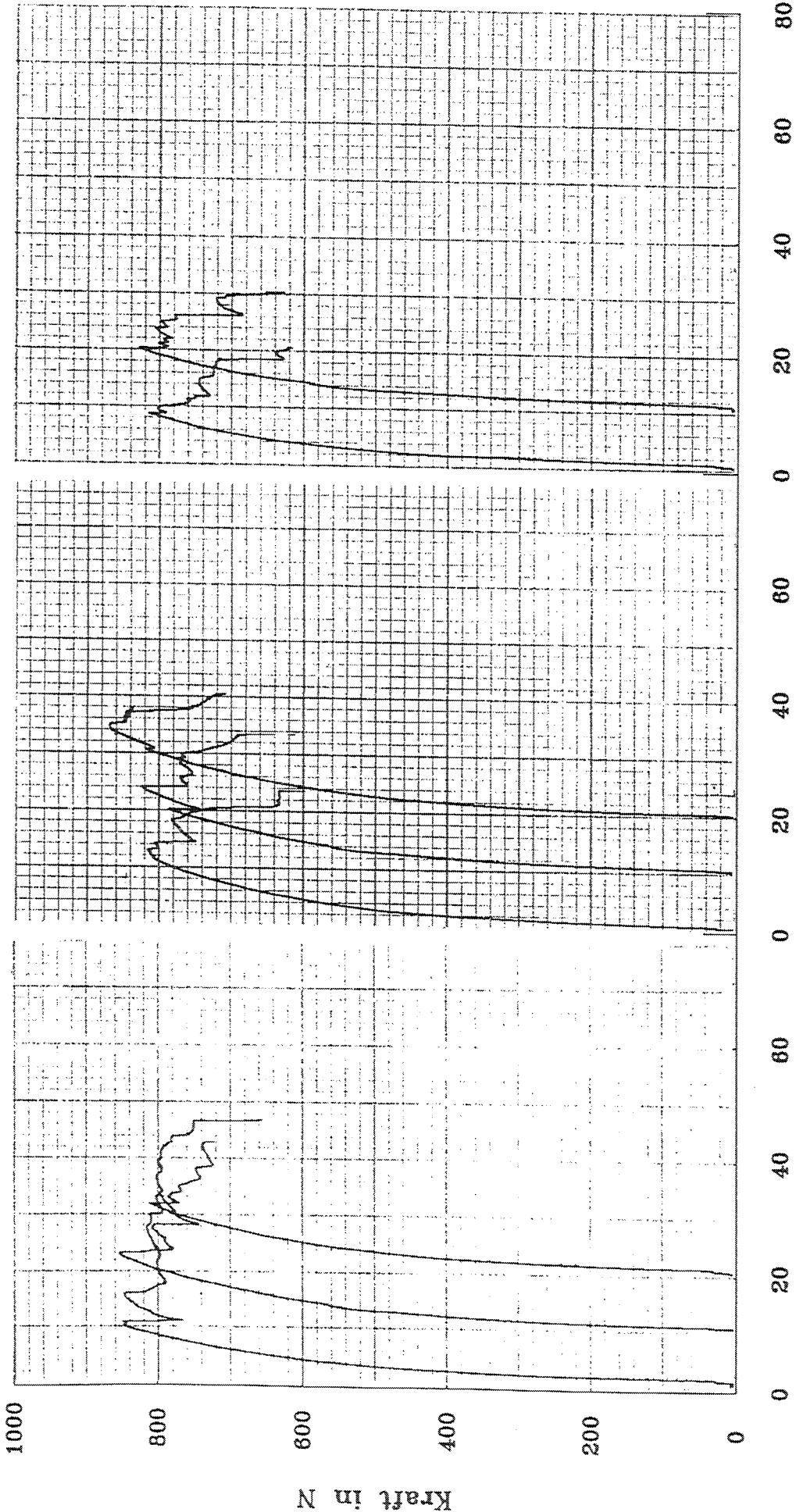


Bild 99: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BIV1, BIV2 und BIV3

16 Wochen
Nr.19.1,20.1

8 Wochen
Nr.16.1,17.1,18.1

Erholungsphase 4 Wochen
Versuch Nr.13.1,14.1,15.1



Verschiebung in mm

Bild 100: Last-Verschiebungsdiagramme der Versuche in den Reihen BIV4, BIV5 und BIV6

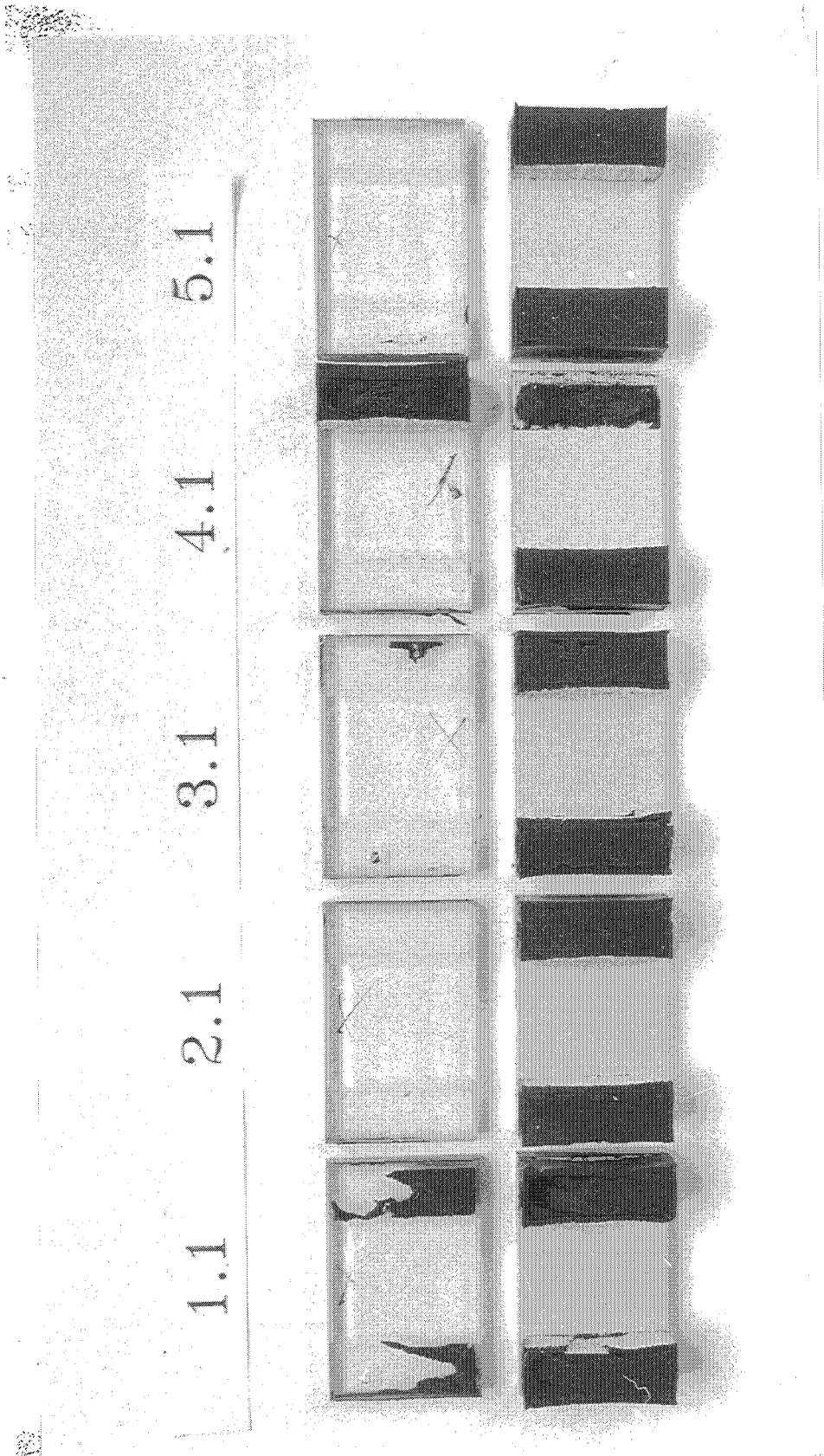


Bild 101: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV1

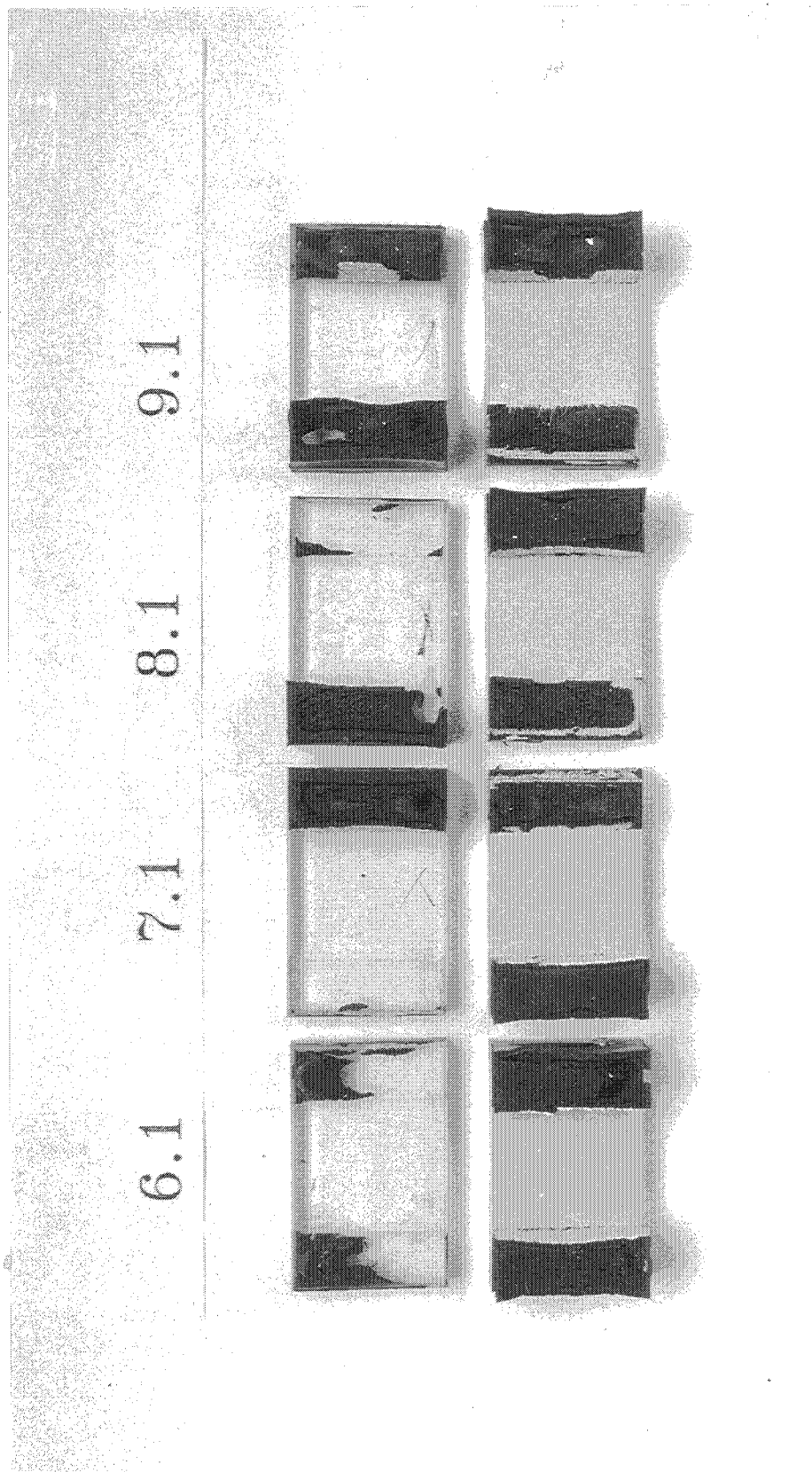


Bild 102: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV2

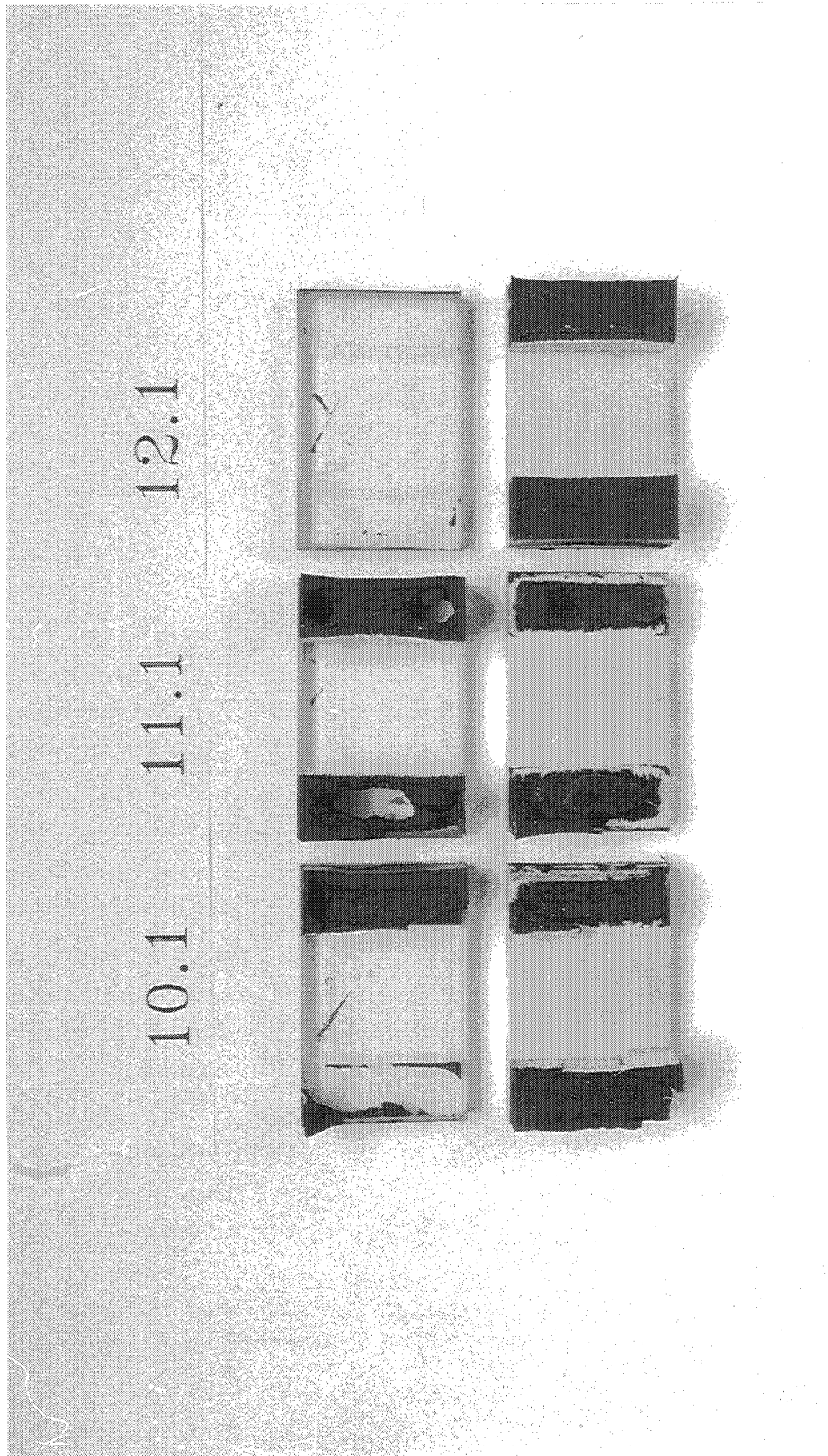


Bild 103: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV3

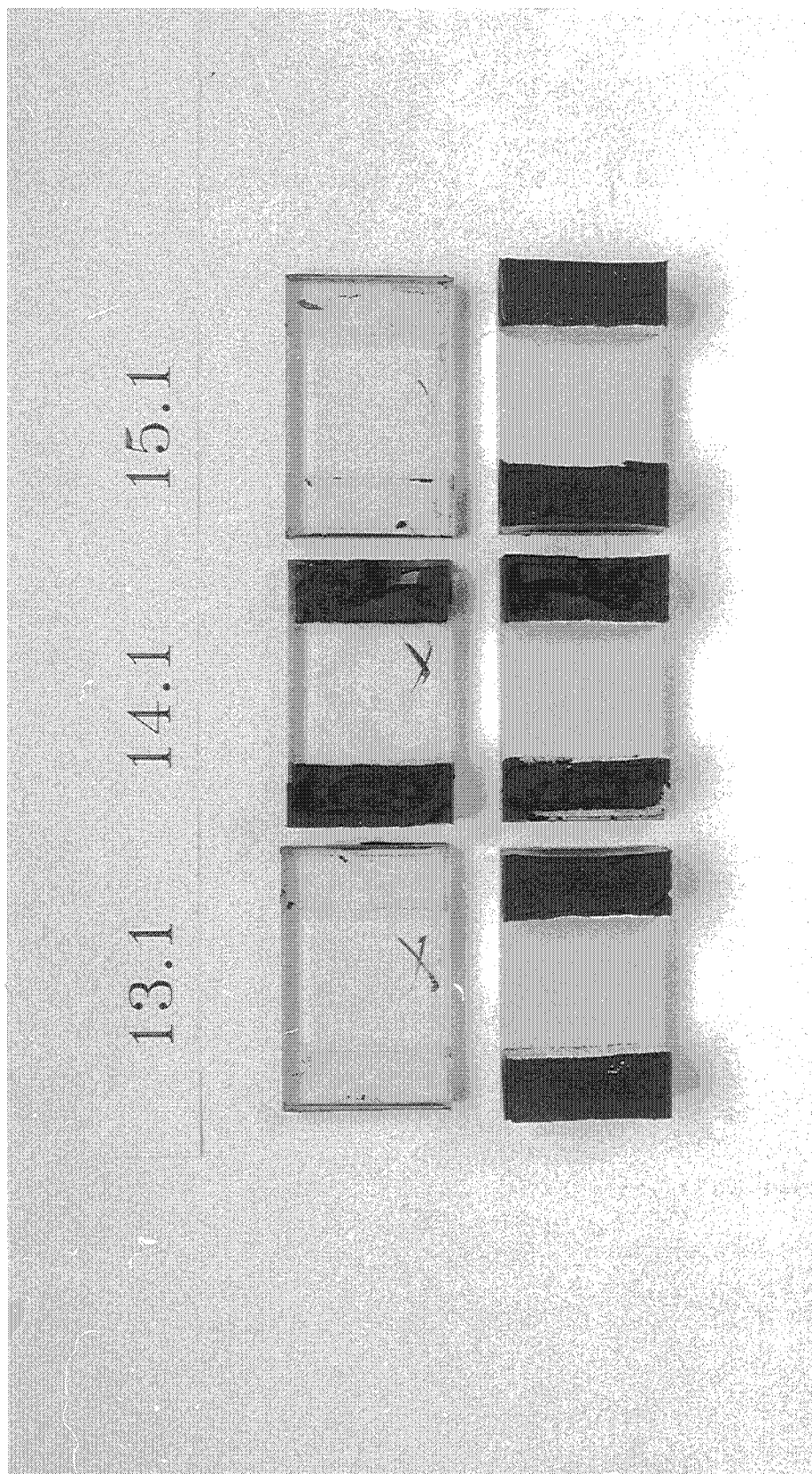


Bild 104: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV4

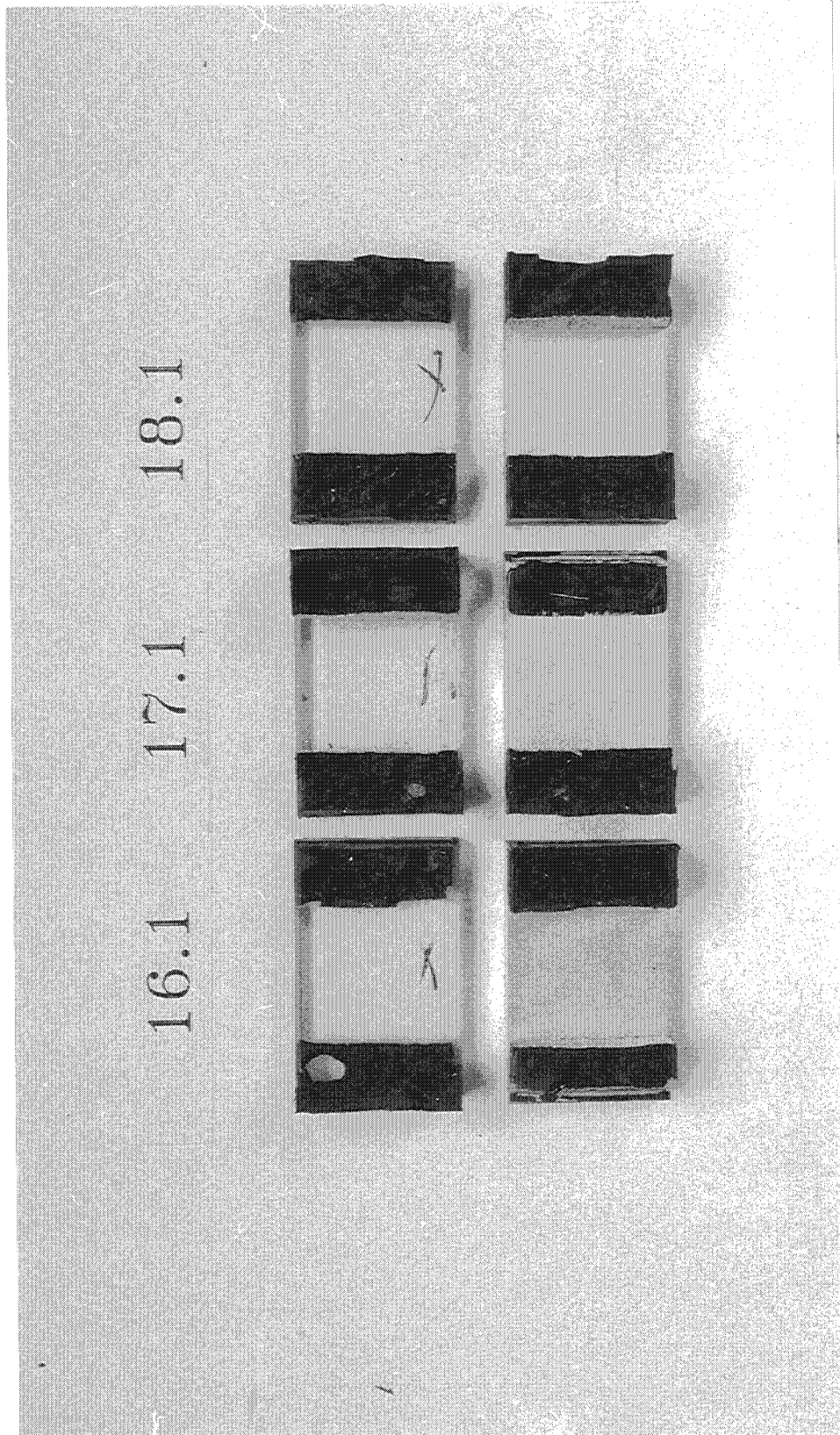


Bild 105: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV5

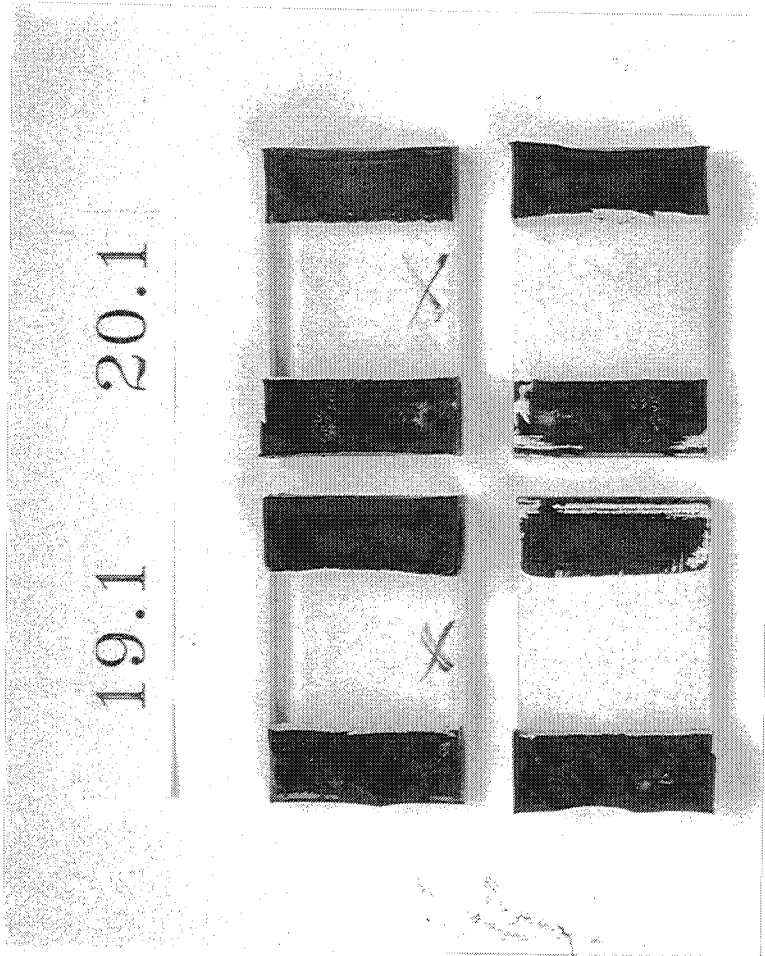


Bild 106: Probekörper nach den Versuchen in Reihe BIV6

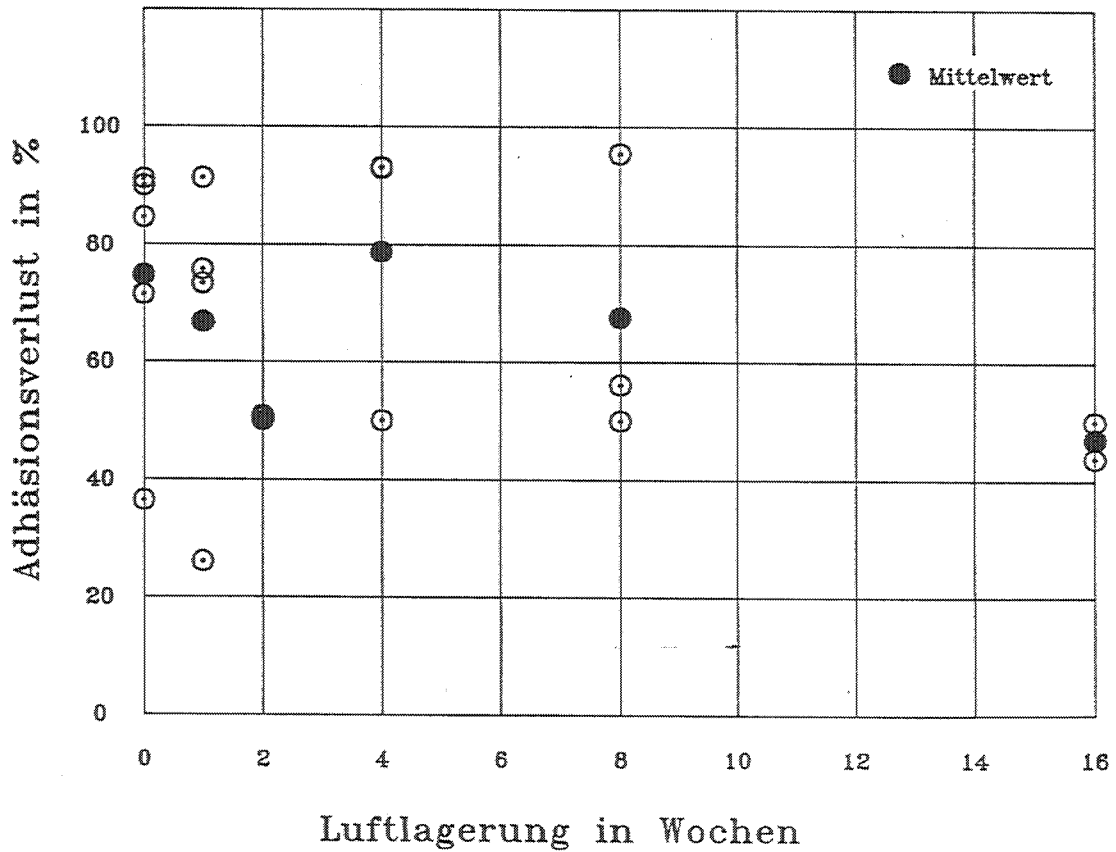
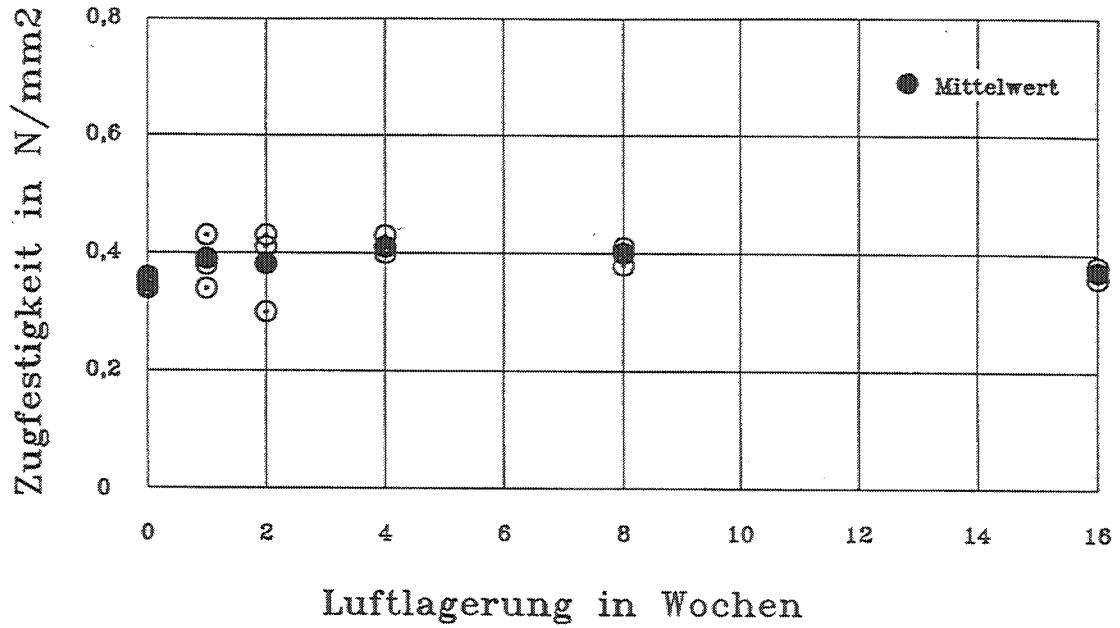


Bild 107: Adhäsionsverlust und Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer an der Luft (1K-Silicon B)

Tabelle 24: Ergebnisse der Versuche ohne Konditionierung
(Mittelwert)

Versuchsreihe	Alter der Proben	Zugfestigkeit
-	Wochen	N/mm ²
AØ1	2	0,97
AØ2	33	1,05
BØ1	1	0,62
BØ2	4	0,61
BØ3	9	0,61
BØ4	48	0,76

Tabelle 25: Ergebnisse der Versuche mit Wasserlagerung
(Mittelwerte)

Versuchsreihe	Wasser- temperatur °C	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
A11	40	3	0,90	1,0
A12	40	6	0,89	2,3
A13	40	12	0,88	6,9
A14	60	1,5	0,89	4,6
A15	60	3	0,87	22,5
A16	60	6,5	0,41	100
A17	80	1	0,91	6,4
A18	80	2	0,88	16,0
A19	80	4	0,68	54,3
B11	40	3	0,53	0
B12	40	6	0,56	0
B13	40	12	0,51	0
B14	60	1,5	0,42	0
B15	60	3	0,44	11,7
B16	60	6,5	0,24	60,6
B17	80	1	0,43	4,5
B18	80	2	0,44	11,0
B19	80	4	0,33	32,2

Tabelle 26: Ergebnisse der Versuche mit Wasserlagerung und anschließender Trocknung an der Luft (Mittelwert)

Lagerung in Wasser 60°C, 6 Wochen, dann Lagerung bei 20°C/50% rel. Luftf.			
Versuchsreihe	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
-			
AII1	0	0,65	75
AII2	1	0,89	62,5
AII3	2	0,97	36,7
AII4	4	1,03	18,5
AII5	8	0,96	21,0
AII6	16	0,95	23,4

Lagerung in Wasser 80°C, 4 Wochen, dann Lagerung bei 20°C/50% rel. Luftf.			
Versuchsreihe	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
-			
AII7	0	0,15	100
AII8	1	0,32	100
AII9	2	0,37	100
AII10	4	0,39	100
AII11	8	0,37	98,7
AII12	16	0,41	96,4

Lagerung in Wasser 60°C, 6 Wochen, dann Lagerung bei 20°C/50% rel. Luftf.			
Versuchsreihe	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
-			
BII1	0	0,35	38,9
BII2	1	0,44	27,3
BII3	2	0,54	23,1
BII4	4	0,60	19,1
BII5	8	0,70	15,3
BII6	16	0,59	10,3

Lagerung in Wasser 80°C, 4 Wochen, dann Lagerung bei 20°C/50% rel. Luftf.			
Versuchsreihe	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
-			
BII7	0	0,12	81
BII8	1	0,17	80
BII9	2	0,25	76,2
BII10	4	0,32	75,7
BII11	8	0,46	77,6
BII12	16	0,47	94,3

Tabelle 27: Ergebnisse der Versuche mit zyklischer Vorbehandlung der Proben (Mittelwerte)

Zyklische Konditionierung
 3 x 6 Wochen Wasserlagerung 60°C
 3 x 4 Wochen Luftlagerung 20°C/50% rel. Luftf.

Versuchsreihe	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
AIII1	0,66	88,4
BIII1	0,53	36,9

Zyklische Konditionierung

3 x 4 Wochen Wasserlagerung 80°C
 3 x 4 Wochen Luftlagerung 20°C/50% rel. Luftf.

Versuchsreihe	weitere Luft- lagerung Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
AIII2	0	0,34	100
AIII3	3	0,35	100
AIII4	6	0,40	99,4
BIII2	0	0,20	95
BIII3	3	0,28	94
BIII4	6	0,30	85,8

Tabelle 28: Ergebnisse der Versuche mit Einkomponentensiliconen
(Mittelwerte)

Einkomponentensilicone Lagerung in Wasser 60°C, 6 Wochen, dann Lagerung bei 20°C/50% rel. Luftf.			
Versuchsreihe	Lagerungs- dauer Wochen	Zugfestigkeit N/mm ²	Adhäsions- verlust %
AIV1	0	0,35	74,7
AIV2	1	0,39	66,7
AIV3	2	0,38	50,5
AIV4	4	0,41	78,7
AIV5	8	0,40	67,5
AIV6	16	0,37	46,9
BIV1	0	0,33	86,6
BIV2	1	0,39	54,2
BIV3	2	0,39	63,7
BIV4	4	0,42	72,8
BIV5	8	0,41	22,7
BIV6	16	0,41	15,8

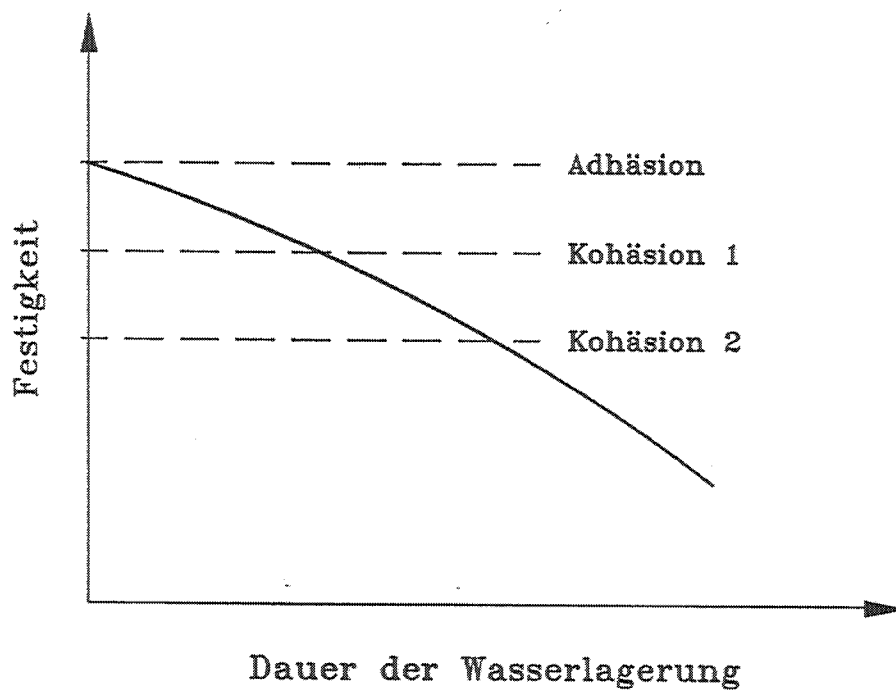


Bild 108: Schematische Darstellung der Auswirkungen des Adhäsionsverlustes durch Wasserlagerung bei Siliconen mit verschiedenen kohäsiven Eigenschaften