



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH
Institut für Reaktorwerkstoffe

**Messung der Verformung und
der Spannungsfreisetzung**

von

W. Reisen, K.A. Stradal

April 1982



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH
Institut für Reaktorwerkstoffe

**Messung der Verformung und
der Spannungsfreisetzung**

von

W. Reisen, K.A. Stradal

April 1982

Messung der Verformung und der Spannungsfreisetzung
an einem bestrahlten Reaktor-Grafitblock

von

W. Reisen, K.-A. Stradal

A b s t r a c t

Zur Messung der durch Bestrahlung im Reaktor (Petten, GS1) entstandenen Spannungen in einem Grafitblock (140 x 200 x 300 mm) werden diese durch schrittweises Zersägen des Blockes freigesetzt und die Dimensionsänderungen gemessen.

Vor dem Zersägen wurde die bestrahlungsinduzierte Verzerrung des Blockes durch Vermessen eines Lochrasters auf dem Block vor und nach der Bestrahlung ermittelt.

Die Vorrichtungen zur Rastermessung, zum Zersägen und zur Messung der Dimensionsänderung werden beschrieben.

Interner Bericht IRW - IB - 4/82

aus dem

Institut für Reaktorwerkstoffe der
Kernforschungsanlage Jülich GmbH.

HEISSE ZELLEN

April 1982

vorgetragen auf dem 21. Treffen der Arbeitsgruppe "Heisse Laboratorien und Fernbedienung" der EG, Mol, Belgien, 10. und 11. Juni 1982

Inhaltsangabe

1. Abstract
2. Einführung
3. Aufbau der Apparatur
 - a) Dimensionsmeßapparatur
 - b) Meß- und Sägeapparatur
4. Erfahrungen und Ergebnisse

2. Einführung

Die bisher bei Reaktorgrafit-Spannungsrechnungen benutzten Werte sind an Kleinproben ermittelt worden. Es ergab sich nun, diese bei Spannungsrechnungen verwendeten Daten durch ein Experiment an einem größeren Block zu überprüfen. Vor allem sollte die Übertragbarkeit der bisher nur über Kleinproben erhaltenen Schrumpf-Werte im Vergleich zu den Dimensionsänderungen eines größeren Blocks geprüft werden.

Dieser Reaktorgrafit-Block "GS1" hat die Dimensionen von 300 x 200 x 140 mm. Das Gewicht beträgt ca. 14,5 kg.

Der Grafritblock wurde bei der Firma Sigri aus einer Elektrode der Sorte AS2-M-500 hergestellt. Alle Seiten wurden mit einem Bohrungsraster (2 mm \emptyset und 2 mm tief) versehen. Ferner erhielt er noch eine durchgehende Bohrung von 6 mm \emptyset im Spannungszentrum und mehrere Bohrungen zur Aufnahme von Flußmonitoren. Vor der Bestrahlung wurden die Hauptabmessungen des Blocks, die Rasterpunktabstände untereinander und die Abstände der Rasterpunkte von den Kanten vermessen. Des weiteren erfolgte eine Vermessung der Rechtwinkligkeit der Seitenflächen zueinander, der Position der 6 mm Bohrung und deren Durchmesser und eine Feinabastung der Seitenflächen. Im Anschluß daran wurden alle Seiten fotografiert. Der Block wurde in einer speziellen Bestrahlungskapsel in Petten bestrahlt. Hier wurden auch nach der Bestrahlung einige Vermessungen durchgeführt, die die äußere Veränderung des Blocks

wiedergeben. Es zeigte sich, daß die wirkliche Schrumpfung von der errechneten stark abwich. In Jülich sollten nun neben der äußeren Form auch die Rasterabstände vermessen werden. Ferner sollten im Block induzierte Spannungen durch schrittweises Zersägen desselben freigesetzt werden und die Formänderung gemessen werden. Die beschriebene Apparatur wurde den geforderten Messungen und Zerlegearbeiten angepaßt.

3. Aufbau der Apparatur

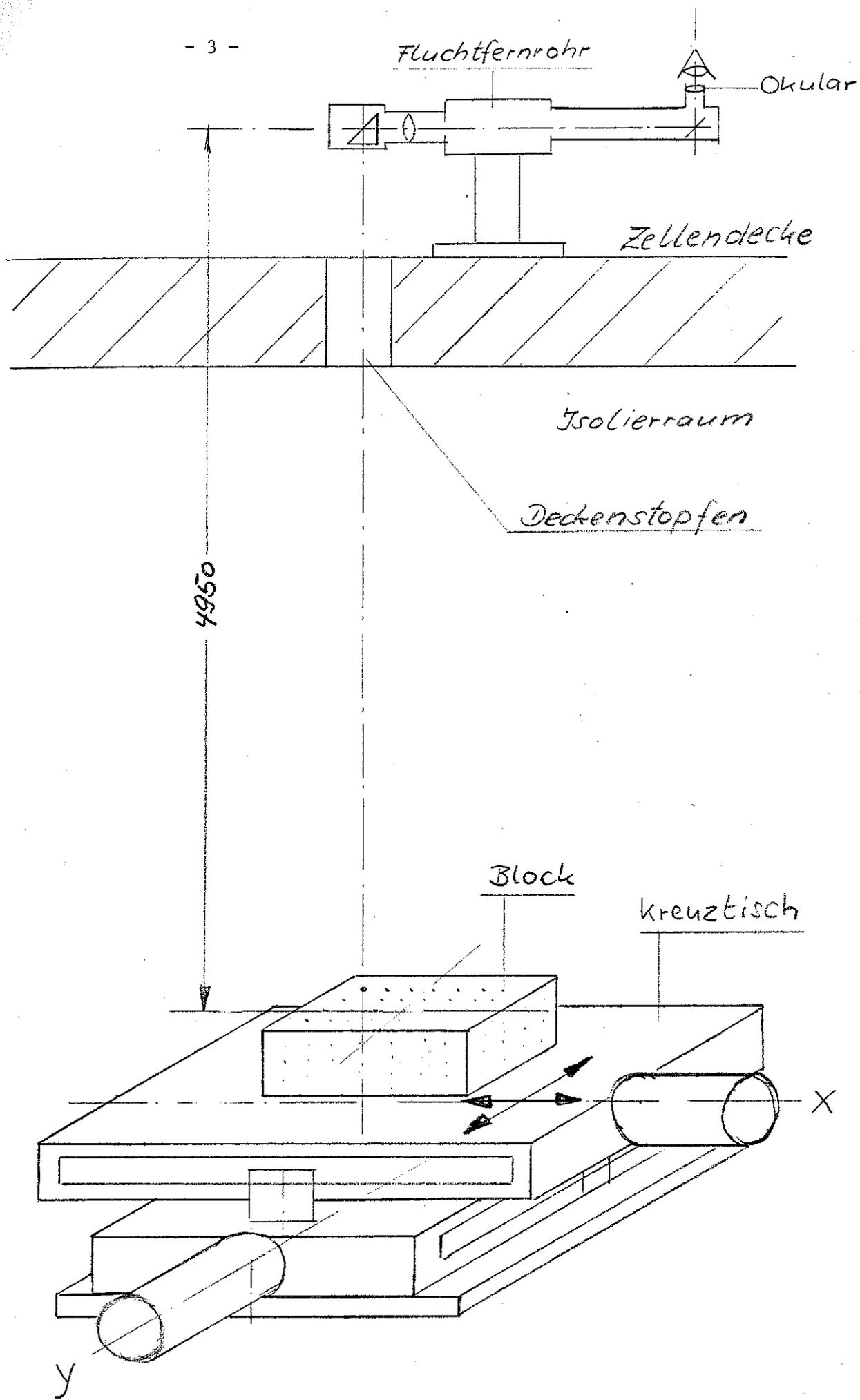
a) Meßapparatur (Bild 1)

Als erster Arbeitsgang sollten die Rasterabstände, die Kantenabstände, Außenmaße und die Lage der 6 mm Ø Bohrung vermessen werden.

Wegen der relativ geringen Strahlung (3 R im Abstand von 10 cm) wurde entschieden, die Nachuntersuchungen in einem Isolierraum der großen Heissen Zellen in Jülich vorzunehmen.

Als steifes, schwingungsarmes Fundament für die Apparatur wurde das Unterteil der ehemaligen Blockmeßmaschine verwendet. Auf dieses Unterteil wurde ein Werkzeugmaschinen-Kreuztisch, ebenfalls zur Blockmeßmaschine gehörend, montiert. Der Tisch konnte über Schrittmotore vom Zellendach aus in x-y-Richtung verfahren werden. Anstelle der im Kreuztisch eingebauten und durch Strahlung beschädigten Grundig induktiven Rotationsgeber wurden für die x- und y-Achse Sony-Digital-Magnetmaßstabeinheiten eingebaut, deren Auflösung 2 µm ist. Die Digital-Ableseeinheit befand sich auf dem Zellendach (Bild 2 + 3). Klemmhalter hielten den Block auf dem Kreuztisch fest.

Ein sich senkrecht über dem Kreuztisch befindender Lampenstopfen wurde entfernt und durch einen Stopfen mit strahlenresistentem, optischem Glas ersetzt. Über diesen Stopfen konnte man mittels eines Fluchtfernrohres den Block anvisieren (Bild 4).



- 3 -

Fluchtfernrohr

Okular

Zellendecke

Isolierraum

Deckenstopfen

4950

Block

Kreuztisch

y

x

Bild 1

Schematische Darstellung
des Meßverfahrens

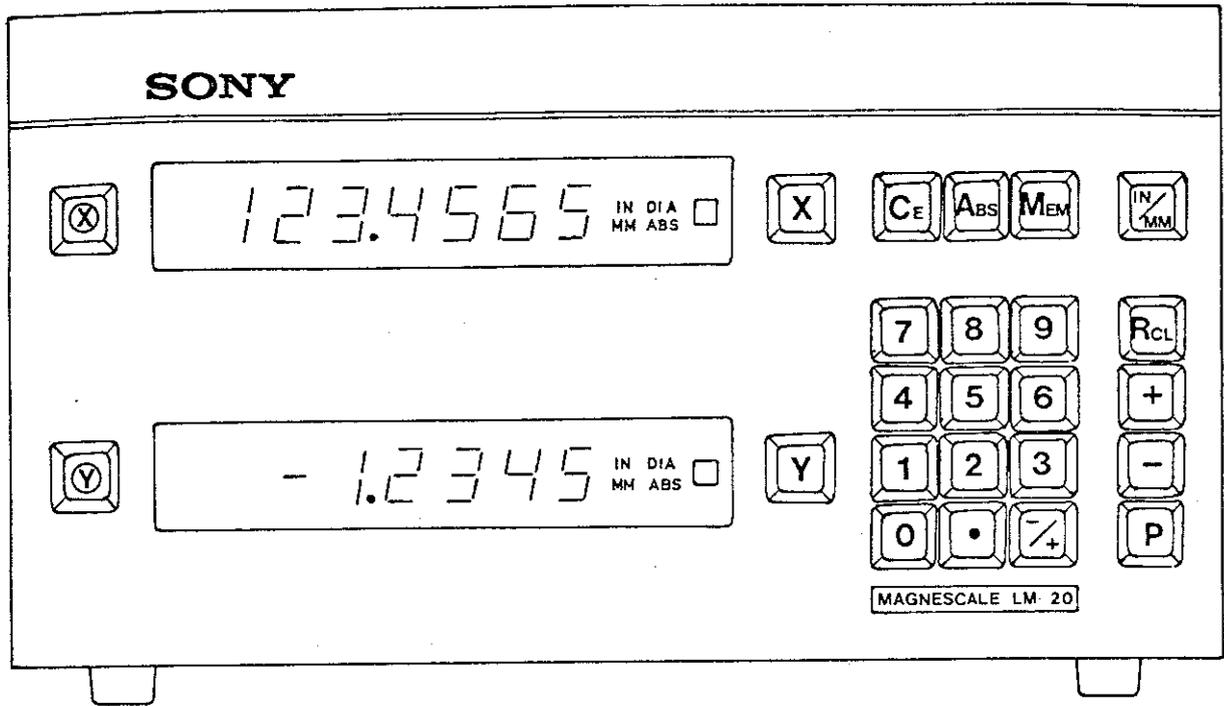


Bild 2 Digitale Anzeigeeinheit

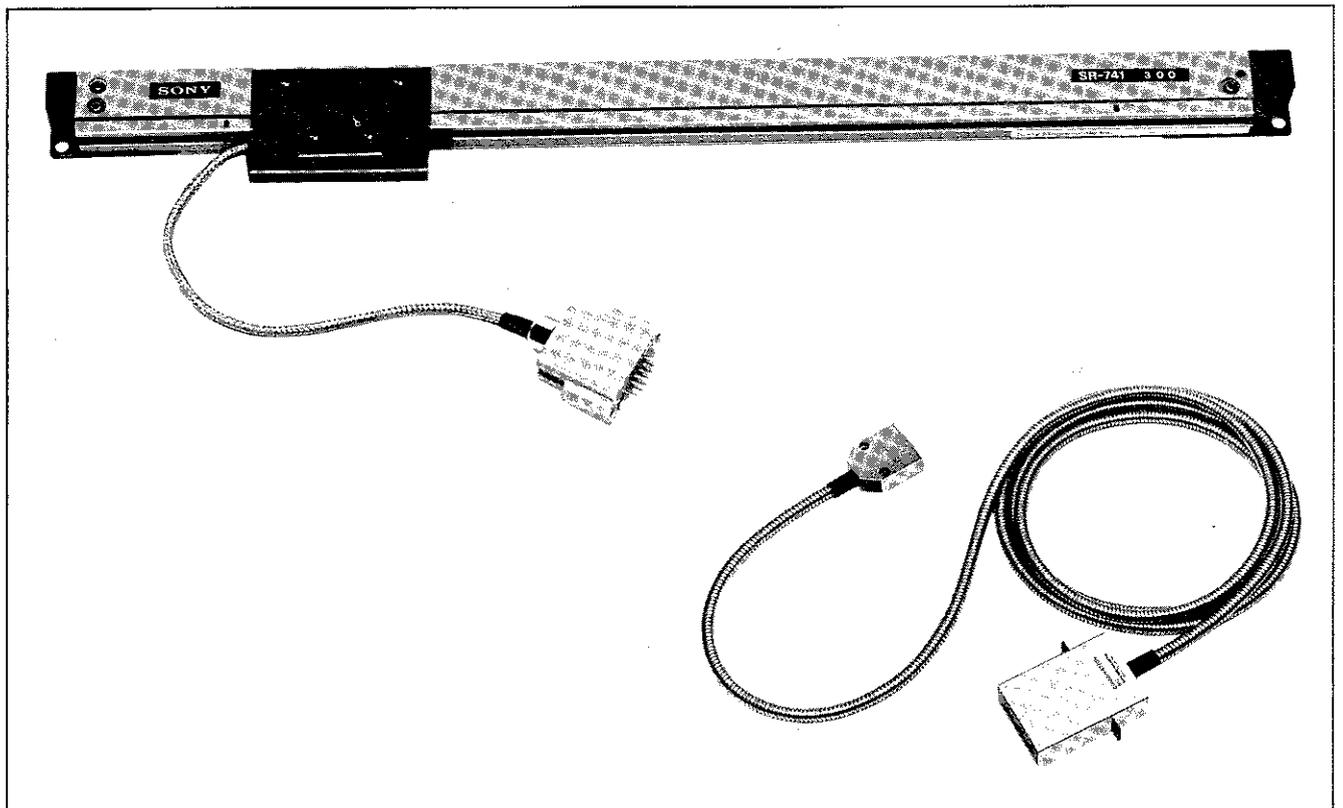


Bild 3 Magnetmaßstab

Die Entfernung zwischen Block und Fluchtfernrohr betrug 4950 mm. Die Reproduzierbarkeit des Anvisiervorganges lag bei Vorvermessungen bei der Fa. Sigri in einem Abstand von 1000 mm bei $\pm 0,02$ mm. Bei Vorvermessungen einer Lehrenplatte in den Heissen Zellen lag sie bei einem Abstand von 4950 mm bei $\pm 0,08$ mm.

Um einer Verwechslung der Blockseiten vorzubeugen, wurden diese mit beschrifteten Etiketten versehen, übereinstimmend mit der Blockseitenabwicklung für die Definition der Rasterbohrungen der Fa. Sigri (Bild 5). Folgende Seiten wurden vermessen: V (Front), L, R, U und H. Ferner wurde die Position der Bohrung $6 \varnothing$ auf der Seite L vermessen.

b) Meß- und Sägeapparatur (Bild 6)

Nach Diskussion zahlreicher Möglichkeiten der Meßverfahren und Zerlegung wurde entschieden, den Block durch zwei Hauptschnitte schrittweise zu trennen und die dabei erwarteten Längenänderungen durch Abtasten mit induktiven Wegaufnehmern zu messen (Schrumpfungen oder Dehnungen).

Die Sägeschnitte sollten mit einer schnell laufenden horizontalen Bandsäge ausgeführt werden. Mit auf der Grundplatte der Bandsäge befand sich eine spezielle Blockhalterung und eine Vorrichtung zur Aufnahme der induktiven Wegaufnehmer (Bild 8).

Die Sony-Taster mit einem Meßweg von 0 - 10 mm hatten eine Auflösung von $\pm 0,001$ mm. Der Meßdruck betrug im horizontalen Einbau 45 ± 10 g. Die serienmäßige Tasterspitze wurde gegen eine halbkugelförmige von 8 mm Radius ausgewechselt. Die digitale Anzeige befand sich außerhalb der Zelle im Bedienungsgang.

Durch Sägeversuche an einer konventionellen Metall-Bandsäge in der Werkstatt der HZ wurden die Schnittgeschwindigkeit und die Sägezahnform ermittelt. Als am geeignetsten erwies sich ein Bandsägeblatt $20 \times 0,8 \times 4$ Zähne/Zoll bei einer Schnittgeschwindigkeit von $v = 1318$ m/min. Es zeigte sich ebenfalls, daß der Grafitstaub sofort nach Austritt des Sägeblattes aus dem Block abgesaugt werden konnte.

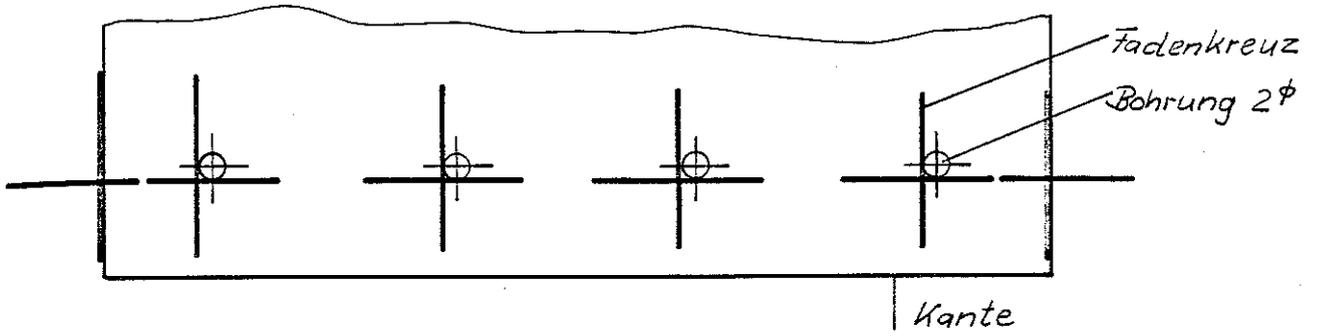


Bild 4 Die Blockkanten und Bohrungen wurden nach obigem Schema angefahren. So wurden die einzelnen Strecken jeweils 5- bzw. 10-mal gemessen.

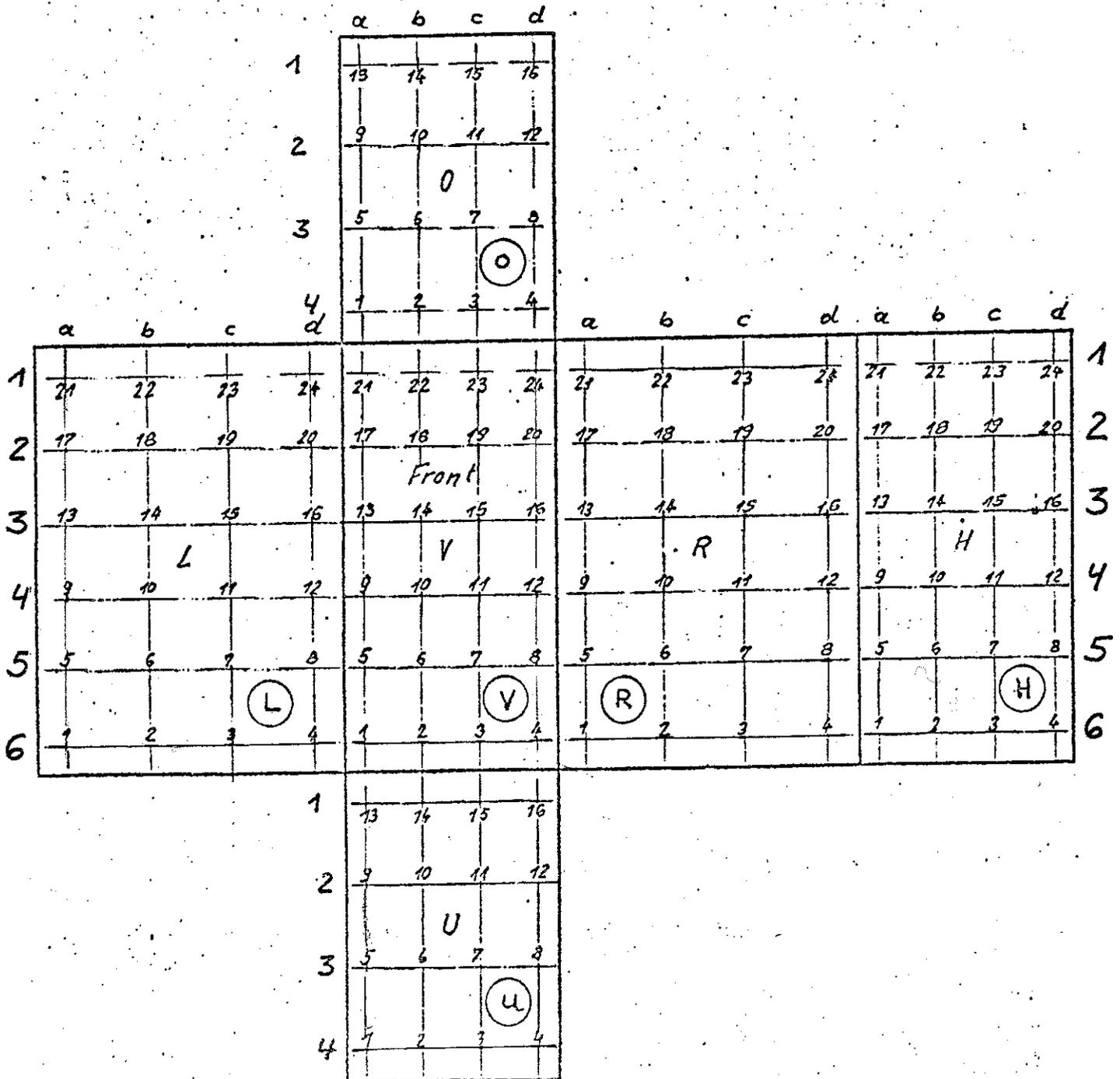


Bild 5 Abwicklung der Blockoberfläche für Definition der Rasterbohrungen

Ein besonderes Problem bildete das Festspannen bzw. Festhalten des Blocks auf der Säge. Einerseits mußte er so festgehalten werden, daß er beim Sägen seine Stellung nicht änderte, andererseits mußte er sich ungehindert zusammenziehen oder ausdehnen können. Folgende Lösung fand bei den Spannungstheoretikern den meisten Anklang: An den beiden Längsseiten des Blocks (L und R) wurde auf Höhe der Bohrung 6 mm \emptyset , in Richtung der Seite 0 aus der Mitte versetzt, jeweils 1 Alu-Halter von 40 x 40 mm Stirnfläche angeklebt. Als Kleber diente ein Schnellklebstoff (X 60) der Fa. Hottinger, der normalerweise zum Ankleben von Dehnungsmeßstreifen verwendet wird. Er besteht aus der pulverförmigen Komponente A und der flüssigen Komponente B. Da kein Festigkeitswert der Verbindung Al - Grafit bekannt war, wurde die Haltbarkeit durch Versuche geprüft.

Die Topfzeit, die normalerweise bei 20°C ca. 5 Min. beträgt, war für fernbedientes Anrühren des Klebers, Aufbringen auf die Stirnseite des Al-Halters und Andrücken desselben an den Grafitblock, zu kurz. Durch Kühlen der flüssigen Komponente auf ca. 0°C konnte die Topfzeit so verlängert werden, daß die Arbeiten ohne Zeitdruck durchgeführt werden konnten. Die Aushärtezeit betrug 12 Std. Zum genauen Ankleben der Al-Halter wurde eine Klebevorrichtung gebaut, in der dieser mit Federdruck gegen den Grafitblock gedrückt wurde. Die Dosierung des Pulvers geschah mittels Meßbecher, das Dosieren der entsprechenden Flüssigkeitsmenge wurde mit einer Pipette bewerkstelligt.

Die Verbindung Al-Halter - Klebstoff - Grafit war so fest, daß bei einer gewaltsamen Trennung der Grafit bis zu 2 mm Tiefe aus dem Block herausbrach. Das Anrühren des Klebers und das Ansetzen der Al-Halter wurde in Mock-up-Versuchen ausgiebig erprobt.

Wenn nun die Al-Halter an den Block angeklebt waren, wurde in diese je eine Haltewelle eingeschraubt, die ihrerseits auf jeder Seite in einem elektrisch beheizten Haltetopf steckten, der mit niedrig schmelzendem Metall (Wood'sche Legierung) gefüllt war. Um die Wärme, die beim Erhitzen der Metallegierung entsteht, nicht auf den Block zu übertragen, wurden die Haltewellen aus Kunststoff mit textiler Einlage gefertigt (Novotex).

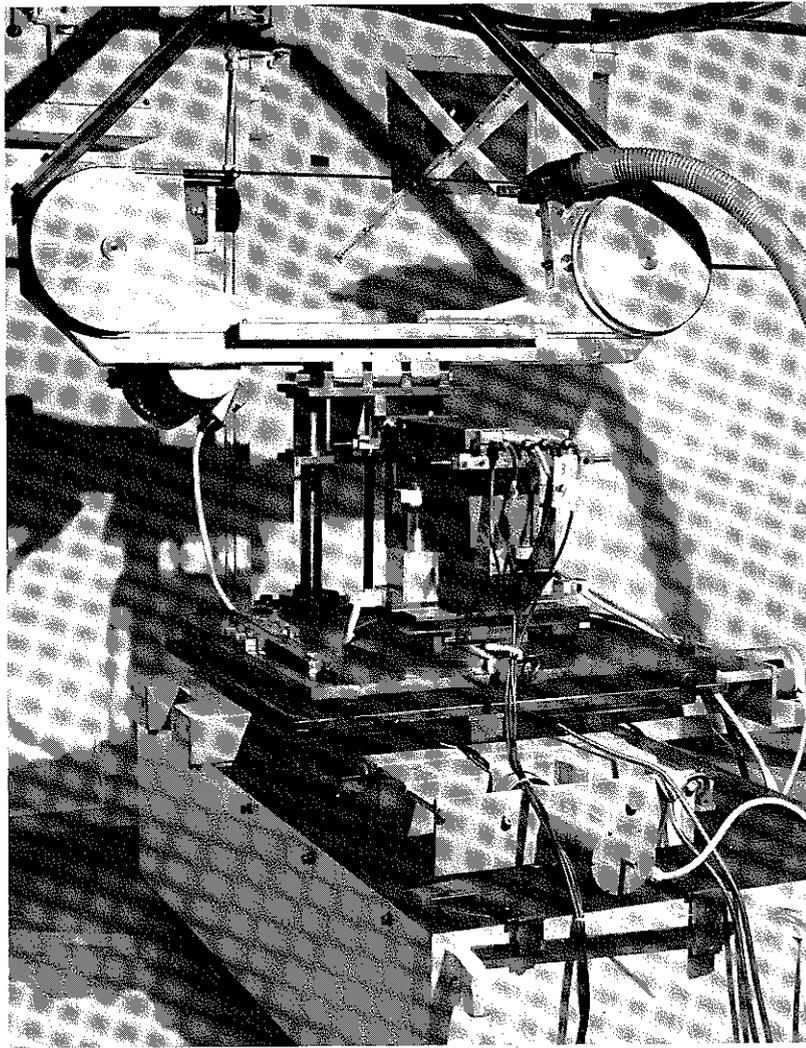


Bild 6 Meß- und Sägeapparatur mit eingespanntem Block

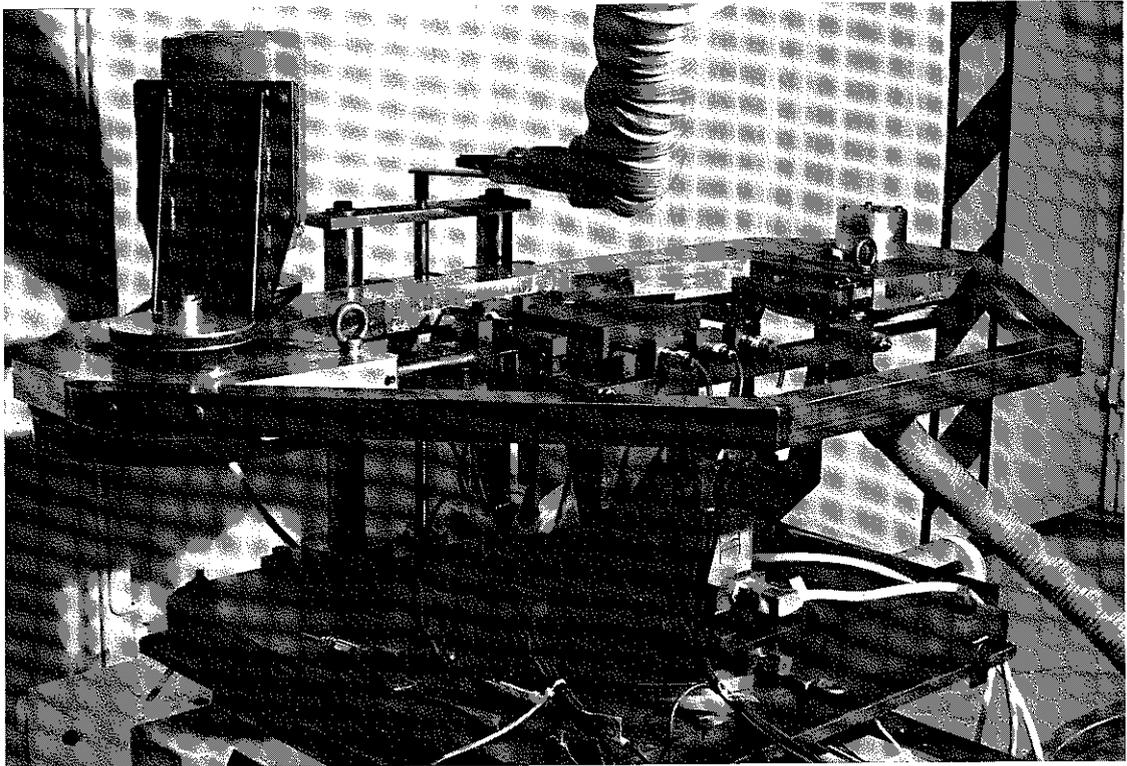


Bild 7 Meß- und Sägeapparatur während des Sägens

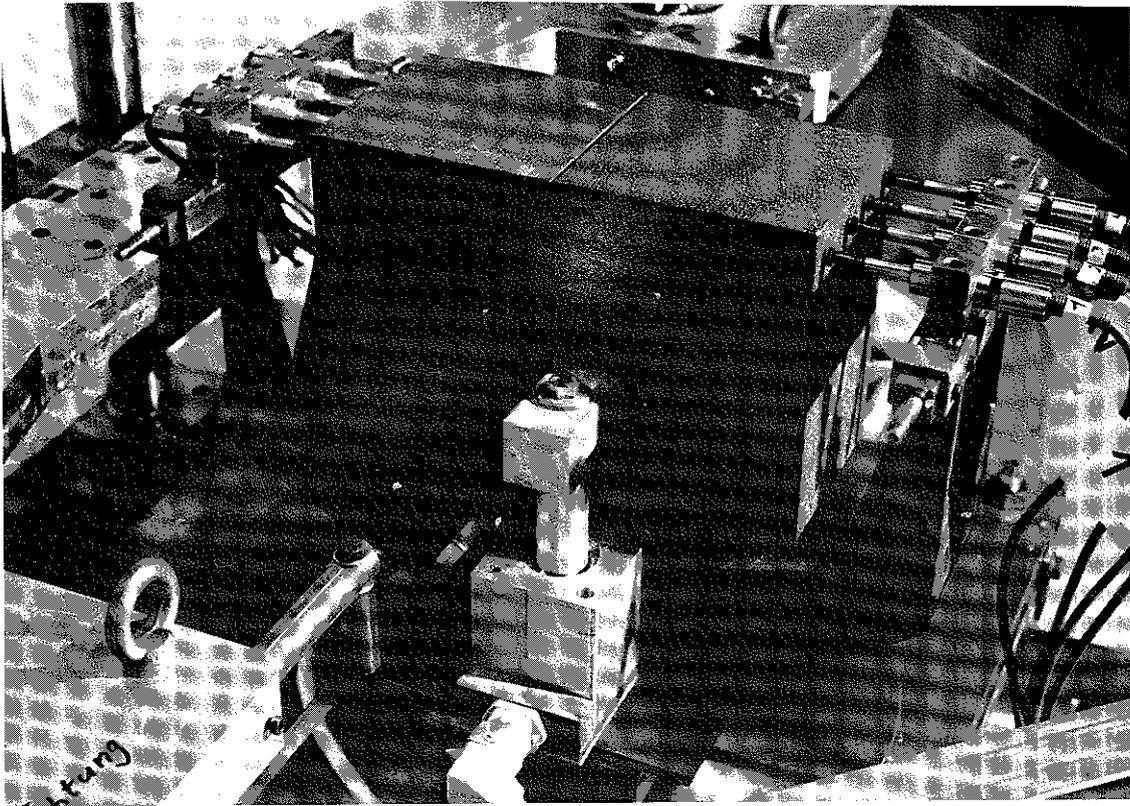


Bild 8 Al-Halter - Haltewelle - Haltetopf - Kreuzschlitten

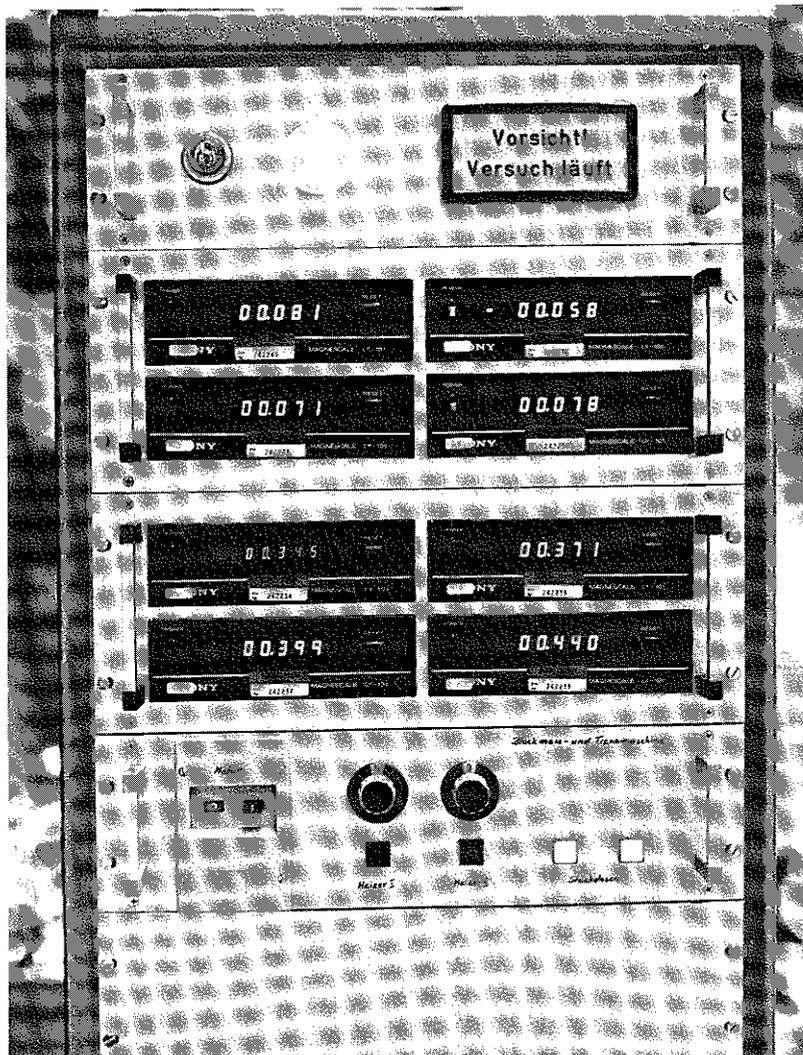


Bild 9 Schaltschrank

Die metallgefüllten Haltetöpfe konnten wahlweise beheizt werden, wodurch sich die beheizte Seite unbehindert bewegen konnte.

Die gesamte Blockhalterung saß auf einem Kreuzschlitten, der mit den Parallel-Manipulatoren verschoben werden konnte.

Die Bandsäge selbst bestand aus einem Al-Bügel mit einem Antriebs- und einem Umlenkrad. Das Antriebsrad wurde von einem E-Motor über Keilriemen angetrieben. Die Länge des Sägebandes betrug ca. 1350 mm.

Der Bandsägebügel war klappbar an einem Hubgestell montiert. Das Hubgestell bestand aus zwei runden Führungssäulen und einer Hubspindel, die mit dem Manipulator über eine Kurbel bedient wurde. Durch die geringe Steigung der Hubspindel von 1,5 mm konnte die Säge feinfühlig bewegt werden.

Da der Hauptstaubanfall natürlich unmittelbar am Austritt des Sägeblattes aus dem Grafitblock auftrat, war dort eine Absaugevorrichtung montiert, an die ein starker Industriestaubsauger über einen armierten Plastikschlauch angeschlossen war. Zwischengeschaltet war noch ein Spezialfilter, welcher sich nach Gebrauch leicht konditionieren läßt. Es ist ein Holzkasten ca. 250 x 250 x 250 mm, in dem sich zur Ansaugeseite hin eine Acelanmatte ca. 15 mm dick mit nachgeschaltetem Feinstfilter befindet. Nach dem Gebrauch werden Saugschlauch und Staubsauger abmontiert und der Filterkasten wird verbrannt.

4. Erfahrungen und Ergebnisse

Die Raster- und die Kantenvermessung mit dem Fluchtfernrohr hat sich gut bewährt. Schwierigkeiten und Unsicherheiten bereitete das Anfahren der Blockkanten, weil die Blockkante im Fernrohr nicht erkannt werden konnte, da die Seiten durch die Schrumpfung keine rechten Winkel mehr zueinander bildeten. Es erschienen Farbsäume. Besondere Aufmerksamkeit erforderte die Bestimmung der gemessenen Abstände, da das Bild im Fluchtfernrohr seitenverkehrt gesehen wurde. Ursprünglich war vorgesehen, die Rasterab-

stände der auf beiden Seiten der Schnitte liegenden Bohrungen zu vermessen, um ein Vergleichsmaß zu den Angaben der Induktivtaster zu erhalten. Der Schrittmotor der Y-Achse des Kreuztisches wurde jedoch defekt und schloß weitere Meßarbeiten aus.

Die Induktiv-Meßtaster bewährten sich gut. Die Länge der Meßleitung zwischen Taster und Anzeigegerät betrug 15 m. Vor dem Einbau in die Zelle war überprüft worden, daß die Leitungslänge keine Meßfehler ergab. Obwohl die Taster im Mock-up und bei den NU-Arbeiten mehrmals fernbedient aus- und eingebaut werden mußten, entstand kein Ausfall.

Die Sägearbeiten ließen sich problemlos durchführen, nachdem die Sägeblätter nicht mehr geschweißt waren, sondern hartgelötet.

Beim Zersägen wurde nach jedem 10 bzw. 5 mm Schritt der Motor abgeschaltet und gewartet, bis das Sägeblatt stillstand, da sich die Schwingungen auf die Taster übertrugen.

Aus Kostengründen wurde beim Aufbau der Apparatur auf vorhandene Teile zurückgegriffen. Es wurde auf einen Farbanstrich verzichtet und die Hubverstellung wurde nicht motorisiert. Dies erwies sich nicht als günstig. Das Hochkurbeln war zeitraubend und der Manipulator wurde dabei stark beansprucht, zumal die Apparatur in der Zelle aus Rücksicht auf die Fluchtfernrohrvermessung ungünstig plaziert werden mußte. Ein Vorteil der Apparatur zeigte sich beim Abbau und Ausschleusen aus der Zelle. Die vier Hauptteile waren schnell demontiert und einzeln ausgeschleust. Die Verschmutzung der Zelle, die vor Beginn der Arbeiten mit Folie ausgekleidet worden war, war geringer als erwartet. Zur Zeit werden die Meßergebnisse in Bezug auf die Spannungen im Block ausgewertet.

Die Ergebnisse der Rastervermessungen sind bereits ausgewertet. Die Untersuchungen bestätigen, daß die gemessenen Schrumpfung nur bei sehr viel höheren Temperaturen als gemessen mit dem Datensatz in Einklang stehen und darüberhinaus, daß der zu verwendende Datensatz wahrscheinlich einfachere Strukturen aufweisen muß.

Nach den Arbeiten, Rastervermessung und Schnittführungen zur Spannungsfreisetzung, wurden noch einige Schnitte ausgeführt, um aus den Blockstücken Proben für Wärmeleitfähigkeitsmessung, Bestimmung des Elastizitätsmoduls und des Wärmeausdehnungskoeffizienten sowie des speziellen elektrischen Widerstandes zu entnehmen.