

**Berichte der
Österreichischen Studiengesellschaft
für Atomenergie Ges. m. b. H.**

Forschungszentrum Seibersdorf

BILDVERSTÄRKERANLAGE FÜR DAS SIEMENS-DURCHSTRAHLUNGS-
ELEKTRONENMIKROSKOP ELMISKOP I

GERHARD GROBOTH
ERWIN M. HÖRL

BILDERSTÄRKERANLAGE FÜR DAS SIEMENS-DURCH-
STRAHLUNGSELEKTRONENMIKROSKOP ELMISKOP I

Gerhard Groboth
Erwin M. Hörl

Arbeitsbericht

Österreichische
Studiengesellschaft für Atomenergie
Ges.m.b.H.,
Lenaugasse 10 A-1082 Wien
Forschungszentrum Seibersdorf
Institut für Metallurgie

Einleitung

Um am Endbildschirm eines Durchstrahlungselektronenmikroskops das Bild visuell beobachten zu können, benötigt man für die kommerziell erhältlichen Leuchtsubstanzen Stromdichten der Größenordnung 10^{-9} bis 10^{-8} A/cm². Verwendet man zur Beleuchtung des Objekts lediglich Kondensator 2, so betragen für die angeführten Stromdichten am Endbildschirm die Bestrahlungsstromdichten an der Probe bis zu 1 A/cm². Bei solch relativ hohen Stromdichten wird durch den Energieverlust der Elektronen im Objekt dieses bereits ziemlich stark erwärmt. Damit aber bei Untersuchungen mit der Heliumkühleinrichtung die Probe bis zu Temperaturen um und unter 4,2 K abgekühlt werden kann, sind derartige Erwärmungen des Objekts unbedingt zu vermeiden.

Grundsätzlich kann natürlich die Objekterwärmung sehr stark reduziert werden, wenn man beide Kondensatorlinsen verwendet und mit dem Feinstrahl nur eine kleine Fläche des Objekts beleuchtet. Bei Verwendung der Objektkühleinrichtung ist dies jedoch aus justier- und bedienungstechnischen Gründen schwer möglich.

Es wurde daher zur Lösung dieses Problems eine Bildverstärkeranlage gebaut, die im folgenden beschrieben wird. Die Erwärmung des Objekts durch Bestrahlung wurde dadurch auf ein Minimum reduziert. Die Strahlstromdichte am Durchsichtleuchtschirm betrug bei nachträglicher Verstärkung des Bildes nur noch 10^{-12} bis 10^{-13} A/cm².

Diese Bildverstärkeranlage zeichnet sich bei Selbstanfertigung durch sehr geringe Gestehungskosten aus. Sie betragen ca. S 220.000,-, eine Summe, die gegenüber käuflichen Anlagen sehr gering ist.

Aufbau der Anlage

Den schematischen Aufbau der gesamten Anlage zeigt Abb.1.

Um das elektronenmikroskopische Endbild verstärken zu können, muß es auf der Eingangsphotokathode des Bildverstärkers abgebildet werden. Für diesen Zweck wird es auf einem unter dem Endbildschirm des Mikroskops befindlichen Durchsichtleuchtschirm erzeugt und dann mit einer lichtstarken Optik auf der Eingangsphotokathode der Verstärkerröhre abgebildet. Der Durchsichtleuchtschirm dient gleichzeitig zur vakuummäßigen Abdichtung des Mikroskops. Bei Betrieb

der Anlage muß daher der Endbildschirm des Mikroskops hochgeklappt werden. Als Abbildungsoptik wird ein Nikkorobjektiv $f = 2,8, 75 \text{ mm}$, 55° Bildwinkel verwendet.

Da die Verstärkerröhre aus Platzgründen nicht senkrecht montiert werden kann, muß zwischen Abbildungsoptik und der waagrecht montierten Bildverstärkerröhre ein Umlenkspiegel eingebaut werden. Die Bildverstärkerröhre ist vierstufig, Typ 9694, Fa. EMI. An der Frontplatte dieser Verstärkerröhre wird ein Flansch mit Gewindebohrung befestigt. Mittels eines Gewindestiftes, der sich an der vorderen Halteplatte abstützt, kann die Bildverstärkerröhre um $\pm 5 \text{ mm}$ verschoben werden, um sie optisch zu justieren, das heißt, um die Eingangsphotokathode in die Abbildungsebene der Abbildungsoptik zu bringen.

Die Bildverstärkerröhre ist mit Silikonkautschuk in ein Hartpapierrohr eingegossen. Der oben erwähnte Gewindeflansch kann also weder angeschraubt noch aufgeklebt werden. Zur Befestigung wurde er mit einem auf der Ausgangsseite aufgesteckten Flansch durch Nylonfäden verspannt.

Die Bildverstärkerröhre ist in die Fokussierungsspule, die ein maximales Feld von 500 Gauß erzeugen kann, eingeschoben. Die Wasserkühlung der Spule liegt in Serie mit der Kühlung des Elektronenmikroskops. Durch einen Wasserwächter ist die Anlage geschützt. Bei einem eventuellen Wasserausfall werden die Stromversorgung der Spule sowie die Hochspannung der Verstärkerröhre abgeschaltet. Die Spule mit der Verstärkerröhre ist mit Halteplatten auf der Grundplatte montiert, diese ist wiederum am Stativ des Mikroskops angebaut.

Vom Ausgangsleuchtschirm der Verstärkerröhre wird das Bild mit einer handelsüblichen Fernsehkamera Philips EL 8000/01/12, Vidokon Typ 7735A, Beaulieu-Optik 1:0,95 $f = 25 \text{ mm}$ aufgenommen und kann an einem Monitor betrachtet werden. Zur Vermeidung von störenden Einflüssen des Magnetfeldes der Fokussierungsspule auf das Vidokon ist die Fernsehkamera mit einer magnetischen Abschirmung umhüllt. In dieser Ausführung dient die Bildverstärkeranlage lediglich zur Beobachtung des Bildes, Photoaufnahmen werden weiterhin mit der Reihenaufnahmekassette des Elektronenmikroskops gemacht. Zur Bildaufzeichnung müssen die Platten aber einige Minuten lang belichtet werden. Damit die belichteten Platten jedoch nicht den Durchsichtleucht-

schirm verdecken, müssen sie aus dem Strahlengang gezogen werden. Anstelle der Tür der Reihenaufnahmekassette wird dann ein vakuumdichter Behälter für die belichteten Platten angebracht. Von diesem Plattenbehälter reichen zwei Führungsschienen in die Plattenwechseleinrichtung. Jede belichtete Platte kann auf diesen Führungsschienen mit einem Schieber in den Plattenbehälter gebracht werden.

Um den Lichtintensitätsgewinn auch bei der Bildaufzeichnung ausnützen zu können, kann die Anlage dazu jederzeit umgerüstet werden. Für diesen Zweck wird nach dem Ausgangsleuchtschirm der Verstärkerröhre ein umklappbarer Spiegel befestigt, sodaß der Ausgangsleuchtschirm entweder mit der TV-Kamera betrachtet oder mittels einer Kleinbildkamera photographiert werden kann.

In Bedienungsnahe des Mikroskops befindet sich in einem Rack der Betrachtungsmonitor (Philips 32 cm HF Sichtgerät mit Videoeingang), das Hochspannungsversorgungsgerät für die Verstärkerröhre (Brandenburg Modell 905, 6 - 60 kV, positiv), der Hochspannungsteiler und das Stromversorgungsgerät für die Fokussierungsspule (Power Supply P1912, Roband Electronics 2 - 10 A, 100 V DC). Abbildung 2 zeigt die eingebaute Bildverstärkeranlage mit allen Bedienungsgeräten.

Umbau des Mikroskops und Einbau der Anlage

Unter der Tischplatte des Mikroskops befindet sich der Bedienungskasten mit den meisten Bedienungselementen für das Mikroskop. Dieser Bedienungskasten mußte entfernt werden. Er wurde in Bedienungsnahe seitlich an dem oben erwähnten Rack montiert. Die elektrischen Anschlußleitungen mußten verlängert und zu einem Strang vereint werden, der zum Bedienungskasten führt.

Um den Durchsichtleuchtschirm montieren zu können, mußten in den Boden der Plattenschleuse und in den Mikroskoptisch, der die gesamte Säule trägt, ein Loch gebohrt werden. Dazu war es notwendig, die Mikroskopsäule abzubauen, die Plattenschleuse zu zerlegen und den Mikroskoptisch vom Stativ abzumontieren. Nach dem Bohren des Loches und Herstellung der Dichtflächen wurden Mikroskoptisch und Säule wieder aufgebaut. Dabei war es wichtig, darauf zu achten, daß der Mikroskoptisch wieder genau horizontal montiert wurde.

Damit der Elektronenstrahl den Durchsichtleuchtschirm trifft, mußten in den Schieber an der Oberseite und in die Grundplatte der Plattenwechsel-

einrichtung ebenfalls Ausnehmungen von 60 mm Durchmesser gebohrt werden.

Als Trägerplatte für den Durchsichtleuchtschirm wurde ein strahlenresistentes Schutzglas (cerstabilisiert, Schott RS 253G) von 12 mm Stärke verwendet. Da in der Bildverstärkerröhre als Leuchtsubstanz silberaktiviertes Zinksulphid verwendet wurde, wurde beim Durchsichtleuchtschirm der gleiche Leuchtstoff (JEDEC Nr. P11, Emissionsmaximum bei 460 nm, mittelkurze Nachleuchtdauer [0,01 - 1 msec.] der Firma H. Stamm, Gräfelfing) verwendet. Als günstig ergab sich eine Massendicke der Leuchtmassenbelegung von 6 mg/cm^2 . Die Schirmdicke ist dann 15μ .

Die Leuchtsubstanz wurde auf die Glasplatte aufsedimentiert. Dazu wurden zwei Tropfen (ca. $35 \mu\text{l}$) 4%ige Collodiumlösung (1 g Schießbaumwolle auf 25 g Amylacetat) und ca. 2,5 ml 0,2%ige Formvarlösung (gelöst in 1,2 Dichloräthylen) in 90 cm^3 Äther eingetropft und gut vermischt. In diese Lösung wurden dann 0,4 g Leuchtsubstanz mit einem Glasstab eingerührt. Die Glasplatte wurde in eine Schale von ca. 95 mm Durchmesser und einer geeigneten Vertiefung für die Platte gelegt und darauf vorsichtig die Suspension geleert. Nach 30 bis 60 Minuten Sedimentieren wurde die Flüssigkeit bis auf einen kleinen Rest, den man verdunsten ließ, abgehebert. Nach 24 Stunden Trocknungszeit wurde der Leuchtschirm zur Verbesserung der Lichtausbeute mit einer ca. 1μ dicken Aluminiumschicht bedampft. Der auf diese Art hergestellte Durchsichtleuchtschirm wurde in einem Haltering aus Messing geklebt und dann mit einem Tubus an den Mikroskoptisch geschraubt.

Wie erwähnt, konnte die Bildverstärkerröhre aus Platzgründen nicht direkt unter dem Leuchtschirm montiert werden. Das Licht vom Durchsichtleuchtschirm mußte deswegen mit einem Spiegel zur waagrecht befestigten Bildverstärkerröhre umgelenkt werden. Dadurch ergab sich vom Durchsichtleuchtschirm zur Eingangsphtokathode des Bildverstärkers ein Weg von ca. 310 mm. Der ausnutzbare Durchmesser des Durchsichtleuchtschirms beträgt 50 mm, der der Photokathode der Verstärkerröhre 48 mm. Als Abbildungsoptik mußte daher ein Linsensystem verwendet werden, das bei dieser gegebenen Entfernung möglichst lichtstark und verzerrungsfrei annähernd 1:1 abbilden konnte. Auf einer optischen Bank wurden handelsübliche Photooptiken verschiedener Firmen (Zeiss Planar 4/50 mm, Pancolar 2/50 mm, Rodagon 5,6/50 mm usw.) für diesen Zweck getestet. Am günstigsten erwies sich das schon oben erwähnte Nikkorobjektiv für die Bronika S2. Alle Halteplatten, Optikhalterungen und Tuben

wurden miteinander lichtdicht verbunden und zur Vermeidung von Streulicht und Reflexionen an der Innenseite geschwärzt.

Ergebnisse

Da aus finanziellen Gründen nur eine Bildverstärkerröhre zweiter Qualität gekauft werden konnte, sind Rauschen und Dunkelstrom relativ hoch. Die Anlage eignet sich jedoch bestens zu Routineuntersuchungen und laufenden Kontrolle der Bildfokussierung, besonders bei Verwendung der Heliumkühl-einrichtung.

Quantitative Lichtmessungen wurden noch nicht durchgeführt, der Gewinn an Flächenhelligkeit ist schätzungsweise etwa 1000 fach. Bei Betrieb der Bildverstärkerröhre mit ca. 35 kV liefert der Fernsehmonitor ein Bild mit einer Helligkeit die ausreicht, alle Objektdetails klar zu sehen. Am Endbildschirm des Mikroskops kann dagegen auch bei dunkel adaptiertem Auge das Bild visuell nicht beobachtet werden. Da die Verstärkerröhre mit bis zu 45 kV Strahlspannung betrieben werden kann, wäre eine noch weitere Helligkeitssteigerung des Monitorbildes möglich.

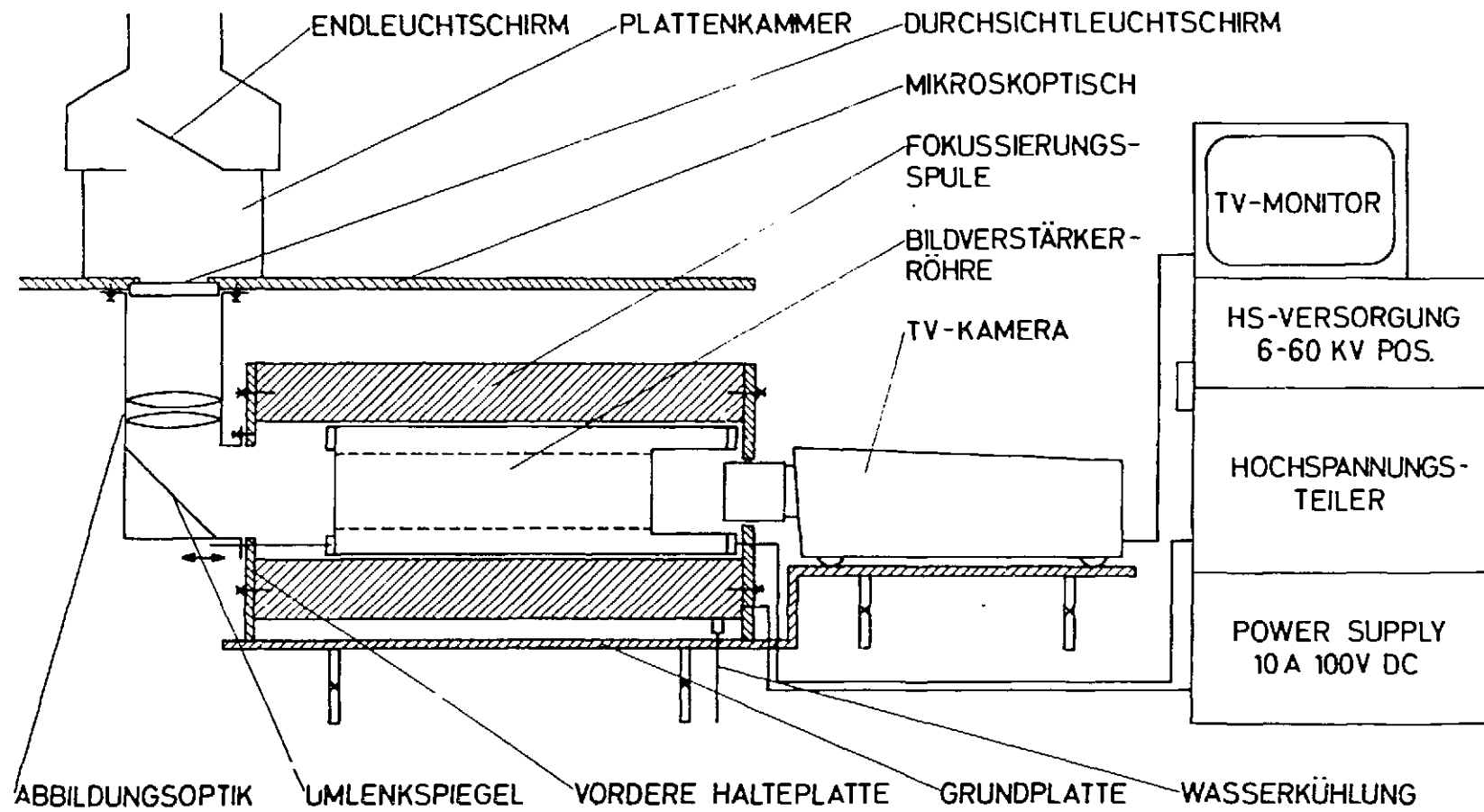


Abb.1. Aufbau der Bildverstärkeranlage

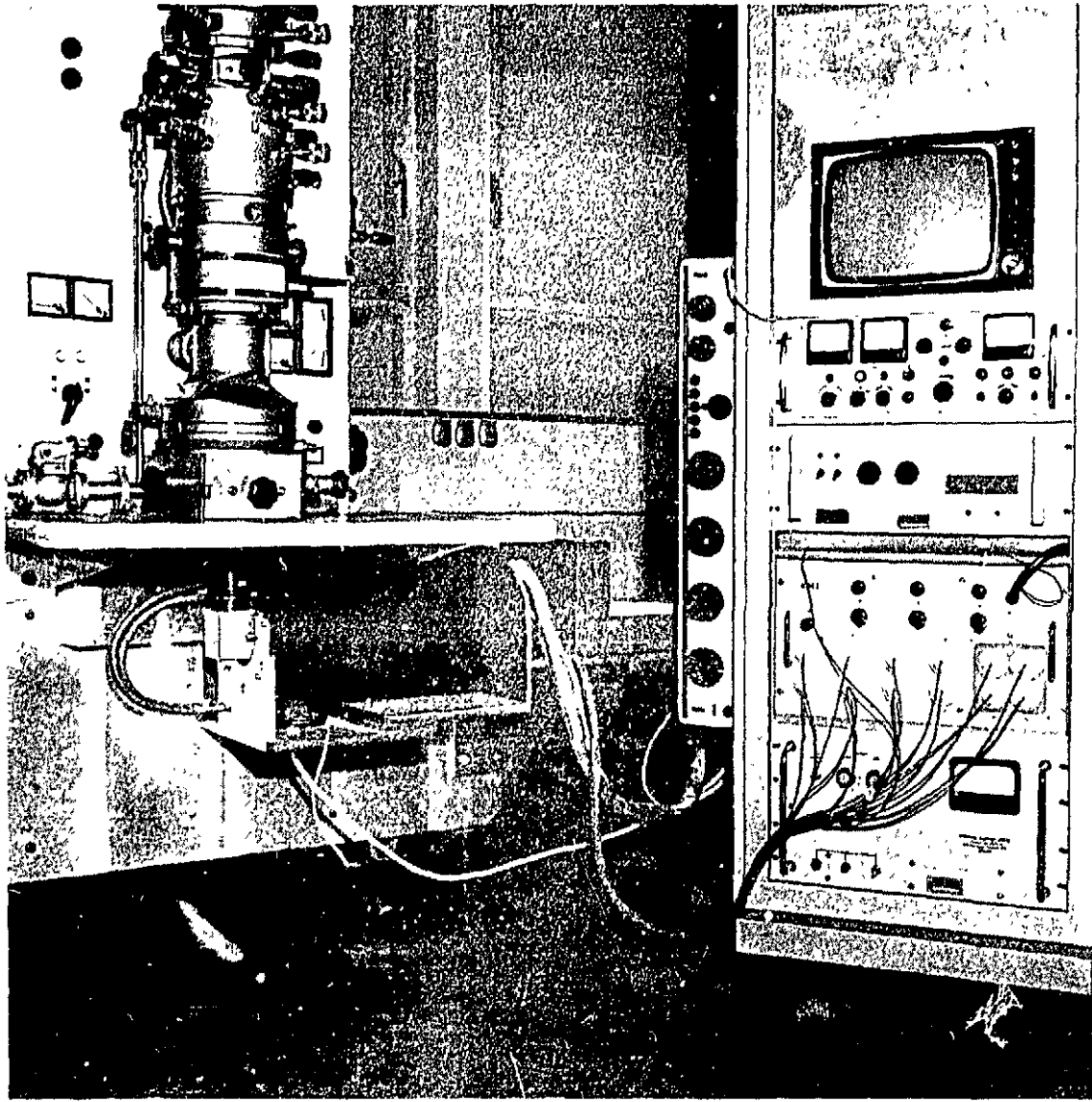


Abb. 1. Aufbau des 100-MHz-100-MW-Induktorenkopfs

SGAE-Berichte

Eigentümer, Herausgeber, Verleger und Druck:

Österreichische Studiengesellschaft für Atomenergie Ges.m.b.H.

Nach dem Pressegesetz verantwortlich: Prof. Dr. Hans GRÜMM,
alle Lenaugasse 10, 1082 Wien, Tel. (0222) 42 75 11, Telex 7-5400.

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.