

Technical University of Denmark



## Eine ultraschnelle Rohrpostanlage zur Neutronen-aktivierungsanalyse

Forskningscenter Risø, Roskilde

*Publication date:*  
1978

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Westermann, J. (1978). Eine ultraschnelle Rohrpostanlage zur Neutronen-aktivierungsanalyse. (Risø-M; No. 2104).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

<p>Title and author(s)</p> <p style="text-align: center;"><b>EINE ULTRASCHNELLE ROHRPOSTANLAGE ZUR NEUTRONEN-AKTIVIERUNGSANALYSE</b></p> <p style="text-align: center;">von</p> <p style="text-align: center;"><b>J. Westermann</b></p>	<p>Date April 1978</p> <hr/> <p>Department or group</p> <p style="text-align: center;">Engineering</p> <hr/> <p>Group's own registration number(s)</p>
<p style="text-align: center;">7 pages +      tables +      7 illustrations</p>	
<p><b>Abstract</b></p> <p>Zur Untersuchung kurzlebiger Radionuklide am Forschungsreaktor DR 3 ist eine Ultraschnelle Rohrpostanlage entwickelt worden. Umfassende Modellversuche um wichtige Konstruktionseinzelheiten festzulegen sind ausgeführt worden.</p> <p>Die maximale Transportgeschwindigkeit ist über 300 m/s damit Transportzeiten von weniger als 30 ms erreicht werden. Die Bestrahlungszeit ist minimal 30 ms.</p> <p>Das System arbeitet automatisch und wird von einem Micro-computer gesteuert.</p> <p>Spezifische Merkmale der Anlage sind die Messung von Transportzeiten und Bestrahlungszeiten sowie das grosse Volumen der Transportkapsel. Die Bestrahlungszeiten und Transportzeiten werden mit einem schnellen Druckaufnehmer gemessen. Mittels der gemessenen Druckwellen am Ort der Bestrahlungsposition beim Einschuss und Ausschuss können die Bestrahlungszeiten mit <math>\pm 0.5</math> ms und die Transportzeiten mit <math>\pm 0.4</math> ms bestimmt werden. Die Transportkapsel <math>\varnothing 16 \times 60</math> mm ist aus Polyäthylen hergestellt.</p> <p>Die Meßkammer ist für Messung <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-strahlender Nuklide ausgelegt.</p> <p>Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory (Risø Bibliotek, Forsøgsanlæg Risø), DK-4000 Roskilde, Denmark Telephone: (03) 35 51 01, ext. 334, telex: 43116</p>	<p><b>Copies to</b></p>

**ISBN 87-550-0552-7**  
**ISSN 0418-6435**

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG .....	1
2. BESTRAHLUNGSTYP .....	1
3. BESCHREIBUNG DES TRANSPORTSYSTEMES .....	2
3.1 Daten .....	2
3.2 Funktionsbeschreibung .....	2
3.3 Mechanischer Aufbau .....	4
3.3.1 Bestrahlungseinrichtung .....	4
3.3.2 Aussenaufbauten .....	5
3.4 Elektrische Steuerung .....	5
3.5 Zeitmessung .....	6
3.6 Schlußbemerkungen .....	7

### ABBILDUNGEN

- Abb. 1: Senkrecht Schnitt durch DR 3
- Abb. 2: Schem der Anlage
- Abb. 3: Bestrahlungseinrichtung
- Abb. 4: Aussenaufbau
- Abb. 5: Steuerung der Anlage
- Abb. 6: Druckverlauf beim Einschuß und Ausschuß
- Abb. 7: Schem der Steuerung und Zeitmessung im Modell

## 1. EINLEITUNG

Für die Neutronen-Aktivierungsanalyse mit kurzlebigen Radionuklide ist es notwendig ein schnelles Fördersystem von der Bestrahlungsposition bis zur Meßposition zu benützen weil sonst ein erheblicher Teil der Kurzlebigen Aktivität bereits abgeklungen ist bevor die Messung beginnen kann.

Wir haben daher ein schnelles pneumatisches Rohrpostsystem entwickelt. Der Rückschuß der Transportkapsel nach der Bestrahlung erfolgt durch ein einstellbaren Druckstoß. Im System wird Stickstoff,  $N_2$ , als Treibmittel verwendet.

Die Transportgeschwindigkeit kommt über 300 ms, damit Transportzeiten von weniger als 30 ms erreicht werden. Die Bestrahlungszeit ist einstellbar minimal bis 30 ms.

Die Transportzeit und Bestrahlungszeit werden mittels der Druckwelle im Transportrohr am Ort der Bestrahlungsposition beim Einschuß und Ausschuß der Bestrahlungskapsel gemessen. Der Druckverlauf wird mit einem schnellen Druckaufnehmer ausser Reaktor gemessen.

Mit diesem System, das bereits von uns entwickelt worden ist, können die Bestrahlungszeiten mit  $\pm 0.5$  ms und die Transportzeiten mit  $\pm 0.4$  ms bestimmt werden.

Die Bestrahlungskapsel aus Polyäthylen ist absolut dicht verschweißt und widersteht den Beanspruchungen beim Bremsen aus der Schallgeschwindigkeit.

Das System wird von einem Microcomputer gesteuert und ist voll automatisiert. Es können Einzel- sowie Serienbestrahlungen vorgenommen werden.

Ferner, werden sämtliche zur Auswertung benötigten Daten wie Bestrahlungszeit, Transportzeit, Wartezeit, Nummer der Bestrahlung sowie der Zeitpunkt des Maßbeginns registriert.

## 2. BESTRAHLUNGSORT

Die Bestrahlungseinrichtung wird im Reaktor DR 3 eingebaut. Die Bestrahlungsposition 4V ist im Reaktortank ausserhalb des Kerns (Abb. 1).

Die Neutronenflußdichte in der Bestrahlungsposition

$$\phi_{th} = 2 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2 \text{ sek.}$$

$$\phi_{sch} = 2 \cdot 10^{10} \text{ n/cm}^2 \text{ sek.}$$

Die  $\gamma$ -Dosisleistung

$$\gamma = 3.5 \cdot 10^7 \text{ R/Stunde}$$

Die  $\gamma$ -Aufheizung

$$\gamma = 100 \text{ mW/gram}$$

### 3. BESCHREIBUNG DES TRANSPORTSYSTEMS

#### 3.1 Daten

Bestrahlungskapsel:	Aussendurchmesser	: 16,2 mm
	Länge	: 60 mm
	Nutzbarer Durchmesser	: 12 mm
	Nutzbare Länge	: 51 mm
	Nutzbares Volumen	: 5,96 cm <sup>3</sup>
	Masse	: 4 g
	Maximale Probenmasse	: 3 g
	Ausschußzeit	: ca. 30 ms
	Bestrahlungszeit minimal:	ca. 30 ms
	Bestrahlungszeit maximal:	9,9 sek.
	Wartezeit maximal	: 100 sek.
	Transportgas	: Stickstoff

#### 3.2 Funktionsbeschreibung

Abbildung 2.

Das Prinzip des pneumatischen Transportsystem ist einfach. Die Bestrahlungskapsel wird in einem Rohr - dem Transportrohr - durch einen Gaspuls von der Beladungsstation zur Bestrahlungsposition in Reaktor eingeschossen und dort verbleibt sie während der Bestrahlungszeit.

Durch einen weiteren Puls, der durch ein zweites Rohr - das Gasrohr - zur Bestrahlungsposition läuft, wird die Bestrahlungskapsel ausgeschossen und durch Adiabatische Kompression und Reibung im Fangkegel zerstörungsfrei über dem Messdetektor abgebremst und in einer definierten Position auf  $\pm 1$  mm fixiert. Der Zeitpunkt ihres Eintreffens wird mit einer Lichtschranke gemessen.

Nach der Messung wird die Kapsel pneumatisch aus dem Fangkegel gedrückt und wieder in die Beladungsstation transportiert. Hiervon wird die Kapsel mit Druckluft in einen Abfallbehälter befördert. Ein Bestrahlungs-Meßzyklus kann nach der Messung unterbrochen werden, damit bestimmte Proben sofort ausgenommen werden können.

Die Proben werden über das Magazin ins System eingeführt. Durch betätigen der Beladungsstation wird die erste Probe im Transportrohr eingelegt. Einschluß der Probenkapsel verläuft indem das Einschlußventil MV1 100 ms geöffnet wird. Das Gas im Druckspeicher 2 (Druck  $7 \text{ kp/cm}^2$ ) entspannt sich über das Drosselventil HV2 in das Transportrohr. Die Kapsel wird von einem Puls beschleunigt und trifft in der Bestrahlungsposition ein, wo sie im Fangkegel ohne Rückprall sofort gehalten wird. Die Position der Kapsel ist, da der Fangkegel mit einem Anschlag versehen ist, auf einige Zehntel Millimeter reproduzierbar.

Das Dreiwegventil MV3 verbindet während des gesamten Einschlußvorganges das System mit dem Ventilationssystem des Reaktors. Während des Ausschusses ist Entlüftungsventil MV4 offen. Das Ausschlußventil MV3 wird 250 ms geöffnet und das Gas im Druckspeicher 1 (Druck  $11 \text{ kp/cm}^2$ ) entspannt sich. Dadurch läuft ein Druckpuls mit steiler Vorderflanke in das Gasrohr. Bis zum Eintreffen des Druckpulses bleibt die Kapsel in der Bestrahlungsposition in Ruhe. Sie wird erst dann durch den Druckpuls beschleunigt und bewegt sich nach einer Beschleunigungsstrecke mit konstanter Geschwindigkeit. Der Puls bewegt sich annähernd mit Schallgeschwindigkeit und ist dabei immer schneller als die Transportkapsel, die von ihm überholt wird. Der Puls muß lang genug sein, damit die Kapsel innerhalb ihrer Flugzeit nicht von dem Puls hinter sich gelassen wird.

Nach dem Passieren der Entlüftung wird die Kapsel durch Kompression des vor ihr befindlichen Gases gebremst. Dabei strömt gleichzeitig ein Teil des Gases aus einer einstellbaren Düse hinter dem Fangkegel.

Da die Bestrahlungskapsel aus Polyäthylen nicht längere Zeit bestrahlt werden darf, kann ein Notausschuß von Hand vorgenommen werden. Durch Handventil HV5 wird Stickstoff mit hohem Druck in das Gasrohr geleitet.

Beim Einschuß und Ausschuß wird der Druckpuls hinter der Kapsel am Ort der Bestrahlungsposition durch ein Druckleiterrohr (Pkt. 3.3.1) an den angeschlossenen Druckaufnehmer hingeleitet. Daraus lässt sich ein elektrisches Signal für das Eintreffen und Abfahren der Kapsel ableiten (Pkt. 3.5).

Wenn die Anlage ausgeschaltet wird bleiben alle Ventile geschlossen. Der bewegliche Aussenaufbau wird wegtransportiert und das Transportrohr wird aus Strahlungsgründen mit einer Stahlabschirmung geschlossen. Das gesamte System im Reaktor wird wegen Aktivierung und Korrosion mit einem Schußgas gefüllt.

Die Ventile für den Ein- und Ausschuß sowie für die Entlüftung des Rohrleitungssystems sind pneumatisch vorgesteuerte Drei- und Zweiwegventile der Fa. Ross.

### 3.3 Mechanischer Aufbau

#### 3.3.1 Bestrahlungseinrichtung

Abbildung 3.

Die Bestrahlungseinrichtung besteht oben aus einer Strahlungsabschirmung.

In das Innere der Abschirmung führen fünf Rohre:

- Das Transportrohr aus Al2S, 19 x 1 mm, gewandelt um 270° mit einem Wendeldurchmesser von 60 mm.
- Das Gasrohr aus nichtrostendem Stahl, 22 x 1 mm, gewandelt um 180° mit einem Wendeldurchmesser von 64 mm.
- Ein Druckleiterrohr aus Al2S, 6 x 1 mm, für den Druckaufnehmer.
- Zwei Kühlrohre aus Al2S, 6 x 1 mm, für die Wasserkühlung von dem Fangkegel während der Bestrahlung.

Das Transportrohr und das Gasrohr sind um ein gerades Hilfsrohr gewandelt. Im Inneren dieses Hilfsrohres sind das Druckleiterrohr und die zwei Kühlrohre durch ein nichtrostendes Stahlrohr geführt.



Die Rohre in Bestrahlungsposition können ausgetauscht werden indem das Transportrohr und das Gasrohr durch Flanschen mit der Abschirmung verbunden sind. Das Transportrohr endet in der Bestrahlungsposition in einem polierten Fangkegel, in dem die Kapsel während der Bestrahlung festgehalten wird. Das Gasrohr ist über einen Krümmer mit dem Kegel verbunden.

Das Druckleiterrohr ist an der oberen Grenze des Reaktorkerns an das Transportrohr geschweißt. Das Kühlrohr ist in einer Spur um den Fangkegel gewandelt und festgeklemmt um guten Wärmekontakt zu erreichen. Der Kegel wird auf 25°C geregelt. Es ist wichtig, da sich bei einer Erwärmung die mechanischen Eigenschaften von Polyäthylen stark verändern.

### 3.3.2 Aussenaufbauten

Abbildung 4.

Der Aussenaufbau ist eine bewegliche Einheit, die auf dem Reaktordeckel während der Bestrahlung angebracht wird.

In der Aufstellung sind hintereinander folgende Teile angeflanscht:

- Beladungsstation mit Magazin für die Bestrahlungskapsel.
- Der Anschlußteil für die Einschuß- und Druckentlastungsrohr.
- Der Kapselfänger in der Meßposition.
- Die Ausstoßvorrichtung.

Ferner sind ein Druckspeicher, ein Schalldämpfer für das Druckentlastungsrohr sowie verschiedene Ventile angebracht.

Das Transportrohr in dem Aussenaufbau ist während der Bestrahlung, über eine spezielle Abschirmung im Reaktordeckel mit der Bestrahlungseinrichtung verbunden.

In der Meßposition können gleichzeitig vier Detektoren montiert und verwendet werden. Die Meßkammer ist aus Plexiglas hergestellt.

### 3.4 Elektrische Steuerung

Die Steuerung der Anlage ist in Abbildung 5 gezeigt.

Statische Magnetventile sowie die verschiedenen Zeitmessungen der Anlage werden von einem Microcomputer gesteuert.

Die Signale von Druckwächtern, Microschaltern und Lichtschrankensystemen sichern den korrekten Programmlauf. Bei Betriebsfehlern wird automatisch Alarm gegeben und die Anlage wird in einen sicheren Zustand gebracht. In diesem Fall kann die Steuerung von Hand übernommen werden.

### 3.5 Zeitmessung

Neutronen-Aktivierungsanalyse über kurzlebige Isotopen fordern eine genaue Messung von der Bestrahlungszeit und der Ausschusszeit. Der zulässige absolute Fehler ist klein, da der Fehler stark in den Fehler der Elementmasse eingeht.

Im System werden Bestrahlungszeit, Ausschusszeit und Wartezeit gemessen. Alle Zeiten werden in externen Zählern mit einer Auflösung von 0.1 ms gemessen. Die Bestrahlungszeit und die Wartezeit können eingestellt werden.

Beim Einschuss und Ausschuss wird der Druckpuls am Ort der Bestrahlungsposition durch ein Druckleiterrohr (Pkt. 3.3.1) an den Druckaufnehmer hingeleitet. Mittels der Vorderflanke des Druckverlaufes läßt sich ein elektrisches Signal für das Eintreffen und Abfahren der Kapsel ableiten. Der Druckverlauf ist in Abbildung 6 abgebildet.

Es ist zu beachten, daß die Meßeinrichtung lediglich die Dauer des Aufenthaltes in einer bestimmten Position im Strahlenfeld des Reaktors mißt. Auf dem Wege zu dieser Position und bei der Entfernung aus ihr befindet sich die Probe jedoch ebenfalls eine Zeitlang in Gebieten großer Flußdichte. Die echte Bestrahlungszeit ist also größer.

Da der Druckaufnehmer außer Reaktor in einer Entfernung von 4 Metern von der Bestrahlungsposition montiert ist, wird der Druckpuls beim Einschuss mit einer Verzögerung  $f_1$  gemessen. Beim Ausschuss ist die Verzögerung  $f_2$ . Die Bestrahlungszeit wird berechnet aus:

$$T_B = t_1 + (f_1 - f_2) \quad \text{Gl. 1}$$

$t_1$  ist die Zeit zwischen den elektrischen Signalen von den Vorderflanken des

Druckverlaufes Abbildung 6. Die Verzögerungen werden, bevor die Anlage im Reaktor eingebaut wird, out-of-pile gemessen. Die Messungen werden bei genauen Betriebsbedingungen ausgeführt.

Die Ausschußzeit wird berechnet aus:

$$T_A = t_2 + f_2 \quad \text{Gl. 2}$$

$t_2$  ist die Zeit zwischen dem elektrischen Signal von der Vorderflanke des Druckverlaufes beim Ausschuß und dem Signal von der Lichtschranke in Meßposition.

Der Zähler für die Wartezeit wird ebenfalls vom Druckpuls gestartet aber erst nach einer wählbaren Zeit ausgeschaltet.

Die ausgeführten Modellversuche haben gezeigt, daß die Verzögerungen Konstante sind, die sehr genau gemessen werden können. Für die Messungen von  $f_1$  und  $f_2$  sind in Modell Abbildung 7 Lichtschrankensysteme in der Bestrahlungsposition und in der Meßposition eingebaut.

Wegen der ausgeführten Versuchen lassen sich die Bestrahlungszeiten mit  $\pm 0.5$  ms und die Ausschußzeiten und Wartezeiten mit  $\pm 0.4$  ms bestimmen.

### 3.6 Schlußbemerkungen

Die Anlage wird zur Zeit in unserer Werkstatt hergestellt. Nach den out-of-pile Messungen anfangs 1979 wird die Anlage in DR 3 eingebaut. Wir erwarten, daß wir im Sommer 1979 die Anlage in Betrieb setzen können.

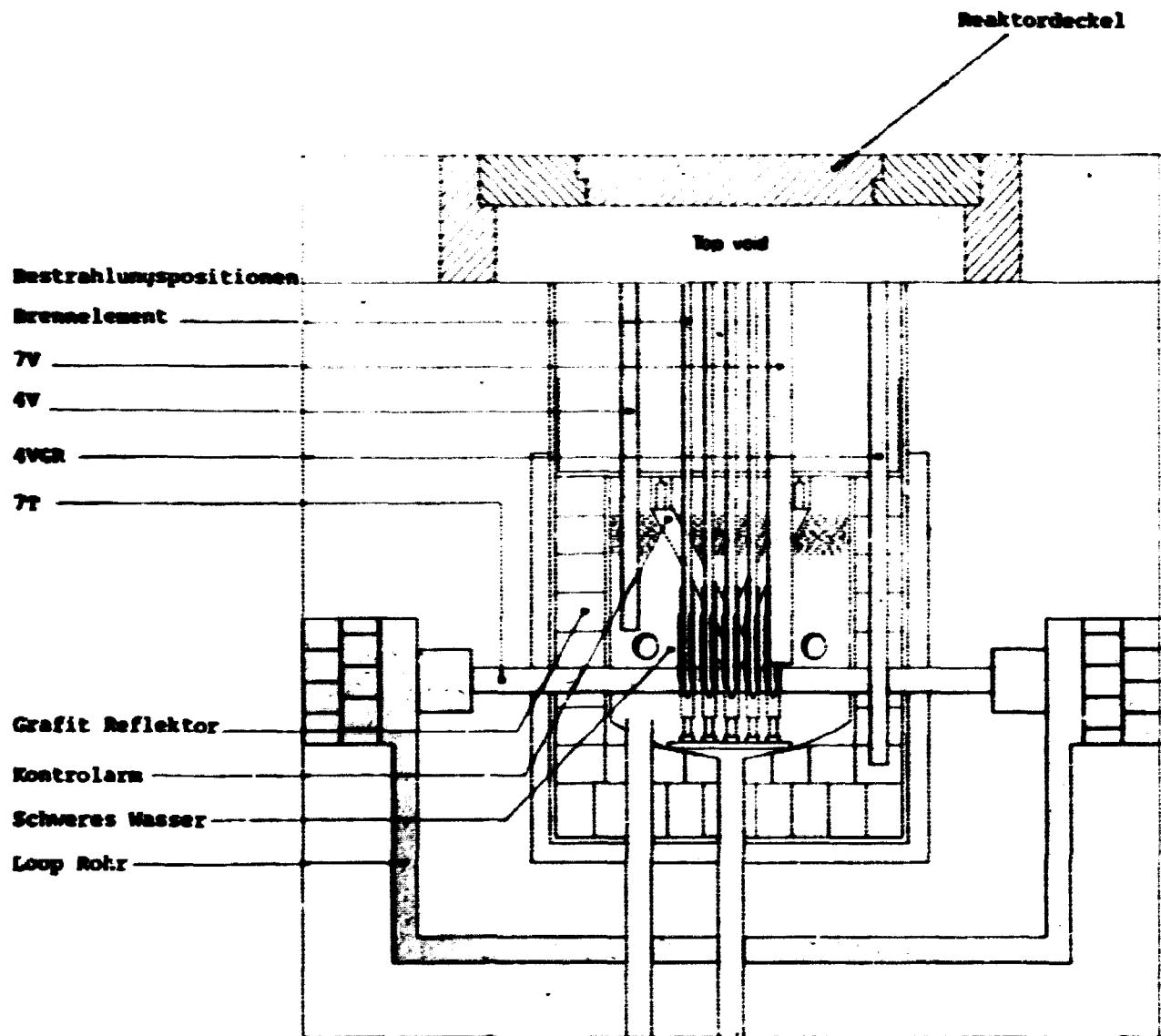
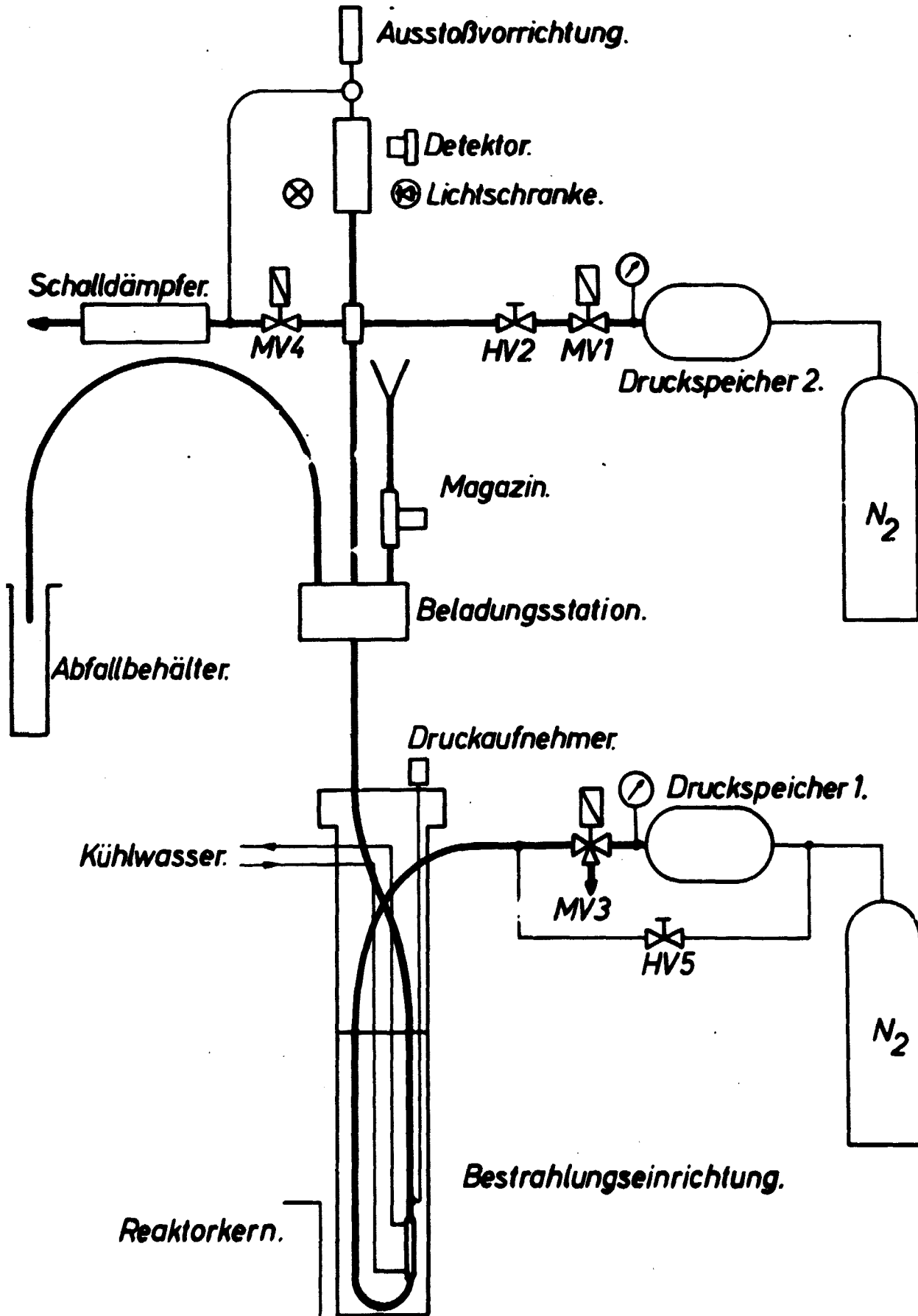
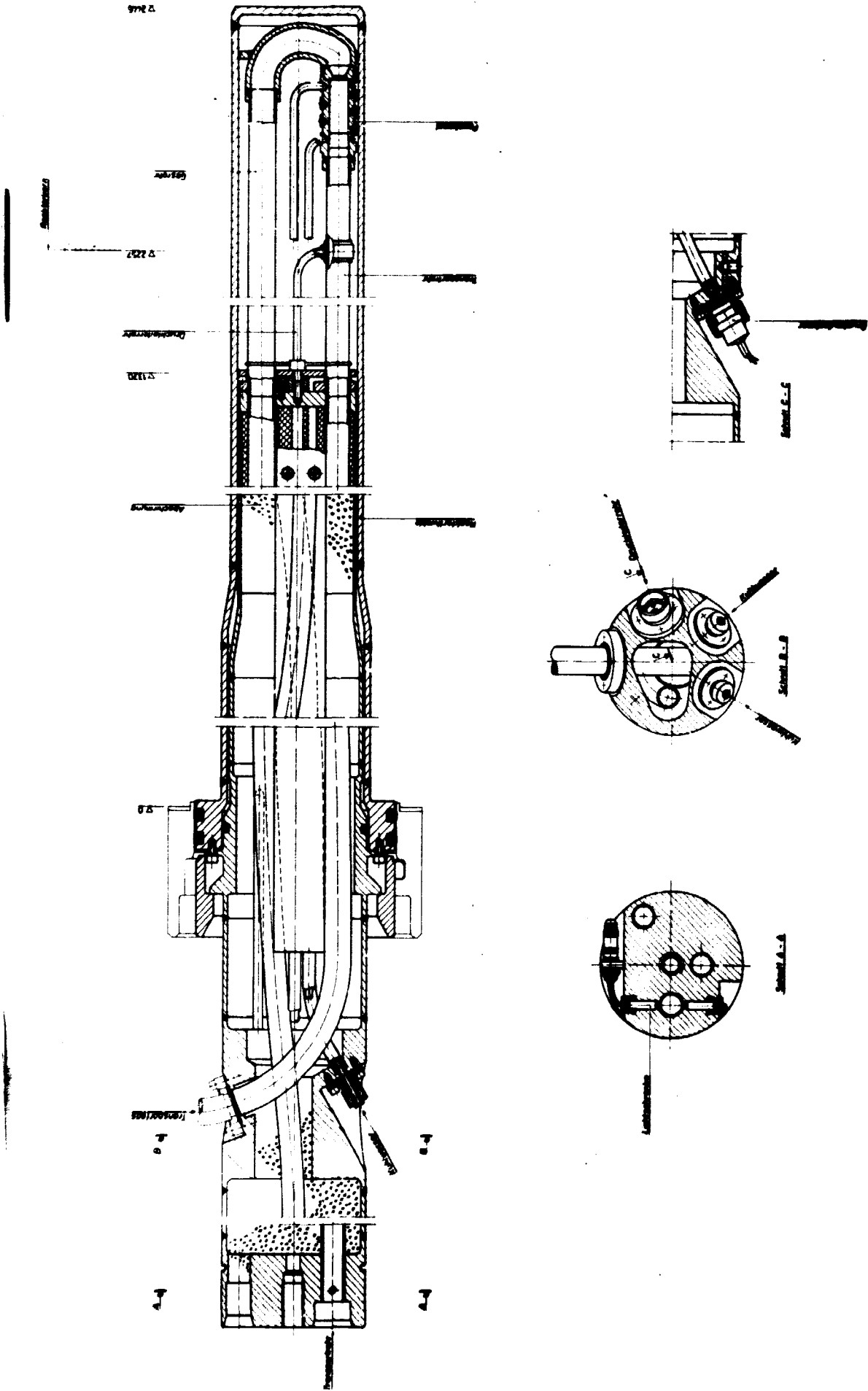
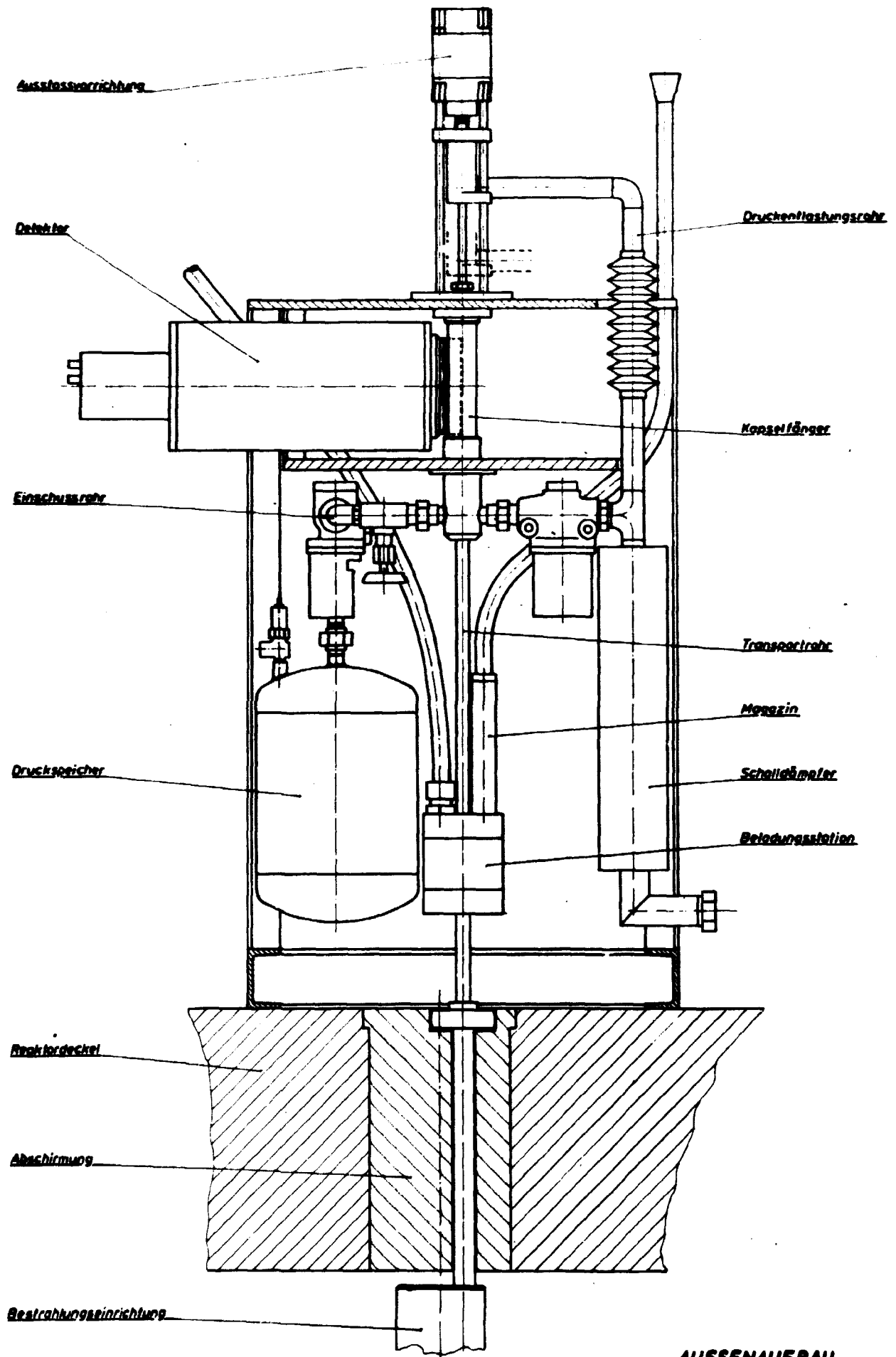


Abb.1 Senkrecht Schnitt durch DR3.

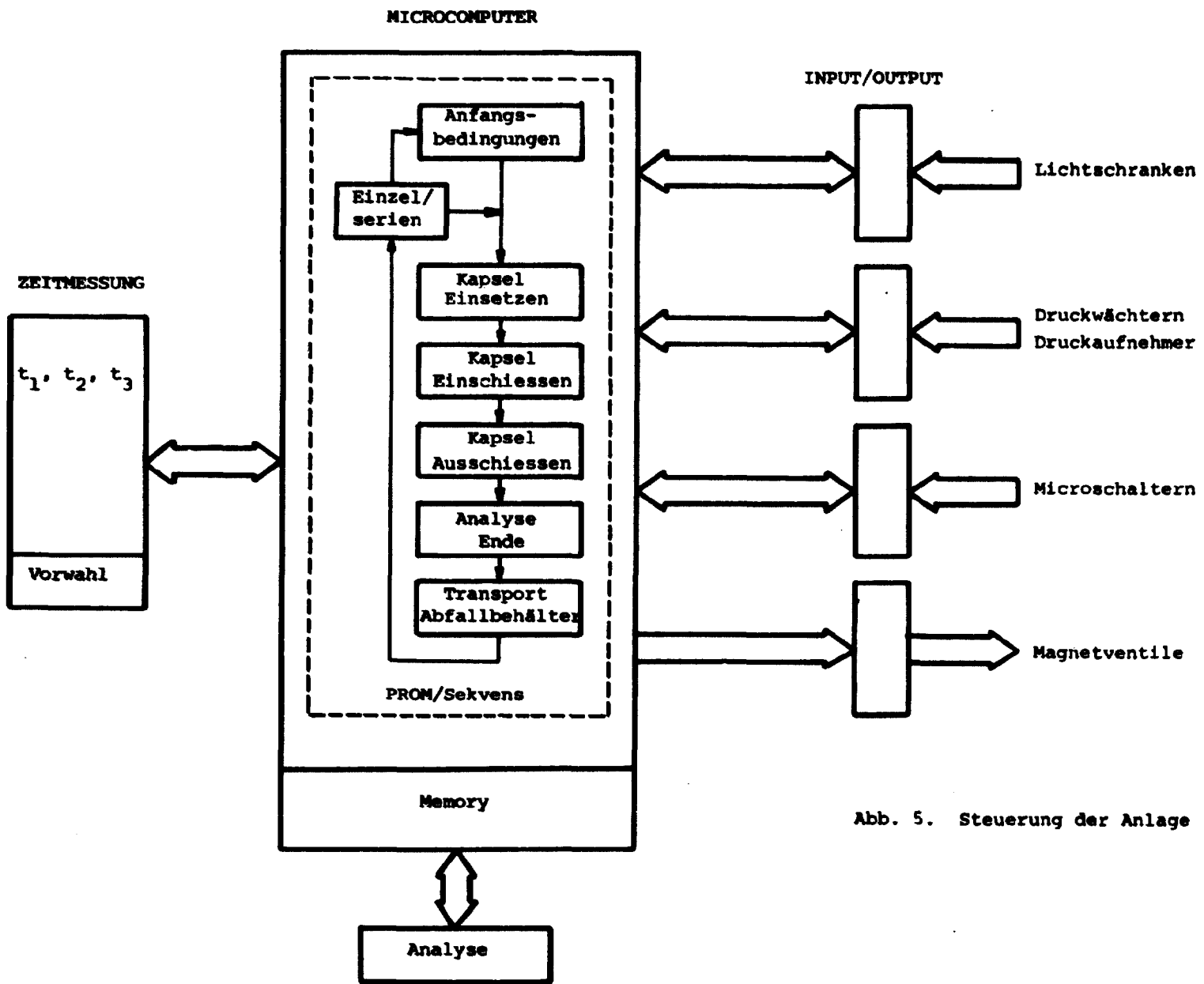
Abb. 2 Schema der Anlage.







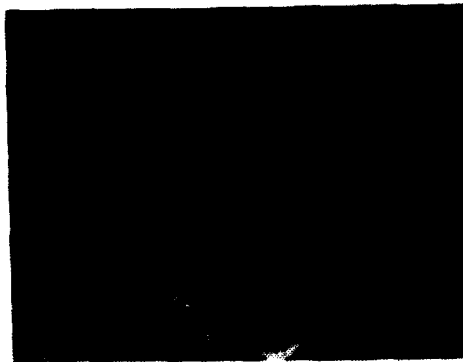
**AUSSENAUFBAU**  
**Abb. 4**



Analyse

Abb. 5. Steuerung der Anlage





**Abb 6** Druckverlauf beim Einschub und Ausschub  
sowie Start und Stop Impuls für den Zähler  
für die Bestrahlungszeit.

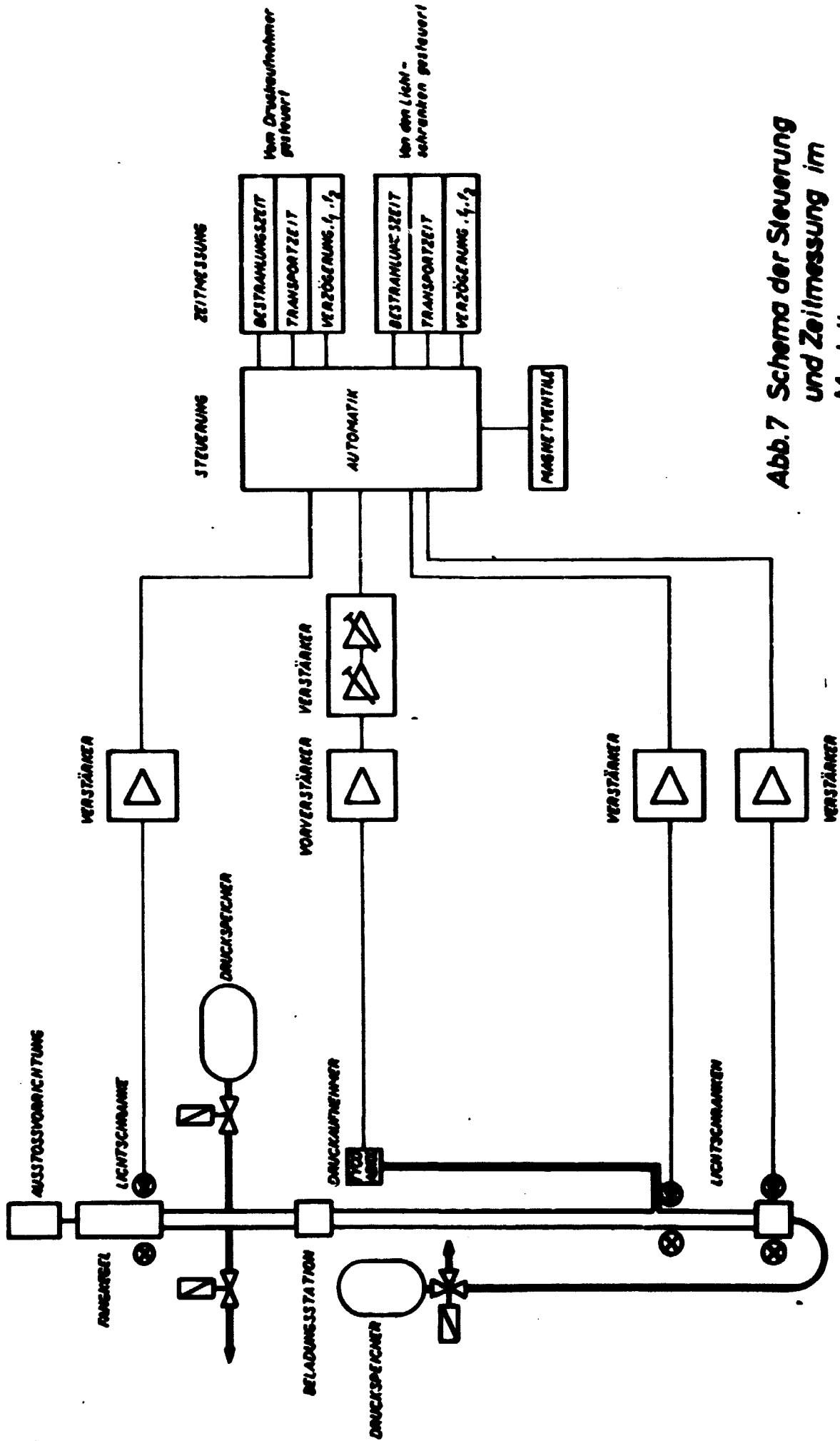


Abb.7 Schema der Steuerung und Zeitmessung im Modell