

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

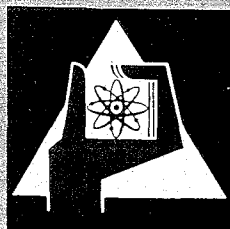
August 1967

KFK 663

Studiengruppe für Tieflagerung radioaktiver Abfälle

Jahresbericht 1966

H. Krause, H. Ramdohr, M. C. Schuchardt



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

August 1967

KFK 663

Jahresbericht 1966

der

Studiengruppe für Tieflagerung radioaktiver Abfälle

H. Krause

H. Ramdohr

M.C. Schuchardt

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE



1. Einführung

Die Arbeiten auf dem Gebiet der endgültigen Beseitigung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 1966 entsprechend der Aufgabenteilung zwischen der Gesellschaft für Strahlenforschung München und der Gesellschaft für Kernforschung Karlsruhe (Jahresbericht 1965, KFK-Report Nr. 481) fortgeführt.

Im nachfolgenden soll über die Arbeiten berichtet werden, die von der Gesellschaft für Kernforschung auf dem Gebiet der Tieflagerung durchgeführt worden sind.

## 2. EURATOM-Vertrag Salzkaerne

### 2.1 Kartenwerk

Der deutsche Beitrag zum Kartenwerk war im vergangenen Jahr abgeschlossen worden. Es war lediglich notwendig, die Darstellung einzelner Detailparameter unter den beteiligten Euratomländern abzustimmen und den Darstellungsmodus der wirtschaftsgeographischen Karte festzulegen. Der Kreis der Sachverständigen wurde um Herrn D. Met. Bolender für meteorologische Fragen und Herrn Dr. Kautsky für meereskundliche Fragen erweitert.

Unter der Mitwirkung der Sachverständigen wurden von der Fa. Cotrel Begleittexte zu den einzelnen Kartenblättern angefertigt. Die Vorlage dieser Begleittexte mit den zugehörigen Kartenblättern steht noch aus.

### 2.2 Anlage zur Einführung der radioaktiven Abfälle in eine Salzkaerne

Die Arbeiten an der Planung der Anlage zur Einbringung radioaktiver Abfälle in eine Kaerne wurden fortgesetzt. Hierbei wurde davon ausgegangen, daß

- a) die Bohrung für das Einbringen der Abfälle bis zur Tiefe von max. 500 m niedergebracht wird;
- b) die Bohrung mit Futterrohren von etwa 26" Durchmesser ausgestattet wird.

Aus Gründen der Betriebssicherheit wurde die Anlage so ausgebildet, daß die Abfallbehälter bis zum Rohrschuh an einem Seil abgesenkt werden und von dort im freien Fall in die Kaverne stürzen. Bei dieser Methode ist gewährleistet, daß die Verrohrung des Bohrloches an den Stellen, die durch Abweichungen aus der Lotrechten besonders gefährdet sind, nicht beschädigt werden kann.

Untersuchungen der wirtschaftlichen Faktoren dieser Abfallagerung haben gezeigt, daß die Kosten für das Niederbringen einer 26" Bohrung im Verhältnis zum Aufwand für die Abfallbehälter ein Optimum darstellen. Die Herstellung eines Bohrloches mit einem größeren Durchmesser als 26" ist wegen der z. Zt. noch großen Unsicherheiten wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und Berechnungen wurde ein detailliertes Leistungsverzeichnis über die Konstruktion, Herstellung und Errichtung der kompletten maschinentechnischen Anlage bis zur Inbetriebnahme erstellt.

Das Projekt umfaßt:

- 1 Bobinen-Fördermaschine mit Förderseil
- 1 Förderturm mit Seilverkleidung
- 2 Fördergefäße (hiervon 1 Gefäß als Reserve)
- 1 Bohrlochverschluß mit Gefäßführung
- 1 Behälterrollenstraße

- 1 Beschickeinrichtung
- 1 Entlüftungs- und Filteranlage
- 1 komplette elektrische Ausrüstung
- 1 komplettes Betriebsgebäude aus Profilstahl mit Kunststoff beschichteter Profilblechverkleidung (Abb. 1).

Zwei Industriefirmen haben hierfür Kostenangebote abgegeben.

Die Anlage soll wie folgt arbeiten:

Die festen radioaktiven Abfälle werden von den Abfallproduzenten in 150 l-Blechbehältern mit Lastkraftwagen antransportiert. Ein Gabelstapler entlädt die Fahrzeuge und stellt die Behälter auf der Rampe außerhalb des Fördergebäudes ab. Von der Laderampe aus wird die Förderanlage über eine motorbetriebene Rollenbahn beschickt (Abb. 2 u. 3).

Die Gefäßförderanlage arbeitet eintrümig mit einem verzinkten Flachförderseil und einer Bobine als Fördermaschine.

Beim Einfahren in die Füllstellung löst das Fördergefäß, das am Kopfteil eine seitliche Befüllöffnung hat, einen Kontakt aus. Dadurch rollt der erste Abfallbehälter von der Rollenbahn in die Ausgangsposition der Beschickung (Abb. 4). Über ein Steuergerät wird das Hubwerk des vollautomatisch arbeitenden Faßtransportkranes eingeschaltet und über ein Feinganggetriebe eine Faßanklemmvorrichtung abgesenkt. Die Klemmhebel des Kranes fassen unter einen Profilstahlring am Deckel der Abfallbehälter. Nach Been-



digung des Greifvorganges wird der angeklemmte Behälter angehoben und mit dem Kran bis in die Mitte des Fördergefäßes gefahren. Durch einen Endschalter an der Kranbahn wird die Absenkbewegung des Hubwerkes innerhalb des Fördergefäßes eingeleitet.

Bei Entlastung des Hubseiles wird die Absenkbewegung gestoppt, die Klemmhebel vom Behälter gelöst, die Anklemmvorrichtung in die obere Stellung gezogen und anschließend der Transportkran in die Ausgangsposition zurückgefahren. Ein inzwischen in die Beladeposition beförderter Abfallbehälter leitet den nächsten Beschickvorgang ein. Nach Befüllung des Fördergefäßes mit 6 Abfallbehältern wird die Krananlage automatisch außer Betrieb gesetzt und blockiert. Gleichzeitig wird die Fördermaschine entsperrt. Durch dieses Verfahren der Befüllung ist ein Umsetzen des Fördergefäßes während des Beladevorganges nicht erforderlich.

Nach Entriegelung der Fördermaschine fährt der Fördermaschinist das Fördergefäß bis zum Rohrschuh in Teufe 500 m. Beim Einfahren in die Kaverne öffnet sich der dreiteilige Gefäßboden selbsttätig und die Behälter stürzen in den Kavernenraum (Abb. 5). Das Bohrloch ist während der Zeit, in der sich das Fördergefäß untertage befindet, durch einen Deckel am Bohrlochkopf gesichert. Der Deckel wird durch das ausfahrende Gefäß angehoben und umgekehrt beim

Einfahren des Gefäßes wieder bis zum Bohrlochkopf abgesenkt. Er ist so ausgebildet, daß er das Fördergefäß radial für die Beschickung zentriert. Seine äußere Führung wird durch Schienen am Förderturnm gewährleistet.

Die aus der Kaverne verdrängte Luft wird kurz unterhalb der Ackerschle aus dem Bohrloch gesaugt und über Grob- und Mikrofilter ins Freie geführt. Die Ventilatorleistung ist so bemessen, daß an der Öffnung der obertägigen Gefäßverkleidung während der Beschickung des Fördergefäßes eine Luftsauggeschwindigkeit von mindestens 1 m/sec herrscht. Hierdurch wird verhindert, daß radioaktive Staubpartikel aus der Kaverne in die Atmosphäre gelangen können. Die Abluftanlage befindet sich in einem neben dem Fördermaschinenhaus eingerichteten gesonderten Raum. Aus Sicherheitsgründen ist die Anlage 2-fach ausgelegt.

Die gesamte Förderanlage einschließlich der Lüftung wird von einem Steuerpult aus, in dem sämtliche Schalt- und Kontrollorgane untergebracht sind, bedient und überwacht. Sie arbeitet weitgehend automatisch, so daß einerseits der personelle Aufwand relativ gering ist, zum anderen ein Höchstmaß an betrieblicher Sicherheit gewährleistet wird.

### 2.3 Entwicklung von Abfallbehältern

Für das Einbringen der radioaktiven Abfälle in die Kaverne wurde eine Behältertype entwickelt, die der Größe des Bohrlochdurchmessers entspricht und den Erfordernissen der Kavernenbeschickung gerecht wird (Abb. 6). Die Behälter sind für einen Inhalt von 150 l ausgelegt, haben eine Höhe von 990 mm bei einem äußeren Durchmesser von 460 mm. Die Blechmantelstärke beträgt 1 mm. Die Kosten betragen etwa 25,- DM pro Stück oder 167,- DM pro m<sup>3</sup> einzulagernder Abfälle. Umfangreiche Versuche haben ergeben, daß diese preisgünstige Behälterausführung nur für Abfälle geeignet ist, die mit Zement, Bitumen o.ä. fixiert sind.

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Faßkosten verschiedener Größen bei Befüllung einer 100.000 m<sup>3</sup>-Kaverne (Schüttfaktor 0.7):

T a b e l l e 1

Faßinhalt (Liter)	Faßdurch- messer mm	Preis pro Faß	Faßkosten pro m <sup>3</sup> Abfall	Faßkosten für 100.000 m <sup>3</sup> Kaverne
100	400	20,30	203,00	14.210.000,--
120	425	21,75	181,25	12.687.500,--
140	450	23,40	167,14	11.699.800,--
160	480	25,90	161,87	11.330.900,--
200	570	30,45	152,25	10.657.500,--

#### 2.4 Sicherheitsfragen

Um das Verhalten der radioaktiven Abfälle in der Salzkaverne zu untersuchen, wurden im Salzbergwerk Asse II in einer abseits des allgemeinen Grubenbetriebes gelegenen Abbaukammer Vorbereitungen für verschiedene Versuche getroffen. Die Versuche sollen unter wirklichkeitsnahen Bedingungen durchgeführt werden und Aufschluß geben über Staub- und Aerosolbildung, Brand- und Explosionsgefahr sowie über Entwicklung von Bakterien und Fäulung. Die Vorarbeiten zur Errichtung der Versuchsanlage sollen Ende 1967 abgeschlossen sein.

## 2.5 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die Kosten für die Lagerung radioaktiver Abfälle in einer Kaverne sind von einer Reihe von Faktoren abhängig, wie z.B.

Standort der Kaverne,  
geologische Verhältnisse,  
nutzbares Hohlraumvolumen,  
Einlagerungsmenge/Jahr,  
tatsächliche Standzeit der Anlage.

Sofern künftig alle in der Bundesrepublik Deutschland anfallenden schwachaktiven Abfälle in die Kaverne eingelagert werden, ergeben sich für verschiedenen große Kavernen die nachfolgend aufgeführten Investitions- und Betriebskosten. Für die Kostenrechnung wurde zugrunde gelegt, daß jährlich  $14.000 \text{ m}^3$  radioaktive Abfälle in die Kavernen eingelagert werden können und die mögliche Betriebszeit 5625 Stunden beträgt.

10.000 $\text{m}^3$ -Kaverne	655,- DM/ $\text{m}^3$ Abfall
100.000 $\text{m}^3$ -Kaverne	128,- DM/ $\text{m}^3$ Abfall
250.000 $\text{m}^3$ -Kaverne	76,- DM/ $\text{m}^3$ Abfall

In diesen Preisen sind die Kapitalkosten, sowie die Kosten für Behälter und Anlieferung der Abfälle bis zum Endlagerstandort nicht inbegriffen.

Eine Wirtschaftlichkeitsstudie, die über die einzelnen Kosten im Detail Aufschluß gibt, ist in Vorbereitung.

### 3. Salzbergwerk Asse II

#### 3.1 Wärmeversuche im Salzbergwerk

Die im vergangenen Jahr begonnenen Untersuchungen wärmetechnischer Fragen unter wirklichkeitsnahen Bedingungen werden fortgesetzt. Eine von der GfK entwickelte Erhitzer- und Meßanlage wurde in Zusammenarbeit mit der GSF in der Abbaukammer IV auf der 490 m-Sohle installiert und in Betrieb genommen. Nach anfänglichen Schwierigkeiten arbeitete sie einwandfrei. Hauptaufgabe des 5-monatigen Vorversuchs war es, über Eignung der Anlage Aufschluß zu geben.

Die 3 in die Sohle eingelassenen Erhitzer nahmen während des Versuchs eine Leistung von je 3 kW auf und erzeugten eine Temperatur an der Behälterwandung von rd. 400°C. Der nächste Versuch sieht vor, ein Erhitzerelement in einer horizontalen Bohrung von etwa 10 m Tiefe, sowie 1 Erhitzer in einer Bohrung von 3 m Tiefe zu installieren. Dabei sollen der Wärmeübergang von der Erhitzeroberfläche zum Salzgestein sowie die Wärmeausbreitung im Steinsalz ermittelt werden.

#### 3.2 Untersuchung von Materialproben auf Korrosion bei Einfluß von Wärme im Steinsalz

Bei dem unter 3.1 genannten Versuch wurden 15 verschiedene Metallegierungen, die für eine spätere Fertigung von Behältern für höchstaktive Abfälle

geeignet erscheinen, mit den Erhitzern in das Salzgebirge eingebracht und 5 Monate auf einer Temperatur von 400°C gehalten. Gleichzeitig hierzu wurden Proben des gleichen Materials in Laborversuchen unter verschiedenen Bedingungen getestet. Die Versuchsergebnisse werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Technischen Hochschule Karlsruhe ausgewertet.

### 3.3 Versuchseinlagerung schwachaktiver Abfälle

Die bergmännischen Arbeiten zur Einlagerung von schwachaktiven Abfällen wurden durch die GSF soweit vorbereitet, daß in der Versuchsphase 1700 Abfallbehälter ab April 1967 in der Kammer IV auf der 750 m-Sohle eingelagert werden können. Die Abfälle werden von der GfK zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um Abfälle, die in Zement fixiert und in 200 l-Behälter verpackt sind.

### 3.4 Planung von Verfahren zur Beförderung und Manipulation mittel-, hoch- und höchstaktiver Abfälle

Nach neuen Berechnungen ist die Schachtförderanlage der Grube Asse nur für Förderlasten bis maximal 6 t geeignet. Hierdurch sind die Abfallgefäße bei Berücksichtigung der erforderlichen Strahlen-

abschirmung in ihrer Größe festgelegt. So ergeben sich Behältergrößen für mittel-hochaktive Abfälle von etwa 200 l, für höchstaktive Abfälle von etwa 30 l.

Die Planung für die Einlagerung mittelaktiver Abfälle sieht vor, die Abfallgefäße in ihren Abschirmbehältern im Förderkorb des Schachtes bis zur 490 m-Sohle zu transportieren. Der Weitertransport vom Füllort zur Beschickungskammer erfolgt mit Zugfahrzeugen (Abb. 7). Dort wird mittels einer Krananlage der Abschirmbehälter über einer Bohrung von 700 mm  $\emptyset$  abgesetzt. Nach Ankuppeln der Faßgreifvorrichtung wird der Abfallbehälter wenige Zentimeter angehoben, der untere Strahlenschutzschieber sowie der Bohrlochschieber geöffnet und sodann langsam bis zur 21 m darunter liegenden Sohle abgesenkt (Abb. 8). Bei Entlastung des Kranseiles löst sich die Greifvorrichtung vom Abfallbehälter und kann wieder in die obere Endstellung gefahren werden. Nach dem Schließen sämtlicher Schieber wird der Abschirmbehälter wieder nach übertage zurücktransportiert.

Die bergmännischen Vorbereitungen für diese Versuchseinlagerung werden im kommenden Jahr in Angriff genommen. Die hierfür vorgesehene Lagerkammer (Kammer 8a, Abb. 9) wird bei einem Schüttfaktor des Abfallgutes von 0,6 etwa 1200 m<sup>3</sup> mittelaktiver Abfälle aufnehmen können.



Es ist anzunehmen, daß bei diesem Verfahren die Abfallbehälter unbeschädigt bleiben. Aus Gründen der Sicherheit wird die Luft aus der Lagerkammer durch eine gesonderte Bohrung abgesaugt und vor Ableitung in den Grubenwetterstrom durch Grob- und Feinstfilter gereinigt. Es ist vorgesehen, die Anlage Ende des Jahres 1968 in Betrieb zu nehmen.

Die Planungen für die Einlagerung höchstaktiver, wärmeentwickelnder Abfälle wurden wie im Jahr 1965 weiter fortgeführt.

4. Versuchsversenkung radioaktiver Abfälle in den Atlantik

Die im Jahresbericht 1965 erwähnten Vorbereitungen für die Versuchsversenkung radioaktiver Abfälle in den Atlantik im Rahmen der ENEA wurden fortgesetzt. Die in einem Komitee zusammengesessenen Vertreter der teilnehmenden Länder führten zusammen mit einer Schiffsagentur Kostenstudien durch, um die optimale Größe des zur Versenkung einzusetzenden Schiffes festzulegen. Ferner wurden die Einzelheiten der Organisation, der Aufteilung der Kosten, der Überwachung der Operation sowie ein vorläufiger Zeitplan ausgearbeitet. Die von den einzelnen Ländern endgültig zur Versenkung vorgesehenen Abfälle wurden gemeinsam auf ihre Eignung geprüft.

Schrifttumübersicht

- 1) Krause, H.                    Studiengruppe für Tieflagerung  
Ramdohr, H.                   radioaktiver Abfälle  
Schuchardt, M.C.               Jahresbericht 1965  
                                  KFK-Report 481 (August 1966)
- 2) Krause, H.                   Atomtechnische Fragen bei  
                                  Handhabung, Transport und End-  
                                  lagerung radioaktiver Rückstände  
                                  Vortrag im H.d.T. Essen (15.3.1966)
- 3) Ramdohr, H.                 Das Kavernenprojekt zur Endlagerung  
Schuchardt, M.C.               radioaktiver Abfälle  
                                  Vortrag im H.d.T. Essen (15.3.1966)
- 4) Albrecht, E.                 Sicherheitsstudien zu den For-  
Krause, H.                   schungsarbeiten und der Versuchs-  
Kühn, K.                     lagerung niedrig aktiver Abfälle  
Ramdohr, H.                 im Salzbergwerk Asse II  
                                  (1. 11. 1966).

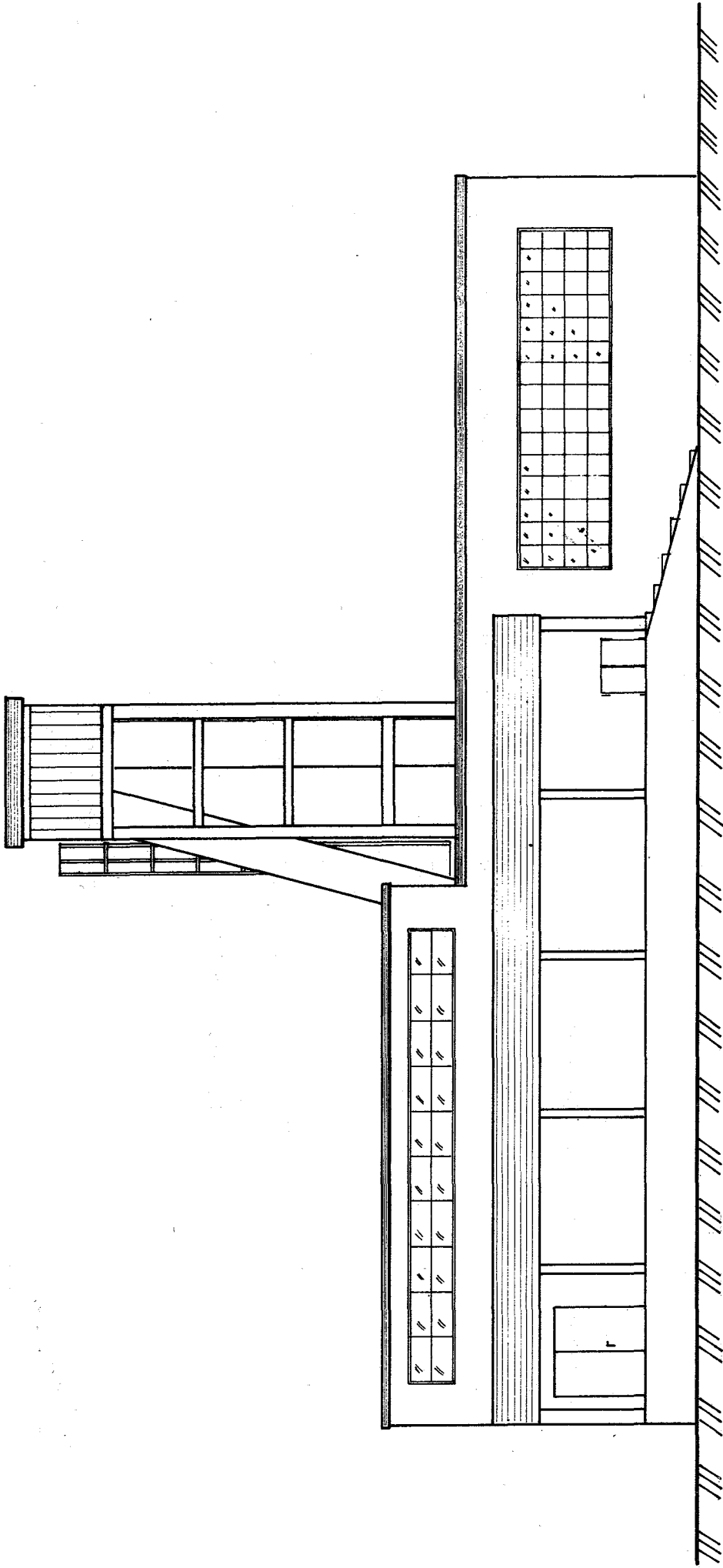


Abb. 1: Seitenansicht des Fördergebäudes

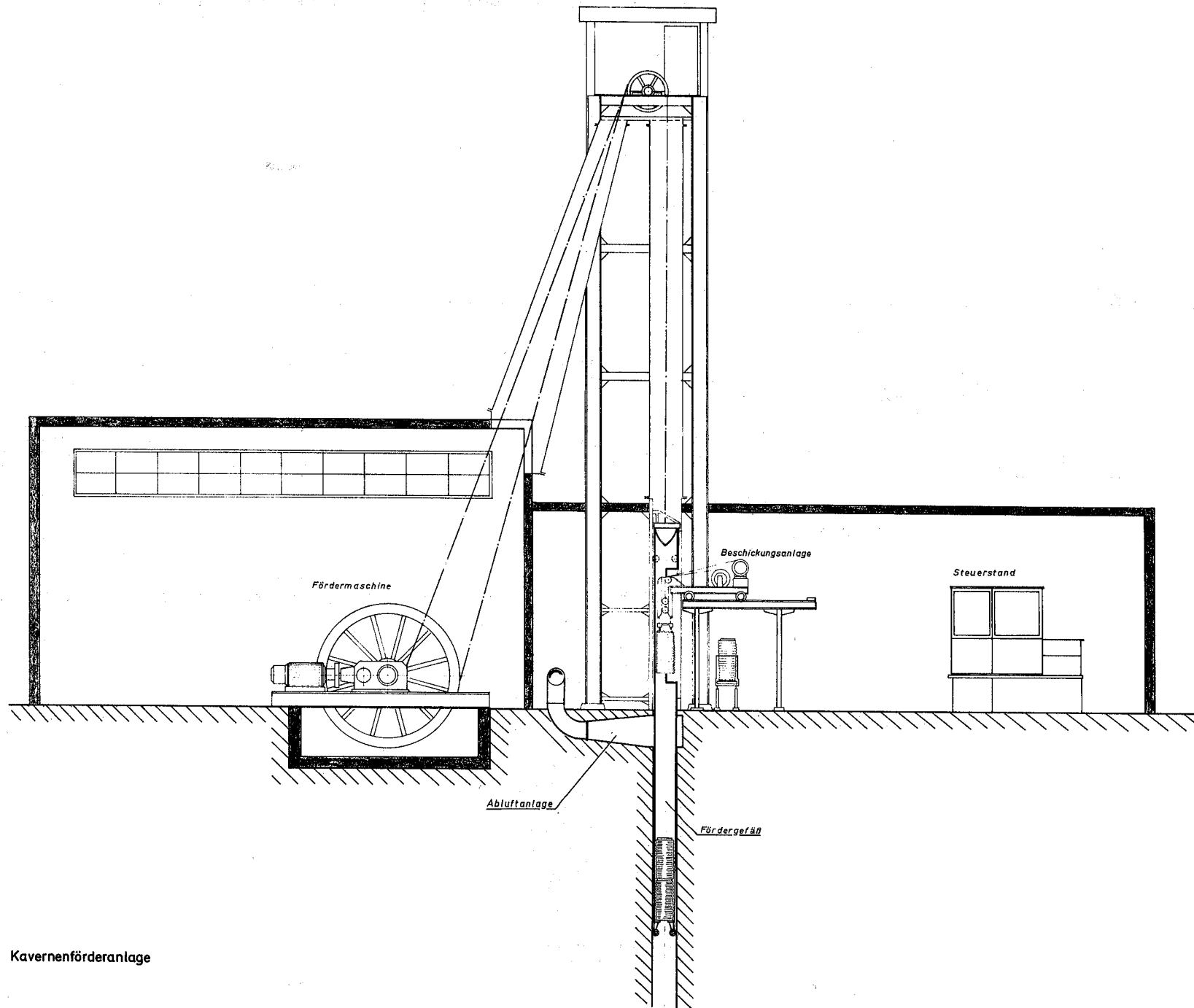
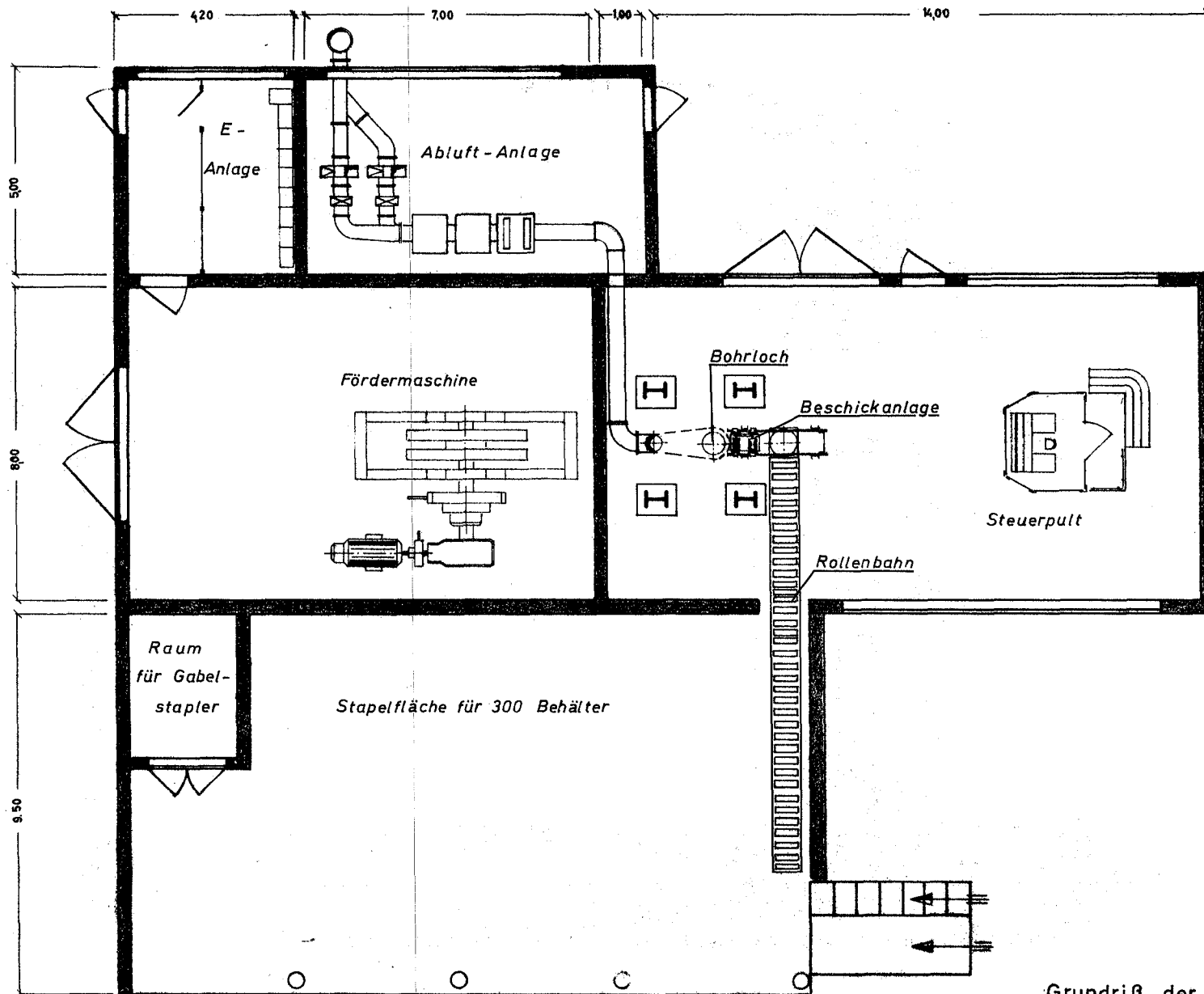
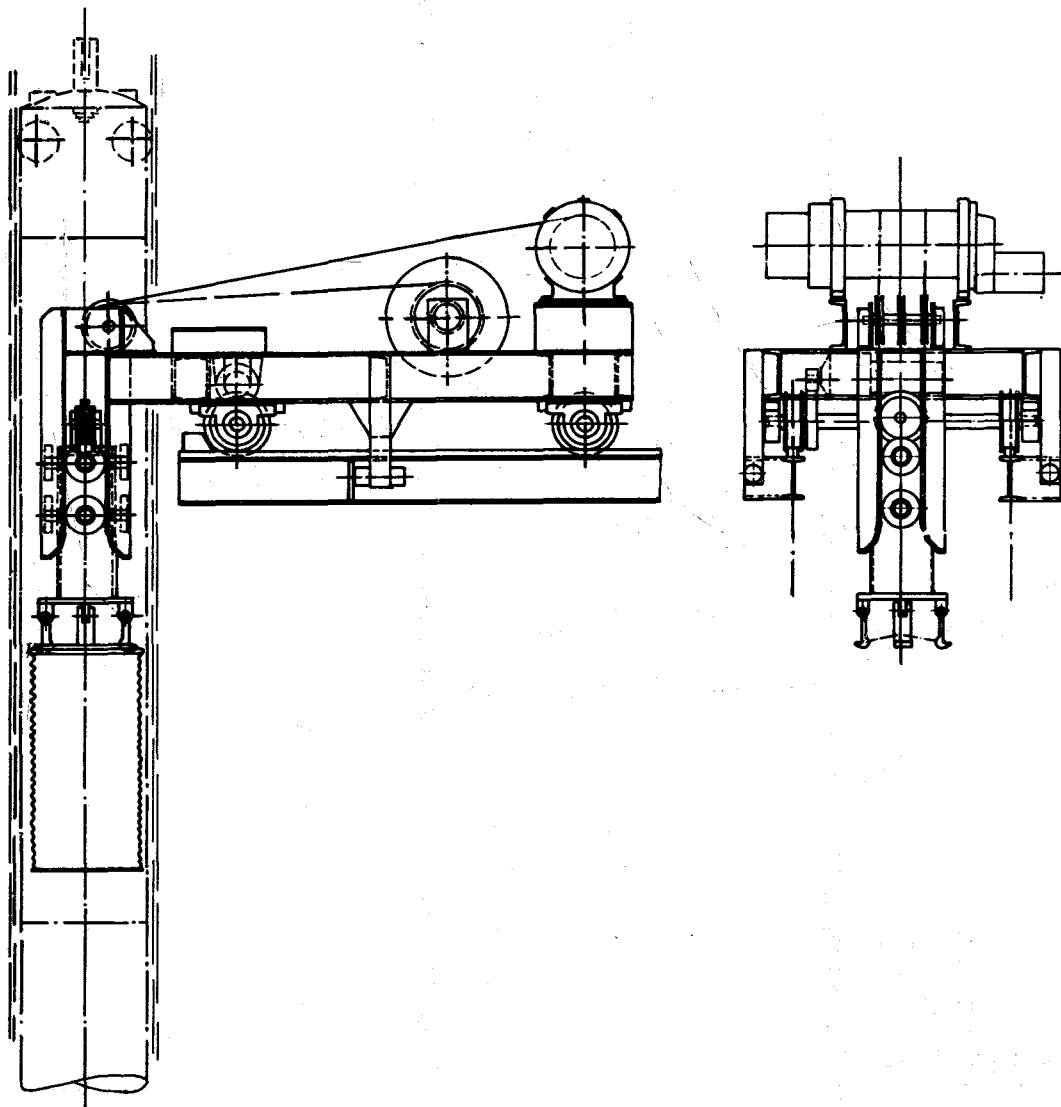


Abb. 2: Querschnitt der Kavernenförderanlage



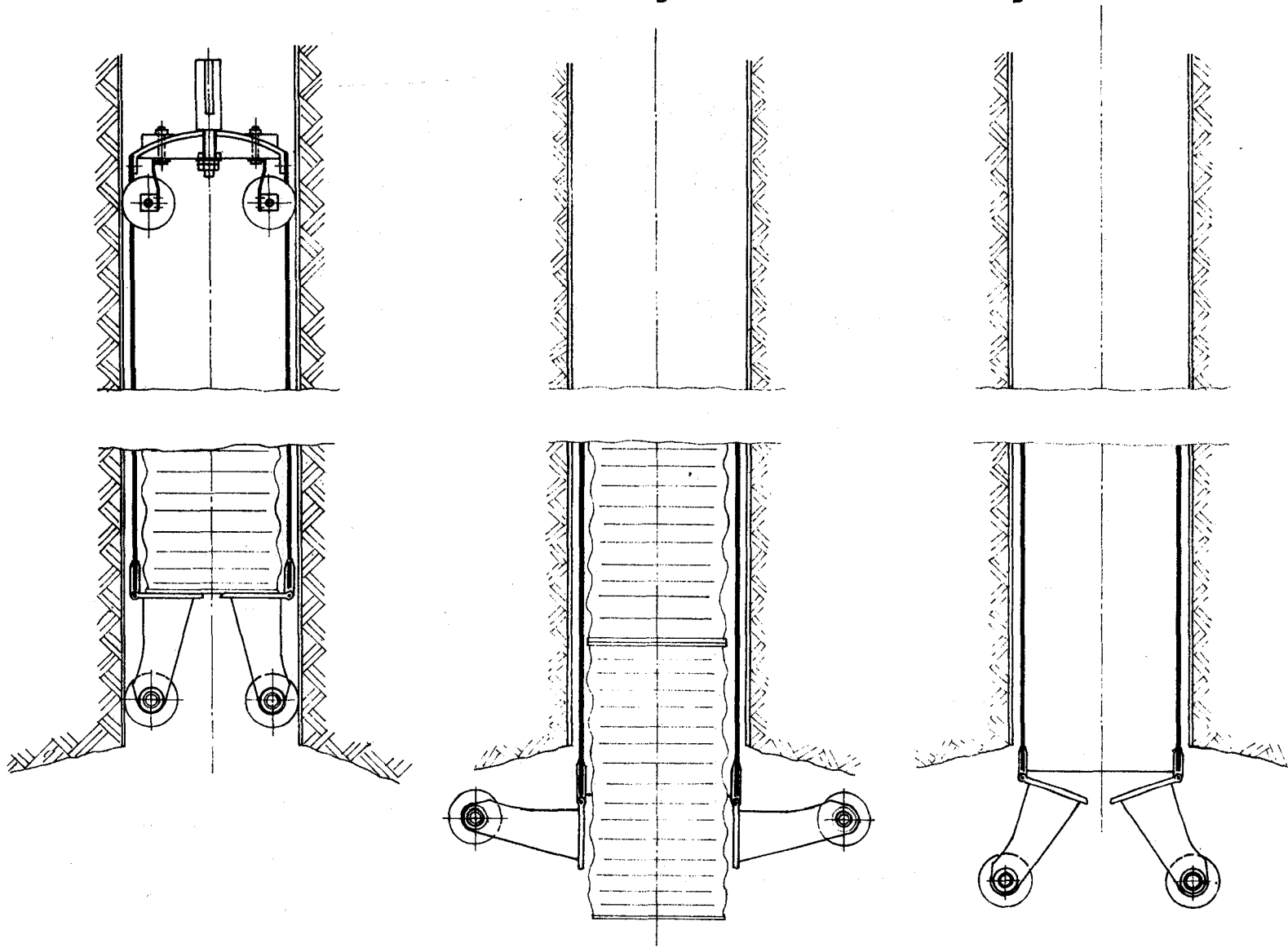
Grundriß der Kaverne-Förderanlage

Abb. 3



**Abb. 4: Beschickungsanlage**

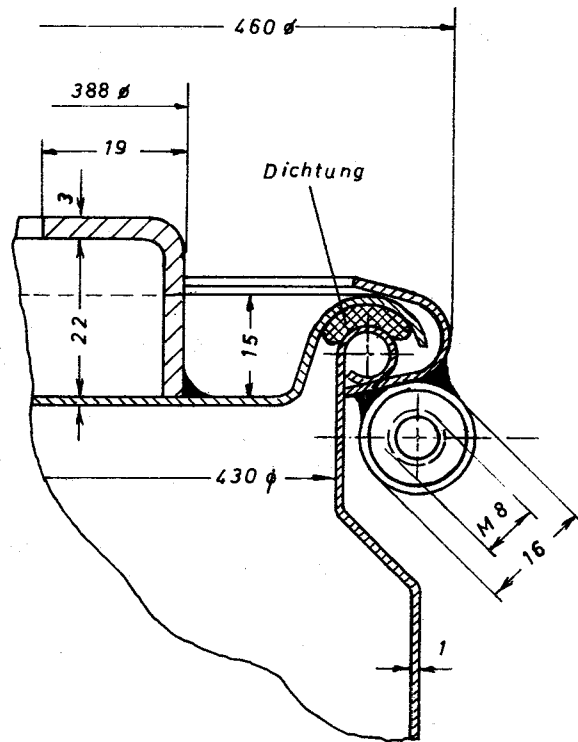
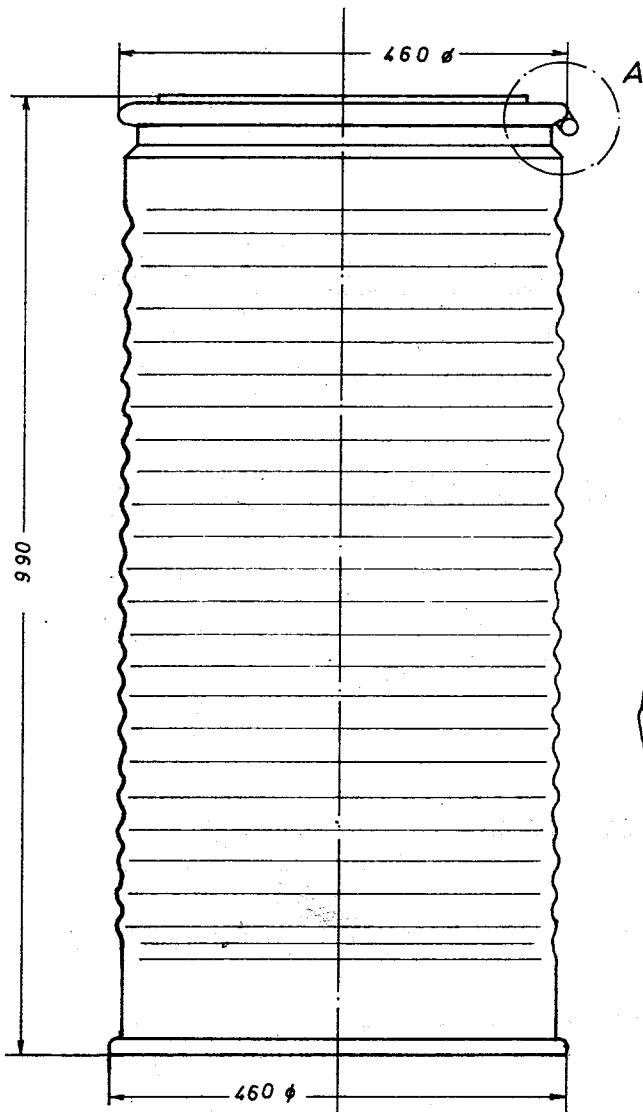
Abb. 5: Arbeitsweise des Fördergefäßes der Kavernenanlage



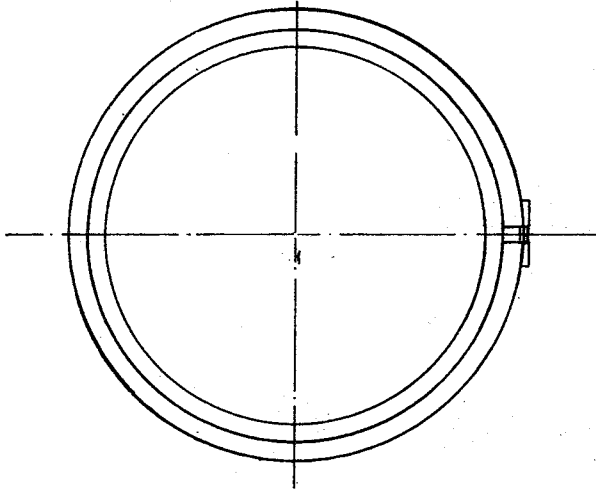
a) Fördergefäß im Bohrloch

b) Abwurf der Abfallbehälter in die  
Kaverne

c) Einfahrt des Fördergefäßes in  
das Bohrloch



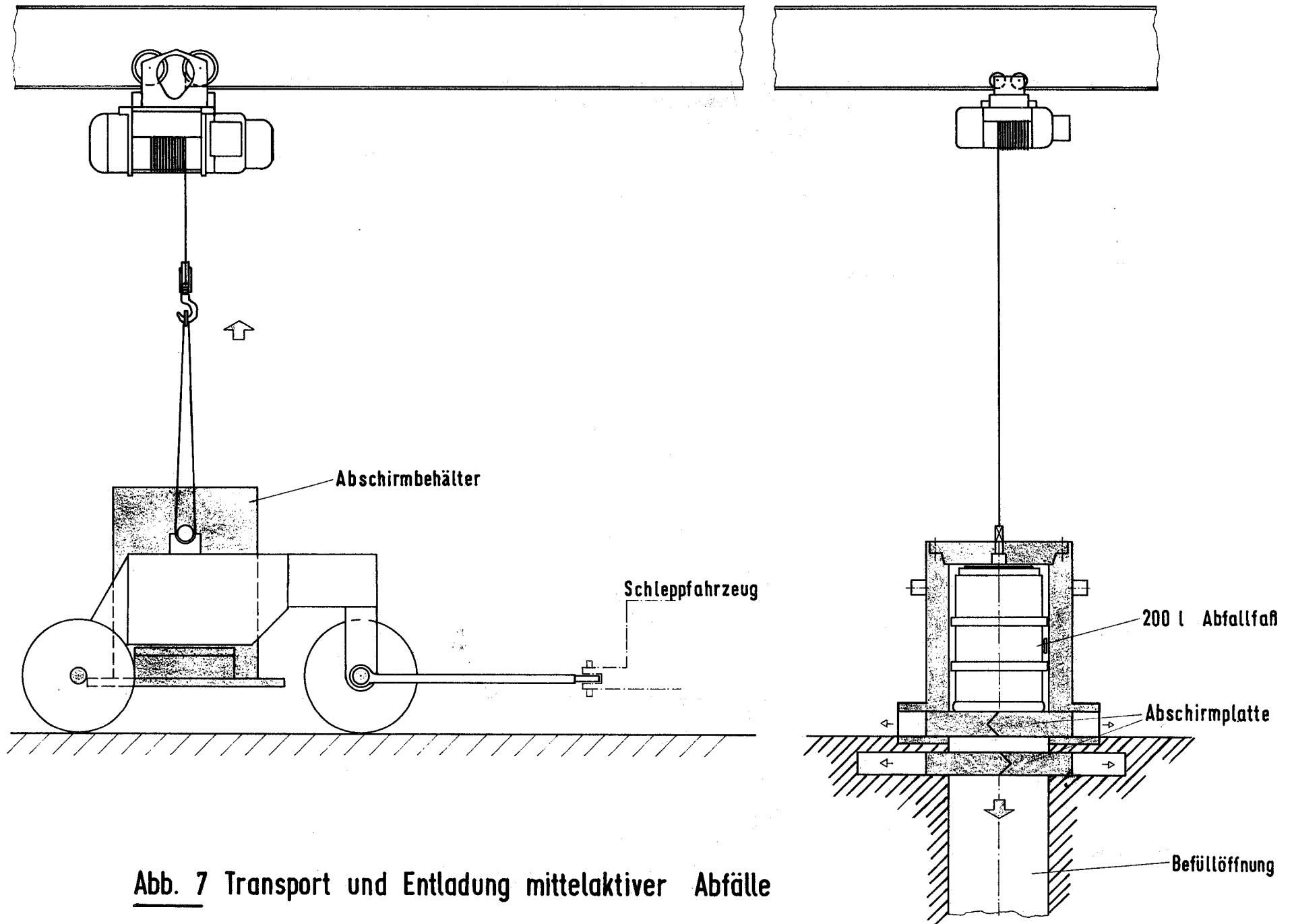
Abschnitt A



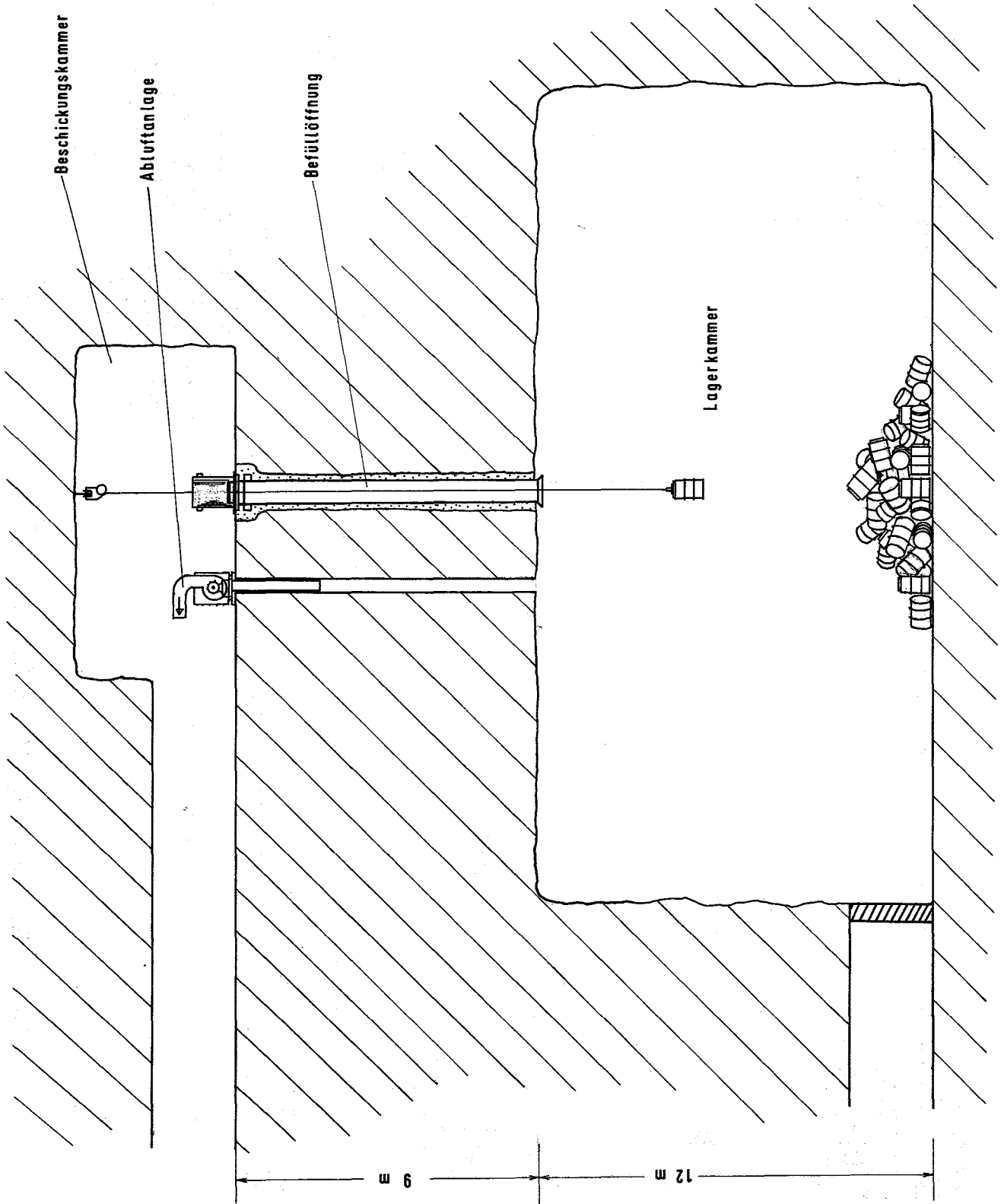
Abfallbehälter  
150 l Inhalt

Abb. 6





**Abb. 7** Transport und Entladung mittelaktiver Abfälle



**Abb. 8** Einlagerung mittelaktiver Abfälle

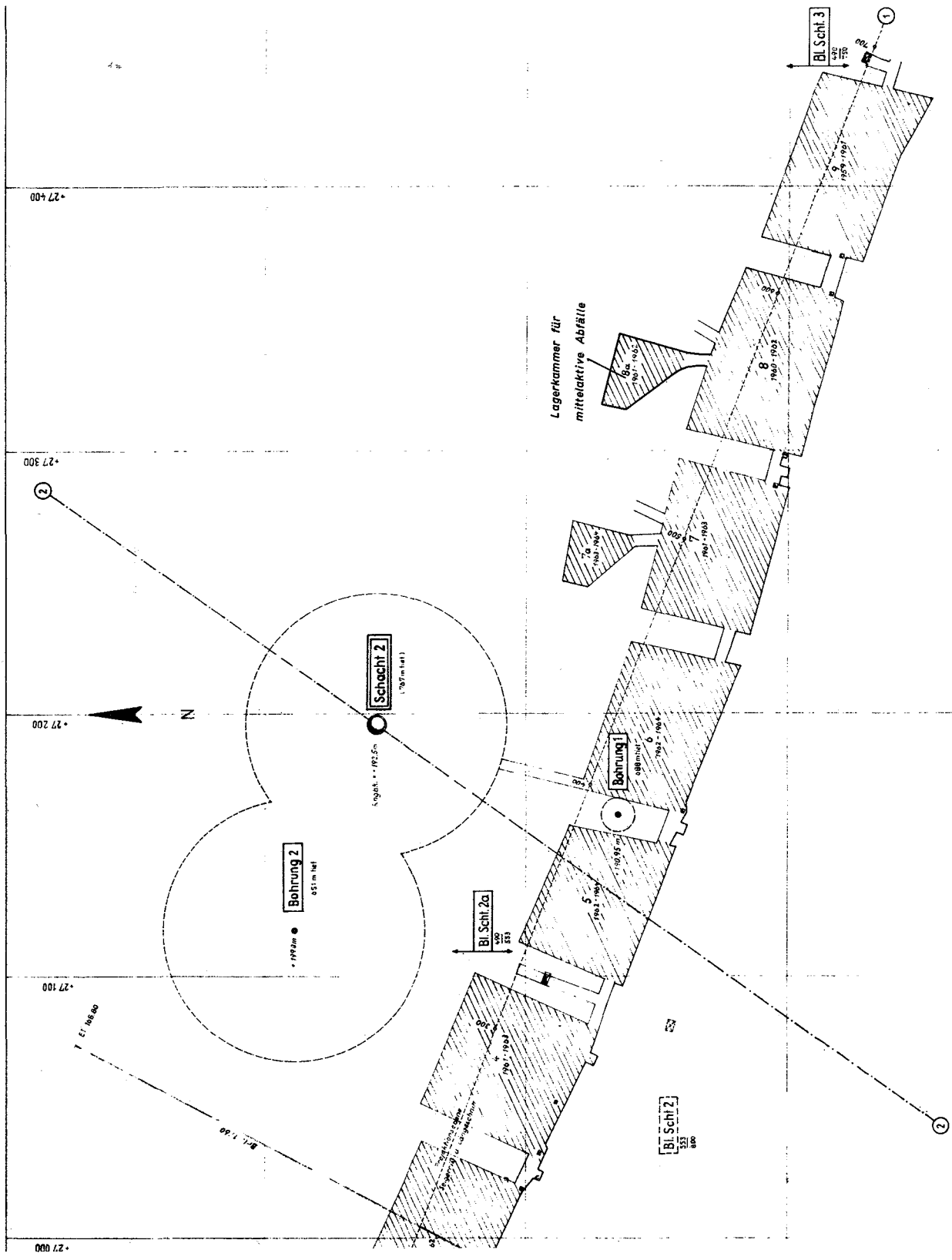


Abb. 9: Lageplan der Abbaukammern der 511 m-Sohle von SchachtASSE II