



Der Lastplattenversuch oder Plattendruckversuch wird i. a. in Untersuchungsstollen oder Schächten durchgeführt, kann aber auch durch Aufbringung von Totlasten oder durch Lastaufbringung über Zugpfähle an der Geländeoberfläche ausgeführt werden. (Im Gegensatz zum Plattendruckversuch an Lockergesteinen reicht eine Belastung durch Gewichte von Fahrzeugen o. ä. meist nicht aus.)

Der Lastplattenversuch im Stollen wird üblicherweise mit gegenüberliegenden Druckplatten ausgeführt. Die beiden Lastplatten werden über hydraulische Zylinder gegen die Stollenwandungen gepresst. Die Belastung und die Verschiebungen der Stollenwand sowie gegebenenfalls die Verschiebungen von Fixpunkten in verschiedener Entfernung von der Lastplatte (im Fels) werden registriert. Die aufzubringenden Druckspannungen sollten etwa doppelt so groß sein wie die theoretische Vertikalspannung über dem tiefsten Bauwerkspunkt. In der Regel wird jedoch eine Spannung von 4 MN/m<sup>2</sup> für ausreichend gehalten.

Unter Annahme einer starren Lastplatte, die einen homogenen, elastischen Halbraum belastet, lassen sich die Be- bzw. Entlastungsmoduli aus der Plattendruck/Plattenverschiebungskurve als Mittelwerte über den theoretisch beeinflussten Felsbereich ermitteln:

$$E_m \text{ bzw. } V_m = \frac{\Delta\sigma(1-\nu^2)}{\Delta(\Delta l/l)}$$

mit

- $\Delta\sigma$  = Spannungsänderung unter Annahme einer gleichmäßigen Lastverteilung
- $\nu$  = Poissonzahl
- $\Delta l$  = Verschiebung der Lastplatte
- $l$  = Einwirktiefe (unter der Annahme  $l = 1,57$  mal Radius der Lastplatte)

Um den Einfluss der Auflockerung des Gebirges in verschiedenen Tiefen berücksichtigen zu können, werden in Sonderfällen Deformationsmoduli ( $E_d$  und  $V_d$ ) auch in Abhängigkeit vom Abstand zur Lastplatte (Stollenwand) bestimmt. Hierzu werden Verschiebungen verschiedener Fixpunkte (3 bis 5) im Fels unterhalb der Lastplatte und damit die tatsächliche Einwirktiefe mittels Mehrfachextensometern gemessen.



Hieraus lassen sich die Deformationsmoduli in Abhängigkeit vom Abstand zur Lastplatte ermitteln nach

$$E_d \text{ bzw. } V_d = \frac{\Delta\sigma}{\Delta l_z} \left[ (1+\nu) \cdot z^2 \left( \frac{1}{(a_2^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{(a_1^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}} \right) - 2(1-\nu^2) \left( (a_2^2 + z^2)^{\frac{1}{2}} - (a_1^2 + z^2)^{\frac{1}{2}} \right) \right]$$

- $\Delta l_z$  = Verschiebung eines Messpunktes in der Entfernung  $z$  von der Lastplatte  
(in einem zentralen Loch normal zur Lastplatte)
- $\nu$  = Poissonzahl
- $z$  = Entfernung Lastplattenmitte - Messpunkt
- $a_1$  = Radius des Messloches in der Lastplatte
- $a_2$  = Radius der Lastplatte

Durch Drehung der Achsrichtung der Versuchsanordnung können Angaben zur Richtungsabhängigkeit des Verformungsverhaltens gemacht werden. Erfahrungsgemäß liefern die Auswertungen von Plattendruckversuchen geringere Verformungsmoduli als tatsächlich vorhanden sind, worauf schon KRATOCHVIL (1963) aufgrund von Vergleichen mit gemessenen Setzungen an mehreren Talsperrenfundamenten hingewiesen hat.

Die Lastplattenversuche in untertägigen Hohlräumen lassen sich gegebenenfalls auch bis zum Versagen der Stollenwand unterhalb der Lastverteilplatten fortführen. Infolge der dabei zu erwartenden inhomogenen Spannungsverteilung erhält man hieraus jedoch keine wohldefinierten Festigkeitswerte, wie z. B. im ein- oder mehrachsigen Druckversuch.



Die Bauhöhe der Versuchsanordnung kann durch Distanzstücke den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden (s. Abb. 2 und 3). In Stollen kann der Lastplattenversuch als Doppellastplattenversuch entsprechend der Empfehlung Nr. 6 des Arbeitskreises 3.3 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (1985) ausgeführt werden. Dabei werden die Gebirgsverschiebungen an beiden Lastplatten gemessen (Abb. 1).

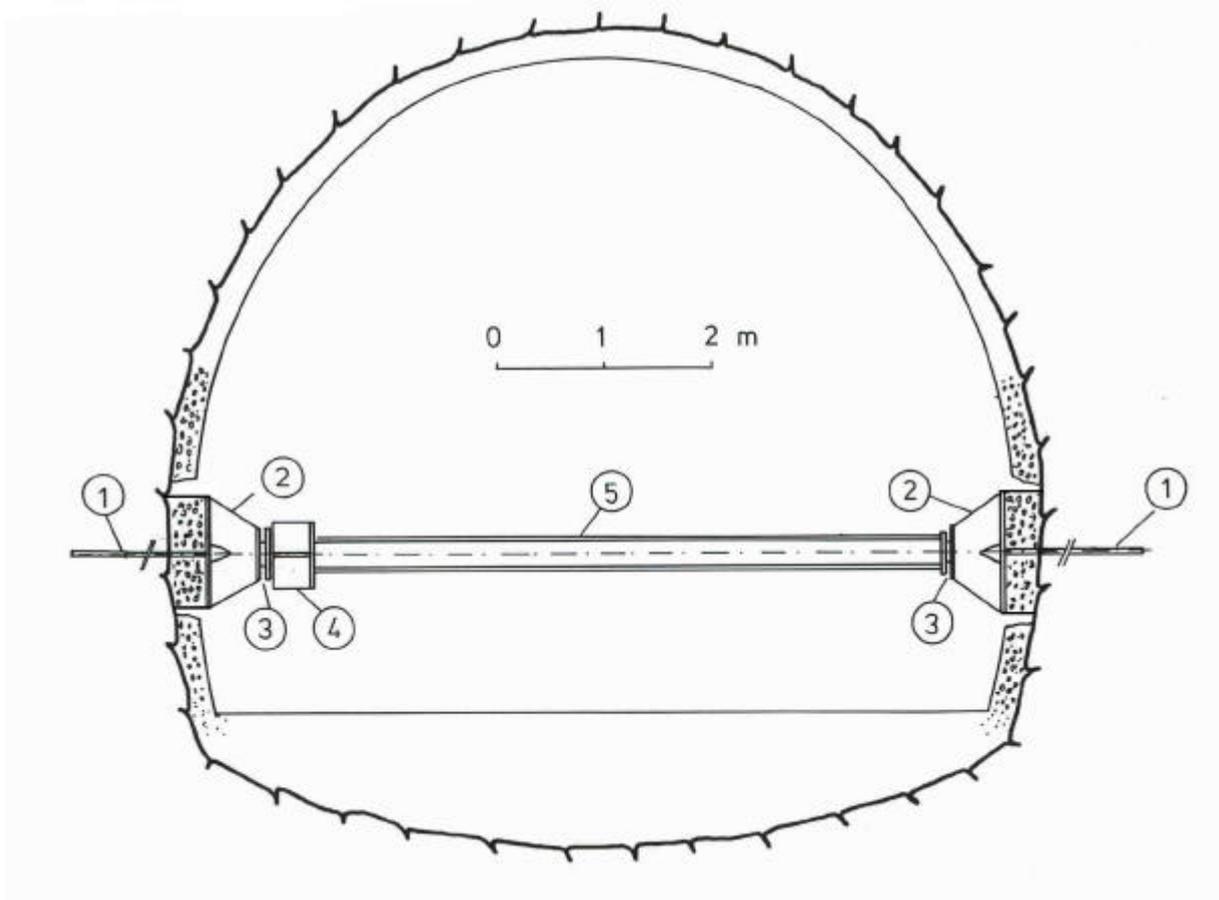


Abb. 1 Lastplattenversuch im Zugangsstollen des Landrückentunnels

Durchführung eines Horizontalversuches.

Versuchsanordnung schematisch. Lastplatte auf Beton der Tunnelschale aufgesetzt. Extensometerkopf für Verschiebungsmessungen am Übergang Gebirge/Beton.

- |   |  |   |                                |
|---|--|---|--------------------------------|
| 1 | 3fach Extensometer                         | 4 | 3 Stück Druckzylinder à 1,5 MN |
| 2 | Lastverteilterplatte $\varnothing$ 1128 mm | 5 | Reaktionsbalken                |
| 3 | Kalotte                                    |   |                                |

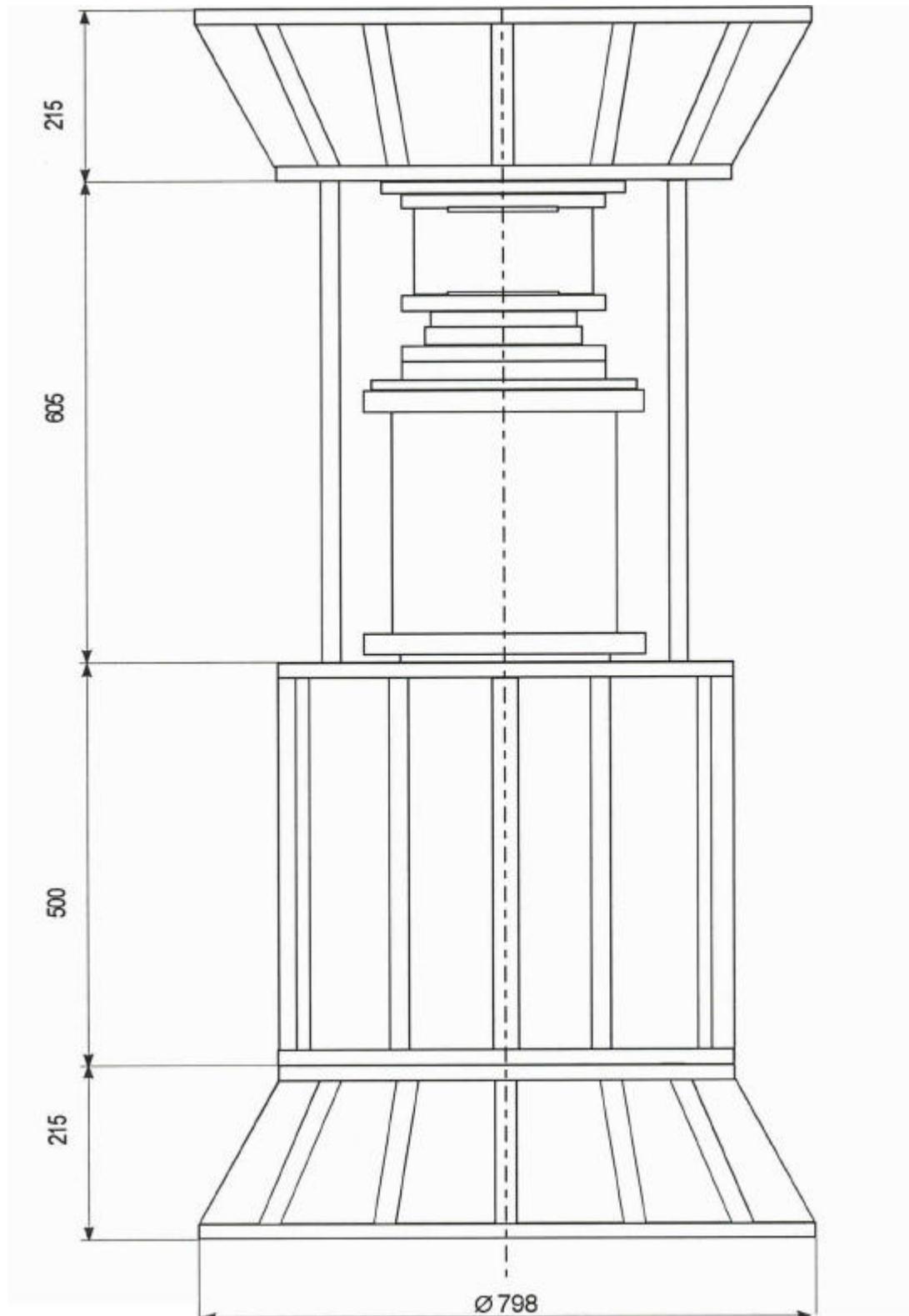


Abb. 2 Versuchseinrichtung mit Lastplattendurchmesser 798 mm

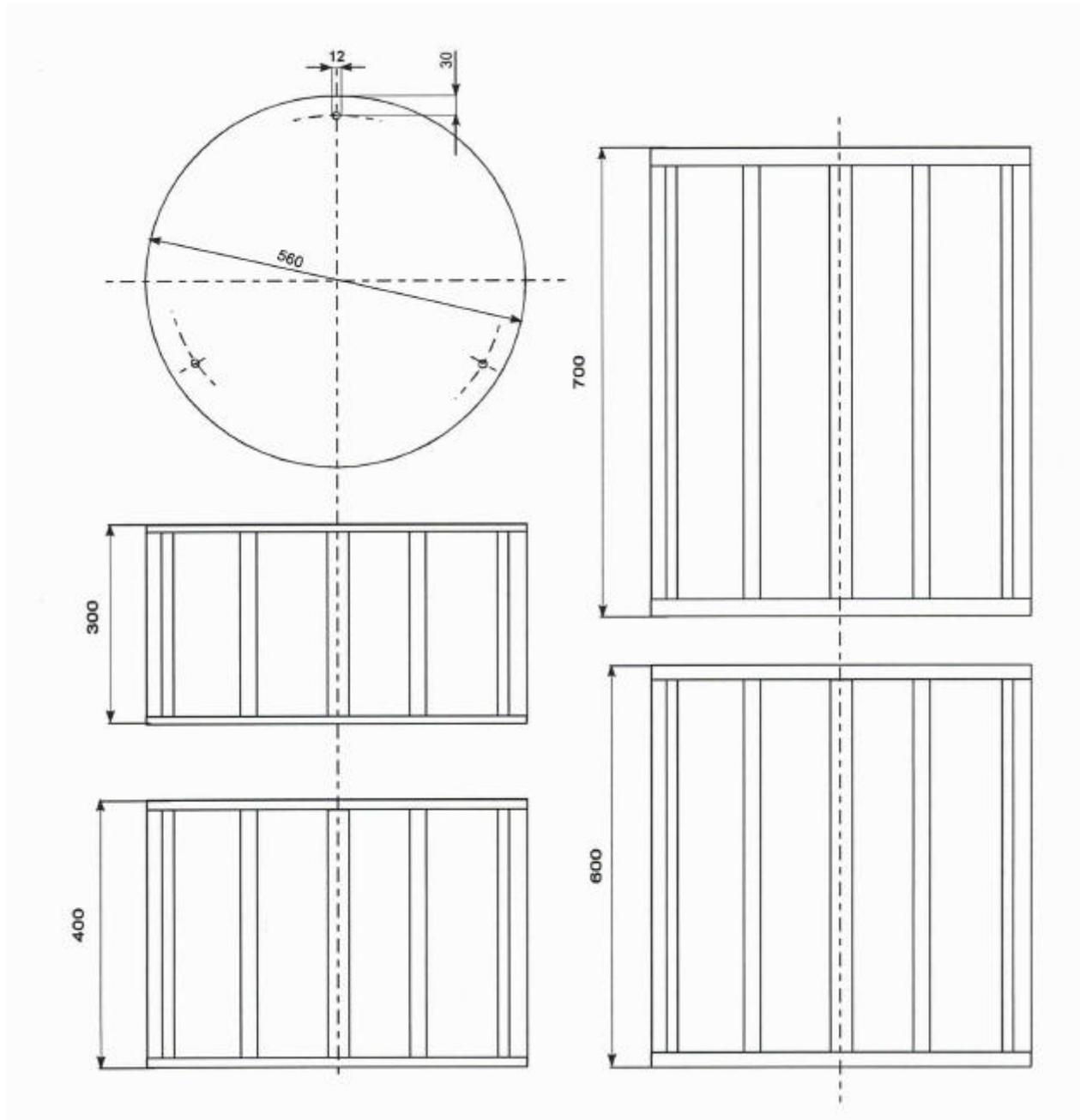


Abb. 3 Distanzstücke für Versuchseinrichtung mit Lastplattendurchmesser 798 mm



Die Wahl des Lastplattendurchmessers, seien es 798 oder 1128 mm, ist eine Frage des Maßstabeffektes. Darunter ist das Verhältnis von Prüfkörpergröße und mittlerem Kluftabstand zu verstehen, welches zur Erfassung der mechanischen Gesetzmäßigkeiten (die ja statistische Gesetze sind) ausreicht und welches nicht. Nur wenn die Zahl der Teilkörper, aus denen sich die Felsmasse eines gewissen Größenbereiches zusammensetzt, hinreichend groß ist, können die aus einem Versuch oder einer Materialprüfung abgeleiteten physikalischen Beziehungen als statistisch gültig betrachtet werden. Das ist zwar etwas längst Bekanntes, nur leider noch immer nicht allgemein zur Kenntnis genommenes.

Es sei ferner daran erinnert, dass die Beziehungen des Maßstabeffektes keine stetigen, sondern unstetige Funktionen sind; ein Problem, das an sich schon frühzeitig in der Felsmechanik-Forschung erkannt worden ist, wie die Großversuche in situ in den fünfziger und sechziger Jahren zeigen, das aber nur langsam allgemeine Berücksichtigung findet.

Es kann daher in manchen Gefügesituationen erforderlich sein, eine Lastplattenfläche von 3, ja von 4 m<sup>2</sup> wählen zu müssen. Für solche Fälle ist es einfacher, statt des Lastplattenversuches die Methode des hydraulischen Druckkissens anzuwenden, welche von KUJUNDZIC entwickelt wurde.

Der Versuchsaufbau mit dem hydraulischen Druckkissen ist in Abb. 4 dargestellt. An der vorgesehenen Messstelle wird im Fels ein Schlitz ausgebrochen, in dem ein kreisförmiges Druckkissen von 2 m Durchmesser eingesetzt und der Zwischenraum zwischen dem Druckkissen und dem Fels mit Beton ausgefüllt wird.

Bei der Lastaufbringung durch das Druckkissen wird seine mittlere Verformung mit der volumetrischen Methode gemessen. Dazu wird mit einer Hand- oder Motorpumpe Wasser bzw. Hydrauliköl aus einem graduierten Standrohr in das Druckkissen gepumpt und auf diese Weise ein hydrostatischer Druck erzeugt, der sich über den Beton auf das Gebirge überträgt. Dabei verformt sich der Fels und das Druckkissen vergrößert gleichzeitig seinen Rauminhalt, während der Flüssigkeitsspiegel im Standrohr absinkt.

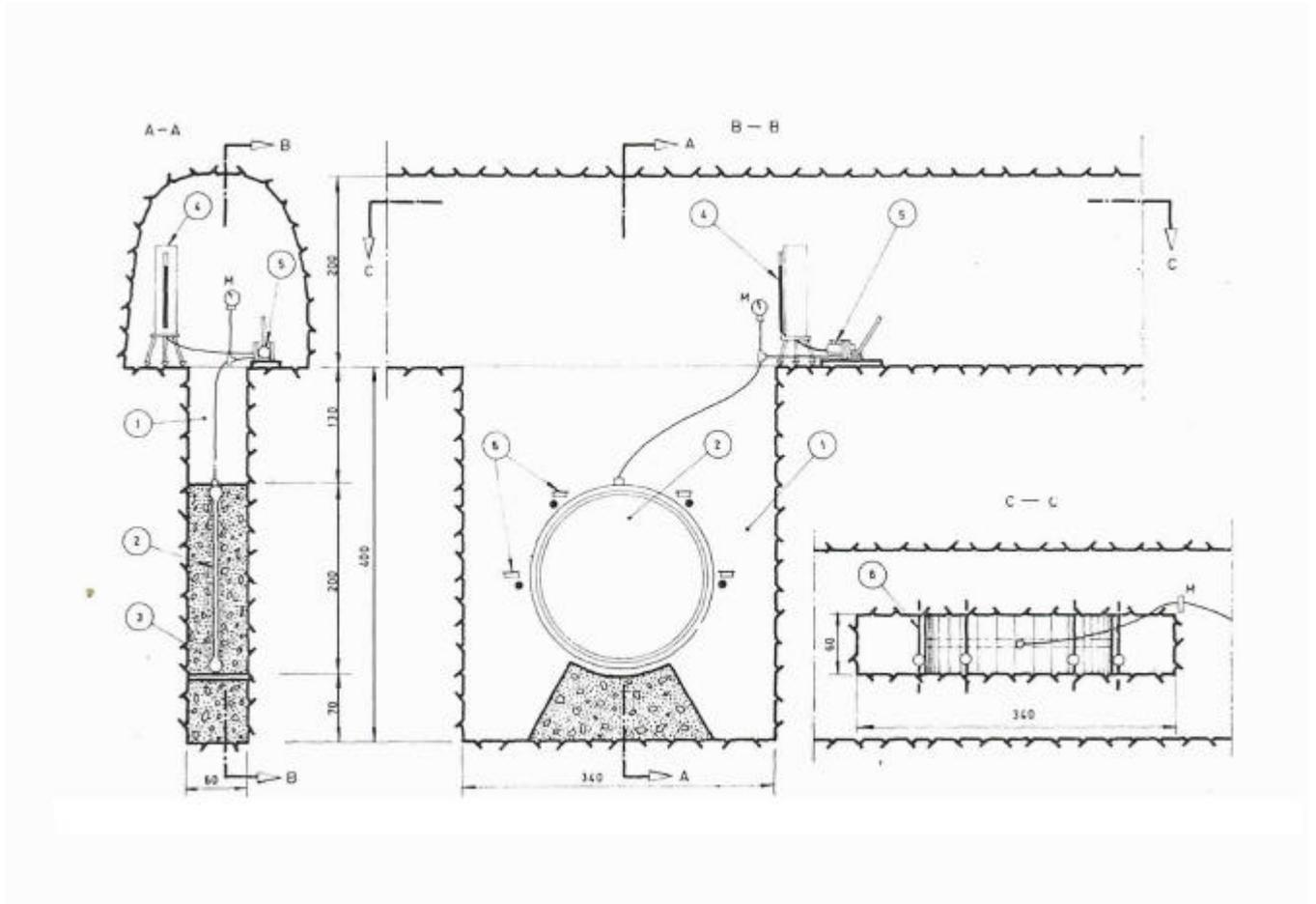


Abb. 4 Druckversuch mit hydraulischem Kissen

- (1) Schlitz im Fels, (2) Druckkissen  $\varnothing$  2 m, (3) Betonfüllung,  
 (4) Standrohr, (5) Handpumpe, (6) Verschiebungsmesseinrichtung  
 (nach KUJUNZIC, 1970)

Aus der Größe dieser Absenkung und der bekannten Querschnittsfläche des Standrohres kann die Gesamtänderung des Druckkissen-Raumhaltes und aus ihm die mittlere Felsverformung errechnet werden. Darüber hinaus können die Verformungen des Gebirges auch am Umfang der belasteten Fläche mit elektrischen oder mechanischen Wegmessgeräten erfasst werden.



Der Elastizitäts- und Verformungsmodul wird nach der Gleichung von BOUSSINESQ berechnet zu

$$E_m \text{ bzw. } V_m = 0,54 \frac{\Delta p (1 - \nu^2)}{\Delta l_m \cdot r}$$

mit

- $\Delta p$  = Gesamtbelastung unter Annahme einer gleichmäßigen Lastverteilung in MN
- $\nu$  = Poissonzahl
- $\Delta l_m$  = mittlere Gebirgsverformung in m
- $r$  = Radius der belasteten kreisförmigen Fläche in m

Für die Modulbestimmung in bestimmten Gefügesituationen reicht auch eine Lastplattenfläche von 3 m<sup>2</sup> nicht aus, um den Maßstabeffekt völlig auszuschließen. Wir halten es jedoch für möglich, auch hydraulische Druckkissen von 2,5 m oder gar 3 m Durchmesser herzustellen, was immerhin einer Fläche von 7 m<sup>2</sup> entspricht.

Für große Bauwerke, wie z. B. eine Talsperre sind aber selbst Lastplattenflächen von 7 m<sup>2</sup> vergleichsweise geringe Abmessungen, weshalb wir in solchen Fällen dazu raten, in situ Großversuche, also einen Radialpressenversuch oder einen Druckkammerversuch nach OBERTI, in einem der Erkundungsstollen für das Bauwerk durchzuführen und so eine zutreffende, richtungsabhängige Charakterisierung der Verformungseigenschaften des Gebirges zu erlangen.



Abb. 5 Lastplattenversuch im Landrückentunnel, Horizontalversuch



Abb. 6 Lastplattenversuch im Landrückentunnel, Vertikalversuch



Abb. 7 Lastplattenversuch im Rollenbergtunnel, Vertikalversuch