

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben  
**Bestimmung der Scherfestigkeit**  
 Teil 3: Direkter Scherversuch

**DIN**  
**18137-3**

Einsprüche bis 31. Jan 1998

ICS 93.020

Soil, Investigation and testing – Determination of shear strength –  
 Part 3: Direct shear test

Sol, Reconnaissance et essai – Détermination de la résistance au  
 cisaillement – Partie 3: Essai de cisaillement direct

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

**Inhalt**

|                                                   | Seite |
|---------------------------------------------------|-------|
| <b>Vorwort</b> .....                              | 2     |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> .....                  | 2     |
| <b>2 Normative Verweisungen</b> .....             | 2     |
| <b>3 Definitionen</b> .....                       | 2     |
| <b>4 Bezeichnung</b> .....                        | 3     |
| <b>5 Geräte</b> .....                             | 3     |
| <b>6 Proben</b> .....                             | 5     |
| <b>7 Versuchsdurchführung</b> .....               | 6     |
| <b>8 Darstellung der Versuchsergebnisse</b> ..... | 8     |
| <b>9 Auswertung</b> .....                         | 10    |
| <b>10 Anwendungsbeispiele</b> .....               | 11    |

Fortsetzung Seite 2 bis 23

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

## Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde vom Normenausschuß Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. im Arbeitsausschuß 05.03.00 "Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte" erarbeitet.

DIN 18137 "Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Scherfestigkeit besteht aus:

Teil 1: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen

Teil 2: Triaxialversuch

Teil 3: Direkter Scherversuch - z. Z. Entwurf

## 1 Anwendungsbereich

Der direkte Scherversuch wird im Erd- und Grundbau angewendet. Die Norm gilt für die Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden durch den konsolidierten, dränierten direkten Scherversuch an zylindrischen oder quaderförmigen Probekörpern. Damit können die Grenzzustände der größten und der kritischen Scherfestigkeit sowie der Restscherfestigkeit bestimmt werden (siehe DIN 18137-1). Die Ergebnisse dienen als Ausgangsgrößen für erdstatische Berechnungen.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 4021

Baugrund – Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

DIN 4022-1

Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels – Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels

DIN 18121-1

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt - Bestimmung durch Ofentrocknung

DIN 18121-2

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Wassergehalt – Bestimmung durch Schnellverfahren

DIN 18123

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN 18125-1

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Dichte des Bodens – Laborversuche

DIN 18125-2

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Dichte des Bodens – Feldversuche

DIN 18136

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Einaxialer Druckversuch

DIN 18137-1

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Scherfestigkeit - Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen

## 3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

### 3.1 Direkter Scherversuch

Im direkten Scherversuch wird in einem quaderförmigen oder zylindrischen Probekörper durch kinematischen Zwang eine Scherfläche erzeugt. Dabei wird eine Normalbelastung senkrecht zur Scherfläche aufgebracht und die Querdehnung der Probe in der Ebene der Scherfläche verhindert. Der Versuch wird als Rahmen- oder Kreisring-scherversuch ausgeführt.

### 3.2 Rahmenscherversuch (DSR)

Direkter Scherversuch, bei dem der Probekörper in zwei übereinanderliegenden starren Rahmen von quadratischem oder kreisförmigem Grundriß eingebracht und konsolidiert wird. Das Abscheren erfolgt durch relatives Verschieben der Rahmen gegeneinander (siehe Bild 1).

### 3.3 Kreisringscherversuch (DSK)

Direkter Scherversuch, bei dem der Probekörper von kreisringförmigem Grundriß in zwei übereinanderliegenden starren Rahmen eingebracht und konsolidiert wird. Das Abscheren erfolgt durch Drehen des oberen oder unteren Rahmens um die gemeinsame Mittelachse (siehe Bild 2).

## 4 Bezeichnung

Bezeichnung eines Rahmenscherversuches (DSR):

Versuch DIN 18137 – DSR

## 5 Geräte

### 5.1 Schergerät

#### 5.1.1 Rahmenschерgerät

Das Rahmenschерgerät (siehe Bild 1) besteht aus zwei übereinanderliegenden starren Rahmen mit quadratischem oder kreisförmigem Grundriß, in die der Boden eingebracht bzw. der Probekörper eingebaut wird. Die Rahmen sind translatorisch verschieblich und müssen zur Verhinderung einer Verkipfung parallel geführt werden (Bild 1). Es ist dafür Sorge zu tragen, daß bei der Konsolidation zwischen Probekörper (1) und dem oberen Rahmen (4) möglichst wenig Schubspannungen übertragen werden. Beide Rahmen müssen während des Einbaus der Bodenprobe fest miteinander verbunden werden können. Bei Relativbewegungen der Rahmen darf keine Reibung zwischen ihnen auftreten. Dazu muß beim Abscheren zwischen den Rahmen ein Spalt von 0,05 mm bis 0,1 mm vorhanden sein.

ANMERKUNG: Diese Anforderung wird am zweckmäßigsten durch eine Konstruktion erfüllt, die ein Öffnen des Spalts nach der Konsolidation ermöglicht.

Während des Versuchs wird der Probekörper durch einen Stempel normal zur Scherebene belastet. Der Stempel ist im oberen Rahmen so geführt, daß er beim Abscheren nicht kippt. Das Schergerät muß so ausgebildet sein, daß die Probe geflutet werden kann. Der verschiebliche Rahmen und der Stempel sind reibungsarm zu führen.

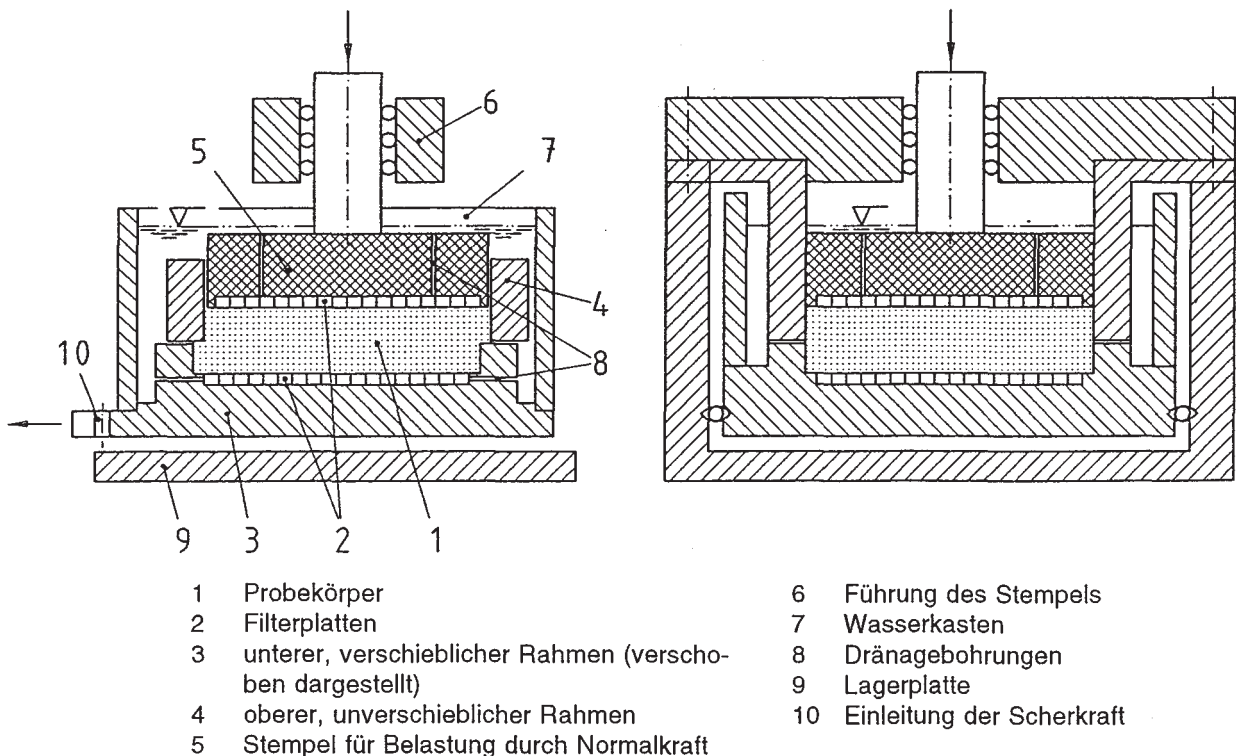


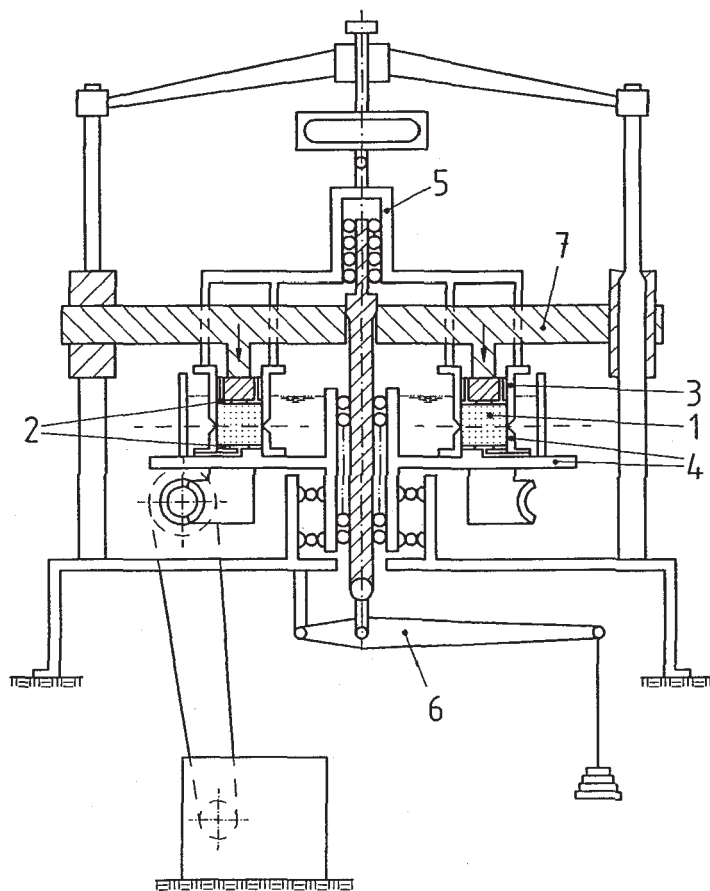
Bild 1: Beispiel für ein parallel geführtes Rahmenschchergerät, Längsschnitt und Querschnitt

Die Scherkraft sollte gleichmäßig über den gesamten Querschnitt des Probekörpers verteilt werden. Dazu muß der Probekörper oben und unten von rauhen Filterplatten eingefast sein. In die Filterplatten eingelassene Schneiden oder Zähne zur Einleitung der Scherkraft sind zulässig, sofern sie das Probengefüge im Bereich der Scherfuge nicht zerstören. Die Filterplatten müssen aus Materialien hergestellt werden, die nicht mit dem Boden oder dem Porenwasser chemisch reagieren. Die Oberflächen müssen sauber und eben sein, dürfen keine Abschalungen und Risse haben. Die Porenfeinheit muß an der Oberfläche so sein, daß kein Boden in die Poren eindringen kann. Zum Schutz der Filterplatten kann auch Filtrierpapier zwischen Probekörper und Filterplatte eingelegt werden. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Filterplatte muß mindestens um den Faktor 10 größer als derjenige des Bodens sein.

### 5.1.2 Kreisringschergerät

Das Kreisringschergerät besteht aus zwei übereinanderliegenden, gegeneinander drehbaren starren Rahmen mit kreisringförmigem Grundriß. Bei Relativbewegungen der Rahmen darf keine Reibung zwischen ihnen auftreten. Dazu muß beim Abscheren zwischen den Rahmen ein Spalt von 0,05 mm bis 0,1 mm vorhanden sein.

ANMERKUNG: Diese Anforderung wird am zweckmäßigsten durch eine Konstruktion erfüllt, die ein Öffnen des Spalts nach der Konsolidation ermöglicht.



- 1 Probekörper
- 2 Filterkreisringe
- 3 oberer fester Kreisring
- 4 unterer drehbarer Kreisring samt Drehtisch
- 5 Hebevorrichtung für den oberen Kreisring
- 6 Belastungseinrichtung für die Normalkraft
- 7 Belastungseinrichtung und Torsionsmeßsystem

Bild 2: Beispiel für ein Kreisringschergerät

Die wesentlichen Konstruktionselemente sind im Bild 2 dargestellt.

Die Scherkraft wird durch Drehen des beweglichen Rahmens um eine gemeinsame Mittelachse erzeugt.

Für die Filterplatten gilt 5.1.1.

## 5.2 Belastungsvorrichtung

### 5.2.1 Rahmenscherversuch

Die Vorrichtung für die Normalbelastung muß so ausgebildet sein, daß die Normalbelastung während des Abscherens konstant bleibt. Mit der Vorrichtung für die Scherbelastung muß eine Scherkraft durch Vorschub mit einer konstanten Geschwindigkeit nach 7.3 erzeugt werden können. Es muß ein Scherweg von mindestens 12 mm oder 10 % der Probenlänge bzw. des Durchmessers ausführbar sein.

Zur Bestimmung der Restscherfestigkeit im Rahmenschergerät muß die Verschiebungsrichtung umkehrbar sein.

### 5.2.2 Kreisringscherversuch

Die Vorrichtung für die Normalbelastung entspricht jener des Rahmenscherversuchs. Die Vorrichtung für die Scherbelastung muß eine Drehung für einen unbegrenzten Scherweg gestatten. Für die Schergeschwindigkeit in der Mitte der Probe gilt 7.3. Während des Abscherens sollte eine Steigerung der Schergeschwindigkeit bis 3 mm/min möglich sein.

## 5.3 Geräte zum Messen von Lasten und Verschiebungen

Die Normalkraft muß auf 1 %, die Scherkraft auf 1 % der Bruchkraft, mindestens aber auf 2,5 N gemessen werden können. Die Horizontalverschiebungen müssen auf 0,02 mm, die Vertikalverschiebungen auf 0,01 mm gemessen werden können.

## 5.4 Geräte zum Einbau des Probekörpers

Für ungestörte Probekörper:

- Ausstechring mit Vorrichtung zur Parallelführung,
- Messen mit gerader Schneide,
- Stahllineal mit Fase,
- Drahtsäge,

für gestörte Probekörper:

- Metallplatte mit Stiel zum Verdichten des Bodens,
- Lehre zum Einebnen der Probenoberfläche,
- gegebenenfalls Lehre zum Ausarbeiten von Aussparungen für Zähne.

## 6 Probekörper

### 6.1 Art

Der direkte Scherversuch wird an homogenen Probekörpern durchgeführt, die entweder aus Sonderproben der Güteklasse 1 nach DIN 4021 herausgearbeitet oder aus Proben aus aufbereitetem Bodenmaterial hergestellt werden.

### 6.2 Maße

Die Seitenlängen  $a$  der Probekörper mit quadratischem Grundriß betragen im Rahmenschergerät mindestens 6 cm und höchstens 40 cm. Bei rundem Grundriß beträgt der Durchmesser  $D$  mindestens 7 cm und höchstens 45 cm. Die Probenhöhe  $H$  muß das 5fache des größten Korndurchmessers, mindestens aber 10 mm betragen. Das Verhältnis von Probenhöhe zum Probendurchmesser bzw. zur Seitenlänge  $H/D$  bzw.  $H/a$  darf  $1/3$  nicht überschreiten.

ANMERKUNG. Bei der Verwendung von Schneiden oder Zähnen sind die Maße auf den Abstand der Zähne zwischen dem oberen und unteren Rahmen zu beziehen.

Im Kreisringschergerät muß der Außendurchmesser  $D_a$  mindestens 9 cm betragen. Das Verhältnis von Innen- zu Außendurchmesser muß  $D_i/D_a \geq 0,5$  sein. Die Probenhöhe muß mindestens das 5fache des größten Korndurchmessers betragen. Das Verhältnis von Probenhöhe zu Ringbreite muß  $H/[(D_a - D_i)/2] \leq 1$  sein.

ANMERKUNG: Um einen möglichst homogenen Spannungs- und Verformungszustand zu erreichen, wird sowohl der Durchmesser  $D_a$  als auch das Verhältnis  $D_i/D_a$  möglichst groß gewählt.

## 6.3 Einbau in das Schergerät

### 6.3.1 Allgemeines

Während des Einbaus müssen der obere und untere Rahmen unverschieblich gegeneinander gesichert sein. Vor dem Einbau der Probekörper sollten die relativ zueinander beweglichen Metallflächen in der Scherebene mit Gleitfett (z. B. Vaseline) bestrichen werden.

ANMERKUNG: Damit wird erreicht, daß keine Bodenteilchen in den Spalt eindringen und Reibung verursachen können.

## 6.4 Herstellung der Probekörper

### 6.4.1 Ungestörte bindige Proben

Aus bindigen Sonderproben oder ungestörten Probestücken ist der Probekörper mit einem Ausstechring so herauszuarbeiten, daß die Probe möglichst ungestört bleibt.

### 6.4.2 Nichtbindige und aufbereitete Proben

Probekörper aus nichtbindigen und aufbereiteten Proben sind so herzustellen, daß sie homogen sind und den Bedingungen des Anwendungsfalls hinsichtlich der Dichte, des Wassergehalts und der Struktur entsprechen. Sie dürfen unmittelbar in den Probekörperformen erzeugt, bei bindigen Böden auch aus größeren Bodenkörpern herausgearbeitet werden.

## 6.5 Anzahl der Einzelversuche

### 6.5.1 Bindige Proben

Für die Ermittlung der Scherparameter sind Versuche an mindestens drei gleichartigen Probekörpern durchzuführen. Versuche an zwei gleichartigen Probekörpern reichen nur dann aus, wenn nach DIN 18137-1 eine Schergerade durch den Koordinatenursprung erwartet werden muß. Erlauben die Ergebnisse keine hinreichend genaue Ermittlung von  $\varphi'$  und  $c'$ , so sind weitere Einzelversuche durchzuführen.

### 6.5.2 Nichtbindige Proben

Bei nichtbindigen Proben sind mindestens fünf Einzelversuche mit gleicher Normalspannung  $\sigma'$  und unterschiedlicher Anfangsporenzahl  $e_a$  durchzuführen.

## 7 Durchführung

### 7.1 Allgemeines

Der Versuchsvorgang besteht bei allen Versuchsarten aus

- dem Konsolidationsvorgang und
- dem Abschervorgang.

Versuchsart, Höhe der Konsolidationsspannung der einzelnen Probekörper sowie der Abschervorgang sind der Bodenart, der geologischen und geostatischen Vorbelastung sowie der gestellten Bauaufgabe anzupassen.

### 7.2 Konsolidation

#### 7.2.1 Ungestörte bindige Proben

Die Konsolidation erfolgt bei gefluteter Probe, wobei Wasser frühestens nach Aufbringen der Überlagerungsspannung zugegeben werden sollte. Zur Bestimmung der Scherparameter werden alle Teilproben auf unterschiedliche Normalspannungen  $\sigma'_c$  belastet und auskonsolidiert. Die Normalspannungen  $\sigma'_c$  müssen den Spannungsbereich der praktischen Anwendung abdecken. Sie dürfen nicht zu nah zusammenliegen, um den Einfluß von Versuchsstreuungen bei der Ermittlung der Scherparameter klein zu halten.

ANMERKUNG: Bei der Wahl der Spannungen ist zu berücksichtigen, daß bei niedrigen Normalspannungen der Einfluß der Probenstörung und der Gerätereibung besonders groß sein kann.

Bei normalkonsolidierten Böden müssen die Konsolidationsspannungen  $\sigma'_c$  bei allen Einzelversuchen entweder deutlich unterhalb oder oberhalb der in-situ wirkenden Spannung liegen.

ANMERKUNG: Bei normalkonsolidierten bindigen Böden erhält man in den Fällen, in denen zur Bestimmung der Scherparameter maßgebenden wirksamen Normalspannungen  $\sigma'_c$  kleiner sind als die in-situ Spannungen

– z. B. im Bereich einer Einschnittböschung, wo durch den Aushub eine Entlastung des Bodens eintritt – die wirksamen Scherparameter  $\varphi'$  und  $c'$ . In den Fällen, in denen die maßgebenden wirksamen Normalspannungen größer sind als die in-situ Spannungen – z. B. im Boden unter einer Dammschüttung – erhält man als Scherparameter  $c' = 0$  und den Winkel der Gesamtscherfestigkeit  $\varphi_s'$  (siehe 3.35 von DIN 18137-1:1990-08).

Da die Scherparameter  $\varphi'$  und  $c'$  bei niedrigen Normalspannungen mit großen Versuchsstreuungen behaftet sind, sollten die Proben zunächst auf eine deutlich über dem Überlagerungsdruck  $\gamma \cdot z$  liegende Spannung  $\sigma_m$  belastet und auskonsolidiert werden. Anschließend werden die Teilproben auf unterschiedlich hohe Konsolidationsspannungen  $\sigma_c \geq 75 \text{ kN/m}^2$  entlastet und nach Abschluß des Schwellens abgesichert.

Bei weichen normalkonsolidierten Böden sind die Konsolidationsspannungen in Stufen aufzubringen.

Damit soll vermieden werden, daß der weiche Boden in den Spalt zwischen die Rahmen gepreßt wird. Das Ende der Konsolidation wird durch Messungen der Setzungen bestimmt.

Bei der Bestimmung der Scherparameter von überkonsolidierten Böden, bei denen die Proben durch die Entnahme und den Einbau in das Schergerät Störungen erhalten haben, so daß durch eine Zunahme des Wassergehalts bzw. eine Auflockerung ein Teil der durch die Überkonsolidierung erzeugten Festigkeit verlorengegangen ist, sind zunächst alle Teilproben unter der gleichen Spannung  $\sigma_m$  zu konsolidieren.  $\sigma_m$  darf nicht größer sein als die maximal wirksame Normalspannung, der der Boden im Baugrund während seiner geologischen Geschichte ausgesetzt war. Anschließend werden die Teilproben auf unterschiedliche Normalspannungen  $\sigma'_c \leq \sigma_m$  entlastet. Diese Normalspannungen werden so lange belassen, bis das Schwellen abgeklungen ist.

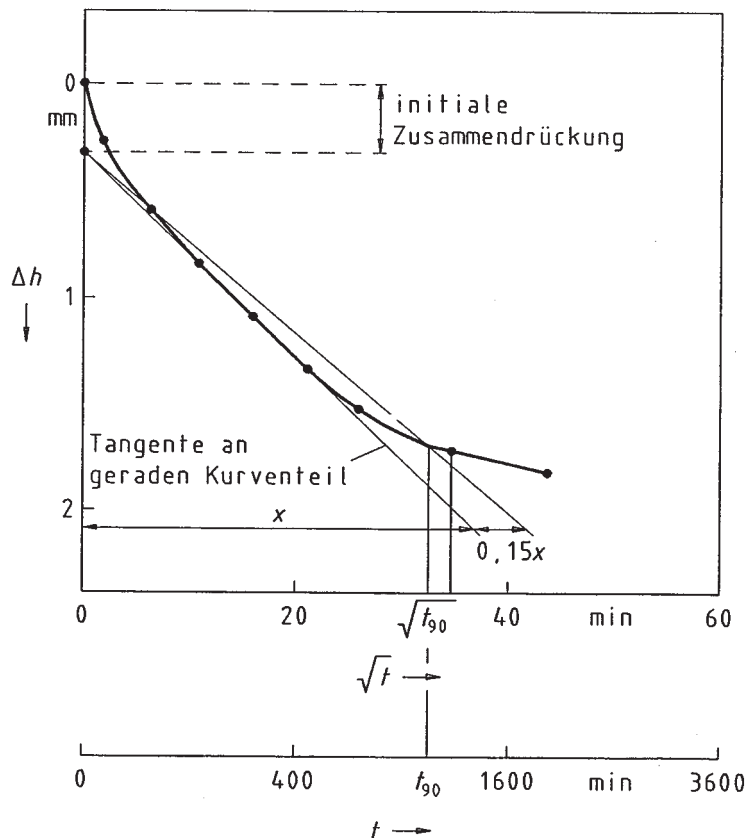


**Bild 3: Beispiel für die Ermittlung der Zeit  $t_{90}$  zur Ermittlung der maximalen Vorschubgeschwindigkeit**

Um die beim Abscheren in bindigen Böden entstehenden Porenwasserdrücke vernachlässigbar klein zu halten, darf die Schergeschwindigkeit nicht zu groß werden. Zur Abschätzung der maximal möglichen Schergeschwindigkeit ist der Konsolidationsverlauf anhand der Setzungen zu beobachten, wobei zweckmäßigerweise nach etwa 1, 4, 9, 16, 25 ... min abzulesen ist und ein entsprechendes Diagramm im  $\sqrt{t}$ -Maßstab aufgetragen wird (siehe Bild 3). Die Bezugszeit  $t_{90}$  zur Abschätzung der Schergeschwindigkeit ist, wie im Bild 3 dargestellt, zu ermitteln.

## 7.2.2 Aufbereitete bindige Proben

Abweichend von 7.2.1 wird bei der Konsolidation aufbereiteter bindiger Proben die Belastung stufenweise aufgebracht. Es wird mit einer kleinen Laststufe begonnen ( $25 \text{ kN/m}^2$ ). Der Betrag wird von Stufe zu Stufe verdoppelt, wobei die volle Konsolidation in den Zwischenstufen nur bei den beiden letzten Belastungsstufen abgewartet werden muß. Zur Ermittlung der maximalen Schergeschwindigkeit ist das Ende der Konsolidation nach 7.2.1 zu bestimmen.