

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 24

Artikel: Die wärmetechnische Bewertung von Fussböden mit Hilfe der Wärmeeindringzahl
Autor: Weber, A.P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66818>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

installationen, betragen rund 60 % und der sprengungsfreie Vollvortrieb des ganzen Stollens erfordert nur 45 % des Zeit-aufwandes der konventionellen Vortriebsmethode.

3.6 Technische Grenzen der Anwendbarkeit

Die Maschine wurde vorläufig nur in Sedimenten und in metamorphen Gesteinen eingesetzt, nicht aber in Kristallin. Die Anwendbarkeit beschränkte sich bisher auf weiche aber nicht ursprünglich plastische und auf mittelharte Gesteine. Die technische Grenze der Einsätze ist gegeben durch die Wechselwirkung von Druckfestigkeit und Härte des Gesteines, die Grösse des Ausbruchdurchmessers des Tunnelprofils und die offene Klüftigkeit des Gebirges.

Die neuesten Rollschneiden in zweckmässiger Anordnung auf dem Schneidekopf ermöglichen das Lösen von Gestein mit einer Druckfestigkeit bis etwa 1800 kg/cm² in kleinen bis mittelgrossen Profilen von 6 bis 7 m Ausbruchdurchmesser. Es darf nicht ausser acht gelassen werden, dass mit zunehmender Gesteinhärte der Verschleiss an Schneiden zunimmt und die wirtschaftliche Grenze der Anwendbarkeit unter Umständen bereits vor der technischen erreicht werden kann.

Technische Grenzen sind dem Einsatz zudem gesteckt durch grosse Ausbruchdurchmesser und offene Klüfte. Das Vortreiben eines grossen Profils im mittelharten und harten Gestein erfordert sehr grosse Anpresskräfte und Drehmomente und dementsprechend sehr starke und sperrige Motoren, deren Unterbringung bei dem engen Raum auf der Maschine nicht leicht ist. Beim Durchörtern eines kompakten Gesteinsverbandes mit sich gegenseitig überschneidenden Schicht- oder Schieferungsflächen, Rissen, Klüften und Verwerfungsspalten kann eine geringe Störung im Klüftkörper zu Niederbrüchen führen. Dabei können ausgebrochene Steine und Blöcke neben den Rollschneiden zwischen der Brust und dem Schneidekopf eingeklemmt werden. Um Beschädigungen an der Maschine zu vermeiden, ist diese dann lokal zurückzuziehen, was technisch durchaus möglich, nicht aber wirtschaftlich ist. Durch das Auftreten mehr oder weniger kompakter aber verschiedenen harter Gesteine im gleichen Profil — etwa bei Molasseformationen, bestehend aus Sandstein mit Knauern und Mergel — wird der Vortrieb nicht beeinträchtigt.

Auf Grund der bisher in den Einsätzen der Maschine gewonnenen Erfahrungen lässt sich vorläufig noch keine einfache quantitative Regel aufstellen, welche dem projektierenden Ingenieur oder dem Unternehmer erlauben würde, die Grenze der Anwendbarkeit mit Sicherheit zu erkennen. Die Konstrukteure der Maschine entscheiden darüber von Fall zu Fall nach eingehender Prüfung des zu durchfahrenden Gesteins und der örtlichen Verhältnisse.

Die wärmetechnische Bewertung von Fussböden mit Hilfe der Wärmeeindringzahl

Von A. P. Weber, berat. Ing. S. I. A., Zürich

DK 662.998.1

Wärmetechnisch ungenügende Bodenkonstruktionen sind im Hochbau oft anzutreffen, besonders in Keller- und Erdgeschoss-Räumen, weiter bei auskragenden Konstruktionen, bei Räumen über offenen Durchgängen usw. Erfahrungs-gemäss darf man dem menschlichen Fuss nicht zu viel Wärme zuführen; umgekehrt soll aber auch die Wärmeabfuhr am Fuss nicht zu gross sein. Die Temperatur eines Fussbodens darf somit bestimmte Werte weder über- noch unterschreiten. Nun bildet aber die Bodentemperatur allein noch kein ausreichendes Kriterium; vielmehr sind auch die wärmetechnischen Eigenschaften der Bodenbeläge zu berücksichtigen. So wurde in Deutschland versucht, mit vorgeschriebenen maximalen Wärmedurchgangszahlen der Böden ungünstige Bodentemperaturen zu vermeiden (DIN 4108). Das kann aber zu nicht restlos befriedigenden Konstruktionen führen. Im weiteren ist die Art des Heizbetriebes auf die Bodentemperatur von Einfluss: Es ist nicht gleichgültig, ob eine Heizung stationär oder intermittierend betrieben wird. Und schliesslich ist der Charakter des Raumes von Bedeutung: es ist zu unterscheiden zwischen Räumen, in denen sich Menschen

3.7 Anwendungsmöglichkeiten in der Schweiz

Davon ausgehend, dass bisher mit technischem und wirtschaftlichen Erfolg Gesteine mit einer Druckfestigkeit bis 1200 kg/cm² und der Mohsschen Härte von 3,5 (Calcit bis Flusspat) mit einem Stollen von gegen 5 m Ausbruchdurchmesser durchörtert wurden, kann angenommen werden, dass sich weite Gebiete der Molasse des Mittellandes für den Einsatz der Vortriebsmaschine eignen. Aber auch in einigen Gebieten der Alpen, z. B. in Zonen der Helvetischen Schichtreihe sowie des Juras dürfte die Anwendung der Vortriebsmaschine möglich sein.

Die Maschine kann verwendet werden für den Vortrieb von Stollen und von Tunneln mit mittlerem Durchmesser als selbständige Objekte, aber auch für Hilfsobjekte wie Sondier- oder Vortriebsstollen für Strassen- und Bahntunnel, besonders bei geringer Ueberlagerung unter Baugebieten. Beim Ausbruch von unterirdischen Grossgaragen, Zivilschutzbauten und militärischen Anlagen können die Zugangsstollen in einem Arbeitsgang vorgetrieben werden, während die Kavernen mit der Vortriebsmaschine z. B. entlang der Parameter ausgebrochen und anschliessend auf konventionelle Art ausgeweitet werden können. Besonders dem Bau von grossen Zivilschutzobjekten in der Molasse des Mittellandes, welche bei zahlreichen Städten zwischen dem Bodensee und dem Genfersee ansteht, vermag die Vortriebsmaschine einen starken Impuls zu erteilen.

4. Zusammenfassung

Die bisher gebauten Stollen- und Tunnel-Vortriebsmaschinen der Bauart Robbins sind ausschliesslich in weichem und mittelhartem Gestein eingesetzt worden. Allen in weichem Gestein und den mit Rollschneiden und nur im Zentrum des Schneidekopfes mit Schneidezähnen ausgerüsteten, im mittelharten Gestein arbeitenden Maschinen-Modellen ist ein technischer und wirtschaftlicher Erfolg beschieden gewesen. Es ist gerechtfertigt, den Einsatz der Maschine für den Bau bestimmter Objekte und unter den vorstehend beschriebenen geotechnischen Verhältnissen vorzusehen, weil diese Methode des sprengungsfreien Tunnel- und Stollenvortriebes grössere Vortriebsgeschwindigkeiten und eine höhere Wirtschaftlichkeit erreichen lässt, als das konventionelle Verfahren. Die laufende technische Weiterentwicklung der Maschine — besonders im Hinblick auf neue Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge — lässt ihren Einsatz zukünftig auch in hartem Gestein erwarten.

Adresse des Verfassers: Werner Rutschmann, dipl. Ing., Elektro-Watt, Claridenstr. 22, Zürich.

während längerer Zeit aufzuhalten, und solchen, die nur kurzzeitig benutzt werden.

Die nachstehenden Betrachtungen haben nicht nur für die menschlichen Behausungen Gültigkeit, sondern können auch auf Tierställe übertragen werden, wobei besonders zu berücksichtigen ist, dass die Tiere nicht nur mit den Hufen, sondern, wenn sie liegen, mit dem Körper den Boden berühren.

Mit dem Problem der Wärmeableitung von Fussböden hat sich wohl erstmals Hilde Mollier, die Tochter des bekannten Professors Dr. Richard Mollier, Dresden, befasst¹⁾. Ihre grundlegenden Versuche wurden in der Folge von verschiedenen Forschern fortgesetzt. Alle diese Arbeiten bezogen sich nicht auf die Ermittlung der Wärmeverluste zur Bemessung der Heizung, sondern auf die Bestimmung der Wärmeableitung, die ein menschlicher oder tierischer Körper durch seine Berührung mit dem Fussboden erfährt. In den

1) «Ges.-Ing.» Bd. 33, 1910, Nr. 5, Mitteilung aus dem Laboratorium für technische Physik der T. H. München.

inzwischen verstrichenen 50 Jahren sind viele Arbeiten veröffentlicht worden, zuletzt vom Institut für Techn. Physik, Stuttgart. Dagegen findet man in bekannten Büchern über Baukonstruktionslehre kaum Brauchbares. Wie nachteilig sich diese Unkenntnis auswirken kann, zeigt folgendes Beispiel: Für ein Gebäude war neulich eine Heizanlage zu projektieren, dessen Räume vollständig ins Freie auskragten und den Charakter von Büroräumen hatten. Als Bodenkonstruktion war lediglich eine armierte Betonplatte mit Zementüberzug vorgesehen. Die vorgeschlagene Bodenheizung konnte leider aus baulichen Gründen nicht ausgeführt werden. Dafür hat man eine Isolierplatte eingelegt, womit das Problem allerdings noch nicht gelöst war. Da die Isolierung wegen dem verfügbaren Platz auf der Unterseite des Bodens angebracht werden musste, war die Oberflächentemperatur des Betonbodens für die Raumsassen zu niedrig und der Aufenthalt wegen Erkalten der Füße ausgesprochen unbehaglich.

In Deutschland ist kürzlich der Entwurf zur Norm DIN 52614 für die zulässige Wärmeableitung von Fussböden veröffentlicht worden. Danach gelten die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte, wobei sich W_1 auf eine Messzeit von 1 Minute und W_{10} auf eine solche von 10 Minuten bezieht. Für die Anwendung dieser Normen muss ein speziell konstruierter Prüfheizkörper (künstlicher Fuss) zur Verfügung stehen. Ein Boden ist in hygienischer Hinsicht gut, wenn er als «fusswarm» bezeichnet werden kann, das heißt, wenn $W_1 < 12$ und $W_{10} < 70$ ist. Das ist so zu verstehen, dass die Oberflächentemperatur des Bodens einen bestimmten Wert erreichen soll, damit ein längeres Verbleiben im Raum vom menschlichen Fuss (oder auch vom Tier) nicht als unbehaglich empfunden wird.

Mit Hilfe der «Wärmeeindringzahl» b kann man auch ohne einen Prüfheizkörper einen Fussboden bezüglich Wärmeschutz beurteilen. Für b gilt die Definitionsgleichung

$$(1) \quad b = \sqrt{\gamma \lambda c} \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$$

Hierin bedeuten:

γ = das Raumgewicht des obersten Bodenbelages in kg/m^3

c = die spez. Wärme in kcal/kg grd

λ = die Wärmeleitzahl in kcal/m h grd

Die Wärmeeindringzahl ist als reiner Stoffwert ein Mass für die Wärmespeicherfähigkeit und für die Wärmemenge, die in den betreffenden Stoff eindringt. Tabelle 2 gibt die b -Werte einiger Baustoffe. Die entsprechenden Grenzwerte sind in Tabelle 1 rechts zu finden.

Die von Eichler²⁾ zuerst angegebenen Zahlen für die Grenzwerte b genügen für die Baupraxis vollkommen. Zur raschen und einfachen Bestimmung der Wärmeeindringzahl dient die Fluchtlinientafel Bild 1.

Auf der Leiter rechts ist das Produkt $\lambda \cdot c$ aufgetragen, auf der Leiter links das Raumgewicht γ . Durch die Verbindung von $\lambda \cdot c$ mit γ findet man auf der Mittelleiter den gesuchten b -Wert. Das eingezeichnete Zahlenbeispiel gilt für: $\lambda \cdot c = 0,1 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$ und $\gamma = 4000 \text{ kg/m}^3$. Man findet $b = 20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$.

Zur Ermittlung der Kontakttemperatur ϑ_k ist die Kenntnis der Wärmeeindringzahl ebenfalls notwendig. Es ist dies die Temperatur, die sich im ersten Augenblick bei der Beührung des Bodens einstellt, speziell bei nackten Körperflächen (in Bädern, Therapien, Ställen). Nach van der Held³⁾ ist

$$(2) \quad \vartheta_k = \frac{b_1 \vartheta_1 + b_2 \vartheta_2}{b_1 + b_2} \text{ grd C,}$$

wobei sich b_1 auf den Baustoff des Bodenbelages und b_2 auf die Körperoberfläche (Fuss) bezieht. Für die menschliche

2) Bauphysikalischs Entwerfen, Leipzig 1961.

3) Etwas über verbrannte Finger und kalte Füsse, «Heizung und Lüftung» Bd. 9 (1942), Nr. 1.

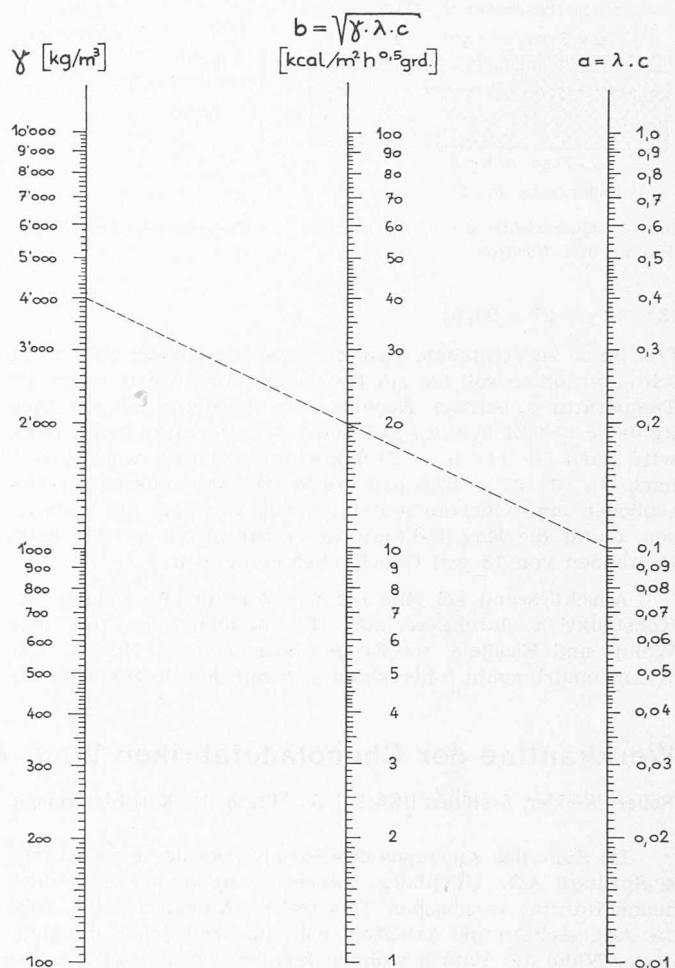


Bild 1. Fluchtlinientafel zur Ermittlung von b aus γ und a . Diese Tafel kann im Normalformat A4 beim Verfasser bezogen werden.

Haut ist der zulässige Wert $b_2 = 16 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$ ⁴⁾. Rechnet man z. B. für ein Badezimmer im Erdgeschoss mit den Werten $b_1 = 24$ (Plättliboden) und $\vartheta_1 = 15 \text{ grd}$ und $b_2 = 16$ (nackter Fuss) und $\vartheta_2 = 28 \text{ grd}$, so erhält man $\vartheta_k = 20 \text{ grd}$, was vom Fuss eher als kalt empfunden wird. Eingehende Untersuchungen über die Hauttemperatur des Fusses beim Stehen auf verschiedenartigen Fussböden sind im Institut für Technische Physik in Stuttgart durchgeführt worden⁵⁾.

Van der Held hat auch eine Beziehung für die «gleichwertige Bodentemperatur» ϑ_g angegeben; sie lautet:

4) Für die menschliche Haut gelten:

$\gamma \approx 1000 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,3 \text{ kcal/m h grd}$, $c = 0,83 \text{ kcal/h grd}$

5) «Ges. Ing.» 75. Jg. (1954) Nr. 23/24.

Tabelle 1. Grenzwerte W in kcal/m^2 und b in $\text{kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$ für verschiedene Wärmeableitungsstufen

	W_1 kcal/m^2	W_{10} kcal/m^2	b $\text{kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$
I gut füsswarm	unter 9	unter 45	unter 5
II ausreichend	9 bis 12	45 bis 70	5 bis 10
III ungenügend	12 bis 15	70 bis 95	10 bis 20
IV füsskalt	über 15	über 95	über 20

Tabelle 2. Wärmeeindringzahl b einiger Baustoffe in $\text{kcal/m}^2 \text{ h}^{0.5} \text{ grd}$

Kupfer	515	Ziegel	12
Aluminium	338	Buchenholz	10
Eisen	210	Gummi	9,0
Beton	24	Kork	1,8 bis 2
Glas	21	Glaswolle	0,84
Wasser (20 grd)	22,6	Luftschichten	0,04—0,2

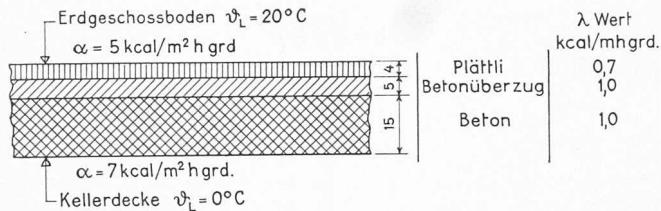


Bild 2. Querschnitt durch die untersuchte Bodenkonstruktion einer Wohn- und Essdiele

$$(3) \quad \vartheta_g = 27 - 90/b_1$$

Das ist so zu verstehen, dass z. B. ein Betonboden sich nicht kälter anfühlen soll als ein Holzboden von 18 grd, wenn die Temperatur ϑ_g beträgt. Rechnet man für Beton mit $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$, $c = 0,21 \text{ kcal/kg grd}$ und $\lambda = 1,2 \text{ kcal/m h grd}$, dann wird nach Gl. (1) $b = 24,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0,5} \text{ grd}$, woraus sich nach Gl. (3) $\vartheta_g = 23,3 \text{ grd}$ ergibt. Danach müsste der Betonboden eine Oberflächentemperatur von 23,3 grd aufweisen, damit die Empfindungstemperatur gleich ist wie beim Holzboden von 18 grd Oberflächentemperatur.

Abschliessend sei eine oft zur Ausführung gelangende Konstruktion durchgerechnet. Es handelt sich um eine Wohn- und Essdiele im Erdgeschoss gemäss Bild 2. Die Wärmeeindringzahl b berechnet sich mit den Stoffwerten für

die Fliessen ($\lambda = 0,7 \text{ kcal/m h grd}$) nach Gl. (1) zu $b = 13,4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{0,5} \text{ grd}$. Die Wärmedurchgangszahl der Konstruktion ergibt sich mit den in Bild 2 angegebenen Stoffwerten zu $k = 1,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grd}$.

Somit wird die Oberflächentemperatur des Bodens bei 20 grd Raum- und 0 grd Kellertemperatur sowie $\alpha_i = 5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grd}$

$$\vartheta_0 = 20 - \frac{1,7 - (20 - 0)}{5} = 13,2 \text{ grd.}$$

Dem gegenüber müsste die Bodentemperatur zur Erreichung einer ausreichenden Behaglichkeit nach Gl. (3) $\vartheta_g = 20,3 \text{ grd}$ betragen, welcher Wert aber im Erdgeschoss ohne Bodenheizung mit der gewählten Konstruktion nicht erreichbar ist. Bei Verwendung von Linoleum mit $\gamma = 1200$, $c = 0,45$ und $\lambda = 0,18$ findet man einen b -Wert von rd. 10 kcal/m² h 0,5 grd. Der Linoleum liegt also gerade an der oberen Grenze des Prädikats «mässig füsswarm». Er kann vom wärmetechnischen Standpunkt aus nicht als guter Bodenbelag betrachtet werden. Würde man auf den Boden unseres Zahlenbeispiels noch 2 mm Linoleum mit $\lambda = 0,18$ anbringen, so würde die Bodentemperatur von 13,2 grd nur auf 13,5 grd steigen, also unbedeutend höher sein.

Adresse des Verfassers: A. P. Weber, berat. Ing. S. I. A., Wilfriedstr. 19, Zürich 32.

Werkkantine der Chocoladefabriken Lindt & Sprüngli, Kilchberg/ZH

Robert Winkler, Architekt BSA/S. I. A., Mitarbeiter Karl Hintermann, Architekt

DK 725.718

Im Zuge des Ausbaues der Sozialwerke der Firma Lindt & Sprüngli AG., Kilchberg, war seit langem der Bau einer neuen Kantine vorgesehen. Das stetige Anwachsen der Zahl der Angestellten und Arbeiter, insbesondere solcher, die nicht in der Nähe der Fabrik wohnen können, veranlasste die Fabrikleitung, an die Errichtung einer neuen Kantine heranzutreten. Für den Bau der Kantine waren folgende Voraussetzungen zu beachten:

1. Der Bauplatz war relativ eng.
2. Es wurden neben dem Bau der Kantine 30 Parkplätze für PW verlangt.
3. Es musste der späteren Verbreiterung der Seestrasse Rechnung getragen werden.

4. Es müssen 600 bis 800 Mittagessen in möglichst kurzer Zeit verabreicht und eingenommen werden können.
5. Der Fabrikbetrieb erlaubt keine schichtweisen Verpflegungspausen.

An eine aufgelockerte Anordnung des Grundrisses war unter diesen Umständen nicht zu denken; im Gegenteil musste eine gedrängte Anlage ins Auge gefasst werden. Sie hat den Vorteil, dass die Wege kurz sind, insbesondere die wichtigen Verbindungen von der Küche zu den Buffets.

In bezug auf die Speiseausgabe wurden verschiedene Systeme erneut geprüft, wobei dasjenige der Zufuhr tiefgekühlter Speisen aus einer Kühlzentrale und deren Erwärmung in der Kantineküche der Zukunft überlassen wurde.

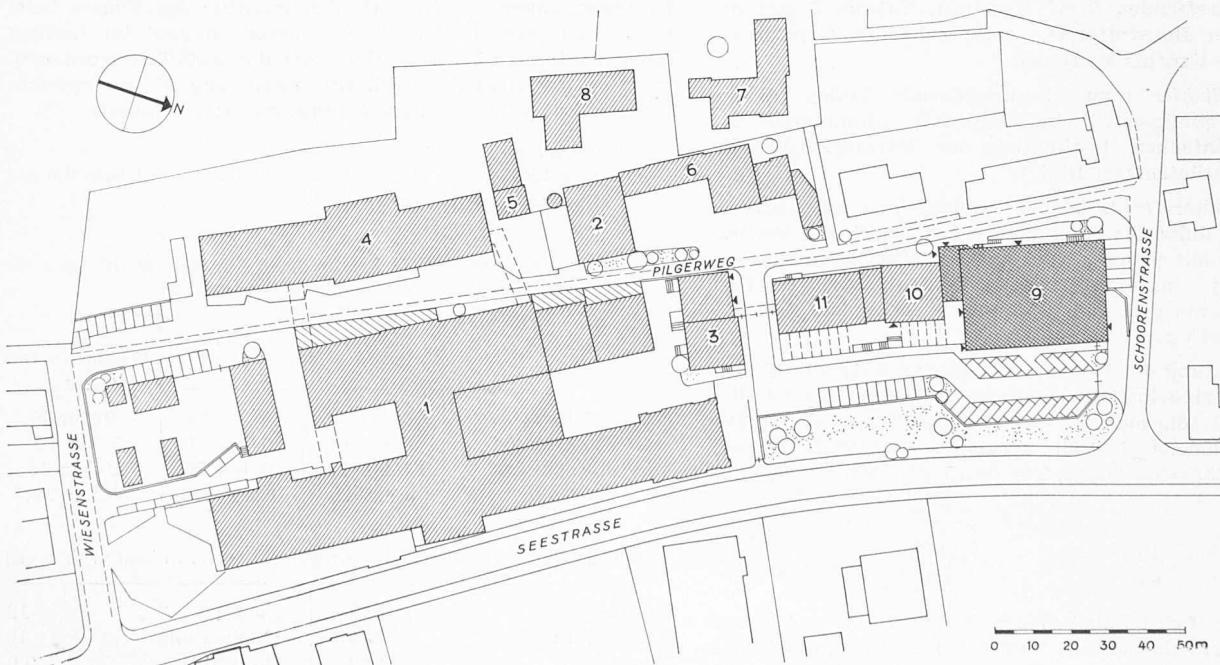


Bild 1. Lageplan der Fabrikanlagen der Lindt & Sprüngli AG in Kilchberg bei Zürich; Maßstab 1:2000. — 1 Fabrikation, 2 Kesselhaus, 3 altes Bürohaus, 4 Lagerhaus, 5 Trafo, 6 Garage, Werkstätten, 7 Kinderkrippe, 8 Wohnhaus Arbeiterinnen, 9 Kantine, 10 Bürohaus Nord, 11 Bürohaus Süd