

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 26

Artikel: Ein Seeufer-Einbruch am Gerzensee (Kt. Bern)
Autor: Blatter, Ch.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83690>

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: 23.02.2026

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

2. la courbe $\varepsilon = f(Q)$ indiquant les rendements hydrauliques de la machine en fonction du débit;
3. le coefficient angulaire de la droite $u_0 c_{u_0}$;
4. la droite $Q = f(u_2 c_{u_2})$ qui ne dépend que des données constructives de la machine.

Toute verticale tracée à gauche de $0 - 0'$ fixe:

1. la valeur de $u_2 c_{u_2}$ correspondant à un débit donné;
2. le rendement ε déterminant l'origine de la droite $u_0 c_{u_0}$;
3. la valeur de c_{m_0} à la sortie du distributeur.

Par l'intersection de la droite inclinée $u_0 c_{u_0}$ avec l'horizontale $u_2 c_{u_2}$, on connaît la composante circonférentielle c_{u_0} de l'eau à sa sortie du distributeur. Cette composante, mesurée en abscisse sur l'axe $0-R$, fixe, avec la composante connue c_m , l'angle d'ouverture du vannage et la vitesse absolue de l'eau au point considéré.

Il est curieux de constater que la courbe enveloppe $P-S-R$ de ces vitesses, présente un point d'inflexion souvent très marqué. Ce point correspond au point E de la courbe des débits, c'est-à-dire au point où les premiers filets liquides changent de sens au centre de la roue motrice. Cette double incurvation que l'on constate souvent en pratique est donc une caractéristique intéressante qui confirme le rapide relèvement de la courbe des débits entre le point E et l'axe $0 - 0'$.

A titre de comparaison, il est intéressant de tracer la courbe $P-S-T$, qui, dans la fig. 5, indique quelles seraient les vitesses à la sortie du distributeur si la courbe $Q = f(u_2 c_{u_2})$ était rectiligne dans toute son étendue; la droite $V-Z$ indique quelles seraient ces mêmes vitesses si, en outre, le rendement restait constant et égal à sa valeur maximum. L'inclinaison de cette ligne $V-Z$ est indépendante de la valeur effective du rendement supposé constant. $V-Z$ se déplace vers la droite au fur et à mesure que le rendement augmente; son point de tangence avec la courbe $P-S-R$ correspond donc au point de meilleur rendement.

Ainsi donc, le tracé de la courbe enveloppe aux vitesses à la sortie du distributeur fait ressortir clairement les trois faits suivants: l'effet des variations de rendement, l'effet du rebroussement des filets liquides au centre de la roue et, enfin, la tendance à la saturation de la turbine.

Variation du débit en fonction des variations de vitesse

Ce qui nous intéresse en premier lieu, c'est moins de savoir quelle est la loi exacte qui lie ces deux variations que de savoir si une variation de vitesse a pour effet d'augmenter ou de réduire le débit qui s'écoule à travers la turbine.

Nous verrons, comme cela a déjà été démontré (voir Büchi, op. cit.) que, contrairement à l'opinion encore fréquemment répandue, cette variation ne dépend pas du rapport $\frac{u_1}{u_2}$ mais uniquement de u_2 . En effet, si le distributeur est supposé fixe, nous pouvons reprendre l'équation des droites de Bergeron (voir page 299, colonne à droite, ligne 5) et écrire:

$$Q = \frac{\frac{\varepsilon}{2} + u_2^2}{\frac{u_0}{a} + \frac{u_2}{b}} \text{ dans laquelle } u_0 = u_2 \frac{R_0}{R_2}$$

$$\text{donc } Q = \frac{\frac{\varepsilon}{2} + u_2}{\frac{R_0}{R_2} a + \frac{1}{b}}$$

Seuls les diamètres de sortie du distributeur et de la roue ainsi que les angles correspondants entrent en ligne de compte. L'arête d'entrée peut être placée de façon quelconque sans que cela influe sur la loi de variation du débit pour autant que l'emplacement choisi permette d'atteindre le rendement ε posé dans la formule.

En différenciant cette valeur de Q par rapport à u_2 , et en égalant à zéro, nous trouvons la condition pour laquelle le débit reste indépendant des variations de vitesse. Cette condition est $\varepsilon = 2u_2^2$, elle est remarquable par sa simplicité et par le fait que seule la vitesse circonférentielle à la sortie de la roue joue un rôle. Il est intéressant de remarquer, à ce propos, que la valeur de u_2^2 est précisément celle donnée par les diagrammes fig. 3 lorsque $u_2 = u^*$.

Si $\frac{\varepsilon}{2} < u_2^2$, la turbine augmente son débit en augmentant

de vitesse. Le contraire intervient si $\frac{\varepsilon}{2} > u_2^2$, et cela quelle que soit la valeur de u_1 .

Pour terminer cet exposé, il peut être intéressant de signaler que la concordance des résultats théoriques et pratiques est ré-

gulièrlement vérifiée dans le laboratoire de machines hydrauliques des Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A. (ACMV)³⁾. La turbine Kaplan représentée par la fig. 6 a été livrée en 1944 à la Spinnerei am Rothkanal à Rothrist. Elle est construite pour développer 118 kW sous 7 m de chute, à la vitesse de 600 t/min. D'après les essais officiels de réception effectués sous la direction de M. le Prof. Dubois, le point de meilleur rendement s'élève, malgré la faible dimension de la machine, légèrement au dessus de 92 %.

Ces résultats et particulièrement le procédé graphique exposé ci-dessus pour le calcul des aubages se révèlent, malgré leur extrême simplicité, remarquablement riches en enseignements et je serais heureux qu'ils rendent à d'autres les services qu'ils m'ont rendus au cours de ces sept dernières années.

Ein Seeufer-Einbruch am Gerzensee (Kt. Bern)

In den «Eclogae Geologicae Helvetiae» (Vol. 37, Nr. 2, 1944, ausgegeben 5. März 1945) stellen Armin von Moos (Zürich) und Rolf F. Rutsch (Bern) in klarer Weise die Ursache eines Seeufer-Einbruches am Gerzensee (Kt. Bern) dar. Es handelt sich dabei um das Absacken eines Uferstückes von etwa 270 m Länge und 50 m Breite, das durch einen Gefügezusammenbruch von Seekreideschichten hervorgerufen wurde (Abb. 1). Das Seeufer besteht vom Hangenden zum Liegenden aus folgenden Lockergesteinen (Abb. 2): 1. Humus, $0,05 \div 0,70$ m, im Mittel 0,30 m mächtig, teilweise mit künstlich zugeführtem Moränenmaterial vermischt; 2. Torf, $0,45 \div 1,70$ m, im Mittel 0,60 m mächtig, meist braunschwarz, von Schilfzurzeln durchsetzt; 3. Seekreide, $0,20 \div 5,60$ m, im Mittel 3,15 m mächtig, meist weißlich bis gelblich, seltener grünlich bis rötlich, oft mit Muscheln. Im ungestörten Zustand fest, wird aber schon durch leichtes Kneten weich-plastisch; 4. Seebodenlehm, $0,20 \div 2,20$ m, im Mittel 1,50 m mächtig, blaugrau, oben meist ziemlich fett und sandarm, Sandgehalt nimmt nach unten zu; er geht über in 5. Lehm mit eckigen Steinchen und eingeschlossenen Sandlagen von unbekannter Mächtigkeit. Diese Schichten haben eine schwache Neigung von 3 bis 8° gegen den See hin. Es wurden Bohrungen vorgenommen und darin Bodenproben entnommen, die von der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E.T.H. untersucht wurden.

In dieser flachen Verlandungsterrasse am Seeufer, die aus den oben erwähnten Schichten besteht, erfolgte der Ufer-Einbruch, wobei die Seekreideschichten als Sitz des Zusammenbruches betrachtet werden müssen. Die Seekreide besitzt einen hohen natürlichen Wassergehalt, dessen Wert allerdings nicht angegeben wurde, und weist im ungestörten Zustand, wie die Kegeleindrangversuche ergeben haben, ein sehr lockeres Gefüge auf.

Die Ursache des Ufer-Einbruches liegt einerseits in der Absenkung des Gerzensees um 0,92 m, wodurch infolge Verminderung des Auftriebes eine zusätzliche Belastung von rd. 1 t/m² auf die tieferen Schichten (Seekreide) wirkte. Anderseits wurden in einem bestimmten Gebiet Baumfällungen und Wurzelsprengungen vorgenommen, und die Einbruchzone ist scharf auf dieses Gebiet beschränkt. Die Ueberbelastung infolge Absenkung des Grundwasserspiegels hat nicht genügt, um den Einbruch auszulösen; denn schon in früheren Jahren wurde diese Absenkung vorgenommen, ohne dass jemals an dieser oder einer andern

³⁾ Voir description tirage à part du bulletin ACMV No. 1/1945.

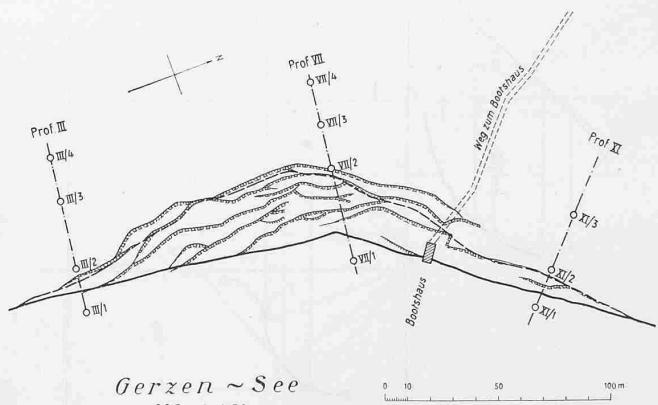


Abb. 1. Situation der Einbruchsstelle mit altem (voller Strich) und neuem Seeufer (gestrichelt). Verlauf der Spalten und Entnahme der Bodenproben. — Maßstab 1:3000

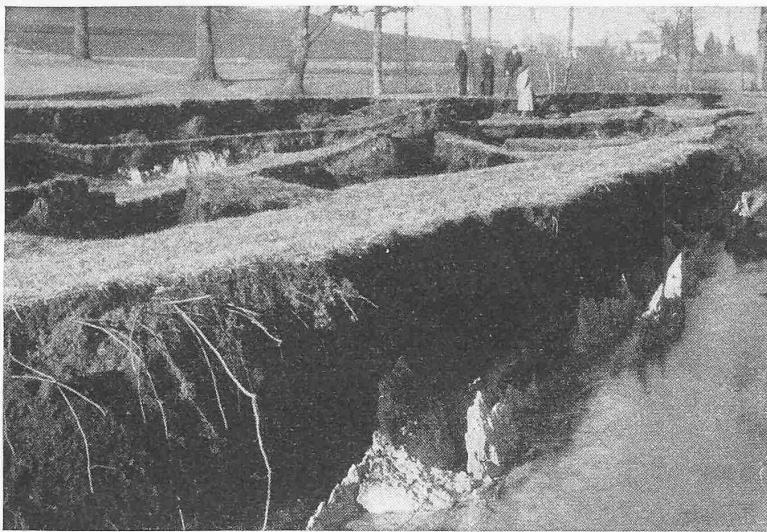


Abb. 3. Spaltenbildung in der Einbruchzone. Einzelne Schollen sind schwach gegen die Landseite geneigt. Unter Humus und Torf ist die weiße Seekreide deutlich sichtbar; sie ist von senkrechten Scherflächen durchsetzt

ähnlichen Stelle ein Einbruch erfolgt wäre. Es ist somit klar und eindeutig bewiesen, dass die dynamischen Kräfte, hervorgerufen durch die über einen Monat dauernden Baumfällungen und besonders aber durch die kurz vor dem Ufereinbruch erfolgten Wurzelsprengungen, eine auslösende Wirkung gehabt haben.

Die Verfasser erklären die Vorgänge sehr geschickt durch die *kolloidchemische Betrachtungsweise*, indem durch die dynamischen, äussern Kräfte eine Verflüssigung der Seekreide erfolgte, die an die in der Kolloidchemie bekannte Erscheinung der Thixotropie erinnert. Die Thixotropie wird als Erscheinung definiert, bei der die reversible Umwandlung eines Systems vom festen in den flüssigen Zustand lediglich durch dynamisch-mechanische Beanspruchung hervorgerufen wird. Bei der Seekreide wird durch die Erschütterung eine Gel-Sol-Umwandlung der aus organischer Substanz gebildeten Gelhüllen, die sich in dem Freiwerden vorher gebundenen Wassers, d. h. in einer Verflüssigung äussert, bewirkt, und dadurch werden die Verhältnisse der innern Reibung vollkommen geändert, d. h. die Reibung nähert sich denjenigen von Wasser und wird praktisch gleich Null. Unter den vorliegenden geologischen Umständen wurde die verflüssigte Seekreide deshalb unter der Wirkung der Ueberlagerung, die sie dank dem adsorptiv gebundenen Wasser im ungestörten Gefüge vorher getragen hatte, im Hauptbereich der Erschütterung zwischen der hangenden, nicht verflüssigten, zugfesteren Torflage und dem liegenden, weniger empfindlichen, plastischen Lehm, bei dem die Wasserhüllen wesentlich fester gebunden waren, wie aus einer Tube ausgepresst. Die vorliegenden Oberflächen- und Belastungsverhältnisse bedingten ein seewärts gerichtetes Ausweichen der Seekreide und führten dort zu feststellbaren Aufwölbungen des Seegrundes (Abb. 2). Bei dieser Ausquetschung zerfiel die Deckschicht in eine Anzahl Schollen, die

sich senkten, verstellten und, wenn auch unbedeutend, seewärts verlagerten. Nach dem Ufereinbruch verfestigte sich die Seekreide wieder etwas (Sol-Gel-Umwandlung), was durch den festgestellten, wenn auch geringen Bohrwiderstand manifestiert wurde.

Dr. R. Haefeli, Chef der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H., hat in einem Gutachten über diesen Fall noch eine *erdbaumechanische Betrachtungsweise* aufgestellt, wobei er an ein kompliziertes Gleichgewichtssystem mit ausgesprochenen Gewölbebildungen mit Wurzeln als Pfeiler und Armierungen glaubt und den Anstoss zum Einbruch durch die Schwächung der Stütz- und Tragkraft infolge des Sprengens einerseits und einer plötzlichen Ueberbelastung und Gefügestörung der Seekreide anderseits sieht. Er weist dann auf die dadurch bedingte Entstehung von gespanntem Porenwasser und die daraus folgende Herabsetzung des Winkels der inneren Reibung hin.

Sodann zeigt Haefeli die Setzungskurven von einer gestörten und einer ungestörten Seekreideprobe und folgert aus diesen beiden Versuchen, dass durch Störung des Gefüges bei gleichbleibendem Wassergehalt die innere Reibung auf $\frac{1}{10}$ ihres ursprünglichen Wertes herabgesetzt werde.

Dazu ist allerdings zu bemerken, dass der Uebergang vom ungestörten zum gestörten Bereich nicht in einem Versuch durchgeführt wurde,

sondern dass es sich um zwei getrennte Versuche, d. h. einen ersten Versuch mit einer ungestörten Probe und um einen zweiten Versuch mit einer gestörten Probe handelt. Weiter wurde auch die Reduktion des Scherwertes nicht experimentell nachgewiesen. Es wäre außerordentlich interessant, wenn man die Gefügezusammenbrüche an einer ungestört eingebrachten Probe in der Versuchsanordnung selbst herbeiführen und die Veränderung der erdbaumechanischen Eigenschaften experimentell bestimmen könnte. Erst dann wird die erdbaumechanische Betrachtungsweise wirklich überzeugend sein, und es scheint, dass vorläufig die kolloidchemische Erklärung ein einleuchtenderes Bild über die Vorgänge im Gerüst der Seekreide gibt.

Im letzten Abschnitt des aufschlussreichen Artikels wird auf ähnlich geartete Vorgänge bei Rutschungen und Ufereinbrüchen in Lockergesteinen hingewiesen und zwar wird unterschieden zwischen stark bindigen, dicht gelagerten und wenig bis nicht bindigen Materialien. Die erste Kategorie von Lockergesteinen umfasst die Lehme und Tone und als Beispiel wird eine Deponierutschung im Gehängelehm angeführt, bei der die Gleitung längs einer nahezu kreiszylindrischen Gleitfläche erfolgte und eine leichte Gefügestörung nur im Bereich der Gleitfläche aufgetreten sein kann. Die zweite Kategorie der wenig bis nicht bindigen Materialien wird unterteilt in Rutschungen und Einbrüche ohne innere Erosion einerseits und mit innerer Erosion anderseits.

Als analoge Beispiele wie bei Gerzensee, ohne innere Erosion, werden angeführt: 1. Zusammenbruch von wasserreichen Schlammstanden in einer jungen Terrasse am Meeresufer infolge Gefügestörung, publiziert im Artikel: «Erkenntnisse und Erfahrungen über Schluff- und Schlammböden» (SBZ Bd. 124, S. 167*, 1944). 2. Der Ufereinbruch von Zug 1887, wo ebenfalls ähnliche

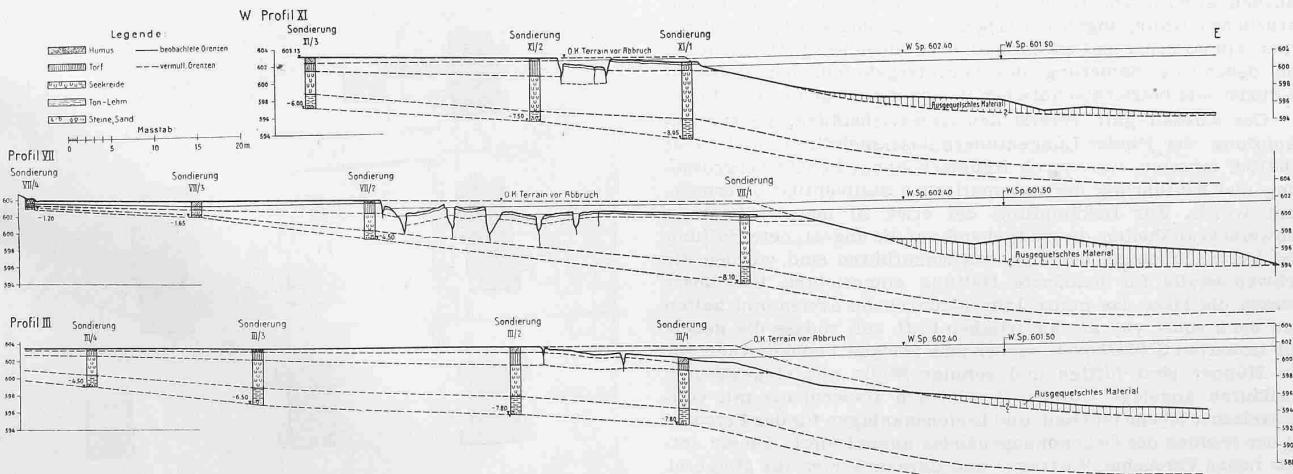


Abb. 2. Stratigraphische Profile durch die Einbruchsstelle. Längen 1:800, zehnfach überhöht

Verhältnisse vorlagen. 3. Das Ausfliessen von rd. 1 Mio m^3 Sand in einer Braunkohlengrube nach Ehrenberg (Bau-technik 1933). Schliesslich folgen noch einige Beispiele mit innerer Erosion, publiziert von Terzaghi, sowie Rodio, Bernatzik und Daxelhofer. Dabei handelt es sich um sandige Materialien, die durch Grundwasserströme oder Adern ausgespült werden, sodass Hohlräume entstehen, die rein mechanische Nachbrüche oder auch Gefügezusammenbrüche erzeugen.

Die vorliegende Arbeit hat den eindeutigen Beweis erbracht, dass katastrophale Einbrüche in locker gelagerten Materialien durch Gefügezusammenbrüche, die durch dynamische Kräfte ausgelöst werden, entstehen können.

Namhafte ausländische Forscher waren skeptisch gegenüber der Theorie der Gefügezusammenbrüche und besonders im oben erwähnten ersten Beispiel mit wasserreichen Schlammsanden in einer jungen Meeresterrasse glaubten sie nicht an eine Einwirkung der dort seinerzeit infolge Rammungen und Sprengungen wirksamen dynamischen Kräfte und versuchten immer wieder die Katastrophe nach der klassischen Theorie, durch Berechnung von Gleitungen auf kreiszylindrischen Gleitflächen, zu deuten. Man musste dann den Beweis über das Vorkommen von Gefügezusammenbrüchen durch Versuche, die früher an dieser Stelle (Bd. 124, S. 167) publiziert wurden, erbringen, jedoch war man über den Einfluss der dynamischen Kräfte noch im Zweifel.

Heute kann man sagen, dass dynamische Kräfte allein kaum einen grösseren Einbruch erzeugen; die Katastrophen treten dann auf, wenn erstens eine statische Ueberlast wirkt und zweitens die Gefügestörung durch dynamische Kräfte ausgelöst wird. Es bleibt eine Aufgabe der Forschung in der Zukunft, die Gefügezusammenbrüche experimentell weiter zu verfolgen, damit die Verhältnisse rechnerisch erfasst werden können. Ch. Blatter

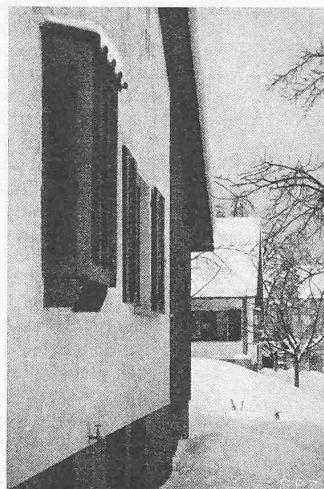


Abb. 9. Ostseite von Typ A, mit Blumenfenster



Abb. 8. Eingang Typ A, hinten (tiefer) Haus B

alles mit den erforderlichen elektrischen Antrieben und Einrichtungen, wie Kühlmaschinen, Warmwasserspeicher, zweckmässiger Beleuchtung usw.

Bei der Elektrifizierung der Betriebe kam mit Vorteil die elektrische Melkmaschine zur Anwendung, da mit ihr Personal eingespart, die Viehpflege gefördert und die Milchgewinnung hygienisch einwandfrei gestaltet werden kann. Man nimmt an, dass als Folge der mit dem mechanischen Melken erzielbaren Arbeitserleichterung sogar der Landflucht entgegengewirkt wird. Reichlich bemessene Boiler halten stets genügend Warmwasser für Reinigungszwecke und auch zur Trinkwassererwärmung bereit. Das Tränken mit temperiertem Wasser steigert die Milchproduktion. Den Schweineställen ist eine vollelektrische Schweinekostküche mit Futterdämpfer und Futtersilo angegliedert. Die Schweinaufzucht wird durch Einwirkung infraroter Strahlen (Anschlusswert nur 0,1 kW) gefördert. Auch die Hühner werden künstlich beleuchtet, was eine winterliche Eiermehrproduktion von 30% ergeben soll. Damit die optimale Lufttemperatur im Hühnerstall von 7°C nicht unterschritten wird, können diese Räume im Winter elektrisch temperiert werden. Außerdem ist die zur Herabsetzung des Futterbedarfes beitragende Sitzstangenheizung mit einer Belastung von nur 20 Watt/m Stange eingeführt worden (Benedenswerte Kreatur in kohlearmer Winterszeit!). Die Erbrütung der Eier und die Aufzucht der Küken geschieht selbstverständlich elektrisch. Elektrizität kommt aber auch in den vollautomatisch ausgerüsteten Gartentreibbeeten, für das Trocknen von Obst, Gemüse, Gras, Getreide, Kartoffeln, Oelpflanzen, Trester, usw., bei der Süßmostherstellung im Elektrodenverfahren und für die Erzeugung von Birnenhonig durch Vakuumverdampfung zur Anwendung. Auch der elektrisch geladene Zaun um die Viehweide fehlt nicht.

Der Verbrauch von elektrischer Energie verteilt sich in einem in dieser Weise elektrifizierten Landwirtschaftsbetrieb wie folgt:

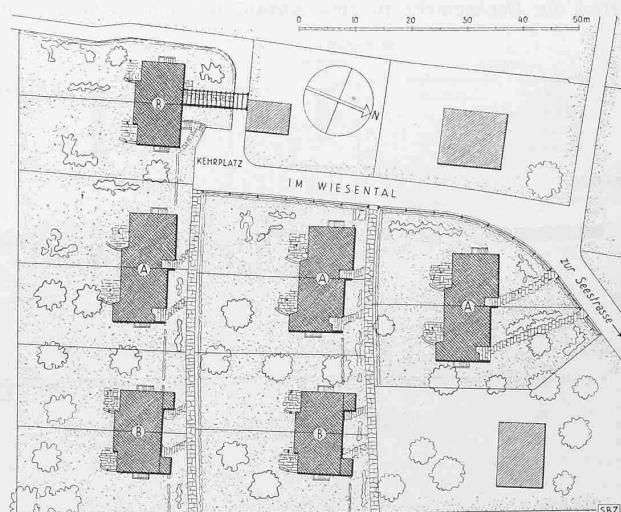


Abb. 1. Siedlung 'Im Wiesental' in Kilchberg. — Lageplan 1:1200