

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	79 (1961)
<b>Heft:</b>	51
<b>Artikel:</b>	Temperaturmessungen im Fundationsmaterial von Kunst-Eisbahnen
<b>Autor:</b>	Amberg, G.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-65653">https://doi.org/10.5169/seals-65653</a>

### 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:** 22.02.2026

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

versuchten die Architekten die Lösung in der entgegengesetzten Massnahme, einer Zusammenballung, zu finden. Sie legten die grösste Dimension, die vollausgebaute 70 m lange Fabrikationshalle, dem Entwurf zu Grunde und ordneten die übrigen Gebäudeteile diesem Maßstab unter.

Das Vordach überspannt die kleineren Gebilde, wie Eingänge, Schächte, kaufmännische Büros, Parkplätze der Lieferautos usw. und fasst sie auch begrifflich zur Eingangsfront zusammen. Damit gleitet eine ruhige Horizontlinie zum Wohnhaus, das als «kristalliner» Block auf Stützen die zumeist verglasten technischen Büros überdeckt. Die ruhige Form des Wohnhauses wird belebt durch die ganz verschiedenen Fenster und Erker, die ihrerseits wieder von aussen das vielfältige Leben der Familie widerspiegeln.

Die Architekten bemühten sich, der ganzen Anlage einen dem Betrieb entsprechenden, selbständigen, in sich geschlos-

senen Charakter zu geben, und die dimensionalen Möglichkeiten, belebt durch das Spiel der Grundrisse, auszunutzen. Wiederholt zeigte sich dabei, dass im Industriebau eine besondere Chance zum Arbeiten mit verschiedenen, sich einander unterordnenden Masstäben liegt — im Gegensatz zum Wohnungsbau, wo Grossmasstäglichkeit so nötig wäre, aber infolge der relativ kleinen Wohnungseinheiten bei Renditenobjekten bald auf wirtschaftliche Grenzen stösst.

*Ingenieurarbeiten:* B. Krobisch, dipl. Ing., Zürich.

*Bauzeit:* Beginn Bauprojekt Oktober 1959, Fabrikationsstrakt Februar bis Juli 1960, Büros und Wohnung April bis November 1960.

*Baukosten:* Die Schlussabrechnung ergab nach S. I. A.: Fabrikationsstrakt einschl. Untergeschoss 72 Fr/m<sup>3</sup>, Wohnhaus, Büros und Vordach 126 Fr/m<sup>3</sup>.

## Temperaturmessungen im Fundationsmaterial von Kunst-Eisbahnen

DK 725.861:624.131.4

Von G. Amberg, dipl. Masch.-Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH

In den letzten Jahren konnten verschiedene Kunsteisbahnen dem Betrieb übergeben werden. Um die auf Grund der Berechnung erhaltenen Kofferstärken in bezug auf die Eindringung der 0°-Isotherme nachzuprüfen, wurden unter der Leitung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE, Direktion: Prof. G. Schnitter) eine Reihe von Temperaturgebern in den Untergrund und in die Frostschutzschicht einiger Kunsteisbahnen verlegt und entsprechende Messungen durchgeführt.

### 1. Grundlagen

Eines der immer wieder bei Neuanlagen von Kunsteisbahnen auftauchenden Probleme ist der Schutz der Fahrbahnplatte vor Hebungs- und Setzungsschäden. Die Hebungs- schäden werden meist durch Eislinsenbildung im frostgefähr-

deten Material unter der Fahrbahnplatte verursacht, wenn die 0°-Isotherme in dieses vordringt. Eine Massnahme zur Verhütung solcher Schäden ist der Ersatz des frostempfindlichen, direkt unter der Platte liegenden Materials durch ein frostunempfindliches, wie z. B. Kiessand, sofern dieser als billiger Ersatz greifbar ist. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die thermischen Eigenschaften des Ersatzmaterials meistens anders liegen als die des feinkörnigen Untergrundes. Erfolgt dieser Ersatz durch Aushub des gefährdeten Bodens und fachgerechtes Wiedereinfüllen gleicher Mengen Kiessandes, so sind nur minimale Setzungsercheinungen zu erwarten. Bei einer reinen Schüttung jedoch, die eine Mehrbelastung des Untergrundes zur Folge hat, sind dessen Setzungseigenschaften zu berücksichtigen. Eine einfache Massnahme, nachträgliche Setzungen zu vermeiden, ist das frühzeitige, wenn möglich überhöhte Schütteln des Koffers und der umliegenden Rampen.

Im Nationalstrassenbau wird es als richtig erachtet, bei frostgefährlichem Untergrund auf volle Frosttiefe auszukoffern, um einen im Vergleich zu den Kunsteisbahnen billigeren Belag vor Schäden zu schützen [1]. Deshalb ist die gleiche Massnahme der vollen Auskofferung oder Schüttung bei Kunsteisbahnen mit der teuren Fahrbahnplatte sicher auch gerechtfertigt.

Die im folgenden Abschnitt erwähnten Messungen gelangten an Fundationsschichten von Kunsteisbahnen zur Durchführung, die nach der modifizierten Formel von Berggren dimensioniert wurden [2], [5]. Für die thermischen Eigenschaften der Materialien, vor allem für die Leitfähigkeit, muss eine Annahme getroffen werden, weil die Leitfähigkeit von verschiedenen einzelnen Faktoren wie vom Raumgewicht, Kornaufbau, Wassergehalt und Zustand des Bodens (ob gefroren oder ungefroren), abhängt. Mit in die Rechnung einbezogen wird noch der Frostindex [5]. Die Be-

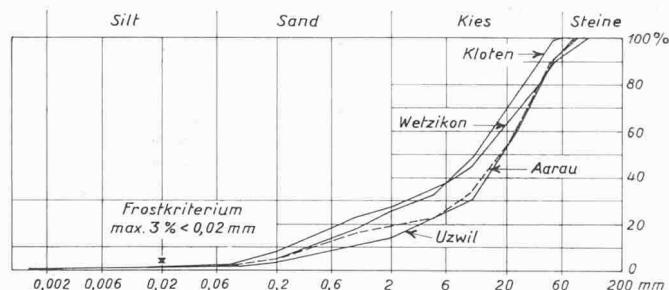


Bild 1. Summationskurven der Kornverteilung von Fundationsmaterial für Kunsteisbahnen

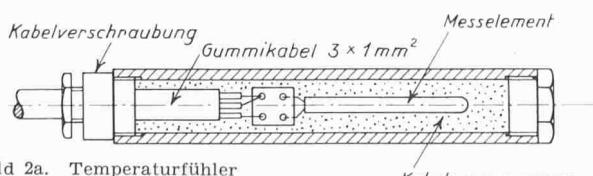


Bild 2a. Temperaturfühler

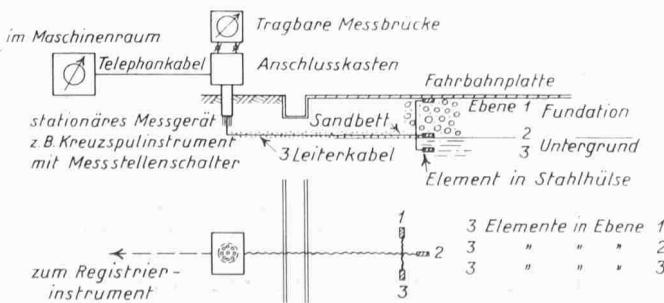


Bild 2b. Verlegungsschema der Temperaturregelungseinrichtungen

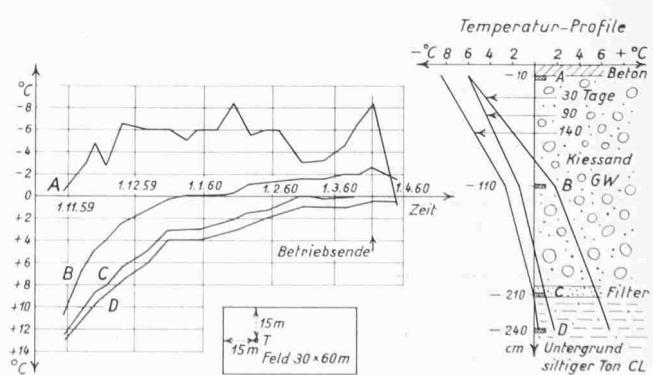


Bild 3. Kunsteisbahn Aarau, Winter 59/60

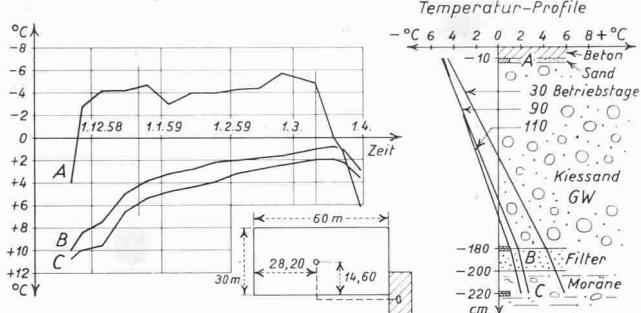


Bild 4. Kunsteisbahn Kloten, Winter 58/59

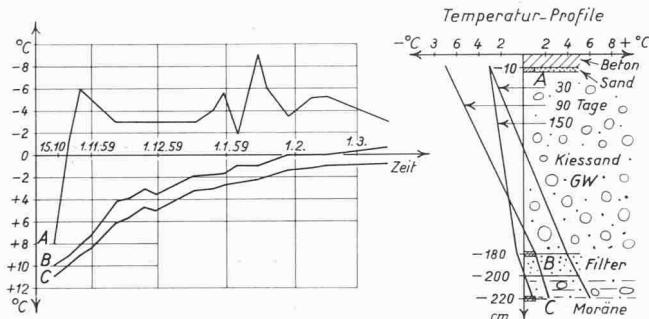


Bild 5. Kunsteisbahn Kloten, Winter 59/60

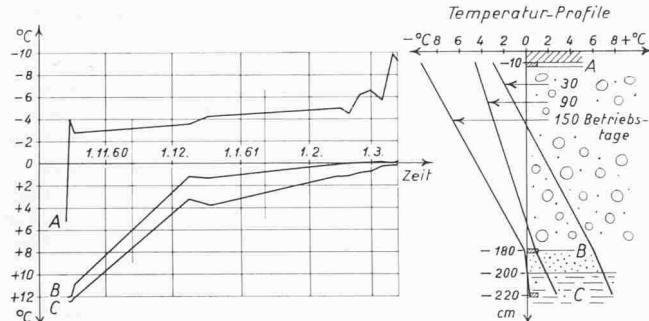


Bild 6. Kunsteisbahn Kloten, Winter 60/61

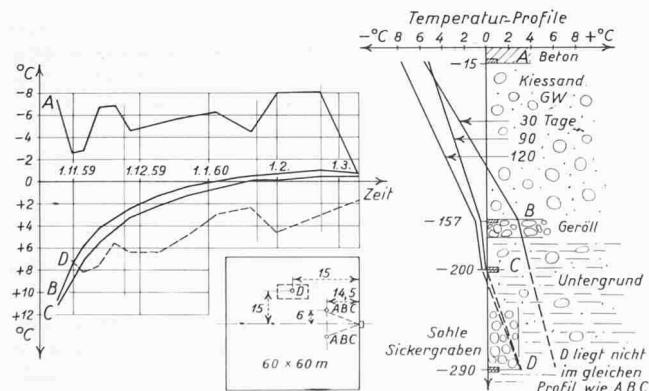


Bild 7. Kunsteisbahn Winterthur, Winter 59/60

rechnungen der Frostschutzschichten für die nachfolgend in den Bildern 3 bis 11 dargestellten Kunsteisbahnen ergaben für Fundationsmaterialien aus verschiedenen Kiessanden Stärken zwischen 2,0 m und 2,2 m.

### 2. Fundationsmaterial und Einbau der Temperaturgeber

Als Fundationsmaterial gelangten durchwegs Kiessande (GW, GP-Material) zum Einbau, die dem Frostkriterium von A. Casagrande entsprachen, das 3 % Gewichtsanteile kleiner als 0,02 mm, bezogen auf die Gesamtfraktion zulässt. Wo sich noch eine Filterschicht zur sauberen Trennung des Unter-

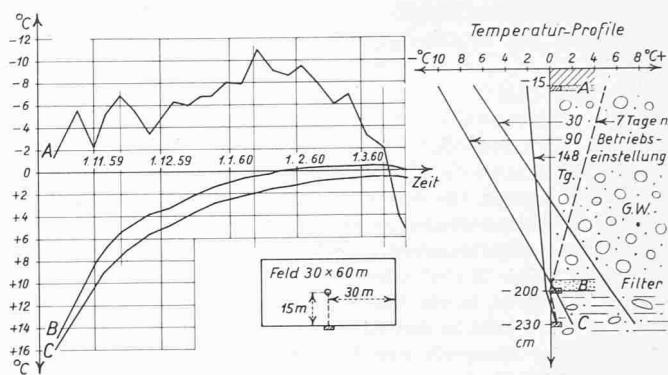


Bild 8. Kunsteisbahn Uzwil, Winter 59/60

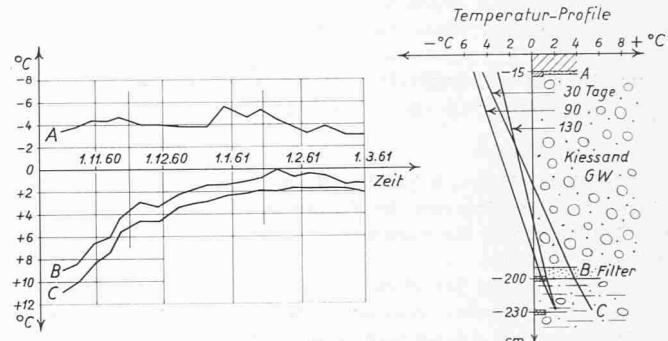


Bild 9. Kunsteisbahn Uzwil, Winter 60/61

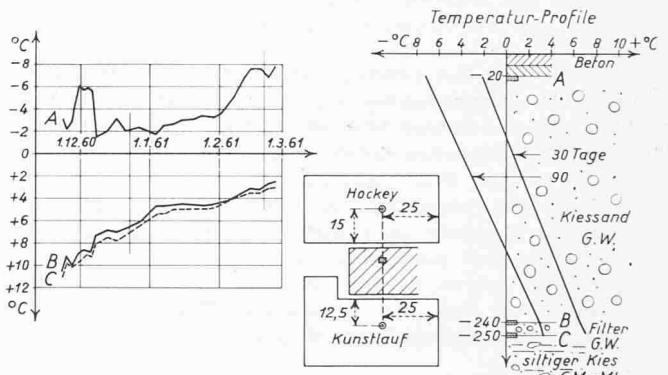


Bild 10. Kunsteisbahn Wetzikon, Winter 60/61

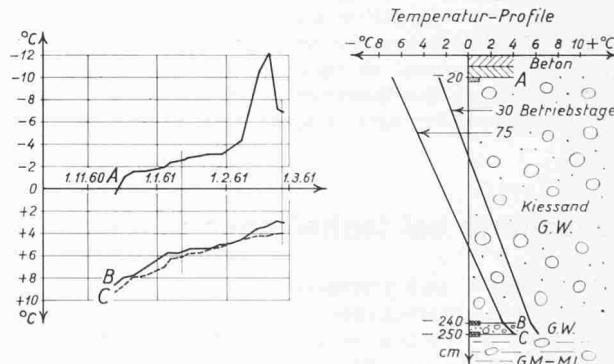


Bild 11. Eishockeyfeld Wetzikon, Winter 60/61

grundes von der Fundationsschicht als notwendig erwies, entsprach diese dem Filterkriterium nach Norm S.N.V. 70 125.

Das Fundationsmaterial wurde schichtweise eingebracht und verdichtet, um von vornherein die für die Platte schädlichen ungleichmässigen Setzungen auszuschliessen. Der Einbauwassergehalt lag zwischen 4 und 6 %, das Trockenraumgewicht betrug 1,9 bis 2,1 t/m<sup>3</sup>. In Bild 1 sind einige Kornverteilungen wiedergegeben. Die Betonfahrplatte mit den Kühlrohren wurde direkt auf die Reinplanie oder auf eine dünne Sandschicht verlegt.

Als Temperaturfühler wurden Pt-Widerstandselemente verwendet. Ein massives Stahlrohr, in dem das Element mit Kabelausgussmasse eingebettet liegt, schützt dieses vor Zerstörungen, Bild 2a. Als Zuleitungen dienen dreidrige verstärkte Motorenkabel, die am Rande der Fahrbahnplatte in einen Messkasten oder, bei Anordnung des Ableseinstrumentes im Maschinenhaus, in einem Anschlusskasten münden. Die Kabel weisen alle den gleichen Zuleitungswiderstand auf. Die Temperaturablesungen erfolgten über eine leichte, tragbare Schleifdrahtmessbrücke oder ein fest eingeschobenes Messinstrument. Die Kabel aller Messtellen wurden in der untersten Kiesschicht in ein Sandbett eingelegt und an der Messstelle selber direkt in den Kies. Es liegen jeweils 2 bis 3 Messelemente im Umkreis von 1 m in der gleichen Ebene. Die Lage der Messebenen ist aus dem Verlegungsschema, Bild 2b, und den Bildern 3 bis 11 ersichtlich. Die aufgezeichneten Temperaturwerte wurden aus den 2 oder 3 Ablesewerten der auf gleicher Höhe liegenden Elemente gemittelt. Auf Grund einer Anzahl Versuche auch mit andersartigen Einbaumethoden und Geberelementen hat sich die oben beschriebene Anordnung als die einfachste und sicherste erwiesen.

### 3. Messergebnisse

In den Bildern 3 bis 11 ist der Temperaturverlauf der einzelnen Messelemente in Funktion der Betriebsdauer aufgezeichnet, wobei die negativen Temperaturen nach oben aufgetragen wurden.

Die Elemente der Messebene unmittelbar unter der Fahrbahnplatte spiegeln praktisch den langfristigen Kühlzyklus der Platte wider. Die an der Grenze Kieskoffer-Filter liegenden und die im Untergrund eingebetteten Geber zeigen die stetige Abkühlung des Materials, wobei kurze Temperaturschwankungen in der Fahrbahnplatte im Koffer bereits stark gedämpft erscheinen.

Die für eine Betriebsdauer von 100 bis 120 Tagen berechneten Eindringtiefen von 2,00 bis 2,20 m stimmen mit den nachträglich gemessenen Werten recht gut überein. Die verlängerten Betriebszeiten drückten fast bei allen Bahnen die 0° Grenze in den Filter und zum Teil noch etwas in den Untergrund. Die aufgezeichneten Temperaturen beziehen sich alle auf eine Messtelle, die etwa in der Mitte der Platte lag. Die in einem Fall auch gegen den Rand hin gemessenen Temperaturen zeigen, dass die 0°-Isotherme an diesen Stellen etwas höher liegt. Es ist dies eine Folge der Wärmezufuhr aus dem ungekühlten umliegenden Boden.

### 4. Schlussfolgerungen

Wie wir aus den Messungen ersehen, sind die auf Grund der Berechnung für eine Betriebsdauer von 100 bis 120 Tagen ermittelten Frosteindringtiefen von 2 m bis 2,20 m als ein Minimum zu betrachten, da diese Kofferstärken für einen forcierten Betrieb keine Reserven aufweisen.

Die Betriebserfahrungen zeigen, dass die für die Pro-

jektierung zu Grunde gelegten Angaben der Betriebsdauer von 100 bis 120 Tagen meistens etwas zu knapp bemessen sind. Im allgemeinen besteht schon im Interesse eines günstigen Betriebsabschlusses die Neigung, die Anlage so früh als möglich zu eröffnen und möglichst lange in Betrieb zu halten. Das führt zu einem Ueberschreiten der Betriebsdauer um 20 bis 30 Tage gegenüber der für die Berechnung bisher angegebenen. Zudem wird gegen Ende der Betriebszeit mit einer wesentlich tieferen Temperatur gefahren als das während der Wintersaison nötig ist.

Der projektierende Ingenieur tut gut daran, diesen zwei Faktoren Rechnung zu tragen, um bei der Dimensionierung der Frostschutzschicht eine genügende Sicherheit gegen das Eindringen der 0°-Isotherme in den frostgefährdeten Untergrund zu haben. Ferner sollten von den Kühlmaschinenlieferanten verbindliche Angaben über die mittlere Betriebstemperatur der Kühlplatte verlangt werden, um den Frostindex genügend genau bestimmen zu können.

### Literaturverzeichnis

- [1] *Baldazzi F.*: Die Dimensionierung der Strassen gegen Frostschäden «Strasse und Verkehr» 1961, Nr. 9.
- [2] *Aldrich H. jr. and Paynter H.*: Analytical Studies of Freezing and Thawing of Soils. Corps of Engineers US Army: Frost Investigations June 1953.
- [3] *Schnitter G. Prof. und Zobrist R.*: Freezing Index and Frost Penetration in Switzerland. Proceedings of the 5th Int. Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1961, Paris, Division 4 P 315.
- [4] Vereinigung Schweiz. Strassenfachmänner: SNV 70 005 Klassifikation der Lockergesteine, SNV 70 120 Kiessand für die Fundationsschicht, SNV 70 125 Filtermaterial.
- [5] *Bendel L.*: Die Fundation von Kunsteisbahnen, «Schweiz. Bauzeitung» 1961, Nr. 18, 19, S. 293 und 309.

*Nachsatz der Redaktion.* Dr. L. Bendel, Luzern, macht uns auf die grosse, im Aufsatz von G. Amberg angegebene Kieskofferstärke von 2,0 bis 2,2 m aufmerksam, während nach der in [5] angegebenen Berechnungsweise unter gleichen klimatologischen Bedingungen 1,5 bis 1,8 m genügen würden. Er bemerkt hiezu, dass nach Amberg das Koffermaterial aus Kies mit 25 bis 40 % Sandzusatz von der Körnung 0,02 bis 6 mm bestehe und ein Raumgewicht von 1,9 bis 2,0 t/m<sup>3</sup> aufweise (Bild 1), so dass nach [5] Bild 12 mit einer Wärmeleitzahl von 0,5 bis 1,0 kcal mh<sup>0</sup>C gerechnet werden müsse, gegenüber 0,3 bis 0,5 kcal/mh<sup>0</sup>C bei reinem Kies mit einer Körnung von 50/70 bis 60/120 mm. Die beträchtliche Verringerung der Kofferstärke, die das besser isolierende Kiesmaterial erlaubt, ergibt wesentliche Einsparungen an Aushub und Koffermaterial, wobei die Eignung dieses Materials durch Bewährung im praktischen Betrieb und durch Temperaturmessungen nachgewiesen werden konnte.

## Tiefenschärfe bei technischen und Architekturaufnahmen

DK 77

Belichtungszeit und Tiefenschärfe, das sind die Grenzfähigkeit des technisch Möglichen, die den Lichtbildner immer wieder in seine Schranken verweisen. Wissenschaft und Industrie sind ständig bemüht, diese Grenzen zu erweitern. Aber es gelingt meist nur, eins mit dem anderen zu erkaufen. Die optische Industrie liefert lichtstärkere Objektive, die kürzere Belichtungszeiten gewähren, doch wir müssen dafür mit Tiefenschärfeverlust bezahlen. Wollen wir umgekehrt Tiefenschärfe erkaufen, so heisst die Währung, mit der wir zu zahlen haben, Blendenwert. Und dieser ist nicht unbegrenzt; meist geht er nur bis 1:32.

Die Tiefenschärfe ist abhängig von zwei Faktoren: Erstens von der Blende und zweitens vom Abbildungsmasstab. Nicht die kürzere Brennweite, sondern der kleinere Abbildungsmasstab ist es, der den kleineren Aufnahmeformaten tiefenschärfemäßig zugute kommt. Kritische Tiefenschärfeverhältnisse treten also überall da auf, wo das Objektiv gross

im Negativ erscheint, sei es zum Zweck einer Makroaufnahme, oder um ein leistungsfähiges Aufnahmeformat zu füllen. Wo beides gleichzeitig zutrifft, reicht das Abblenden oft nicht mehr aus, um den nötigen Tiefenschärfebedarf zu decken, und wir stehen vor den eingangs erwähnten Schranken. Vor den gleichen Grenzen befinden wir uns auch, wenn wir bewegte Objekte mit grossem Tiefenschärfebedarf scharf abbilden wollen.

Bei einer modernen Grossbildkamera sind gewisse Teile verstellbar und können dadurch besonderen Aufnahmebedingungen angeglichen werden. Wenn auch die Tiefenschärfeverhältnisse bei einer Grossbildkamera aus den erläuterten Gründen von Haus aus ungünstiger liegen, so sind trotzdem die Fälle nicht selten, in denen sich durch Anwendung der Verstellbarkeiten allein schon eine weit grössere Tiefenschärfe ergibt, als mit der stärksten Blende. Kombiniert man nun noch Blende und Kameraverstellung einer Grossbild-