

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 89 (1971)  
**Heft:** 40

**Artikel:** Helle oder dunkle Fahrbahnoberflächen?  
**Autor:** Leuch, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85000>

### **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>**

net. Das ausgezogene Kraft-Verformungsdiagramm bis zum Punkt  $R$  ergab sich durch die Einteilung der Lastdifferenz ( $P_R - P_Q$ ) in 16 Inkremente mit insgesamt 436 Iterationen. Zum Vergleich wurden für die gleiche Endlast  $P_R$  Berechnungen mit vier Lastinkrementen und 33 Iterationen bzw. mit einem Inkrement und 100 Iterationen durchgeführt. Bild 11 zeigt die rasche Konvergenz der Verformungen für den Belastungsfall mit einem einzigen Inkrement ( $P_R - P_Q$ ). Für das vorliegende Problem können wir feststellen, dass ein verhältnismässig kleiner numerischer Aufwand bereits zu guten Ergebnissen führt, solange die Endlast  $P_R$  etwa 95% der Traglast  $P^*$  nicht überschreitet.

## 6. Schlussbemerkungen

Ein Blick auf die dargestellten Ergebnisse der numerischen Berechnung und des Versuches lässt erkennen, dass die theoretische Behandlung der elastisch-plastischen Scheibe mit der Methode der Finiten Elemente und den bekannten Hypothesen der Plastizitätstheorie möglich ist. Der dargestellten experimentellen und rechnerischen Untersuchung kommt insofern ein wissenschaftliches Interesse zu, als die Sätze der Plastizitätstheorie zumindest für Metalle noch mehr erhärtet werden. Bei der Anwendung des Berechnungsverfahrens auf andere Materialien, wie zum Beispiel Fels oder Lockergestein, liegen die Verhältnisse anders, da die Idealisierung auf den elastisch-idealplastischen Stoff mit der Coulombschen oder Drucker-Pragerschen Fließbedingung eine grössere Vereinfachung bedeutet, als dies bei Metallen der Fall ist. Eine allfällige Unstimmigkeit zwischen Berechnung und Beobachtung wird deshalb nicht im Algorithmus, sondern im verwendeten Materialmodell zu suchen sein.

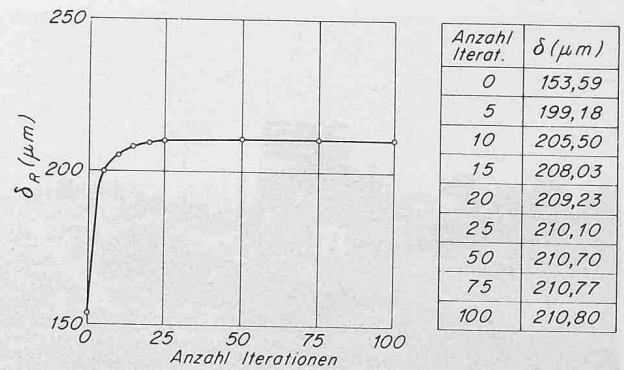


Bild 11. Konvergenz der Verschiebung  $\delta_R$  bei einem einzigen Lastinkrement, Messstelle 4,  $l_1 = 80$  mm

## Literaturverzeichnis

- [1] Clough, R. W.: The Finite Element Method in Plane Stress Analysis, Proc. 2nd A.S.C.E. Conf. on Electronic Computation, 1960.
- [2] Zienkiewicz, O. C., Vallapant, S., King, J. P.: Elasto-Plastic Solutions of Engineering Problems "Initial Stress" Finite Element Approach. «Int. J. for Num. Method. in Eng.», Vol. 1 (1969).
- [3] Kovári, K.: Ein Beitrag zum Bemessungsproblem von Untertagbauten, «Schweiz. Bauzeitung» 87 (1969), H. 37, S. 687-697.
- [4] Roš, M., Eichinger, A.: Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr, EMPA-Bericht, Sept. 1926, Zürich.
- [5] Hill, R.: The Mathematical Theorie of Plasticity, Oxford University Press, 1967.
- [6] Nadai, A.: Theory of Flow and Fracture of Solids, Vol. I, S. 250 Mc Graw-Hill, 1950.

Adresse der Verfasser: Dr. sc. techn. K. Kovári, F. Vannotti, dipl. Math. ETH, und Ch. Amstad, dipl. Bau-Ing. ETH, Institut für Strassen- und Untertagbau an der ETH Zürich, Clausiusstrasse 23, 8006 Zürich.

## Helle oder dunkle Fahrbahnoberflächen?

Von H. Leuch, Zürich

In Art. 5 des Bundesgesetzes über die Nationalstrassen wird verlangt: «Nationalstrassen haben hohen Verkehrsanforderungen zu genügen; sie sollen insbesondere eine sichere und wirtschaftliche Abwicklung des Verkehrs gewährleisten.» Art. 39 legt fest: «Die Nationalstrassen sind nach neuesten Erkenntnissen der Strassenbautechnik und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu erstellen.»

Über das zum Aufbau der Strassenkörper zu verwendende Material und über die zu erzielenden Eigenschaften der Schichten samt der Oberfläche der Verschleisschicht bestehen in der Schweiz Normen; sie wurden von der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner (VSS) erarbeitet und von der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV) herausgegeben. Dem das ganze Normenwerk überblickenden Benutzer fällt auf, dass über sehr viele Eigenschaften des Fahrbahnkörpers geschrieben wird, zum Beispiel über zertrümmerungsfestes Material, Verdichtungswerte, Hohlraumgehalt, Strassenentwässerung und sodann über Ebenheit, Griffbarkeit, Haltbarkeit der

Verschleisschichtoberfläche; es wird gesprochen von der Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Erschütterung, wechselnde Last, extrem schwankende Witterungseinflüsse, Bremskräfte sowie von Dichtigkeit zum Schutz der unteren Schichten, Sicherheit gegen Aquaplaning, Beständigkeit gegen Spikes usw. Von einer Eigenschaft, die von allen Strassenbenützern und ganz besonders von den Fahrzeugführern

bestimmt wahrgenommen wird, ist leider nicht die Rede, nämlich vom Verhalten der Fahrbahnoberfläche gegenüber auffallendem Licht. Diese Eigenschaft wäre jedoch würdig, in die Normen der Strassenbauer aufgenommen zu werden.

### Das Auge des Strassenbenützers

Jeder Verkehr auf der Strasse, der langsame wie der schnelle, ist augen-

Bild 1. Autostrasse mit heller und dunkler Fahrspur; Sicherheits- und Leitlinie (Italien)

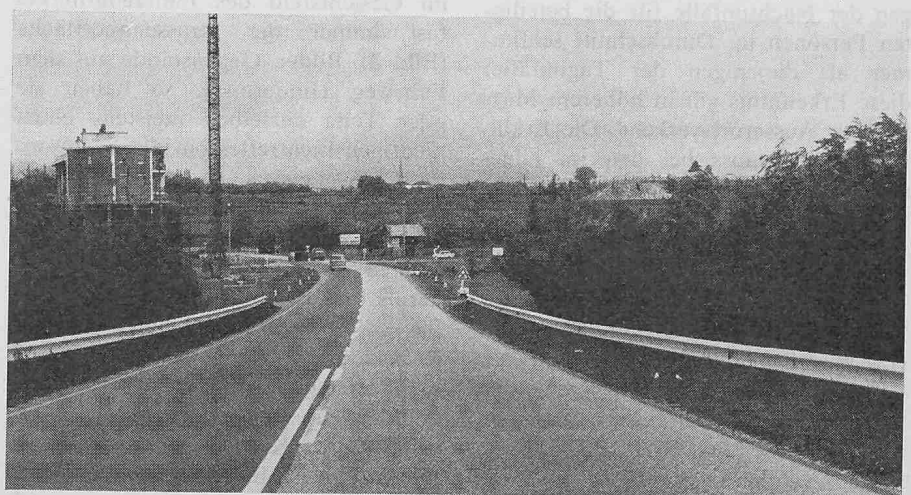




Bild 2. Strasse mit heller Fahrspur in der Mitte (Italien)

gesteuert. Zum Beobachten mit dem menschlichen Auge gehört Licht, und daher sind die Lichtreflexionseigenschaften der Fahrbahnoberfläche ebenso wichtig wie zum Beispiel die Tragfähigkeit der Strasse. Wieviele Augen sind im Verlauf nur eines einzigen Tages auf einen stark befahrenen Strassenabschnitt gerichtet? Wie viele davon sind junge Augenpaare und wieviele haben den Höhepunkt ihrer Sehfähigkeit, welche bei 20 bis 30 Jahren liegt, überschritten? Warum trachtet man danach, alle anderen Anforderungen an den Belag zu erfüllen, nicht aber die günstigsten Lichtreflexionsverhältnisse zu erreichen? Es werden helle Sicherheits-, Leit- und Randlinien aufgemalt, aber die Flächen, über die die Fahrzeuge geführt werden müssen, werden für das Sehen und Erkennen nicht so gestaltet wie es erwünscht und notwendig wäre.

Das *Nachtfahr-Unfallrisiko* beträgt im schweizerischen Durchschnitt etwa 30 %. Weil jedoch der nächtliche Verkehrsanteil nur etwa 25 % des mittleren täglichen Verkehrs ausmacht, ist das spezifische Unfallrisiko bei Nacht höher als am Tag; zudem sind die Folgen der Nachtunfälle für die beteiligten Personen im Durchschnitt schlimmer als diejenigen der Tagunfälle: diese Erkenntnis gilt in höherem Mass für den Ausserortsverkehr. Die Erklärung dafür muss bei den im allgemeinen ungünstigeren Sichtverhältnissen in der Nacht liegen.

#### Der Sehvorgang

Das allgemeine Gesichtsfeld des Fahrzeugführers ist erfüllt durch den vor ihm liegenden Strassenraum mit seinen seitlichen Begrenzungen, den Signalen, den Markierungen und dem Himmelsausschnitt über der Strasse. Seine Aufmerksamkeit ist auf die

ganze Strassenbreite gerichtet. So wird es von der schweizerischen Rechtsprechung verlangt. Der Fahrweg liegt in einem nach der Seite weniger als nach der Höhe begrenzten Kegel, dessen Spitze sich im Auge befindet. Der Einfallswinkel des Blicks auf die horizontale Strasse beträgt nur etwa  $1^\circ$ , denn der Fahrzeugführer sitzt sehr tief, also nahe der Strassenoberfläche, die er beobachtet, und sein Blick ist weit nach vorne gerichtet. Auf diesen engen Gesichtskegel konzentriert der Fahrzeugführer seine besondere Aufmerksamkeit und zwar während der ganzen Fahrtdauer, möglicherweise stundenlang, wodurch er ermüdet. Er ist bestrebt, den Verlauf und die Beschaffenheit der vorausliegenden Fahrbahn zu erkennen, sowie Hindernisse rechtzeitig wahrzunehmen, die für ihn oft unerwartet auftreten. Den Fahrbahnverlauf erkennt er nur, wenn die Fahrbahn sich gegen die Umgebung abhebt, also wenn Kontraste bestehen (Bild 1).

Hindernisse auf dem Fahrweg können nur wahrgenommen werden, wenn Kontraste in der Leuchtdichte zwischen Hindernis und Hintergrund vorhanden sind. Als Hintergrund erscheint im Gesichtsfeld des Fahrzeugführers fast immer die Strassenoberfläche (Bild 2). Bilden Gegenstände auf dem Fahrweg Hindernisse, so haben sie oder Teile derselben meistens einen niedrigen Lichtreflexionsfaktor. Besonders Fussgänger – in unseren Breiten oft dunkel gekleidet – lassen sich schlecht sehen. Ein zum leichten Erkennen des Kontrasts zwischen Hindernis und Hintergrund (Strassenoberfläche) hinreichender Unterschied der Reflexionsfaktoren ist auf heller Strassenoberfläche eher zu erwarten, als auf dunkler Strasse (niedriger Reflexionsfaktor). Das Kontrastunterscheidungsvermögen des Menschen steigt mit dem

Lichtniveau überproportional an. Der Sehvorgang kann durch Blendung, d. h. durch Stellen hoher Leuchtdichte im Gesichtsfeld, empfindlich gestört werden; daher ist Blendung grundsätzlich zu vermeiden.

#### Verkehrssicherheit

Für sicheres Fahren sind ein ausreichendes Lichtniveau, Gleichmässigkeit der Leuchtdichte in engem Rahmen, Abwesenheit störender Blendung und gute optische Führung Voraussetzung. Zwischen der vom Fahrzeugführer bei Nacht auf Verlauf und Hindernisfreiheit überblickbaren Wegstrecke und der von ihm bestimmten Fahrgeschwindigkeit besteht ein enger Zusammenhang. Der aus der augenblicklichen Fahrgeschwindigkeit sich ergebende Bremsweg soll stets kürzer sein als die zuverlässig überblickbare Wegstrecke. Je ungünstiger die Sehverhältnisse sind, um so langsamer rollt der Verkehr.

#### Strassenbau

Diese Betrachtungen sind den Strassen mit bituminösen Belägen gewidmet, die vielfach als «Schwarzbeläge» bezeichnet werden; Betonstrassen werden hier nicht behandelt. Günstige Reflexionsverhältnisse der Fahrbahnoberfläche lassen sich durch besondere Vorkehren auch auf bituminösen Belägen erzielen. Es ist eine grosse Komponente diffuser und eine kleine der spiegelnden Reflexion anzustreben. Die Reflexionseigenschaften der fertigen Strassenoberfläche hängen weitgehend vom verwendeten Splitt oder von Beimengungen ab (Reflexionsfaktor, Korngrösse). Der Reflexionsfaktor der Fahrbahnoberfläche ist ein Gradmesser einerseits für die gebotenen Sichtverhältnisse bei Tag und bei Nacht sowie andererseits für den Lichtaufwand bei Nacht. Um bestimmte Sehverhältnisse zu schaffen braucht es um so mehr Licht, je ungünstiger die Reflexion der Strassenoberfläche ist. Der Kunstlichtaufwand ist bei Tunnelfahrten am Tag aussergewöhnlich hoch wegen der Adaptationszeit des Auges vom Tageslicht auf das tiefere Lichtniveau im Tunnelinneren. Das Eidg. Amt für Mass und Gewicht untersucht Fahrbahnbelagsproben, die unter Verkehrseinfluss gestanden haben und in längeren Intervallen einem Nationalstrassentunnel entnommen werden. Bisher bestätigte sich, dass der verwendete Splitt eine entscheidende Rolle spielt. Verschiedene aufhellende Beimischungen sind Bestandteil der Untersuchungen. Durch solche Beimischungen werden die Baukosten der Verschleiss-

schichten erhöht, im Betriebsaufwand für die Beleuchtung lassen sich dagegen beträchtliche Ersparnisse erzielen.

#### Schlussfolgerungen

Die Sehverhältnisse auf Fahrstrassen bestimmen weitgehend die Sicherheit des Verkehrs. Vorbedingung für jedes Erkennen im Strassenraum sind ein ausreichendes Lichtniveau und günstige Kontrastverhältnisse zwischen Verkehrshindernis und Hintergrund, wie sie sich dem Auge des Fahrzeugführers darbieten. Dem mit fortschreitendem Alter abnehmenden Sehver-

mögen des Menschen ist auch im Verkehr Rechnung zu tragen. Die Reflexionseigenschaften der Fahrbahnoberflächen sollen sich im Wechsel zwischen trockenem und nassem Zustand möglichst wenig ändern.

Das heute vorhandene Wissen über die Lichtreflexion von bituminösen Fahrbahnoberflächen ist Bestandteil der «neuesten Erkenntnisse», nach denen vor allem die National- und andere Schnellverkehrsstrassen zu erstellen sind. Zudem ermöglicht günstige Lichtreflexion der Strassenoberfläche Ersparnisse am künstlichen Beleuchtungsaufwand; sie trägt bei Tag und bei

Nacht zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei.

Die zur Erzielung günstiger Sehverhältnisse an die Belagsoberflächen zu stellenden baulichen Anforderungen sind den übrigen strassenbaulichen Anforderungen gleichzusetzen. Beide Gattungen baulicher Anforderungen gehören in die Sammlung der Baunormen der Strassenfachleute, damit sie beim Strassenbau in gleicher Weise berücksichtigt werden.

Adresse des Verfassers: *Hans Leuch*, dipl. Ing. ETH, David-Hess-Weg 17, 8038 Zürich.

## Massnahmen gegen die Ausbrüche eines Gletschersees ob Saas-Balen (Grubengletscher)

DK 551.311:551.579.3

Von Dr. H. Röthlisberger, Urikon

### Vorgeschichte

Durch den starken Gletscherrückgang haben sich die Abflussverhältnisse des Fällbachs an seinem Ursprung beim Grubengletscher am Fuss der Westflanke des Fletschhorns in jüngerer Zeit so stark verändert, dass zum Beispiel die anfangs der dreissiger Jahre aufgenommene Landeskarte 1:50 000, Blatt Visp, im Zungengebiet des Gletschers kaum mehr brauchbar ist. Im Zusammenhang mit den Gletscherveränderungen ist es dabei schon verschiedentlich zu Wasserausbrüchen gekommen. Nachem 1957 eine folgenreiche Rufe niedergegangen war, die mit dem Grubengletscher nichts zu tun hatte, ereignete sich im August 1958 ein Hochwasser, das ohne Schaden anzurichten volle drei Tage andauerte. Aus einem Bericht des kantonalen Baudepartements geht hervor, dass sich am Ausfluss eines um 1954 neu entstandenen Sees auf etwa 2860 m Höhe der Gletscherbach infolge der Absenkung der Gletscheroberfläche einen neuen Weg durchs Eis gefressen hatte. Während der folgenden neun Jahre funktionierte der neue Auslauf normal, aber am 2. Juli 1968 erfolgte unerwartet bei schönstem Wetter ein gewaltiges Hochwasser. Gesamthaft wurden gegen 400 000 m<sup>3</sup> Moränenmaterial erodiert und weitergeschleppt.

Ein grosser Teil davon wurde auf dem Schuttkegel, auf dem die meisten Häuser von Saas-Balen stehen, wieder abgelagert. Es entstanden grosse Schäden an Feldern, Gebäuden und Bachverbauungen. Die Schadenssumme wird auf 1,5 Millionen Franken geschätzt. Wohl nur dem Umstand, dass das Hochwasser am Tag erfolgte, ist es zu verdanken, dass keine Personen zu Schaden kamen. Nachträglich konnte ermittelt werden, dass der gleiche Randsee, der schon 1958 das Hochwasser verursacht hatte, zuerst um etwa 7 m gestiegen war, um dann auf sein normales Niveau abzusinken. Dies entsprach einem gestauten Volumen von 170 000 m<sup>3</sup>. Die 1958 ins Eis eingefressene Schlucht hatte sich in der Zwischenzeit geschlossen, der Abfluss erfolgte nunmehr auf eine Strecke von gut 300 m unsichtbar, vermutlich am Grund des Gletschers. Hier irgendwo musste der Durchfluss zeitweilig unterbunden gewesen sein, was mit der Beobachtung der Bewohner von Saas-Balen übereinstimmte, dass der Fällbach trotz intensiver Schnee- und Gletscherschmelze vorgängig sehr wenig Wasser geführt hatte.

Das Bett des Fällbachs wurde im Dorfgebiet von Saas-Balen vom Fuss des untersten Wasserfalls bis zur Mündung in die Vispa am 2. Juli 1968 vollständig zerstört. Durch die

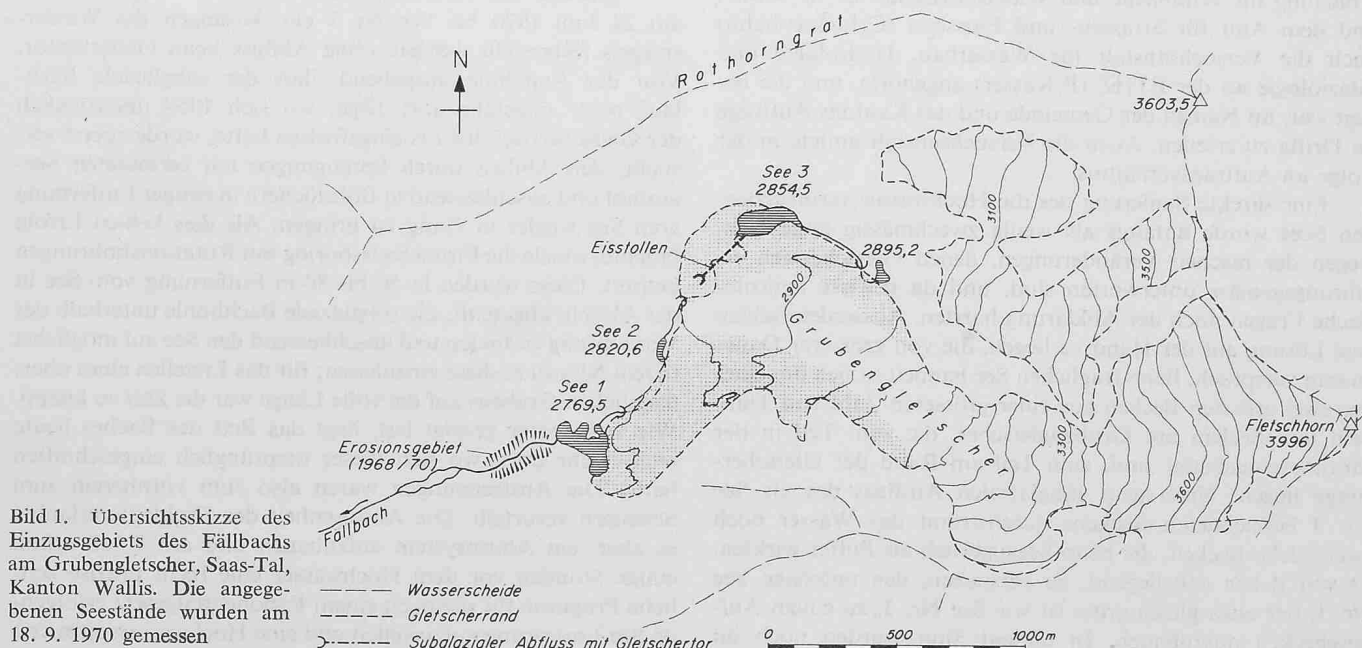


Bild 1. Übersichtsskizze des Einzugsgebiets des Fällbachs am Grubengletscher, Saas-Tal, Kanton Wallis. Die angegebenen Seestände wurden am 18. 9. 1970 gemessen