

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 90 (1972)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Wärmebelastung und Energiefluss als ökologische Begrenzungsfaktoren  
**Autor:** Stumm, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85224>

#### **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>**

# Wärmebelastung und Energiefluss als ökologische Begrenzungsfaktoren

Von Werner Stumm, Zürich

DK 536.33:577.4

Am 9. Februar 1972 fand im Rahmen des ZIA ein Podiumsgespräch über die thermische Belastung der Umwelt statt. Daran nahmen vier Referenten teil, die in Kurzvorträgen jeder das Problem von seiner Seite aus beleuchtete. Die ersten beiden Vorträge finden sich in Heft 21, S. 483 und 485 der Schweiz. Bauzeitung. Der letzte wird in einer der nächsten Nummern folgen.

Wirtschaftliches Wachstum, technologischer Fortschritt, Steigerung des Wohlstandes, aber auch fortschreitende Beeinträchtigung der Umwelt sind verknüpft mit der Zunahme des Energieverbrauchs. Wie in andern Ländern der nördlichen Hemisphäre hat auch in der Schweiz der Energiekonsum exponentiell (mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 6,4% – das heisst einer Verdoppelung alle 11 Jahre) zugenommen (Bild 1). Für die nächsten paar tausend Jahre stehen uns genügend Energiereserven vor allem auch in Form von Atomenergie zur Verfügung, um den zu erwartenden Energieverbrauch decken zu können. Dagegen ist zu fragen, ob nicht dadurch unser Lebensraum immer mehr beeinträchtigt und letzten Endes die Lebensgrundlage der Menschheit zerstört wird.

Die Diskussion um die Beseitigung der Abwärme von Nuklearkraftwerken hat gezeigt, dass wir auch in der Schweiz beginnen, verschiedene unserer Reserven auszuschöpfen. Dabei beschränkt sich die Frage nicht darauf, ob nicht doch noch ein oder zwei weitere Kernkraftwerke mit Flusskühlung aufgestellt werden können, denn gemäss einer vernünftigen Projektion – das Energiewirtschaftsamt rechnet in Zukunft mit einer etwas langsameren Zuwachsrate von 5,1% – sind in unserem Lande in den nächsten 30 Jahren zusätzlich 20 bis 30 Kraftwerke von der Grösse von Beznau oder halb soviele Werke in der Grösse des in Kaiseraugst geplanten Atomkraftwerkes in Betrieb zu nehmen. Die Frage der ökologischen und allfälligen meteorologischen Beeinträchtigungen von Wasser und Luft durch Abwärme muss deshalb schon heute in einem grösseren Rahmen betrachtet werden.

Zudem darf diese Diskussion nicht nur das Problem der Abwärme und der Umweltbelastung bei der Produktion elektrischer Energie betreffen oder sich auf einen einzelnen Energieträger beschränken, da die Umwelt direkt und indirekt durch

den gesamten Energieverbrauch, teilweise sogar unabhängig von der Form der Energie belastet wird. Die gesamte produzierte Nutzenergie wird nach verschiedenen Umwandlungen letzten Endes ebenfalls als *zusätzliche Wärme* in die Umwelt gelangen.

## Thermische Belastung

Jeder Organismus ist an einen täglichen und saisonalen Temperaturzyklus gebunden. Dementsprechend gibt es für jeden Temperaturbereich eine lebensfähige stabile Gemeinschaft von Tieren und Pflanzen. Ein Ökosystem (Beziehungsgefüge zwischen Lebensgemeinschaft und Umwelt) in einem warmen Klima ist nicht weniger lebensfähig als ein Ökosystem in einem kalten, wenngleich sich auch die beiden Lebensgemeinschaften in ihrer Zusammensetzung unterscheiden. Im Wärmehaushalt der Erdoberfläche haben geringe Temperaturschwankungen in viertausendjährigen Perioden Eiszeiten und Warmzeiten ausgelöst. Obschon sich diese Temperaturveränderungen in geologischen Zeitspannen abspielten, haben die Ökosysteme nicht ohne Schwierigkeiten ihre Struktur verändert und sich den veränderten Temperaturen angepasst.

Es erstaunt immer wieder, dass selbst geringe Temperaturveränderungen – geringer als die saisonalen Variationen – die Lebenszyklen und Regelfaktoren eines Ökosystems beeinflussen. Bild 2 gibt als Beispiel die von Prof. E. U. Trüeb in «Gas/Wasser/Abwasser», 51 (1971), Nr. 11, S. 317–321, zusammengestellten Temperaturganglinien des Rheinwassers bei Rheinau sowie die Ausgleichskurve für die Jahre 1966/69 und eine fiktive, um 3°C erhöhte Temperaturganglinie wieder. Diese zeigt, dass sich eine künstliche Erhöhung der Wassertemperatur um 3°C nicht ohne weiteres in die saisonalen Schwankungen einfügt.

Durch eine Temperaturverschiebung wird der Lebenszyklus einzelner Organismen beeinflusst, wobei zu beachten ist, dass Wasserorganismen viel empfindlicher auf Temperaturveränderungen reagieren als Landorganismen. Als Folge kann eine Veränderung in der Verteilung der Arten auftreten, da durch eine Temperaturerhöhung einzelne Glieder der Land- oder Wasservegetation gehindert und andere gefördert werden. Im wässrigen Milieu beobachtet man mit zunehmender Tem-

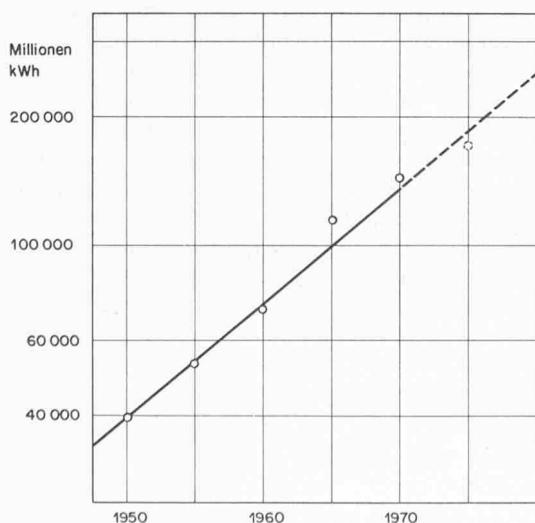


Bild 1. Exponentielle Zunahme des gesamten Energieverbrauchs der Schweiz

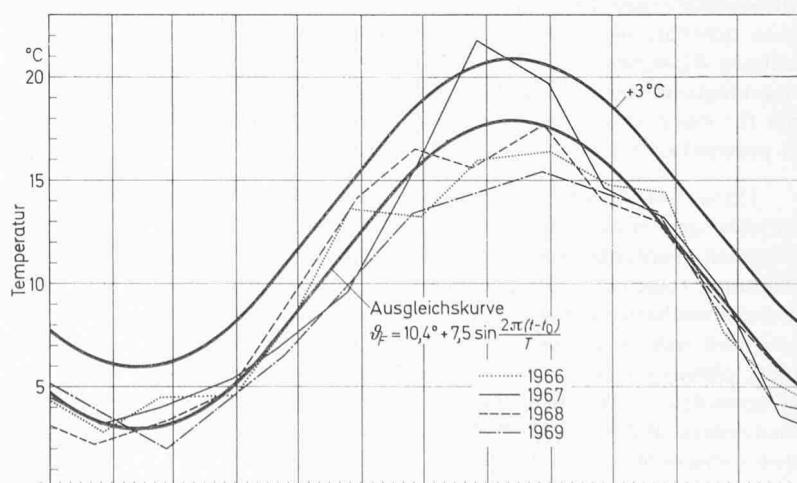


Bild 2. Temperaturganglinien des Rheins bei Rheinau 1966–1969. Die Ausgleichskurve und die fiktive, um 3°C erhöhte Temperaturganglinie sind ebenfalls aufgetragen (aus E. U. Trüeb, «gwf»-wasser/abwasser 112 [1971], S. 433)

peratur beispielsweise eine Verdrängung der Grünalgen durch Blaualgen und eine Förderung gewisser Fischparasiten (Pilze, Trematoden).

Erhöhte Temperatur verändert auch biochemische und biophysikalische Mechanismen. Wie Dr. H. Ambühl zeigt, steigt zum Beispiel die Empfindlichkeit von Fischen und anderen Organismen gegenüber toxischen Einflüssen mit zunehmender Temperatur. Die Beobachtungen, dass plötzliche geringfügige Verschiebungen in den Strömungsprofilen des Golfstroms jeweils lokalisierte Verheerungen unter den Organismen verursachen, zeigen, dass eine kurzfristige Anpassung (zum Beispiel in Zeitspannen von wenigen Jahrzehnten) der Lebensgemeinschaft an Temperaturveränderungen mit grossen Verlusten an Leben erkauft wird.

#### Veränderung des Sauerstoffgehaltes im Wasser

Die Sättigungskonzentration von Sauerstoff im Wasser ist abhängig von der Temperatur. Eine Erhöhung der Temperatur um  $3^{\circ}\text{C}$  bewirkt eine ungefähr zehnprozentige Erniedrigung der Sauerstoffkonzentration und eine Beschleunigung des biochemischen Sauerstoffbedarfs. Auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmaterials von Rheinau hat E. U. Trüeb Tendenz und Ausmass der Veränderung des Sauerstoffgehaltes als Folge einer angenommenen Erhöhung der Temperatur um  $3^{\circ}\text{C}$  sowohl für das Flusswasser (bei Rheinau), wie auch für das aus dem Stau gespeiste Grundwasser abgeschätzt. Bild 3 enthält die Ergebnisse dieser Berechnungen und einen Vergleich der Ausgleichschleifen der Jahre 1954/56 und 1966/69. Aus Trüebs Betrachtungen geht hervor, dass der beobachtete Sauerstoffgehalt des Grundwassers nie unter  $2 \text{ mg/l}$  absank, dass aber bei einer Temperaturerhöhung des Flusswassers um  $3^{\circ}\text{C}$  das Grundwasser von Mitte Juni bis anfangs Oktober sauerstofffrei sein würde. Diesen Abschätzungen zufolge hätte eine Temperaturerhöhung von  $3^{\circ}\text{C}$  grundlegende Veränderungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Grundwassers zur Folge, indem unter diesen anaeroben Bedingungen während der Sommermonate Eisen und Mangan in Lösung gehalten würden<sup>1)</sup>.

#### Wieviel Energie braucht der Mensch?

Bild 4 vergleicht den Energieverbrauch des einzelnen Menschen der modernen Zivilisation mit demjenigen eines Menschen einer primitiven Zivilisation. Vor 100000 Jahren benötigte ein Jäger, um sich notdürftig ernähren zu können, rund  $60000 \text{ m}^2$  Boden. Dieser wurde nicht bebaut; die Ernährung bestand aus Beeren, Wurzeln und Wildtieren. In der primitiven Landwirtschaft, wie sie zum Teil auch heute in Indien betrieben wird, stieg die Produktivität des Bodens um einen Faktor von rund 15 (Bodenbedarf pro Kopf rund  $4000 \text{ m}^2$ ). Das domestizierte Rindvieh liefert mit der Milch die minimal notwendige Menge Protein (auf rund 10 Menschen kam eine Grossvieheinheit).

Der Europäer bedarf auch heute noch  $4000 \text{ m}^2$  Boden. Die höhere Produktivität ergibt verbesserte Nahrungsqualität. Pflanzliche Nahrung wird zum Teil durch Fleisch ersetzt. ( $\frac{1}{2}$  Grossvieheinheit/Mensch.) Einschliesslich der chemischen Energie (Düngstoffe, Pestizide usw.) benötigen wir heute in der Landwirtschaft rund 15000 kcal/Tag und Mensch, um dem Menschen ein Nahrungsäquivalent von 3200 kcal/Tag zur Verfügung zu stellen. Der Energieverbrauch des modernen Menschen in Europa beträgt rund 70000 kcal pro Tag.

Wie aus diesem Vergleich hervorgeht, fallen der primitive Mensch und seine grundlegenden physiologischen Bedürfnisse

<sup>1)</sup> Die von E. U. Trüeb durchgeföhrten Messungen fallen in die Zeit vor Inbetriebnahme der Kläranlage Schaffhausen-Neuhausen; die mechanische Klärstufe mit Schlammwässerung kam Ende 1968 in Betrieb, der biologische Anlageteil im Frühling 1970, s. SBZ 87 (1969) H. 25 S. 487-493.

bezüglich ihres Anteils am totalen Energiefluss in der Biosphäre nicht ins Gewicht. Hingegen steigert der Kultur-Mensch als intelligentes Wesen mit der Fähigkeit zu Umweltmanipulationen seinen Energieverbrauch im Durchschnitt derart, dass dieser bald von ähnlicher Grössenordnung sein wird, wie jener, der bei natürlichen Prozessen auftritt. So ist damit zu rechnen, dass der weltweite Energieverbrauch in wenigen Generationen grösser sein wird als der durch Photosynthese bedingte Energiegewinn.

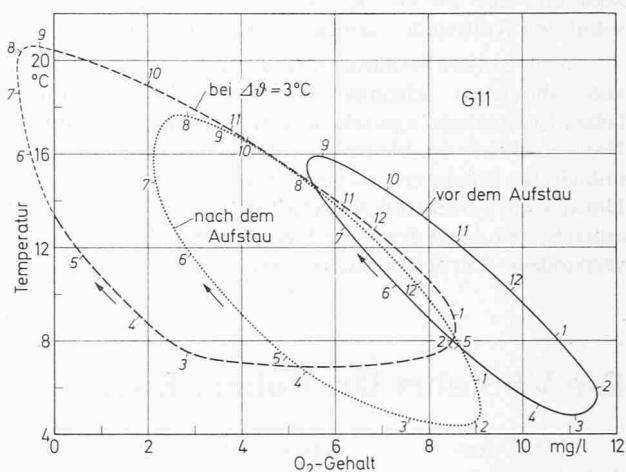


Bild 3. Abschätzung des Einflusses einer durchweg um  $3^{\circ}\text{C}$  erhöhten Temperatur des Flusswassers (Rhein bei Rheinau) auf den Sauerstoffgehalt im gestauten und ungestauten Flusswasser und in dem aus dem Stau gespeisten Grundwasser. Die Ziffern bezeichnen die Monate des Jahres (Beobachtungsstelle G 11, aus E. U. Trüeb, «gwf-wasser/abwasser 112 [1971], S. 433

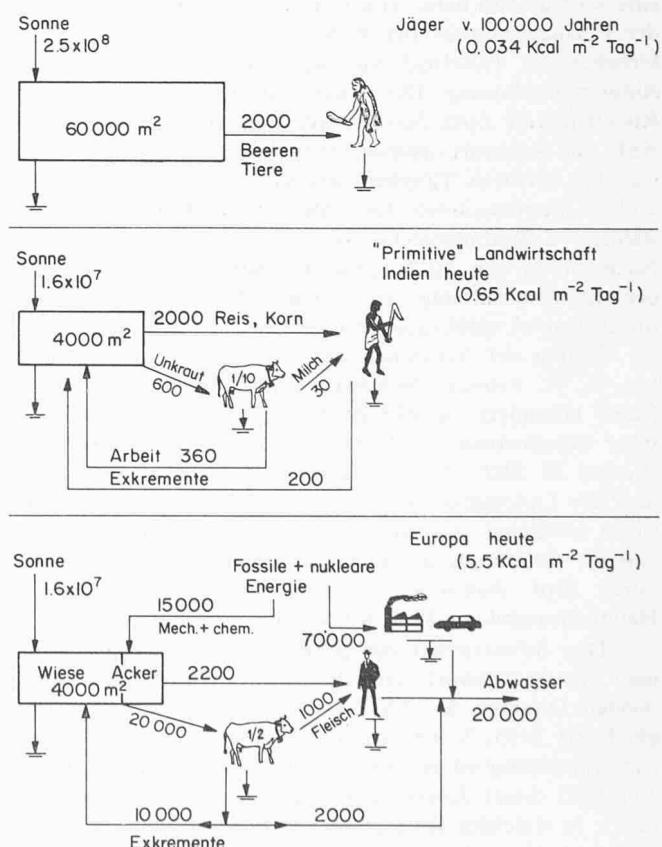


Bild 4. Energie- und Landbedarf des Menschen in moderner und primitiver Zivilisation. Heute benötigt der Mensch für Umweltmanipulation und Dominanz ein Vielfaches dessen an Energie, was er für den Stoffwechsel (Metabolismus) benötigt

## Das geschlossene System

Eine weitere Steigerung unserer hochentwickelten Volkswirtschaft und unseres «Wohlstandes» ist nur möglich, wenn zusätzliche Energiereserven genutzt werden. Dabei müssen wir uns aber bewusst sein, dass wir in einem geschlossenen System – vergleichbar einem Mikrokosmos in einer verschlossenen, lichtdurchlässigen Glasflasche – leben. Ein grosser Teil der Energie, die durch unsere industrialisierte Gesellschaft zu ihrem eigenen «Vorteil» fliesst, beeinflusst die hydrogeochemischen Kreisläufe, beeinträchtigt die Organisation der Futterkette und stört die biologischen Wechselwirkungen; sie wirkt somit den Kräften der natürlichen Selektion entgegen.

Weil Umweltbeeinträchtigung die Folge der Anhäufung von zahlreichen, scheinbar harmlosen oder aus wirtschaftlichen Erwägungen «gerade noch tragbaren» Eingriffen in das Naturgeschehen ist, bleiben einzelne Schutzmassnahmen technologisches Stückwerk, das die fortschreitende Zerstörung der Umwelt nur unwesentlich aufhalten kann. In einem geschlossenen System kann der Mensch den Energiefluss und die damit verbundene Entropieproduktion (Herabsetzung der Organisa-

tion und somit der Ordnung in der Natur und Zerstörung der Regelmechanismen) nicht beliebig steigern.

Es wäre eine Täuschung zu glauben, dass lediglich ein Verzicht auf Kernkraftwerke oder eine Drosselung der Stromproduktion genügen würden, um die Beeinträchtigungen des Lebensraumes herabzusetzen. Ausweichen auf andere Energieträger oder auf Stromimport aus dem Ausland wäre wohl die Folge davon. Es gibt *keine Lösungen ohne Verzicht des Konsumenten* und ohne tiefgreifende Änderungen der *menschlich-sozialen und ökonomischen Systeme*.

Um zu verhindern, dass der Energieverbrauch in den nächsten Jahrzehnten weiter exponentiell ansteigt, müssen wir schon heute harte Entscheidungen treffen. Zusätzlich zum Gesetz des Umweltschutzes und der Raumplanung brauchen wir dringend eine umfassende Planung des Verbrauches sämtlicher Energieformen (Kohle, Erdöle, Naturgas und nukleare Brennstoffe).

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Werner Stumm, ETH (EAWAG), Leonhardstrasse 16, 8006 Zürich

## Die VSS ehrt Dr. Robert Ruckli

Unter dem Vorsitz ihres Präsidenten, *J.-E. Dubochet*, dipl. Ing., Lausanne, führte die VSS, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner, am 12. Mai 1972 in Neuenburg ihre 60. Hauptversammlung durch. Dank der disziplinierten und gleichzeitig humorig-frischen Geschäftsführung wickelte sich die Behandlung der Traktanden reibungslos ab. Als ungewöhnlich darf die Tatsache vermerkt werden, dass eine fühlbare Erhöhung des Mitgliederbeitrages durch eine sehr ausführliche, von Graphiken gestützte Darlegung der Finanzprognosen der VSS begründet wurde, die deren Urheber, *A. Thürkauf*, vortrug und damit ohne Gegenstimme durchdrang. Der Ausschuss der VSS musste den Rücktritt von *Jules Jakob*, dipl. Ing., neuer Direktor des ASF, zur Kenntnis nehmen; er verband damit seinen Dank für die intensive Tätigkeit des Genannten im Ausschuss und in Kommissionen der VSS. Neues Mitglied des Vorstandes ist Stadtgenieur *Hans Strasser*, dipl. Ing., Chur. Nachdem in den Stiftungsrat der Stiftung zur Förderung der Berufsausbildung vier neue Mitglieder als Ersatz für ebensoviel zurückgetretene gewählt worden waren, folgte die Ehrung der Veteranen der VSS. Unter diesen wurde Ing. *E. H. Lorenz*, Nürnberg, durch Sekretär Dr. *Ernst Vogel* besonders ausführlich begrüßt als führender deutscher Strassenbauer (vgl. die Besprechung seines neuesten Werkes in SBZ 1971, S. 483) und guter VSS-Kamerad über die Landesgrenzen hinweg. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass auch Frankreich durch Ing. *Matousowsky*, Österreich durch *R.-M. Regler* und Deutschland durch Prof. *Böhringer* vertreten waren. – Als Ort der Hauptversammlung 1973 wurde Lugano erkoren.

Den Schwerpunkt der präsidialen Ausführungen nahmen die Dankesworte ein, die Dr. *R. Ruckli*, dem scheidenden Direktor des ASF, galten. Da die VSS ihn, Mitglied seit 1935, Vorstandsmitglied seit 1955, bereits 1962 zum Ehrenmitglied ernannt hatte, widmet sie ihm nun das Juni-Heft dieses Jahres ihrer Zeitschrift «Strasse und Verkehr», in welchem seine einmalige Lebensleistung zur Darstellung kommt. Als er 1940 in die Dienste der Eidgenossenschaft trat, hieß das Amt noch Oberbauinspektorat, und als er 1957 dessen Chef wurde, lagen für das Nationalstrassennetz erst viel umstrittene Vorschläge und weder

Gesetz noch Praxis der Durchführung vor. Am Aufbau dieses Riesenwerks hatte Dr. Ruckli massgebenden Anteil sowohl als Ingenieur wie als Kenner der Verwaltung in Bund und Kantonen. Der Geehrte liess es sich nicht nehmen, seinerseits die Leistung der VSS zu loben, welche sich durch die Schaffung der Normen, durch ihre Zeitschrift<sup>1)</sup> und durch die Förderung der Berufsbildung um das Wissen und Können sowie um die Berufsmoral der Strassenbauer hoch verdient gemacht hat.

Zum Schluss des geschäftlichen Teils gaben Regierungsrat *Carlos Grosjean* (zugleich als Vertreter der Baudirektorenkonferenz) und Stadtpräsident *Jean-Claude Duvanel* ausgezeichnete Überblicke über die drängenden Probleme der Stadt und des Kantons. Das aktuellste davon wurde übrigens auch gezeigt in einer Ausstellung am Tagungsort selbst, im Pavillon de Neuchâtel-Sports, «Panespo», die Ing. *Jean Bocard* gestaltet hatte. Anhand von Plänen und Photos konnte man sich in die Strassenbauarbeiten vertiefen, die anderntags besucht wurden. Ein Lob verdient auch die geschickte, unprätentiöse Ausschmückung der an sich nüchternen Sporthalle; die Abwesenheit jeder durch «Architektur» angestrebten sog. «würdigen» Stimmung wirkte wohltuend. Eine ungewöhnliche Darbietung erfreute die Teilnehmer als Schlussüberraschung. Herr *Alex Billeter* legte dar, warum der Strassenbau schwierig ist. Seine in freier Rede hervorsprudelnden Geistesblitze begleitete er fortlaufend mit Skizzen, die im Entstehen an die Wand projiziert wurden und deren jede, kaum flüchtig hingeworfen, schon durch die nächste abgelöst wurde. Manches Dutzend huschte so im Zeitraum einer Viertelstunde über die Wand.

<sup>1)</sup> Um dieses Lob voll zu verdienen, sollte «Strasse und Verkehr» nur noch der Darbietung von Plänen mehr Liebe entgegenbringen. Auch das sehr reich dokumentierte, interessante Heft 4/1972, das dem Strassenbau im Kanton Neuenburg gewidmet ist, enthält — neben vielen tadellosen — eine ganze Anzahl von schwer leserlichen bis unleserlichen Plänen und solche, die mit durchaus nebensächlichen Daten überlastet sind. Die Redaktion hat diese Pläne «gekotzt wie gefressen» (Strassenbauer sind nicht zimperlich und werden mir diesen Ausdruck verzeihen) statt sie zu verdauen, d. h. sie verarbeiten zu lassen, was natürlich Zeit und Geld kostet. Diesen Aufwand ist aber die VSS ihrer guten Zeitschrift schuldig! *W. J.*