Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 42

Artikel: EDV-Profilmessgerät im Tunnelbau
Autor: Hertelendy, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75211

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: 24.01.2026

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

Verlustquellen liegen, wie der Leser durch etwas Experimentieren mit dem Taschenrechner selbst feststellen mag. (Bei der Wärmeabgabe kann dieser Verlust durch Ausnützung der hohem Temperaturen der Überhitzungswärme – beispielsweise zur Warmwasseraufbereitung – stark vermindert werden, ohne allerdings die Leistungsziffer zu verbessern; die hier benützten Gleichungen gelten für diesen Fall nicht ohne entsprechende Anpassung.)

Nach Gleichung (15) kann noch der Wirkungsgrad gegenüber der Carnot-Leistungsziffer mit $\eta = 0{,}398$ bestimmt werden, ein Ergebnis, das zu denken geben muss.

Trotzdem soll abschliessend deutlich darauf hingewiesen werden, dass es sich bei der untersuchten Maschine um eines der *besseren* der heute auf dem Markt erhältlichen Fabrikate handelt. Es wurde damit immerhin (nach Behebung der üblichen Anfangsschwierigkeiten) ein Haus von 630 SIA-m³ während zweier Winter bei Temperaturen bis −10 °C klaglos beheizt, wobei die Brutto-Leistungsziffer – unter Berücksichtigung des Aufwandes an Strom und Wärme für die Heissgas-Abtauung – nie unter den Wert 2 sank. Dazu mag allerdings entscheidend beigetragen haben, dass die angeschlossene Fussbodenheizung auch am kältesten Tag noch mit 38 °C Vorlauftemperatur auskommt. – Übrigens kommen in Zuverlässigkeit, Robustheit und Betriebssicherheit *positive Aspekte* des sauggasgekühlten, hermetischen Kompressors zum Ausdruck.

Literatur

[1] *Traupel, W.:* Die Grundlagen der Thermodynamik. Karlsruhe 1971

Adresse des Verfassers: Dr. *J. H. Kopp*, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA/SWKI, Ingenieurbüro für Energietechnik, Postfach, 8049 Zürich.

EDV-Profilmessgerät im Tunnelbau

Problemstellung

Das genaue *Ausmessen von Tunnelprofilen* ist ein Problem, das die Tunnelbauer schon immer beschäftigt hat. Dementsprechend wurden im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Methoden entwickelt, die jedoch in den meisten Fällen nicht ohne mehr oder weniger Handauswertung auskommen. Es lag daher nahe, den Bau eines Profilmessgerätes zu wagen, das sowohl die Aufnahme als auch deren Auswertung *automatisch* ausführt.

Folgende Überlegungen waren dabei von Bedeutung:

Zwischen Profilaufnahme und Auswertung ergibt sich eine *Zeitspanne*, die in vielen Fällen zu lange oder überhaupt unerwünscht ist. Oft ist die Kontrolle des Tunnelprofils unmittelbar nach erfolgtem Ausbruch erwünscht, z. B. vor Einbau der Felssicherung. Dies setzt jedoch ein Messgerät voraus, das imstande ist, die Aufnahme am Messort aufzuzeichnen und auszuwerten. Dieses an sich hochgesteckte Ziel konnte erreicht werden, indem die Tischcomputerauswertung am Messort erfolgt. Bedenken in bezug auf die feuchte Tunnelatmosphäre haben sich dabei als grundlos erwiesen. Anderseits ist es auch möglich, Aufnahme- und Auswertungsort zu trennen.

Gerät und Messvorgang

Das Profilmessgerät (A. MT. Profil, Bild 1) ist auf einem Stativ montiert und mit einem *programmierbaren Tischrechner* verbunden. Dieser Tischrechner steuert die Funktionen des Gerätes und speichert und überträgt die gemessene Profilform auf den *Bildschirm*. Das Messprinzip basiert auf einem lichtoptischen Einmessvorgang des Dreiecks mit der fixen Basis *b* und dem gemessenen Winkel α.

Bild 2 (rechts). Prinzip des Messsystems

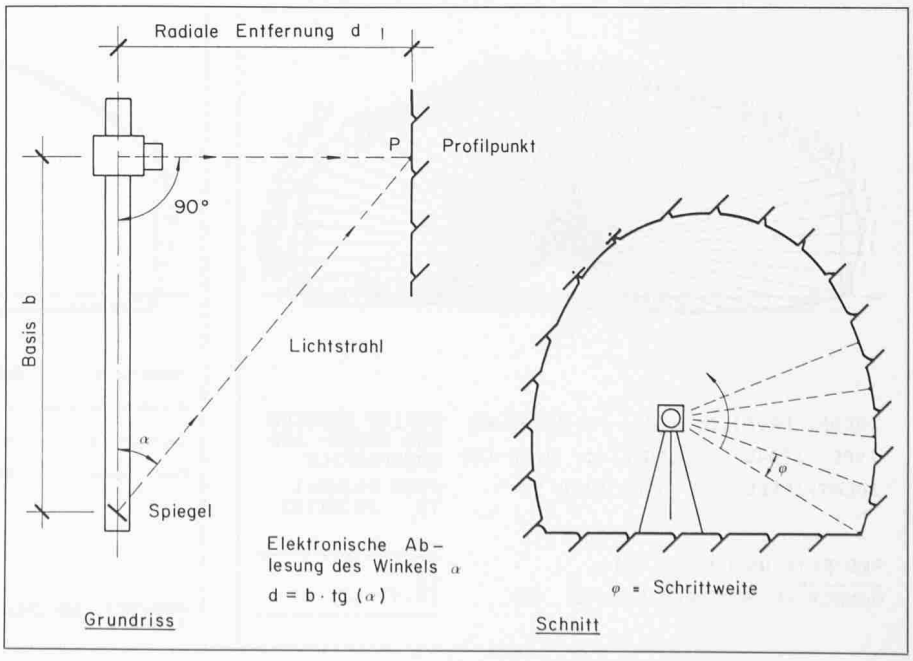
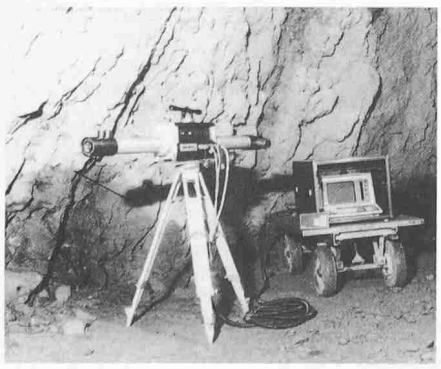


Bild 1. Profilmessgerät (A. MT. Profil) im Tunnel



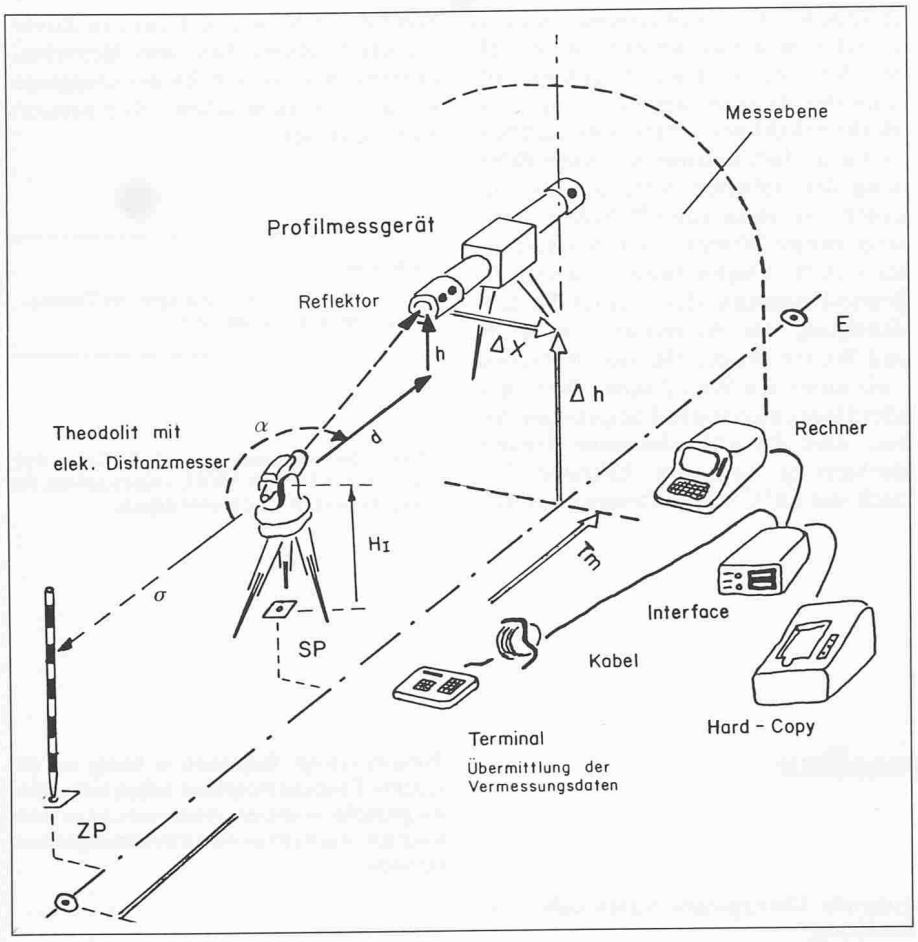


Bild 3. Anordnung des Gerätes im Tunnel

Bild 2 zeigt die *Messeinheit* mit Basis *b*, am unteren Ende den Spiegel, am oberen Ende die Optikeinheit, welche mit zwei hochempfindlichen Silicium-Fotodioden ausgerüstet ist. Im Basisrohr wird ein Lichtstrahl erzeugt, gebündelt und zum drehbaren Spiegel geleitet. Der reflektierte Lichtstrahl erscheint an der Tunnelwandung rechts oben. Der Spiegel wird so lange gedreht, bis der Lichtstrahl beim Punkt *P* erscheint, wo ihn die Optikeinheit mit optimaler Intensität erfasst.

In dieser Position wird der Winkel α durch den Mikroprozessor automatisch gemessen. Mit diesem Winkel α und der fixen Basislänge *b* des Rohrs ist ein rechtwinkliges Dreieck bestimmt. Daraus lässt sich die radiale Distanz zwischen Geräteachse und dem Lichtpunkt *P* (im Bild oben) an der Tunnelwand über die Beziehung $d = b \operatorname{tg} \alpha$ berechnen.

Zur *Messung des Profils* kann das Instrument in jede beliebige Stellung im Querschnitt positioniert werden. Das Rohr des Gerätes wird dabei parallel zur Tunnelachse gestellt und dreht sich schrittweise mit einem gewählten Winkel φ um die eigene Achse. Bei jedem Drehinkrement wird über die erwähnte Verbindung für das rechtwinklige Dreieck die radiale Distanz *d* zwischen Gerät und Tunnelwand bestimmt. In dieser Weise wird das gesamte Profil Schritt für Schritt erfasst und direkt auf den Bildschirm übertragen. Eine solche Profilaufnahme dauert etwa 5 Minuten.

Für den Vergleich zwischen gemessenem und projektiertem Profil ist es notwendig, den *Standort des Gerätes* bezüglich Projektachse zu kennen. Damit ist es möglich, die gemessenen und projektierten Profile auf dem Bildschirm zu überlagern. Die unmittelbare grafische Darstellung am Bildschirm erlaubt so im Tunnel eine *sofortige Kontrolle* der Profilabweichungen.

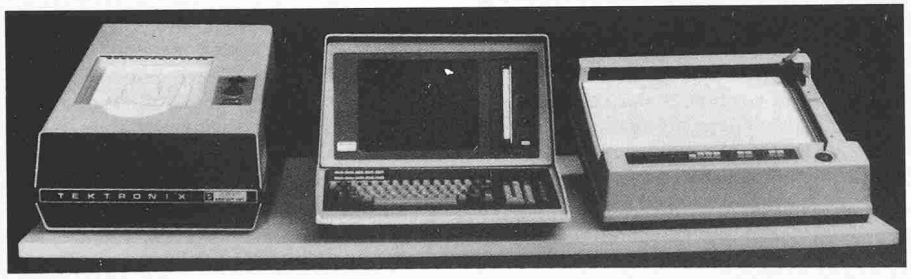


Bild 4 (links). Auswertungsgeräte. Hardcopyeinheit, Tischcomputer, Plotter

Bild 6. Darstellung des Tunnelprofils mit numerierten Messpunkten und mit Segmenteinteilung

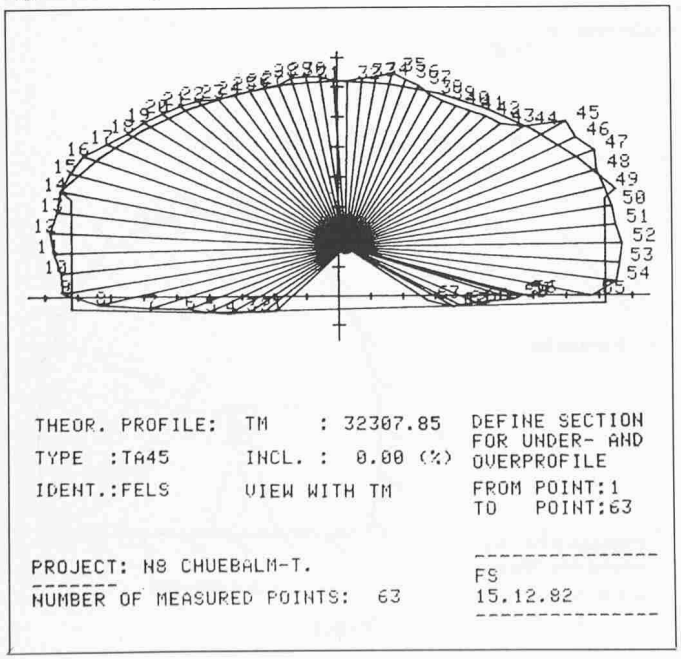
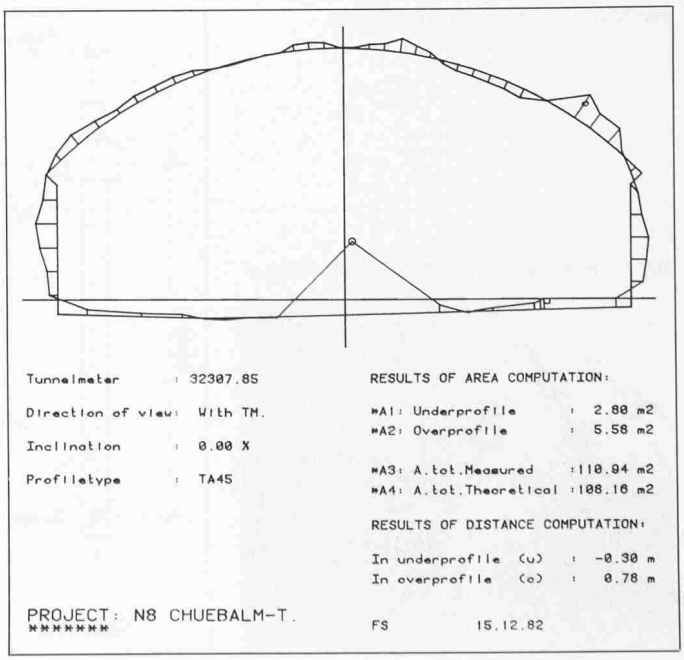


Bild 7. Geplottetes Profil mit den Resultaten der Flächenberechnung



Die Bestimmung des Gerätestandortes bezüglich Projektachse (Bild 3) erfolgt entweder mit dem Theodoliten oder mit einem Laserstrahl. Die *Vermessungsdaten des Theodoliten* werden direkt über einen Terminal via Interface auf den Computer übertragen, und die Abweichung des Gerätestandortes zur Profilachse wird automatisch berechnet.

Sobald das Gerät eingemessen ist, kann die Profilmessung beginnen. Die Messungen erfolgen im Dialogverkehr mit dem Computer, und die Daten werden *auf Band* gespeichert. Nach Abschluss der Feldarbeiten sind im Datenband sämtliche für die Auswertung notwendigen Angaben vorhanden. Diese Daten ermöglichen anschliessend im Büro eine genaue Auswertung, wobei Über- und Unterprofil durch die Auswertungssoftware genau berechnet werden können. Diese Angaben sind wichtig für Ausmass, Abrechnung und Profilkontrolle.

Datenauswertung

Zur Auswertung der Daten sind folgende Geräte nötig (Bild 4):

- Tischcomputer mit Bildschirm
- Hardcopyeinheit
- Plotter.

Die Auswertung des Querschnittes ist vollautomatisch. Sie erfolgt im Büro mit der Auswertungssoftware. Die Bildschirmdarstellungen lassen sich mit der Hardcopyeinheit *auch auf Papier* übertragen.

Am Ende der Auswertung erhalten wir als Resultat das *ausgeplottete Profil* mit folgenden berechneten Flächen:

- Unterprofil
- Überprofil
- Total der gemessenen Fläche
- Total der theoretischen Fläche (vgl. Bild 5, 6 und 7).

Unter- und Überprofil werden segmentweise berechnet und gedruckt. Die Abweichungen vom theoretischen Profil werden bei jedem Messpunkt ermittelt und gedruckt. Das Volumen zwischen beliebigen Tunnelprofilen und die Koordinaten der Messpunkte können ebenfalls berechnet werden (Messdistanz d = 1,2–15,0 m, Genauigkeit Δd = ± 2‰).

Die gezeigten Messresultate (Bild 5–7) stammen aus Profilaufnahmen, welche im Chüebalmtunnel (Schweizerisches Nationalstrassennetz, N8) in einer Ausstellnische durchgeführt wurden. Die Aufnahmen erfolgten nach der Sprengung, aber vor dem Einbau des Betongewölbes. Die Messresultate zeigen wir mit der freundlichen Genehmigung des Autobahnamtes des Kantons Bern.

Einsatzmöglichkeiten

Das Gerät befindet sich seit einigen Jahren in Betrieb in der Schweiz und im Ausland. Seine Genauigkeit, einfache Bedienung, Leistungsfähigkeit, Robustheit und Wirtschaftlichkeit haben sich auch unter schlechten Bedingungen bewährt. Häufigste Messaufgaben waren bisher:

beim Neubau von Tunnel und Kavernen:

- Profilkontrolle während des Ausbruchs unmittelbar nach der Sprengung

```
*** A.MT. PROFIL ***                    AMBERG MEASURING TECHNIQUE  LTD.
                                        ** A.MT. **          SWITZERLAND
-----------------------------------------------------------------------
SEGMENT                OVERPROFILE      UNDERPROFILE
                          [M2]             [M2]
-----------------------------------------------------------------------

   1                     0.01             0.00
   2                     0.01             0.00
   3                     0.03             0.00
   4                     0.03             0.00
   5                     0.00             0.04
   6                     0.00             0.13
   7                     0.00             0.25
   8                     0.00             0.17
   9                     0.19             0.00
  10                     0.28             0.00
  11                     0.39             0.00
  12                     0.36             0.00
  13                     0.21             0.00
  14                     0.08             0.00
  15                     0.21             0.00
  16                     0.20             0.00
  17                     0.12             0.00
  18                     0.11             0.00
  19                     0.12             0.00

----------------------------------- CONTINUE WITH R E T U R N  ------
```

Unterprofil und Überprofil segmentweise berechnet

```
*** A.MT. PROFIL ***                    AMBERG MEASURING TECHNIQUE  LTD.
                                        ** A.MT. **          SWITZERLAND
-----------------------------------------------------------------------
PROJEKT:  N8 CHUEBALM-T.      TUNNELMETER:32307.85     PROFILTYPE :

OVER- AND UNDERPROFILE                                 TYPE : TA45
++++++++++++++++++++++                                 IDENT: FELS

=======================================================================
                          IN THE MEASURED BETWEEN STARTING-
                          AREA    (A)     AND ENDPOINT (B)   (A)+(B)
=======================================================================

                            <1>              <2>              <3>
                           [M2]             [M2]             [M2]

 *A1: Underprofile     :    2.33             0.48             2.80

 *A2: Overprofile      :    5.58             0.00             5.58

 *A3: A.tot.Measured   :  106.22             4.72           110.94

 *A4: A.tot.Theoretical :  102.96            5.20           108.16

=======================================================================
<0> : NO PLOT OF COMPUTED RESULTS
ENTER COLUMN-NUMBER <1..3> YOU WANT TO PLOTT OR <0> : <3>
```

Unterprofil – Überprofil – total gemessene Fläche – total theoretische Fläche

```
*** A.MT. PROFIL ***                    AMBERG MEASURING TECHNIQUE  LTD.
                                        ** A.MT. **          SWITZERLAND
-----------------------------------------------------------------------
DISTANCES BETWEEN THEORETICAL AND MEASURED PROFILE

-----------------------------------------------------------------------

MEASURING          GEOM.SEG     DISTANCE     GEOM.SEG     DISTANCE
  POINT                          [M]                       [M]
    1                2           0.03
    2                2           0.03
    3                2           0.02
    4                2           0.07
    5                2           0.01
    6                1          -0.11
    7                1          -0.11
    8                1          -0.17
    9                8           0.25
   10                8           0.31
   11                8           0.53
   12                8           0.65
   13                8           0.42
   14                7           0.03
   15                6           0.21
   16                6           0.34

----------------------------------- CONTINUE WITH R E T U R N  ------
```

Abweichen vom theoretischen Profil bei jedem Messpunkt

Bild 5. Resultate der Profilauswertung

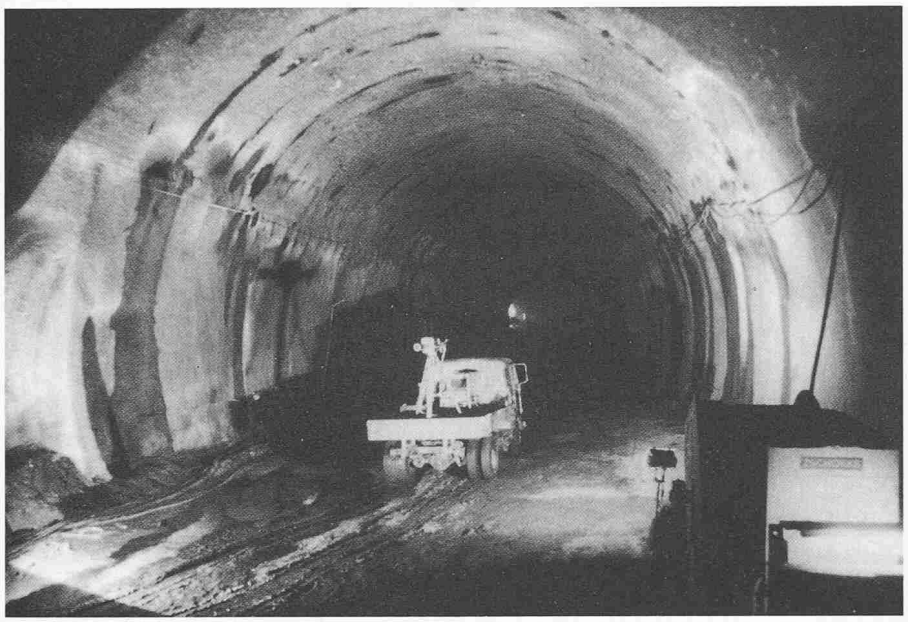


Bild 8. Profilmessgerät in Messposition, im Tunnel installiert auf einem Lastwagen

- Kontrolle von Über- und Unterprofil vor dem Betonieren des Gewölbes
- Kontrolle der Abweichung des Ist-Profils vom Soll-Profil (Betongewölbe)

bei alten Tunnels:

- Kontrolle des vorhandenen Lichtraumprofils bei Strassen- und Eisenbahntunnels.

Bei Verschiebungen von Messpunkt zu Messpunkt ist es vorteilhaft, das Gerät *auf einem Lastwagen,* auf der Plattform eines Schienenfahrzeugs oder auf einem sonstigen Fahrzeug zu installieren (Bild 8).

Mit der schnellen Auswertung mit Hilfe des Computers, der automatischen Auswertung von Über- und Unterprofilen sowie Herstellung der nötigen Zeichnungen durch den Plotter können beträchtliche Personalkosteneinsparungen erzielt werden. Zudem gewährleistet das vorliegende System eine *optimale Berechnungs- und Zeichnungsgenauigkeit,* welche mit andern Messmethoden kaum erreicht werden kann.

A. Hertelendy
Amberg Messtechnik AG, Zürich

Passwort «Innovation» – drei Meinungen

Innovation in all ihren Schattierungen ist im Gerede. Die folgenden Ausführungen sind drei Ansprachen von Ingenieuren entnommen. Sie zeigen deutlich, dass Innovation nicht verordnet, systematisiert und organisiert werden kann. Vielmehr bedarf es eines Klimas, in dem sie gedeihen kann. Für den Fortbestand der Unternehmen hat sie gar vitale Bedeutung. B. M.

Geistige Arbeit ist keine Handelsware

An der ordentlichen Generalversammlung der Motor-Columbus AG (21. Okt. 1982) äusserte sich Michael Kohn, dipl. Ing. ETH, zur Innovation als Zukunftsaufgabe des Ingenieurs:

«Neue Horizonte und neue Wege sind nicht nur für eine Ingenieurunternehmung, sondern für die Wirtschaft insgesamt die Rezepturen, die aus den heutigen konjunkturellen Nöten und Absatzschwierigkeiten heraushelfen könnten. Das *Passwort heisst Innovation.* Es gibt in unserem Land keine wirtschaftspolitische Betrachtung, keine parlamentarische Konjunkturdebatte, keine inbetriebliche Versammlung, an welcher nicht das Wort Innovation im Mittelpunkt stehen würde. Innovation ist *zur Hoffnung, zum Programm,* sogar *zur Heilslehre* geworden. Sie hat nur den Nachteil, dass sie *nicht von selbst* kommt; sie muss *erarbeitet* werden. Auch müssen die dazu nötigen finanziellen Mittel bereitgestellt werden. Nach Innovation rufen ist eines; innovativ denken, handeln oder produzieren ist etwas anderes. Innovativ kommt von neu. Was wir in der Schweiz brauchen, ist eine Aufwertung des Schöpferischen, des Kreativen, des Beweglichen. Was wir wieder lernen müssen, ist die geistige Flexibilität, d.h. alte Denkwege aufgeben und neue Richtungen einschlagen. Zu lange sind wir auf ausgefahrenen Geleisen gerollt, haben wir dem Herkömmlichen gehuldigt. Zu viele haben sich bei uns auf das Machbare konzentriert und das Denkbare vernachlässigt. Wir haben in der Schweiz Gedanken und Ideen durch *betriebsame Aktivität* substituiert und haben uns in der *Pausenlosigkeit* erschöpft. Fast eine Generation lang wurde unser Wirtschaftsgeschehen von den Machern beherrscht; jetzt sind *auch die Denker* wieder gefragt.

In einer Periode der Innovation hat auch der Ingenieur, und damit auch eine Ingenieurorganisation wie die unsrige, eine neue Rolle zu spielen. Dem *Ingenieur* obliegt es bekanntlich, wissenschaftliche Erkenntnisse im Gespräch mit der Forschung in Maschinen, Apparate und Anlagen zu überführen und gleichzeitig durch seinen Geschäftssinn marktfähig zu machen. Soll er innovativ wirken, so wird der Ingenieur zusammen mit dem Forscher und Wissenschafter originelle Ideen entwickeln, neue Produkte gestalten, neue Erkenntnisse aus dem Versuchslabor in die praktische Nutzung umsetzen und neuartige Einzeleinfälle in Gesamtprojekte einbetten. Die Schweiz hat ein *enormes Ingenieurpotential.* Über 60 000 Ingenieure und Techniker sind auf dem Gebiet der Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Beratung und dem Verkauf tätig. Der Schweizer Ingenieur hat sich durch seine Qualität und Zuverlässigkeit einen *internationalen Ruf* geschaffen, der legendär geworden ist. Schweizer Forscher und Ingenieure haben Pionierarbeit beim Bau der Wasserkraftwerke, bei der Entwicklung der modernen Gas- und Dampfturbine, des Dieselmotors, des Netzschutzes, der Präzisionsinstrumente und der Werkzeugmaschinen geleistet. Es ist nicht einzusehen, wieso nicht bei den Anwendungen der Mikroelektronik, der industriellen Leittechnik und bei der Computersteuerung von Kraft-, Walz- und chemischen Werken *gleiche Spitzenleistungen* möglich sein sollten. Ein Merkmal der gewandelten Anforderungen an die Ingenieurtätigkeit ist der rapid steigende Anteil dessen, was man als Informatik oder ‹Software-Technik›, das sind vor allem Computerprogramme, zu bezeichnen pflegt. Der Befriedigung dieses Bedürfnisses entspricht die neugegründete Abteilung und Studienrichtung ‹Informatik› an der ETH Zürich. Ein originaler Schweizer Beitrag ist auch bei der Entwicklung von Hochtemperaturverfahren, Brennstoffzellen zur Stromproduktion und der Wasserstofftechnologie zur industriellen