



**BAUGRUNDINSTITUT
STUTTGART**

1981

MITTEILUNG 15

**ULRICH SMOLTCZYK
OTTO SCHWEIKERT**

**VORSTUDIE ÜBER
BAULICHE ALTERNATIVEN
FÜR DURCHGANGSSTRASSEN
IN SIEDLUNGEN**

**IM AUFTRAG DER FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
BAUEN UND WOHNEN**

VORSTUDIE ÜBER BAULICHE ALTERNATIVEN

FÜR

DURCHGANGSSTRASSEN IN SIEDLUNGEN

von

Dr.-Ing. Ulrich Smolczyk,

o.Professor für Grundbau und Bodenmechanik an der
Universität Stuttgart

und

Dipl.-Ing.Otto Schweikert,

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Grundbau
und Bodenmechanik der Universität Stuttgart

Stuttgart 1981

Im Auftrag der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart

Das Baugrundinstitut ist unter der Bezeichnung
"INSTITUT FÜR GRUNDBAU UND BODENMECHANIK"
eine Einrichtung der Universität Stuttgart

ISBN 3-921837-15-4

Gegen Vervielfältigung und Übersetzung bestehen keine
Einwände, es wird lediglich um Quellenangabe gebeten.

Herausgegeben 1981 im Eigenverlag des Baugrundinstituts

INHALT

1. Aufgabenstellung	Seite 3
2. Umweltschutzmaßnahmen an Straßen:	
Hinweise zum Stand der Technik	7
3. Auswahl der untersuchten Situation	23
4. Straßenführung in Hanglage	24
Tragsystem	27
Bauablauf	29
Leistungsverzeichnis und Massenvergleich	31
Kalkulationsergebnisse	32
5. Straßenführung in der Ebene	34
Konstruktion	35
Leistungsverzeichnis und Massenvergleich	37
Kalkulationsergebnisse	38
6. Schlußfolgerungen	40

1. AUFGABENSTELLUNG

Die zunehmenden Schwierigkeiten bei der Bewältigung der Verkehrsbedürfnisse sind durch die in der öffentlichen Meinung heute als gleichrangig bewerteten Forderungen nach

- Entflechtung von Zubringer- und Durchgangsverkehr;
- Abbau von Unfallrisiken;
- Verringerung der Umweltbelastung durch Lärm und Abgase;
- Minimalisierung des Flächenbedarfs;
- landschaftsgerechten Baumethoden

bedingt. Während das bisherige Bauen von Verkehrsanlagen unter den Leitgedanken der technischen Richtigkeit, der Wirtschaftlichkeit stand, überzeugen diese Forderungen bei der Aushandlung von Verkehrsplanungen allein für sich nicht mehr. Zwar gelten die klassischen Entwurfsprinzipien unverändert weiter, aber ihr Stellenwert wird nicht mehr unangefochten angenommen. Die Kritik stellt zwar nicht die Erfüllung statischer Forderungen in Frage, wohl aber die Entwurfsrichtlinien bzw. die diesen zugrundegelegten Vorgaben und möchte hier den Aufwand verringern. Mehrkosten werden dagegen hingenommen, wo es um die verbesserte Erfüllung der weiteren Forderungen geht, weil darin ein notwendiger Aufwand für ein Mehr an Lebensqualität gesehen wird.

Die größten Schwierigkeiten ergeben sich dort, wo ein dichter Verkehrsfluß durch ein städtisches Siedlungsgebiet zu leiten ist. Insbesondere bei den in Baden-Württemberg vorgegebenen topographischen Verhältnissen ist es häufig unmöglich, in solchen Fällen eine Entlastung durch den Bau von Umgehungsstraßen zu erreichen. Da bei Durchgangsstraßen häufig sogar ein vierspuriger Ausbau angestrebt wird, andererseits aber auch der "Zerschneidungseffekt" breiter Verkehrsschneisen zu Recht als höchst unerwünscht angesehen wird, bleibt nur - abschnittsweise oder über ganze Streckenzüge - die Verlegung von Straßen mit ausgeprägtem Durchgangsverkehr in die tiefere Ebene als Alternative denkbar.

Damit erscheint eine Verkehrsführung in geschlossener Bauweise weniger als ein Luxus für Ausnahmefälle denn als eine in Zukunft mehr und mehr gewünschte Regellösung für verkehrsüberlastete Straßenzüge und auch für die Unterbringung des ruhenden Verkehrs, insbesondere wenn man

an die Verknüpfung mit den anderen Planungsaufgaben der Altstadt-Modernisierung, der Schaffung verkehrsberuhigter Plätze und Wohnzonen, des Schutzraumbaus u.a.m. denkt.

Bei dem bekanntermaßen immer enger werdenden Spielraum der öffentlichen Haushalte für die Finanzierung öffentlicher Bauaufgaben verschärfen sich die Zielkonflikte gegenwärtig derartig, daß die Gefahr besteht, daß selbst die geringeren verfügbaren Mittel nicht oder nicht rechtzeitig eingesetzt werden können, weil Bauverwaltung und Bürgerschaft die Prioritäten unterschiedlich sehen, bzw. auch innerhalb der Bevölkerung je nach eigener Interessenlage der argumentierenden Gruppe kurz- und längerfristige Zielvorstellungen einander unversöhnlich gegenüberstehen. Hieraus ergibt sich ein Zwang zu politischem Handeln, der in der unvermeidlichen kritischen Auseinandersetzung mit Betroffenen nur dann glaubhaft bestanden werden kann, wenn ein solches Handeln sich auf eine sorgfältige Ermittlung aller entscheidungsrelevanten Daten und vor allem darauf abstützen kann, daß die Entscheidung für eine bestimmte Ausführung eines bestimmten einzelnen Bauwerks Teil eines langfristigen Gesamtkonzepts ist, das die unvermeidlichen Belastungen unter den betroffenen Gruppen auszugleichen sucht. Dabei wird in Kauf genommen werden müssen, daß das Konzept sich nur in einzelnen, zeitlich ziemlich weit gestreckten Schritten verwirklichen lassen wird - die Bereitschaft der zunächst Benachteiligten hierzu kann nur erreicht werden, wenn ein Vertrauen besteht, daß diese weiteren Schritte auch tatsächlich realisiert werden. Das weitere Baugeschehen wird vermutlich im öffentlichen Bereich dadurch gekennzeichnet sein, daß die Kostenintensität des Einzelvorhabens deutlich größer wird, während die Anzahl der in der Zeiteinheit realisierbaren Projekte stark abnimmt. Um so wichtiger ist es dann aber, den konzentrierteren Einsatz öffentlicher Mittel so sorgfältig unter den verschiedensten Gesichtspunkten zu planen, daß Bauwerke von weit ausstrahlender Überzeugungskraft entstehen, die darin zukunftsweisend sind, daß sie möglichst vielen Bedürfnissen gerecht werden, ohne - auch in ihren Details - den übergeordneten Gesichtspunkt der Sparsamkeit in Ausstattung und Betrieb zu verlassen.

Bei untertägigen Verkehrsanlagen - anders als im Hochbau - spielen die Betriebs- und Rohbaukosten und bei den letzteren insbesondere die Baubetriebs- und Verfahrenskosten eine dominierende Rolle. Daher kann der Bauingenieur für die Diskussion solcher Projekte in der Öffentlichkeit hier noch einen wirk-samen Beitrag leisten, denn er kennt die Methoden, um die neuen Aufgaben mit einer in der Bundesrepublik Deutschland hochentwickelten Technologie des Tiefbaus zu lösen.

Allerdings ist es nicht wahrscheinlich, daß sich neue und unvoreingenommene technische Antworten innerhalb des traditionellen Ablaufs von Planung, Ausschreibung und Ausführung entwickeln lassen, weil die ausschreibenden Behörden gehalten sind, bereits erprobte und hinreichend bekannte Konstruktionen und Verfahren der Planung zugrunde zu legen, so daß sich der Wettbewerb der potentiellen Auftragnehmer nur noch in einem relativ engen, vorgegebenen Rahmen abspielen kann. Außerdem ist die bei der Ausführungsplanung noch verfügbare Zeit gewöhnlich so knapp, daß praktisch keine Möglichkeit besteht, Planungselemente grundsätzlich unter dem Gesichtspunkt neuartiger Bauverfahren noch einmal neu zur Disposition zu stellen. Man kommt hier nur dadurch weiter, daß man solche grundsätzlichen Argumentationsüberprüfungen aus diesem Ablaufschema ganz herausnimmt und sie zum Gegenstand eines Gutachtens oder Forschungsvorhabens macht.

Die FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT BAUEN UND WOHNEN in Stuttgart erteilte daher dem Erstverfasser im Sommer 1980 den Auftrag zu einer Studie über bauliche Alternativen für die Anlage bzw. den Umbau von Durchgangsstraßen in Siedlungen, insbesondere Stadtgebieten, wobei vor allem die Tieflage und Teil-Tieflage zu behandeln war. Sowohl die technische Möglichkeit als auch die kostenmäßige Belastung sollten hierbei parallel aufgezeigt werden. Zugrundegelegt wurden einige typische Konfigurationen, wie sie sich in Baden-Württemberg aus den Geländeverhältnissen und der Untergrundbeschaffenheit ergeben. Bild 1 zeigt dazu die Situation Stuttgarts.

Die nachfolgende Studie geht daher zunächst auf herkömmliche Verkehrsbaueisen ein, deren bekannte Nachteile Ausgangspunkt eigener Überlegungen werden. Es folgen dann die Festlegung der Geländeformen und der zugrundegelegten Bodenformation, die in den Ballungsgebieten durch die Notwendigkeit zahlreicher Kunstbauten gekennzeichnet ist, und die Entwicklung neuer Querschnitte mit vollständiger technischer Bearbeitung und Kalkulation. Letztere wurde mit den Kalkulationsabteilungen der Firmen Ed. ZÜBLIN AG und C. BARESEL AG diskutiert und auf die Kostenbasis Januar 81 abgestellt. Dadurch wurde ein aktueller Wirtschaftlichkeitsvergleich erreicht. Beiden Firmen sei an dieser Stelle für ihre entgegenkommende Unterstützung gedankt; insbesondere aber Herrn Prof. Dr.-Ing. Hahn, dessen Initiative die Studie seit ihrer Entstehung begleitet und dessen Ideen für eine verbesserte Lösung des Schallschutzes an Durchgangsstraßen gerne eingearbeitet worden sind.

Weiter danken wir Herrn Prof. Dr.-Ing. Schnüll, Leiter der Abteilung Entwurf am Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, für seine Beratung bei der Festlegung der planerischen Randbedingungen und die Bereitstellung von Unterlagen.

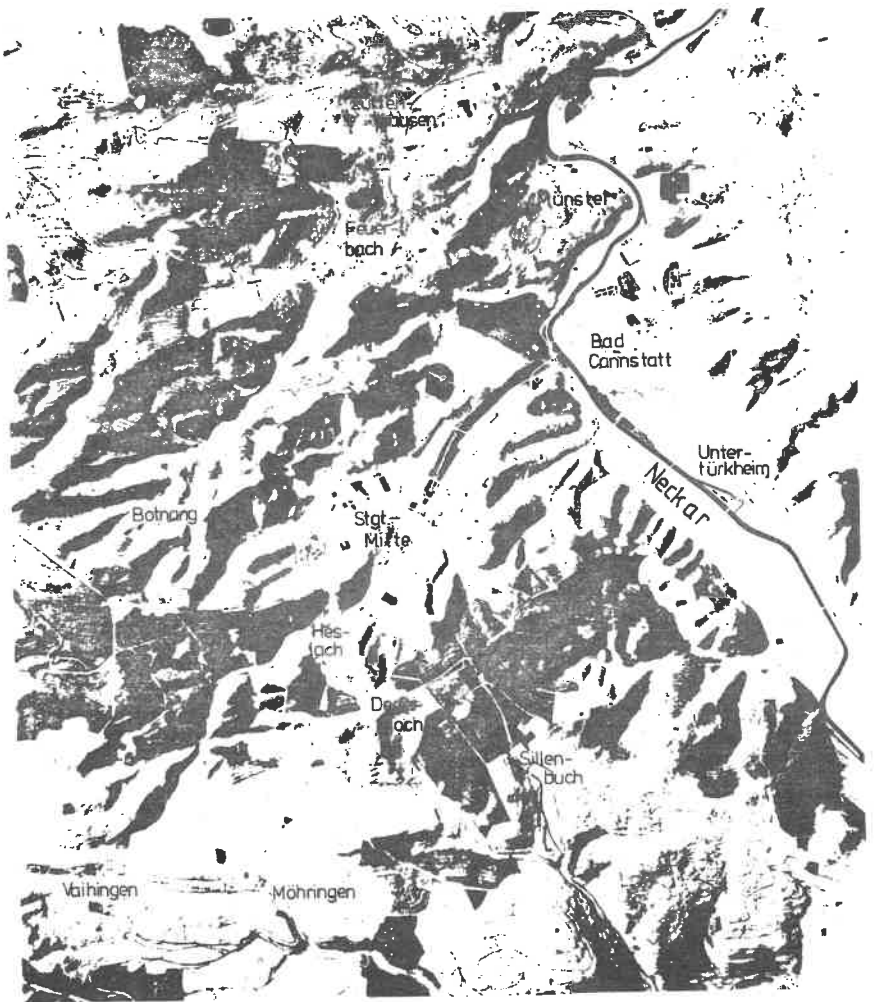


Bild 1. Topographische Situation Stuttgarts (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof.Dr.-Ing.Künne)

2. Umweltschutzmaßnahmen an Straßen: Hinweise zum Stand der Technik

Die Umweltbelastung infolge von Durchgangsstraßen mit starkem Verkehr wird heute übereinstimmend in der Schadstoff-Emission, der Schall-Emission und darin gesehen, daß sie große Flächen beanspruchen und die Nutzungs-Zusammenhänge stören ("Zerschneidungseffekt"). Bei der Schadstoff-Emission denkt man vor allem an die Belastung der Luft durch Auto-Abgase; es gehört dazu aber auch die Belastung des Kulturbodens und der Vegetation durch Tausalz.

Für die Schadstoff-Emission durch Abgase der Verbrennungsmotoren gibt es bei offener Straßenführung keine technische Möglichkeit für eine passive Schutzmaßnahme. Man bleibt auf die verteilende Wirkung der Luftzirkulation angewiesen, da sich der Abstand zwischen Straße und Bebauung nicht nachträglich vergrößern läßt, eine wirksame Absorption der Abgase durch Pflanzen im Stadttinnern selten erreichbar ist und Sonderlösungen wie das Absaugen von Schadstoffen nur in extremen Fällen in Frage kommen werden*. Andererseits hängt die Wirksamkeit der Zirkulation empfindlich von der Art der Randbebauung, ihrer Exposition in Bezug auf die vorherrschende Windrichtung und der meteorologischen Situation ab** und kann sich beim Zusammentreffen ungünstiger Einflüsse drastisch verringern (Smog-Alarm).

Auch bei überdeckter Straßenführung stellt sich das Problem, die Abgasmenen in einer nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 15.3.1977 für die Umwelt noch zumutbaren Weise und Menge in die frei zirkulierende Atmosphäre abzuleiten. Die Folge sind die bekannten Lüfterbauwerke bei Straßentunneln, deren Standortfindung auf zunehmende Schwierigkeiten stößt. Dem läßt sich zwar begegnen, indem man die Abluft reinigt, aber der damit eingehandelte zusätzliche Aufwand an Energie und Betriebskosten ist bei den ohnehin hohen Tunnelbaukosten eine dauernde Mehrkostenbelastung.

Aus diesen Gründen muß die Entwicklung des aktiven Immissionsschutzes gegen Abgas-Schadstoffe Vorrang behalten, zumal sie schon jetzt gute Ergebnisse zeigt*. Für die hier zu untersuchenden bautechnischen Fragen kann deswegen von der durch die Vorgaben des Umweltprogramms der Bundesregierung begründeten Annahme ausgegangen werden, daß das Abgasproblem in absehbarer Zeit durch Maßnahmen am Fahrzeug so weit entschärft werden kann, daß der verbleibende Rest an Emission auch bei extremer Verkehrsdichte ohne gesundheitliche Schäden in der Umgebung der Straßen solange zwischengespeichert werden kann, bis er auf natürliche Wei-

*Siehe hierzu die Übersicht bei K.KRELL (1978): "Umweltgerechte Straßenplanung", Straße und Autobahn, S.489-498.

** Vgl. etwa H.SOBOTTKA auf dem gemeinsamen Kolloquium des EMFT und des TÜV Rheinland 1977 zum Thema "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr in Ballungsgebieten und im Nahbereich verkehrsreicher Straßen".

se in verkehrsschwachen Zeiten in der Atmosphäre verteilt wird.

Bei der Schall-Emission muß zwischen den Wirkungen des Luftschalls und des Körperschalls unterschieden werden. Meist wird nur die Lärmbelästigung diskutiert, d.h. der Luftschall, während der Körperschall auch bei starkem und regelmäßigem Schwerlastverkehr oder bei U-Bahn-Verkehr eher als ein Anzeichen für eine mangelhafte Straßendecke oder Gleisanlage oder Übergangskonstruktion o.ä., also als eine durch Ausbesserung behebbare Belästigung angesehen wird.

Über die Schwierigkeiten der Quantifizierung der Verkehrslärm-Belästigung berichten HEIMERL/HOLZMANN*. Sie führten zu eingehenden Feldstudien des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Universität Stuttgart** mit dem alarmierenden Ergebnis, daß die in den einschlägigen Richtlinien*** genannten Immissions-Grenzwerte an innerstädtischen Hauptstraßen in der Regel deutlich überschritten werden. Der Verkehrslärm trifft fast unvermindert auf die Hausfronten längs der Straßen, so daß die Anlieger unfreiwillig die Funktion von Lärmschutz-Schirmen für die entfernter Wohnenden übernehmen.

Dem aktiven Schallschutz, d.h. der Emissionsminderung an der Schallquelle, sind aus physikalischen Gründen sehr enge Grenzen gezogen. Weder Verkehrsregelungen noch Maßnahmen am Fahrzeug können wegen des relativ hohen Rollgeräusch-Anteils am Fahrzeuglärm** die Emission entscheidend drosseln. Praktisch bleibt daher nur der passive Lärmschutz als Ausweg übrig.

Bei Gebäuden gelingt das, wenn man Bauteile, die durch den Luftschall zu eigenen Schwingungen angeregt werden können, vermeidet oder ausschaltet, wie das bei Fenstern z.B. heute technisch möglich ist. Man muß dann allerdings auf eine natürliche Belüftung der an der Straßenseite liegenden Räume verzichten. Dieser Nachteil und der Umstand, daß die Lärmbelästigung auf allen Aufenthaltsflächen außerhalb der Gebäude unverändert anhält, hat das Interesse der Betroffenen auf die Möglichkeit des passiven

* HEIMERL,G./HOLZMANN,E.(1979): Beurteilung von Verkehrslärm. AET 34

** Interdisziplinäre Fallstudie über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm. Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz im Auftrag des Bundesministers für Verkehr.

*** Hierzu wird auf die zusammenfassende neue Darstellung von K.KRELL (1980): "Handbuch für Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen", Otto-Elsner-Verlag, Darmstadt, verwiesen.

** NEUSSER,E.(1978): Schutz vor Straßenverkehrslärm, Möglichkeiten und Probleme. Straßen-und Tiefbau 32

Schallschutzes durch künstliche Abschirmungs- oder Absorptionsmaßnahmen gelenkt. Dazu zählen Straßenführungen in Hoch- oder Tieflage, Lärmschutzwände, Lärmschutzwälle und Schutzbepflanzungen. Einen recht guten Überblick über die bisher in der Praxis erprobten Lösungen gibt ein Tagungsbericht des Deutschen Arbeitsringes für Lärmbekämpfung*.

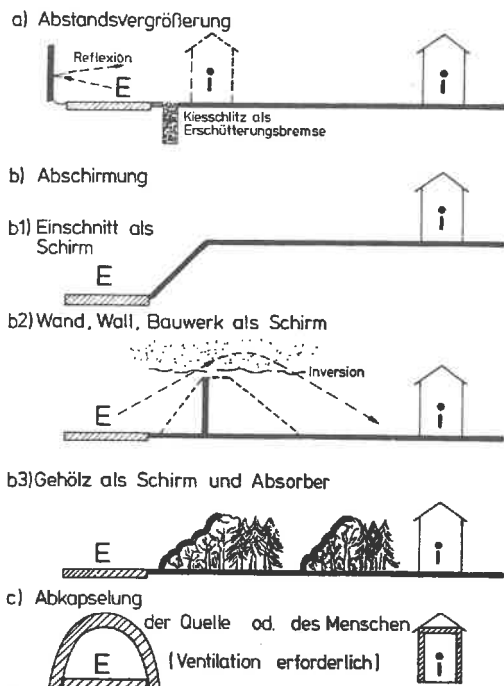


Bild 2. Schematische Darstellung der Möglichkeiten des passiven Schallschutzes (nach KRELL*)

Einem von KRELL auf dieser Tagung gehaltenen Vortrag ist Bild 2 entnommen (E-Schallquelle, i - Immissionsort). Es vermittelt ungewollt den Eindruck, als sei passiver Schallschutz nur um den Preis beträchtlichen Flächenbedarfs zu haben, was durch die zahlreichen Konstruktionselemente widerlegt wird, die unter dem Begriff der Lärmschutzwand in den letzten Jahren auf dem Markt erschienen sind.

Als Beispiel zeigt Bild 3 eine gegenwärtig in Stuttgart-Vaihingen gebaute Lärmschutzwand von 2 - 4 m Höhe. Sie besteht aus Stahlbeton-Wandscheiben.

* Deutscher Arbeitsring für Lärmbekämpfung e.V. (1979): Lärmschutz an Straßen, Lärmschutzeinrichtungen als Gestaltungsmittel. Tagungsbericht vom 15.11.79 in Ludwigshafen.



Bild 3. Lärmschutzwand in Stuttgart-Vaihingen, B 14.

die als Fertigteile zwischen Profilträger eingeschoben sind. Es handelt sich dabei um eine notgeborene Kompromißlösung, die zwar ihren technischen Zweck erfüllt, aber um den Preis einer erheblichen Landschafts-Störung. Private Grünfläche und öffentliche Verkehrsfläche grenzen hier so unvermittelt aneinander, daß nur noch die senkrechte, massive Trennwand als Lösung machbar war. Durch Einfügen einzelner, farblich und strukturell abweichender Lamellen wurde versucht, die Monotonie der Betonwand zu mildern. In dem zuvor genannten Tagungsbericht von 1979 werden eine ganze Reihe von solchen Schallschutzwänden im Bild gezeigt, die sämtlich dem gleichen Trägerbohlwand-Prinzip folgen und sich lediglich darin unterscheiden, ob die Ausfachung der Trägerpfähle in Stahl oder Beton, in Form von Platten wie in Bild 3 oder Bohlen, mit glatter oder gelochter (zur verbesserten Energievernichtung) oder sonstwie strukturierter Oberfläche gefertigt wird.



Bild 4. Lärmschutzwand zwischen Schloßpark und B 14 in Stuttgart-Mitte

Wenn etwas mehr Fläche verfügbar ist, kann statt der Trägerbohlwand, die übrigens den zusätzlichen Nachteil hoher Gründungskosten hat (Winddruck!), eine Schutzmauer aus flach gegründeten, räumlich tragenden Elementen wie z.B. den in Bild 4 dargestellten Stahlbeton-Halbschalen gebaut werden. Im gezeigten Fall war ein Parkgelände/gegen eine Bundesstraße abzuschirmen. Da der Bestand an alten Bäumen und Gehölzen bei der Errichtung weitgehend geschont blieb, tritt die Mauer auf der Parkseite kaum in Erscheinung und wirkt auch auf der Straßenseite erträglich.

Natürlich bleibt bei den für die Effizienz solcher Wände notwendigen Höhen zwischen 3 und 4 m eine reine Massivbaulösung immer ein unübersehbarer Fremdkörper, selbst wenn man ihn durch Vegetation kaschiert. Die Skizze in Bild 5 zeigt als Beispiel eine aus Pflanzkästen hochgestapelte Mauer, die auch dem o.g. Tagungsbericht entnommen wurde.

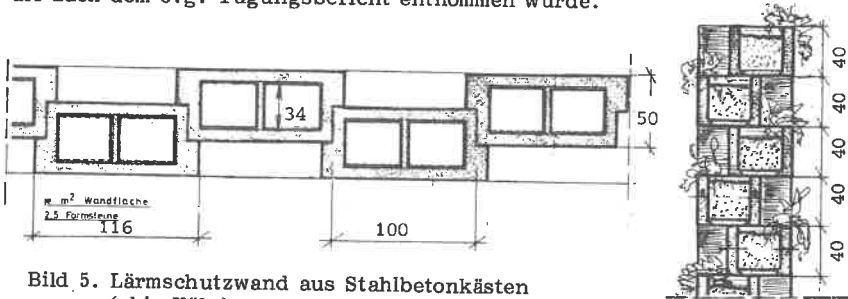


Bild 5. Lärmschutzwand aus Stahlbetonkästen
(abi, Köln)

Daraus ergibt sich eine für die Bepflanzung günstigere Form als nächste Variante: der sog. "Steilwall" aus Stahlbeton-Fertigteilen. Bild 6 stellt schematisch mögliche Konstruktionsformen dar, wobei zu ergänzen ist, daß die Elemente gegeneinander verhängt werden müssen und daß beide Außenwände ein Streifenfundament benötigen, damit die Basiselemente eine ausreichende Grundbruch- und Gleitsicherheit haben.

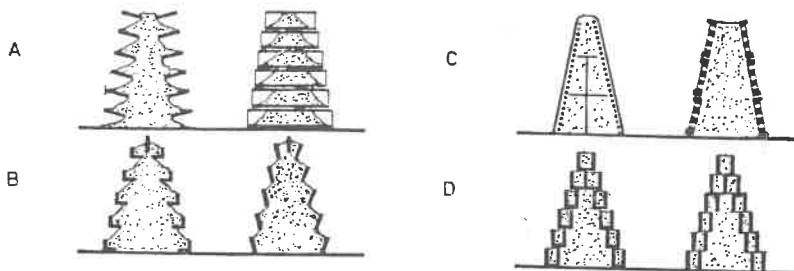


Bild 6. Lärmschutz durch Steilwälle (nach KRELL, 1979)

A - Stützregal oder Stützwabe (Stapel), B- Stützbohle als Rechteck- oder Winkelprofil, C - Stützkäfig, D - Stapel aus Kästen oder Rahmen.

An dem in Bild 7 als Konstruktionsbeispiel gezeigten Typ ist der statische Grundgedanke gut erkennbar. Der Füllboden wird lagenweise eingebracht und muß so weit verdichtet werden, daß im Gebrauchszustand keine Sackungen mehr eintreten. Er bildet in den Gefachen freie Böschungen, d.h. er muß soviel Kohäsion haben, daß er nicht durch Schlagregen ausgespült wird, solange die Bewachsung noch im Werden ist.

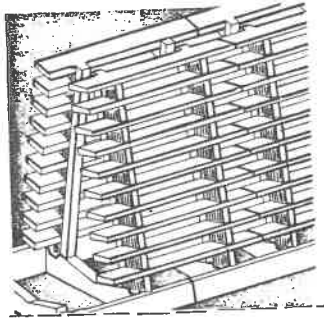


Bild 7. Beispiel einer
Lärmschutz-
Steilwand-
Konstruktion
(DYWIDAG)

Da die aus Stahlbeton-Fertigteilen zusammengesetzten Steilwände nur für kürzere Abschnitte wirtschaftlich sind, sind Bemühungen um weitergehende Vereinfachungen im Gange. Die in Bild 6 unter C gezeigten Stützkäfige deuten bereits in diese Richtung. Es sind Stahlrohrbügel mit Ausfachungen aus Baustahlgewebe, die mit bepflanzbarem Bodenmaterial oder Müll-Klärschlammkompost gefüllt werden. Er wird mit stark wurzelnden Pflanzen besetzt, die im Laufe der Zeit die aus der übersteilen Böschung resultierenden Spreiz-Zugkräfte in dem Maße übernehmen sollen, wie die durch Tausalz verstärkte Korrosion das Stütz-Stahlgewebe zerstört.

Wie in dem o.g.Tagungsbericht von RÜMLER ausgeführt wird, ist bei allen Steilwällen besondere Sorgfalt geboten "in der Auswahl und Zusammensetzung des Bodensubstrats, das bezüglich Nährstoffgehalt und Wasserspeicherefähigkeit den Anforderungen dieses extremen Pflanzenstandortes gerecht werden muß. In der Regel sollten daher dem Bodensubstrat neben Langzeitdüngern auch wasserhaltende Substanzen zum Beispiel in Form von Torf oder Hygromull beigegeben werden". In extremen Fällen führt das dann zur Installation der sog. Tröpfchenbewässerung mit einer durch Absorptionsdruck gesteuerten intermittierenden Bewässerung der Pflanzen. Hinzu kommt weiter die Frage der Tausalzbeständigkeit der Pflanzen, die der Auswahl sehr enge Grenzen setzt, und die Forderung nach minimaler Wartung der Bepflanzung.

Dem Vorteil des geringen Grundflächenbedarfs stehen also bei den Steilwällen relativ hohe Bau- und Betriebskosten, bezogen etwa auf einen einfachen Erdwall, gegenüber. Das war Anlaß für die Entwicklung eines

Steilböschungs-System, das gegenwärtig im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie im Institut für Grundbau und Bodenmechanik der Universität Stuttgart erprobt wird. Es besteht aus Siebschutt, Kunststoff-Gewebe einfachster Art und Weidenbepflanzung und hat eine überraschend hohe Standsicherheit bewiesen. Die Weidenstecklinge sind billig, tausatzbeständig und anspruchslos, kommen auch bei Böschungsneigungen von 60° mit dem Niederschlagsangebot an Wasser in Winter und Sommer aus und brauchen nur einmal im Jahr geschnitten zu werden. Die Bilder 8, 9 und 10 zeigen die Versuchsböschung im Aufbau und im Endzustand.



Bild 8. Steilwand-sicherung, System IGB Stuttgart, im Bau



Bild 9. Zustand Frühjahr 1980



Bild 10. Zustand Herbst 1980

Sobald für die Lärmschutzmaßnahme eine noch größere Breite zur Verfügung gestellt werden kann, können die stützenden Elemente stärker entlastet, der Füllboden verstärkt zur selbsttragenden Wirkung herangezogen werden. Man kommt dann zum Fangedammprinzip, dessen verschiedene Möglichkeiten schematisch in Bild 11 zusammengestellt sind. Das gemeinsame Merkmal ist wie auch bei den Steilwällen die Rückverhängung von Stützelementen: bei beschränkter Breite gegenseitig, bei größerer Breite im hinterfüllten Boden. Die Standsicherheit ist um so günstiger, je größer die Scherfestigkeit des Füllbodens ist. Außerdem muß gewährleistet sein, daß sich keine Stauwasserdrücke im Füllboden bilden können. Die Vorläufer der neueren Verfahren sind die Fangedämme im Flachland und an der Küste bzw. die Krainer Wände in der Alpenregion.

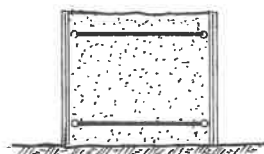
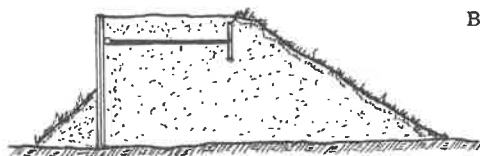


Bild 11. Schallwälle als Fangedamm-Konstruktionen:

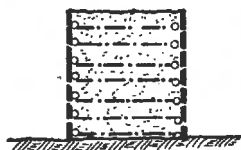
A. Klassischer Fangedamm: 2 durch Anker verbundene Spundwände, dazwischen gut durchlässiger Füllboden.



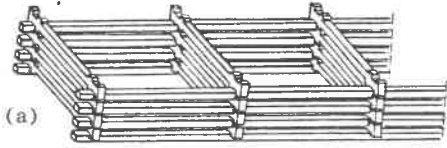
B. Fangedamm mit einseitiger Spundwand.



C. Krainer Wand oder Rippenstützmauer (s.a. Bild 12)



D. Bewehrte Erde, doppelseitig oder einseitig gestützt.



(a)

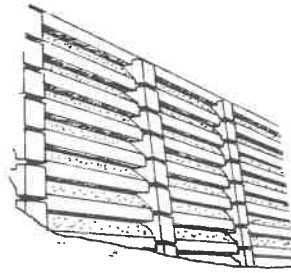


Bild 12. Krainer Wand,

(a) Bauprinzip, (b) Ansicht in der Perspektive

Die Liste in Bild 11 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es gibt natürlich auch die Möglichkeit, Stützplatten, waagerechte Riegel oder Spundwände mit Zugankern im Boden zu verhängen - der den Verfassern bekannt gewordene älteste Vorschlag dieser Art geht auf COYNE (1927) zurück, der sein in Bild 13 skizziertes System "mur à échelle" (leiterartige Mauer) nannte.*

In den letzten Jahrzehnten wurde von VIDAL** als Weiterentwicklung das Verfahren der "bewehrten Erde" in die Praxis eingeführt, Bild 14. Die Bewehrung besteht hierbei aus Blechstreifen, die auf dem Boden ausgelegt und mit Stützelementen verbunden werden. Anschließend wird jeweils eine neue Lage Füllsand geschüttet und verdichtet. Wie die Skizze in Bild 11, D andeutet, kann das Verfahren auch terrassiert angewendet werden; Ausführungsbeispiele dieser Art

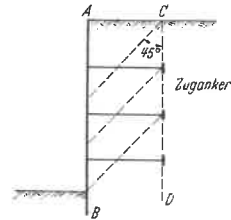
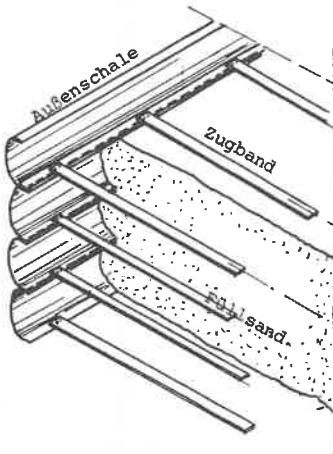


Bild 13. Rückverhängung nach COYNE (1927)

sind den Verfassern aber bisher in Deutschland nicht bekannt. Ob sich also eine Bepflanzung mit Gehölzen langfristig mit der Standsicherheit des Systems vereinbaren läßt, ist nicht ohne weiteres zu vermuten und müßte wohl erst im Großversuch erprobt werden.

Die in der Logik dieser Aufzählung nächste Stufe der Anpassung von Lärm-Barrieren an ein gegebenes Stadt-Landschaftsbild ist der Lärmschutzwall mit beiderseits freier Böschung. Das in Bild 15

Bild 14. Elemente des französischen Verfahrens der bewehrten Erde



* Siehe hierzu den Bericht von SMOLTCZYK im Bauingenieur 37, S.227-228.

** VIDAL, H. (1966): Terre armée. Annales Inst. Techn. Bâtiment Travaux Publics Paris, No.223-229, S.888-938

dargestellte Beispiel stammt aus Böblingen; der Wall wurde 1980 angelegt. Seine Höhe, die bei einer in Abhängigkeit vom Schüttmaterial gegebenen Böschungsneigung und bei gegebener verfügbarer Basisbreite praktisch festliegt, reicht hier für einen befriedigenden passiven Lärmschutz nicht aus. Man wird den Wall also durch eine aufgesetzte Lärmschutzwand erhöhen müssen, wobei der störende Anblick der Wand durch vorgesetzte Gehölze gemildert werden kann.

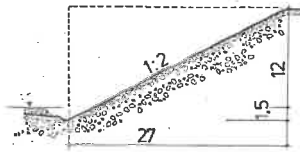


Bild 15. Lärmschutzwand in Böblingen

Ein Lärmschutz allein durch Gehölz-Pflanzungen ist in den Innenstädten gar nicht und auch in den Außenbezirken mit aufgelockerter Bebauung praktisch nicht befriedigend zu machen. Man braucht nur an die Breite der sog. Verlärmungszonen neben den Autobahnen zu denken, die auch in Waldgebieten beträchtlich ist. Insofern kommt die in Bild 2 als b3 skizzierte Lösung für die vorliegende Untersuchung nicht in Betracht.

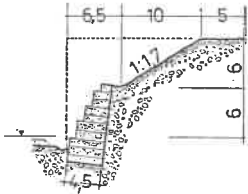
Schließlich kann im Einzelfall auch überlegt werden, ob die Verlegung einer Straße in einen Einschnitt den gewünschten Lärmschutz bringt. Das ist allenfalls in jenen seltenen Fällen denkbar, wo die Randbebauung einen ausreichend großen Abstand von der oberen Kante des Einschnitts hat. Außerdem sind der Tieferlegung im offenen, frei geböschten Einschnitt bautechnisch und planerisch sehr enge Grenzen gesetzt.

Aus diesen Gründen beschränkt sich die gegenwärtige Praxis, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf den Lärmschutz durch Wälle oder Wände, wobei flächensparende Lösungen mit steigendem Bodenpreis immer wirtschaftlicher werden. Bild 16 gibt hierzu ein Vergleichsbeispiel, das dem Erstverfasser vom Ingenieurbüro BGS, Frankfurt, im Zusammenhang mit der Untersuchung

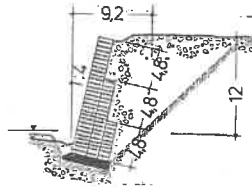


1. Freie Böschung (= 1,0 gesetzt)

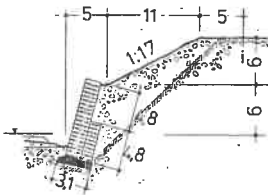
2. Schotterkörbe (1,6 - 1,3 - 0,8)



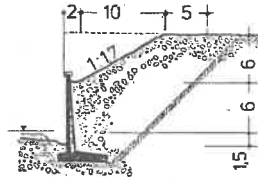
5. Krainer Wand (2,2 - 1,6 - 0,7)



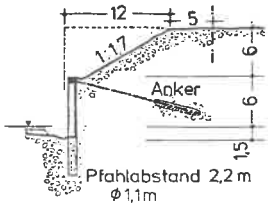
3. Krainer Wand + Böschung (1,9 - 1,4 - 0,9)



6. Stützmauer (2,3 - 1,7 - 0,8)



4. Pfahlwand + Böschung (2,0 - 1,5 - 0,8)



7. Bewehrte Erde (3,3 - 2,3 - 1,1)

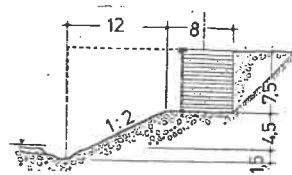


Bild 16. Konstruktive Böschungssicherungen mit Kostenvergleich (BGS Frankfurt und eigene Kalkulation)

verschiedener Arten von Einschnittböschungen in der freien Landschaft, also bei Ansatz relativ niedriger Bodenpreise, zur Verfügung gestellt wurde. Dagegen beziehen sich die in den Klammern zweiten und dritten Werte auf denselben Vergleich für den Fall, daß dem Grunderwerb ein m^2 -Preis von 100, bzw. 500 DM zugrundegelegt wird. Diese Werte können sinngemäß auch auf die Bewertung unterschiedlicher Sicherungsmaßnahmen an Lärmschutzwällen übertragen werden. Auch dort wird sich mit steigendem Preis für den Grunderwerb (den man, um dem Steuerzahler einen ungeschönten Vergleich zu geben, auch bei öffentlichem Grund zunächst einmal ansetzen muß: die in Anspruch genommene Fläche fällt aus der Nutzung heraus und muß an anderer Stelle durch Ankauf ausgeglichen werden) der Kostenabstand zwischen einem Wall mit freien Böschungen und einer Lösung mit Stützkonstruktion stark vermindern.

Was als Nachteil bleibt, ist der Zerschneidungseffekt, den jeder von seiner Umgebung abgeschottete Straßenzug behält, wenn er nicht auch noch überdeckt wird. Bild 17 zeigt die von KRELL zusammengestellten bisher diskutierten Bauarten, von denen es bisher nur für die Abdeckungs-lösungen ausgeführte Beispiele gibt. Die in Zeile f rechts skizzierte Umbauung wird gegenwärtig in Berlin

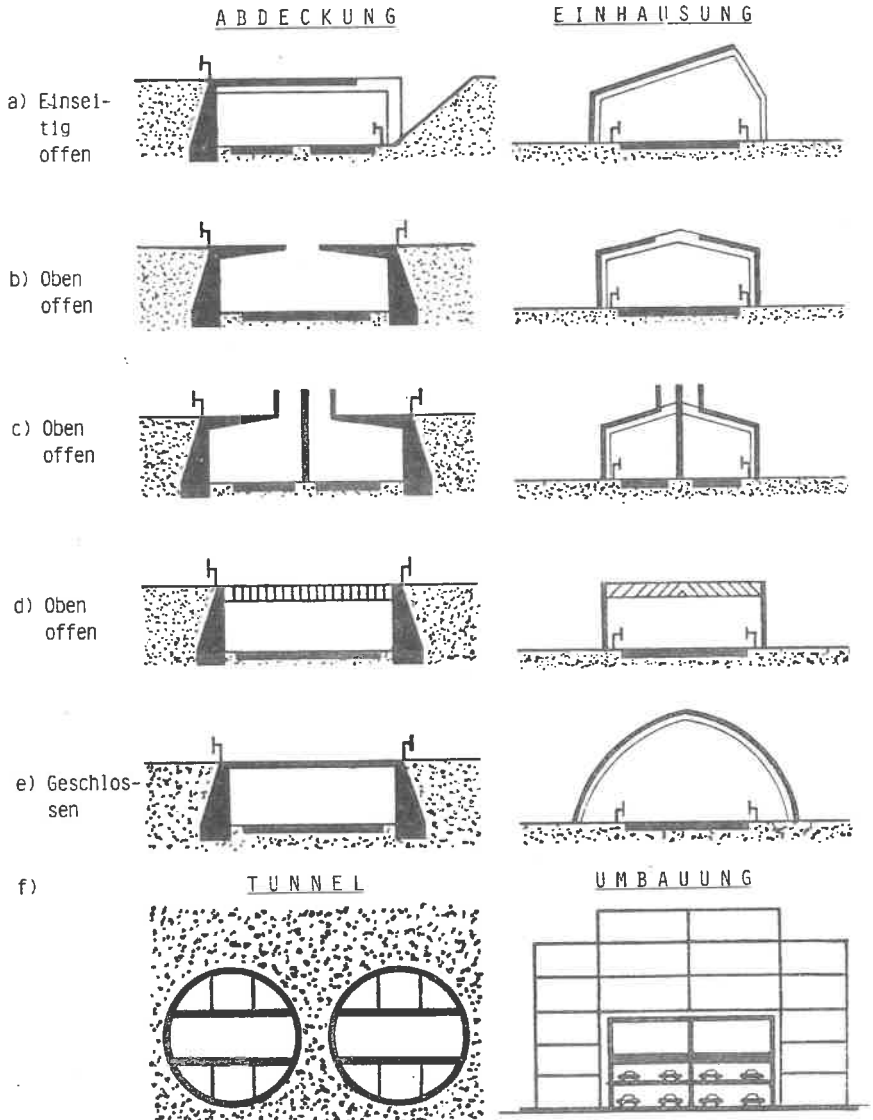


Bild 17. Ausgeführte und vorgeschlagene Abkapselungen von Straßen in Prinzipskizzen nach KRELL (Handbuch für Lärmschutz an Straßen und Schienenwegen, Darmstadt 1980)

auf einem 600 m langen Teilstück der Stadtautobahn als Demonstrativ-Bauvorhaben fertiggestellt, wobei - anders als in der Skizze in Bild 17 - das Gebäude völlig getrennt vom Straßentunnel im Boden gegründet wurde, um die Übertragung des Körperschalls zu vermeiden. Wir hatten selbst Gelegenheit festzustellen, daß das dort ausgezeichnet gelungen ist. Bild 18 zeigt den Querschnitt der Lösung in Berlin.*

Eher findet man Beispiele für die auf der linken Seite von Bild 17 gezeigten Abdeckungen: (a) häufig als Lawinengalerie über Gebirgsstraßen; (b), allerdings meist mit breiter Mittelöffnung, bei Stadtautobahnen in München, Berlin u.a.; (d) in den Rampenstrecken von Stadtautobahnen, die in ein geschlossen abgedecktes Teilstück eingeführt werden (e).

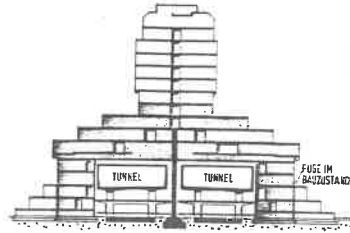


Bild 18. Querschnitt der Straßenüberbauung SAB Berlin.

Die geschlossenen Lösungen wurden bisher fast nur unter dem Zwang einer bestehenden, zu unterfahrenden Bebauung ausgeführt und beschränkten sich in ihrer Länge deswegen auf die so vorgegebenen Teilabschnitte. Erst in jüngster Zeit wird von "Umwelt-Tunneln" gesprochen, also abgedeckten Straßenführungen mit dem primären, zuweilen sogar ausschließlichen Ziel, die durch den Straßenverkehr verursachten Störungen der Umwelt auszuschalten. Bekannte Beispiele sind der 800 m lange Rheinallee-Tunnel in Düsseldorf, Bild 19 zur Schaffung einer ruhigen Uferpromenade, der 400 m

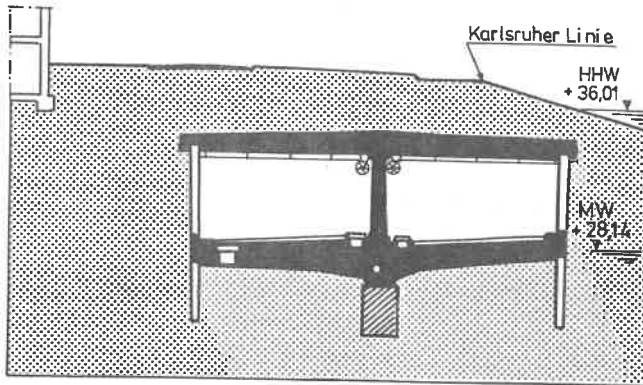


Bild 19. Querschnitt des Rheinallee-Tunnels in Düsseldorf** (1969)

* Siehe dazu z.B. FALKNER, H. (1979): Wechselwirkung Baugrund-Bauwerk bei der Überbauung SAB Berlin. GEOTECHNIK 2, S.155-161.

**Technische Berichte Philipp Holzmann AG, November 1972.

lange Planie-Durchbruch unter dem Kleinen Schloßplatz in Stuttgart (Bild 20) oder der 475 m lange Tunnel am Schwanenplatz in Stuttgart, durch den die Bundesstraße 14 ein Parkgelände unterfährt. In diesem letzteren Fall wurde das Gelände sogar künstlich aufgeschüttet, der Tunnel also zunächst auf die ursprüngliche Gelände-Oberfläche aufgesetzt.

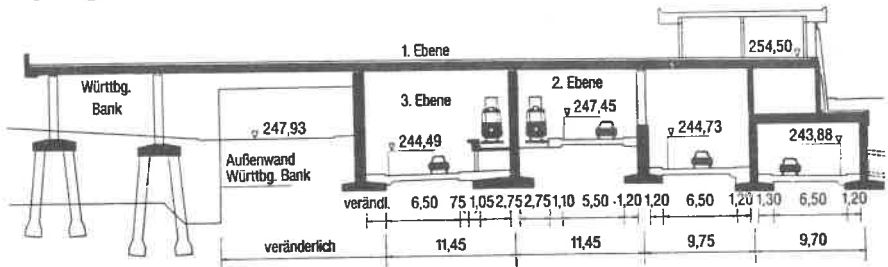


Bild 20. Querschnitt: Unterfahrung des Kleinen Schloßplatzes in Stuttgart (1969)*

Zur Zeit im Bau ist der etwa 580 m lange Tunnel für die Rheinuferstraße in Köln, Bild 21, der im Zuge der Sanierung des Altstadt-Viertels die Rheinuferstraße zwischen Deutzer Brücke und Hohenzollernbrücke auf zweimal drei Spuren verbreitert und unter die geplante Fußgängerzone (Rheingarten) verlegt. Bei der Festlegung der Tiefenlage des Tunnels wurde berücksichtigt, daß die Oberfläche bepflanzt werden soll (Fertigstellung 1982).

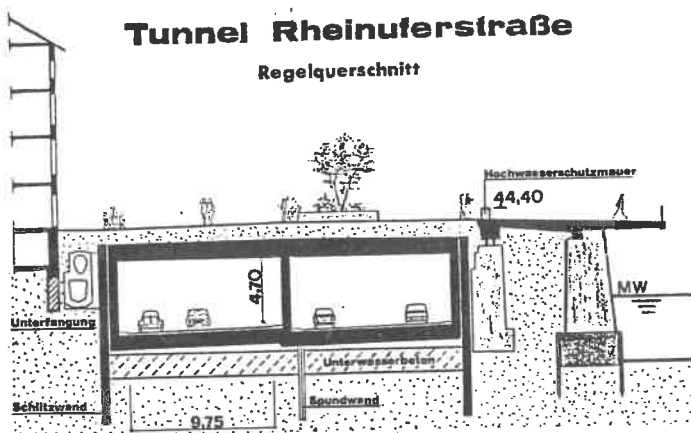


Bild 21. Querschnitt des im Bau befindlichen Umwelttunnels in Köln

* Wayss & Freytag KG (1968): Tiefbau. Monographie im Eigenverlag

Daß Umwelt-Tunneln gegenwärtig noch keine große Chance gegeben wird, liegt nicht nur an den hohen Investitions- und Betriebskosten. Ein ganz wesentlicher Punkt ist auch der innere Widerstand der Autofahrer gegen ein Fahren in langen, geschlossenen Röhren mit eingeschränkter Manövrierfähigkeit. Was bei den langen Alpentunneln in Kauf genommen wird, stößt bei Stadtstraßen auf Widerstand, weil der Tunnel naturgemäß die Kommunikation zwischen dem so kanalisierten Straßenverkehr und dem benachbarten Baugebiet ausschließt, sofern dies nicht ausdrücklich vorgesehen ist, etwa durch die Anbindung an Tiefgaragen unter Geschäfts- und Wohnhäusern. Allerdings ist die Störung innerstädtischer Nutzungs-Zusammenhänge bei Tunneln sehr viel kleiner als bei Straßen, die nur tiefelegt werden.

Weiter darf nicht übersehen werden, daß schon die Bezeichnung "Umwelt-Tunnel" die Argumentation zugunsten einer Überdeckung von Straßenzügen unnötig erschwert, weil sie dem Eindruck Vorschub leistet, hier würden ohne zwingenden wirtschaftlichen Grund erhebliche öffentliche Mittel punktuell und damit zugunsten einer zahlenmäßig sehr begrenzten Teilgruppe der Bevölkerung eingesetzt, die das Investitionsvolumen zugunsten anderer, traditionell anerkannter Zwecke einschränken könnten. Hier muß die Stadtplanung klar aufzeigen, daß die Gesamt-Betriebskosten einer Stadt um so niedriger sind, je mehr das Prinzip der kurzen Wege in allen Bereichen - Versorgung, Entsorgung, Energie, Gewerbe, Handel, Kommunikation usw. - durchgehalten werden kann. Die Verlegung frequentierter Straßenzüge in die tiefere Ebene, in einen Hang hinein oder ihre bauliche Überdeckung werden sich deswegen langfristig als die optimalen Lösungen erweisen, insbesondere wenn sie mit Einrichtungen des öffentlichen Personennahverkehrs abgestimmt und verbunden sind. Und schließlich muß auch der Schienenverkehrsweg in dieses Konzept mit einbezogen werden, nachdem in den meisten Städten - oft sogar im Zentrum wie in Stuttgart - ausgedehnte Umschlags- und Betriebseinrichtungen flächendeckend, weiträumig und das Stadtbild zerschneidend bestehen, die im Grunde genommen genauso an die Peripherie gehören wie ein großer Industriebetrieb. Als positives Beispiel sei auf Ludwigshafen verwiesen, wo durch die Verlegung des Hauptbahnhofs aus dem Zentrum 1969 der Weg für eine Neugestaltung der Innenstadt frei wurde. Auch Überbauungen von Bahnhöfen, wie sie gegenwärtig vereinzelt in der Planung sind, können interessante Alternativen zur Gewinnung von Baufläche durch Abriß von Altbauten sein.

Die gegenwärtige Situation in den Städten der Bundesrepublik Deutschland ist somit gekennzeichnet durch

- a. eine scharfe Kritik an allen Absichten, bebaubare Fläche in den Stadtzentren durch Abtragung von Wohnhäusern mit relativ preiswerten Mietwohnungen zu gewinnen;
- b. die Verwirklichung verkehrsberuhigter Zonen, die dann zwangsläufig durch hochfrequentierte Durchgangsstraßen isoliert werden;
- c. das Bemühen um eine kommunikationsfördernde, urbane Atmosphäre;
- d. die Erhaltung historischer Bausubstanz, bzw. ihre Wiederherstellung;
- e. das Erschrecken über den Preis, der für die Realisierung solcher Forderungen gezahlt werden muß;
- f. einen mindestens zehnjährigen Zeitunterschied zwischen der allgemeinen Zustimmung zu einem bestimmten Planungskonzept und dem Beginn der baulichen Realisierung;
- g. die Einsicht in die bestehende Unverträglichkeit der durch das Verkehrsaufkommen bedingten Umweltbelastung mit den Grenzwerten, die nach der neueren Gesetzgebung überhaupt zulässig sind;
- h. den Wunsch, Wohnort und Arbeitsplatz in möglichst naher Entfernung zu haben.

Lösungen werden in der Regel - vernünftigerweise - durch Städtebauwettbewerbe gesucht. Die Wettbewerbe werden von Architekturbüros wahrgenommen. Über das Ergebnis der Wettbewerbe entscheiden Gremien, die sich vornehmlich am städtebaulichen Gesamteindruck und an der aufeinander abgestimmten Erfüllung der Funktionen orientieren. Sie haben meist keine Möglichkeit, Innovationen auf ingenieurwissenschaftlichem Gebiet in ihre Überlegungen einzubeziehen, zumal sie ihnen auch kaum angeboten werden.

3. Auswahl der untersuchten Situation

Die in Bild 1 für den Stuttgarter Raum erkennbare Situation, die durch relativ steile Talhänge und schmale Talböden gekennzeichnet ist, trifft auch auf viele andere Gemeinden in Baden-Württemberg zu. Die Erschließung solcher Räume für Siedlungen konnte hier nur in sehr engen Randbedingungen erfolgen und wurde zusätzlich dadurch erschwert, daß bei vielen Hängen das bodenmechanische Gleichgewicht gestört wird, wenn sie einen Einschnitt erhalten. Geotechnisch stehen unterhalb der quartären Deckschichten aus Löß, Lehm, Hangschutt oder Flußablagerungen diagenetisch verfestigte Tone und Sande an. Während die Sandsteinlagen ziemlich unempfindlich gegenüber den Einwirkungen der Atmosphäre und des sickern oder strömenden Grundwassers sind, neigen die Tone stark zur Verwitterung und Trennflächenbildung. Insbesondere die Grenzfläche zwischen quartärer Decke und dem Grundgebirge ist der entfestigenden Durchfeuchtung ausgesetzt und stellt deswegen eine potentielle Rutschfläche dar.

Um die vergleichende Untersuchung nicht ausufern zu lassen, wurde sie auf folgende Varianten beschränkt:

1. Straßenführung in Hanglage mit 3 verschiedenen Hangneigungen β .
2. Straßenführung in der Ebene mit 3 verschiedenen Höhenlagen der Straßenebene. Dieser Fall schließt auch den des schwach geneigten Geländes mit ein.

Als Straßenart wurde entsprechend der RAST-Q eine Hauptverkehrsstraße mit zweispurigen Richtungsfahrbahnen (Breite 7,50 m, lichte Höhe $h = 4,7$ m) gewählt.

Das Baugrundprofil wurde vereinfacht, indem einheitlich Gipskeuper als Bodenformation zugrundegelegt wurde. Diese Bodenart ist regional sehr verbreitet und weist eine ziemlich breite Streuung in den Festigkeitsdaten auf, so daß sich bautechnische Überlegungen, die darauf abgestellt sind, ohne Akzentverschiebung in den Schlußfolgerungen auch auf andere Baugrundsituationen im Filderraum übertragen läßt.

Für den Gipskeuper liegen dem Institut für Grundbau und Bodenmechanik der Universität Stuttgart größere Datenmengen vor, aus denen repräsentative Ansatzwerte für die erdstatischen Berechnungen abgeleitet werden konnten.

Am klarsten ist das bei der Wichte des Materials möglich:

Wichte des Bodens im feuchten Zustand $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$.

Dagegen variiert die Scherfestigkeit, ausgedrückt durch die effektiven Scherparameter ϕ' (eff. Scherwinkel) und c' (eff. Kohäsion) je nach dem Grad der

Entfestigung des Bodens durch Verwitterung oder Durchnässung in recht weiten Grenzen. Dem wurde dadurch Rechnung getragen, daß mit einem unteren Erwartungswert $\phi' = 25^\circ$ (Bild 22) und 2 verschiedenen Werten $c' = 20 \text{ kN/m}^2$ und $c' = 50 \text{ kN/m}^2$ (Bild 23) gerechnet wurde.

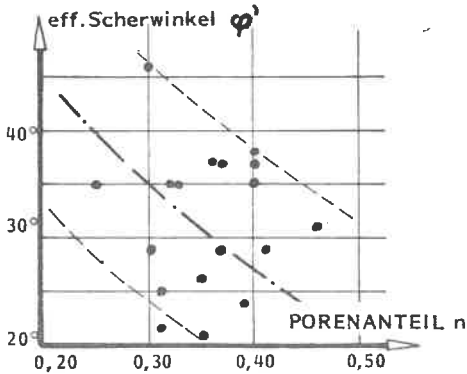


Bild 22. Streubreite des Scherwinkels beim Gipskeuper

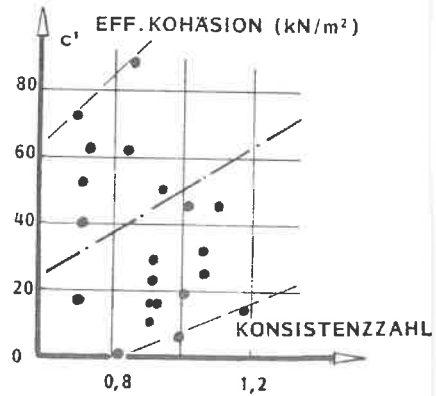


Bild 23. Streubreite der effektiven Kohäsion beim Gipskeuper

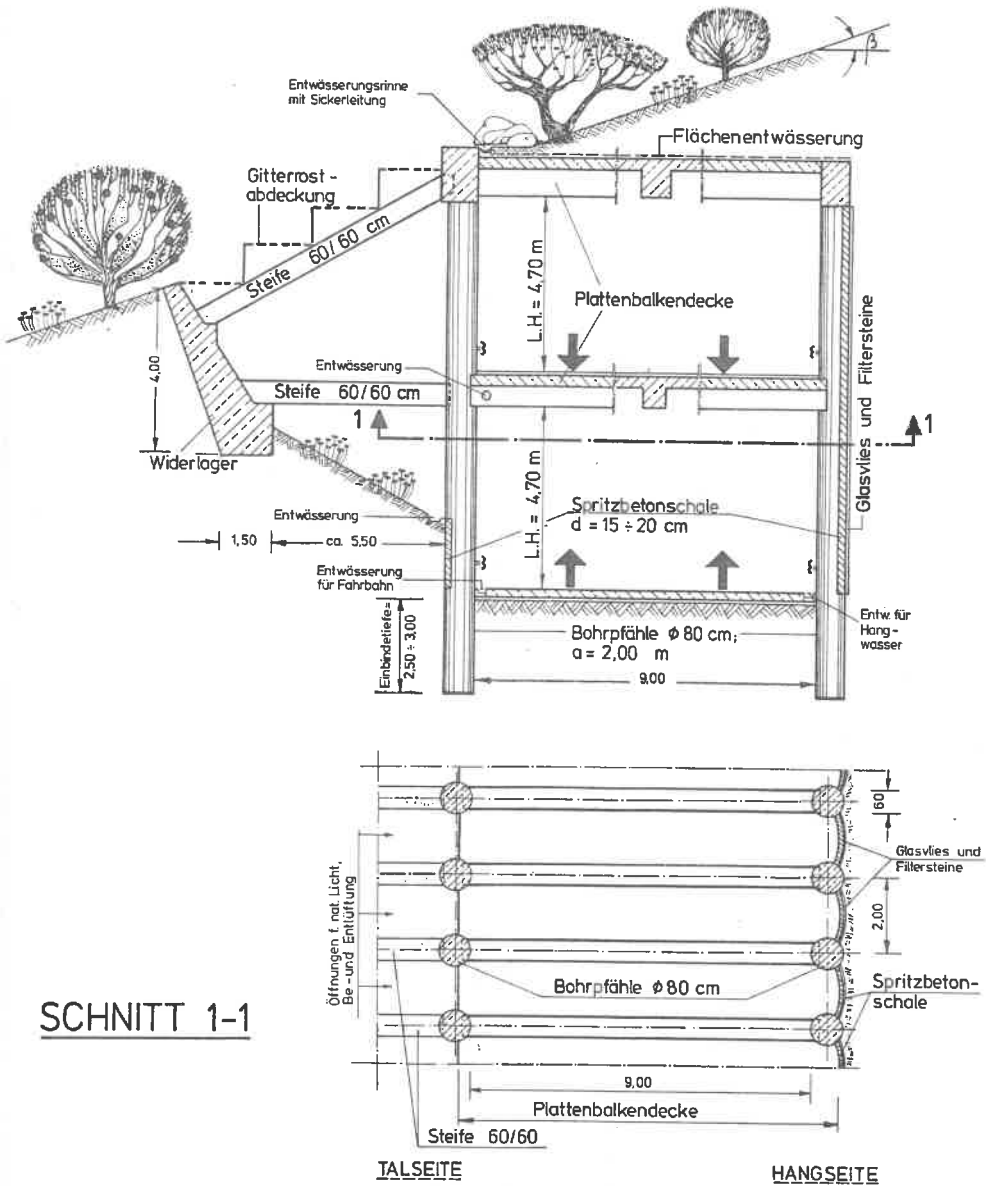
4. Straßenführung in Hanglage

Je steiler ein Hang ist, desto größer ist der Eingriff, der bei konventioneller Bauweise - teilweise im Einschnitt, teilweise im Auftrag - notwendig wird, desto größer ist auch der Erddruck, der auf der Bergseite durch Konstruktionen nach Bild 16 gehalten werden muß. Desto größer ist auch die ablaufende Wassermenge aus Niederschlägen und die Gefahr, daß die Kohäsion des Hangmaterials durch progressive Entfestigung vermindert wird. Böschungsnegung β und Kohäsion c' wirken sich also unmittelbar auf den Umfang der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen und Dränagemaßnahmen aus.

Nach Abwägung der verschiedenen Einflußfaktoren wurden folgende Varianten untersucht:

Variante	Hangneigungswinkel	Kohäsion c' (kN/m^2)
1	15°	50
2	15°	30
3	20°	50
4	12°	20
5	30°	50

Da die traditionelle Straßenführung am Hang die größte Lärmbelästigung mit sich bringt, wurde sie in unserer Studie nicht weiter hinsichtlich der Kosten-



SNITT 1-1

Bild 24. Halbtunnel in Hanglage

Wegweiser werden über der Fahrbahn zwischen den Rippen der Plattenbalkendecke befestigt, wobei eine Rippe ausgespart wird.

trächtigkeit der verschiedenen Hangsicherungsmethoden verfolgt. Auch die echte Tunnellösung wurde wegen ihrer hohen Bau- und Betriebskosten ausgeschlossen.

Bei der Suche nach einer Lösung, die die kostensenkenden Verfahren des Bauens in offener Baugrube beibehält, einen guten Lärmschutz gewährleistet, ohne zusätzliche Betriebseinrichtungen für die Belüftung auskommt, den Zerschneidungseffekt minimiert, für den Benutzer das Gefühl des Eingeschlossenseins vermeidet, den Landschaftseindruck erhält und den Flächenbedarf gegenüber der offenen Straße verringert, wurde der in Bild 24 dargestellte "Halbtunnel in zweistöckiger Bauweise" konzipiert.

Er bietet auch für die Bauausführung den großen Vorteil gegenüber einem Tunnel im Berg, daß an mehreren, nach ihrer Zugänglichkeit ausgewählten Stellen gleichzeitig mit dem Bauen begonnen werden kann, was eine Bauzeitverkürzung und damit Kostenminderung bedeutet. Auch innerhalb des Arbeitsablaufs sind verschiedene Schrittfolgen möglich, so daß auf Einwände von Anliegern sehr flexibel reagiert werden kann.

Die zunächst überraschende Anordnung der Richtungsfahrbahnen übereinander hat eine Reihe von Vorteilen, die sich sehr kostensenkend auswirken:

1. Die Halbierung der Baugrubenbreite in einem Hang führt zu deutlichen Masseneinsparungen.
2. Die Totlast auf der Tunneldecke reduziert sich auf $1/4$.
3. Man kommt mit nur zwei Bohrpfahlwänden aus.
4. Die Tragfähigkeit der Bohrpfähle in lotrechter Richtung kann sehr viel besser ausgenutzt werden.
5. Die natürliche Belüftung und Belichtung eines doppelstöckigen Tunnels ist sehr viel wirksamer, als wenn die Fahrbahnen nebeneinander lägen.
6. Die Belästigung der Umgebung durch die Baustelle ist geringer.
7. Die Finanzierung des Bauwerks beschränkt sich weitgehend auf die Baukosten, da die hohen Betriebskosten der geschlossenen Tunnellösungen entfallen.
8. Der Raum zwischen Widerlager und Pfahlwand kann für die Verlegung von Fernheizleitungen und anderen Versorgungsleitungen genutzt werden.

Dem stehen als Nachteile gegenüber:

9. Umleitungen des Verkehrs über die andere Fahrbahn sind nicht möglich.
10. In den Rampenbereichen sind besondere Ausfädelungskonstruktionen erforderlich, ebenso bei seitlichen Anschlüssen, wo die beiden Spuren der Seitenstraße getrennt werden müssen, damit sie unter 6% steigend bzw. fallend in den Halbtunnel einmünden können. Bei den durch die Hanglage gegebenen Verhältnissen ist der damit verbundene Mehraufwand relativ gering.

Insgesamt dürften die Nachteile erträglich sein.

TRAGSYSTEM

Das Tragsystem besteht aus einem Stabwerk, dessen Vertikalstäbe Bohrpfähle sind, die im Abstand von (vorläufige Annahme) 2 m stehen und durch Kopfbalken in Längsrichtung verbunden sind. Die Horizontalstäbe werden von Plattenbalkendecken gebildet, an der Sohle durch eine Beton-Bodenplatte.

Die Abtragung des Erddrucks ist wie bei Baugruben grundsätzlich sowohl durch Rückverhängen im Berg mit Hilfe von Injektionszugankern möglich wie auch durch Aussteifungen auf der Talseite. Da das Beibehalten einer seitlichen Öffnung für die Belüftung und Belichtung des Tunnels als besonders vorteilhaft und betriebskostensenkend angesehen wurde, war es naheliegend, die Abtragung mit Steifen zu bevorzugen. Die Kräfte werden von den Steifen an eine Widerlagerwand abgegeben, die auch zum Bestandteil einer angrenzenden Bebauung gemacht werden könnte. Die Ausfachung der bergseitig stehenden Bohrpfähle geschieht in bekannter Weise durch Spritzbetonschalen, wobei durch wasserleitende Vorlagen dafür zu sorgen ist, daß bergseitiges Sickerwasser zur Tunnelsohle hin ablaufen kann.

Die bergseitige Bohrpfahlwand wurde für die Aufnahme des aktiven Erddrucks und der Vertikallasten aus der oberen und der mittleren Tunneldecke bemessen. Die Pfähle haben einen Durchmesser von 80 cm und einen Achsabstand von 2,0 m. Nach den Erfahrungen, die mit Spritzbeton-Versiegelungen von Gipskeuper-Wänden gesammelt wurden, genügt eine ca. 10 cm dicke, mit Baustahlgewebe bewehrte Betonschicht. Eine zweite, innere Schale aus Stahlbeton ist gänzlich überflüssig.

Die talseitige Bohrpfahlwand nimmt die Vertikalkräfte aus beiden Tunneldecken und die Umlenkkraft aus der oberen Schrägabsteifung auf. Eine Spritzbeton-Verkleidung des angeschnittenen Bodens ist nur im unteren Bereich auf etwa 1,5 m Höhe erforderlich. Pfahlabstand und Pfahldurchmesser entsprechen den Maßen der bergseitigen Pfahlreihe.

Die obere Tunneldecke nimmt sowohl die Querkkräfte aus den Erdaufasten und den geringen Verkehrslasten (10 kN/m^2 angesetzt) wie auch die Normalkräfte aus ihrer Funktion als obere Steifenlage auf. Im Bauzustand ist diese Decke unmittelbar befahrbar und für die Lasten des SLW 30 ausgelegt. Sie wird als Plattenbalken ($b_m/b_0/d/d_0 = 2,0/0,8/0,3/1,0 \text{ m}$) in Ortbeton ausgeführt.

Funktion und Ausführung sind bei der mittleren Tunneldecke entsprechend. Die Bemessung erfolgte für den SLW 60; die Abmessungen sind $b_m/b_0/d/d_0 = 2,0/0,6/0,3/0,8 \text{ (m)}$.

Die Schrägabsteifung für die obere Tunneldecke dient gleichzeitig als Auflagerträger für die Gitterroste. Ihre Ausführung ist wahlweise in Ortbeton oder als Fertigteil möglich (Rechteckquerschnitt 60/60 cm, Abstand 2 m). Überall dort, wo es die örtlichen Verhältnisse erfordern, können die Steifen zu begehbaren Übergängen oder Brückenträgern verbreitert werden. An eine Begehbare der Gitterroste ist nicht gedacht, so daß man auch überlegen kann, die Schächte durch eine Brüstung auf der Krone des Widerlagers zu sichern und auf die Roste ganz zu verzichten. Jedenfalls muß ausgeschlossen werden können, daß sich die Gitterroste bei extremem Schneefall zusetzen und dadurch die Belüftung des Tunnels unterbrochen ist.

Die horizontale Steifenlage übernimmt die Normalkräfte aus der mittleren Tunneldecke von den talseitigen Bohrpfählen - Abmessungen wie die obere Steifenlage - und leitet sie ebenfalls in das Widerlager ein.

Das durchlaufende Widerlager soll sich auf den gewachsenen Boden abstützen, seine Höhe wurde so bemessen, daß der Erdwiderstand nach DIN 1054 zur Hälfte ausgenutzt wird. Die Resultierende aus den beiden Steifenlagen liegt bei 0,5 der Höhe.

Die Böschung im Schacht vor dem Widerlager sollte mit einer Pflanzendecke so gesichert werden, daß die Deckschicht des Bodens nicht durch Niederschläge erodiert wird. Das von der Pfalnzendecke nicht aufgenommene Niederschlagswasser wird am Böschungsfuß in einer Entwässerungsrinne gesammelt und abgeführt.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Bearbeitung der Detailpunkte der Konstruktion gelegt. Das betraf vor allem die Anschlüsse beider Tunneldecken an die Bohrpfähle. Hier wird für alle Anschlußstellen eine Lösung mit GEWI-Muffenstößen vorgeschlagen.

Beim Anschluß der oberen Tunneldecke an die talseitigen Bohrpfähle tritt wegen der Schrägabsteifung am Pfahlkopf eine Umlenk-Zugkraft auf. Beim hangseitigen Anschlußpunkt muß ein Teil der Biegebewehrung der Bohrpfähle verankert und die Querkraft als Druckkraft in die obere Decke eingeleitet werden. Da nach dem Herstellen der Bohrpfähle der Beton im Kopfbereich 50 - 80 cm tief abgebrochen werden muß, lassen sich die genannten Schraubmuffen-Verbindungen hier vorteilhaft einsetzen: die Anschlüsse werden so gelegt, daß der abzustemmende Kopfteil der Bohrpfähle unbehindert bleibt, so daß bei den Stemmarbeiten keine Rücksicht auf eine Anschlußbewehrung genommen zu werden braucht, was diese Arbeiten verbilligt.

Beim Anschluß der mittleren Tunneldecke an die Bohrpfähle muß erstens eine Auflagerfläche geschaffen und zweitens die Verankerung der Biegebewehrung der mittleren Decke gewährleistet werden. Die Auflagerfläche wird dadurch erreicht, daß ein Styropor-Formstück am Bewehrungskorb des Pfahles befestigt wird, so daß dieser Raum beim Betonieren ausgespart bleibt. Ebenfalls werden die Schraubmuffen mit ihren Verankerungsseilen in den Bewehrungskorb eingebaut. Sobald beim weiteren Bauablauf der Aushub diese Ebene erreicht, werden die Aussparungen mit den Muffen freigelegt und die Anschlußbewehrung der Decke eingeschraubt.

Die gesamte Stahlbeton-Konstruktion ist für die Betonsorte B 25 und den Baustahl BSt 420/500 bemessen. Aus einbautechnischen Gründen werden in der untersten Fahrbahnplatte Betonstahlmatten aus BSt 500/550 verwendet.

Inwieweit die untere Fahrbahnplatte eine Funktion als Steife übernehmen muß, hängt von der Konsistenz des anstehenden Gipskeupers ab.

BAUABLAUF

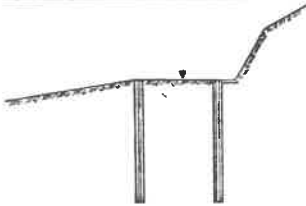
Bild 25 stellt den Arbeitsablauf dar, der sich in 5 Bauzustände aufteilen läßt. In der ersten Phase wird in Höhe der Unterfläche der obersten Tunneldecke ein Voraushub mit freier Böschung zum Hang hin hergestellt. Da das Aushubmaterial zur Wiederverwendung zwischengelagert werden muß, wird man den Bauablauf in Tunnellängsrichtung in Abschnitte aufgliedern. Das hat den weiteren Vorteil, daß der Hang niemals in voller Länge auf einmal angeschnitten zu werden braucht. Im übrigen sind die einzelnen Schritte dem Bild zu entnehmen.

Nach dem Einbau der mittleren Tunneldecke (Vorbauzustand 4) ist die erste Ausbauphase beendet, d.h. ein Teilabschnitt des Tunnels kann dann schon dem Verkehr übergeben werden, ohne daß die weiteren Ausbaurbeiten beeinflusst werden. Bei Bedarf kann in diesem Vorbauzustand die obere und die mittlere Tunneldecke gleichzeitig für den Verkehr freigegeben werden.

Da die bergseitige Pfahlreihe im Vorbauzustand 2 frei auskragend halten muß, richtet sich die Tiefe des Aushubs vor dem Erreichen des ausgesteiften Zustands 3 nach dem Böschungswinkel und der Scherfestigkeit des Hanges. Erfahrungen mit Baugruben im Gipskeuper haben indessen gezeigt, daß eine mit Spritzbeton versiegelte Erdwand zwischen Bohrpfählen oder Trägerpfählen ihre Kohäsion behält, so daß die in Bild 24 angegebenen Aushubkoten ohne zeitliche Beschränkung zulässig sind.

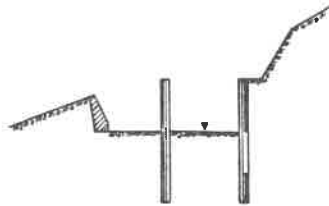
Der Aushub des 2.- 4. Bauzustands kann nicht wiederverwendet werden und muß mit LkW in Tunnellängsrichtung abgefahren werden. Da der Tunnel zweispurig bemessen ist, können die beladenen und leeren Wagen einander passieren.

Vorbauzustand 1



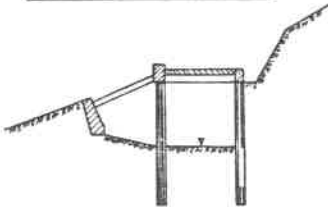
- Aushub in den Berg hinein bis Kote $\pm 0,00$
- Herstellung der Steilböschung
- Herstellung der Bohrpfähle $\varnothing 80 \text{ cm}$; $a = 2,00 \text{ m}$

Vorbauzustand 2



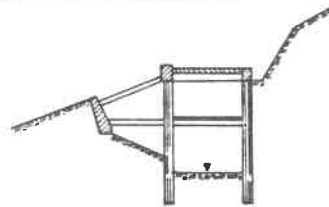
- Voraushub bis Kote
 - für $c = 50 \text{ kN/m}^2$ $-6,00 / -5,00 \text{ m}$
 - für $c = 30 \text{ kN/m}^2$ $-5,00$
 - für $c = 20 \text{ kN/m}^2$ $-4,00$
- hangseitige Bohrpfehlwand freiauskragend
- Herstellung des Widerlagers

Vorbauzustand 3



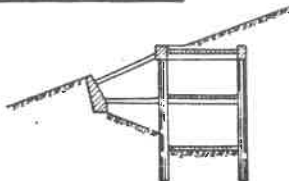
- Einbau der oberen Tunneldecke mit Steife
- weiterer Aushub bis Kote:
 - für $c = 50 \text{ kN/m}^2$ $-7,50 / -6,50 \text{ m}$
 - für $c = 30 \text{ kN/m}^2$ $-6,50$
 - für $c = 20 \text{ kN/m}^2$ $-6,00$

Vorbauzustand 4



- Einbau der mittleren Tunneldecke mit Horizontalsteife $a = 2,00 \text{ m}$.
- Vollaushub bis Baugrubensohle

ENDZUSTAND



- Hang in ursprünglicher Form wiederhergestellt
- Betonsohle $d = 20 \text{ cm}$ eingebaut

Bild 25. Arbeitsablauf beim Bau des Halbtunnels in Hanglage

LEISTUNGSVERZEICHNIS UND MASSENVERGLEICH

Das Leistungsverzeichnis für die Varianten 1 bis 5 ist wie folgt gegliedert:

- Titel 1 beschreibt sämtliche ERDARBEITEN: Voraushub, erschwerter Aus-
hub unter Tunneldecken und zwischen Bohrpfählen, Herstellung
der Böschungen und deren biologische Sicherung.
- Titel 2 enthält die HERSTELLUNG DER BOHRPFÄHLE und der Spritzbeton-
Versiegelungen einschließlich der Lieferung von Beton und Beweh-
rungsstahl und die besonderen Aufwendungen für die Deckenan-
schlüsse bei den Pfählen.
- Titel 3 BETON-UND STAHLBETONARBEITEN, umfaßt die Leistungen zur
Herstellung der Tunneldecken bzw. Fahrbahnplatten, des Widerla-
gers und der Steifen (Schalung, Bewehrung, Beton).
- Titel 4 enthält die ENTWÄSSERUNGS-UND ABDICHTUNGSARBEITEN, d.i.
die Abdichtung der oberen Tunneldecke, die Entwässerungen der
Fahrbahnen und die Sickerleitungen.
- Titel 5 enthält die AUSBAU-Positionen. Hierzu gehören die Fahrbahnbeläge,
Leitplanken, Gitterroste, Beleuchtungseinrichtungen und Dehnfugen.
- Die vergleichende wirtschaftliche Untersuchung der Kostenunterschiede zwi-
schen den 5 Varianten, beginnt mit einem Massenvergleich bei denjenigen
Leistungen, die im Leistungsverzeichnis Unterschiede aufweisen.
- Dabei brauchen die Titel 4 und 5 nicht verglichen zu werden, da ihre Massen
für alle Varianten gleich sind. Bei Titel 3 ergeben sich geringe Veränderungen
bei der Bewehrung. Dagegen können die Querschnittsabmessungen für alle
Varianten einheitlich beibehalten werden, so daß sich Betonverbrauch und
Schalungsaufwand auf diesen Vergleich nicht auswirken.
- In Tabelle 1 sind die maßgebenden Positionen zusammengestellt; die Massen be-
ziehen sich auf 1 laufenden Meter.

TABELLE 1. Massenunterschiede

Titel	Variante	1	2	3	4	5
1. Erdarbeiten	(m ³ /m)	196,0	196,0	221,0	187,0	280,9
2. Bohrpfähle:						
Leerbohrgr.	(m/m)	13,0	13,0	13,0	13,25	13,25
Beton	(m ³ /m)	6,54	6,54	6,54	6,66	6,66
Stahl	(kg/m)	477	685	544	623	782
3. Betonstahl	(kg/m)	1039	1045	1130	1033	1210

KALKULATIONSERGEBNISSE

Der Kalkulation wurde der Tarifstand vom 1.05.1980 und das Kostenniveau vom 20.01.1981 zugrundegelegt. Die nachstehend genannten Summen verstehen sich ohne Mehrwertsteuer und beziehen sich auf den laufenden Meter des Bauwerks. Wie in der Einleitung gesagt, wurde die Kalkulation mit der Unterstützung zweier erfahrener Tunnelbaufirmen aufgestellt, wobei in der Endsumme kaum Unterschiede festzustellen waren (1 - 3 %), während sich bei den Einzelleistungen relativ große Schwankungen bis zu 30% ergaben. Ursache hierfür ist die unterschiedliche Leistungsbewertung beim Erdaushub und -transport und beim Einsatz der Schalung.

In TABELLE 2 sind die Kalkulationsergebnisse für die 5 Varianten nach den einzelnen Titeln aufgeschlüsselt. Die angegebenen Werte sind jeweils das arithmetische Mittel aus den beiden Kalkulationen

TABELLE 2. Kalkulationsergebnisse in DM/lfdm.

Titel	Variante	1	2	3	4	5
1: Erdarbeiten		6.115	6.130	6.885	5.980	8.970
2: Bohrpfähle		7.280	7.740	7.430	7.680	8.100
3: Beton-u.Stahlbeton		14.340	14.355	14.570	14.325	15.955
4: Entwäss., Abdicht.		1.145	1.145	1.145	1.145	1.145
5: Ausbau		5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
Summe Titel 1 - 5:		34.655	35.145	35.805	34.905	39.945

Wenn man die Kosten in den Einzeltiteln auf die Gesamtkosten bezieht, ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Der Anteil der ERDARBEITEN liegt zwischen 17% und 23%. Wie schon erwähnt, hängen diese Kosten stark von den Transportwegen ab. Bei den angegebenen Werten wurde von einem Transportweg von etwa 10 km ausgegangen. Wenn eine Lagerungsmöglichkeit in unmittelbarer Baustellennähe vorhanden ist, reduziert sich der Anteil auf etwa 12%.

Der Kostenanteil der BOHRPFÄHLE liegt bei 20% bis 22% der Gesamtkosten. Ein Preisvergleich zwischen den Varianten 1 bis 3 einerseits und den Varianten 4 und 5 mit der um 0,5 m größeren Einbindetiefe zeigt den Einfluß des Stahlanteils (vgl. Tabelle 1, Titel 2) auf die Preisbildung. Je nach Stahlverbrauch muß daher bei Titel 2 mit Schwankungen zwischen 6% und 10% gerechnet werden.

Etwa 40% der Kosten entfallen auf die BETON- UND STAHLBETONARBEITEN. Innerhalb des Titels 3 treten bei den 5 Varianten kaum Preisunterschiede auf; die unterschiedlichen Stahlmassen (vgl. Tabelle 1, Titel 3) spielen demnach keine entscheidende Rolle. Die Mehrkosten bei Variante 5 sind durch das

aus statischen Gründen vergrößerte Widerlager zu erklären. Ein Hauptanteil dieser Kosten, nämlich etwa 40%, entfällt auf die Schalungsarbeiten. Im Fall eines wirklichen Bauvorhabens würde sich durch die Auswahl eines geeigneten und wirtschaftlichen Schalungssystems dieser Kostenanteil verringern lassen.

Für ENTWÄSSERUNGS-UND ABDICHTUNGSARBEITEN müssen in allen Fällen 3% der Gesamtkosten aufgewendet werden.

Der Anteil der AUSBAUARBEITEN liegt zwischen 15% und 17%. Wie schon weiter vor ausgeführt, muß hierbei die Gestaltung der Abdeckung im einzelnen genauer geprüft werden. Im vorliegenden Fall wurde von marktgängigen Rosten aus verzinktem Stahl ausgegangen; bei Verwendung von nichtrostendem Stahl würde sich Titel 5 noch um 36% verteuern.

Tabelle 3 stellt die relativen Kostenanteile zusammen:

TABELLE 3. Kostenanteile der Einzeltitel in %.

Titel	Variante 1	2	3	4	5
1	17,6	17,4	19,2	17,1	22,5
2	21,0	22,0	20,8	22,0	20,3
3	41,4	40,8	40,7	41,0	39,9
4	3,3	3,3	3,2	3,3	2,9
5	16,7	16,4	16,1	16,6	14,5

Die Berücksichtigung von Kosten für die Baustelleneinrichtung und die technische Bearbeitung ist ohne Bezug auf ein konkretes Bauvorhaben sehr unsicher.

Auf die Baustelleneinrichtung wirken sich

- die Größe des Bauvorhabens,
- die Bauzeit,
- die örtlichen Verhältnisse (verfügbare Flächen und Fahrwege usw.),
- die Betriebsstruktur des Auftragnehmers

aus. Wenn das Baulos eine Länge von 500 bis 1000 m hat und im Umkreis von etwa 20 km zu den Firmenlagerplätzen liegt, wenn außerdem an der Baustelle gute Zufahrts- und Lagermöglichkeiten vorhanden sind, kann mit einem Kostenaufschlag von 6% bis 7% auf die Gesamtsumme für die Baustelleneinrichtung gerechnet werden. Für die technische Bearbeitung können 2,5 % angesetzt werden. Damit ergeben sich für die Varianten folgende Netto-Baukosten:

1	2	3	4	5	
37.775	38.310	39.030	38.050	43.540	DM/lfdm.

5. STRASSENFÜHRUNG IN DER EBENE

Die zweite Geländeform, die neben der Hanglage untersucht werden muß, ist die ebene oder leicht geneigte Oberfläche. Um auch hier die Vorteile zu erzielen, die eine Tunnellösung in Hinblick auf die Umweltschonung zweifellos bietet, müssen Lösungen gefunden werden, die bei geringeren Investitions- und Betriebskosten diese Vorteile nicht nur behalten, sondern möglichst sogar noch übertreffen.

Die Baukosten lassen sich dadurch herabsetzen, daß die Bauzeit verkürzt und die Konstruktion durch Verringerung der äußeren Lasten leichter gehalten werden kann. Das legt den Einsatz von Fertigteilen nahe. Gleichzeitig ist anzustreben, tote Lasten über der Tunneldecke weitgehend zu vermeiden und die Verkehrslasten klein zu halten.

Bei den Betriebskosten ergeben sich wie in Abschnitt 4 dann Verbilligungen, wenn eine natürliche Belichtung und Belüftung erreicht werden kann. Das wird dadurch ermöglicht, daß die Tunneldecke in Längsrichtung durchlaufende Öffnungen erhält, die außerdem so angeordnet werden müssen, daß ein optimaler Lärmschutz erzielt wird. Dieses Problem war Gegenstand eines Forschungsvorhabens, das die ED.ZÜBLIN AG in den letzten Jahren im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie ausführte. Das Ergebnis war die Entwicklung schallabsorbierender, jalousieartiger Elemente, die in den Öffnungen so angebracht werden sollen, daß ein von der Fahrbahn ausgehender Schallstrahl erst nach zweifacher Reflexion aus der Abdeckung heraustreten kann. Man erhält damit einen Tunnel, der zwar die Lärmschutzwirkung eines vollständig geschlossenen Querschnitts nicht ganz erreicht, dafür aber Vorteile für die Betriebskosten und für die Abgas-Emission bietet, weil die Schadstoffe wie bei offenen Straßen auf der ganzen Straßenlänge abgeführt werden und nicht konzentriert durch Portale oder Lüfterbauwerke.

Nachdem die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit vorliegen und für diese Studie zur Verfügung gestellt wurden, wird den weiteren konstruktiven Überlegungen diese "Lärmschutz-Lamelle" als Bauelement zugrundegelegt. Im übrigen gibt es verschiedene Höhenlagen, in denen eine Straße überdeckt werden kann, die durch ebenes Gelände verläuft (Bild 26):

1. die Troglage, bei der die Straße in die tiefere Ebene verlegt wird;
2. die ebenerdige Lage, bei der die Straße ihr Niveau behält und überbaut wird (entsprechend dem 2aufgesetzten Tunnel" bei Tunnellösungen), und
3. die Halbtieflage, d.h. ein Kompromiß zwischen 1 und 2.

Die in Bild 26 in Prinzipskizzen dargestellten drei Varianten stellen Alternativen zur konventionellen Bauweise des "Tunnels in offener Baugrube" dar, bei dem ein geschlossener Rahmen gebaut wird. Die Varianten werden im folgenden statisch und kalkulatorisch untersucht, wobei die bodenmechanischen Kennwerte und der Straßenquerschnitt aus Abschnitt 3 übernommen werden. Allerdings darf in dem aufgefüllten Boden keine Kohäsion in Ansatz gebracht werden.

Ein wichtiger Gesichtspunkt für die wirtschaftliche Gesamtbewertung solcher Lösungen ist die Nutzung der Ebene über der Straße. Bei unserer Berechnung gingen wir von der Alternative aus, daß die Tunneldecke entweder unmittelbar mit Fahrzeugen der Regelklasse 30 befahren werden soll (Parkplatz) oder daß sie mit 80 cm Boden überschüttet und mit einer Verkehrslast von 5 kN/m^2 belastet werden soll. Damit sind praktisch alle bei öffentlichen Plätzen denkbaren Nutzungsarten abgedeckt, auch leichte, eingeschossige Bauten für gewerbliche Zwecke (z.B. Verkaufskioske, Pavillons), und es ist auch eine Bepflanzung möglich.

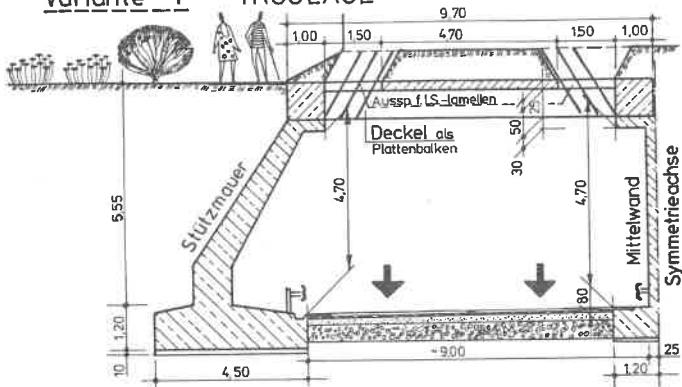
KONSTRUKTION

Der Querschnitt wurde so konstruiert, daß er allen denkbaren Varianten gerecht wird und sowohl bei neu zu bauenden Straßen als auch bei bestehenden anwendbar ist. Auf die Einzelheiten der nachträglichen Geländegestaltung braucht im Rahmen dieser Untersuchung nicht eingegangen zu werden. Ob man beispielsweise bei Variante 2 die Böschungen tatsächlich so abtreppt, wie das in Bild 26 schematisch dargestellt ist, oder einen stetigen Böschungsverlauf bevorzugt, ändert am Untersuchungsergebnis nichts.

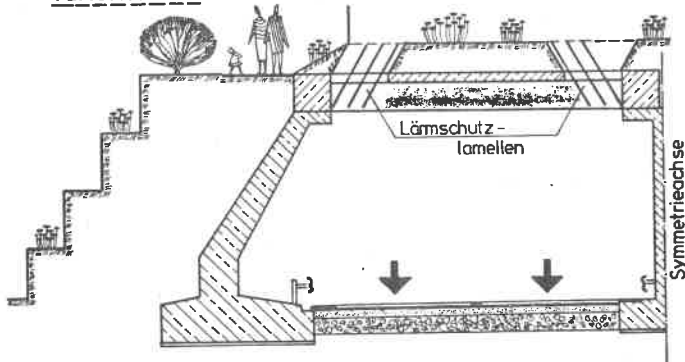
Die Bauelemente sind:

- a. Stahlbeton-Stützmauern in abgewinkelter Form, die die Lasten aus der Tunneldecke und aus dem Erddruck aufzunehmen und über ihr Streifenfundament in den Untergrund abzuleiten haben. Durch ihre Formgebung wird die Spannweite der Decken-Elemente verringert und der Flächenbedarf des Bauwerks nach oben hin minimalisiert.
- b. Die Mittelstütze wird man als Reihe von Säulen, durch Leitplanken gesichert, bauen. Da die Details dieses Bauteils sich auf die Gesamtkosten nur wenig auswirken, wurde hier der Einfachheit halber vorläufig mit einer durchlaufenden Stahlbetonwand auf einem Streifenfundament gerechnet.
- c. Auf die Mittelwand und die Außenwände werden die Deckenelemente in Form von Stahlbeton-Fertigteilen aufgesetzt. Sie sind in Feldmitte als Plattenbal-

Variante 1: TROGLAGE



Variante 2: EBENERDIG mit STEILBÖSCHUNG



Variante 3: HALBTIEFLAGE

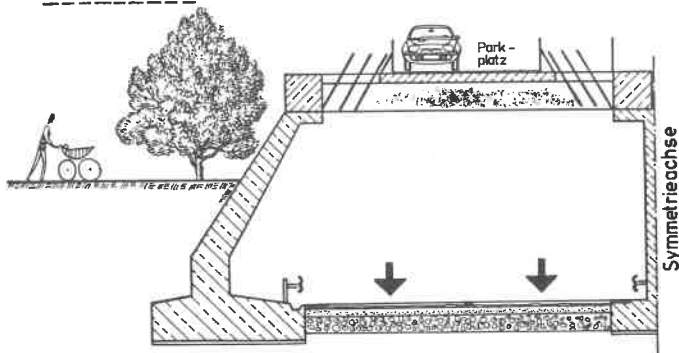


Bild 26. Varianten zur Überdeckung einer Straße in ebenem Gelände

ken ($b_m/b_0/d/d_0 = 2,0/0,5/0,25/0,75$) ausgebildet. Die Platte ist an beiden Auflagern auf etwa 1,5 m Länge ausgespart. In die Aussparungen werden die Lärmschutz-Lamellen eingelegt.

- d. als Fahrbahnaufbau wurde eine 3-schichtige Fahrbahndecke aus Frostschuttschicht, bituminöser Tragschicht und bituminöser Deckschicht mit einer Gesamtdicke von 80 cm zugrundegelegt.

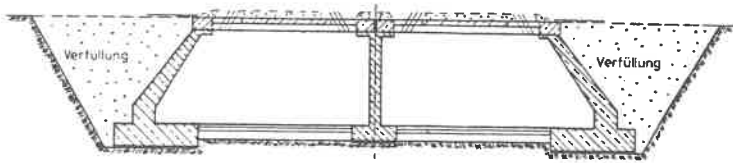
Alle Stahlbeton-Bauteile bestehen aus B 25 und sind mit Baustahl BSt 420/500 bewehrt.

LEISTUNGSVERZEICHNIS UND MASSENVERGLEICH

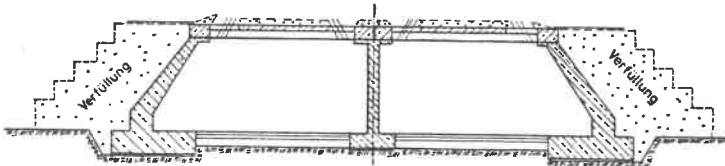
Das Leistungsverzeichnis umfaßt folgende Titel:

Titel 1 enthält alle ERDARBEITEN bei Aushub und Auffüllung, sowie die Herstellung der Fahrbahn. Da die 3 untersuchten Varianten sich in den Erdmassen sehr unterscheiden, ist hier ein Preisvergleich interessant, siehe Bild 27.

Variante 1 (210 m³/m Aushub, 54 m³/m Verfüllung)



Variante 2 (27 m³/m Aushub, 49 m³/m Verfüllung)



Variante 3 (130 m³/m Aushub, 19 m³/m Verfüllung)

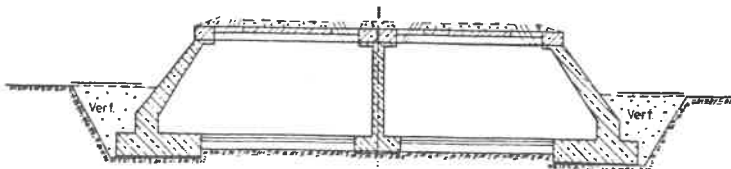


Bild 27. Vergleich der Erdarbeiten bei den untersuchten Varianten
(- - - - - Grenze Vollaushub, - - - - - Grenze Verfüllung)

Titel 2 enthält die BETON-UND STAHLBETONARBEITEN, d.h. die Stützmauern mit Fundamenten, die Mittelwand mit Fundament und die Deckel-Elemente. Die Querschnittsabmessungen sind bei allen Varianten gleich. Der Stahl-Auszug weist wegen des großen Einflusses der Deckel-Auflagerkraft kaum merkbare Unterschiede auf. Erdauflast und Erddruck spielen also bei dieser Form der Winkelstützmauer keine große Rolle. Interessant ist hier aber ein Preisvergleich zwischen dem Lärmschutz-Deckel und der gesamten Unterkonstruktion (s.u.).

Titel 3 umfaßt die ENTWÄSSERUNGS- UND ABDICHTUNGSARBEITEN, d.h. die Abdichtung für die Deckelplatte und die Stützmauern, die Sickerleitungen und die Fahrbahntwässerung.

Titel 4 erfaßt die AUSBAUARBEITEN, d.h. die Leitplanken und die Nachtbeleuchtung.

KALKULATIONSERGEBNISSE

Die Kalkulationsgrundlagen sind hier dieselben wie bei der Hanglösung in Abschnitt 4. Wenn man die Ergebnisse beider Firmen vergleicht, ergibt sich bei den Varianten 1 und 3 in der Endsumme ein Preisunterschied von 11%, bei der Variante 2 ein Unterschied von 22%. Die größten Abweichungen ergaben sich bei Titel 2, wo vor allem bei den Schalungsarbeiten von unterschiedlichen Einheitspreisen ausgegangen wurde. Bei der Variante 2 kommt hinzu, daß bei den Erdarbeiten unterschiedliche Ansätze für die Aushub- und Verfüllarbeiten gemacht wurden.

Die Ergebnisse sind in TABELLE 4 zusammengefaßt; sie beziehen sich auf den Gesamtquerschnitt mit 2 Richtungsfahrbahnen. Angegeben wird auch hier wieder das arithmetische Mittel der Werte aus den beiden Kalkulationen, so daß in den Werten für die Varianten 1 und 3 Preisunterschiede von $\pm 5\%$, bei Variante 2 von $\pm 11\%$ enthalten sind. Im übrigen beziehen sich die Werte auf den laufenden Meter Bauwerk und auf die Lösung mit einer 80 cm hohen Erdaufschüttung über dem Deckel.

TABELLE 4 Kalkulationsergebnisse in DM/lfdm.

Titel	Variante 1	2	3
1	9.377	5.644	6.645
2	22.306	22.306	21.830
3	1.400	1.400	1.400
4	1.120	1.120	1.120
Summe Titel 1 - 4:	34.203	30.470	30.995

Wenn man die Kosten der Einzeltitel ins Verhältnis setzt zu den Gesamtkosten, erhält man folgende Kostenanteile:

- Je nach Art und Umfang der ERDARBEITEN beträgt ihr Anteil zwischen 19% und 28%. Wenn die Deckelfläche für den Verkehr genutzt werden soll, beispielsweise als Parkplatz, ergeben sich im Titel 1 Mehrkosten von 480 DM/m. Wenn die Konstruktion bei bereits bestehenden Straßen angewendet wird, entfallen die Straßenbauarbeiten, und die Kosten verringern sich um rund 2.950 DM/m.
- Der Hauptanteil an den Gesamtkosten, nämlich 65% bis 77%, entfällt auf die BETON- UND STAHLBETONARBEITEN. Auch hier spielen die Schalungsarbeiten, vor allem bei der abgewinkelten Stützmauer, die entscheidende Rolle. Als wirtschaftliches Schalungssystem bietet sich hier, je nach der Länge des Bauloses, der Einsatz eines oder mehrerer Schalwagen an, wodurch sich der Kostenanteil der Stützmauern noch wesentlich verringern läßt. Die Kosten dieses Titels teilen sich folgendermaßen auf:

Lärmschutzdeckel	39%
Stützmauer	51%
Mittelwand	10%.

Die Abdeckung einer vorhandenen Straße in der Troglage würde demnach, falls die entsprechenden Auflagermöglichkeiten auf bestehenden seitlichen Stützwänden vorhanden sind und auf die Seitenstreifen verzichtet werden könnte, einschließlich der Entwässerungsarbeiten etwa 9.500 DM/m kosten.

- 4% bis 5% der Kosten entfallen auf die ENTWÄSSERUNGS- UND ABDICHTUNGSARBEITEN. In ihrer Größenordnung entsprechen diese Werte denen bei der Hanglösung.
- der Anteil der AUSBAUARBEITEN liegt zwischen 3% und 4%.

TABELLE 5 stellt diese Kostenanteile für die 3 Varianten zusammen: (in %)

Titel	Variante 1	2	3
1 (Erdarbeiten)	27,4	18,5	21,4
2 (Beton-u.Stb.)	65,2	73,2	70,4
3 (Entwäss., Abdicht.)	4,1	4,6	4,5
4 (Ausbau)	3,3	3,7	3,6

Wenn man wie in Abschnitt 4 die Zuschläge für die Baustelleneinrichtung und die technische Bearbeitung macht, ergeben sich für die 3 Varianten folgende Netto-Baukosten:

1	2	3	
37.285	33.215	33.785	DM/lfdm.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

In einem Forschungsbericht stellt die "Studiengesellschaft für Unterirdische Verkehrsanlagen" (STUVA) 1980 fest*, daß der Anteil der Straßentunnel, der im Zeitraum 1975 - 1979 nur 6,5 % der insgesamt gebauten Tunnel ausmachte, in dem folgenden Jahrzehnt auf 20 % ansteigen werde. Im übrigen sei es sehr schwer, den Bedarf an Straßentunneln vorzuschätzen, da noch nicht klar sei, in welchem Umfang die Öffentlichkeit bereit sei, den Preis für den Tunnel als Umwelt-Entlastung zu zahlen. Man gehe aber davon aus, daß Straßentunnel auch weiterhin nur punktuell gebaut würden - also zur Beseitigung örtlicher Zwangssituationen bei sich überschneidenden Interessenlagen -, während es beim Eisenbahnbau heute schon so ist, daß der Bau auch längerer Tunnelabschnitte die einzige Chance für die Realisierung einer neuen Strecke bietet.

Es ist auch nicht zu verkennen, daß sich die Verkehrsart der schienengebundenen Bahn sehr viel besser mit Tunnelösungen vereinbaren läßt als der nur sehr bedingt leistungsfähige Kraftfahrzeugverkehr: die Straße lebt als Teil einer engmaschigen Netzstruktur, die einem Benutzer weitgehend die Freiheit der Entscheidung über Richtung, Ziel und Unterbrechung seiner Fahrt ermöglicht.

Wenn man, wie in dieser Studie, darüber nachdenkt, welche Möglichkeiten es überhaupt geben kann, Straßenzüge zu "überdecken", wird man sich auf Situationen konzentrieren, wo der Anteil des Durchgangsverkehrs an der Belastung eines Straßenzuges deutlich überwiegt. Die natürliche Geländeform in Baden-Württemberg erzwingt vielerorts die Belastung der Hauptstraße eines Ortes mit dem überörtlichen Verkehr. Umgehungsstraßen wären ein Ausweg, haben aber den Nachteil, daß sie wegen der Tal-Lage der hauptsächlich betroffenen Orte weiträumig durch die Landschaft geführt werden müssen und einen kaum noch vertretbaren Flächenbedarf nach sich ziehen. Gerade für diese regional typischen Fälle soll die Studie die Alternative aufzeigen, den Durchgangsverkehr im Kerngebiet vom Ortsverkehr abzutrennen, indem er in die Tief- oder Hanglage verwiesen und nur an wenigen ausgewählten Knotenpunkten mit dem Ortsverkehr verknüpft wird.

Die Studie hat gezeigt, daß die in der öffentlichen Diskussion verwendeten Richtzahlen für die Kosten eines laufenden Meters Tunnel für dieses spezielle Problem nicht unreflektiert übernommen werden dürfen, weil es aus der Sicht des Grundbauingenieurs Zwischenlösungen zwischen der offenen und der Tunneltrasse gibt (vermutlich sind die hier entwickelten auch gar nicht die einzigen denkbaren Alternativen), die überdies in einem zeitlich ge-

*STUVA (1979): Tunnelbedarfsvorhersage zur Abschätzung der Möglichkeiten einer Verbesserung der Tunnelbauverfahren in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. STUVA Forschungsbericht 13/80, Eigenverlag STUVA, Köln.

streckten Prozeß der Verwirklichung schrittweise in die Tat umgesetzt werden können, so daß die betroffene Bevölkerung mitverfolgen kann, wie die letztlich von ihr selbst geschaffenen Verkehrsbelastungen stetig bekämpft und allmählich unter Kontrolle gebracht werden.

Wenn man davon ausgeht, daß eine vierspurige Straße im Freien, ohne besondere Erschwernisse und Zusatzaßnahmen beispielsweise für den Emissionsschutz, heute mindestens 6.000 DM/m kostet, die gleiche Trasse im Tunnel dagegen etwa 90.000 DM/m, Betriebskosten nicht gerechnet, dann liegen die von uns erarbeiteten Lösungen im unteren Drittel des weiten Kostenrahmens zwischen diesen Eckdaten. Die untere Kostengrenze steigt übrigens auch für die freie Straße erheblich an, wenn auch nur einfache Schallschutzwände gebaut werden müssen - von den Betriebskosten der Straße im Winterbetrieb einmal ganz abgesehen. Eine realistische Kostenvergleichs-Schätzung käme also vermutlich auf die Relation "Straße:Halbtunnel:Tunnel = 1:4:9".

Hier ist also noch viel Raum für kreative Ingenieurlösungen, und man sollte sich bei den ausschreibenden Stellen in Zukunft mehr als bisher dazu entschließen, auch beim Verkehrswegebau projektbezogene Planungsbüros einzusetzen. Wenn man in der o.g.STUVA-Untersuchung liest, daß zwar 70 - 75 % der Ausschreibungen Sondervorschläge zulassen, daß aber der Ideenwettbewerb in jedem Fall ausgeschlossen wird, dann ist das zwar angesichts des komplizierten Planungsablaufs bei Verkehrsbauten verständlich, sollte aber nicht hindern, die positiven Möglichkeiten der Ideenwettbewerbe auch in diese Art der Ingenieurtätigkeit hineinzunehmen, selbst wenn der traditionelle Ideenwettbewerb hier nicht am Platze ist. Man sollte sich daran erinnern, daß nach dem Kriege in der Anfangsphase des U-Bahn-Baus in Großstädten wie Hamburg und Frankfurt gemeinsam mit der Bauindustrie Planungsgruppen eingesetzt wurden, die gerade in der Phase vor der Planfeststellung schon Varianten von der Verkehrsplanung bis hin zur technischen Detailplanung und Kostenermittlung durcharbeiteten. Teilweise bestehen solche Gruppen auch heute noch, beispielsweise für den U-Bahn-Bau in Bonn. - Dagegen besteht bei der nach Ressorts gegliederten Planung die Gefahr, daß Optimierungen immer nur im Rahmen des jeweils eigenen Geschäftsbereichs versucht werden.

Unser letztes Bild 28 möge als Beispiel für die Sackgasse dienen, in die die Diskussion des Problems in der Öffentlichkeit inzwischen geraten ist. Das Argumentieren mit globalen Daten führt sofort zu Konfrontationen, weil beide Kontrahenten keine Möglichkeit haben, davon kraft einer differenzierteren Betrachtung der Planungs- und Konstruktionselemente daran Änderungen ad hoc vorzunehmen.

Die Bildung einer Planungsgruppe nach dem o.g. Muster dürfte daher auch für die weitere Untersuchung der Möglichkeiten einer Straßenführung in

Schorndorfs Gemeinderat beriet Alternativen, doch:

Hangtrasse der B 29 bleibt

Lieber zwei kurze Tunnels als ein langer in der Ortsumgebung

Von unserem Redaktionsmitglied Dietmar Rothwange

SCHORNDORF – Obwohl bereits ein Beschluß des Gemeinderats vorliegt, ist die Trasse, auf der Schorndorf von der Bundesstraße 29 umgangen werden soll, umstritten.

Im Verlauf des Ausbaues des Bundesstraße 29 zwischen Weinstadt (Rems-Murr-Kreis) und Schwäbisch Gmünd (Ostalbkreis) muß Schorndorf nach Ansicht des Regierungspräsidiums im Norden umgangen werden. Der Neubau soll dabei durch zwei Tunnels von 240 Metern und 200 Metern Länge sowie über eine 830 Meter lange Brücke führen. Im Dezember 1978 stimmte der Gemeinderat dieser sogenannten „Hangtrasse“ zu. Von Bürgerinitiativen wird allerdings eine Alternative angeboten, die „Bestandstraße“. Dort soll unter der alten B 29 die neue Straße in Tunnels mit 2,4 Kilometer Länge verlaufen. Außerdem sollte die Straße nicht vier-, sondern höchstens dreispurig werden.

Die Kosten für seine Trasse werden vom Regierungspräsidenten mit 112 Millionen Mark angegeben, die Alternative würde jedoch 150 Millionen Mark und höhere Betriebskosten erfordern. Das wiederum bezweifelte dieser Tage, als die Umgehung vom Schorndorfer Gemeinderat erneut beraten wurde, Karl Kuhnemann vom Ingenieurbüro für Tunnel- und Felsbau in

Karlsruhe. Im Auftrag des Vereins für umweltgerechte Straßenplanung und Stadtentwicklung Schorndorf hat es ein Gutachten vorgelegt, demzufolge ein Tunnel unter der alten B 29 kaum Probleme schaffe.

Hans Wörner, ein Arzt, der sich für die „Hangtrasse“ stark macht, wies darauf hin, daß bei jener nur sechs Häuser betroffen wären, bei der „Bestandstraße“ indessen rund 2200 Bürger, die zudem unter den Abgasen aus dem Tunnel zu leiden hätten. Gegen die „Hangtrasse“ sprach Rudolf Endress, Vorsitzender des Vereins für umweltgerechte Straßenplanung und Stadtentwicklung, denn dort würden 750 Meter Lärmschutzwälle „wie eine offene Wunde eiternd in der Mitte mit Beton verschmiert“ wirken. Hans-Joachim Aderhold von der Aktionsgemeinschaft umweltgerechte Verkehrsplanung fragt sich, ob überhaupt ein autobahnähnlicher Ausbau der B 29 notwendig ist. Für ihn reichen dazu die täglich gezählten 16 000 Fahrzeuge nicht aus.

Dieser Zahl widersprach Lothar Knecht, Leiter der Abteilung Straßenbau im Regierungspräsidium Stuttgart („Ich fahre nicht Auto“). Für 1990 sei ein tägliches Verkehrsaufkommen von 28 000 Fahrzeugen errechnet worden, heute seien es 23 000. „Ehrlichen Herzens“ versicherte Knecht, niemand wolle Schorndorf eine Linienführung aufdrängen. Die „Hangtrasse“ sei wegen der fortgeschrittenen Planung eher zu realisieren als die „Bestandstraße“. Der Gemeinderat beließ es bei der Anhörung. Sein Beschluß von 1978 bleibt bestehen. Oberbürgermeister Rudolf Bayler meinte: „Es bleibt die Entscheidung jedes einzelnen Gemeinderats, zu überlegen, welche Trasse mehr Verwaltungsgerichtsprozesse bekommt.“

Bild 28. Beispiel für einen Pressebericht über die öffentliche Diskussion einer Straßentrasse

der tiefen Ebene oder im Halbtunnel zweckmäßig sein. So konnten z.B. in dem vorgegebenen zeitlichen Rahmen bisher noch nicht Bauweisen unter Verwendung profilierter Stahlbleche untersucht und eine Reihe von erdstatischen Sonderfragen geklärt werden, die für eine Optimierung der vorgeschlagenen Systeme bedeutsam sein können.

Der nächste Schritt kann daher das Aufsuchen einer konkreten Planungssituation sein, die es dann auch erlauben würde, die mittelbaren Kostenvorteile zu quantifizieren, bei denen gegenwärtig noch die größten Unsicherheiten in der Bewertung bestehen.

Stuttgart, den 28.02.1981



(Prof. Dr.-Ing. Ulrich Smoltczyk)

MITTEILUNGEN DES BAUGRUNDINSTITUTS STUTTGART

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. U. Smoltczyk

- Nr. 1 Thamm, B. (1974) Anfangssetzungen und Anfangsporenwasserüberdrücke eines normalverdichteten wassergesättigten Tones
Preis: DM 10,--
- Nr. 2 Gußmann, P. (1975) Einheitliche Berechnung von Grundbruch und Böschungsbruch
Preis: DM 5,--
- Nr. 3 Feeser, V. (1975) Die Bedeutung des Kalziumkarbonats für die bodenphysikalischen Eigenschaften von Löß
Preis: DM 10,--
- Nr. 4 Du Thinh, K. (1976) Standsicherheit von Böschungen: Programm-Dokumentation
Preis einschließlich Quellenprogramm: DM 200,--
- Nr. 5 Smoltczyk, U. (1976) Messungen an Schleusen in der UdSSR
Pertschi, O./ Hilmer, K. Schleusenorm der UdSSR (SN 303-65)
Preis: DM 18,--
- Nr. 6 Hilmer, K. (1976) Erddruck auf Schleusenkammerwände
Preis: DM 18,--
- Nr. 7 Laumans, Q. (1977) Verhalten einer ebenen, in Sand eingespannten Wand bei nichtlinearen Stoffeigenschaften des Bodens
Preis: DM 18,--
- Nr. 8 Lächler, W. (1977) Beitrag zum Problem der Teilflächenpressung bei Beton am Beispiel der Pfahlkopfanschlüsse
Preis: DM 15,--
- Nr. 9 Spotka, H. (1977) Einfluß der Bodenverdichtung mittels Oberflächen-Rüttelgeräten auf den Erddruck einer Stützwand bei Sand
Preis: DM 15,--
- Nr. 10 Schad, H. (1979) Nichtlineare Stoffgleichungen für Böden und ihre Verwendung bei der numerischen Analyse von Grundbauaufgaben
Preis: DM 20,--
- Nr. 11 Ulrich, G. (1980) Verschiebungs- und kraftgesteuerte Plattendruckversuche auf konsolidierenden Böden
Gußmann, P. (1980) Zum Modellgesetz der Konsolidation
Preis: DM 20,--
- Nr. 12 Salden, D. (1980) Der Einfluß der Sohlenform auf die Traglast von Fundamenten
Preis: DM 25,--
- Nr. 13 Seeger, H. (1980) Beitrag zur Ermittlung des horizontalen Bettungsmoduls von Böden durch Seitendruckversuche im Bohrloch
Preis: DM 25,--

- Nr. 14 Schmidt, H.-H. (1981) Beitrag zur Ermittlung des Erddrucks auf Stützwände bei nachgiebigem Baugrund
Preis: DM 25,--
- Nr. 15 Smoltczyk, U. (1981) Vorstudie über bauliche Alternativen für Durchgangsstrassen in Siedlungen
Schweikert, O.
Preis: DM 12,--
- Nr. 16 Malcharek, K. (1981) Vergleich nationaler Richtlinien für die Berechnung von Fundamenten
Smoltczyk, U.
Preis: DM 15,--

Weitere Veröffentlichungen des Baugrundinstituts und seiner
Mitarbeiter

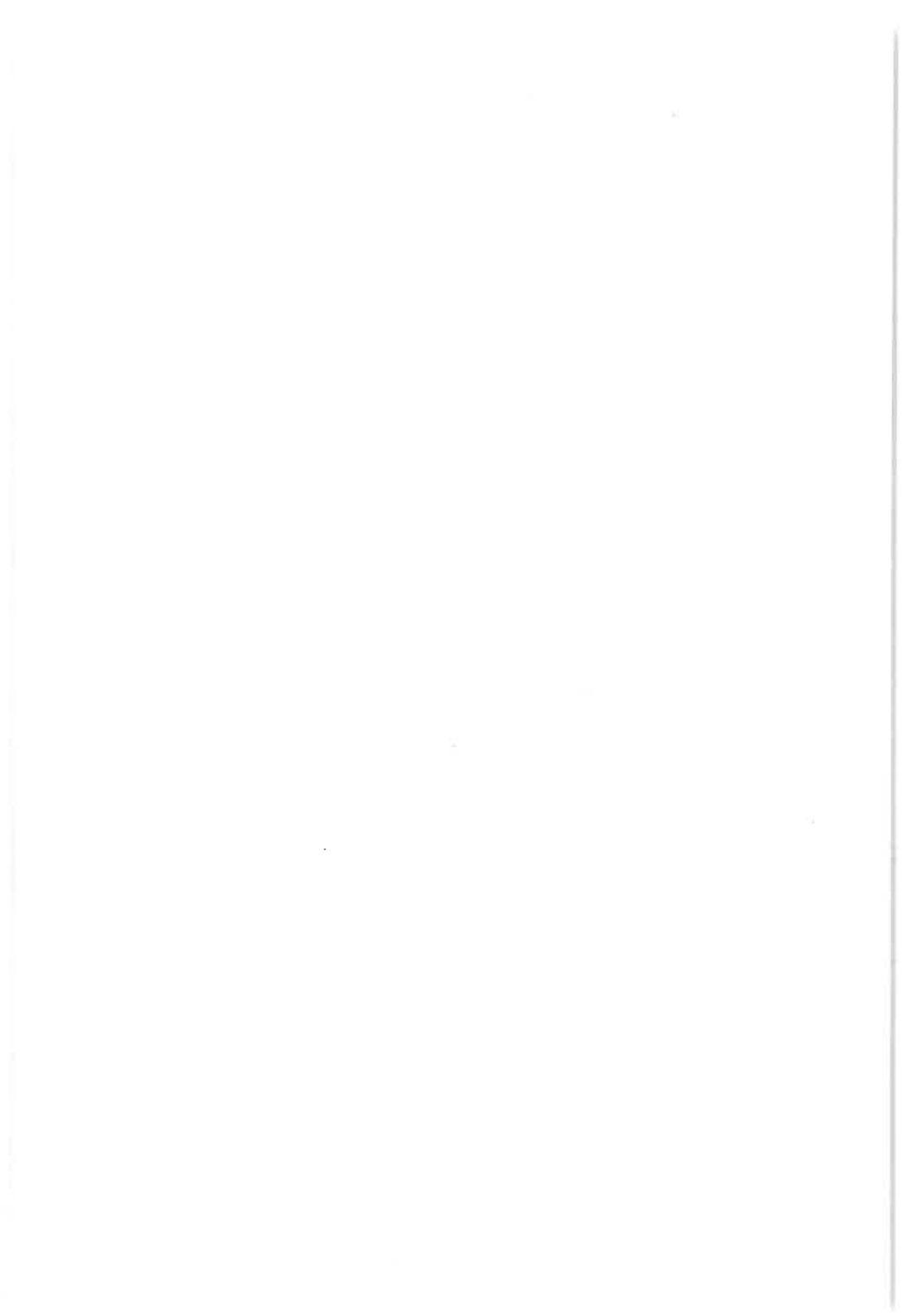
- | | | | | |
|----|---------------------------------------|--------|--|-------------|
| 1 | Smoltczyk, U. | (1974) | <i>Studienunterlagen</i>
330 Seiten, broschiert | DM 26,50 |
| 2 | Gußmann, P. | (1973) | <i>Ausgleichsvorgänge eindimensionaler Strömungen bei beliebiger Anfangsbedingung unter besonderer Berücksichtigung der Konsolidation einseitig dräniertter Tonschichten</i>
Die Bautechnik 50, 20 - 25 | Sonderdruck |
| 3 | Thamm, B.R. | (1973) | <i>Die "Cam-Clay"-Theorie und das "Critical-State"-Konzept</i>
Der Bauingenieur 48, 311 - 314 | Sonderdruck |
| 4 | Gußmann, P./
Spotka, H. | (1973) | <i>Eindimensionale Konsolidation mehrschichtiger Tonböden</i>
Die Bautechnik 50, 265 - 272 | Sonderdruck |
| 5 | Thamm, B.R. | (1973) | <i>Anwendung der Finite-Element-Methode zur Berechnung von Spannungen in wassergesättigten Böden</i>
Der Bauingenieur 48, 370 - 374 | Sonderdruck |
| 6 | Gußmann, P. | (1974) | <i>Different methods of evaluating the influence of seepage forces on slope stability</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 61 - 73 | |
| 7 | Gußmann, P./
Schad, H. | (1974) | <i>Practical considerations in the application of finite element techniques to soil problems</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 74 - 90 | |
| 8 | Gußmann, P./
Spotka, H. | (1974) | <i>One-dimensional consolidation of multi-layered clays</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 91 - 102 | |
| 9 | Gußmann, P./
Thamm, B. | (1974) | <i>Two-dimensional consolidation of triaxial test specimen</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 103 - 117 | |
| 10 | Schad, H. et al. | (1974) | <i>Stresses in concrete caisson bells</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 118 - 121 | |
| 11 | Smoltczyk, U. | (1974) | <i>Improved technique for foundations on slopes</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 122 - 129 | |
| 12 | Smoltczyk, U./
Diem, P./Spotka, H. | (1974) | <i>Pressure cell for the measurement of normal and shear stress</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 130 - 136 | |
| 13 | Smoltczyk, U./
Ljötterud, L. | (1974) | <i>Stabilizing sand grains by overhead water pressure in bell bottoms of caisson piles</i>
Deutsche Beiträge zur Geotechnik Nr. 2, 137 - 141 | |

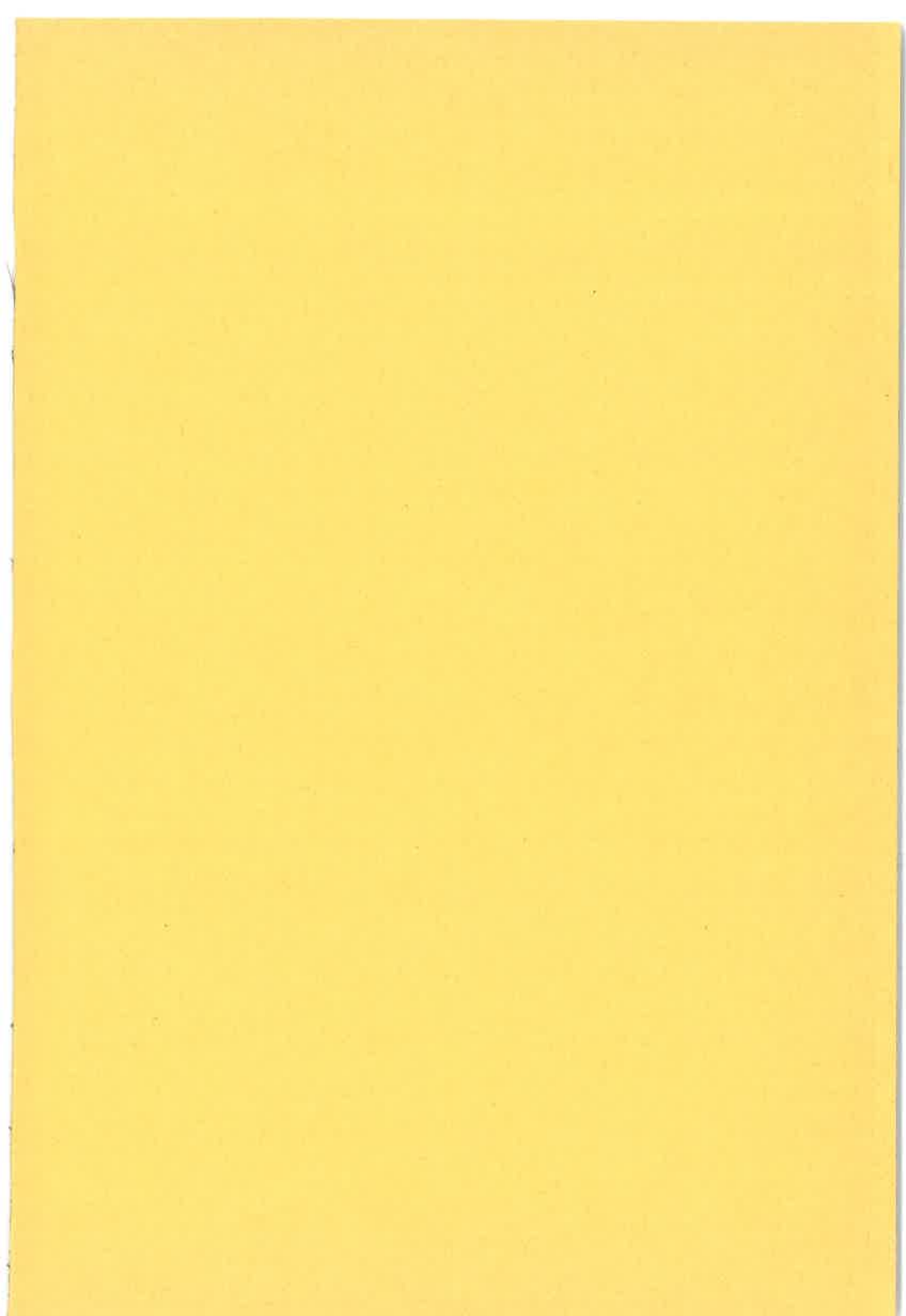
Die Nrn. 6 bis 13 enthält das o.g. Heft 2, das von der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ERD- UND GRUNDBAU E.V., Essen, zum Preise von DM 20,-- verkauft wird.

- [14] Smoltczyk,U. (1975) *Die Anwendung der Methode der Finiten Elemente in der Grundbaupraxis*
et al. CAD-Berichte Heft 1 der Gesellschaft für Kernforschung Karlsruhe
- [15] Gußmann,P./ (1974) *Zweidimensionale Konsolidation dreiaxialer Versuchsproben*
Thamm,B.R. Der Bauingenieur 49, 293 - 298 Sonderdruck
- [16] Gußmann,P. (1974) *Über den Einfluß unterschiedlicher Wasserdruckansätze auf die Standsicherheit von durchströmten Böschungen*
Der Bauingenieur 49, 298 - 301 Sonderdruck
- [17] Smoltczyk,U./ (1974) *DIN 4084 Beiblatt, Erläuterungen und Berechnungsbeispiele*
Gußmann,P./Schulz,H. 20 S., Beuth-Verlag Berlin/Köln DM 18,--
- [18] Laumans,Q. (1975) *Die Anwendung der Methode finiter Elemente auf Flächengründungen*
Technische Akademie Wuppertal, Heft 14
- [19] Smoltczyk,U. (1975) *Graving Dock Foundation on Deep Fill*
Proc. 1 Baltic Conf.Soil Mech.Found.Engg.III, 213 - 222
- [20] Smoltczyk,U./ (1975) *Zur Bebaubarkeit von vorbelasteten Verwitterungsböden*
Du Thinh Fortschritt-Berichte VDI-Z., Reihe 4, Nr. 25, 70 S.
- [21] Smoltczyk,U. (1975) *Anmerkungen zum Gleitkreisverfahren*
in: Festschrift Lorenz, Techn.Univ.Berlin, 203-218
- [22] Smoltczyk,U. (1975) *Wie kann man Baugruben verbilligen?*
Der Architekt 2, 94 - 103
- [23] Smoltczyk,U. (1975) *Schwierigkeiten beim Bauen im entfestigten Tonstein*
Veröff. Inst.Felsmech.Bodenmech.Univ.Karlsruhe 63, 21 - 50
- [24] Smoltczyk,U. (1976) *Pfahlgründung eines Eisenbahndammes*
Proc. 6. Europ. Conf. SMFE, 1.2, 561 - 566
- [25] Smoltczyk,U./ (1976) *Erddruck auf Schleusenammerwände*
Hilmer,K. Vortr. Baugrundtagung, Nürnberg, 245 - 265
- [26] Laumans,Q./ (1976) *Calculation of mat foundations on clayey silts*
Schad,H. Proc. Sec.Int.Conf.Num.Meth. in Geomechanics, Blacksburg, Vol 1
- [27] Smoltczyk,U./ (1977) *Earth Pressure Variations Due to Temperatur Change*
Hilmer,K./Franke,E./ ICOSFME Tokyo, Vol. 2, 225 - 233
Schuppener,B.
- [28] Smoltczyk,U./ (1977) *Lateral Deformation Testing in Keuper Marl Boreholes*
Seeger,H. Int. Symp.The Geotechnics of Structurally Complex Formations, Capri, Vol. 1, 443 - 447
- [29] Smoltczyk,U. (1978) *Wagnis Baugrund*
Deutsche Architekten- u. Ingenieurzeitschrift, 8/9, 12 - 16
- [30] Hilmer,K./ (1978) *Der Einfluß der Temperatur auf den Erddruck hinter Bauwerkswänden,*
Vogt,N. Geotechnik 1, 75 - 83

- [31] Schad, H. (1978) *Die Verwendung nichtlinearer Stoffgesetze bei der numerischen Analyse von Grundbauaufgaben*
Vorträge Baugrundtagung Berlin, 141 - 161
- [32] Schulz, H./Smoltczyk, U. (1978) *Zur Ermittlung der Scherparameter überkonsolidierter Böden für Erddruckberechnungen*
Vorträge Baugrundtagung Berlin, 275 - 296
- [33] Smoltczyk, U. (1978) *DFG-Schwerpunktprogramm Bodenmechanik*
GEOTECHNIK 1, 29 - 42
- [34] Gußmann, P. (1978) *Das allgemeine Lamellenverfahren unter besonderer Berücksichtigung von äußeren Kräften*
GEOTECHNIK 1, 68 - 74
- [35] Hilmer, K./Vogt, N. (1978) *Der Einfluß der Temperaturverformung auf den Erddruck hinter Bauwerkswänden*
GEOTECHNIK 1, 75 - 84
- [36] Schmidt, H.-H. (1978) *Entwicklung einer Eignungsprüfung für Maßnahmen zum mittelfristigen Schutz des Erdplanums unter besonderer Berücksichtigung des von oben eindringenden Wassers*
Forschungsbericht F.A. Nr. 5.033 G 76 A für den Bundesminister für Verkehr, bearbeitet am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der Universität Stuttgart
- [37] Schmidt, H.-H. (1978) *Erprobung von Versiegelungen fein- und gemischtkörniger Böden auf bituminöser Basis unter Verwendung von Handelsprodukten*
Forschungsbericht F.A. Nr. 5.034 G 76 A für den Bundesminister für Verkehr, bearbeitet am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der Universität Stuttgart
- [38] Gußmann, P. (1979) *Die Bestimmung bodenmechanischer Parameter aus der Differenz der Zeitsetzung unterschiedlich dränkter Laborversuche*
GEOTECHNIK 2, 148 - 154
- [39] Smoltczyk, U. (1979) *Bestimmung der Baugrundfestigkeit mit der Seitendrucksonde. Vortragsband zum Pfahlsymposium*
München 1977, 77 - 80
- [40] Schmidt, H.-H. (1979) *Erddruck auf Widerlager und Stützmauern in Abhängigkeit von Untergrundbewegungen durch Dammschüttungen.* Forschungsbericht FA 5.042 G 77 H
B.f.Verkehr
- [41] Smoltczyk, U. (1979) *Zur Berechnung von Bodenreaktionskräften*
Berichte Bundesvereinigung Prüfeningenieure für Baustatik, Arbeitstagung 4, 23 - 51
- [42] Smoltczyk, U./Vogt, N./Hilmer, K. (1979) *Lateral Earth Pressure Due to Surcharge*
Proc. 7.ECSMFE Brighton, 2, 131 - 140

- [43] Smoltczyk, U. (1979) *Influence of foundation depth on raft analyses*
Proc.3.Int.Conf.Numerical Methods in Geomechanics,
4, 1503 - 1512
- [44] Smoltczyk, U. (1979) *Dammschüttung in Baggerseen beim Bau der Schnell-
bahnstrecke Mannheim-Stuttgart*
2.Nationale Tagung für Ingenieurgeologie, 113 - 119
- [45] Smoltczyk, U./Gartung, E. (1979) *Geotechnical Properties of a Soft Keuper
Sandstone.* Proc.4.Int.Congr.Rock Mechanics
Montreux, 639 - 644
- [46] Smoltczyk, U./Schmidt, H.-H. (1979) *Forschungsergebnisse von Erddruck-
untersuchungen an Modellwänden*
Tagung der Arbeitsgruppe Untergrund der Forschungs-
gesellschaft f.d.Straßenwesen Koblenz
- [47] Smoltczyk, U./Gußmann, P./Schad, H. (1980) *Grundbautaschenbuch 3.Auflage
Teil 1 mit Beiträgen:*
1.1 Internationale Vereinbarungen; Klassifizie-
rung des Fachschrifttums und Symbole
1.2 Baugrundgutachten; 1.7 Numerische Verfahren
in der Bodenmechanik; 1.10 Berechnung von Zeitset-
zungen. Verlag W.Ernst u.Sohn Berlin München





Druck: Polyfoto - Dr. Vogt KG
Forststrasse 58, Tel.: 0711 / 61 06 41
7000 Stuttgart 1