Moderner Strassentunnelbau

Autor(en): **G.B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 43

PDF erstellt am: **11.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77192

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Objektdaten

Bauherrschaft: Tiefbauamt des Kantons Bern, vertreten durch den Oberingenieurkreis I, Thun

Planungs-/Ausführungsphase:
1984 Erarbeitung einer Vorstudie durch das Ingenieurbüro Gärtl AG
1986 Auftrag für das Vorprojekt an die Ingenieurarbeitsgemeinschaft Gärtl AG/Bois Consult Natterer SA
Plangenehmigung: August 1987
Baubeginn: September 1988
Eröffnung: August 1989

Konstruktionsdaten

Holzkonstruktion:

Länge: 108 m über 3 Felder (27–54–27 m)

Pfosten und Gesperre: bilden einen Rahmen aus Kantholz. Die Windkräfte werden in den unter der Fahrbahn liegenden, mit Gewi-Gestängen versteiften Horizontalträger abgeleitet. Pfostenabstand: 6,75 m

Obergurt und Untergurt: 200/700 mm in Brettschichtholz (aus dem Berner Wald)

Streben: 240/360 mm in Brettschichtholz und aufgedübelten Flanschen in Kerto 63/400 bzw. 75/400 mm

Nagelversatzschuh: entwickelt von der EPF Lausanne zur Aufnahme grosser Kräfte (über 70 t Druck)

Brückenbelag: Lärchenbohlen 50 mm stark, durchlüftet, Höhe etwa 23 m über Grund

Vordach: 1,50 m

Lichtband: Doppelstegelemente Plexiglas, Länge 95 m, Spannweite 1,25 m

Dacheindeckung: Titanzinkblech (Rheinzink) 0,7 mm stark, unterlüftet, Bretter-Lattung, Neigung 6°

Brüstung mit Lamellen: Wetterschutz, Durchlüftung. Rautenförmige Schalung über den Pfeilern als Wetterschutz und Gestaltungselement

Kein chemischer Holzschutz!

Betonkonstruktion:

Pfeiler in Beton: Querschnitt 80/300 cm, Höhe 16 und 19 m, Rohe Bretterschalung
Fundation: auf je 6 Ortsbetonpfählen, 10–14 m tief. Durchmesser 70 cm

Zusammenfassung

Prof. *Fritz Leonhard*, Stuttgart, schrieb: «Brücken haben stets eine gewisse Faszination auf Menschen ausgeübt.» Bei diesem Brückenbauwerk ist die richtige Wahl und der Einsatz von Beton und Holz in vielleicht idealer Form gefunden worden. Beide Werkstoffe konnten an dem speziellen Verwendungsort entsprechend dem heutigen Stand der Technik und den erst jüngst gewonnenen Erkenntnissen bestens eingesetzt werden.

Diese neue Holzbrücke wurde nicht nur tragfähig und optimal wirtschaftlich konstruiert, sondern dürfte sich eines Tages harmonisch in ihre Umgebung einfügen. Ohne Zweifel war es eine faszinierende und aussergewöhnliche Aufgabe für die Projektverfasser dieses Bauwerkes, und sie hoffen, dass mit dieser Brückenkonstruktion die Tradition der jahrhundertealten Baukunst der Schweiz würdig fortgesetzt wird.

Adressen der Verfasser: *Karl Gärtl*, dipl. Bauing. SIA, Ing. Büro Gärtl AG, Fliederweg 73, 3138 Uetendorf, *Konrad Merz*, Bauing. HTL, Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy und *Prof. Julius Natterer*, dipl. Bauing. SIA, Lehrstuhl für Holzbau, EPFL-Ibois, 1015 Lausanne.

Moderner Strassentunnelbau

Das 6. Kolloquium für Bauverfahrenstechnik des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau und zugleich Seminar der Vereinigung der Strassen- und Verkehrsingenieure (VSVI) fand am 16. Februar 1989 an der Ruhr-Universität Bochum statt; dabei tauschten über 400 Fachleute ihre bei «der Planung und beim Bau von Strassentunneln in bergmännischer und offener Bauweise» gemachten Erfahrungen aus. Dem Ingenieur wurde gezeigt, wie noch zu bauende Strassentunnel städtebaulich, landschaftlich und ökologisch verträglich - also umweltgerecht und von den Bürgern akzeptiert - und letztlich wirtschaftlich zu planen und zu verwirklichen sind.

Bergmännische Bauweise

Über «die Bauverfahren als Grundlage für die Machbarkeit von Strassentunneln in bergmännischer Bauweise» brachte Prof. Dr.-Ing. *B. Maidl*, Bochum, Einzelheiten über den Felstunnelbau mit Spritzbetonsicherung [1, 2] und maschinelle Vortriebe; so hat man in Japan mit dem Multi-Face-Schild mehrere Röhren gleichzeitig aufgefahren [3]. Eingegangen wurde besonders aber auf die Querschnittsgestaltung unter Berücksichtigung der mittragenden Wirkung des Gebirges und die Abhängigkeit des Bauverfahrens für die bergmännische Auffahrung von den Gebirgsklassen. Danach ist für die Planung von Tunnelbauwerken der Schwerpunkt auf Machbarkeit, Bauverfahren und Bauvertrag [4] zu legen, nicht so sehr auf ins Einzelne gehende Tragsicherheitsnachweise [5, 6].

Mit den zwei «Strassentunneln im Zuge der Westtangente Bochum» befasste sich Dr.-Ing. *D. Handke*, Bochum. Das 600 m lange, vierspurige Tunnelbauwerk im Bereich der Hattinger Strasse liegt in einem dichtbebauten Geschäfts- und Wohngebiet mit bis fünfstöckiger Bebauung. Es hat zwei Röhren (100 m²) mit nur 2 bis 10 m Überdeckung und 6 bis 16 m gegenseitigem Abstand. Sie wurden in den Anfahrbereichen in der «Kärntner Deckelbauweise» erstellt, im übrigen Bereich bergmännisch in Spritzbetonbauweise mit voreilendem Firststollen in Teilquerschnitten aufgefahren und zweischalig mit wasserundurchlässigem Beton als Innenschale ausgeführt. Das Unterfahrungsbauwerk der fünfgleisigen Eisenbahnstrecke Essen-Dortmund sollte wegen der geringen Überdeckung von rund 2,0 m und Aufrechterhaltung des Fahrbetriebs (350 Züge/Tag) in mehreren Einzelquerschnitten in Spritzbetonbauweise im Schutze von Jet-Grouting-Gewölben hergestellt werden; ausgeführt wur-

de ein 50 m langer Tunnel mit zweizelligem Rechteckquerschnitt, der seitlich als grosses Fertigteil (45–50/30/7 m) aus wasserundurchlässigem Beton (3400 m³ B 25/B 45, 486 t Beton- und 20 t Spannstahl) hergestellt und auf vorgespannten Verschubbahnen (670 m³ B 45, 10 t Beton- und 45 t Spannstahl) in 31 Tagen höhen- und längenmässig genau und ohne Behinderung des Zugverkehrs durch den Bahndamm gepresst wurde [7] (Bild 1).

Über «Planung und Bau eines flachliegenden Strassentunnels im Zuge der L 418 n» [8] sprach Prof. Dr.-Ing. *W. Wittke*, Aachen. Mit zwei vierspurigen Röhren (130/37/12 m) wird der Hahnerberg südlich Wuppertal oberflächennah bei weniger als 10 m Überdeckung unterfahren. Zur Verdeutlichung seiner grossen Abmessungen zeigt Bild 2 den Querschnitt eines zweigleisigen Eisenbahntunnels (90 m²) der Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn (DB). Zum Vermeiden von Schäden an Gebäuden und Versorgungsleitungen waren die vortriebsbedingten Senkungen auf 2 cm begrenzt. Deshalb trieb man zunächst einen Erkundungsstollen (5,80/9,60 m) zwischen den beiden Tunnelröhren vor, in den später ein Stützpfeiler aus Stahlbeton eingebaut wurde. Danach folgte nacheinander in 1 m Abschlagtiefe der Vortrieb der beiden Röhren in Teilausbrüchen in Spritzbetonbauweise; die im Mittel 23 cm dicke bewehrte Spritzbetonschale (17 500 m², 4000 m³ B 25) erhielt Gittertäger, 15 m lange VSL-Litzen-Felsanker und 3,5 bis 4,5 m lange SN-Anker ∅ 22 sowie 3 bis 4 m lange Glasfaser-Anker ∅ 26 beim Ulmenstollen zum Tunnelinneren und die 60 cm dicke Stahlbetoninnenschale (10 m Blocklänge, 7800 m³ B 25; 1900 m³ Stahlbeton für Mittelpfeiler und Portale; 650 t Betonstahl) eine PVC-Abdichtung zwischen Spritzbetonaussen- und Betoninnenschale. Erst danach baute man die zweite Tunnelröhre. Ein umfangreiches Messprogramm, das auch die Sprengerschütterungen in den darüberstehenden Gebäuden erfasste, begleitete die Vortriebsarbeiten. Wegen der nahezu gleichmässig auftretenden Senkungen und – alle weniger als 2 cm – traten keine Gebäudeschäden auf.

Offene Bauweise

In der Bundesrepublik Deutschland gab es Ende 1987 etwa 100 Strassentunnel über 100 m Länge mit insgesamt 40,4 km Betriebs- und 69,4 km Röhrenlänge (Tab. 1), wovon der grösste Teil in offener Bauweise erstellt worden ist. Dipl.-Ing. *W. Voss*, Münster/Westf., unterschied in seinem Vortrag über «Bau und Konstruktion von Strassentunneln in offener Bauweise» zwischen

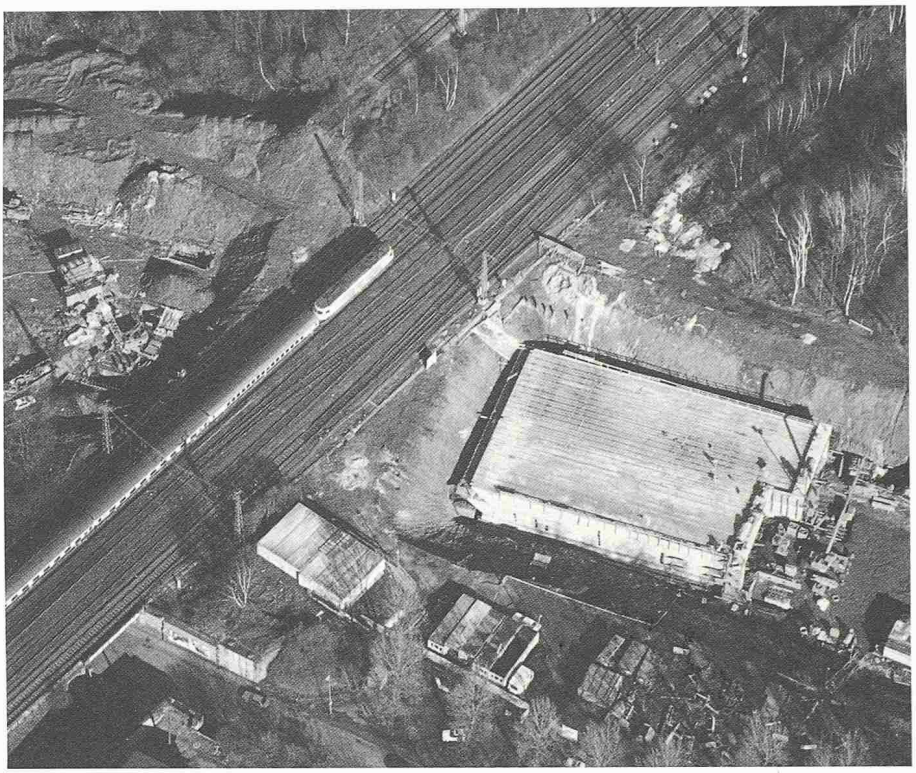

Bild 1. Dammdurchpressung für die Westtangente von Bochum (Handke) (Luftbildfreigabe: 17 034-35/88 RP Münster)

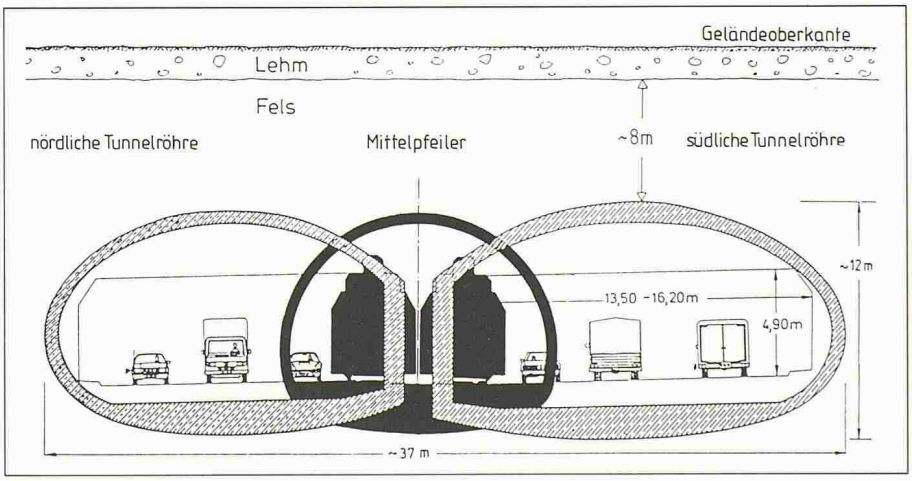

Bild 2. Flachliegender Strassentunnel unter dem Hahnerberg bei Wuppertal: Vergleich der Querschnittsabmessungen mit denen eines zweigleisigen Eisenbahntunnels der Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn (Wittke)

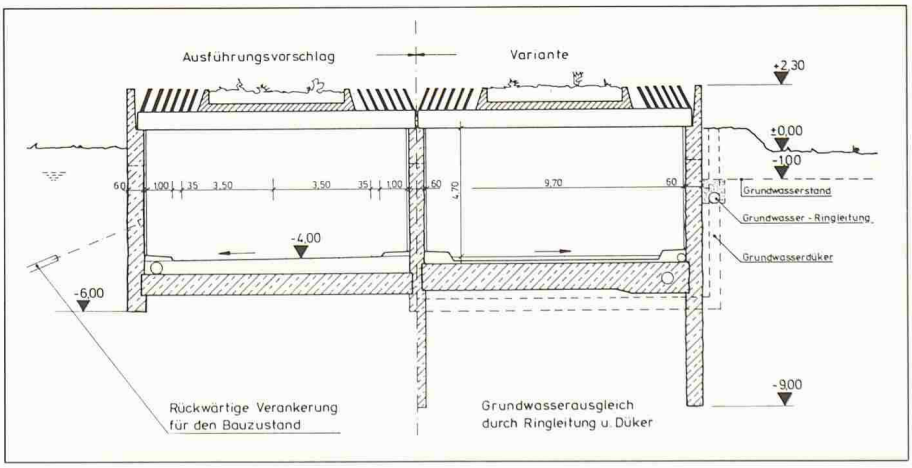

Bild 3. Lärmschutztunnel für die Bundesstrasse B 51, Umgehungsstrasse von Münster/Westf., mit Teilabdeckung, erbaut in offener Bauweise mit Schlitzwänden und Absenkung des Grundwasserspiegels (Voss)

Baulastträger	*Strassenklasse*	*Anzahl*	*Betriebslänge (m)*	*Röhrenlänge (m)*
Bund				
Bundesfernstrassen	Autobahnen	24	15 001	31 159
	Bundesstrassen	31	8 734	12 506
Bundeswasserstrassen	Bundesstrassen	1	640	1 280
Deutsche Bundesbahn	Ortsstrassen	4	617	617
Bundesländer	Landes- und Staatsstrassen	5	1 967	3 088
Kommunen				
mit Berlin, Bremen und Hamburg	Autobahnen	1	561	1 122
	Bundesstrassen	10	3 133	5 989
	Ortsstrassen	23	9 138	13 158
Andere	Kreisstrassen	1	452	452
Zusammen		100	40 423	69 371

Tabelle 1. Strassentunnel in der Bundesrepublik Deutschland. (Stand: Ende 1987) – Strasse und Autobahn 39 (1988) Nr. 12

Tunnel, die oberhalb des Grundwassers liegen und solchen im Grundwasser (Bild 3) und geht ein auf Querschnittsformen (Stahlbetontrog und offene Stahlbetonrahmen), Lastannahmen und statische Systeme, Blockeinteilung und Betonierverfahren ohne und mit Grundwasserspiegelabsenkung und auf Besonderheiten wie Herstellen von bewehrtem Unterwasserbeton [9], dauerhafte Zugpfahlverbindung mit der Baugrubensohlplatte [9], schubfeste Verbindungen zwischen Sohlplatte und Seitenwänden (Tauchereinsatz), Einfluss von Hydratationswärme und Schwinden auf Betonierverfahren sowie Fugenteilung und Abdichtung des Tunnelbauwerks (weisse Wanne). Bei Lärmschutztunnel (Bild 3) reicht in vielen Fällen eine Teilabdeckung [10] aus. Wenn man den Rissbreitennachweis nach der neuen DIN 1045 führt und Betonstahl 500 S verwendet, können die Querschnittsabmessungen und Betonstahlmengen erheblich verringert werden.

Beim Bau der Neubaustrecke Hannover–Würzburg mussten aus technischen, ökonomischen und teilweise auch aus ökologischen Gründen einige Tunnelabschnitte in offener Bauweise erstellt werden. Dipl.-Ing. *R. Maidl*, Bochum, verglich «Messungen und Berechnungen verschiedener Tunnelausführungen in offener Bauweise», und zwar anhand der Beispiele des Richthof- und Kirchheimtunnels [11–13]. Danach ist das Maulprofil als geschlossener, schlanker Gewölbequerschnitt schon ab 4 m Überdeckungshöhe dem Rechteckquerschnitt wirtschaftlich überlegen; es stellt eine einwandfreie technische Lösung mit günstigem Trag- und Verformungsverhalten dar und ergibt geringere Konstruktionsabmessungen, einfache Bewehrungsführung und günstiges Sohldruckverhalten sowie baubetriebliche Vorteile bei der Weiterführung des Maulprofils aus dem bergmännischen Bereich. Als wirtschaftlichste und brauchbarste Berechnungs-

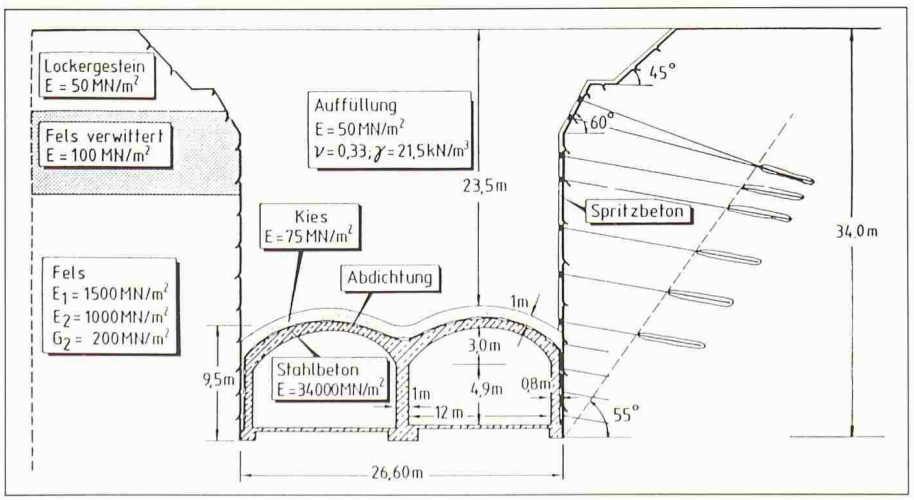

Bild 4. Statisches System des Ausführungsentwurfs mit Kennwerten für den Strassentunnel Grosser Busch (Pierau)

Literatur

[1] *Spang, J.:* Spritzbeton beim Stollen- und Tunnelbau unter Tage – Kritische Stellungnahme zu allgemeinen Bauregeln und Bemessung von Tunnelbauwerken. Bautechnik 64 (1987) Nr. 6, S. 195–201

[2] *Brux, G.: Linder, R.; Ruffert, G.:* Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz – Herstellung, Prüfung und Ausführung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, D-5000 Köln 41 (Braunfeld), 290 Seiten, 428 Quellen

[3] *Maidl, B.; Dietrich, J.:* Erster Multi-Brust-Schild in Japan erfolgreich eingesetzt. Bautechnik 66 (1989) Nr. 5, S. 145–148

[4] Vertragsgestaltung bei Untertagebauarbeiten. Symposium 2./3. März 1989, TU München

[5] *Maidl, B.:* Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band 1 und 2. Verlag Glückauf, Essen 1984 und 1988

[6] Tunnelvortrieb bei partiell schwierigem Gebirgsverhalten, Vorausmassnahmen und Bewältigung. IV. Kolloquium für Bauverfahrenstechnik in Bochum. Schweizer Ingenieur und Architekt (SIA) 106 (1988) Nr. 30–31, S. 892–894

[7] *Scholkämper, P.:* Dammdurchpressung Westtangente Bochum. Tiefbau-Berufsgenossenschaft 101 (1989) Nr. 1, S. 4–8

[8] *Modemann, H.-J.; Wittke, K.:* Probleme bei einem flachliegenden Strassentunnel mit grossen Querschnittsabmessungen in Spritzbetonbauweise. STUVA-Tagung 1987. Forschung + Praxis, Band 32, S. 79–88; vgl. SIA 107 (1989) Nr. 17, S. 440–443

[9] *Hefti, R.:* Die Neubaustrecke Mannheim–Stuttgart der Deutschen Bundesbahn; Tunnel Forst. SIA 105 (1987) Nr. 5, S. 91–96

[10] *Hahn, V.:* Lärmschutztunnel mit natürlicher Belichtung und Belüftung. Betontag 1987 in Berlin, S. 131–144; vgl. SIA 105 (1987) Nr. 46, S. 1338

[11] *Naumann, G.; Maidl, B.; Maidl, R.:* Messungen und deren Ergebnisse für die Standsicherheitsbeurteilung von verschiedenen Tunnelausführungen in offener Bauweise. STUVA-Tagung 1987. Forschung + Praxis, Band 32, S. 111–116; vgl. SIA 107 (1989) Nr. 17, S. 440–443

[12] *Maak, H.:* Fragen beim Entwurf und bei der Ausführung überschütteter Röhren. 8. Nat. Felsmechanik-Symposium, Aachen 1988, S. 119–123

[13] *Pierau, B.; Kiehl, J. R.:* Entwurf für einen 80 m hoch überschütteten Eisenbahntunnel im Bergsenkungsgebiet. 8. Nat. Felsmechanik-Symposium, Aachen 1988, S. 125–136

[14] *Wittke, W.:* Statik und Konstruktion eingeschütteter Tunnel-Bauwerke. Baugrundtagung 1988 in Hamburg, S. 253–274

methode hat sich der gebettete Stabzug erwiesen [14]. Es wurden Vorschläge für die Firstlasterhöhung durch vorgegebenen Verfüllvorgang und für eine wirklichkeitsnahe Erddruckverteilung gemacht.

Abschliessend berichtete Dr.-Ing. *B. Pierau*, Aachen, über den «Bau des Tunnels Grosser Busch im Zuge der B 224» [13]. Trotz 24 m Überdeckung wurde der Tunnel (275/26,60/9,50 m) kostengünstiger in offener Bauweise ausgeführt (Bild 4). Eingegangen wurde auf die Sicherung der 34 m tiefen, fast senkrechten Einschnittwände mit 15 bis 35 cm bewehrtem Spritzbeton (12 500 m², 4230 m³ B 25), 12 bis 22 m langen Vorspannankern (1320) ∅ 36 udn 4 m langen SN-Ankern (779) ∅ 22, die Berechnung des Tunnels für die verschiedenen Bauzustände und seine Verformungen, das Betonieren des Tunnels und die Bauhilfsmassnahmen wie Gebirgsinjektionen mit Zementsuspensionen im Kämpferbereich, um die seitliche Stützung des Tunnelgewölbes durch das Gebirge zu verbessern und die Verformungen gering zu halten.

G.B.

Tagungsband:

Die Kurzfassungen der Vorträge sind im Band «Planung und Bau von Strassentunneln in bergmännischer und offener Bauweise – VSVI-NW Seminar 6/88–89 + VI. Kolloquium für Bauverfahrenstechnik» (67 Seiten DIN A 4 mit 42 Bildern, 2 Tabellen und 9 Quellen) abgedruckt. Bezug: Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr-Universität Bochum, Postfach 102 148, D-4630 Bochum, Ruf (0049) 234/700 60 97

Rettet die Natur unsere Städte?

Die grüne Stadt – dies war das Thema eines Symposiums in der schönen alten Limmatstadt Baden, veranstaltet Ende September vom Verband Schweizerischer Baumschulen aus Anlass seines 75jährigen Bestehens. Sind unsere Städte noch wirkliche Lebensräume, oder lassen wir die einstigen Gründungen der «Polis» – räumlich und politisch klar definierte Gebilde – zu babylonischen Krebsgeschwüren verkommen? Können wir mit Grün auf dem Dach und vor den Fassaden Städte der Zukunft gestalten? Unsere heutigen Stadträume stecken voller Probleme, und so war es nicht verwunderlich, dass die Vorstellungen der einzelnen Referenten (übrigens befand sich keine einzige Frau darunter!) teilweise recht weit auseinanderklafften.

Der Tagungsort in der kleinen aargauischen Bäderstadt entsprach dem vorgegebenen Thema aufs beste. Das Kurtheater liegt am Rande eines grossen Parks; zum Mittagessen im Stadtcasino spazierte man durch ebendiesen, und unten an der Limmatpromenade fand man sich zum letzten Ereignis der Tagung ein, zur Vernissage der Ausstellung «Huntertwasser-Architektur – Realisierbare Utopien». Baden, Du hast es anscheinend noch gut!

Stadtprobleme – trotz wachsender Grünflächen

Begrüsst wurden die mehr als 400 Teilnehmer durch den Badener Stadtammann *J. Bürge* sowie von Veranstalterseite vom Verbandssekretär *Dr. A. Altwegg*. Dann ging es hinein – oder eher hinaus – ins Thema.

Aus der Praxis erfahrener «Stadt-Profis» stammten die ersten drei Referate, nämlich von zwei Stadtoberhäuptern *P.-R. Martin*, Stadtpräsident von Lausanne, und *N. Gormsen*, Alt-Bürgermeister von Mannheim, sowie vom Berner Stadtgärtner *F.J. Meury*.

Die meisten alten Städte Europas waren in ihren Gründungszeiten nicht grün, sondern der Natur abgerungene, befestigte Bereiche. Erst durch die Industrialisierung und durch die Erschliessung mit der Eisenbahn begannen sich die Städte auszudehnen und in die umgebende Landschaft vorzudringen. Es konnten die kahlen, monotonen Quartiere der Mietskasernen entstehen. Erst danach erwachte der Ruf nach Licht, Luft, Sonne und Grün. Neue, meist nach Ende des 2. Weltkriegs entstandene Stadtteile wurden manchmal gar so grün, dass sich die Stadt als Bau- und Raumfolge aufzulösen begann. Vielerorts sind die völlige Zersiedelung des Umlandes und der Verlust an Urbanität die Folgen.

Alle drei der an der Tagung vorgestellten Städte besitzen seit vielen Jahren eine «Grünplanung». Hierzu gehören der Schutz und wenn möglich die Vermehrung bestehender Grünanlagen, seien es klimawirksame Freiflächen, Grünflächen für Sport und Freizeit oder Begrünungsmassnahmen für Wohnquartiere. Überall, so ging aus den Voten klar hervor, bemühen sich die Verantwortlichen, die spezielle Eigenart der Städte zu betonen und historisch und topographisch bedingte Grünanlagen zu erhalten. Dies kann nur durch politische, gesetzliche und finanzielle Programme erfolgen. Wichtig scheint dabei vor allem ein Einbezug der Bürger, denn wo Schutzverordnungen, Umgestaltungen, manchmal sogar Enteignun-

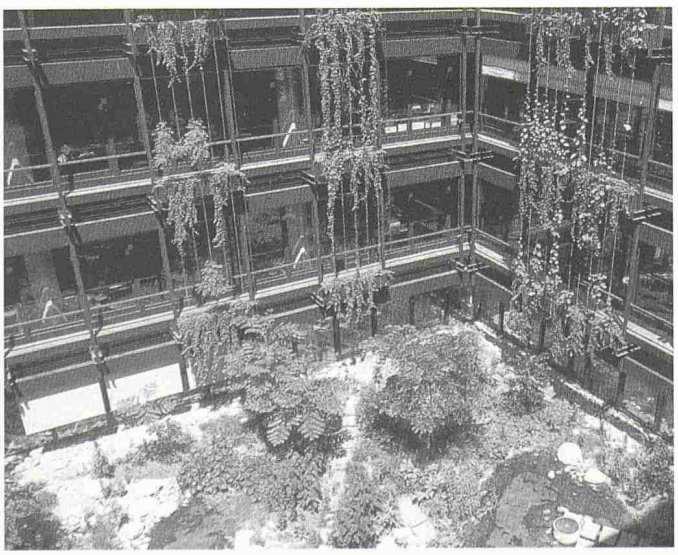

Bild 1. In die naturfreundliche Gesamtplanung des SKA-Verwaltungszentrums «Uetlihof» wurden selbstverständlich auch die Lichthöfe einbezogen (Bild: SKA)

Bild 2. Heute ist auf Flachdächern fast alles möglich: Vom Kräutergarten bis zur «Parklandschaft» kann die Palette reichen (Bild: Sarnaoptima)