

Eine neuartige Stützmauerkonstruktion beim Bau des Hotels Continental in Lausanne

Autor(en): **Meyer-Zuppinger, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83 (1965)**

Heft 13

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68123>

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.

Eine neuartige Stützmauerkonstruktion beim Bau des Hotels Continental in Lausanne

Von **Max Meyer-Zuppinger**, dipl. Ing. ETH, Zürich, und **Hans Siegwart**, dipl. Ing. ETH, Luzern

DK 624.022.7

Im Jahre 1960 erwarb Werner Fuchs, Generalunternehmer in Zürich, die Liegenschaft Hotel Continental am Bahnhofplatz in Lausanne mit der Absicht, das alte Hotel durch einen Neubau zu ersetzen. Das Grundstück hatte eine Fläche von 1780 m²; davon beanspruchte das bestehende Hotel mit Annexbauten und Hof 970 m². Der restliche Grundstückteil bestand aus einem steil ansteigenden Garten hinter dem Hotel. Die Neugestaltung des Bahnhofplatzes Lausanne verlangte die Zurücksetzung der Baulinie um etwa 10 bis 11,5 m, was einen Verlust von 510 m² Gebäudefläche brachte. Um diesen Verlust auszugleichen, musste der Hotelgarten überbaut werden, der 5,50 m hinter dem bestehenden Hotel auf einer 6,00 m hohen Stützmauer noch um rd. 4,50 bis 5 m gegen Norden anstieg (Bilder 2 und 3).

Neben der sehr interessanten Ingenieuraufgabe, die der Hotelneubau mit allen Spezialausrüstungen und Sondereinbauten für das projektierende Ingenieurbüro *H. Siegwart* in Luzern mit sich brachte, war das zentrale Problem die Ausführung einer bergseitigen Stützmauer längs der nördlichen Grundstücksgrenze. Diese folgt dem Rande eines 4,50 m breiten Fahrweges, welcher in östlicher Richtung ansteigend den «Passage du Petit-Chêne» mit dem «Passage Ste.-Luce» verbindet. Nördlich davon wird diese Querpassage von der Fassade des Gebäudes Ste.-Luce, bzw. durch dessen Kelleroblichtschächte begrenzt. Die Lasten des der Ste.-Luce AG gehörenden, sechs- bis acht-stöckigen Gebäudes werden durch Unterzüge unter dem Boden des zweiten Untergeschosses auf 43 einzelne, rd. 10 m hohe Betonpfeiler übertragen. Diese durchstossen eine nicht tragfähige Moräne und setzen die Gebäudelasten z. Teil auf eine obere Mergelschicht und z. Teil auf den darunter liegenden harten, trockenen Lehm ab (Bilder 5 und 6).

Die Höhe einer zur vollen Ausnützung des noch verfügbaren Baugeländes auf die nördliche Grenze gestellten Stützmauer, von U.K. Kellerboden (Kote 445,65) bis O.K. Belag des erwähnten Fahrweges gemessen, beträgt bei der Seilbahn Lausanne-Ouchy rd. 12,20 m und im Osten, beim «Passage Ste.-Luce» rd. 15,20 m, d. h. 5 bis 6 Stockwerke. An dieser Stelle würde das Biegemoment in einer eingespannten Stützmauer auf U.K. Fundamentsohle rd. 540 mt/1fm

Mauer betragen. Das sind abnormal grosse Werte. Im Einspannungsquerschnitt müsste eine solche armierte Mauer mindestens 1,80 m stark sein. Zur Abklärung der geologischen und hydraulischen Verhältnisse führte das Ingenieurbüro *H. B. de Cérenville* in Lausanne drei Sondierbohrungen S_1 bis S_3 (s. Bild 5) längs dem erwähnten Fahrweg durch, unter gleichzeitiger Entnahme von Bodenproben. Die Ergebnisse sind in den Bildern 5 und 6 festgehalten. Die Profile, die Prof. Dr. *R. Haefeli*, Zürich, auswertete, ergaben bis fast auf den Kellerboden hinunter recht ungünstige Verhältnisse. Leider war die Bohrung S_2 eingestellt worden, als sie auf Kote 448,35 in eine sehr harte Mergelschicht eingedrungen war, so dass man über den Verlauf der Mergelfelsoberfläche solange im unklaren war, bis die *Schafir und Mugglin AG* vor Weihnachten 1961 Belastungsversuche in einem Sondierschlitz S_3 (Bild 6) durchführte. Sie wurden im Laboratorium dieser Unternehmung ausgewertet und durch Prof. Haefeli begutachtet. Es ergab sich dabei eindeutig, dass die Bohrung S_2 nur in eine obere Mergelschicht hineinreicht, die Oberfläche des kompakten, harten bis sehr harten Mergels tiefer, etwa auf U.K. Kellerboden liegt und eine leicht nach Südwesten fallende Ebene bildet. Über der oberen Mergelschicht liegt nicht vorbelastetes, vornehmlich siltiges Moränenmaterial, das zum Teil mehr oder weniger tonig oder zum Teil von Sand oder Feinkies durchsetzt ist. Gewisse fette Lehmschichten stellen potentielle Gleitebenen dar, da sie neben starker Feuchtigkeit auch einen kleinen Winkel der inneren Reibung $\varphi = 10^\circ$ bis 15° aufweisen. Neben vorhandenen Wasserhorizonten «W. Sp.» (siehe Bild 5), die als «Wassertaschen» definiert werden, wurden auch Zonen von Wasserinfiltrationen festgestellt.

Vorstudien

Vorerst klärte das Ingenieurbüro Siegwart ab, welche Ausmasse und welche Vor- und Nachteile sich für eine «klassische» Stützmauer ergeben würden, die abschnittsweise in Schächten mit Marciantispiessung oder mit Kanaldielen erstellt werden sollte (s. Bilder 2 und 3, Mauervariante I). Nachteilig war jedenfalls bei dieser Lösung, dass ein Nachrutschen von Boden während des Betonierens des Sickerbetons und beim Entfernen der Kanaldielen möglich war und erwartet werden musste. Andererseits kam das Abteufen gerammter Spundwände wegen der erheblichen Lärm- und Schwingungsentwicklung nicht in Frage. Eine Rühlwand hat gleiche Nachteile und begünstigt Nachrutschungen.

Infolgedessen setzte sich Ingenieur Siegwart mit der Firma *Schafir und Mugglin AG*, Abteilung *bentag*, in Verbindung, welche ihrerseits das Ingenieurbüro *Max Meyer-Zuppinger* in Zürich beizog. Ein erster Vorschlag desselben (s. Bild 4, Mauervariante II) ersetzte in der Mauervariante I die bergseitigen Schachtspiessungen durch eine Bentonitschlitzwand von 0,60 m Stärke. Diese wirkt mit den davor betonierten und armierten Betonpfeilern statisch zusammen. Um die Fundamentflächen stark verkleinern zu können, sah Variante II



Bild 1. Hotel Continental, Lausanne. Arbeitsplanum für die Erstellung der bergseitigen Schlitzwand, System bentag. Blick nach Osten

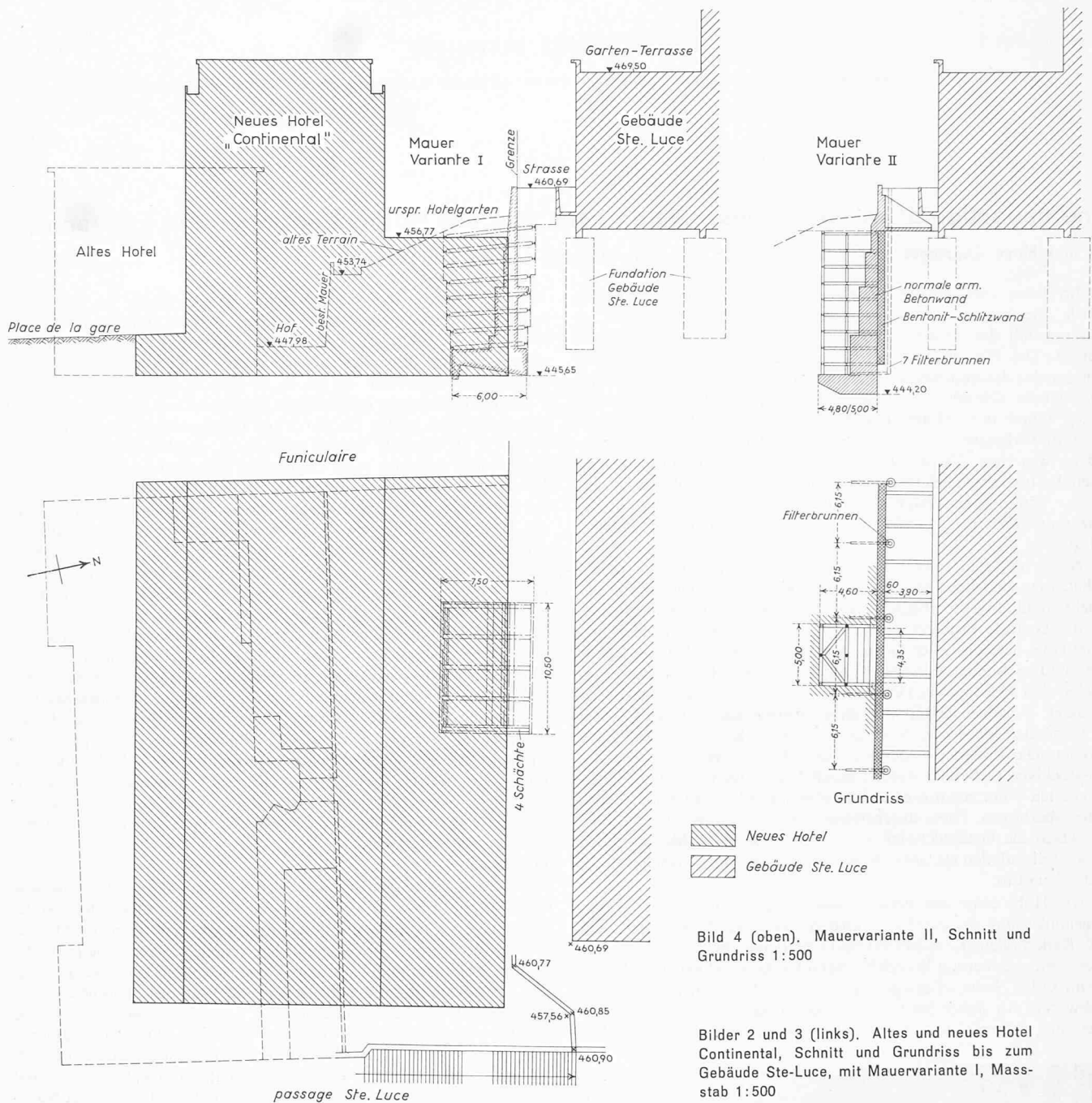


Bild 4 (oben). Mauervariante II, Schnitt und Grundriss 1:500

Bilder 2 und 3 (links). Altes und neues Hotel Continental, Schnitt und Grundriss bis zum Gebäude Ste-Luce, mit Mauervariante I, Massstab 1:500

ausserdem über den Bentonitschlitzwänden nach hinten ausladende und belastete Betonkonsolen vor. Kostenmässig erwies sich Variante II gegenüber Variante I schon dadurch überlegen, dass die Grundstückfläche etwas besser ausgenützt werden konnte. Ausserdem waren bei ihr Nachrutschungen des Bodens an den Schachtbrüsten ausgeschlossen. Die Entwässerung hinter der Mauer sollte vermittelt 7 Filterbrunnen der Firma *Stump Bohr AG* erfolgen.

Um jedoch eine vollständige Ausnützung des Baugeländes zu erreichen, war offenbar ein Mauertyp anzustreben, dessen Sichtfläche mit der Vertikalebene durch die Grundstücksgrenze zusammenfällt, also eine Bentonitschlitzmauer *ohne* vorbetonierten Mauerteil. Dies wäre mit einer 0,60 m starken Mauer eventuell möglich gewesen, wenn sie durch vorgespannte Injektionsanker unter dem Gebäude Ste.-Luce hätte gesichert werden können.

Der Verwaltungsrat der Firma Ste.-Luce SA gestattete den Bau der Mauer längs der Grenze unter der Voraussetzung, dass an den auf das bestehende Gebäude und seine Foundation wirkenden Kräften nichts geändert und der Fahrweg erhalten werde. Diese Servitute schlossen eine Verankerung der Mauer nach rückwärts aus. Im Einverständnis mit dem Bauherrn beauftragte nun Ing. H. Siegwart Ing. M. Meyer mit dem Entwurf, der Berechnung und der Erstellung der Ausführungspläne für eine Bentonitschlitzmauer auf

der Grenze entsprechend den erwähnten konstruktiven Ideen. Dadurch konnten – auf allen Ebenen zusammengerechnet – 225 m² mehr Nutzfläche gegenüber Variante I gewonnen werden.

Die ausgeführte Mauer (Bilder 5, 6 und 7)

Die guten Erfahrungen mit T-förmigen Bentonitschlitzmaurelementen an der Autobahn-Unterführung in Glattbrugg (ZH) veranlassten Ing. M. Meyer, wie damals, so auch beim Hotel Continental solche Elemente *E* vorzusehen. Der eingehend berechnete Querschnitt (s. Bild 8) mit den maximal möglichen Dimensionen genügte jedoch innerhalb der zulässigen Spannungen nur für die Aufnahme von –225 bis –230 mt pro 1fm Mauer. Es waren aber –1650 mt: 3,06 m = –540 mt/1fm aufzunehmen.

Die ausschlaggebende Verstärkung der Mauerkonstruktion wurde durch eine über den Elementen *E*₁ bis *E*₁₅ aufgesetzte und nach hinten auskragende *Winkelstützmur in gewöhnlichem Eisenbeton* erreicht, deren Querwände als Tragkonsolen *K* solid in den Rippen *E* verankert wurden (Bilder 5 und 6). An den Konsolen *K*₁ bis *K*₁₅ ist eine 0,35 m starke armierte Bodenplatte aufgehängt, deren Gewicht – zusammen mit den darüber aufgetragenen Lasten aus BN 150 bzw. Auffüllung aus Wandkies usw. – über jedem Element *E*₁ bis *E*₁₅ positiv (d.h. bergwärts) drehende Kopfmomente erzeugt. Ausserdem reduziert die

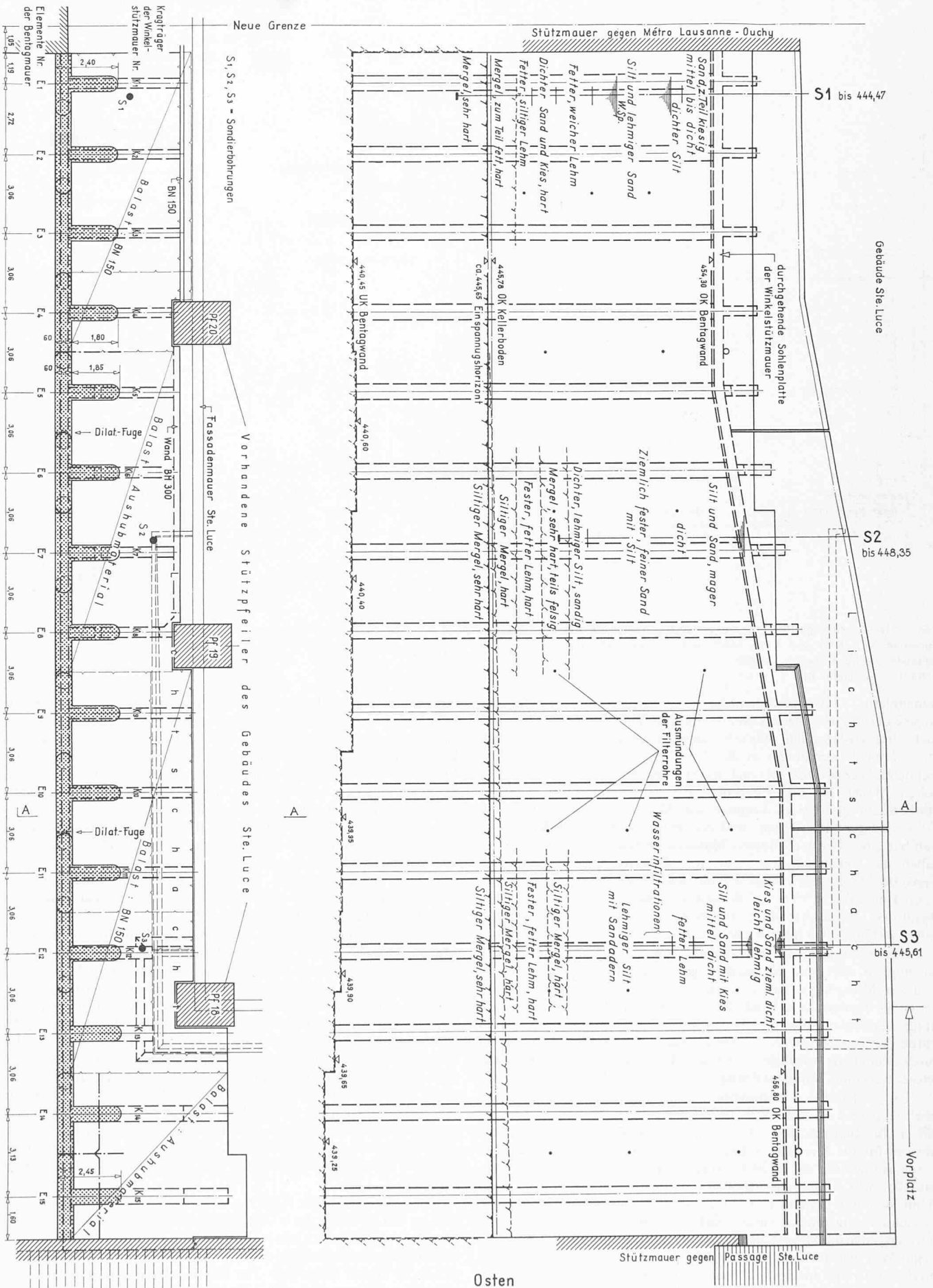


Bild 5. Nach Vorschlag von Max Meyer-Zuppinger, dipl. Ing. ETH, ausgeführte Stützmauer, Grundriss und Ansicht 1:200

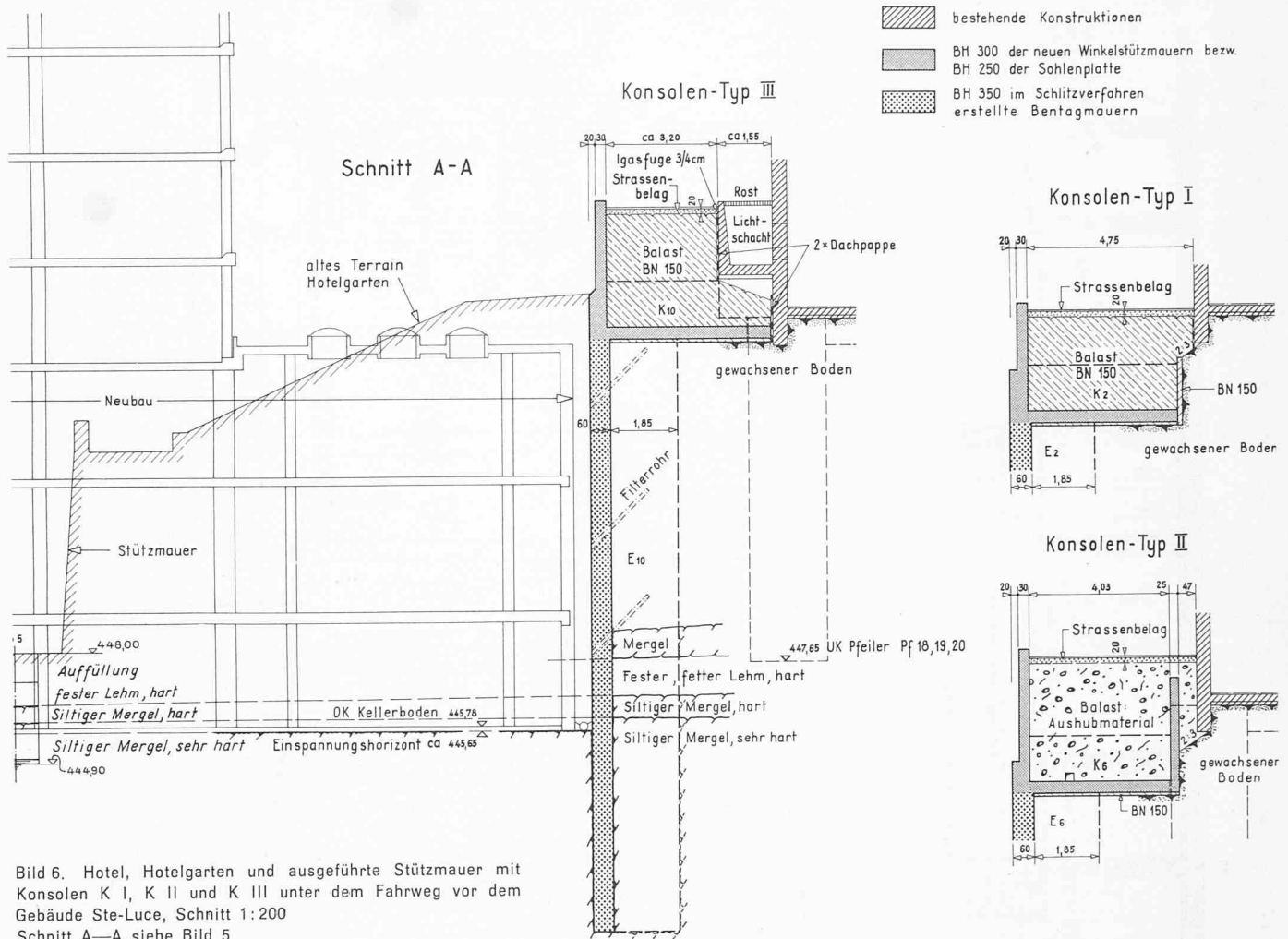


Bild 6. Hotel, Hotelgarten und ausgeführte Stützmauer mit Konsolen K I, K II und K III unter dem Fahrweg vor dem Gebäude Ste-Luce, Schnitt 1:200
Schnitt A—A siehe Bild 5

Bodenplatte der Winkelstützmauer durch ihre «Schirmwirkung» die Grösse der angreifenden aktiven Erddrücke. Diese Auswirkungen der rückwärts ausladenden Winkelstützmauer verminderten das maximale Rippenbiegemoment in E_{14} auf 42,5% seines ursprünglich errechneten Wertes (1650 mt) und machten die Ausführung der 15,20 m hohen Mauer für die gegebenen örtlichen Verhältnisse möglich. Statisch am günstigsten konnten die Mauerelemente E_{14}/K_{14} und E_{15}/K_{15} ausgebildet werden, weil bei ihnen die Konsolenlängen frei wählbar sind. Bei den anderen Mauerelementen stehen diesem Vorhaben die Gebäudefassade, bzw. der Kellerfensterlichtschacht des Gebäudes Ste.-Luce im Wege, so dass total vier verschiedene Konsolentypen I bis IV (Bilder 6 und 8) entworfen werden mussten. Entsprechend dem Typ ändern die positiven Kopfmomente M_0 ihre Grösse von +150 bis +355 mt pro Element E .

Die Bodenplatte der Winkelstützmauer wurde wohl in einzelnen Bauetappen, aber ohne bleibende Fuge ausgeführt. Dadurch entstand in dieser Mauerhöhe ein wirksamer, die einzelnen Elemente E aussteifender Horizontalverband. Er verhindert auch örtliche Überlastungen einzelner Mauerelemente, z. B. aus Wassersäcken. Hingegen wurde der von Süden her sichtbare Mauerteil über der Bodenplatte durch zwei Dilatationsfugen in drei annähernd gleich lange Abschnitte geteilt, um einen Temperatureausgleich zu ermöglichen.

Die vorhandenen Materialbeanspruchungen genügen den Vorschriften der S.I.A.-Norm 162 (1956) für B. H. Art. 28, Ziff. 1, Art. 29, Ziff. 1, für Baustahl der Gr. II. ($\sigma_a = 2000 \text{ kg/cm}^2$) und Art. 34. Obwohl für die Elemente E hochwertiger Beton BH 350 verwendet wurde, werden nur die für BH 300 zulässigen Spannungen zugelassen mit Rücksicht darauf, dass der Beton durch ein Schüttrohr nach dem «Unterwasserverfahren» von unten nach oben steigend, mit Wasserüberschuss eingebracht wurde (Bild 8, Schnitt A-A und B-B). Erfahrungsgemäss bestimmt die grösste Querkraft aus Erddrücken die Stegdicke d , wie auch die Plattenstärke der Rippenelemente E , welche mit $d = 0,60 \text{ m}$ gerade den maximalen zulässigen Zughauptspannungen genügen. Für die Plattenausladung $(B-d)/2$ ist die maximale zulässige Randdruckspannung σ_e bzw. σ_u^* im Medium des Einspannquer-

schnittes massgebend (Bild 8a und Schnitt B-B). Dieses besteht aus mehr oder weniger hartem Mergel, der im allgemeinen horizontal geschichtet ist. Wie vermutet, sind infolgedessen die Druckfestigkeiten, wie auch die Druckmoduli M_E in diesen zwei ausgezeichneten Ebenen verschieden gross, worauf wir im Abschnitt «Materialversuche» noch zu sprechen kommen. Aus der statischen Untersuchung der Elemente 1 bis 15 ergab sich, dass aus oben erwähnten Gründen für eine bauseitig gegebene Plattenbreite $B = 3,06 \text{ m}$ eine maximal zulässige Druckspannung $\sigma_e = -7,0 \text{ kg/cm}^2$, bzw. für $\sigma_u^* = +0,93 \times \sigma_e$ in Frage kam. Mit der Festlegung dieser zulässigen Randspannungswerte im Mergel bestimmt sich die erforderliche Einspanntiefe t jedes Mauerelementes nur noch aus der Grösse des Einspannmomentes M_e und der Querkraft Q_e (Bild 8a).

Für die Mauerelemente E_1 bis E_5 betragen die Einspannmomente $M_e = -340$ bis -375 mt , bzw. für die Elemente E_{10} bis E_{15} -500 bis -575 mt , während die Querkräfte Werte zwischen 150 und 160 t, bzw. zwischen 175 und 210 t erreichen. Der Aushub mit Greifbagger (Bild 10) und damit auch die Kubatur des Betons BH 350 der Bentonit-schlitzmauer betragen 675 m^3 . Auf Bild 8 ist links die Armierung des Elementes E_{14} dargestellt. Daraus kann man ersehen, dass zur Erreichung einer stabilen Mauerkonstruktion neben den Biegearmierungen in den Rippen auch die Bügel und die Plattenarmierungen jeweils genau untersucht werden müssen. Auch sollen die Armierungen in sich einen steifen Korb bilden, damit sie mit dem Kran in den T-förmigen Bodenschlitz versenkt werden können. Dieses Armierungsgerippe entsteht durch Punktschweissen der Boxstähle an ihren Kreuzungspunkten und durch Verwendung von Montagediagonalen (s. auch Bild 11).

Die Mauerelemente E_1 bis E_{15} enthalten durchschnittlich 80 kg/m^3 und die 200 m^3 Beton der Winkelstützmauer 96 kg/m^3 Boxstahl. Dieser Mauerteileinschliesslich seiner Hinterfüllung und die Wiederherstellung des Fahrweges selbst wurden durch die Generallunternehmung *W. Fuchs & Co.* in Zürich ausgeführt. Für die Erstellung der Betonwand bestehend aus Elementen mit T-förmigem Querschnitt kam in erster Linie das System *bentag* der Firma Schafir und Mugglin AG in Frage,

dessen Vorteile hinsichtlich geringen Baulärms und Vermeidung von Vibrationseinwirkungen auf die Fundamentpfeiler des Gebäudekomplexes Ste-Luce massgebend waren. Die Oberbauleitung übte *H. Siegwart*, dipl. Ing. ETH in Luzern, aus.

Um die bis 18 m tiefen und nur 0,60 m breiten Erdschlitz für die darin zu versenkenden T-förmigen Armierungskörbe genau senkrecht ausbaggern zu können, wurde in den Kreuzungs- und Endpunkten jeder Maueretappe je eine Bohrung $\varnothing 60$ cm im Bentonitverfahren erstellt, wodurch auch die harten Mergelschichten durchfahren wurden. Mit einem Meissel hat man dann das auszuhebende Material laufend gelöst und mit der Bentonit-Spülung zu Tage befördert. Für den Aushub der zwischen den Bohrlöchern stehengebliebenen Kerne wurden Greifer verwendet, deren Zähne in geöffneter Stellung in die Bohrlöcher eingreifen.

Die «sehr harten Mergelbänke» wurden unter Zuhilfenahme von Spezialmeisseln abgebaut. Auf diese Weise wurde jedes Mauer-element *E*, bestehend aus dem 3,06 m breiten Schlitz für die Platte und der zugehörigen Rippe von 1,85 m Länge, bis auf die vorgeschriebene Einspanntiefe «*t*» ausgehoben und für das Versenken des Armierungskorbes bereitgestellt (s. Bild 11). Wegen quer zur Wand verlaufenden Kanalisationen, deren Existenz in keiner Planunterlage verzeichnet war, traten allerlei Behinderungen auf. In einem Fall führte die Verletzung einer in Betrieb befindlichen Kanalisationsröhre zum Einsturz des betreffenden Element-Bodenschlitzes. Durch sofortiges Ausbetonieren desselben und nochmaligen Aushub konnte auch dieses Element erstellt werden. Die gesamte Ausführung der 15 Mauer-elemente wurde unter Beizug weiterer Spezialgeräte innerhalb 6 Monaten durchgeführt. Auf Bild 10 ist ersichtlich, dass so viele Maschinen eingesetzt wurden, als ohne gegenseitige Behinderung möglich war. Nachdem die Elemente *E*₁ bis *E*₅ fertig waren, folgte die Erstellung der Bodenplatte, der Konsolen und die Hinterfüllung der Winkelstütz-mauer den übrigen Arbeiten auf dem Fusse. Eindrucksvoll gestaltete sich dann der Abtrag der rd. 7500 m³ Erdmaterial vor der fertig erstellten, bis 15,20 m aufragenden Stützmauer durch die Firma W. Fuchs & Co. in Zürich. Ende März 1963 stand der Bauplatz für den Aufbau des neuen Hotel Continental zur Verfügung (Bild 7).

Die Mauerentwässerung

Um zu verhindern, dass sich hinter der Mauer Sickerwasser ansammeln könnte, waren in der Mauervariante II (Bild 4) 7 Filterbrunnen in Abständen von 6,15 m und auf die ganze Mauerhöhe

durchgehend vorgesehen worden. Das Sickerwasser sollte auf Höhe des Kellerbodens mit einer Abzweigung zwischen den Mauerpfeilern hindurch in einen Vorfluter münden. Obwohl dieses Entwässerungssystem auch bei der ausgeführten Mauer vorgesehen war, wurde dann eine einfachere und billigere Lösung gewählt, die sich bis heute – 3 Jahre nach Mauervollendung – bewährt hat:

Nach dem Abtrag der 7500 m³ Boden vor der Mauer (Bild 7) wurden von der Firma W. Fuchs & Co. achtzehn, nach innen unter 45° ansteigende, rd. 1,85 m tiefe Löcher durch die Mauer ins Erdreich gebohrt und darauf die von der Firma Stump Bohr AG gelieferten Filterrohre verlegt (Bild 6). Auch die Winkelstützmauer erhielt eine einfache Entwässerung der Kammern zwischen den Konsolen *K* überall da, wo Wandkies als Ballast aufgefüllt wurde. Gegen direkt versickerndes Meteorwasser ist der Schwarzbelag des Fahrweges genügend dicht. Das sich im Schacht sammelnde Wasser wird direkt durch die Mauer abgeleitet, wie auch eine alte Kanalisation, auf welche man beim Aushub gestossen war. Höchstens die Hälfte der Filterrohre bringt Sickerwasser in bescheidenen Mengen in die am Fusse der Mauer als Vorfluter dienende Schale.

Einige Resultate der Bodenuntersuchungen im Zusammenhang mit der Berechnung der Mauereinspannung

Nachdem der Beschluss für die Erstellung einer in den Mergelschichten eingespannten Bentonit-Schlitzmauer mit T-förmigem Querschnitt gefasst war (s. oben), stellte sich auch die Frage nach den zulässigen Beanspruchungen, bzw. nach dem elastisch-plastischen Verhalten von Mergelschichten in vertikaler und vor allem in horizontaler Richtung. Zur Abklärung dieser nun vordringlich gewordenen Probleme wurden von Dezember 1961 bis Januar 1962 Feld- und Laboratoriumsversuche durch das Labor der Firma Schafir und Mugglin in Liestal durchgeführt. Als Experte amtierte wiederum Prof. Dr. R. Haefeli, Zürich.

a) Ergebnisse von Versuchen *in situ*, d. h. bei behinderter Seitendehnung

Die Versuche wurden als symmetrische horizontale Belastungsversuche mit je einer quadratischen Lastplatte von 40 × 40 cm auf der tal- und der bergseitigen anstehenden Fläche des Mergels mit einer dazwischengeschalteten 50-t-Presse im Bodenschlitz *S*₅ durchgeführt. Es zeigte sich, dass der scheinbar gleichartige «Fels» nahe seiner Oberfläche (Versuch 2) sich schlechter erwies als ein solcher, der rd. 0,80 m tiefer lag (Versuch 5).

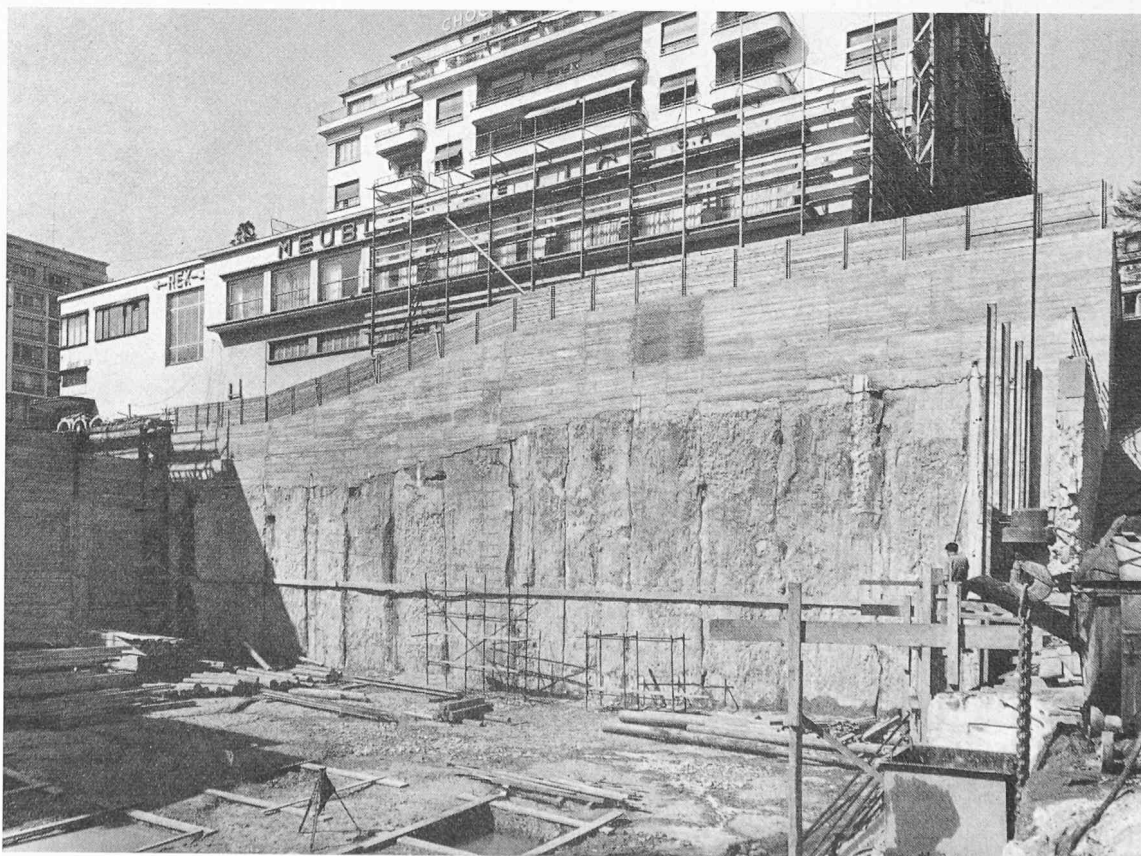
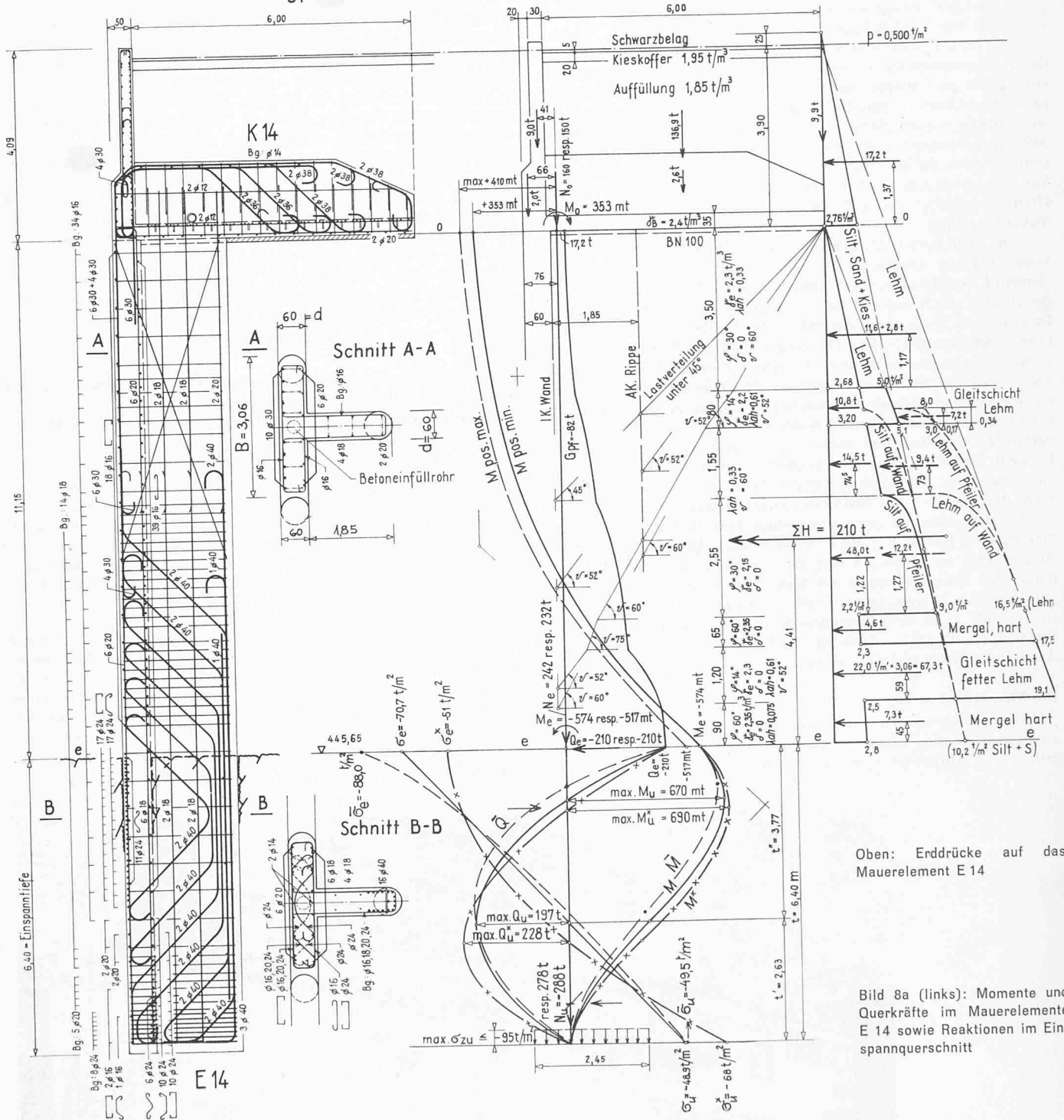


Bild 7. Die fertige Stützmauer, von Süden, dahinter das Gebäude Ste-Luce

Konsole Typ IV



Oben: Erddrücke auf das Mauerelement E 14

Bild 8a (links): Momente und Querkräfte im Mauerelemente E 14 sowie Reaktionen im Einspannquerschnitt

Bild 8. Mauerelement E 14 mit Konsole Typ IV, Armierung und statische Untersuchung. Längen 1:25

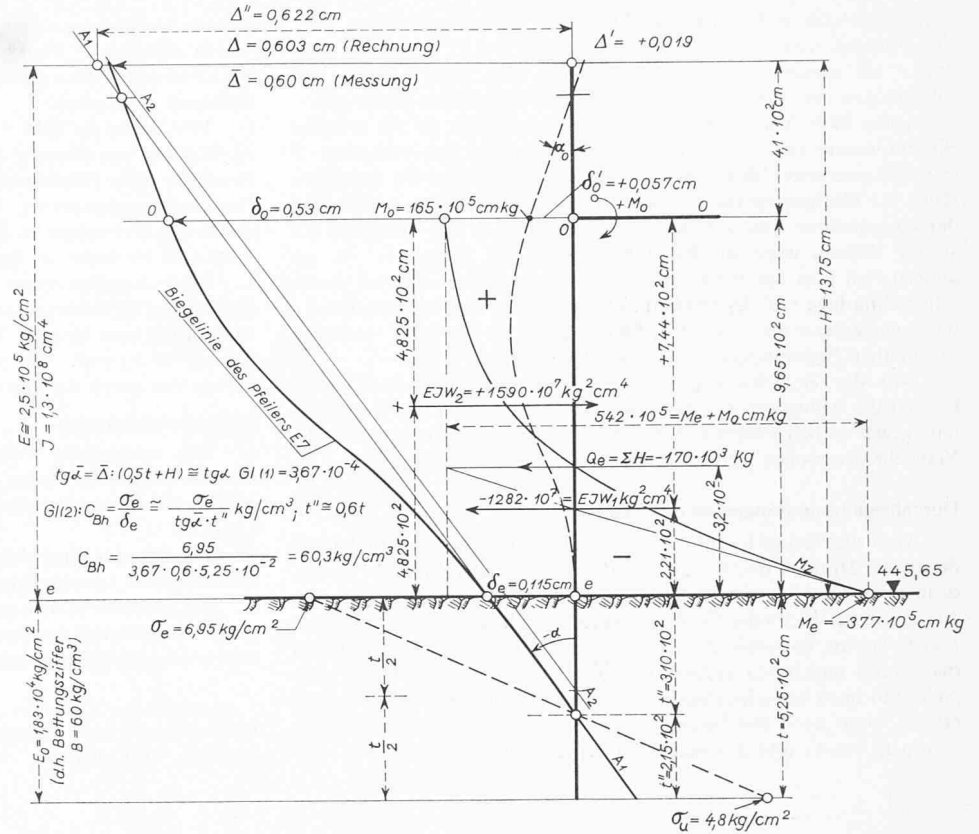
Die Annahme Bodenmodul M_{Bh} = konstant und die Bettungsziffer $C_{Bh} \cong 55 \text{ kg/cm}^3$ ergibt horizontale Reaktionen $\bar{\sigma}_e$, $\bar{\sigma}_u$, Querkräfte \bar{Q} und Momente \bar{M}
 Die Annahme Bodenmodul M_{Bh} = konstant und die Bettungsziffer $C_{Bh} \cong 30 \text{ kg/cm}^3$ ergibt horizontale Reaktionen σ_e , σ_u , Querkräfte Q und Momente M
 Die Annahme, dass der Bodenmodul mit der Tiefe und damit auch die Bettungsziffer C_{Bh} zunehme, ergibt Reaktionen σ_e^x , σ_u^x , Querkräfte Q^x und Momente M^x

Das Material nahe der Oberfläche zerfällt im Wasserbad, während dies beim Material des Versuches 5 nicht der Fall ist. Man erhielt für diesen «sehr harten Mergel» $M_E = 3040 \text{ kg/cm}^2$ für die Laststufe 2,5 bis 5,0 kg/cm^2 und eine Bettungsziffer $C_{Bh} = 75 \text{ kg/cm}^3$ unter einer Belastung von $\sigma_{ah} = -7,5 \text{ kg/cm}^2$. Beim weicheren Material des Versuches 2 ergaben sich Bettungszifferwerte C_{Bh} von rd. 40 kg/cm^3 .

b) Ergebnisse von Druckversuchen an den an das Labor von Schafir und Mugglin gesandten Probekörpern aus Mergel bei ungehinderter Seitendehnung

Die Druckfestigkeiten β_d ergaben an den Versuchskörpern, welche nahe der Mergeloberfläche gewonnen worden waren, für Druck parallel zur Schichtung, also horizontal wirkend, $\beta_{ah} =$

Bild 9. Mauerelement E7, Biegelinie berechnet mit einer Bettungsziffer $C_{Bh} = 60 \text{ kg/cm}^3$ und einem $E = 250\,000 \text{ kg/cm}^2$



$-10,2 \text{ kg/cm}^2$ und senkrecht zur Schichtung, also vertikal wirkend $\beta_{av} = -4,6 \text{ kg/cm}^2$. Für die tiefer in der Mergelbank gewonnenen Versuchskörper (sog. «sehr harter Mergel») ergab die Druckfestigkeit parallel zur Schichtung $\beta_{ah} = -92 \text{ kg/cm}^2$ und diejenige senkrecht zur Schichtung $\beta_{av} = -66 \text{ kg/cm}^2$.

Auffallend an den Versuchen ist, dass die Festigkeitswerte usw. stark schwanken. Auch sind sie in der Nähe der Mergeloberfläche am kleinsten, wenn diese nicht *eindeutig* dem sog. «sehr harten Mergel» angehört.

Prof. Haefeli empfahl daher folgende *Annahmen als Grundlage für die statische Berechnung* der Stützmauer, vorausgesetzt, dass die Einspannung der Mauer zu 100% in dem als «Marne dure» (d. h. «sehr harter Mergel») bezeichnetem Untergrund erfolge:

Horizontaler Zusammendrückungsmodul $M_{Eh} = 3000 \text{ kg/cm}^2$
 Bettungsziffer in horizontaler Richtung $C_{Bh} = 70 \text{ kg/cm}^3$
 zulässige horizontale Kantenpressung $\sigma_e = -8 \text{ kg/cm}^2$

Wie wir bereits ausgeführt haben, ergab eine Untersuchung der Zughauptspannungen im Anschluss der Platte an die Rippe eine zulässige maximale Kantenpressung $\sigma_e = -7 \text{ kg/cm}^2$ für den Fall eines sich zum Einspannmedium Mergel als absolut starr verhaltenden

Bild 11. Unterer Teil des Armierungskorbes für eine Mauer-Etappe, der in den ausgehobenen T-förmigen Schlitz versenkt wird

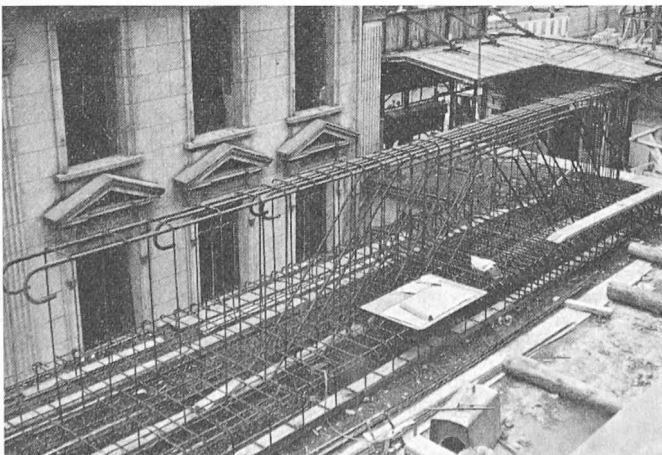


Bild 10. Hotel Continental, Lausanne. Bohr- und Aushubmaschinen bei der Arbeit längs des Fahrweges. Blick nach Osten



Mauerelementes E bei der Annahme, dass M_{Eh} konstant ist, bzw. eine zulässige maximale Kantenpressung $\sigma_{u*} = 0,93 \sigma_e$ für den Fall, dass – bei gleichen übrigen Annahmen – M_{Eh} nicht konstant ist, sondern von der Mergeloberfläche an in die Tiefe linear zunehme.

Diese zwei Annahmen haben den Vorteil, dass sie die grössten Biegemomente oder die grössten Querkkräfte im Mauerelement E erzeugen und somit für die Armierungsberechnung über die Einspannlänge « t » Grenzwerte darstellen (s. Bild 8a). Tatsächlich verhält sich der eingespannte Teil « t » des Mauerelementes E nur dann wie ein starrer Balken, wenn die Bettungsziffer $C_{Bh} \leq 30 \text{ kg/cm}^3$ ist. Im andern Fall liegt das Problem des sog. «kurzen Balkens» auf elastischer Unterlage vor. Es ergeben sich dann zwar Randpressungen $\bar{\sigma}_e$, die etwas grösser als σ_e sind; sie ändern aber den Wert der zulässigen maximalen Zughauptspannungen praktisch nicht.

Mit der Berücksichtigung dieser drei möglichen Verteilungsformen der Mauereinsparungsreaktionen sicherte sich der Konstrukteur gegen örtlich mögliche Überbeanspruchungen in dem durch die Versuche erwiesenen ziemlich heterogenen Einspannmedium.

Durchbiegungsmessungen an der Mauer

Weil die Mauer in alle Zukunft – also auch nach der Erstellung des neuen Hotels Continental – vollständig freistehend bleibt (Bild 6), ordnete die Oberbauleitung periodische Verschiebungsmessungen aller Axpunkte der Elemente E_1 bis E_{15} auf der Höhe des wieder erstellten Fahrweges an, nachdem der Aushub vor der Mauer getätigt war und man somit annehmen konnte, dass die berechneten Erddrücke sich nach und nach einstellen würden. Diese Erwartung hat sich offenbar erfüllt, wenn auch aus besonderen konstruktiven Gründen die Elemente E_1 bis E_4 und E_{15} sich nicht talwärts ausgebogen haben. Die

grösste Ausbiegung zeigte das Element E_{10} mit total 10 mm auf eine Mauerhöhe von 15,10 m bei einer Messgenauigkeit von ± 1 mm. Die Verschiebungen aller gemessenen Punkte sind seit rd. $1\frac{1}{2}$ Jahren zum Stillstand gekommen.

Wir haben in Bild 9 eine Kontrollberechnung der maximalen Ausbiegung von Element E_7 gemacht und gefunden, dass sich bei der Annahme einer Bettungsziffer $C_{Bh} = 60 \text{ kg/cm}^3$ genau die gemessene Durchbiegung errechnet. Die richtige Schätzung des E -Moduls der armierten Betonrippe ist dabei von ganz untergeordneter Bedeutung, indem die Drehung der Einspannstelle massgebend ist.

Überschläglich lassen sich die Bettungsziffern C_{Bh} rasch aus den gemessenen Durchbiegungen errechnen, siehe Gleichung 2 in Bild 9. Man erhält zum Beispiel für E_9 bis E_{11} rd. 35 bis 40 kg/cm^3 und für E_{12} rd. 50 kg/cm^3 . Alle diese Werte entsprechen grössenordnungsmässig den durch die Versuche ermittelten.

Schlussbetrachtungen

1. Das vorliegende Beispiel über die Anwendung des bentag-Verfahrens zeigt, dass dieses Bauverfahren sehr elastisch ist und weitgehend den verschiedensten örtlichen Anforderungen angepasst werden kann.
2. Die Kosten einer klassischen Stützmauer und der vorstehend beschriebenen Lösung liegen ungefähr im gleichen Rahmen.
3. Das gewählte Stützmauersystem bietet den Vorteil grösstmöglicher Sicherheit während des Baues, verbunden mit einem für den Bauherrn sehr erwünschten Raumgewinn.

Adressen der Verfasser: Max Meyer-Zuppinger, dipl. Ing. ETH/ASIC, Bleicherweg 56, 8002 Zürich und Hans Siegwart, dipl. Ing. ETH, Museggstrasse 8, 6000 Luzern

Der Turm zu Babel: Das Problem der gewerblichen Ansiedlung

DK 725.211

Mögen gewisse immer wiederkehrende Ausdrücke noch so modisch klingen, ist dies in der Regel nicht Mode allein, sondern Äusserung tieferer Regungen und nicht selten einer gewissen Besorgnis. Unter dem heute so gerne gebrauchten Wort *Umstrukturierung* verbirgt sich tatsächlich nicht nur oberflächliches Interesse und unbekümmerte Neugier, sondern mitunter ernstes Nachdenken und sogar bange Sorge. Alles befindet sich heute mehr oder weniger im Umbruch, und bis man sich an dieses fortwährende und unaufhaltsame Umstellen gewöhnt, d. h. gelernt hat, die Zeit als vierte Dimension aufzufassen und einzurechnen, steht man ratlos vor den Ereignissen. Nicht das man die Zusammenhänge nicht sehen würde, man vermag sie aber nicht einzuordnen, da alle Anhaltspunkte irgendwie ins Wanken geraten sind. Wo man hinsieht, ist ein Wandel im Gange, handle es sich um Wirtschaft, Währung, Demographie, Soziologie, Wissenschaft, Politik, Arbeitsmethoden oder Konstruktion! Es ist alles in Bewegung geraten, es führt jede Betrachtung ins Uferlose: Eine Gleichung mit lauter Unbekannten.

Dies erklärt einerseits die Zahl der Vorträge, Tagungen, Studienreisen, die sich mit einer der wichtigsten Umstrukturierungen, und zwar derjenigen der menschlichen Siedlungen samt den damit verbundenen Dienstleistungen abgeben, andererseits aber die Schwierigkeit, solche Veranstaltungen zweckmässig und zielstrebig zu gestalten. Will man nämlich das Thema etwas breit fassen, um eine möglichst zahlreiche und variierte Zuhörerschaft zusammenzubringen, muss man so weit ausholen, dass von einem programmatisch konsequenten Aufbau und gedanklich übersichtlichen Ablauf kaum noch die Rede sein kann.

Mit der Tagung «Die Klein- und Mittelbetriebe in der Umstrukturierung der Siedlungen» hat z. B. das Schweizerische Institut für gewerbliche Wirtschaft an der Hochschule St. Gallen einen derart umfangreichen Stoff gewählt, dass eine erspriessliche Behandlung einfach nicht möglich war. Bedenkt man die unzähligen Fragen, welche allein die Anpassung des Einzelhandels an die neuen Siedlungsformen aufwirft, fragt man sich, warum dazu noch diejenigen des Handwerkes behandeln wollen, zumal diese ganz anders lauten. Ist nicht das besagte Institut Opfer der eigenen Terminologie geworden, bei welcher Gewerbe als *Sammelbegriff* sowohl Einzelhandel als auch Handwerk und differenzierte Dienstleistungen umfasst? Von der Planung her betrachtet weisen aber Handwerk und Einzelhandel derart verschiedene Voraussetzungen auf, dass eine gleichzeitige Behandlung die ohnehin mühsame Einsicht in die jeweiligen Verhältnisse nur noch

erschweren musste. Der Verlauf der Tagung zeigte auch einen merkwürdigen Zwiespalt, indem ein jeder Redner, je nach Zugehörigkeit, sich dem einen oder anderen Thema fast ausschliesslich zuwandte.

Dabei hätten es die eher fragmentarischen Angaben über den Einbau des Handwerks in neuen Siedlungen sicherlich verdient, zusammengefasst und erweitert zu werden. Hier besteht ein offensichtlicher Rückstand, sei es dass die Handwerker selber die Bedrohung ihrer Existenz noch nicht völlig eingesehen haben, bzw. noch nicht wie die kleineren Detaillisten durch die Konkurrenz der Grossbetriebe zur (übrigens auch vielfach erfolgreichen) Abwehr gezwungen worden sind, sei es dass das Schicksal des Handwerks die Allgemeinheit weniger interessiert, als die glatte Erledigung der täglichen oder wöchentlichen Einkäufe. Ein Nachholen drängt sich auf und die Probleme des Handwerks, wenn auch weniger für die meist interessierte Publizität geeignet, sind doch wichtig und dringend genug, um allein eine Tagung zu füllen und zu rechtfertigen.

Immerhin ist in den Referaten allerlei über zahlreiche, zumeist ausländische Bestrebungen ausgesagt worden, um den Fortbestand des Handwerks auch unter den abgeänderten Umständen zu sichern. So wurde unter anderem über den Bau von Gewerbehäusern, mitunter in Miteigentum aufteilbar, referiert, sowie über die Planung von ganzen Gewerbequartieren, bei welchen Arbeits- und Wohnräume auf die verschiedensten Arten gruppiert werden. Diese bereits etwas kurz geratenen, jedoch sehr interessierenden, weil noch wenig bekannten Ausführungen wurden aber leider immer wieder durch Mitteilungen über den Einzelhandel unterbrochen, über welchen ohnehin jeder bald Bescheid weiss, zumindest in der dargebotenen allgemeinen Form.

Man bedauerte um so mehr, dass man sich in St. Gallen nicht auf diese neuartigen Betrachtungen über die zukünftige Unterbringung des Handwerks beschränkte und diese dafür ausbaute, als die Woche darauf eine sehr ähnliche Tagung im Gottlieb Duttweiler-Institut Rüslikon-Zürich unter dem Titel «Regionalplanung und Detailhandel – Warum wird der Handel vergessen?» (Stadt- und Einkaufszentren im Rahmen der Regionalplanung) stattfand, bei welcher das Handwerk praktisch nicht berücksichtigt wurde.

Im Gegensatz zu der etwas zufällig anmutenden Reihenfolge der St. Galler Vorträge war die Rüslikoner Veranstaltung nur zu straff, wenn nicht gar schulmeisterlich organisiert. Nach einem allgemein orientierenden, wirklich viel bietenden ersten Tag, wurde nämlich der