

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 75 (1995)

**Heft:** 3

**Vereinsnachrichten:** Ekursion und Symposium Mineralogie und Industrie = Excursion and  
Symposium Mineralogy and Industry

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.04.2026

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

## **Exkursion und Symposium Mineralogie und Industrie**

3./4. und 5. Oktober 1994 im Rahmen der 174. Jahresversammlung  
der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

## **Excursion and Symposium Mineralogy and Industry**

October 3/4 and 5, 1994 on occasion of the 174th annual meeting  
of the Swiss Academy of Sciences

SMPG

SCHWEIZERISCHE MINERALOGISCHE UND PETROGRAPHISCHE GESELLSCHAFT  
SOCIÉTÉ SUISSE DE MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

SASTE

SCHWEIZERISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR STEINE UND ERDEN  
GROUPE SUISSE POUR L'ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES

von *A. Stahel*<sup>1</sup>, *R. Kündig*<sup>2</sup> und *Th. Mumenthaler*<sup>3</sup>

### **Abstract**

The symposium "Mineralogy and Industry" was preceded by a two-day excursion. Several enterprises producing common building and ceramic materials – concrete aggregate, Portland cement, brick, glassware – were visited by a large group of mineralogically interested representatives from industry and universities. It was demonstrated and discussed how practical problems ranging from raw material extraction to emission control can be treated to some extent by mineralogical methods, at least if the term mineralogy is defined broadly enough, and if other disciplines are included. Further basic aspects of applied mineralogy were studied at an exhibition of cores from drill holes made by Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) for testing the suitability of rock formations underlying N-Switzerland as hosts for radioactive waste disposal.

Oral contributions to the symposium brought forward examples and case studies covering different fields of applied mineralogy and petrology. The rock/water interaction studies concerning the Wellenberg site in Central Switzerland – also considered for radioactive waste disposal – testify to an evolution that is going beyond the more traditional industrial applications of mineralogy.

*Keywords:* applied mineralogy, concrete aggregate, Portland cement, brick, glassware, industrial processes, environment control, rock/water interaction.

---

<sup>1</sup> Institut für Mineralogie und Petrographie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich. e-mail: stahel@erdw.ethz.ch

<sup>2</sup> Schweizerische Geotechnische Kommission, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich. e-mail: kuendig@erdw.ethz.ch

<sup>3</sup> ZZ Ziegeleien, Giesshübelstr. 45, CH-8045 Zürich.

## 1. Mineralogie und Industrie

Kies und Sand als Betonzuschlagstoff, Dachziegel und Backsteine, Portlandzement, Glas sind industrielle Erzeugnisse von überragender volkswirtschaftlicher Bedeutung. Zusammen mit andern Produkten haben sie die technische Zivilisation in höchstem Mass mitgeprägt. Sie blicken auf eine lange und traditionsreiche Geschichte zurück, in der die Mineralogie stets eine wichtige Rolle gespielt hat. Die Bedeutung der Mineralogie kommt kaum zum Ausdruck, wenn sich Herstellungsprozesse und Qualitätsansprüche im herkömmlichen Rahmen bewegen. Wenn allerdings Produktionsstörungen, Qualitätsprobleme und Schadenfälle auftreten oder Produktverbesserungen und -neuentwicklungen angestrebt werden, kann ihr eine zentrale Stellung zukommen.

Ein Ziel des Symposiums «Mineralogie und Industrie» war es, den Stellenwert der Mineralogie im Industriebereich den wissenschaftlich aktiven Mineralogen bzw. Erdwissenschaftlern und den Teilnehmern aus der Industriepraxis in Erinnerung zu rufen. Mit der symposiumsbegleitenden zweitägigen Exkursion sollte die Verknüpfung von traditionellen Betrieben der Steine- und Erden-Industrie und angewandter Mineralogie/Petrographie veranschaulicht sowie der Kontakt zwischen Wissenschaft und Praxis vertieft werden.

Der Begriff «Mineralogie», wie er sich in den Symposiumsbeiträgen manifestiert und wie hier verwendet, muss offensichtlich so breit als möglich definiert werden und somit in Teilen zumindest auch Aspekte der Fachrichtungen Petrographie/Petrologie, Geologie sowie weiterer nicht notwendigerweise erdwissenschaftlicher Disziplinen umfassen. Dies ermöglicht Zugang zu einem breiten Spektrum von Problemen, welches beispielsweise sowohl Lagerstätten von Rohstoffen wie phasenpetrologische Grundlagen oder Aspekte der Qualitätskontrolle genauso wie ökologische Fragen beinhaltet. Zur Orientierung und Einordnung kann aber auch auf die Analogie technisches Produkt – Gestein/Mineral Bezug genommen und als Gegenstand einer derart allgemein verstandenen Mineralogie die Beschreibung, Beurteilung und Interpretation von Gefügen in allen Grössenbereichen bezeichnet werden. Daraus resultiert ein Ansatz, wie er von Paul Niggli (NIGGLI, 1930; NIGGLI, 1931; EPPRECHT, 1988) überzeugend vertreten wurde und dem die modernen Materialwissenschaften weitgehend entsprechen. Gegenüber der Notwendigkeit, durch allseitige Offenheit und Flexibilität interdisziplinäre, nachhaltige Problemlösungen anzu-

streben, spielen aber derartige Umschreibungen letztlich keine entscheidende Rolle.

Die ausgewählten Exkursionsziele – Kieswerk, Ziegelei, Zementfabrik und Glashütte – verkörpern Produktionsbetriebe, welche einerseits durchaus vergleichbaren material- und verfahrenstechnischen Bedingungen unterliegen, andererseits aber durch produkt- und standortgebundene sehr spezifische Gegebenheiten mit völlig unterschiedlichen Problemen konfrontiert werden. Rein schematisch und summarisch eingeteilt, lassen sich Themen auflisten, (Tab. 1), für die neben andern auch mineralogische Aspekte in mehr oder weniger grossem Ausmass bedeutsam sind.

Die Tabelle erhebt keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit; je nach Standpunkt können sich unterschiedliche Aspekte und Gewichtungen ergeben. Sie bezeichnet jedenfalls eine Auswahl praxisnaher Problembereiche, welche in der Regel im Betrieb selber bearbeitet werden müssen, in den dazugehörigen und dafür besonders ausgestatteten Betriebslaboratorien oder in andern brancheninternen Institutionen. Es geht nicht um Grundlagenforschung, vielmehr werden fundierte Fachkenntnisse – auch mineralogische – verlangt. Ein in der Industrie tätiger Hochschulabsolvent muss darüber verfügen, sei er nun Geologe, Petrologe, Mineraloge, Chemiker, Maschineningenieur oder Umweltnaturwissenschaftler.

Die Betriebe werden manchmal auf Probleme stossen, die wegen fehlender analytischer Infrastruktur oder wegen kurzfristig nicht verfügbarer Fachkompetenz nicht selbständig gelöst werden können. In solchen Fällen wird sich die Industrie bei privaten Anbietern und im Universitätsbereich nach Unterstützung umsehen, letzteres besonders, wenn gute Kontakte zwischen Industrie und Hochschule bestehen und wenn auf der Seite Hochschule/Universität die Bereitschaft und die – z.B. personellen – Voraussetzungen zu derartigen Aktivitäten in angewandter Forschung überhaupt existieren. Eine derartige Zusammenarbeit umfasst ein sehr weites Feld, von der telefonischen Anfrage über den Expertisenauftrag bis zur Initiierung eigentlicher Forschungsaufträge oder -projekte auch mit Unterstützung Dritter (öffentliche Hand, Mittel aus Hochschulen, Nationalfonds).

Beispiele für das, was im engeren Bereich der Steine- und Erden-Industrie in der Schweiz möglich ist, zeigen die Arbeiten der siebziger/achtziger Jahre zu Themen wie Kiesschlammverwertung (MUMENTHALER, 1979; MUMENTHALER et al., 1987), Mikrogefüge Keramik (MEYER et al., 1984), Kiesersatz (JÄCKLI und SCHINDLER, 1986). In diesem Zusammenhang ist besonders die

Tab. 1 Einordnung der Mineralogie in ausgewählten Bereichen in der Steine- und Erden-Industrie.

Produktionsbereiche Betriebsprobleme	Rohstoff	Verfahrens- technik	Produkt	Markt	Gewicht Mineralogie
Prospektion, Rohmaterialbasis	+++				xxx
Abbautechnik, Aufbereitung	+++	++			x
minderwertige Rohstoffe	+++	++			xxx
alternative Rohstoffe	+++	++			xx
grundlegende Stoffsysteme		+++			xxx
Herstellungsprozess		+++	+		x
Emissionen	++	+++			x
Analytik	++	+++	++		xx
Materialeigenschaften		+	+++		xx
Qualitätskontrolle			+++	+	x
Rezyklierung	+		+++	++	x
Stör- und Schadenfälle	+	+	+++	+	xx
Produktentwicklung	+	+	+++	++	xx
Produktimage		++	++	+++	x
Bedarfsentwicklung				+++	
gesamtwirtschaftliches Umfeld	+	+	++	+++	
ökologische Auflagen, UVP	+	++	+	+++	x
Rekultivierung	++	++		+++	x

Zuordnung von Betriebsproblemen zu Produktionsbereichen:

+++ hauptsächlich    ++ bedeutend    + nennenswert

Gewichtung Mineralogie bezogen auf Problem und Bereich im Sinne dieser Arbeit:

xxx sehr stark    xx erheblich    x mässig

Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) zu erwähnen, welche als finanzkräftige Initiantin und Koordinatorin einen eigentlichen Forschungsschub in Gang gebracht hat. Am Symposium wurde durch mehrere Beiträge klar, dass damit ein Quantensprung im Forschungsgehalt oder -niveau verbunden war und ist (s. p. 467 im diesem Heft). Verantwortlich dafür ist in erster Linie die zwingend vorliegende klare Zielsetzung, welche im erdwissenschaftlichen Bereich Anspruch auf Einmaligkeit erheben darf. Bemerkenswert ist insbesondere die Kombination ganz unterschiedlicher erdwissenschaftlicher Forschungsmethodik wie geologisch-petrographische Feldaufnahme, Bohrlochgeophysik, theoretische und experimentelle Petrologie, Sedimentologie, Isotopengeochemie, Hydrogeologie. Daraus ergibt sich ein vertieftes Verständnis für die Wasser/Gesteins-Interaktion, und es wird dadurch möglich, räumliche und zeitliche Vorstellungen über den Stofftransport in der Geo- und in der Biosphäre zu modellieren (siehe z.B. Nagra, 1993, 1995). Wesentlich ist, dass alle verfügbaren Quellen in die Forschungsarbeit einbezogen werden, auch auf internationaler Ebene. Ob es sich insgesamt um angewandte Forschung oder Grundlagenforschung handelt, ist nicht relevant. Sicher aber ist diese Forschung interdisziplinär

und nachhaltig, d.h., sie erbringt Resultate, die über die ursprüngliche Zielsetzung hinausgreifen werden. Die Exkursion hat mit einem kurzen Besuch des Bohrkernlagers das Interesse für die bis jetzt geleistete Arbeit bekundet.

Entwicklungsanstöße gehen auch von der relativ ungebundenen, nicht direkt anwendungsorientierten Hochschul-/Universitätsforschung aus. Als Beispiel sei der Ausbau umweltbezogener Wissenschaften wie etwa der ausgesprochen interdisziplinär konzipierten Umweltwissenschaften an der ETH erwähnt. Die Forschungsaktivitäten gehen in Richtung Rohmaterialsubstitution, Schadstoffbeseitigung, Verwendung von Abfall- (bzw. Wert-) und Sekundärstoffen zur Herstellung traditioneller Produkte, Abgasreinigung, Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission usw. und müssen nicht notwendigerweise von der Industrie initiiert werden (BACCINI und GAMPER, 1994; EAWAG, 1995). Erfreulich ist, dass die Industrie als Pionier Massnahmen wie die Verbrennung von Klärschlamm (DE QUERVAIN, 1992; ROSE und BRENTROP, 1995) und von Altholz erarbeitet und realisiert, was parallele ökologische Bestrebungen in Industrie und Wissenschaft aufzeigt.

Ein anderes, ausgeprägter mineralogisch orientiertes Beispiel bezieht sich auf neue Unter-

suchungsmethoden wie z.B. Kathodenlumineszenz (MUMENTHALER et al., 1995), Transmissions-Elektronenmikroskopie und Kraft-Mikroskopie (GOUDA et al., 1994), welche in der modernen mineralogischen Forschung – in der Mineralogie im engeren Sinn und in den Materialwissenschaften – aktuell geworden sind. Sie können direkt für praxisnähere Untersuchungen übernommen werden, etwa für die längst nicht abgeschlossene Erforschung des Mikrogefüges von Beton/Zementstein (MEHTA, 1994) und anderen Baumaterialien, der sich damit neue Perspektiven eröffnen.

## **2. Kontakte Mineralogie-Industrie: Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Steine und Erden (SASTE)**

Im vorangehenden Kapitel wurde die Bedeutung der gegenseitigen Beziehungen zwischen Hochschule und Praxis herausgestrichen. Symposium und Exkursion dienten der Förderung dieser Beziehungen über persönliche Kontakte, wie sie im Rahmen der SASTE – welche die Exkursion hauptsächlich organisierte – seit langem gepflegt werden.

Die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Steine und Erden (SASTE) wurde 1960 gegründet als eine Plattform für die Vermittlung und den Austausch von Kenntnissen und Erfahrungen über industriell verwertete Gesteine und Erden und daraus hergestellter Produkte. Auch spezielle Untersuchungsmethoden, sofern diese für die Gewinnung, Fabrikationsverfahren oder für die industrielle Verwertung von Interesse sind, sollen verbreitet werden. Grosses Interesse wird der Ausbildung des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses an den schweizerischen Hochschulen und Universitäten entgegengebracht.

Zur Erreichung ihrer Ziele organisiert die SASTE jährlich eine bis zwei Versammlungen mit Vorträgen ihrer Mitglieder oder eingeladener Referenten. Alle fünf Jahre findet eine mehrtägige Studienreise mit Besichtigungen in- und ausländischer Betriebe aus der Steine- und Erden-Industrie statt. Neben dem in Referaten und anlässlich Exkursionen oder Firmenbesichtigungen vermittelten speziellen Fachwissen wird der persönliche Kontakt zwischen den einzelnen Mitgliedern gefördert. Interdisziplinarität wird grossgeschrieben, und technisch-wissenschaftliches Spezialwissen soll mehr firmenverbindend denn konkurrenzierend angewandt werden.

Heute gehören der SASTE gut 40 Schweizer Firmen und Industrieunternehmen und über 80 Einzelmitglieder aus den Bereichen Hochschule

und Industrie sowie aus Ingenieur- und Beratungsfirmen an, die auf dem Gebiet der Steine und Erden (Keramik, Zementindustrie, Erdwissenschaften, Bauchemie, Umweltschutz) im weiteren Sinn tätig sind (siehe Liste der Exkursionsmitglieder im Anhang p. 467). Die von den Mitgliedern – darunter sehr vielen Hochschulabgängern der klassischen und angewandten Erdwissenschaften – gepflegten Arbeitsgebiete werden stichwortartig in einem Verzeichnis nachgeführt und verbreitet, in der Absicht, verwendete Methoden und Apparate interessierten Kreisen zugänglich zu machen.

## **3. Exkursionsbericht**

An der Jahresversammlung 1994 der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW) erhielt die SASTE Gelegenheit, zusammen mit der Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft (SMPG) ein Symposium mit dem Titel «Mineralogie und Industrie» und eine dazugehörige Exkursion zu organisieren. Für die zweitägige Exkursion wurden stellvertretend für die Steine- und Erden-Industrie vier Betriebe ausgewählt, welche durch die alltägliche Gegenwart ihrer Produkte wie Kies, Zement, Backsteine und Glas einen repräsentativen Einblick sowohl in abbautechnische Bereiche, in herstellungs- und verarbeitungstechnische Prozesse wie auch in die wirtschaftliche Bedeutung geben sollten. Zusätzlich konnte mit der Besichtigung von ausgewählten Bohrkernen aus dem Nagra-Tiefbohrprogramm ein Zusammenhang mit den im Symposium vorgestellten neuen Forschungsergebnissen aus den interdisziplinären Untersuchungen im Bereich der Wasser/Gesteins-Interaktionen gezeigt werden.

Diese Exkursion wurde in allen Betrieben sehr zuvorkommend empfangen. Die Führungen und Erläuterungen waren kompetent und instruktiv; über alle Probleme wurde offen informiert. Vertreter der Wissenschaft erhielten Anregungen für notwendige praxisnähere Forschungsarbeiten, und möglicherweise ist auch den Praktikern klarer geworden, wie aus wissenschaftlichen Ansätzen Brauchbares für die Industrie hervorgehen kann. Die Diskussionen fanden in ungezwungener und angeregter Atmosphäre statt. Dafür waren in hohem Masse die Gastgeber verantwortlich mit ihren Produkten der anderen Art, wie dem aus der rekultivierten Kiesgrube stammenden «Gruebewy», dem Picknick (samt Ziegelei-typischem Rafzer) in der mächtigen ZZ-Lagerhalle, dem die Bohrkernkerne der Nagra begleitenden Fluid, dem – für gewisse Teilnehmer ret-

tenden – Morgenkaffee und der währschaften "HCB-Kost oder dem aus rezyklierten Vetro-Produkten ausgesetzten Apéro. Dafür sei den Verantwortlichen und ihren Mitarbeitern sehr herzlich gedankt.

### 3.1. KIESWERK HÜNTWANGEN

**Montag, 3. Oktober 1994, vormittags**  
**Besichtigung der Kieswerk Hüntwangen AG**

Pro Einwohner und Jahr werden in der Schweiz rund 5 bis 6 Kubikmeter (rund 10 bis 14 Tonnen) Kies und Sand verbraucht. Mit über 30 Millionen Kubikmetern pro Jahr stellen diese Lockergesteine gewichts- und volumenmässig die wichtigste Gruppe der nutzbaren Gesteine dar, die wertmässig die Milliardengrenze übersteigt. Der Abbau erfolgte früher lokal an sehr vielen Stellen; das Produkt war oft von bescheidener und sehr heterogener Qualität. In den letzten Jahren hat sich der Abbau immer mehr auf Grossbetriebe mit modernen Aufbereitungsanlagen verlagert. Einer dieser Grossbetriebe, die Kieswerk Hüntwangen AG (eine Unternehmung der Holderbank-Gruppe), wurde uns anlässlich der SASTE/SMPG-Exkursion am 3. Oktober 1994 vorgestellt.

Hüntwangen liegt im nördlich des Rheins gelegenen Teil des Kantons Zürich, im Rafzerfeld, welches zusammen mit dem geologisch und geographisch verbundenen Weiacherfeld das grösste Kiesgebiet im Kanton Zürich darstellt. Die Rafzerfeldschotter gehören zu einem vorwürmeiszeitlichen Rinnensystem des östlichen Hochrheingebietes. Sie bestehen zum Grossteil aus Material, welches durch den gegen Schaffhausen vorstossenden Teil des Linthgletschers geliefert wurde, dem aber über die Transfluenz von Sargans und über den Walensee grosse Teile von Rheingletschermaterial beigemischt wurden. Die Schotter enthalten im Durchschnitt etwa 90% Gerölle aus alpinen mesozoischen Sedimentgesteinen (vorwiegend Kalke) und etwa 5% kristalline Gerölle. Die Schotteroberfläche im Rafzerfeld liegt im Osten bei etwa 420 m ü.M., im Westen auf etwa 380 m ü.M., die Mächtigkeit im Abbaugbiet beträgt rund 50 m, wovon 30 bis 40 m abgebaut werden können. Der Grundwasserspiegel liegt unangetastet einige Meter unter der Abbausohle.

Mit einem imposanten Maschinenpark erfolgt sowohl der Kiesabbau als auch die spätere Wiedergestaltung des Grubenareals. Auf riesigen Transportbändern von einigen Kilometern Gesamtlänge gelangt der Wandkies in die Aufbereitungsanlage mit Waschtrommeln, Siebmaschinen,

Förderanlagen und Brechern. Hier wird das Rohmaterial gewaschen und klassiert. Die grösseren Steine werden gebrochen und ebenfalls in die normierten, marktgängigen Kornfraktionen aufgeteilt. Die Anlage produziert jährlich bis zu 1 Mio. m<sup>3</sup> Kies und Sand. Die Produktionsleistung beträgt rund 550 Tonnen pro Stunde (300 m<sup>3</sup> aufbereitetes Material). Direkt verbunden mit der Aufbereitungsanlage ist eine leistungsfähige, weitgehend automatisierte Verladeanlage, die bis zu 1000 Tonnen Material pro Stunde direkt in werkeigene Kies-Blockzüge verladen kann. Rund 92% des Kieses erreicht so per Bahn die gleiseerschlossenen Umschlagplätze in den Verbraucherzentren (vorwiegend im Kanton Zürich).

Für die Gestaltung des Grubenareals nach beendetem Abbau wird laufend Aushubmaterial aus den Bauzentren benötigt. Es wird mit speziell dafür gebauten, firmeneigenen Blockzügen nach Hüntwangen geführt und kann über eine 2,5 km lange Gleisanlage deponiert werden. Mit der Rekultivierung wird unmittelbar hinter dem Abbaubereich begonnen, damit das Gelände möglichst rasch der Nutzung für Land- und Forstwirtschaft oder der Wiederherstellung als Naturgebiet zugeführt werden kann. Ein Ergebnis von Rekultivierungsaufwendungen ist auch der entlang der nördlichen Abbaukante angelegte Rebberg. (Text nach HOFMANN, 1996).

### 3.2. ZIEGELEI RAFZ

**Montag, 3. Oktober 1994, 12.30–16.15 Uhr**  
**Besichtigung der Ziegelei Rafz (Rohstoffgewinnung und Backsteinfabrikation)**

#### *Produktion*

Die Ziegelei Rafz ist eine Produktionseinheit der ZZ Ziegeleien. Diese Unternehmung ist einer der grössten Baustoffproduzenten der Schweiz (Backsteine, Tondachziegel, Kalksandsteine, Porenbeton, Betonelemente) und gehört zur ZZ Holding, einer breit diversifizierten Industrie-gruppe.

In Rafz werden aus einer Rohstoffmischung über 35 verschiedene Backsteinsorten produziert. Es handelt sich dabei ausschliesslich um normale Backsteine verschiedenster Abmessungen und Formate, die für verputzte Mauerwerke eingesetzt werden. Sie weisen einen Lochanteil von 0–50 Vol.-% auf, was zu Raumgewichten zwischen 0,9 t/m<sup>3</sup> (gute Wärmedämmung) und 1,7 t/m<sup>3</sup> (gute Schalldämmung) führt. Pro Jahr werden ca. 70'000 t Backsteine hergestellt, wozu ca. 50'000 m<sup>3</sup> Rohstoff benötigt werden.

### *Rohstoffsicherung*

Die Ziegelei liegt ca. 1 km vom Dorfkern von Rafz entfernt, am Übergang zwischen der Niederterrassenschotter-Ebene des Rafzfeldes und dem NW angrenzenden, ca. 100 m hohen Hügelzug, der aus Sedimenten der Unteren Süsswassermolasse (USM) aufgebaut ist. Die Rohmaterialabbauzone liegt direkt hinter dem Werk. Der Rohmaterialabbau geht bis auf das Jahr 1863 zurück, wobei lange Zeit nur weiche, zum Teil entkalkte Gehängelehme von Hand abgebaut wurden. Erst mit der Inbetriebnahme eines modernen Werkes im Jahr 1961 (Steigerung der Produktion von ca. 9'000 t auf 55'000 t/Jahr) musste der Rohstoffabbau drastisch erhöht und auf die anstehenden Schichten der USM ausgedehnt werden.

Auf die ursprünglich vorgesehene Vergrößerung des Rohmaterialabbaues am Hang wurde aus Stabilitäts- und Landschaftsgründen verzichtet. Anhand geologischer Erkundungen, Kernbohrungen sowie chemisch-mineralogischer Analysen an den Bohrkernproben wurde ein günstiges Gebiet im bewaldeten Plateau oberhalb der bestehenden Grube gefunden. Das anschließende Bewilligungsverfahren dauerte mehr als zehn Jahre (privatrechtliche Verträge, Rodungsbewilligung, Abbau- und Rekultivierungsplanung), und die neue Grube konnte 1987 in Betrieb genommen werden. Heute werden die Rohstoffbedürfnisse der Ziegelei Rafz für zwölf Jahre gedeckt. Ein neues Erweiterungsprojekt sieht die Verdoppelung der heute genehmigten Abbaufäche mit Verdreifachung des Abbauvolumens vor.

### *Rohstoffgewinnung*

Der Abbau findet einmal jährlich während ca. sechs Wochen statt und wird durch eine spezialisierte Firma mit Bulldozer und Scraper durchgeführt. Der Aufbau der Rohstoffdeponien erfolgt lagenweise, so dass bereits eine recht homogene Verteilung der Komponenten gewährleistet ist. Die qualitative Steuerung dieser Jahresdeponie ist von grosser Bedeutung, da eine spätere Korrektur der Zusammensetzung der Rohstoffmischung sehr schwierig und kostenintensiv ist. Weil die in bezug auf Fabrikation und Endprodukt definierte Rohmaterialmischung durch Ausschneiden von bestimmten Sandsteinhorizonten erreicht wird, ist eine genaue Beschreibung der Abbauwand mit den dazugehörigen Bestimmungen der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung unerlässlich. In der Grube Rafz werden vier Grundtypen unterschieden mit unterschied-

lichen Gehalten an Tonfraktion, Karbonat, Quarz und Feldspat:

- Mergelsequenzen, bunt, ca. 100–250 cm mächtig (47%).
- Sandsteine, mürbe mit harten Sandsteinknuern, grau-graugelb, ca. 50–300 cm mächtig (35%).
- Stark sandige Mergel bis mergelige Sandsteine, bunt (13%).
- Kalkmergel, knollig, bunt, ca. 50–150 cm mächtig (5%).

Die für die Untere Süsswassermolasse charakteristischen Merkmale wie rotbraune Horizonte (Paläoboden), dünne dunkelgraue Mergel bis mergelige Sandsteine (Sumpfablagerungen mit Süsswasserschnecken und feinverteilter organischer Substanz), bunte Mergelhorizonte mit Kalkkonkretionen sowie Sandsteinrinnen sind in Rafz ebenfalls anzutreffen. Von Bedeutung für die Qualität der Backsteine sind die Kalkkonkretionen (Calcitgehalt ca. 80 Gew.-%), die bei ungenügender Zerkleinerung und nicht optimalem Brand Kalktreiber an der Oberfläche der gebrannten Produkte bilden können. Die Mineralogie der USM der Ziegeleigrube Rafz (alte Grube) ist in PETERS et al. (1972) detailliert beschrieben worden.

Dank der genauen Aufnahme und Analyse der Grubenwand kann der Rohmaterialabbau so gesteuert werden, dass die vorgesehenen, für die Fabrikation und Endproduktqualität optimalen Parameter der Rohstoffmischung in einer Variationsbreite von etwa  $\pm 2$  Gew.-% eingehalten werden können (Kornverteilung Ton-Silt-Sand, Kalk- und Quarzgehalt).

### *Fabrikations- und Qualitätskontrolle*

Die Qualität fängt in der Grube an, setzt aber auch optimale Fabrikationsabläufe voraus. Im Rahmen der Fabrikationskontrolle werden deshalb nicht nur die Zusammensetzung der Rohstoffmischung in regelmässigen Abständen überprüft, sondern auch die Fabrikationsbedingungen in allen Stufen (Aufbereitung, Verpressung, Trocknung, Brand) kontinuierlich überwacht und konstant gehalten. Durch die Prüfung der Endproduktqualität wird eine Rückkoppelung mit den Fabrikationsbedingungen und der Zusammensetzung der Rohstoffmischung ermöglicht.

### *Umweltschutz*

Umweltschutz wird in der Ziegelei Rafz aktiv betrieben. Er drückt sich in erster Linie im umsich-

tigen Umgang mit Rohstoffen und Energie sowie in einer emissionsbeschränkenden Betriebsführung aus.

Die Nutzung der Rohstoffe ist auf den langfristigen Bedarf und eine schonende Abbauweise ausgerichtet. Dies heisst im einzelnen:

- Umweltgerechter Abbaustandort (kurzer Rohmaterialtransportweg, Abbau gemäss Anforderungen des Landschafts- und Naturschutzes);
- lange Vorratsdauer (kleinere Abraummengen, Abbau rationeller, Rekultivierung einfacher);
- Abbau- und Rekultivierungsplanung (in Zusammenarbeit mit Landschaftsarchitekten und Naturwissenschaftlern im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung [UVP]);
- Abbauart (beschränkt auf 1–2 Monate jährlich, biotoperhaltende und -fördernde Massnahmen [siehe hierzu MEYER et al., 1994]).

Das Backsteinwerk Rafz wurde 1985 grundlegend modernisiert. Die Rationalisierung der Herstellungsprozesse und eine weitere Verbesserung der Produktequalität standen dabei im Vordergrund. Gleichzeitig konnten wichtige umweltbezogene Anforderungen erfüllt werden, nämlich:

- Reduktion des Energieverbrauches bei den fossilen Brennstoffen um ca. 30%.
- Keine Erhöhung des Verbrauches an elektrischer Energie trotz höherem Mechanisierungsgrad.
- Reduktion der Emissionen.

Die Reduktion des Verbrauches an fossilen Brennstoffen bringt, zusammen mit einer rechnergestützten Tunnelofenführung, eine wesentliche Reduktion der emittierten Schadstoffe. Diese liegen erheblich unter den Grenzwerten der 1992 in Kraft gesetzten Luftreinhalteverordnung (LRV).

### 3.3. BOHRKERNLAGER NAGRA

**Montag, 3. Oktober 1994, 17.00–18.30 Uhr**  
**Besichtigung Bohrkernlager NAGRA,**  
**Halle Montana Würenlingen AG**

Mit dem Besuch des Bohrkernlagers begab sich die Exkursion wieder in den Bereich der Erdwissenschaften im engeren Sinn. Anhand ausgewählter Beispiele wurden typische, für die Aufnahme radioaktiver Abfälle diskutierte Gesteine demonstriert. Die Teilnehmer erhielten Einblick in die Wellenberg-Formationen – dies auch als Vorbereitung für die Symposiumsbeiträge zur Wasser/Gesteins-Interaktion –, in die Evaporite der Bohrung Bex/Bois de la Glaive und in das

Kristallin der Bohrungen Böttstein und Kaisten. Die Kohlenflöze aus dem Permokarbon der Bohrung Weiach erfreuten sich ebenfalls reger Aufmerksamkeit. Die bei einem möglichen Endlager sehr wichtigen Phänomene wie Kluft- und Aderbildung, Vergipsung längs Klüften, Kleintektonik, Mineralneubildung u.dgl. konnten im Detail studiert werden.

Die umfassenden und hervorragend dokumentierten (z.B. NAGRA, 1985, 1989) Untersuchungen brachten eine gewaltige Erweiterung der Kenntnisse über die Geologie vor allem der Nordschweiz mit sich. Dies wurde hier eindrücklich aufgezeigt. Ersichtlich wurde auch wieder einmal, welche enorme Bedeutung der sorgfältigen und systematischen Beschreibung von geologisch-geophysikalischen und mineralogisch-petrographischen Fakten zukommt. Nur auf dieser Grundlage können Vorstellungen, Modelle und Prognosen von räumlichen und zeitlichen Migrationsprozessen aufgebaut und geprüft werden.

### 3.4. ZEMENTWERK REKINGEN

**Dienstag, 4. Oktober 1994, 08.30–14.00 Uhr**  
**Besichtigung des Zementwerkes Rekingen der**  
**"HCB-Holderbank"**

Das Zementwerk "HCB Rekingen gehört zum Holderbank-Konzern, einem der grössten Zement-Produzenten der Welt. Diese 1975 in Betrieb genommene Einheit (Jahreskapazität 700'000 t) ersetzte damals die alte Fabrik in Holderbank AG. In Rekingen werden ca. 15% der schweizerischen Zementproduktion hergestellt.

#### *Rohstoffgewinnung*

Die beiden Hauptkomponenten Mergel und Kalkstein werden im Steinbruch Musital abgebaut, der etwa 2 km nordwestlich des Werkes liegt. Tektonisch liegt das Steinbruchgebiet im Tafeljura. Die stratigraphische Situation ist in Tabelle 2 dargestellt.

Als Zementrohstoffe werden alle Schichten des Oxfordien sowie die Mergel der Oberen Süsswassermolasse verwendet. Das Vorkommen ist mit zahlreichen Bohrungen gut untersucht. Die Kalksteine werden gesprengt, die Mergel z.T. gesprengt (Effingermergel), z.T. gerippt (Molasse). Anschliessend werden die Rohstoffe per Dozer auf geneigten Rampen in die Nähe des Brechers auf Zwischenlager geschoben, mit Schaufellader dem mobilen Brecher zugeführt, dort zerkleinert und anschliessend per Band-

Tab. 2 Stratigraphische Schichtabfolge im Steinbruch Musital Rekingen.

Alter	Lithologie	Mächtigkeit
Quartär	lokal verschwemmte Moräne	
Tertiär (Miozän)	Obere Süßwassermolasse: graue siltige Mergel Obere Meeresmolasse: graue Sandsteine und z.T. harte Konglomerate	0–27 m 0–7 m
Jura (Malm)	Wangenerschichten: gut gebankter grauer bis gelbbrauner Kalkstein (Oxfordien) Geissbergschichten, gelblich-braune, gut gebankte, z.T. leicht mergelige Kalksteine "Obere" Effingerschichten, graubraune, siltige Kalkmergel mit einzelnen Mergellagen «Mittlere»; Effingerschichten, Wechsellagerung von grauen Mergeln und Kalkmergeln mit etwas Pyrit	max. 37 m 18 m 15 m > 50 m

strasse z.T. im Tunnel (Nurren) zur Fabrik transportiert.

(Quelle: «Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz», Schweizerische Geotechnische Kommission, 1996 / im Druck.)

#### Zementherstellung

Die Rohmischung besteht je nach der Art der mergeligen Komponente aus 55–65% kalkigem und 45–35% mergeligem Material. Sie wird im Mischbett (25'000 t) gezielt aufgebaut, d.h. vorhomogenisiert und für die Feinmahlung in der Walzenschüsselmühle (Fabrikat Lösche, Mahltrocknung, Kapazität 180 t/h) abgezogen. Das Rohmehl wird im Mischkammersilo (13'000 t) homogenisiert. Der Klinkerbrand erfolgt im Wärmetauscherofen (Polysius, 2200 t/Tag). Als Brennstoff wird Kohle, seit Herbst 95 auch bis zu 50% Altholz verwendet. Der jährliche Brennstoffbedarf entspricht ca. 80'000 t Kohle.

Der Zementklinker wird unter Zusatz von 5% Gips in einer Zweikammervorbundmühle (Kapazität 180 t/h, Ringmotor-Antrieb) zu Portlandzement vermahlen. Für die Lagerung stehen 2 Silos (je 14'000 t) zu Verfügung. Die Spedition erfolgt zu 95% im Loseverlad, zu 5% in 50-kg Säcken. Über 80% der Produktion werden per Bahn transportiert.

#### Fabrikations- und Qualitätskontrolle

Im betriebseigenen Labor werden primär die notwendigen Rohmaterial-, Rohmehl- und Kohlenanalysen und die Normprüfungen (ISO) für die Kontrolle der Zementqualität durchgeführt. Die Laborausstattung umfasst neben Röntgenfluoreszenzgerät und normgerechten Prüfgeräten

auch besondere Apparaturen für die Bestimmung von kritischen Konzentrationen im Abgas und für die Kontrolle der Altholzverwertung. Ziel ist die Erzeugung eines qualitativ hochstehenden Produkts mit definierten, gleichbleibenden Eigenschaften unter ökologisch einwandfreien Bedingungen.

Der Herstellungsprozess wird vom zentralen Leitstand aus weitgehend automatisch überwacht und gesteuert. Die relevanten Steuergrößen wie Rohmehlchemismus, Rohmehlmenge, Ofentemperatur, Wandtemperatur, Abgaszusammensetzung, Kühler Temperatur usw. werden kontinuierlich erfasst, um einen optimalen Ofengang zu gewährleisten.

#### Umweltschutz

Schon in der Projektierungsphase von Rekingen in den sechziger/siebziger Jahren war auf eine umweltsensible Umgebung Rücksicht zu nehmen und musste mit Einsparungen aus dem In- und Ausland gerechnet werden. Probleme wie Lärm, Abgas, Verkehr wurden möglichst früh mit Beteiligten und Betroffenen gewissenhaft geprüft. Das Ergebnis dieser Anstrengungen ist heute zu sehen, etwa in der Einbettung des Steinbruchs in die Landschaft, und die damals angestrebte Sorgfalt war vermutlich auch Voraussetzung, damit ein Projekt wie die Altholzverbrennung im Jahre 1989 in Angriff genommen werden konnte.

Für die Altholzverbrennungsanlage wurden 25 Mio. Franken investiert; sie konnte im Sommer 95 offiziell in Betrieb genommen werden. Es kann damit einerseits Altholz aus der Region ohne umweltschädigende Auswirkungen entsorgt werden, andererseits ersetzt das feingemahlene Altholz einen Teil der Kohle, die für die Klin-

kererzeugung eingesetzt wird. Im Endausbau wird die Kapazität der Anlage 70'000 t Altholz im Jahr betragen. Dadurch lassen sich 40'000 t Kohle ersetzen. Vom angelieferten Altholz bis zu den Emissionen aus dem Zementdrehofen ist ein umfangreiches Kontrollsystem aufgebaut worden. Insbesondere werden Schwermetalle, Stickoxide, Dioxine und Furane in den Emissionen regelmässig kontrolliert. In einer Vereinbarung mit verschiedenen Umweltschutzorganisationen hat sich die Firma bereit erklärt, die deutschen, weltweit strengsten Grenzwerte für Dioxine und Furane einzuhalten.

### 3.5. VETROPACK BÜLACH

**Dienstag, 4. Oktober 1994, 15.00–17.30 Uhr  
Besichtigung der Vetropack AG in Bülach**

Die Firma Vetropack AG ist mit den beiden Werken in St-Prex und Bülach führend in der Serienproduktion von Glasverpackungen (Umsatz 1993: 159,7 Mio. Fr.; 427 Mitarbeiter).

Um eine Tonne Glas zu produzieren benötigt man an Primärrohstoffen 694 kg Quarzsand (Glasbildner), 196 kg Soda (Flussmittel), 117 kg Kalk (Glashärter), 122 kg Dolomit (Läuterungsmittel), 63 kg Feldspat (Stabilisator) und etwa 8 kg verschiedene Komponenten zur Verhinderung der Blasenbildung, Entfärbung oder Färbung. Mittlerweile hat sich der zumischbare Altglas-Anteil auf 78% erhöht (100% bei Grün-, 74% bei Braun- und 56% bei Weissglas), der Anteil an Primärrohstoffen dementsprechend verringert.

Früher verwendet wurden in der Glasindustrie die Sande der Brackwassermolasse am Cholfirst (Gruben von Benken und Wildensbuch ZH), Glimmersande der Oberen Süsswassermolasse von Teufen ZH, bei Buchs ZH (Bergwerk Chrästel), bei Oberembrach ZH und in der Umgebung von Winterthur. Auch Sande der Oberen Süsswassermolasse, z.B. bei Wauwil LU, wurden in der dortigen Glashütte verwertet, und eiszeitliche kalkhaltige Sande wurden von der Glashütte St-Prex VD aus lokalen Vorkommen gewonnen. Bis 1993 wurden von der Glasindustrie bevorzugt – insbesondere für weisses Glas – auch die weissen, eisenarmen Kalke von St-Ursanne JU verwendet. Auch Lägern-Malmkalke von Dielsdorf ZH und Schrattenkalke der helvetischen Kreide (Rozloch, Beckenried NW) waren als Rohstoff geeignet.

Heute werden schweizerische Primär-Rohstoffe wie z.B. Quarzsand und Kalk in der Glasherstellung, insbesondere in der Verpackungs-

glas-Industrie, nur noch in geringem Mass oder gar nicht mehr eingesetzt. Die Schweiz liegt aber in bezug auf das Glas-Recycling mit 73% an der Spitze. Pro Einwohner und Jahr werden etwa 33 kg Altglas in den beinahe 9000 bereitgestellten Containern gesammelt.

Beim Fertigungsprozess der Verpackungsgläser wird die Mischung aus Recyclingmaterial und neu zugeführten Rohstoffen bei 1550 °C in einer Glaswanne geschmolzen. Genau dosierte Glas tropfen gelangen von dort in die Vorform und erhalten anschliessend in der Fertigform ihre endgültige Gestalt – ein imposantes Zusammenspiel von erstarrender, glühflüssiger Glasmasse und hochgradiger perfekter Automatisierung beim heiklen Transport der fragilen Glaskörper. Für den Laien ebenfalls in rasantem Tempo spielen sich die der Abkühlung im Kühllofen folgenden Qualitätskontrollen und schliesslich die Konfektionierung und Verpackung der Gebinde ab.

### 4. Fazit

Aus dieser summarischen Exkursionsbeschreibung kann die Bedeutung der Mineralogie in der Industriepraxis nicht abschliessend eingestuft und gewürdigt werden. Es lassen sich aber zumindest Vorstellungen entwickeln, wie Mineralogie im weitesten Sinne – wie in der Einleitung umschrieben – in der Steine- und Erden-Industrie und in andern Industriebereichen einsetzbar ist. Als Hilfsmittel für die weitergehende Beschäftigung mit dem Thema sei an dieser Stelle das im Druck befindliche Werk «Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz» ausdrücklich empfohlen (SCHWEIZERISCHE GEOTECHNISCHE KOMMISSION, 1996), welches als umfassend erweiterte Neuauflage das bekannte und nahezu vergriffene Werk «Die nutzbaren Gesteine der Schweiz» (DE QUERVAIN, 1969) ersetzt.

Die Beiträge zum Symposium waren sehr heterogen, zum einen Teil grundlegender Natur, zum andern Teil direkter praxisbezogen. Die abschliessende Diskussionsrunde hat gezeigt, dass beides notwendig ist, dass aber auch sowohl auf der Seite Wissenschaft/Hochschulforschung wie auf der Seite Industrie und Praxis mehr getan werden könnte. Dabei kann man den von der Nagra initiierten Projekten durchaus Beispielcharakter zubilligen. Aus der Diskussion ging auch hervor, wie unvollständig der Informationsaustausch zwischen den beiden «Seiten» tatsächlich ist. Erfreulicherweise führte dies zu einem konkreten Ergebnis:

Im Anschluss an das Symposium hat sich eine Ad-hoc-Gruppe konstituiert, welche sich als

«Gruppe Olten» regelmässig dort trifft und sich zum Ziel gesetzt hat, die Problematik Mineralogie und Industrie nebst vielen andern für die Erdwissenschaften relevanten Fragen zu thematisieren und zu inventarisieren. Ein erstes Resultat liegt nun vor. Über Internet/WWW entsteht ein Informationssystem – Swiss Geoweb genannt –, welches dem offenen Austausch von Informationen über Institutionen, Projekte und Aktivitäten dient und an dem Vertreter aus Praxis und Wissenschaft gleichermaßen partizipieren können. Wer an Internet angeschlossen ist oder hoffentlich bald sein wird, findet den Zugriff zu Geoweb mit **«<http://therion.minpet.unibas.ch/geoweb.html>»**. Auskunft und Zugang ist auch über die Autoren dieses Artikels möglich.

#### Literaturverzeichnis

- BACCINI, P. und GAMPER, B., Hrsg. (1994): Deponierung fester Rückstände aus der Abfallwirtschaft. Endlager-Qualität am Beispiel Müllschlacke. Tagung 14.–16. Sept. 1993, PEAK V1/93 Praxisorientierte EAWAG-Kurse. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich vdf, 100 p.
- DE QUERVAIN, F. (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. Schweiz. Geotech. Komm. (Hrsg.). Kümmerly & Frey, Bern, 3. Aufl., 312 p.
- DE QUERVAIN, B. (1992): Umweltfreundliche Klärschlammverbrennung am Beispiel des PCW Portland-Cement-Werks. Schweiz. Ver. Gas- und Wasserfach GWA 3/92, 184–187.
- EAWAG (1995): Jahresbericht 1994 EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, CH-8600 Dübendorf, 91 p.
- EPPRECHT, W. (1988): Paul Niggli und die Materialwissenschaften. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 68, 273–278.
- GOUDA, G.R., NISPEROS, A. und BAYLES J., eds (1994): Proceedings of the sixteenth international conference on cement microscopy. International Cement Microscopy Association, Duncanville Texas, 75137 USA, 422 p.
- JÄCKLI, H. und SCHINDLER, C. (1986): Möglichkeiten der Substitution hochwertiger Alluvialkiese durch andere mineralische Rohstoffe. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 68, 175 p.
- HOFMANN, F. (1996): Kies und Sand. In: SCHWEIZERISCHE GEOTECHNISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Im Druck.
- MEHTA, P.K., ed. (1994): Concrete Technology, Past, Present, and Future. Proc. V. Mohan Malhotra Symposium. American Concrete Inst., Detroit, SP-144. 683 p.
- MEYER, CH., KAUFMANN, B. und KELLER, H.J. (1984): Das Mikrogefüge grobkeramischer Scherben. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 63, 163 p.
- MEYER, CH., MUMENTHALER, TH. und SEIPPEL, A. (1994): Tongruben in Spannungsfeld zwischen Materialabbau und Artenschutz. Schweiz. Ing. und Architekt, 24, 459–464.
- MUMENTHALER, TH. (1979): Zusammensetzung und Verwertbarkeit von schweizerischen Kiesschlämmen im hydrothermalen Härtungsprozess. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 58, 86 p.
- MUMENTHALER, TH., PETERS, T.J. und IBERG, R. (1987): Kiesschlammverwertung, ein Beitrag zur Nutzbarmachung und Bewirtschaftung stark verlehmteter Kiesvorkommen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 71, 86 p.
- MUMENTHALER, TH., SCHMITT, H.W., PETERS, T.J., RAMSEYER, K. und ZWEILI, F. (1995): Verfolgung der Reaktionsvorgänge beim Brennen von karbonathaltigen Ziegelmischungen mit Hilfe der Kathodenlumineszenz. Ziegelindustrie International 95/5, 307–318.
- NAGRA (1985): Sondierbohrung Böttstein Untersuchungsbericht (Gemeinde Böttstein, Kanton Aargau, Schweiz). Textband. Nagra technischer Bericht NTB 85-01. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie Lfg. 67. Schweiz. Geotechn. Komm., 190 p.
- NAGRA (1989): Sondierbohrung Weiach Untersuchungsbericht (Gemeinde Weiach, Kanton Zürich, Schweiz). Textband. Nagra technischer Bericht NTB 88-08. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie Lfg. 73. Schweiz. Geotechn. Komm., 183 p.
- NAGRA (1993): Geology and hydrogeology of the crystalline basement of Northern Switzerland. Synthesis of regional investigations 1981–1993 within the Nagra radioactive waste disposal program. Nagra Report NTB 93-01.
- NAGRA (1995): 22. Geschäftsbericht 1994. Nagra Nationale Gesellschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, CH-5430 Wettingen, 40 p.
- NIGGLI, P. (1930): Mitwirkung der Mineralogen und Petrographen bei der Beurteilung der natürlichen und künstlichen Bausteine und Strassenbaumaterialien. Mitt. N. Verb. Mat.-Prüfung, Zürich, 1–9.
- NIGGLI, P. (1931): Reine und angewandte Naturwissenschaften: Rektoratsrede ETH Zürich 15.10.1928. Die Naturwissenschaften 19, 1–8.
- PETERS, T.J., MUMENTHALER, TH. und JENNI, J.P. (1972): Mineralogische und technologische Untersuchungen an Ziegeltonen aus der Molasse der NE-Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 52, 331–348.
- ROSE, D. und BRENTROP, L. (1995): Effektive Emissionsminderung bei Einsatz von Sekundärstoffen im schweizerischen Zementwerk Siggenthal. Zement-Kalk-Gips International, 48/4, 204–214.
- SCHWEIZERISCHE GEOTECHNISCHE KOMMISSION, Hrsg. (1996): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Im Druck.

Manuskript erhalten 5. Oktober 1995.

## Anhang

## Exkursion «Mineralogie und Industrie»: Teilnehmerliste

- Bayer, G., Nichtmetallische Werkstoffe, ETHZ  
 Béarat, H., Université de Fribourg  
 Beer, Ch., Ingenieurgeologie ETHZ  
 Benghezal, A., Université de Fribourg  
 Blanc, B., Moser + Blanc, Winterthur  
 Colak, M., Université de Fribourg  
 Du Pasquier, F., "HCB Eclépens  
 Felber, H., Ziegelwerke AG Horw-Gettnau-Muri  
 Fürst, D., Université de Fribourg  
 Guscioni, N., Université de Fribourg  
 Heckendorn, W., Holderbank Management und  
 Beratung AG  
 Herzog, P., Plüss-Staufner AG  
 Hofmann, F., Neuhausen  
 Hüsler, W., K. Hürlimann Söhne AG  
 Imbach, Th., Geologisches Büro Dr. H. Jäckli AG  
 Iseli, B.-F., Bureau de géologie, Effretikon  
 Janke, M., 1700 Fribourg  
 Jauch, J., K. Hürlimann Söhne AG  
 Jornet, A., Istituto cantonale Tecnico-Sperimentale  
 Canobbio  
 Junge, S., D-01847 Lohmen OT Mühlisdorf  
 Kägi, R., ZZ Ziegeleien  
 Köchli, W., K. Hürlimann Söhne AG  
 Kündig, R., Schweizerische Geotechnische  
 Kommission  
 Leiber, J., Geologisches Landesamt,  
 Freiburg im Breisgau  
 Leuenberger, H., DESAIR AG, Wermatswil  
 Lichtsteiner, F., Sika AG, Zürich  
 Ludin, H.G., ROBA Gruppe, Basel  
 Lukacs, J., D-79790 Ettikon  
 Maggetti, M., Université de Fribourg,  
 Mazurek, M., Min.-Petr. Institut, Universität Bern  
 Meyer, Ch., Keller AG Ziegeleien, Frick  
 Moser, R., Moser + Blanc, Küssnacht  
 Mumenthaler, Th., ZZ Ziegeleien  
 Niederer, B., ZZ Ziegeleien  
 Nyfeler, D., Universität Bern  
 Pusztaszeri, L., 1823 Glion  
 Ried, F., 8200 Schaffhausen  
 Romer, M., EMPA, Dübendorf  
 Romer, A., Bausystem-Baustofftechnik, Lenzburg  
 Rück, Ph., Materialtechnik am Bau, Lenzburg  
 Schafer, M., 1700 Fribourg  
 Schmitt, H.-W., ZZ Ziegeleien  
 Schuler, D., K. Hürlimann Söhne AG  
 Schuler, R., K. Hürlimann Söhne AG  
 Schwander, J., Tonwarenfabrik Laufen AG  
 Schwarz, H., ETH-Bibliothek, ETHZ  
 Schweizer, K., Sihelco AG, Birsfelden  
 Sieber, N., Sieber, Cassina und Partner, Zürich  
 Spittel, U., "HCB Siggenthal  
 Spörri, S., ILU, O. Lang AG, Uster  
 Spühler, M., Ingenieurgeologie ETHZ  
 Stahel, A., Institut für Mineralogie und  
 Petrographie ETHZ  
 Steiner, R., K. Hürlimann Söhne AG  
 Stucky, K., Gipsunion AG, Holderbank  
 Stuker, E., Tonwerk Lohn AG  
 Thélin, Ph., Université de Lausanne  
 Vogler, R., Schweizerische Geotechnische Kommission  
 Von der Crone, M., LPM AG, Beinwil am See  
 Waber, H.N., Min.-Petr. Institut, Universität Bern  
 Walker, T., K. Hürlimann Söhne AG  
 Weber, A., "HCB Siggenthal  
 Westenberg, M., 4132 Muttenz  
 Wiener, G., 4410 Liestal  
 Wilhelm, B., Katadyn Produkte AG, Wallisellen  
 Witgert, P.M., Sihelco AG, Birsfelden  
 Wyss, P., FLUMROC AG, Flums  
 Zwicky, Ch., Universität Basel
- Die genauen Adressen können beim Sekretär  
 der SASTE, Dr. R. Kündig, erfragt werden.  
 (Schweizerische Geotechnische Kommission,  
 ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.  
 Tel. 01/632 37 28, Fax 01/632 12 70,  
 e-mail:kuendig@erdw.ethz.ch)