

Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1995
-------------------	--------	--	-----------------	-----------

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1993

GRENZEN DER GEOTECHNIK

- ABFALL UND LANGZEITWIRKUNGEN -
- GROSSE TALSPERREN -



Payerbach, 26. und 27. November 1993

veranstaltet von: Geoschule Payerbach, Geol.Dienst des Landes NÖ, Geotechn. Institut der BVFA Arsenal

*INHALT*

P.H. BRUNNER	Abfall als Langzeitrisiko	103
	<i>Diskussion</i>	107
W. KASPER	Behebung von Umweltschäden - am Beispiel des Grundwassers der Mitterndorfer Senke	117
	<i>Diskussion</i>	135
H. KALLENBACH	Zur Geologie von Berlin: Wirtschaftliche Nutzung und ökologische Probleme	141
	<i>Diskussion</i>	163
E. SEMENZA	Vaiont / Longarone - 30 Jahre nach der Katastrophe	165
M. GHIROTTI	<i>Diskussion 1</i>	179
	<i>Diskussion 2</i>	183
H. LUDESCHER	Das Verhalten der Kölnbreinsperre nach der	189
Vortragender:	Errichtung einer talseitigen Abstützkonstruktion	
P. OBERNHUBER	<i>Diskussion</i>	211

Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 103 - 115	Wien 1995
-------------------	--------	--	-----------------	-----------

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1993

ABFALL ALS LANGZEITRISIKO

P.H. BRUNNER

(KURZFASSUNG)



Payerbach  
26. November 1993

Mitteilungen für Baugologie und Geomechanik	Band 3	Baugologische Tage Payerbach 1991	Seite 7 - 99	Wien 1994
Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1994

*Anschrift des Verfassers:*

*o.Univ.-Prof.Dr.P.H. BRUNNER,  
Technische Universität Wien,  
Inst.f.Wassergüte u. Abfallwirtschaft, Abt.f.Abfallwirtschaft,  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

# ABFALL ALS LANGZEITRISIKO

P.H. BRUNNER

(KURZFASSUNG)

Der Mensch hat während der letzten Jahrhunderte, und insbesondere während der letzten Jahrzehnte sehr große Mengen an Stoffen aus der Erdkruste entnommen, aufgearbeitet, veredelt und konsumiert. Vorhandene Daten zeigen ein exponentielles Wachstum der globalen Produktion; für Blei wurde berechnet, daß der Umsatz heute rund eine bis zehn Millionen mal höher ist als vor einigen Jahrtausenden. Dementsprechend sind auch die Bleikonzentrationen in der Umwelt (Sedimente, Böden, Pflanzen usw.) angestiegen. Aufgrund der heutigen Kenntnisse über globale Stoffkreisläufe muß davon ausgegangen werden, daß die Dissipation der Stoffe für die Entwicklung der Anthroposphäre<sup>1</sup> früher begrenzend wirkt als das Versiegen der Rohstoffe. Als Beispiele können die Ozonlochproblematik, der Treibhauseffekt oder die Bleibelastung dienen, die alle lange vor einem Versiegen der entsprechenden Rohstoffe auftraten.

Die großen vom Menschen in Verkehr gebrachten Stoffmengen werden während des Wirtschaftsprozesses über kurz oder lang zu Abfällen degradiert. Für die Abfallwirtschaft gibt es nur zwei Möglichkeiten: Entweder werden die Stoffe wieder in den industriellen Kreislauf zurückgeführt oder, im weitesten Sinne, an die Umwelt abgegeben. Die Wiederverwertung bedeutet zwar eine temporäre und relativ wirksame, aber keine endgültige Entlastung der Abfallwirtschaft, da ein vollständiger Kreislauf aus thermodynamischen Gründen nicht möglich ist (der Verlust je Kreislauf beträgt je nach Produkt rund 5-50 %). Um die langfristigen Risiken und Chancen, die durch die Rückführung und Akkumulation von Stoffen in der Anthroposphäre entstehen, kalkulieren zu können, ist es notwendig, daß

anhand von Stoffbuchhaltungen Kenntnisse über den Gebrauch und den Verbleib von Materialien gesammelt werden. Neuere Abschätzungen zeigen, daß das Reservoir an Stoffen, welches in der modernen urbanen Infrastruktur eingebaut ist, bereits einige hundert Tonnen je Einwohner beträgt und jährlich um rund 1% wächst. Zukünftig ist es wichtig, die Infrastruktur (Gebäude, Kommunikationsnetze für den Transport von Personen, Güter, Energie und Information, Produktionsanlagen etc.) auch nach den Gesichtspunkten der Wiederverwertung, der Entsorgung und der langfristigen Umweltverträglichkeit zu planen und zu gestalten.

Langfristig werden auch die in die Anthroposphäre<sup>1</sup> eingebauten Stoffe entsorgt werden müssen. Die einzige nicht-dissipative Möglichkeit, Stoffe aus der Anthroposphäre an die Umwelt zurückzugeben, besteht in der Deponie. Die Abfallwirtschaft wie auch die Volkswirtschaft wird deshalb nie auf die Deponie verzichten können. Um das Langzeitrisiko von deponierten Abfällen zu minimieren, wurde das Endlagerkonzept entwickelt. Dieses, in der Bundesrepublik bereits in der TA Siedlungsabfall enthaltene Prinzip beruht darauf, daß nur noch inertisierte Abfälle abgelagert werden; die wichtigste Schranke zwischen der Deponie und der Umwelt soll das Deponiematerial selbst sein. Das neue Ziel der Abfallwirtschaft besteht darin, neben wiederverwertbaren Reststoffen "Steine" zu produzieren, die ohne Nachsorge

---

<sup>1</sup> *Anthroposphäre: Der Bereich, der durch den Menschen gestaltet wird, und in dem die menschlichen Aktivitäten stattfinden, manchmal auch Technosphäre genannt.*

abgelagert werden können, eine Forderung, die bereits im Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz von 1990 enthalten ist.

Die Frage nach dem verfügbaren Deponievolumen erscheint zweitrangig gegenüber der, nach der Qualität des Deponiematerials: Bedenkt man, daß die Rohstoffentnahme aus der Erdkruste bei wachsender Infrastruktur immer größer sein wird als die abzulagernden Abfälle, so ersieht man, daß es zwei Problemkreise gibt: Die mengenmäßig nicht mehr zu füllenden Löcher, und die Qualität der Abfälle, die eine Ablagerung in diesen Löchern größtenteils verunmöglichen. Gelingt es durch die Entsorgungstechnik, die Abfälle wieder in die geochemische Form zu transformieren, die sie früher bei der Rohstoffausbeutung hatten, wird das Deponieproblem auch mengenmäßig lösbar sein. Das Langzeitrisiko solcher gezielter Ablagerungen von erzähnlich konditionierten Abfällen wird sich nicht mehr wesentlich von demjenigen geologischer Formationen unterscheiden.

Um diese "Endlagerqualität" zu erreichen, müssen Abfälle vorbehandelt werden. Zur Zeit ist die thermische Behandlung dasjenige Verfahren, welches am ehesten in der Lage ist,

endlagerfähige Reststoffe zu produzieren. Allerdings ist noch keine gesteinsähnliche Qualität für alle Produkte der Verbrennung erzielbar. Das Langzeitrisiko von gasseitigen Emissionen von thermischen Anlagen wurde durch eine beispielhaft technische Entwicklung in den letzten zwei Jahrzehnten um mehrere Größenordnungen reduziert. Modellrechnungen und Feldmessungen stimmen darin überein, daß Verbrennungsanlagen der neuesten Generation nur noch Emissionen an die Luft abgeben, die auch langfristig weder für die Luft noch für den Boden als letzte Senke eine Gefährdung darstellen.

Das Beispiel der unverhältnismäßig hohen Kosten der Sanierung von Altlasten zeigt, daß langfristig auch aus volkswirtschaftlicher Sicht die teure Vorbehandlung und die anschließliche Ablagerung endlagerfähiger Reststoffe gerechtfertigt ist. Es ist zu hoffen, daß unsere Generation diese Kosten auf sich nimmt, um den nachfolgenden Generationen die weit höheren Sanierungskosten zu ersparen

## DISKUSSION

## ABFALL ALS LANGZEITRISIKO

RIEHL-H.: Ich darf in einer kurzen Überleitung darauf hinweisen, daß Sie die Deponie wieder zur Lagerstätte zurückführen und damit auch einen Austrag haben, der allerdings dem geogenen natürlichen Austrag entspricht. Naturgemäß ist es aber so, daß auch dieser geogene Austrag differenziert ist. Herr Prof. Schroll ist unter uns und er weiß, daß man mit der Geochemie heute Lagerstätten sucht, und das könnte man natürlich nicht, wenn kein Austrag wäre, wenn nicht eine Differenzierung des geogenen Hintergrundes da wäre.

SCHROLL: Man muß bedenken, wir haben die Gegenüberstellung der technischen Lagerstätte, der anthropogenen Lagerstätte, technologischen Lagerstätte und der geogenen Lagerstätte. Die Lagerstättenkundler haben sich eigentlich über die Verwitterung der Lagerstätten noch etwas zu wenig gekümmert. Sie sind von der Prospektionsseite daran gegangen: wie kann ich die Lagerstätte finden, wo sind Beziehungen im Boden, im Gestein, im Wasser, in der Entgasung oder in der Luft? Sie suchen Spurenstoffe, in denen man die Nähe einer Konzentration, einer Lagerstätte, einer geogenen Konzentration erkennen kann.

Auch rein sedimentäre Lagerstätten reichern ja für unsere Begriffe Schadstoffe an; sie müssen ja auch einem ähnlichen Prozeß folgen, wie Sie hier bei der technologischen Lagerstätte angedeutet haben, auch im sedimentären Bereich, bakteriogene Prozesse usw. bis das Ganze dann doch ein gewisses Gleichgewicht findet, das aber wieder dann gestört wird, wenn reduzierte Stoffe beispielsweise oxidiert werden. So stellt sich etwa die Frage, wieviel Blei hat die Lagerstätte im Bleiberg verloren, als sie nicht aufgeschlossen war, als sie dann immer wieder sukzessive aufgeschlossen worden ist. So eine Lagerungsstätte hat Oxidationsprozesse, wo mit den Wässern ganz beträchtliche Mengen weggehen können.

Wir müssen auch bedenken, daß eben diese Stoffe, die wir als schädlich empfinden, aber auch zum Leben zum Teil wieder brauchen, auf der Erde bzw. in der Erdkruste nicht gleichmäßig verteilt sind und daß wir Anreicherungen haben, die einfach vorgegeben sind. Das müssen nicht nur Lagerstätten sein, das können auch Massegesteine sein. Man kann es aus dem Geochemischen Atlas über Österreich ersehen, es gibt Gebiete, z.B. Granitgebiete im Waldviertel, die beachtliche Bleimengen Konzentrationen darstellen, vor allem auch im Boden, da werden heute Kartoffel gepflanzt und kein Mensch hat sich bisher darum gekümmert. Es gibt sehr häufig Böden in Österreich, die hohe Arsengehalte haben, auch um die hat sich bis heute kein Mensch gekümmert oder aufgeregt. Ich glaube, daß man diese Beziehung zwischen den naturgegebenen Schadstoffen oder möglichen potentiellen Schadstoffen, und eine Lagerstätte gehört letztlich nach der neuen Deutung leider Gottes dazu, und den anthropogenen Schadstoffen überdenken muß. Sicherlich ist eines notwendig, und da teile ich durchaus die Anschauung, wir müssen zu einem möglichst großen Recycling kommen.

Wir können es uns nicht leisten, die Stoffe, die uns schädigen können, das Leben schädigen können, zu verteilen. Aber wir müssen vielleicht auch überlegen, wie weit kann man auch diese Ungleichheit der Natur durch die Anreicherungen an Schadstoffen wieder dazu nutzen, daß man vielleicht im Zuge der Raumplanung sagt, na gut, das ist hier schon einmal da, da kann ich nichts machen, aber ich kann dann irgendwelche Betriebe hingeben, die unter Umständen eine gewisse Schadstoffbelastung erzeugen. Ein Beispiel ist das Quecksilber: wenn sie nach Spanien fahren, nach Almaden, zu den Quecksilberbergbauen, da rinnt das Quecksilber in der Gegend der Aufbereitung herum, schon am Boden liegt es

so da, man kann das schön fotografieren. Aber was macht man? Man liefert sämtliche quecksilberhaltigen Abfälle in diesen Bereich hinein. Da kommen die Fässer von England oder Deutschland usw. und die quecksilberhaltigen Abfälle werden dort wieder aufbereitet. Wie weit das nun ein gesunder Arbeitsplatz ist, ist wieder eine andere Frage.

Ich glaube, man müßte hier auch ein bißchen denken lernen und den Zusammenhang zwischen den geogenen Gegebenheiten, die ich ja nicht ändern kann, herstellen. Ich kann eine Lagerstätte, die von Natur aus hingestellt ist, die wir genützt haben oder vielleicht auch wieder in der Zukunft nützen müssen, nicht zur Schadstoffdeponie erklären. Das wäre ja vollkommener Unsinn. Ich glaube den Gedanken müßte man in diesem Sinne auch pflegen.

RIEHL-H.: Wir danken für die Ausführung und ich darf Herrn Prof. Brunner bitten, darauf zu antworten.

BRUNNER: Sie haben so viele interessante Problemkreise aufgeworfen. Ich möchte nur vielleicht auf drei antworten.

Das erste ist der regionale Ansatz. Gerade in der Abfallwirtschaft und in der Deponietechnik und im regionalen Stoffhaushalt pflegt man natürlich ganz extrem diesen regionalen Ansatz, da bin ich mit Ihnen völlig einverstanden. Schauen wir einmal diese Deponie an von diesen PKW-Rückständen und schauen wir den Beitrag dieser Deponie zu den Gewässern an. Wenn dieses Gewässer bereits geogen vorbelastet ist, dann kann ich einen anderen anthropogenen Beitrag liefern, als wenn ich in einem Gebiet bin, wo das Gewässer eine völlig andere Qualität hat. Dieser regionale Ansatz bedeutet aber, daß man auch anerkennt, daß es regionale Unterschiede gibt, und das ist auch ein langer politischer Prozeß. In Österreich findet es jetzt langsam statt, daß man quasi Reinluftgebiete aus touristischen Gründen auscheidet. Das ist natürlich auch für die unreinen Luftgebiete ein wichtiges politisches Thema. Der regionale Ansatz in der Abfallwirtschaft ist ganz klar.

Ich denke auch, daß man genau diese geogene Sedimentsituation mit den hohen Konzentra-

tionen verknüpft mit den anthropogenen Sedimenten, daß man also Deponien dort hineinstellt, wo wir schon geogene Konzentrationen haben.

Zum zweiten ist es interessant nach China zu schauen. Die Chinesen sprechen nicht von Umweltschutz, die sprechen von Geochemie. Sie benutzen den geochemischen Ansatz, d.h. sie schauen eine Region an, woraus besteht eigentlich diese Region und sie pflanzen dann die anthropogenen Stoffe in diese Region hinein. Und so sieht man dann auch, daß die geogene Metallbelastung auch bei Menschen, bei Pflanzen, bei Tieren ganz entscheidende Einflüsse hat.

Ich gebe Ihnen ein Beispiel, das in der Nähe liegt: in Davos gibt es eine Alpe, die "Totalp". Die ist inzwischen berühmt und heißt Totalp seit Jahrhunderten. Niemand hat das Vieh dort oben weiden lassen, weil es eben die Totalp war. Heute wissen wir, daß diese Böden dort sehr viel Nickel und Chrom enthalten und damit auch die Pflanzen, die dort wachsen - es ist zwar schon eine selektive Pflanzengesellschaft - aber trotzdem haben sie viel Nickel und Chrom aufgenommen und das Vieh, das man dort weiden ließ, ist daran zugrunde gegangen.

Solche geogenen Hotspots, die gab es schon immer, aber die hatten auch schon immer Konsequenzen. Ich denke, daß wir beim Aufbau von anthropogenen Hotspots sehr vorsichtig sein müssen, damit wir für die Zukunft eben nicht ein Risikopotential aufbauen von sehr vielen anthropogenen Hotspots.

Und als letztes vielleicht, was ich sehr interessant finde, ist diese neue Ansicht, wie die Metallkonzentration in den Grundwässern eigentlich entstehen. Das trifft vielleicht weniger auf Sedimentgebiete zu, wo der Untergrund etwas homogener strukturiert ist. Es sind einzelne, heterogen verteilte Stellen mit geogen höheren Metallkonzentrationen, also durchaus geogene Quellen, die für die Konzentration in den Grundwässern verantwortlich sind. Deponien als anthropogene Quellen kann man ähnlich behandeln. Man vergleicht mit der Natur, wie groß sind diese Hotspots, was ist ihre Quellstärke, wie groß dürfen die sein,

was wird die Auswirkung sein auf das Grundwasser. Zusammengefaßt, wie können wir eigentlich aus der Natur, aus der Geochemie, aus der Geologie lernen für die Abfallwirtschaft?

SCHROLL: Ich glaube, das Erkunden der Geochemie einer Region, eines Gebietes, eines Landes ist eine ganz wichtige Sache. Es haben die Amerikaner, vor allem die Angloamerikaner, auch die nordischen Staaten, sehr intensiv damit gearbeitet. Bei uns steht das noch immer am Anfang. Es wurde einmal eine Geochemische Karte gemacht, ursprünglich für die Rohstoffsuche in Österreich, auch nur für einen Teil des Landes, für die Zentralalpen und die Böhmisches Masse, aber nicht, was die Umwelt betrifft, in dem Bereich der Molasse oder der Ebene. Diese Karte hat ziemlich viel Geld gekostet und wird nicht einmal noch zur Kenntnis gegeben. Wir haben da ein Beispiel vorliegen, daß heute in der Forstwirtschaft erstklassige Leute davon keine Ahnung haben und wir sagen in der Presse z.B., ja im Waldviertel das Blei, das stammt von den bösen Tschechen, das über der Luft da hier hereinkommt. Ich möchte nur sagen, daß die Geochemie und deren Nutzung noch zu wenig bekannt ist. Es ist nicht nur für den Rohstoff und für die Umwelt von großer Bedeutung. Es ist nicht nur die Geochemie, ich glaube bei all dem spielt auch die organische Seite, auch die Mikrobiologie, eine große Rolle, ein Bereich der eigentlich erst in Erforschung ist, und ich glaube, diesen Bereich können wir nicht abschließen.

RIEHL-H.: Wenn ich jetzt hier ganz kurz einhaken darf, diese ganze geochemische Situation ist naturgemäß sehr, sehr wichtig, aber ein wesentliches Bindeglied oder eine Fehlstelle ist die Verbindung zur Medizin. Was stört uns überhaupt wirklich, wo beginnt die Toxizität, aber jetzt nicht die kurzzeitige, daß das Vieh sofort kaputt wird, sondern wie schaut das mit den Langzeitschäden aus und das ist eine vollkommene terra incognita, das ist völlig unbekannt. Wenn sie irgendeinen beliebigen Arzt fragen, na ja, wo wird es denn schädlich, bekommen sie keine konkrete Antwort. Natürlich ist es eine Frage der

Dosierung, wir brauchen nur an Paracelsus denken oder an das Salz - wenn wir einen halben kg oder 10 dag glaube ich, Salz essen, ist es eine tödliche Dosis. Wenn wir es ganz weglassen, gehen wir auch ein, weil der ganze Elektrolythaushalt nicht mehr funktioniert. Ich glaube, dieses Bindeglied, wo beginnt es toxisch zu werden, wo beginnt es gefährlich für uns zu werden, ist ein vollkommen unbeackterter Bereich.

BRUNNER: Ich glaube, daß die Wissenschaft überfordert ist mit der Beantwortung dieser Frage. Ich glaube nicht, daß wir diese Antworten geben können. Praktisches Beispiel Waldsterben. Ich glaube, es ist heute bestätigt, daß die Vitalität der Wälder, man spricht heute von Vitalitätsverlust, in den letzten 50 Jahren abgenommen hat. Das Phänomen kennen wir, wir wissen nicht, welches die Ursache ist. Wir kennen viele Ursachen, aber welches wirklich die Ursache ist, die man dann auch sanieren könnte, das wissen wir nicht. Ich will damit nicht sagen, daß die Luftverschmutzung nichts damit zu tun hat, ganz klar hat die Luftverschmutzung etwas mit dem Waldsterben zu tun und könnten wir hier auch ursächlich tätig werden, aber wir sprechen jetzt über Wirkungen, deren Ursachen man noch nicht kennt. Wo sind die Limiten, die wir nicht überschreiten dürfen, damit keine neuen Wirkungen in Zukunft auf uns zukommen.

Die Toxikologie und die Ökotoxikologie können diese Antwort nicht geben. Die Toxikologie, die Ökotoxikologie können nur einige wenige Substanzen, sagen wir bis maximal zehn - wir haben ca. 50.000 - in ihrer Wirkung auf einige wenige Organismen untersuchen, aber wir haben nicht einige wenige Organismen, sondern jeder von uns hat in seinem Darm schon Millionen von Organismen. Überall, also dieser ganze Raum ist gefüllt mit Organismen, wie wollen wir da diese Wechselwirkungen in ihre Gänge überhaupt durchschauen? Ich glaube nicht, daß es möglich ist, da müssen wir auch, glaube ich, als Wissenschaftler bescheidener werden.

Aus diesem Grund, wenn wir es einmal akzeptiert haben, daß wir das nie können wer-

den, dann gibt es einen vorsichtigen Ansatz, wir schauen einfach, daß wir die natürlichen Stoffflüsse quasi respektieren und uns an den natürlichen Stoffflüssen orientieren. Im Boden gibt es Blei, gibt es Kadmium; wir haben gesehen, regional ganz unterschiedlich, in der Luft gibt es jede Menge Schadstoffe, auch in einer geogenen, ganz natürlichen Luft, im Gewässer deto. Wenn wir versuchen, die Konzentrationen die in den Gewässern, in der Luft, im Boden schon vorhanden sind, zu respektieren, d.h. nicht abzuändern, d.h. nicht Nullemission, aber Emission, sodaß die geogenen Konzentrationen erhalten werden, dann haben wir einen konservativen Ansatz. Wenn wir dieses Ziel erfüllen könnten, müßten wir uns auch nicht mehr vor Wirkungen fürchten, weil die Wirkung nur die gleiche sein kann, die wir jetzt schon erleben, weil wir ja schon jetzt mit diesen natürlichen Flüssen und Lauen leben.

Klar gilt es jetzt einmal abzuschätzen, was bedeutet das überhaupt für die anthropogenen Prozesse? Dürfen wir noch Auto fahren nach diesem Prinzip? Einige vom Menschen verursachte Stoffe sind weit entfernt von diesem Ideal, aber die Richtung ist damit vorgegeben und es gilt jetzt schrittweise zu schauen, wo kann man das Ziel erreichen mit einfachen Mitteln, wo ist es unerreichbar? Man sieht dann auch, wo sind die großen Deltas zwischen diesem Ziel und der heutigen Situation, wo müßte man mit erster Priorität eingreifen?

Vielleicht als letztes noch, wenn wir hier diese Darstellung anschauen, der ursprüngliche Grund für diese Untersuchung war festzustellen, wo müssen wir eingreifen, wenn wir dieses Gewässer schützen wollen: müssen wir die Abwassereinigung verbessern und da sieht man, es lohnt sich eigentlich gar nicht, weil der Betrag, der hier herein kommt, wesentlich größer ist als 0,14. Wir müssen andere Prozesse suchen. Sollen wir den Input in den Haushalt vermindern? Da sieht man, daß dies durchaus eine vernünftige Maßnahme ist, weil man damit Böden schützen kann. Mit solchen Stoffflußstudien und der Stoffbuchhaltung kann man erkennen, wo sind die wichtigen Ventile, wo soll ich irgendetwas verändern, um

eine Region in die Nähe dieses Zieles anthropogene zu geogene Stoffflüsse zu bringen.

**KALLENBACH:** Sie hatten die Frage gestellt, wo steckt das Blei und haben ja den natürlichen Austrag durch das Wasser, und letzten Endes haben wir eine Konzentration dieser Lösung in den Weltmeeren. Da dort ein Gleichgewichtssystem ist, müßten ja die Sedimente angereichert werden, es müßte ja auch eine Möglichkeit sein, zu kalkulieren, welcher Prozentsatz z.B. hat sich hier angereichert, was gibt es dort für Vorstellungen oder Ergebnisse?

**SCHROLL:** Eine Antwort: beim Blei sind wir noch in einer sehr glücklichen Lage. Das Blei kann man mit hoher Präzision messen, auch geringste Bleigehalte, da gibt es schon lange Studien. In den 50-er Jahren hat man Bleimesungen im Ozean durchgeführt, Oberflächenmessungen usw. und hat gesehen, daß eben das Automobil schon seine Auswirkungen zeigt. Damals sind die Amerikaner sehr hellhörig geworden und haben das "unleaded", das bleifreie Benzin, eingeführt. Auf der anderen Seite gibt es wieder interessante Untersuchungen, auch wieder mit den Bleiisotopen, daß diese administrativen technischen Maßnahmen tatsächlich gegriffen haben.

Da gibt es nämlich Korallen, die bestehen aus Kalziumkarbonat und bauen auch Blei ein, und man hat gesehen, daß tatsächlich dieses typische Blei, das man im bestimmten Zeitraum verwendet hat - das kann man biologisch feststellen, man sieht ja den Wachstumsrhythmus - eingebaut worden ist und daß die Bleiumsetzung jetzt wieder normal wird. Ich möchte auch dazu sagen, Gott sei Dank hat man bei diesem Blei zwei Bleisorten verwendet, eine aus Australien und eine aus USA, die in ihrer Isotopenzusammensetzung, in ihrem Alter bzw. Modellalter, Extreme darstellen. Das amerikanische Blei hat eine Isotopenzusammensetzung wie etwa minus 2 Milliarden Jahre und das australische Blei etwa, ich runde auf, um 2 Milliarden plus, also Extreme. Solche Bleisorten treten hier in Österreich überhaupt nicht auf. Man kann tatsächlich heute noch mit der Bleiisotopenmethode nachmessen, ob unter Umständen der Einfluß des Automobils noch

vorliegt. Wir haben einmal Messungen gemacht im Arsenal, d.h. nicht wir, das hat der Herr Kollege in der Schweiz gemacht, da haben wir den Filterstaub von der Klimaanlage gesammelt und die Bleimessungen durchgeführt. Es waren 10000 ppm Blei drinnen und wenn man die Bleisotopen untersucht hat, da hat man gesehen, gut 80% dieses Bleis stammen vom Auto. Solche Untersuchungen laufen in der Schweiz. Herr Kollege Brunner hat eine Menge Material vorliegen, ich hoffe er wird bei unserer Tagung darüber was vorbringen.

Zum Schluß möchte ich noch anfügen, das Leben ist ein Risiko und wird es immer sein, man kann nur das Risiko mindern. Schlimm kann es werden, wenn einem Politiker auf der einen Seite noch fehlendes Wissen der Fachleute und Sachverständigen, auf der anderen Seite das Unwissen der Mitbürger entgegensteht und dazwischen muß er einen Weg finden. Was heute manchmal passiert, das betrachte ich als Irrsinn, zum Teil als "Hexenwahn". Ich glaube eine oder zwei Generationen später wird man sich fragen, was haben denn die Leute damals geglaubt? Ich bin der Ansicht, man muß hier zur Realität kommen und was da hilft, ist einerseits die Forschung und andererseits die Bildung, aber da wird zu wenig getan, und der Politiker hat seine Schwierigkeiten.

**BRUNNER:** Ich antworte vielleicht zuerst auf die zweite Frage und nachher komme ich zur ersten zurück. Interessant ist, was Sie über das Risiko gesagt haben, das teile ich völlig. Ich bedaure es, daß ich heute über das Langzeitrisiko mehr sprechen muß, als über das Kurzzeitrisiko, aber wenn wir wieder unseren Ötzi vergleichen mit den Yuppies, dann ist der Ötzi mit 30/40 Jahren gestorben, weil sein Kurzzeitrisiko natürlich wesentlich größer war als unseres. Das muß man schon berücksichtigen, daß wir heute doppelt so lange leben und eine völlig andere Risikobasis haben, als das damals der Fall war.

Die Langzeitrisiken sind schon die luxuriösen Risiken und nicht mehr die elementaren. Ich möchte darauf hinweisen, einmal mehr, daß, wenn wir schon Risiken vermindern wollen, das hat jeder von uns persönlich in der Hand.

Die Abfallwirtschaft ist kein Risiko, ist ein absolut vernachlässigbares Risiko gegenüber dem Rauchen. Man muß immer wieder betonen, wenn Sie rauchen dann haben Sie Ihr Risiko an Krebs zu sterben um 25% erhöht. Man muß immer wieder sehen, die zweitgefährlichste Tätigkeit ist das Autofahren: zwei von hundert Österreichern sterben, weil sie Auto fahren, also durch den Straßenverkehr.

Da gilt es wirklich, die risikomindernden Maßnahmen nicht im Umweltbereich und auch nicht in der Abfallwirtschaft, sondern im persönlichen Bereich zu treffen. Ich weiß, diese Diskussion löst immer nur Aggressionen aus, deshalb ist es vielleicht unklug, das überhaupt zu erwähnen.

Das nächste ist eben diese globale Metallbilanz. Mit R.FLEGAL und C.DAVIDSON zusammen wollte ich für Blei die Differenz zwischen der globalen Bleiproduktion und dem Abfall bestimmen. Mit den Daten über die Meeressedimente, über die Meeresskonzentrationen, über Abschätzungen der Böden, Abschätzungen des Luftreservoir etc. wollten wir untersuchen, was ist das Delta, das noch in der Anthroposphäre drinnen ist, und das ist uns leider nicht gelungen. Es ist nicht so einfach, sonst hätten wir es hingekriegt. Man kann schätzen, daß mehr als die Hälfte dieses Bleimetalles noch in der Anthroposphäre drinnen ist.

Ich möchte nicht sagen, das ist ein wesentliches Problem, ich möchte nur sagen, wir haben hier die Chance mit diesen Stoffen in den nächsten 50 - 100 Jahren klug umzugehen; wir haben auch die Chance Dummheiten zu machen, und hier bin ich doch eher für den klugen Weg. Das Bleibenzin ist im Globalen gesehen nur 10% des Bleiverbrauches. Natürlich ist es im Staub, den man in der städtischen Atmosphäre sammelt, sehr wichtig, aber vom gesamten Umsatz ist es nur 10% und da gilt es auch die anderen 90% im Auge zu behalten.

**RIEHL-H.:** Darf ich ganz kurz jetzt vielleicht noch zwei Punkte anziehen, die, wie mir scheint, ein wesentlicher Faktor sind. Einerseits, was Professor Scholl angezogen

hat, die Frage, wie soll sich ein Politiker bei einer Meinungsvielfalt unter den Fachkollegen ein Urteil bilden. Er bekommt fünf verschiedene Ansichten, die zum Teil einander zuwiderlaufen und wem soll er jetzt glauben, wie soll er seine Meinung bilden. Das ist ein, glaube ich, wesentlicher Fragenkomplex.

Ein weiterer Fragenkomplex ist der verdeckte, der dadurch entsteht, daß eine Industrie nicht mitspielt, was ich jetzt in letzter Zeit wieder sehr drastisch vor Augen geführt bekommen habe. Ich kenne bei einem großen Industriebetrieb in Niederösterreich einen Chemiker, der sagt, na gut, wir haben unsere Filter, die sind alle in Ordnung, aber in Wirklichkeit kann das System nicht funktionieren. Wenn der Gewerbeinspektor kommt, werden die eingeschaltet, fünf Minuten später werden sie wieder ausgeschaltet und liefern den ganzen Dreck an die Umwelt.

Ich glaube diese Bestreben, Geld zu verdienen am Abschalten von Filtern, das ist gang und gebe bei sehr vielen Großbetrieben. Ich will diesen ganzen Bereich immer wieder beleuchten. Letztendlich liegt auch etwas davon bei dem morgigen Thema vor, dem Sperrenbruch, dem teils auch dieses Streben nach Geld verdienen zugrunde liegt, und bei dem zu sehr die Dirigentschaft der Rechnungsleute dahinter war, die, ich greife da ein bißchen vor, ein intaktes Werk an die Verbundgesellschaft in Italien verkaufen wollten und daher das Thema der Gefahr unterspielt und zurückgespielt haben, und das ist sicher einer der wesentlichen, tatsächlichen Hintergründe auch bei dem heutigen Thema. Das betrifft ebenso den ordnungsgemäß gehandhabten Deponiebau und viele Aspekte der Umweltproblematik.

Ich meine nicht, daß eine Stadt, die bei der Bilanzierung als Lager bezeichnet worden ist, als solches zu betrachten wäre. Möglicherweise ist sie das im amerikanischen Sinn, wo das Haus oft schnell wieder abgerissen wird und wieder auf die Deponie kommt, aber in Europa ist es doch so, daß Städte über Jahrtausende genutzt werden und daß das keine Lager sind, die morgen wieder abgebaut werden. Wir haben in Wr. Neustadt jahrhundertalte Häuser, wo die Dinge hineingebaut wer-

den und dort dann bleiben und das wird also heute sicher von Amerika kommen, das schmeißt man weg und das kommt auf die Deponie. Ich glaube, das sind zwei verschiedene Lebensweisen, das sollte man berücksichtigen.

RANK: Ein Einwand dagegen, gerade was Blei betrifft, die Wasserleitungen, die alten, werden alle herausgerissen. Die römischen am Magdalensberg sind heute noch eingebaut.

SCHÖNTHALER: Ich möchte dieses Thema nur ganz kurz aufgreifen. Der Hinweis auf die Industrie ist durchaus berechtigt, keine Frage, aber gerade hier sollten die Wissenschaftler auch selbst in den Spiegel schauen. Gerade in den letzten Jahrzehnten ist von seiten der Wissenschaft sehr, sehr viel verharmlost worden, viele dieser Probleme hätten wir heute nicht, wenn die Wissenschaft rechtzeitig gewarnt hätte. Es hat immer Warner gegeben, aber die sind nicht ernst genommen worden und ich sehe heute genau die ganze Gefahr auf uns wieder zukommen, gerade im Zusammenhang mit Universitäten, Drittmittelfinanzierung, Möglichkeit der Abhängigkeit von der Industrie, gerade in Hinblick auf Gentechnologie usw., ich will das gar nicht näher ausführen. Ich sehe also eine ganz große Gefahr wieder auf uns zukommen und darum bin ich Herrn Professor Brunner dankbar, weil er doch diese kritische Haltung eingenommen hat. Die Meinung, in der Natur haben wir ohnehin das auch alles da, also ist ja alles nicht so schlimm, genau das ist die Meinung, die der Politiker sehr gerne hört: "Der Herr Professor hat gesagt, es geht wunderbar, also ist es eh nicht so dramatisch". Ich glaube, wir können gar nicht genug warnen. Lieber eher mehr warnen, natürlich nicht übertreiben, sonst hat es einen negativen Effekt, das ist auch keine Frage, aber ich glaube wir müssen einfach kritischer sein.

BRUNNER: Vielleicht ganz kurz, ich möchte nochmals diese Kurve auflegen und mit dieser Kurve zeigen, natürlich gibt es ein exponentielles Bevölkerungswachstum aber das ist nur für den Faktor  $10^2 - 10^3$  des Aufstiegs der globalen Bleiproduktion verantwortlich. Die Technik und unsere Bedürfnisse sind  $10^4 - 10^6$  mal

dafür verantwortlich. Also die Bevölkerungsexplosion ist ganz sicher ein wichtiger Faktor, aber noch wichtiger sind unsere Ansprüche. In den USA werden Häuser abgebrochen etc., ich möchte Sie nur darauf hinweisen, die Entwicklung des Bodenpreises ist ganz entscheidend für die Struktur einer Stadt und wir haben das in der Schweiz in den letzten 20 Jahren erlebt. Heute, oder sagen wir, vor drei Jahren, bevor die Rezession so stark zugeschlagen hat, wurden 25-jährige Dienstleistungsgebäude wieder abgebrochen, weil die Bodenpreise in diesen 25 Jahren derart explodiert sind, daß man es sich nicht mehr leisten konnte, ein Gebäude zu nutzen, das vor 25 Jahren entstand, weil heute so viel bessere Nutzungen möglich sind an dem Platz und das hat natürlich das Bau-schuttvolumen extrem verändert, vergrößert. Die gute Konsequenz war, daß verschiedene Bauherren dazu übergegangen sind, den Rückbau zu fördern, d.h. man hat am Ort das Gebäude wieder in Kies zurückverwandelt und hat das Fundament des nächsten Hauses, das dann 20 Meter tiefer im Boden war, weil man jetzt vier Stockwerke in den Boden hinuntergebaut hat, aus diesem alten Haus gebaut. Es ist nicht unbedingt nur die überseeische Mentalität, die ein anderes Verhältnis zu Gebäuden natürlich bedeutet, sondern es ist auch ganz harte Ökonomie, die dann schlußendlich für den Stoffumsatz verantwortlich ist.

Und das letzte vielleicht, das auch in Zusammenhang mit der Frage von Herrn Riehl steht: Sie haben die Frage gestellt, wie einerseits der Politiker beraten werden soll, Sie haben andererseits den Chemiker bei einem Unternehmen zur Diskussion gestellt, der hier Filter abstellt. Ich glaube, das hat alles mit Ethik zu tun, das hat mit dem Verhältnis des Politikers zur Wissenschaft zu tun, es hat mit dem Verhältnis eines Unternehmens zur Öffentlichkeit zu tun. Ich bin relativ optimistisch, daß wir daran sind, eine neue Ethik zu entwickeln. Wenn Sie denken, eine solche Diskussion, wie wir sie heute führen, wäre vor 20/30 Jahren nicht möglich gewesen, weil diese Themen überhaupt niemand interessiert haben. 20 Jahre Problembewußtsein führen dazu, daß wir heute in aller Ruhe und sachlich und geordnet

und mit einem Ziel solche Diskussionen führen können. Wenn ich mir überlege, wieviele Studenten heute an der Hochschule auf diesem Gebiet tätig sind und wie aktiv und wie engagiert, motiviert, auch vor allem positiv motiviert diese Studenten sind, die dann raus kommen und vielleicht Bürgermeister werden, die in Unternehmen den Schalter drehen, da bin ich eigentlich optimistisch, daß wir diese ökologischen Probleme in den nächsten Jahren lösen können. Gerade die Studenten, die heute hier den Weg von Wien nach Payerbach gesucht haben, sind ein sehr positives Zeichen und ich bin überzeugt, daß wir auf dem richtigen Weg sind.

RIEHL-H.: Hier sind sicher von den Kollegen die Einwürfe berechtigt, daß die heutige Rezession oder die Entwicklung zur Rezession, die bei uns jetzt sehr langsam auch greift, in unseren Nachbarnländern schon seit längerem greift, dazu führen kann, daß man sagt, wir könnten uns den Umweltschutz und alles was damit zusammenhängt nicht mehr leisten. Man hört ja alle Tage, daß wir diese Maßnahmen nicht brauchen, wir müssen die Filter, symbolisch gemeint, wieder abstellen, weil wir sonst im Konkurrenzdruck nicht bestehen können.

Ein wesentlicher Manager unserer Industrie, er ist jetzt bei ABB, hat bei der UTEC im Vorjahr gesagt und es hat mich erschreckt, "wir sind aus Konkurrenzgründen gezwungen die Altlasten von morgen zu bauen". Ich habe es nicht verstanden, es ist für mich unklar, wie ein wesentlicher Spitzenmann unserer Industrie, in der Umweltindustrie, so etwas in einer Diskussion öffentlich sagen kann, ohne einen Aufschrei zu erzeugen. Sie sind gezwungen aus Konkurrenzgründen die Altlasten von morgen zu bauen. Sie wissen es und sie bauen es. Das verstehe ich nicht, das ist mir unklar.

BRUNNER: Betrachten Sie einmal diese Entwicklungskurven, Sie haben das Beispiel vorher gesehen, da hatten wir den zweiten Weltkrieg dazwischen. Ich sage das jetzt sehr salopp und arrogant, aber das ist eine Episode der Geschichte. Diese Rezession die wir jetzt haben, die für viele von uns schwerwiegend

ist, ist eine Episode der Geschichte. Wir sprechen heute über Langzeitrisiko, wenn jetzt die ABB oder wer auch immer Altlasten generiert, ist das heute äußerst bedauerlich, aber viel wichtiger ist für mich zu sehen, daß wir einen Trend in der ethischen Entwicklung sehen, der dazu führen wird, daß je länger je weniger solche Altlasten gebaut werden. Das ist für mich die wichtige, langfristige Entwicklung.

**KOLLMANN:** Meiner Ansicht nach sind die Altlasten vielleicht die zukünftigen Rohstofflagerstätten, die man dann bei der Ausbeutung der fossilen Rohstofflagerstätten heranziehen wird, insofern sind Deponien vielleicht jetzt nicht unbedingt abzulehnen. Man sollte natürlich jetzt nicht wild deponieren, sondern eben entsprechend für einen zukünftigen Akzess bereits vorbereiten, sodaß man später vielleicht auch mit diesen Sachen wirtschaftlicher arbeiten kann.

Aber meine Frage ist eigentlich eine andere; Ihr Vortrag hat mir sehr gut gefallen Herr Professor, nur am Schluß haben Sie ein bißchen die Hydrogeologie gefordert mit dem Argument, daß das Grundwasser als geologische Barriere, so ähnlich war das, anzusprechen sei.

Die Möglichkeit hier durch Absenken im Bereich des Deponiekörpers ein Grundwassergefälle zur Deponie zu erzeugen ist ja grundsätzlich richtig, betrifft aber letztlich nur die in Lösung gehenden Schadstoffe. Sie kann aber meines Erachtens nicht funktionieren, wenn sie keinen vollkommen dichten Stauer im Untergrund haben, wobei aber Ton grundsätzlich nach der Schule in Aachen auch nicht als Stauer generell anzusprechen ist, das wäre grundsätzlich nur möglich bei einem massigen Kristallingestein als Deponiestandort. Es kann dann nicht funktionieren, wenn permeable oder semipermeable Schichten im Untergrund vorliegen. Schadstoffe liegen manchmal nicht nur in löslicher Form vor oder mikrieren auf der Grundwasserspiegeloberfläche, sondern denken wir auch an Schadstoffe in der Gas-Phase, eventuell chlorierte Kohlenwasserstoffe, die in dieser Phase hier versickern, die dann schwerer sind als Wasser und natürlich auf die Stauober-

fläche hinuntersinken und entsprechend der Beschaffenheit der Stauer, wenn der Untergrund eben nicht absolut dicht ist, dann dort eindringen könnten. Auch Ton folgt nur den  $k_f$ -Werten für Wasser, andere organisch-chemische Lösungsmittel, da bin ich natürlich nicht befugt, darüber zu sprechen, für die ist Ton sicherlich auch kein Stauer.

**BRUNNER:** Danke, daß Sie mir die Gelegenheit geben, dies zu verdeutlichen. Es ist nicht meine Meinung, daß man durch Grundwasserabsenkungen eine Schranke erzeugen soll. Ich habe mich hier offenbar mißverständlich ausgedrückt. Ich sehe diese hydrologische Schranke auch nicht als Schranke in diesem Sinn sondern ich sehe das als Vorbedingung: damit man überhaupt eine Deponie bauen kann, braucht man die Kenntnisse über den Grundwasserfluß, das war es eigentlich, die Kenntnisse über den Grundwasserfluß als dritte Bedingung, nicht als Schranke in dem Sinn. Da haben wir uns sicher mißverstanden, d.h. ich habe mich schlecht ausgedrückt.

**KOLLMANN:** Ja und da würde ich sozusagen ergänzend noch die Kenntnisse über den Untergrundaufbau fordern, und zwar unter dem Grundwasserleiter.

**BRUNNER:** Sehr einverstanden, außerordentlich einverstanden. Was Sie im Bezug auf die CKW's gesagt haben und auf andere flüchtige Stoffe muß man hier im Zusammenhang sehen, daß ja die Endlagerqualität Material bedeutet, das im wesentlichen nur mineralische Stoffe enthält, also alles organische ist eigentlich bereits oxidiert und allenfalls als Karbonat noch vorhanden. Die flüchtigen organischen Verbindungen sind damit auch kein Problem mehr.

---

#### Diskussionsbeiträge von:

*RANK, HR.Dr.D.,  
Geotechn. Inst., Abt. Geohydrologie,  
BFPZ-Arsenal,  
Obj. 214,  
A-1030 Wien*

*RIEHL-HERWIRSCH, Dr. G.,  
Institut f. Geologie  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

*SCHÖNTHALER, Univ.Doz.Dipl.Ing.Dr.K.-E.  
Institut f. Freiraumgestaltung  
u.Landschaftspflege  
Universität f. Bodenkultur  
Peter-Jordan-Straße 82  
A-1190 Wien*

*SCHROLL, Prof.E.,  
Haidbrunnngasse 14,  
A-2700 Wr.Neustadt*

*KALLENBACH, Prof.Dr.H.,  
Institut für Geologie und Paläontologie,  
Technische Universität Berlin  
Ernst-Reuter-Platz 1  
D-10587 Berlin*

*KOLLMANN, Dr. W.,  
Geologische Bundesanstalt,  
Rasumofskygasse 23,  
A-1030 Wien*

---



Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 117 - 140	Wien 1995
-------------------	--------	--	-----------------	-----------

GEOSCHULE PAYERBACH

# BARBARA-GESPRÄCHE

## Payerbach 1993

BEHEBUNG VON UMWELTSCHÄDEN  
(am Beispiel des Grundwassers der Mitterndorfer Senke)

W. KASPER



Payerbach  
26. November 1993

Mitteilungen für Baugewologie und Geomechanik	Band 3	Baugewologische Tage Payerbach 1991	Seite 7 - 99	Wien 1994
Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1994

*INHALT*

1. Die Mitterndorfer Senke	119
2. Der Schadensfall	122
3. Die verwaltungsrechtlichen Rahmenbedingungen	126
4. Fallbeispiele für gesetzte Maßnahmen	127
5. Folgerungen und Zukunftsperspektiven	130
Literatur	134
Diskussion zum Vortrag	135

*Anschrift des Verfassers:*

*Dipl.Ing. W. KASPER,  
Thimigg. 26,  
A-1180 Wien*

# BEHEBUNG VON UMWELTSCHÄDEN

(am Beispiel des Grundwassers der Mitterndorfer Senke)

W.KASPER

Der Beitrag greift zurück in jene Zeit, in der die Einstellung zum Abfall, dem Gut mit volks- wie betriebswirtschaftlich negativem Wert, eine andere war als heute - aus Unkenntnis, Gedankenlosigkeit oder Fahrlässigkeit, aber auch aus bewußter Inkaufnahme von Risiken, ja von Auswirkungen auf die Umwelt.

Es handelt sich nicht um die Darlegung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse oder deren Umsetzung in der Technik.

Die Frage geht nach der tatsächlichen Machbarkeit der Behebung von eingetretenen Umweltschäden, verbunden mit einer kritischen Würdigung der dabei zu verfolgenden Ziele.

Dies am Beispiele des Grundwassers in der Mitterndorfer Senke.

In dem Thema spielen rechtliche Rahmenbedingungen, die Forderungen des Gesetzgebers, eine maßgebliche Rolle, hier wird zwangsläufig die Rechtslage in Österreich angesprochen.

In diesem Sinne möchte ich meinen Beitrag folgendermaßen gliedern:

## 1. Die Mitterndorfer Senke

Lage, Geologie und Hydrogeologie  
Bedeutung aus wasserwirtschaftlicher Sicht  
Raumnutzung des Gebietes

## 2. Der Schadensfall

historische Entwicklung  
derzeitiger Stand

## 3. Die verwaltungsrechtlichen Rahmenbedingungen

Wasserrechtsgesetz  
Altlastensanierungsgesetz

## 4. Fallbeispiele für gesetzte Maßnahmen

## 5. Folgerungen und Zukunftsperspektiven

### 1. Die Mitterndorfer Senke

Die Mitterndorfer Senke ist ein Teil des inneralpinen, des südlichen Wiener Beckens, ein ca 50 km langer, 2 bis 8 km breiter, im wesentlichen von Südwesten nach Nordosten verlaufender, wannenförmiger Grabenbruch. Während seiner Absenkung wurde er laufend mit Schwemmaterial der den Raum durchziehenden Gerinne aufgefüllt und zeichnet sich daher oberflächlich praktisch nicht ab. Der entstandene Sedimentkörper hat stark unterschiedliche Mächtigkeit. Sie kann im zentralen Bereich bis ca. 150 m ansteigen, liegt in Randzonen jedoch nur bei einigen 10 Metern (Abb.1).

In unserem Zusammenhang von besonderer Bedeutung ist die, zumindest in den oberflächennäheren Schichten, gute bis sehr gute Durchlässigkeit des die Grabenfüllung bildenden Kiesmaterials. In diesen Kieskörper sind immer wieder Schichten geringerer Durchlässigkeit (Sande, Schluffe und Tone) eingelagert, die jedoch im allgemeinen nur Mächtigkeiten von einigen cm bis einigen dm haben und flächenmäßig nur Linsen darstellen. Der gesamte Schotterkörper ist daher sowohl in der Horizontalen wie in der Vertikalen gut durchlässig, das ihn erfüllende Grundwasser kann als weitestgehend einheitlicher, nicht in Stockwerke getrennter Körper angesehen werden, auch wenn stellenweise Zwischenstauer im Kieskörper auftreten und lokal Horizonte trennen.



Der Grundwasserspiegel liegt im südlichen Bereich der Senke (Neunkirchner Schotterkegel) tief unter Gelände (30 m und mehr), nähert sich im Bereich von Wiener Neustadt der Geländeoberfläche auf ca. 5 - 10 m und liegt weiter im Norden nur knapp unter dem Gelände. Dem entsprechend spricht man auch von der "trockenen Ebene" im Süden und der "nassen Ebene" im Norden. Die durchschnittlichen Grundwasserspiegellagen sind im südlichen wie zentralen Bereich im letzten Jahrhundert stark abgesunken.

Die maßgebliche Alimentation des Grundwasserkörpers erfolgt durch Exfiltration aus Gerinnen, die, vom Süden und Westen aus dem alpinen Bereich kommend, in die Senke eintreten. Es sind dies primär die Pitten, die Schwarza und die Piesting mit verschiedenen Nebengerinnen.

Weiters ist örtlich die Zuströmung von Hangwässern gegeben.

Die Grundwasserneubildung durch Niederschläge im Bereiche des Schotterkörpers selbst ist, im Verhältnis zu der durch Exfiltration, gering und von der Quantität her zu vernachlässigen. Die mittleren Jahresniederschläge liegen bei 600 mm/a, die jährlichen Verdunstungshöhe (Evapotranspiration) liegt nicht wesentlich darunter.

Die aus dieser Situation resultierende generelle Grundwasserdynamik wurde von KRESSER 1965 beschrieben. Im südlichen und westlichen Teil der Senke erfolgt, bei sehr tief liegendem Grundwasserspiegel, die Grundwasseranreicherung, im nördlichen Teil, der "nassen Ebene" tritt das Grundwasser zunehmend in Oberflächengewässer über. Manche von ihnen resultieren allein aus Grundwasseraustritten, wie beispielsweise der Kalte Gang, die Fischa Dagnitz oder der Jesuiten Bach. Am Nordrand der Senke, im Bereiche von Schwadorf, ist der unterirdische Abfluß praktisch Null, die Entwässerung erfolgt hier durch Oberflächengewässer, die Fischa und durch Zubringer der Schwechat.

Im Zusammenhang damit stehen die vom Ausmaß der jeweiligen Alimentation abhängigen, stark schwankenden Grundwasserspiegel-

lagen im Süden (Schwankungsbreite stellenweise bis 10 m) und weitestgehend konstante Spiegellagen im Norden.

Es liegt daher ein zwar örtlich unterschiedlich durchströmter, aber doch einheitlicher Grundwasserkörper von großer Längserstreckung mit beträchtlichem Durchsatz vor, der in einzelnen Bereichen bis ca 6 m<sup>3</sup>/s ansteigt.

Dieses leicht zu erschließende und quantitativ sehr reiche Grundwasservorkommen führte dazu, daß die Mitterndorfer Senke der maßgebliche Wasserspender für die Trinkwasserversorgung, nicht nur des südlich von Wien und östlich des Wienerwaldes gelegenen Teiles von Niederösterreich, sondern auch für Teile des Burgenlandes und von Wien, in Zukunft möglicherweise in noch größerem Ausmaß, wurde. Derzeit werden von sieben größeren WVU aus ihren Fassungsanlagen rund 0,8 m<sup>3</sup>/s zur überörtlichen Trink- und Nutzwasserversorgung entnommen, zusätzlich noch rund 0,2 m<sup>3</sup>/s zur örtlichen Versorgung im Gebiet der Senke selbst. Die zweite maßgebliche Entnahme aus dem Grundwasser dient mit rund 0,7 m<sup>3</sup>/s der landwirtschaftlichen Bewässerung.

Das gewonnene Wasser ist, von den im folgenden beschriebenen Einschränkungen abgesehen, einwandfreier Qualität, Aufbereitungsmaßnahmen waren in der Vergangenheit in keiner Weise notwendig.

Maßgeblich für die Entwicklung der Flächennutzung im Bereich der Mitterndorfer Senke waren einerseits die natürlichen Ressourcen des Gebietes und andererseits die verkehrspolitische Lage an der Hauptverkehrsachse von Wien nach Süden.

Intensive Nutzung der Wasserkraft an den der Mitterndorfer Senke zufließenden und in ihr entspringenden Gerinnen führt zu einer frühen Industrialisierung entlang dieser Gerinne schon im 18. und 19. Jahrhundert (metallverarbeitende und Textilindustrie), in der Folge wurde der Raum um Wiener Neustadt zur Zeit der Monarchie ein Zentrum der Schwer- und Rüstungsindustrie.

Dies führte naturgemäß zu einer entsprechend

dichten Besiedelung um einzelne Industriestandorte und entlang der Verkehrswege.

Die Bedeutung als Industriestandort ist für den ganzen Raum nach wie vor gegeben, wenn auch in jüngster Zeit (bedauerlicherweise) eingeschränkt.

Der Bauboom nach 1955 führte bis heute zu einer intensiven Nutzung der teilweise sehr hochwertigen örtlich anstehenden Kiese für die Bauwirtschaft und ließ eine große Zahl, zunächst weitgehend verstreuter, ungeordneter Abbauflächen, teilweise als Trocken-, in großem Ausmaß aber auch als Naßbaggerungen entstehen.

Die Naßbaggerungen wurden in ihrer überwiegenden Zahl in der Folge für Freizeitnutzung herangezogen, Trockenbaggerungen wurden in der Vergangenheit oft planmäßig oder wild mit Abfällen der verschiedensten Art verfüllt.

Seit Ende der 70-er Jahre wird die Neuanlage von Nassbaggerungen nicht mehr genehmigt und sind Trockenbaggerungen nur mehr in dafür im Rahmen der überörtlichen Raumordnung ausgewiesenen Flächen konzentriert nach einheitlichen Kriterien zulässig, wobei die Folgenutzung vorgegeben ist. Durch Entwicklungen in jüngster Zeit (Zuständigkeitsübergang an die Besgbehörde) ist dies allerdings in Frage gestellt.

Auch die Verfüllung von Kiesgruben mit Abfällen, ausgenommen unbedenklichem Erdmaterial und sortiertem Bauschutt, wird seit Mitte der 70-er Jahre nicht mehr zugelassen.

Die Mitterndorfer Senke stellt in der fachlichen Beurteilung ein Gebiet hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung dar. Diese Bewertung wird durch das große Interesse verschiedener Medien an allen Vorgängen in ihr in der Öffentlichkeit noch wesentlich erhöht.

## 2. Der Schadensfall

Trotz einer den heutigen Gedanken zum Grundwasserschutz teilweise entgegenstehenden Flächennutzung wurden negative Auswirkungen dieser Nutzung auf die

Grundwasserbeschaffenheit lange Zeit messtechnisch nicht erfaßt.

REITINGER 1976 wertete Mitte der 70-er Jahre eine Vielzahl von Gewässergüteuntersuchungen und Grundwasseranalysen aus der Mitterndorfer Senke aus und kam dabei zu dem Schluß, daß "zwar nicht ganz eindeutig die großflächige,....negative Veränderung der Grundwassergüte (nachgewiesen werden konnte), ein nicht nur örtlicher, nachteiliger anthropogener Einfluß .... aber als bestätigt angesehen werden muß". Eine unmittelbare Gefährdung von Trinkwasserbrunnen wurde nicht gesehen. Die REITINGER vorliegenden Befunde bezogen sich dabei zwangsläufig auf jene Parameter, für die zu diesem Zeitpunkt aus hygienischer Sicht Grenz- oder Richtwerte festgelegt waren, bzw. die üblicherweise in Trinkwasseruntersuchungen erfasst wurden.

Die neue Sicht der Dinge kam, als sich im August 1981 im Schacht eines im Bau befindlichen Brunnens, im Areal eines mit dem Umschlag und der Konfektionierung von Chemikalien befaßten Betriebes in Wr.Neustadt, ein tödlicher Arbeitsunfall ereignete. Die Obduktion des Verunglückten ergab, ohne Zusammenhang mit der Todesursache, Dämpfe von Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) in der Lunge.

Sofort eingeleitete weitere Untersuchungen ergaben massive Belastungen mit CKW in der Bodenluft und im Grundwasser (KASPER, SEIDELBERGER, 1983).

Es erscheint mir notwendig in Erinnerung zu rufen, daß Grundwasserverunreinigungen mit CKW bis zu diesem Zeitpunkt in NÖ unbekannt waren, aus Österreich war lediglich ein derartiger Fall seit Jänner 1981 aus Salzburg bekannt. Der jüngsten Fachliteratur war zu entnehmen, daß in der BRD, auf Grund erster Feststellungen 1977, 1980 in verschiedenen Gebieten mit gezielten Untersuchungen des Grundwassers auf CKW im universitären Forschungsbereich begonnen worden war.

In allen damals bekannten Fällen waren es letztendlich Zufälligkeiten die zur Aufdeckung derartiger Grundwasserverunreinigungen führten, eine Untersuchung auf CKW war in

keinem routinemäßigen Untersuchungsprogramm für Grundwasser enthalten.

Aus der Sicht der Hygiene wurden erst 1982/84 Grenzwerte für diese Stoffe im Trinkwasser festgelegt.

Vom Amt der NÖ Landesregierung wurden ab 1982 Untersuchungen sowohl des Grundwasserchemismus wie der Geohydrologie des Raumes in großem Umfang veranlaßt und seither laufend weitergeführt. Im Bereiche der Mitterndorfer Senke ergaben sie ein komplexes und gleichzeitig bedrückendes Bild der eingetretenen Schädigung des Grundwassers, vor allem durch CKW. Sie ermöglichten im Zeitraum von nunmehr über einem Jahrzehnt die Beobachtung der Dynamik dieser Kontamination (A.d.NÖ.LREG./FZ.SEIBERS DORF 1991).

Großräumig ausschlaggebende Kontaminationsherde waren einmal zwei Industriebetriebe, einer im südlichen Randbereich der Senke in Ternitz über dem Talschotter der Schwarza gelegen, mit hohem Verbrauch an CKW für die Metallentfettung, der andere in Wr. Neustadt, d.h. im Zentralbereich der Senke gele-

gen, und, wie erwähnt, mit dem Umschlag und der Konfektionierung von Chemikalien, darunter auch CKW, befaßt. Die mengenmäßig dominierenden Emissionen stammten aus dem erstgenannten Betrieb. Dritter festgestellter Kontaminationsschwerpunkt war eine Abfalldéponie im Raum von Theresienfeld und ihre Umgebung, wo neben Hausmüll, Bauschutt und gewerblichen Abfällen, auch verbrauchte Lack- und Fettlösemittel in Barrels abgelagert, teilweise aber offenbar auch flüssig - pastös frei ausgebracht wurden. (Abb.1)

Die Emission unterschiedlicher Stoffe an den drei Kontaminationsherden ermöglichte deren Identifizierung und die Verfolgung unterschiedlicher Schadstofffahnen. Durch Zufälligkeiten der Situierung der Kontaminationsherde verschmelzen diese drei Fahnen letztendlich zu einer einzigen, die heute eine Länge von rd. 45 km aufweist.

Die Länge der Kontaminationsfahnen läßt erkennen, daß die ersten Kontaminationen, besonders die am Südende der Fahne, schon vor Jahrzehnten eingetreten sind. (Abb. 2,3,4,5 u. 6)

CKW - KONTAMINATION MITTERNDORFER SENKE  
MP = 249

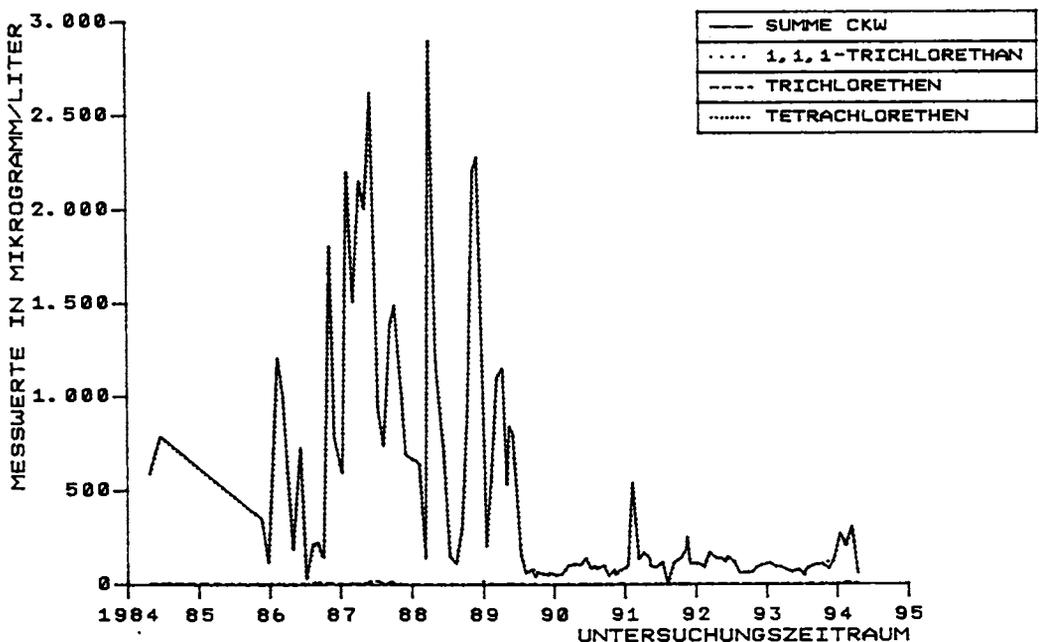


Abb.2:

CKW - KONTAMINATION MITTERNDORFER SENKE  
MP = 336

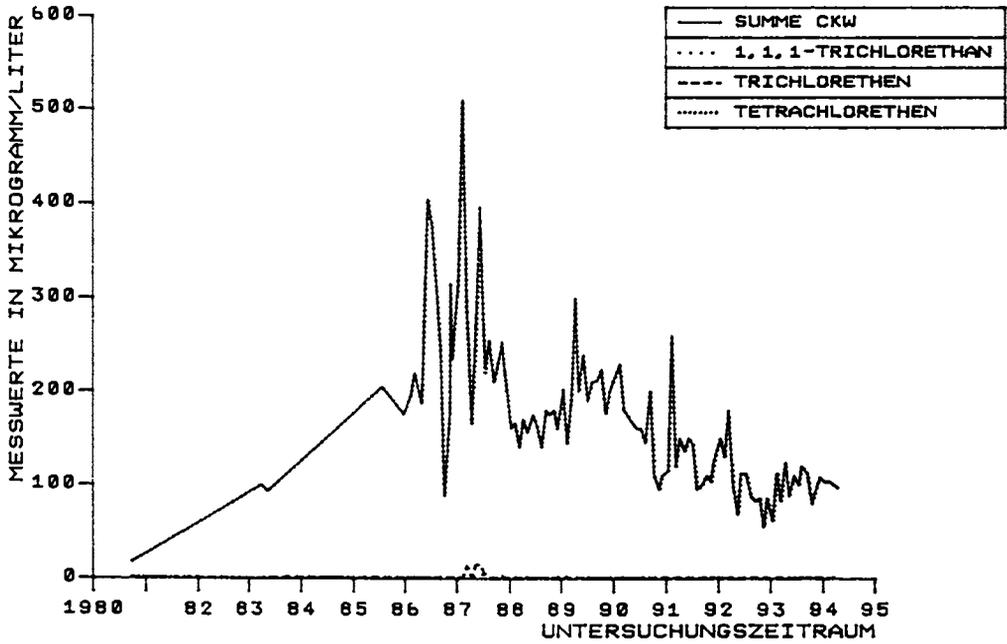


Abb.3:

CKW - KONTAMINATION MITTERNDORFER SENKE  
MP = 343

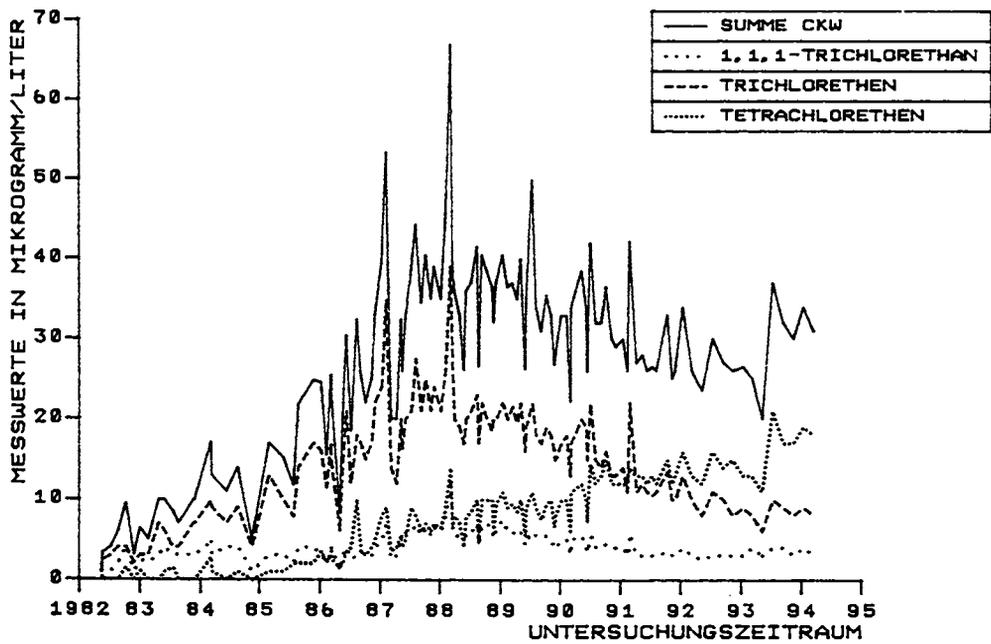


Abb.4:

CKW - KONTAMINATION MITTERNDORFER SENKE  
MP = 211

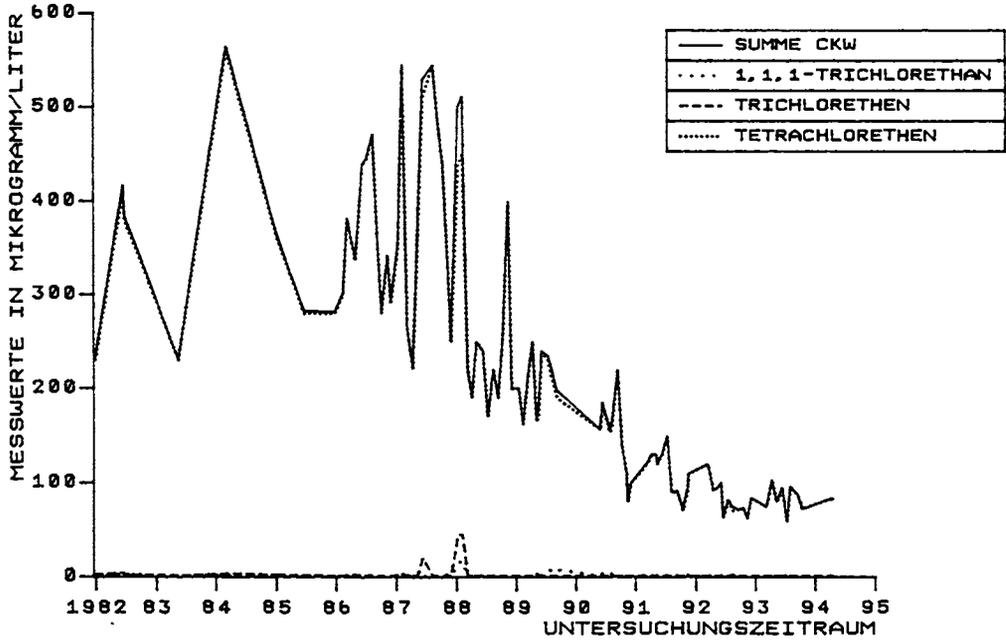


Abb.5:

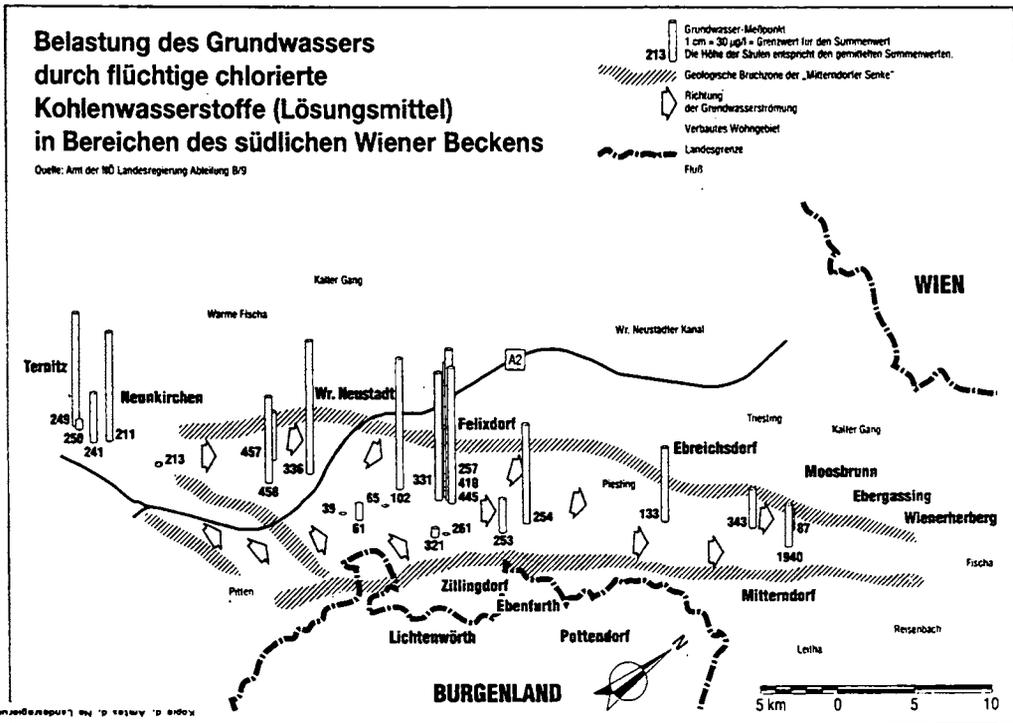


Abb.6:

Neben diesen drei Hauptemittenten wurden eine Reihe kleinerer, isolierter Verunreinigungsherde, mit quasi lokaler Bedeutung festgestellt und die Frage der Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit durch ander Emissionen als CKW, vor allem aus Deponien und Altstandorten aufgeworfen.

Zur detaillierten Überprüfung kamen zunächst mehrere in den Jahren vor und bis 1971 begonnene Deponien, die teilweise bis 1987 betrieben wurden.

Keine dieser Deponien war mit einer Untergrundabdichtung ausgestattet, in Einzelfällen kommt es bei Grundwasserhochständen (Lage in einem Bereich mit extremen Schwankungen des Grundwasserspiegels) zur Flutung der Deponiesohle. Die Feststellung von Kontaminationen des Grundwassers unter der Deponie und in ihrem unmittelbaren Nahbereich, sowie auch der Bodenluft muß daher wohl als selbstverständlich angesehen werden.

Auf die rechtlichen Verhältnisse in diesem Zusammenhang kann nicht eingegangen werden.

### 3. Die verwaltungsrechtlichen Rahmenbedingungen

Der verwaltungsrechtliche Rahmen für den Grundwasserschutz und die Behebung von Schädigungen des Grundwassers ist im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 idF BGBl.252/1990) und hinsichtlich der Finanzierung im Altlastensanierungsgesetz (ALSAG 1989 idF BGBl 760/1992) gegeben. In beiden Fällen handelt es sich um Bundesgesetze, die in mittelbarer Bundesverwaltung vollzogen werden. Einige Bestimmungen, die für das Thema von besonderem Interesse sind, seien zitiert.

Als Reinhaltungsziel für Grundwasser sieht das Wasserrechtsgesetz die Verwendbarkeit von Grund- und Quellwasser als Trinkwasser vor (§30 (1) WRG 1959). Reinhaltung bedeutet Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit, Verunreinigung jede Beeinträchtigung dieser Beschaffenheit (§30 (2) WRG 1959).

Einwirkungen auf Gewässer, die deren Beschaffenheit unmittelbar oder mittelbar beeinträchtigen und dabei die Geringfügigkeit überschreiten, sind nach Bewilligung durch die Behörde zulässig (§32 WRG 1959). Voraussetzung für derartige Bewilligungen ist, daß durch die gegenständliche Wassernutzung öffentliche Interessen nicht beeinträchtigt und bestehende Rechte nicht verletzt werden (§12 WRG 1959). Da die Trinkwassernutzung des Grundwassers Teil des öffentlichen Interesses ist, sind Maßnahmen, die diese gefährden unzulässig.

Tritt auch nur die Gefahr einer Gewässerverunreinigung ein, gleichgültig ob durch eine bewilligte oder bewilligungsfreie Anlage, Maßnahme oder Handlung, so hat der Verantwortliche alle Vorkehrungen zu treffen um eine Verunreinigung zu vermeiden oder eingetretene Schäden zu beheben. Erfolgt dies nicht, so hat die Behörde ihm entsprechende Maßnahmen aufzutragen und weiters, unter bestimmten Voraussetzungen, diese selbst zu veranlassen (§31 WRG 1959).

Eigenmächtige Neuerungen sind, wenn das öffentliche Interesse dies verlangt, zu beseitigen, um den gesetzmäßigen Zustand wiederherzustellen. Gewässerverunreinigungen sind zu beheben. Konsenslos getätigte Ablagerungen oder eingetretene Bodenverunreinigungen sind, wenn das öffentliche Interesse dies verlangt, zu beseitigen oder durch geeignete Maßnahmen an Ort und Stelle zu sichern. Dies aber nur dann, wenn eine Beseitigung nicht oder, im Vergleich zur Sicherung, nur mit unverhältnismäßig hohen Schwierigkeiten möglich ist (§138 WRG 1959).

In all diesen Fällen hat primär der Verursacher, d.h. derjenige der das Gesetz übertreten hat, zu handeln, ersatzweise in besonders geregelten Ausnahmefällen auch der Liegenschaftseigentümer.

Beim Erlöschen von Wasserbenutzungsrechten hat die Behörde die im öffentlichen Interesse aus diesem Anlaß notwendigen Vorkehrungen dem abtretenden Wasserberechtigten aufzutragen.

Die von der Behörde dabei vorzuschreibenden Maßnahmen sind einmalige, es kann also nicht zunächst eine Sicherungsmaßnahme und, etwa nach Änderung des Standes der Technik, eine endgültige Sanierung aufgetragen werden. Ebenso sind Maßnahmen die dauernde Handlungen bedingen, unzulässig (§§ 27 u. 28 WRG 1959).

Handlungskriterium nach den Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes ist also die Erhaltung der Reinheit des Wassers, ausgedrückt einerseits durch seine "natürliche Beschaffenheit" und, bei Grund- und Quellwasser, andererseits durch seine "Eignung als Trinkwasser". Wir sehen, daß das Ziel des Wasserrechtsgesetzes ein sehr hohes ist.

Auf Verfahrensfragen kann nicht eingegangen werden.

Das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG 1989, idF BGBl 760/1992) hat als Ziel die Finanzierung der Sicherung und Sanierung von Altlasten, und, als Voraussetzung dafür, ihre Erfassung und Bewertung.

Bei der Schaffung dieses Gesetzes ging der Gesetzgeber von der Annahme aus, daß der Verursacher einer Altlast oder auch ein Dritter von sich aus im Sinne von Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen tätig wird und baute den vorgesehenen Förderungsmechanismus auf diese Annahme auf. Ein Einschreiten der Behörde direkt ist im Rahmen dieses Gesetzes nur in Sonderfällen möglich.

Die Annahme des Gesetzgebers hat sich bezüglich vieler sehr relevanter Altlasten nicht erfüllt. Sanierungswilligkeit besteht nur in Ausnahmefällen und dort, wo entweder eine Nachnutzung des zu sanierenden Areals vorgesehen ist oder eine potente Gebietskörperschaft etwa als Verursacher, aus Gründen politischer Verantwortung oder anderen Interessen, als Sanierungswerber auftritt.

Maßgebliche Altlasten sind jedoch entweder "herrenlos" oder der potentielle oder festgestellte Verpflichtete schöpft jede ihm gegebene rechtliche Möglichkeit exzessiv aus, um sich seiner Verpflichtung zu entziehen.

Von Bedeutung sind einige Definitionen des Gesetzes.

Altlasten sind Altablagerungen, Altstandorte sowie durch diese kontaminierte Böden und Grundwasserkörper, von denen erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen.

Sanierung ist die Beseitigung der Ursachen der Gefährdung sowie die Beseitigung der Kontamination im Umfeld.

Sicherung ist das Verhindern von Umweltgefährdungen, insbesondere das Verhindern der Ausbreitung möglicher Emissionen von gesundheits- und umweltgefährdenden Schadstoffen aus Altlasten. Alleinige Beobachtung ist keine Sicherungsmaßnahme.

Es zeigt sich, daß verschiedene Forderungen im WRG und im ALSAG nicht deckungsgleich sind.

Eine Grundwasserverunreinigung liegt vor, wenn die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers mehr als "geringfügig" und insbesondere hinsichtlich seiner Trinkwassereignung beeinträchtigt wird.

Von Altlasten müssen hingegen "erhebliche Gefahren" für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen.

Die Schutzgüter "Grundwasser" und "Gesundheit des Menschen und Umwelt" in den beiden Gesetzen sind unterschiedlich, ebenso wie der handlungsauslösende Grad ihrer Beeinträchtigung.

#### 4. Fallbeispiele für gesetzte Maßnahmen

Die Sanierung eines anthropogen beeinträchtigten Grundwassers kann durch Ursachenbekämpfung und/oder Behebung der Auswirkungen vor sich gehen.

Die aktive Behebung der Auswirkungen umfaßt einerseits eine Dekontamination des Grundwassers selbst, andererseits end of pipe - Maßnahmen, die jedoch auf das geschädigte Gut keinen unmittelbaren Einfluß mehr haben. End of pipe - Maßnahmen sollen daher aus unseren Überlegungen ausgeschlossen bleiben.

Aber auch eine aktive Behebung der geschilderten Auswirkungen in einem Grundwasserkörper, der dem in der Mitterndorfer Senke entspricht, ist technisch und naturräumlich weder plan- noch vollziehbar, noch ist die Angemessenheit ihrer Umsetzung aus volkswirtschaftlicher Sicht gegeben.

Verbleibt also nur eine passive Behebung der Auswirkungen, d.h. das Abwarten auf die Wirkungen von Verdünnung, Abbau und Festlegung der Schadstoffe.

Maßgeblich ist hingegen die Ursachenbekämpfung.

Hier sind zwei Kontaminationsmöglichkeiten zu unterscheiden.

Steht die Schadstoffemission im Zusammenhang mit laufenden betrieblichen oder anderen menschlichen Aktivitäten, so kann durch Änderung dieser Aktivitäten eine weitere Emission relativ leicht hintangehalten und anschließend auch ein engerer Kontaminationsbereich saniert werden. Man kann, bildlich gesprochen, den "Hahn abdrehen".

Dies kann man nicht, wenn die die Emission auslösenden Handlungen bereits abgeschlossen sind, wie dies bei Deponien oder Altstandorten der Fall ist. Es soll nur diese Situation an Beispielen weiter behandelt werden.

Die zunächst zu beschreibende Deponie wurde 1971 auf Grund eines eingereichten Projektes wasserrechtlich bewilligt und bis zum Ablauf der Bewilligungsfrist im Jahre 1987 betrieben. Einwirkungen von Emissionen des Deponiegutes ( ca. 500.000 m<sup>3</sup> Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewebemüll) auf das Grundwasser sind im Nahbereich nachgewiesen, ebenso eine konsenslose, weil in wesentlichen Punkten vom bewilligten Projekt abweichende, Ausführung der Deponie.

Für die Behörde stellt sich die Frage nach dem Ausmaß und den Folgen der Kontamination nur im Hinblick auf deren allfälliger Geringfügigkeit. Ist Geringfügigkeit nicht gegeben, so kommt es zur Prüfung, ob eine Sanierung oder Sicherung der konsenslosen Ablagerung zu erfolgen hat, die Unterlagen für diese Entscheidung hat die Behörde selbst zu erarbeiten.

Sicherung durch Umschließung mit Dichtwänden erscheint im gegenständlichen Fall nicht erfolgversprechend realisierbar; ein Stauer, in den die Dichtwand eingebunden werden könnte, steht frühestens in Tiefen von 90 - 95 m u.G. an, ist aber nicht gesichert. Andere Einkapselungsmethoden wurden grundsätzlich geprüft, aber letztendlich verworfen. Die Behörde muß, im Falle sie diese vorschreibt, die volle Verantwortung für die ordnungsgemäße Funktion der vorgeschriebenen Maßnahme übernehmen, kann sich daher nur erprobter Verfahren bedienen, deren Aus- und Durchführung sie im Detail vorzuschreiben hat.

Der Behördenauftrag wird, ja muß daher auf Entfernung, also Räumung lauten.

Im Gegensatz zu den Sicherungsmaßnahmen ist hier eine Detaillierung dieses Auftrages in arbeitstechnischer Hinsicht nicht erforderlich, aufgetragen wird die "Entfernung der Neuerung" wobei "Wie" und "Wohin" von der Behörde nicht zu prüfen sind, lediglich die Setzung einer angemessenen Erfüllungsfrist ist notwendig.

"Räumung" bedeutet die Entfernung allen unzulässig abgelagerten Materials. Jede Belassung von möglicherweise geringer gefährlichem Material im Zuge dieses Vorganges an Ort und Stelle stellt, rechtlich gesehen, eine Neuerung dar, also eine neue Deponie, die einem Bewilligungsverfahren zu unterwerfen ist.

In der Regel wird bei derartigen Aufträgen der Belange den Rechtsmittelzug voll bis exzessiv ausschöpfen, d.h. es dauert mindestens ein Jahr, in der Regel aber wesentlich länger, bis der Bescheid in Rechtskraft erwächst.

Besteht im Falle der eingetretenen Rechtskraft des Auftrages kein Wille oder auch keine Möglichkeit des Verpflichteten den Auftrag zu erfüllen, so ist der Bescheid von der Behörde, das ist in jedem Fall die zuständige Bezirks-hauptmannschaft, zu vollstrecken.

Dies bedeutet neuerliche Verfahrensschritte, die das tatsächliche Handeln der Behörde weiter hinausschieben. Bei diesem Handeln muß die traditionelle Behörde, auf Grund ihrer

Aufgabenstellung und Struktur überfordert sein.

Das Verwaltungsvollstreckungsverfahren hat seinen bewährten Tätigkeitsbereich dort, wo es gilt dem Willen des Gesetzgebers mit einfach zu setzenden Handlungen zum Durchbruch zu verhelfen, etwa bei der Außerbetriebnahme oder Sperre von Geräten, Anlagen und Objekten, der Einbringung von Strafen, vielleicht noch bei der Demolierung von Objekten, nicht aber bei so komplexen Maßnahmen, wie der Sanierung von Altlasten oder der Errichtung von Kläranlagen.

Der zweite Fall, auf den eingegangen werden soll, ist die oft genannte "Fischer Deponie".

Eine ca. 780 m lange, ca. 100 m breite und 15 - 20 m tiefe Kiesgrube wurde in der Zeit zwischen etwa 1972 und 1983 mit (geschätzt) 800.000 m<sup>3</sup> Abfällen verfüllt. Abgelagert wurden Hausmüll und vergleichbare Gewerbeabfälle, Betonabbruch, Bauschutt, aber auch eine unbekannte Zahl (vermutlich einige tausend) von 200 l Barrels, die mit flüssig - pastösen Abfällen, überwiegend Destillationsrückständen, Altlacken, Lack- und Fettlösemitteln und Harzen gefüllt waren. Diese Barrels sind heute stark korrodiert, teilweise verformt und in vielen Fällen zum Teil oder auch zur Gänze ausgelaufen. Die Behälter sind immer in Gruppen, manchmal "Mann an Mann" geschichtet, aber auch ungeordnet "abgekippt", abgelagert und liegen fast immer in Hausmüll oder vergleichbarem Material eingebettet. Es wird vermutet daß die Einbringung von den Behälterinhalten vergleichbaren Stoffen auch frei in die Schüttung erfolgt ist.

Festgestellt wurde, daß im Nahbereich der Fischer Deponie (zeitlich vor dem Beginn des Betriebes dieser Deponie) vergleichbare Ablagerungen, allerdings viel geringeren Umfangs, in einer zweiten, kleinen Kiesgrube erfolgt sind. Nicht auszuschließen ist, daß an einer dritten Stelle nahe der Fischer Deponie Lösemittelrückstände im Gelände zur Versickerung gebracht wurden.

Ablagerungen in der zum Entstehen der Fischerdeponie führenden Kiesgrube wurden

1972 wasserrechtlich bewilligt. Der tatsächliche Umfang der Ablagerungen und die Ablagerung verschiedener Stoffe, wie gerade der zur Grundwasserkontamination führenden Lösemittelrückstände, entspricht jedoch in keiner Weise dieser Bewilligung. Ebenso sind die im Umfeld beschriebenen Vorgänge konsenslos erfolgt.

Daß aus dem Bereich der Fischer Deponie mit ihrem Umfeld eine Grundwasserkontamination durch CKW ausgeht, wurde durch die Untersuchungen 1982 erwiesen. In den folgenden Jahren wurde die erwähnte kleinere Deponie von der Behörde als Sofortmaßnahme geräumt, später in der Fischer-Deponie selbst, zur Beweisführung im Verfahren, mehrere Faßlager erkundet und geräumt.

Nachdem Versuche der Behörde im Sinne des WRG eine quasi einvernehmliche Sanierung der Deponie durch den Betreiber zu erreichen, 1986 endgültig fehlgeschlagen waren, wurde die Erlassung gewässerpolizeilicher Aufträge betrieben. Auf Grund der Sach- und Rechtslage konnten diese Aufträge nur auf Räumung der gesamten Deponie lauten. Ein erster Teilbescheid (Teilbescheid aus rechtlichen Gründen) wurde von der Behörde im April 1990 erlassen. Nach vollständiger Ausschöpfung aller Möglichkeiten des Rechtsstaates durch den Verpflichteten wurde im März 1992 der erste Teilbescheid vollstreckbar und im Dezember 1992 mit der Räumung, die aus rechtlichen Gründen nur in kleinen, nacheinander zu behandelnden Teilabschnitten erfolgen kann, begonnen.

Die im Zusammenhang mit der Vollstreckung von der BH Wr.Neustadt in Zusammenarbeit mit den anderen damit befaßten Dienststellen erbrachten Leistungen, die mit dem üblichen Amtsbetrieb in keiner Weise zu tun haben bzw. mit ihm nicht vergleichbar sind, sind bewundernswert, können meiner Meinung nach aber zu keinem "Normalfall" werden.

Zwischenzeitlich wurde bereits 1989 im Auftrag des BMfUJF durch den seinerzeitigen ÖKO-Fonds (heute Kommunal Kredit AG) unter fachlicher Betreuung durch eine umfangreiches, interdisziplinär zusammengesetztes Expertengremium begonnen, schrittweise eine

Sperrbrunnenanlage mit anschließender Dekontaminierung des entnommenen Grundwassers in mehreren Ausbaustufen grundwasserstromabwärts der Fischer Deponie zu errichten. Sie verhindert, unter Ausnutzung der genau erkundeten hydrogeologischen Verhältnisse, eine weitere Kontamination des Grundwassers durch Emissionen aus der Fischer Deponie.

Vergleichbaren Zwecken dienen Bodenluftabsauganlagen, von denen eine seit 1989 durch den ÖKO Fonds, zwei weitere seit 1991 durch die NÖ Landesregierung betrieben werden.

Die gesamten bisherigen Investitionskosten für den Komplex der Sperrbrunnenanlage betragen rd. S. 75.000.000.-, die jährlichen Betriebskosten liegen bei rd. S. 17.500.000.-.

Durch den Betrieb der Anlage wurden dem Grundwasser in den letzten Jahren rd. 300 kg/a an CKW (gerechnet als  $\text{Cl}^-$ ) entzogen, weiters erfolgte ein zusätzlicher Abbau von organischer Substanz im Ausmaß von rd. 15.000 kg TOC/a.

Festzuhalten ist, daß bei Berücksichtigung der grundwasserstromaufwärts der Deponie beobachteten Grundwasserbelastung, in der Größenordnung nur rund die Hälfte der entzogenen CKW Fracht aus der Deponie stammt.

Die jährlichen Betriebskosten für drei Bodenluftabsauganlagen, in denen die Anlagekosten eingerechnet sind (Miete), betragen rd S 200.000.-.

Aus der abgesaugten Bodenluft konnten bisher rd. 8.300 kg Schadstoffe in Aktivkohlefiltern gebunden werden.

Diese Ziffern sind nicht unmittelbar vergleichbar. Systembedingt werden verschiedene Stoffkomponenten in die Entfernung einbezogen und erfolgt die Angabe daher in verschiedenen Einheiten.

Das Verhältnis des Erfolges der Schadstoffentfernung durch die Sperrbrunnenanlage einerseits und die Bodenluftabsaugung andererseits zeigt, daß die Emissionen aus dem Deponiekörper in die Bodenluft des umgebenden, gut durchlässigen Kiesbodens offenbar wesentlich höher sind, als in den Bereich des ungesättig-

ten und gesättigten Grundwasserkörpers unmittelbar. Umgekehrt kommt es sicher aus der Bodenluft auch zu einer mittelbaren Kontamination des Grundwassers, bzw. umgekehrt.

Die Ursachen für dieses Schadensbild können nur vermutet werden.

Sicher ist, daß das Ausfließen der Behälter zumindest heute nicht schlagartig, sondern latent erfolgt und die Lagerung der Behälter innerhalb anderer Abfallstoffe mit zu einer weiteren Verzögerung und Vergleichmäßigung der Emissionen führt.

Von verschiedener Seite wurden Alternativvorschläge zur "Räumung" gemacht, die letztendlich auf eine Sortierung und teilweise auf einer weiteren Aufbereitung des sortierten Material in verschiedener Form hinauslaufen. Nicht deponiefähige Anteile sollen entfernt und thermisch weiter behandelt werden, der Rest an Ort und Stelle in einer dem heutigen Stande der Technik entsprechenden Deponie wieder abgelagert werden.

Die Vorschläge dürften daran scheitern, daß eine derartige Wiederablagerung rechtlich zu einer neuen Deponie führt, die einem Bewilligungsverfahren zu unterwerfen ist.

Dabei ist primär die Standorteignung für die Errichtung der "neuen" Deponie zu prüfen.

Diese ist nach heutiger Beurteilungspraxis an einem Standort in der Mitterndorfer Senke nur für unbedenkliches Material gegeben, eine Qualität, die durch Sortierung und Aufbereitung wohl nicht zu erreichen ist.

Der Begriff einer "Sanierungsdeponie", deren Errichtung eine bestehende Beeinflussung ausschaltet und das gesamte Gefahrenpotential wesentlich vermindert, wenn auch nicht, im Sinne des Vorsorgeprinzips, jede Gefährdungsmöglichkeit ausgeschaltet wird, ist unserer Beurteilungspraxis fremd.

## 5. Folgerungen und Zukunftsperspektiven

Verunreinigungen von Boden und Grundwasser durch Altlasten sind Folgen eines Fehlver-

haltens des Menschen, das als solches zu spät erkannt wurde oder erkannt werden konnte. Es gibt aber sicher auch Fälle, in denen eine Schädigung von Umwelt, Boden und Grundwasser bewußt in Kauf genommen wurde.

Die Forderungen, die im Wasserrechtsgesetz und auch im Altlastensanierungsgesetz im Zusammenhang mit der Reinhaltung der Gewässer und der Sicherung und Sanierung von Altlasten erhoben werden, sind sehr weitgehend. Sie entsprechen dem unserer Zeit immanenten Streben nach Sicherheit des Einzelnen und der Gesellschaft, dem Vorsorgeprinzip und dem Verursacherprinzip.

Zwischen diesen Forderungen, dem Notwendigen und dem Machbaren besteht in manchen Fällen keine Übereinstimmung.

Es stellt sich daher die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Maßnahmen die wir setzen oder setzen müssen. Sinnhaft in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, denn nur bei ganzheitlicher Betrachtung kann eine Maßnahme umweltverträglich sein, was wir ja anstreben.

Bei vielen Vorgangsweisen müssen wir im Gegensatz dazu eine sektorale Betrachtungsweise erkennen.

Die Ursachen dafür sind unter anderem

- das Kompetenzprinzip in der Rechtsordnung,
- die fachliche Ausrichtung auf einzelne Schutzgüter, mit dem Bestreben, für diese optimale Leistungen zu erreichen,
- die Gleichsetzung von Reparatur und Vorsorge,
- Utopien, die als Ausfluß der gesellschafts- und sozialpolitischen Entwicklung des technisierten, industriellen Zeitalters in der 1. Welt entstanden sind und noch immer entstehen und
- Zwänge, die sich (scheinbar!) aus der veröffentlichten Meinung ergeben.

Wie kann man derartige Betrachtungs- und Handlungsweisen überwinden?

Der Gesetzgeber versucht in jüngerer Zeit zunehmend seine alte Vorgabe einer sektoralen

Arbeitsweise an die Verwaltung, auch bei komplexen Agenden, abzubauen - der Vollzug und die Vollziehbarkeit dieser Bemühungen wird abzuwarten sein.

Zielführender erscheint es, wie auch in einem Vorschlag zur Novellierung des Altlastengesetz angeregt, für die Materie der "Altlastensanierung" eine eigene, umfassende Kompetenz neu zu schaffen.

Diese Altlastenbehörde hätte unter Zugrundelegung der einzelnen Materiengesetze zu entscheiden. Dazu sind die Entscheidungskriterien in den Materiengesetzen aufeinander abzustimmen. Die Gesetze müssen gleichzeitig erlauben, Bewertungen und Entscheidungen nicht nur einzelfallbezogen, sondern unter Einbeziehung des damit im Zusammenhang stehenden Umfeldes, quasi regional, zu treffen.

Gleichzeitig muß dieser Behörde ein Instrumentarium zur Verfügung stehen, das die rasche operative Durchführung von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen ermöglicht. Dies insbesondere dann, wenn ein zu Verpflichtender absehbar nicht feststellbar ist, noch nicht rechtskräftig feststeht, handlungsunfähig oder handlungsunwillig ist.

Als derartiges Instrumentarium erscheint eine Beteiligungsgesellschaft unter Führung des Bundes denkbar.

Die erste Frage in fachlicher Hinsicht lautet "How clean is clean?". Die Antwort auf diese Frage ist einem laufenden Wandel unterworfen.

Die Fortschritte in der Analytik erschließen uns Stoffe und Meßwerte, die vor kurzer Zeit noch nicht erfassbar waren.

Die Wirkungsforschung hinkt dieser Entwicklung zwangsläufig nach und steigert daher, durchaus im Sinne des Vorsorgeprinzips, ihre Anforderungen an den Begriff "clean". Die dabei bevorzugte Betrachtung von Einzelwerten führt von einer ganzheitlichen Betrachtung weg.

Zukunftsorientiert betrachten und beurteilen wir jeden Sachverhalt, auch wenn er in der Vergangenheit und in deren Wissen begründet

ist, aus dem Blickwinkel des heutigen Wissens und verlangen die konsequente Umsetzung dieses Wissens zur Abwendung von Risiken. Wir fordern damit bei der Reparatur von Fehlern aus der Vergangenheit inhaltlich die Anwendung des Vorsorgeprinzips, das erst auf Grund dieser Fehler entwickelt wurde. Das Vorsorgeprinzip ist vollinhaltlich zu bejahen, wenn es sich um neu entstehende Sachverhalte handelt, seine generelle Anwendung auf alle Fehler der Vergangenheit erscheint mir hingegen problematisch.

Wir haben doch bei vielen Sachverhalten zur Kenntnis genommen, daß durch den Menschen irreversible Veränderungen der Natur möglich und auch zulässig sind.

HÖFFE stellt zum Umweltschutz fest, daß der Mensch nicht bloß in seiner Umwelt lebt, sondern daß er, als ein Wesen das sich die Mittel zur Befriedigung seiner Bedürfnisse erarbeiten muß, auf ihre Indienstnahme angewiesen ist. Damit ist aber auch die Veränderung der Umwelt untrennbar verbunden.

Alle Veränderungen wurden aus einer bestimmten Erfolgserwartung heraus eingeleitet, diese Erwartungen wurden meist mehr oder minder erfüllt, waren aber oft auch mit negativen Begleitumständen oder Folgen verbunden. Eine Rückführung der Veränderungen ist trotzdem nicht möglich - es wurde vom Menschen ein "neuer Naturzustand" geschaffen, der um so weniger als "neu" erkannt wird je älter er ist, ohne Rücksicht auf seine jeweilige Auswirkungen.

Der Ambivalenz einer solchen Betrachtungsweise bin ich mir, gerade aus langjähriger Verwaltungs- und Beurteilungspraxis heraus, voll bewußt.

Die juristische Hauptproblematik bei der Beurteilung der Frage wann ein neuer Naturzustand vorliegt, sehe ich bei jenen Fällen, in denen die Mißachtung bestehender Regeln, sei es der Wissenschaft, der Technik oder des Rechtes zu dem Zustand geführt hat.

Den Begriff eines verzichtbaren Gewässers zu schaffen lehne ich ab, die grundsätzliche Forderung nach der Reinheit aller Gewässer an jeder Stelle wird aber mit den derzeitigen

Randbedingungen nicht aufrecht zu erhalten sein.

Wir müssen uns auch im klaren sein, daß eine vollständige Entfernung schädlicher anthropogener Stoffe aus der Umwelt naturgesetzlich nicht möglich ist. "Rein" im Zusammenhang mit einer Sanierung ist daher, meiner Ansicht nach, ein teleologisch, in Abhängigkeit von der Machbarkeit festzulegender Begriff. Eine Sanierung, nur diese wird angesprochen, muß sich auf die angemessene Herabsetzung einer konkreten Schädigung oder Gefahr beziehen, die Behebung potentieller Gefährdungen ist volkswirtschaftlich nicht finanzierbar.

Im Altlastensanierungsgesetz hat in der Novelle 1992 der Gesetzgeber dies anerkannt.

Schließlich sind die in der Volkswirtschaft für Umweltschutzmaßnahmen zur Verfügung stehenden personellen wie materiellen Mittel begrenzt und ist deren optimaler, dh. effizientester Einsatz notwendig. Daher stellt sich die gesellschaftspolitische Frage, wieviel der Gesellschaft die Erreichung eines bestimmten Zieles wert ist. Erst dann darf das Ziel festgeschrieben werden.

Zu ermöglichen ist auch die schrittweise Setzung von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen, entweder nach einem von vorn herein feststehenden Konzept oder auch nach dem sich entwickelnden Wissensstand und/oder Stand der Technik.

Die rasche Setzung von Maßnahmen, auch wenn ein 100%iger Erfolg, bzw. Sicherheit für alle Zukunft nicht erreicht wird, muß bei Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen rechtlich ermöglicht werden. Dies schließt auch die "Sanierungsdeponie" mit ein., Diese hat von der Ausstattung her zumindest dem Stande der Technik zu entsprechen, hinsichtlich der Beurteilung des Standortes muß aber eine Abwägung zwischen dem durch die Maßnahme erreichten verminderten Gefahrenpotential und dem ursprünglichen Schadenspotential zugelassen werden. Letztendlich haben wir ja Sanierungsdeponien in all jenen Fällen, in denen Altlasten mit dem Ziel der Sicherung umschlossen werden.

Es folgt die Frage nach der Wirkung, nach dem Ergebnis von Sanierungsmaßnahmen. Gelingt es wirklich zu "sanieren", dh. ein Gefahrenpotential zu beseitigen oder kommt es nur zu dessen Verlagerung, möglicherweise in geringer problematische Bereiche? Wurde die Technologiefolgenabschätzung, deren Fehlen in der Vergangenheit oft zu den nun zu sanierenden Sachverhalten geführt hat, bei den jetzt zu setzenden Maßnahmen durchgeführt?

Ein Vergleich: wir streben bei der Güterproduktion die Erstellung von Ökobilanzen an, um die Umweltbelastung durch ein Produkt, von der Gewinnung der Rohstoffe über seine Produktion, den Gebrauch bis zur Entsorgung umfassend beurteilen zu können.

Auch eine Sanierung und/oder Sicherung ist ein Produkt bei dem es möglicherweise verschiedene Alternativen gibt, die hinsichtlich der Gesamtheit ihrer Auswirkungen zu vergleichen und ganzheitlich abzuwägen sind. Meiner Ansicht nach ist dabei auch eine *laisser-faire* - Variante einzubeziehen.

Sanierung, dh. Beseitigung des Gefahrenpotentials, kann auch durch Nutzungsänderung erfolgen, wenn wir uns von dem Gedanken freimachen, durch technische Maßnahmen jeden Zustand einer Korrektur im Sinne unseres momentanen Wissens und Interesses zuführen zu können oder zu müssen.

Die Ökobilanz für Varianten prüft letztlich auch die Angemessenheit der vorgesehenen Maßnahme. Hier fließt die volkswirtschaftliche Komponente als ein Teilfaktor ein.

Zu diskutieren ist, welche Kriterien für derartige Überlegungen gelten sollen und wie die rechtlichen Grundlagen zu ihrer Verwirklichung zu modifizieren sind.

Schließlich: die Utopie.

Das erste Erfordernis der Utopie unserer Zeit ist die materielle Fülle zur Befriedigung aller Bedürfnisse Aller, das zweite: Leichtigkeit bei der Aneignung dieser Fülle. Das dritte Ziel: die Erhaltung und Wiederherstellung "natürlicher" Verhältnisse. Utopie eins und zwei beruhen auf der Nutzung der Umwelt und

stehen daher mit der dritten *per se* im Widerspruch.

Bescheidene Ziele sind meiner Meinung nach gefragt, so mißtönig dies im Hinblick auf die Großartigkeit unseres Könnens klingen mag.

Sektorales Vorgehen hat seine Ursache oft auch in Zwängen, die sich aus der veröffentlichten Meinung zu ergeben scheinen. Man hört immer wieder "daß nur die Medien etwas bewegen". Es kann aber nur etwas bewegt werden, was von den Medien zunächst zur Kenntnis genommen und dann reflektiert wurde.

Die Gefahr ist, und dies hat wohl schon jeder erlebt, daß diese Art der Bewegung der Dinge nicht immer das Richtige trifft und zu Panikreaktionen, von wem immer, führt.

Die Lösung dieser sehr wesentlichen Frage liegt wohl in der gezielten Beteiligung der Öffentlichkeit am Problem, das "was" ist hier klar, das "wie" ein Buch mit sieben Siegeln. Es geht um entsprechende Vermittlung von Wissen und nicht nur von Information. Information allein, wie wir es heute erleben, führt oft zur Angst und Angst ist immer kontraproduktiv.

Die so viel zitierte "Transparenz" von Zuständen, Handlungen und Ergebnissen ist unabdingbar.

Transparenz erfordert aber auch die Bereitschaft Verantwortung zu übernehmen, für die eigene Meinung und Entscheidung.

Mit der Verwissenschaftlichung unseres Lebens und der Entwicklung neuer Wertvorstellungen steigt die fachliche Meinungsvielfalt, die zu einer Hemmung des Entscheidungsprozesses führt, wenn Fachdiskussionen zu Streitgesprächen über ideologisch begründete gegensätzliche Standpunkte werden.

In diesem Zusammenhang darf ich abschließend Sir Karl Popper zitieren:

*"Es ist keine Schande zuzugeben, daß eine Idee, die man gehabt hat, falsch war. Hingegen ist es verwerflich, wenn man zu vertuschen versucht, daß die Idee, die man verfolgt, von Anfang an*

*falsch gewesen ist. Wir müssen daher unsere Einstellung zu unseren Fehlern ändern, denn die alte berufsethische Einstellung führt dazu unsere Fehler zu vertuschen, zu verheimlichen und so schnell wie möglich zu vergessen."*

## Literatur:

AMT.d.NÖ LANDESREG./  
FZ.SEIBERSDORF, 1991

Amt d. NÖ Landesregierung und  
Forschungszentrum Seibersdorf,  
Grundwasserbelastung durch CKW in  
Teilen der Mitterndorfer Senke,  
Wien, 1991.

HÖFFE 1981

Otfried Höffe, Sittlich - politische  
Diskurse, Suhrkamp Verlag,  
Frankfurt/M, 1981.

KASPER,SEIDELBERGER 1983

W.Kasper, F.Seidelberger,  
Grundwasserbelastung durch persistente  
Stoffe am Beispiel der Mitterndorfer  
Senke.  
ÖWW,7/8,35.1983.

KRESSER 1965

W.Kresser, Wasserbilanz südliches  
Wr.Becken, 1.Bericht. BMfLuF, 1965.

REITINGER 1976

J.Reitinger, Wasserwirtschaftliches  
Grundsatzkonzept f.d. südliche Wiener  
Becken, BMfLuF,  
Wien, 1976.

## DISKUSSION

## BEHEBUNG VON UMWELTSCHÄDEN

RIEHL-H.: Vielleicht kann ich zur Diskussion mit dem Hinweis auf die beiden Gegensätze überleiten, die Sie zum Schluß angeführt haben. Einmal die Frage, können wir auf Wasser verzichten und sagen o.k., die sind versaut, wir wollen sie weiter versauen, und andererseits die Frage, ob wir eine absolute Reinheitsforderung verallgemeinern können.

Im nördlichen Niederösterreich finden wir etwa immer, wenn wir tiefer hinunterbohren, "geogen verdreckte" Wässer, die in keiner Weise geeignet sind als Trinkwasser verwendet zu werden. Ähnliches gilt für Wässer im westlichen kalkalpinen Bereich. Darf ich vielleicht Herrn Dr. WESSELY, der diese Situation ja sehr gut kennt, um eine Stellungnahme ersuchen.

WESSELY: "Geogen verunreinigt" ist natürlich ein schlechter Ausdruck. In der Regel steigt mit der Tiefenlage eines Wasservorkommens auch seine Salinität. Das Problem ist, daß bei einer Entnahme tiefliegender Grundwässer (Süßwässer), wenn es sich um fossile Wässer handelt, die nur langfristig erneuerbar sind, die Gefahr besteht, daß Salinität aus tieferen Horizonten eingezogen wird. So kommen im Wiener Becken im Pannon oder im Pont fossile Süßwässer vor und hier kann bei intensiver Entnahme aus dem fünften oder vierten Unterpannon Wasser höherer natürlicher Salinität mitgezogen werden.

Bei den Kalkalpen wissen wir, daß das Süßwasser sehr tief hinunter reichen kann, vor allem in Bereichen, wo eine Frischung stattgefunden hat, d.h. Zirkulationssysteme in Gang gesetzt wurden, durch die die Salz- oder Salinenwässer ausgetrieben wurden. Ich denke nur z.B. an die Bohrung in Berndorf, wo wir bis 5.400 m Süßwasser haben, allerdings auf andere Weise natürlich "kontaminiert", weil es

eine Temperatur von 70°C aufweist. Die Verwendungsmöglichkeit als Trinkwasser ist daher wohl kaum gegeben.

Schließlich haben wir in bestimmten Bereichen der Kalkalpen Gipswässer, deren Entstehung durch thermokatalytische Auslösungen aus dem Anhydrit der unteren oder auch der tieferen oberen Trias bedingt ist und die sich dann durch das Zirkulationsverhalten der Wässer irgendwo angereichert haben, siehe Oberlaa, Baden usw. Das sind also durch ihre lange Geschichte natürlich veränderte Wässer.

Nur würde ich diese Wässer nicht als potentielle Trinkwässer ansehen. Potentielle Trinkwässer sind jene, die im Wiener Becken etwa in den höheren Schichten des Tertiärs und natürlich im Quartär vorkommen und auch in den Kalkalpen bis in große Tiefen vorhanden sind. Ist damit die Frage beantwortet?

KASPER: Die Stellungnahme der Wasserwirtschaft haben Sie mit den letzten Worten schon vorweggenommen. Mit diesen hier oben beschriebenen Wässern setzen wir uns zum Zwecke der Wasserversorgung, zumindest derzeit, nicht auseinander, von seltenen Einzelfällen abgesehen.

Unser Diskussionspunkt ist die Erhaltung der Natürlichkeit der Beschaffenheit der Wässer und die Natürlichkeit ist bei den beschriebenen Wässern ja zweifelsohne derzeit gegeben. Sollten diese Wässer einmal einer Nutzung zugeführt werden, so wird dem Erneuerungsmechanismus, aus Gründen der Quantitäts- wie Qualitätssicherung, jedenfalls besondere Aufmerksamkeit zu widmen sein.

Mir hat aber die Bemerkung "wenn wir ein Wasser versaut haben, dann können wir es weiter versauen" absolut nicht gefallen.

RIEHL-H.: Ich habe dabei den Begriff des "verzichtbaren Wassers" gemeint. Mir ist

bekannt, daß in einzelnen Bundesländern die Meinung vertreten wird, daß, wenn das Wassers irgendwo versaut ist, es nichts ausmacht, wenn dort neue, zumindest potentielle Belastungsquellen geschaffen werden.

**KASPER:** Solchen Überlegungen würde ich mich persönlich nicht anschließen, ich weiß auch nicht wie und aus welchen Gründen das dort ausgesprochen wurde.

Meine Kritik geht auch in eine andere Richtung. Kritikpunkt ist nicht der Vollzug, sondern der Inhalt einzelner Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes.

Wir haben in Österreich, seit dem Wasserrechtsgesetz der dreißiger Jahre, die Bindung der vom Gesetz geforderten Grundwasserqualität an die Trinkwasserqualität. Die Formulierung lautet verkürzt "Grund- und Quellwasser muß als Trinkwasser verwendet werden können".

Diese Forderung konnte in der Vergangenheit immer ohne wesentliche Schwierigkeiten erfüllt werden.

In den letzten Jahrzehnten haben wir unser ganzes Umfeld, gezielt und offenbar zu unserem Vorteil, weltweit immer mehr technisiert und zweifelsohne verändert.

Die Entwicklung der chemischen Analytik ermöglicht uns auf einmal kleinste Spuren von Stoffen im Trinkwasser und auch im Grundwasser festzustellen.

Daran paßt sich die Definition der Qualität des Trinkwassers an. Bei einer Veranstaltung habe ich unlängst überspitzt formuliert, daß Trinkwasser heute für mich ein Substrat ist, das vom Hygieniker in bestimmter, dynamischer Weise an Hand von Grenzwerten definiert wird.

Dem steht das Grundwasser, geogen geprägt und anthropogen beeinflusst, gegenüber. Anthropogen beeinflusst nicht unbedingt durch Schadstoffe, sondern auch durch viele andere, teilweise schleichend wirksame Einflüsse, die sich einfach aus der menschlichen Existenz, aus der menschlichen Tätigkeit ergeben.

Da tut sich jetzt eine Schere auf.

Die Wasserrechtsnovelle 1990 hat in den Forderungen keine Änderung gebracht, jedoch das "Sanierungsgebiet" neu eingeführt. Im Falle der unzulässigen anthropogenen Belastung von Grundwassergebieten ist die Behörde verpflichtet Maßnahmen zur Wiederherstellung der ordnungsgemäßen Grundwasserbeschaffenheit zu setzen. Durch die Festlegung von Schwellenwerten für die zulässige Grundwasserbeschaffenheit wurde der Zeitpunkt des Eingreifens definiert.

Die Schwellenwerte betragen für die Mehrzahl der Stoffe 60% jener Konzentrationen, die im Trinkwasser zulässig sind. Überspitzt ausgedrückt verlangen wir also, daß das Grundwasser, und zwar jedes Grundwasser, "besser" als das Trinkwasser ist, um hier einen gewissen Sicherheitspolster zur gesetzlichen Forderung zu haben.

Das ist ein wunderbares Ziel, das ich 100%ig unterstützen würde, wenn ich seine Realisierbarkeit aus naturwissenschaftlicher wie volkswirtschaftlicher Sicht sehen würde. Hier bin ich aber skeptisch.

Weiters hat die Behörde nach den Bestimmungen des WRG die Möglichkeit, sogar die Verpflichtung, zum besonderen Schutze von Trinkwasserfassungen Schutzgebiete und Schongebiete einzurichten, wenn dies erforderlich ist.

In diesem Zusammenhang erinnere ich mich an eine Diskussion, die vor vielleicht 15 Jahren im Zusammenhang mit Naßbaggerungen geführt wurde.

Jede Eröffnung des Grundwasserkörpers, etwa durch eine Naßbaggerung, hat zweifelsohne einen räumlich beschränkten Einfluß auf die Beschaffenheit des Grundwasserkörpers in ihrer Umgebung, sei es in chemischer oder physikalischer Hinsicht.

Wäre es nicht möglich den Begriff des Schutzgebietes hier umzukehren und ein sozusagen negatives Schutzgebiet festzulegen, in dem ich gewisse Wassernutzungen, wie etwa die Erschließung von Trinkwasser ohne entsprechende Aufbereitung ausschließe ?

Der Gedanke ist meines Wissens nach nicht mehr weiter verfolgt worden, könnte aber einen Ansatz bieten zur Lösung des Problems bei jenen vielen Altlasten, von denen ich zwar einen Einfluß auf das Grundwasser habe oder annehmen muß, aus naturgesetzlichen Gegebenheiten dieser Einfluß aber über einen bestimmten engen Raum nicht hinaus wirkt.

Dies gilt natürlich nicht für jene Verunreinigungen die persistent und gleichzeitig mobil sind, hier müssen wir andere Lösungen suchen.

**BRUNNER:** Mir hat Ihr Vortrag ausgezeichnet gefallen, vor allem auch die letzten 5 Minuten. Ich glaube, wenn man mit solchen Konzepten an die Probleme herangeht, kommt man zu viel rationaleren Lösungen, als sie im Moment aus vielen Randbedingungen heraus verfolgt werden.

Sie haben eindringlich gezeigt, wie mit heutigen Sanierungstechniken CKW und TOC reduziert werden können. Wenn wir eine Beziehung herstellen zwischen den entfernten Mengen und jenen, die noch in der Deponie drinnen sind, so ist dies jedenfalls ein sehr hohes Mißverhältnis.

Da drängt sich die Frage auf, ob es überhaupt sinnvoll ist, diese Schadstoffreduktion in den Grundwässern vorzunehmen und ob es nicht ökonomisch ebenso tragbar wäre, daß man hier gar nichts tut und dafür die Deponie, wie sie gesagt haben richtig saniert, also entfernt und thermisch usw. aufbereitet?

Das wäre die erste Frage.

Die zweite Frage ist mehr eine wissenschaftliche.

Den ganzen Transport der CKW im Grundwasser kann man vielleicht auch modellieren. Insbesondere wenn man den Grundwasserleiter kennt, könnte man ja berechnen, wie lange die Fließzeiten von den einzelnen Schadstoffquellen dauern, bis die Schadstoffe bestimmte Punkte, etwa WVU's erreichen.

Wurden solche Modelle angewandt?

**KASPER:** Bei der 2. Frage beginnend:

Solche Modelle existieren noch nicht, in Zusammenarbeit des Bundes mit den Ländern Niederösterreich, Wien und Burgenland wird allerdings ein mathematisches Grundwassermodell für den Bereich der Mitterndorfer Senke erarbeitet, in das sicher auch ein Schadstofftransportmodell eingebaut werden kann. Die Erarbeitung der Eingangsparameter dafür ist jedoch sehr aufwendig.

Für überschlägige Abschätzungen begnügen wir uns derzeit mit der Kenntnis der durchschnittlichen Abstandsgeschwindigkeit im Grundwasser, die zwischen 5 und 7 m/d, in Extremfällen auch bei 10 m/d liegt.

Die 1. Frage wäre eine sehr umfangreiche Diskussion wert, da sicher unterschiedliche Meinungen gegeneinander stehen.

Die Sperrbrunnenanlage wurde zu einem Zeitpunkt initiiert, als man der Meinung war, daß die Emissionen aus dem Deponiekörper wesentlich höher sind, als sie sich nunmehr, nach vier Jahren Betrieb der Anlage, tatsächlich entwickeln.

Die Sperrbrunnenanlage hatte ihre zweite Begründung darin, daß damals absehbar war, daß, auf Grund der Gesetzeslage und des Rechtsmittelzuges, ganz abgesehen von technischen Problemen, die Verwirklichung der Räumung einen vieljährigen Zeitraum in Anspruch nehmen wird, Emissionen also mittelfristig weiter erfolgen werden. Darüber hinaus war ersichtlich, daß eine Bergung der Fässer allein, d.h. ohne komplette Umlagerung der Deponie, nicht realisierbar ist. Aber selbst wenn dies erfolgen könnte, besteht im Zuge der Durchführung dieser Arbeiten die Gefahr zusätzlicher Emissionen.

Das alles wollte man mit der Sperrbrunnenanlage absichern.

Das aus den Brunnen entnommene Wasser (derzeit rd. 90 l/s) wird, über Auftrag der Wasserrechtsbehörde, auf Trinkwasserqualität aufbereitet, sogar auf etwas geringere Schadstoffwerte als im Trinkwasser zulässig wären, und anschließend wieder versickert. Es wird also dem Grundwasservorkommen der Mitterndorfer Senke nicht entnommen.

Darüber hinaus sehe ich persönlich in der Sperrbrunnenanlage auch einen gewissen Forschungsbereich für die befaßten Hochschulinstitute. In diesem Rahmen geschieht dort viel.

Die Kosten, die für die Anlage aufgewendet wurden und noch aufgewendet werden, sind unzweifelhaft sehr hoch.

**BRUNNER:** Ich wollte durch meine Frage in keiner Weise das Konzept, das gewählt wurde in Frage stellen.

Ich wollte darauf hinaus, was man für die Zukunft gelernt hat, wo in Zukunft Prioritäten zu setzen sind?

Kann man es sich in Zukunft leisten beispielsweise 2 Jahre nichts zu tun und dann sofort die Quelle zu sanieren? Was ist hier Ihre Meinung, was hat man gelernt, was wäre sinnvoll?

**KASPER:** Ich habe versucht darzustellen, daß wir Rechtsinstrumentarien brauchen, die bei einem erkannten Schadensfall einen raschen Zugriff zum Zwecke der Sanierung oder Sicherung ermöglichen, auch bei einem Eingriff in bestehende Eigentums- oder andere Rechtsverhältnisse. Derzeit sind diese nicht gegeben.

**RIEHL-H.:** Ist in so einem Fall nicht sowieso die Möglichkeit durch Gefahr im Verzug gegeben?

**KASPER:** Gefahr im Verzug ist im Einzelfall zu beweisen, der bloße Verdacht ist nicht ausreichend. Im gegenständlichen Falle wurden durch gezielte Grabungen in der Deponie an drei Stellen "Fasslager" mit den relevanten Inhaltsstoffen gefunden, dies ermöglichte die Aussage, daß vergleichbare Lagerungen an anderen Stellen der Deponie mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zumindest nicht ausgeschlossen werden können. Sonst wäre, gerade im Falle der Fischer-Deponie, auch die Vermutung möglich, daß die Verunreinigungen einen anderen Ausgangspunkt haben.

**UNBEKANNT:** Das Problem ist ja auch: wie weit sind schädliche Stoffe tatsächlich schädlich? Sie haben formuliert: "Die Obduktion des Verunglückten ergab, ohne Zusammenhang mit der Todesursache, das Vorhanden-

sein von CKW-Dämpfen in der Lunge". Wie ist das zu verstehen?

Gibt es tatsächlich eine höhere Krebsrate im Raume von Wr.Neustadt und wie weit gibt es da einen Zusammenhang mit dem Genuß des Wassers?

Dieser eine Todesfall ist durch Erstickten im Brunnenschacht zu beklagen gewesen, aber wie weit sind tatsächlich CKW im Trinkwasser schädlich oder tödlich?

**KASPER:** Diese Frage ist eigentlich von einem Hygieniker zu beantworten und der bin ich nicht.

Ich kann nur sagen, daß im Herbst 1981, als die Verunreinigung des Grundwassers bekannt wurde, in Österreich keine Grenz- oder Richtwerte für CKW im Trinkwasser existierten. Im März 1982 wurden in der BRD, vom deutschen Bundesgesundheitsamt, Werte festgelegt, die dann auch in Österreich zur Beurteilung herangezogen wurden. 1984 wurden in Österreich eigenständig Grenzwerte festgelegt.

Alle diese Werte sind auf dem Vorsorgeprinzip aufgebaut, das heißt, man geht bei ihrer Festlegung davon aus, daß auch bei lebenslangem Genuß des belasteten Wassers eine Schädigung der Gesundheit nicht eintritt.

Wie von Ihnen angesprochen, wurde vor einiger Zeit auf Grund einer Studie behauptet, daß im Spital Wr.Neustadt eine Häufung bestimmter Karzinome auftrat. Mir ist bekannt, daß eine epidemiologische Studie diese Behauptung widerlegt, auch durch die Feststellung, daß in keiner Weise eine Abhängigkeit zwischen jenen Personenkreisen besteht, die einerseits Patienten des Krankenhauses Wr.Neustadt sind oder waren und andererseits ihr Trinkwasser aus der Mitterndorfer Senke (selbst im weitesten Sinne) bezogen.

**JANDER:** Als Querdenker möchte ich hier eines in den Raum stellen: wir haben ausgepumpte Erdöllagerstätten auf der Welt, die nachweislich eine gewisse Konsistenz und Lagerstättentiefe haben. Als Nichtgeologe möchte ich fragen, was sagen Sie zu dem Stichwort "Abfallverflüssigung und Tiefenverbringung" ?

RIEHL-H.: Wir haben in Kollegen Wessely einen zuständigen Fachmann von der ÖMV bei uns, der dazu wohl Stellung nehmen kann. Es wurde dies ja schon durchgeführt.

WESSELY: Das schaut vielleicht nur wie eine geologische Frage aus.

Es sind mehrere Argumente gegen so eine Vorgangsweise anzuführen.

Das eine ist, daß auch alte Erdöllagerstätten durch tertiäre Methoden weiter entölt werden können und dann habe ich Fremdstoffe drinnen.

Das zweite ist, daß man Erdöllagerstätten auch als Gasspeicher verwenden kann. Sie haben ja bewiesen, daß sie dicht sind und die Befüllung mit Importgas zur Zwischenspeicherung ist wiederholt möglich, nicht nur einmal, wie bei einer Abfallverpressung.

Und als drittes darf man die Geothermie nicht vergessen. Momentan ist die Geothermie bestimmt kein sehr geliebtes Kind, weil die Erdölpreise im Keller sind und sich, ökonomisch gesehen, kein Mensch besonders um Alternativenergie reißt. Aber das kann sich ändern.

JANDER: Es kommt mir auf den grundsätzlichen Gedanken an, Abfälle, allenfalls auch nach Verbrennung, zu konditionieren und in großer Tiefe in geeigneter Weise abzulagern.

KASPER: Als Nichtgeologe sehe ich zunächst als Schwierigkeit, die üblicherweise in den Deponien abzulagernden Materialien einmal so zu konditionieren, das heißt zu verflüssigen, daß sie überhaupt verpresst werden können.

Der Grundgedanke wird ja, in anderer Weise, bei der Ablagerung bestimmter Abfallstoffe in Untertagedeponien, in der BRD etwa in Salzstöcken, verfolgt. Durch den Bestand dieser Salzstöcke als geologische Einheit ist gesichert, daß sie gegenüber der Hydrosphäre isoliert sind, d.h. "dicht" sind.

Nur glaube ich, daß derartige Ablagerungsformen nur bei ganz speziellen Abfallarten realisierbar sind.

In diesem Zusammenhang möchte ich noch ein anderes Problem ansprechen.

Wenn ich heute beabsichtige eine Deponie zu räumen, weil sie an ihrem derzeitigen Standort ein zu hohes Gefahrenpotential darstellt, habe ich sofort das Akzeptanzproblem am Standort der neuen Ablagerung. "Das Zeug ist so gefährlich, daß es von dort weg muß und zu uns soll es herkommen ? Kommt nicht in Frage !"

Dann haben wir noch eine tatsächliche zusätzliche Umweltbelastung, etwa durch die Aufnahme des Materials, seinen Abtransport, etwa seiner Verbrennung, mit der Entsorgung der Reststoffe usw.

Ich denke, man müßte versuchen hier nicht sektoral vorzugehen sondern im Sinne einer Ökobilanz. Ökobilanz ist derzeit nur ein Schlagwort, keiner weiß so richtig, wie er sie wirklich erstellen soll, aber wenn ich die Sicherung oder Sanierung einer Altlast betrachte, so habe ich ja letztendlich auch ein "Produkt" vor mir, bei dem ich Folgen und Auswirkungen verschiedener Produktvarianten, einschließlich einer *laisser-faire* - Variante, gesamtheitlich prüfen, bewerten und vergleichen kann.

SCHÖNTHALER: Weil Sie etwas gesagt haben vom Querdenken. Wir müssen noch weit mehr querdenken, am anderen Ende ansetzen, nicht bei der Abfallentsorgung, sondern bei der Abfallvermeidung. In der Richtung sind wir noch viel zu wenig unterwegs.

Gerade wenn ich an Lösungsmittel denke, vor 4 - 5 Jahren hat es praktisch keinen wasserlöslichen Lack am Markt gegeben und heute ist die nächste Farbenhandlung voll damit. Die Industrie hat sich darauf geworfen, aus welchen Gründen immer und es funktioniert, wie wir sehen. Vielleicht mit gewissen Nachteilen in manchen Fällen, aber es ist akzeptiert und funktioniert.

Ich glaube in diese Richtung müßte man viel weiter gehen.

Ein anderer Ansatz noch, den ich einbringen möchte: Wir gehen nach wie vor zu viel in Richtung Konzentration und Großtechnologie im Abfallbereich. Die Konzentration soll, unter anderem, sicherer und kontrollierbarer

machen. Diesen Ansatz bezweifle ich. Mehrere kleine Deponien, gleichen Sicherheitsstandards wie bei einer großen vorausgesetzt, führen im Versagensfall einer Deponie jedenfalls zu geringeren und leichter kontrollierbaren Emissionen, abgesehen von allen Transportproblemen im Zusammenhang mit der Zentralisierung.

RIEHL-H.: Meine sehr geehrten Damen und Herren, wir sind schon wesentlich über der vorgesehenen Zeit und ich möchte daher die Diskussion an dieser Stelle unterbrechen und ihnen allen für die rege und engagierte Teilnahme daran danken.

**Diskussionsbeiträge von:**

*RIEHL-HERWIRSCH, Dr. G.,  
Institut f. Geologie  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

*SCHÖNTHALER Univ.Doz.Dipl.Ing.Dr.K.-E.,  
Universität f. Bodenkultur,  
Institut f. Freiraumgestaltung und  
Landschaftspflege  
Peter-Jordan-Straße 82,  
A-1190 Wien*

*WESSELY, Dr. G.,  
Siebenbrunnengasse 29,  
A-1050 Wien*

*BRUNNER,, o.Univ.-Prof.Dr.P.H.,  
Technische Universität Wien,  
Inst.f.Wassergüte u. Abfallwirtschaft,  
Abt.f.Abfallwirtschaft,  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

*JANDER, Dir.,  
Raiffeisenbank Payerbach,  
Hauptstraße 14,  
A-2650 Payerbach*

---

Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 141 - 164 Abb. 1 - 12	Wien 1995
-------------------	--------	--	--------------------------------	-----------

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1993

ZUR GEOLOGIE VON BERLIN  
WIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG UND  
ÖKOLOGISCHE PROBLEME

H. KALLENBACH



Payerbach,  
26. November 1993

Mitteilungen für Baugeologie und Geomechanik	Band 3	Baugeologische Tage Payerbach 1991	Seite 7 - 99	Wien 1994
Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1994

*INHALT*

	Zusammenfassung	143
1.	Einleitung	143
2.	Der tiefere Berliner Untergrund	145
2.1	Schichtenfolge und Struktur	145
2.2	Nutzung einer Salzstruktur als Erdgasspeicher	146
3.	Die quartären Deckschichten	147
3.1	Pleistozän	147
3.2	Spätglazial und Holozän	150
4.	Eignung des quartären Untergrundes für Bauzwecke	152
5.	Quellen und Grundwasser	152
6.	Die Sanierung der Rieselfelder	155
7.	Zur Eignung eiszeitlicher Sedimente im Großraum Berlin als mineralische Dichtmassen	158
8.	Ausblick	160
	Literatur	160
	Diskussion zum Vortrag	163

*Anschrift des Verfassers:*

*Prof.Dr.H. KALLENBACH,  
 Institut für Geologie und Paläontologie,  
 Technische Universität Berlin,  
 Ernst-Reuter-Platz 1,  
 D-10587 Berlin*

# ZUR GEOLOGIE VON BERLIN

## WIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG UND ÖKOLOGISCHE PROBLEME

H. KALLENBACH

### Zusammenfassung

*Die Geologie der Großstadt Berlin ist geprägt durch ihre Lage in der Norddeutschen Tiefebene: Mächtige känozoische Deckschichten überlagern den halokinetisch gefalteten Untergrund, in dem eine vom Rotliegenden zur Kreide durchgehende Schichtenfolge erbohrt wurde. Von wirtschaftlichem Interesse ist eine Salzkissenstruktur im Westen von Berlin, in deren Top die Dettfurt-Sandstein-Folge des Mittleren Buntsandsteins als Erdgas-Porenspeicher genutzt wird.*

*Die Ablagerung der jüngeren Deckschichten setzt nach einer das Paläozän und Eozän umfassenden Schichtlücke mit dem Septarienton ein, der die letzte großflächige Transgression im nördlichen Mittel-Europa dokumentiert. Das präglaziale, durch Halokinese und Erosion geprägte Relief wird durch die Gletscherüberfahrungen im Pleistozän völlig neu gestaltet. Drei Eiszeiten sind im Berliner Raum mit Moränen, Schmelzwasser- und Beckensedimenten sowie zwei Warmzeiten mit organischen Böden nachzuweisen. Die junge glaziale Morphologie der Berliner Landschaft erzwingt eine durch den Untergrund vorgegebene Gliederung in Bauland, Grünflächen und Feuchtbiootope.*

*Die Berliner Trinkwasserversorgung basiert ausschließlich auf Grundwasser, das aus dem oberen Grundwasserstockwerk im Hangenden des Septarientones gewonnen wird. Der steigende Verbrauch zwingt zur Grundwasseranreicherung durch Versickerung von Oberflächenwässern, die jedoch nur in begrenzten Mengen zur Verfügung stehen. Probleme schaffen tiefeingesenkte früh-elsterglaziale Erosionsrinnen, die stellenweise die Basis des Septarientones durchschnitten haben und somit Wege zum Aufstieg von salzhaltigen Tiefenwässern öffnen.*

*Ehemalige Rieselfelder müssen heute wegen der in Jahrzehnten angereicherten Schadstoffe als gefährliche Atlast und Bedrohung des Grundwassers angesehen werden. Schwermetalle werden durch den sauren Regen in kurzer Zeit remobilisiert, können aber durch weitere Beaufschlagung mit mechanisch und biologisch gereinigten Klarwässern fixiert gehalten werden. Geschiebemergel und tonige Glazialsedimente erweisen sich als hydrogeologische und geochemische Barrieren und können daher zur Dichtung für Deponien eingesetzt werden. Allerdings erfahren die mineralischen Dichtmassen im Kontakt mit Schadwässern mineralogisch-geochemische Alterationen, die ihre primären Eigenschaften langfristig negativ beeinflussen können. Um diese Prozesse näher zu erfassen, werden an der TU Berlin stationäre Langzeit-Durchströmungsversuche durchgeführt, insbesondere um Testverfahren zur Eignungsprüfung von mineralischen Dichtmassen zu entwickeln.*

### 1. Einleitung

Jede Großstadt stellt erhebliche Anforderungen an ihre Landschaft und geologischen Ressourcen. Berlin ist eine grüne Stadt, denn

mehr als ein Drittel ihrer Fläche wird von Grünanlagen und Wasser eingenommen. Diese für die Lebensqualität der Stadt wichtigen Proportionen sind keineswegs nur das Produkt von fähigen Landschaftsplanern und Architek-

ten, unter denen in Berlin berühmte Persönlichkeiten wie Lenné und Schinkel waren, sondern die Bedingungen werden von der geologischen Entwicklung des Berliner Raumes vorgegeben. Die Stadt liegt im Norddeutschen Tiefland und wird im oberflächennahen Bereich von mächtigen quartären Deckschichten beherrscht, die sich einerseits wirtschaftlich hervorragend nutzen lassen, aber andererseits auch ökologische Probleme

speziell im Überlastungsfall verursachen können. Natürlich muß ebenfalls die Schichtenfolge und der Aufbau des tieferen Untergrundes, der nur an einzelnen Stellen in der Umgebung der Stadt die Oberfläche erreicht, in die vorliegenden Fragestellungen einbezogen werden. Daher möchte ich mit einer Übersicht über die ältere geologische Entwicklung des Berliner Raumes beginnen.

Zeitalter	Formation	Abteilung	Stufe	Petrograph. Ausbildung	Mächtigkeit	Fazies		
						marin	kontinent.	
Känozoikum	Quartär	Holozän		Sand	wechselnd			
		Pleistozän		Moränen, Schotter Sand, Ton	~120 m			
	Tertiär	Jungtertiär	Pliozän		-----	Hiatus		
			Miozän		Sand und Braunkohle	~280 m		
		Alttertiär	Oligozän	Ob.	Glaukonitsand	- 50 m		}
Mitt.	Septarienton		70-160 m					
		Unt.	Glaukonitsand	- 75 m				
		Eozän } Paleozän }		-----	Hiatus			
Mesozoikum	Kreide	Oberkreide		Kalkmergel, Ton, Sandstein	} 0-400 m			
		Unterkreide		Sandstein, Ton				
	Jura	Malm		Kalk, Mergel, Ton	0-300 m			
		Dogger		Sand- und Schluffstein	} 0-500 m			
		Lias		Sandstein Ton, Steinmergel				
	Trias	Keuper	Ob.	Kalk- und Tonmergel	> 30 m			
			Mitt.	dolom. Mergel, Gips	120 m			
			Unt.	Schieferton, Mergel, Sandstein, Lettenkohle	30 m			
		Muschelkalk	Ob.	Kalk, Mergel	50 m			
			Mitt.	dolom. Kalk, Mergel, Gips Anhydrit	80 m			
	Unt.	Kalk, Mergelkalk	135 m					
Buntsandst.	Ob.	Mergel, Gips, Anhydrit	150 m					
	Mitt.	} Sandstein Rogenstein Tonstein	150 m					
	Unt.		300 m					
Paläozoikum	Perm	Zechstein	Alle- Z } Leine- Z } Staßfurt- Z } Werra- Z }	Stein- und Kalisalz Gips, Anhydrit Dolomit, Kalk, Ton	~ 600 m (scheinbar 2500)			
		Rotliegendes		Sandstein Ergußgestein	80 m < 700 m			

Abb. 1: Schichtenfolge des Berliner Untergrundes

## 2. Der tiefere Berliner Untergrund

### 2.1 Schichtenfolge und Struktur

Der Berliner Untergrund wurde mit Seismikprofilen und Bohrungen, von denen einzelne mehr als 4000 Meter Tiefe erreichten, erkundet. Darüber hinaus sind ältere Schichtfolgen im Top von Salzaufwölbungen im Berliner Umland an der Oberfläche exponiert. In der Abb.1 wird eine Übersicht der Schichtfolgen des tieferen Untergrundes von Berlin gegeben.

Unterpermische Vulkanite, die wegen ihrer hohen Mächtigkeit von mehr als 700 m bisher im Stadtgebiet nicht durchteuft wurden, konnten als älteste Gesteine nachgewiesen werden. Im Zechstein lag Berlin im zentralen Teil des Germanischen Beckens, in dem als Folge von mehrfachen Abschnürungen zum freien Nordmeer vier saline Eindampfungszyklen mit einer primären Gesamtmächtigkeit von 600 m,

die durch halokinetische Bewegungen auf über 2500 m anwachsen kann, auftreten. Die Trias mit den Abteilungen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper kann in der Salzstruktur von Rüdersdorf östlich von Berlin an der Oberfläche eingehend studiert werden. Im unteren und mittleren Buntsandstein entwickelte sich ein flaches Lagunenmeer mit starken terrestrischen Einflüssen, wie oolithische Kalksteinbildungen einerseits und zyklische Sandstein-Schieferton-Folgen andererseits dokumentieren. Der Berliner Muschelkalk besteht aus marinen Karbonaten und teilweise Evaporiten und liegt paläogeographisch im Übergangsbereich zwischem dem zentralen westlichen Germanischen Becken und der Schlesischen Pforte im Osten. Insbesondere die 70 Meter mächtigen Oolithkalke (Schaumkalkserie) des unteren Muschelkalkes haben bis zur Gegenwart Rohstoffe zum Kalkbrennen und für die Zementerzeugung geliefert. Die Sedimentfolgen des Keupers zeigen mehrfachen Wechsel von Festland- und Flachseefazies und enthalten im oberen Teil Schichtlücken.

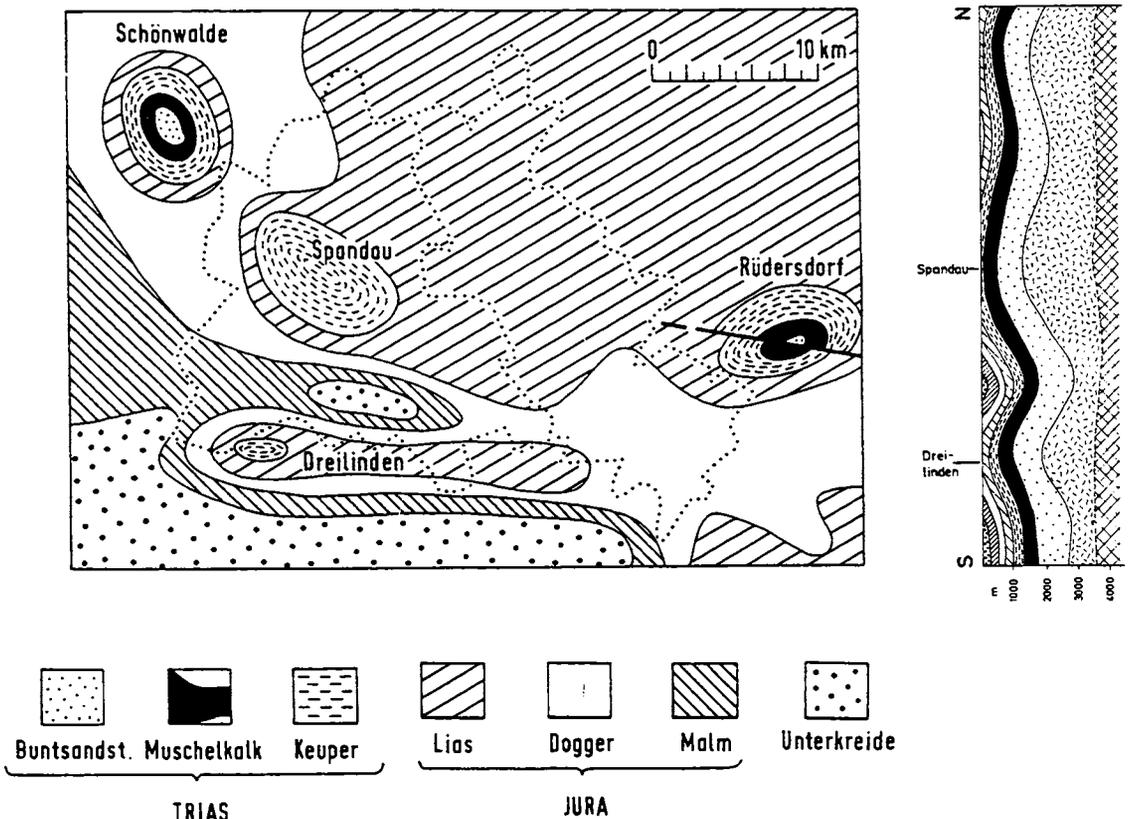


Abb.2: Struktur des tieferen Untergrundes von Berlin

Am Ende der Trias wird eine kritische Auflast von mehr als 800 Metern erreicht und damit der schwerkraftbedingte Aufstieg des Zechstein-Salzes eingeleitet (TRUSHEIM 1957). Durch die Entwicklung von Salzkissen, Diapiren und Salzabwanderungssenken sind die überlagernden Schichtfolgen des Jura und der Kreide sehr unregelmäßig entwickelt und häufig durch Schichtlücken gekennzeichnet (s. Abb. 2). Die letzte marine Transgression im Berliner Raum bewirkte im mittleren Oligozän die Ablagerung des Septarientones, ein bis 160 m mächtiger, dichter sandiger Mergel von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Er trennt das salzhaltige untere Grundwasserstockwerk von einem oberen Süßwasserbereich. Im oberen Oligozän und Miozän zog sich das Meer aus dem Berliner Raum zurück, sodaß danach limnische sandige Folgen mit Braunkohlenflözen, die im vergangenen Jahrhundert in Brandenburg im Tage- und Tiefbau mehrfach abgebaut wurden, zur Ablagerung kamen. Die halokinetischen Bewegungen dauerten bis zum Quartär an und formten in Verbindung mit erosiven Vorgängen das präglaziale Relief.

## 2.2 Nutzung einer Salzstruktur als Erdgasspeicher

1969 wurde auf der Salzkissen-Struktur "Am Postfenn" im Berliner Grunewald eine Erkundungsbohrung auf Erdgas abgeteuft. Das Ziel wurde zwar nicht erreicht, aber die Bohrung lieferte die Erkenntnis, daß hier alle Voraussetzungen zur Einrichtung eines Aquiferporenspeichers gegeben waren. Der Dettfurt-Sandstein des Mittleren Buntsandsteins besitzt eine günstige Porosität und führt gespanntes Wasser. Der Erdgasspeicher wird die Toplage der Kissenstruktur zwischen 800 und 850 Meter Tiefe ausnutzen und mit einer Kapazität von einer Milliarde  $m^3$  etwa den Jahresbedarf der Stadt Berlin decken. Zwar wurden mit 6 Explorations- und 15 Produktionsbohrungen auch kleinere Störungen in der Struktur nachgewiesen, aber die tonigen Sedimente des auflagernden Röts dichten den Erdgasspeicher zuverlässig zur Oberfläche ab, wie vor kurzem durchgeführte Druckversuche zeigen. Darüber hinaus bietet der im Hangenden vorkommende oligozäne Septarienton eine weitere zusätzliche Sicherheit (s. Abb. 3 u. 4).

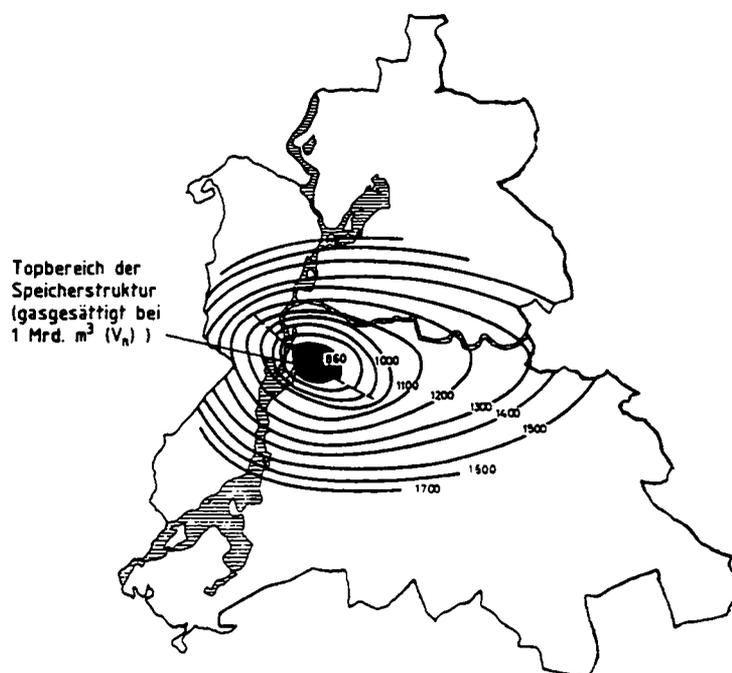


Abb. 3: Strukturübersicht, bezogen auf Oberkante des Dettfurt-Sandsteins (Mittlerer Buntsandstein) / westliches Berlin (aus KREKLER & BURKOWSKY 1985)

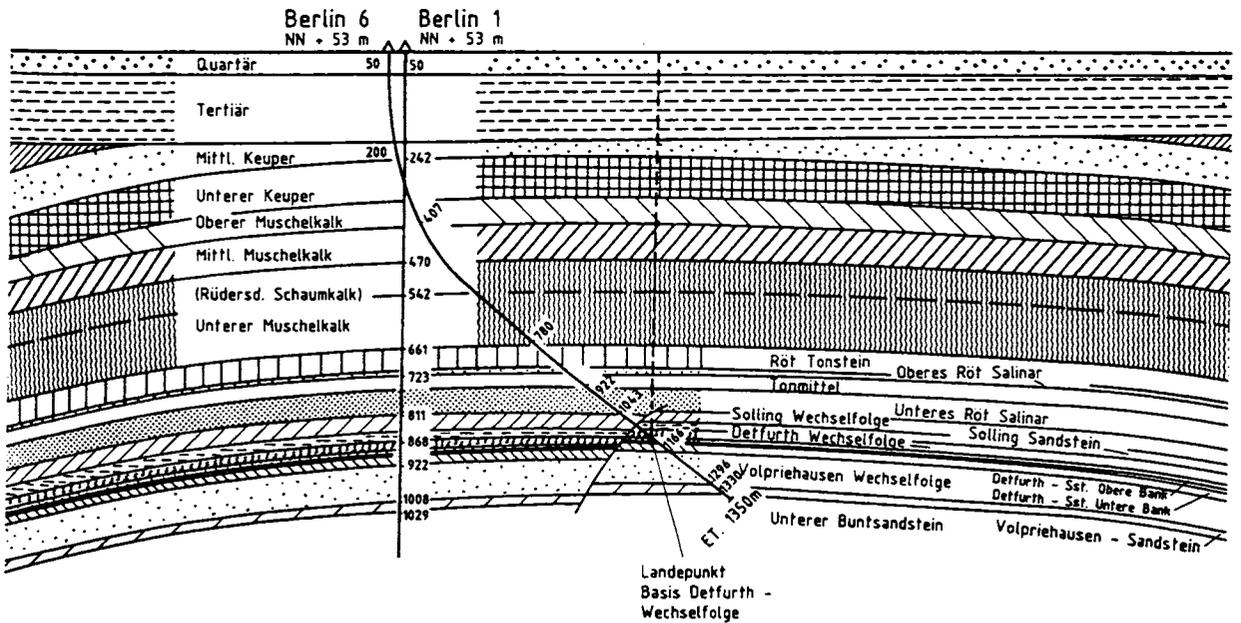


Abb.4: Profilschnitt durch den Top des Salzkissen "Am Postfenn" (aus KREKLER & BURKOWSKY 1985)

### 3. Die quartären Deckschichten

#### 3.1 Pleistozän

Die Klimaverschlechterung im Pleistozän führte zur Inlandsvergletscherung der skandinavischen Hochgebirge, von denen mächtige Eisströme über die Ostsee und das Norddeutsche Tiefland nach Süden abfließen. Im Berliner Raum lassen sich drei Eiszeiten, nämlich das Elster-, Saale- und Weichselglazial, nachweisen (Abb.5). Die erste Eisüberföhrung führte zu einer dramatischen Änderung des Reliefs, indem die morphologischen Hochgebiete - wie z. B. bei Lübars im Norden von Berlin - vom Eis abgetragen wurden, während die tiefergelegenen Südbereiche des Stadtgebietes mächtige Akkumulationen von Moränen und Schmelzwassersedimenten aufweisen (siehe Abb.6). Die heutigen großen Eintalungen wurden im wesentlichen durch die ablaufenden Schmelzwässer im Vorfeld des Inlandeises geschaffen. Dazu gehört das Warschau-Berliner Urstomtal,

das den Barnim - ein Hochgebiet im Norden der Stadt - von der Teltower Grundmoränenplatte im Süden trennt.

In der elsterglazialen Folge treten zwei Geschiebemergelhorizonte auf, die eine zweimalige Eisüberföhrung des Berliner Raumes beweisen. Sie werden getrennt durch Schmelzwasser-Sande und -Kiese sowie gelegentliche Einlagerungen von Bändertonen. Auffallend sind allochthone Schollenreste des präglazialen Untergrundes in der untersten Grundmoräne sowie der allgemein hohe Anteil von aufgenommenem Tertiärmaterial. Die warmzeitlichen Sedimente des Holstein-Interglazials stammen in Berlin von frei mäandrierenden Flußläufen mit seeartigen Erweiterungen, in denen neben Sanden vor allem fossilführende Mudden und Tone zur Ablagerung kamen. Insbesondere fossile Böden bezeugen ein warmzeitliches Klima.

Die Ablagerungen der drei Gletschervorstöße des Saale-Glazials, die etwa wie die Elstergletscher bis in den Raum Leipzig nach Süden vordrangen, sind weitflächig verbreitet, aber

örtlich in der Zuordnung - nicht zuletzt wegen der durch Bedeckung eingeschränkten Beobachtung - heftig umstritten. In den Grundzügen wurde das heutige Relief in dieser Zeit geschaffen, wie unter anderem die Anlage des Warschau-Berliner Urstromtales zeigt, welches die Schmelzwässer nach NW über die Elbe in die Nordsee abführte. Während der Saalevereisung wurden große Schollen, die eine Länge von 7 km und 2 1/2 km Breite erreichen konnten, aus dem tertiären Untergrund ge-

rissen. Dank einer als Gleitfläche wirkenden Druck-Schmelzgrenze im gefrorenen Untergrund - die Eiströme waren im Zehrbereich vorwiegend temperiert - wurde die Lösung großer Komplexe aus dem gefrorenem tertiären Schichtverband und die Einlagerung in die jüngeren pleistozänen Sedimente nach kurzem Transport möglich. Die Dimension dieser Schollen ist so groß, daß in diesen im letzten Jahrhundert mehrfach Bergbau auf miozäne Braunkohle betrieben werden konnte.

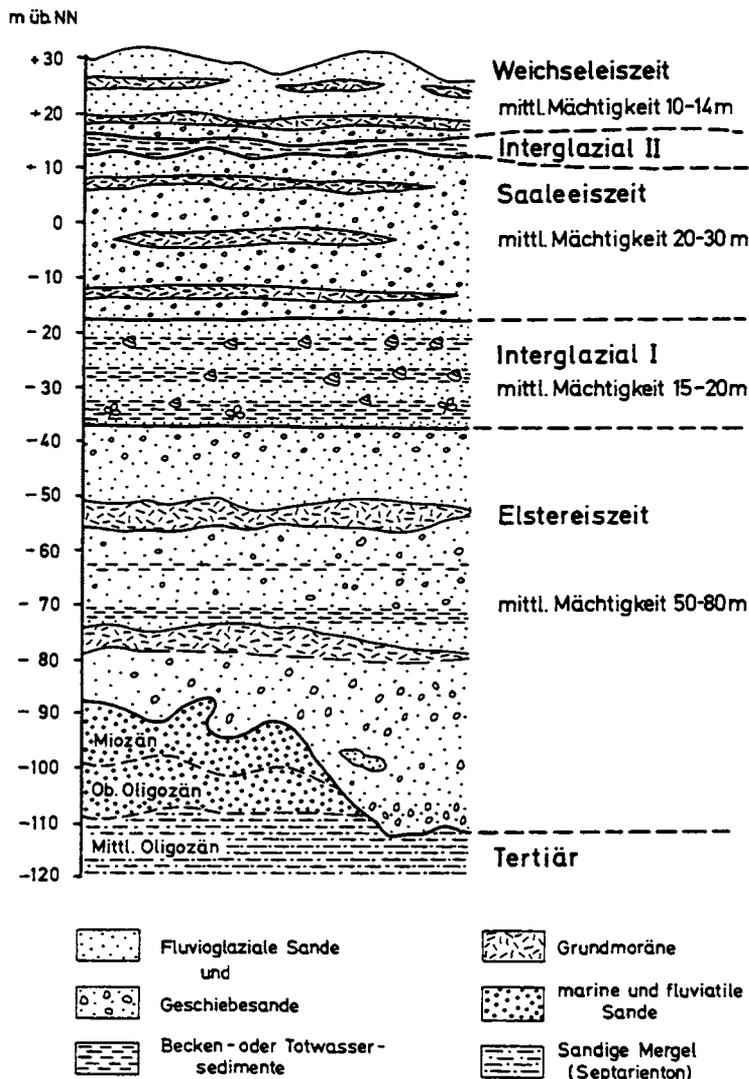
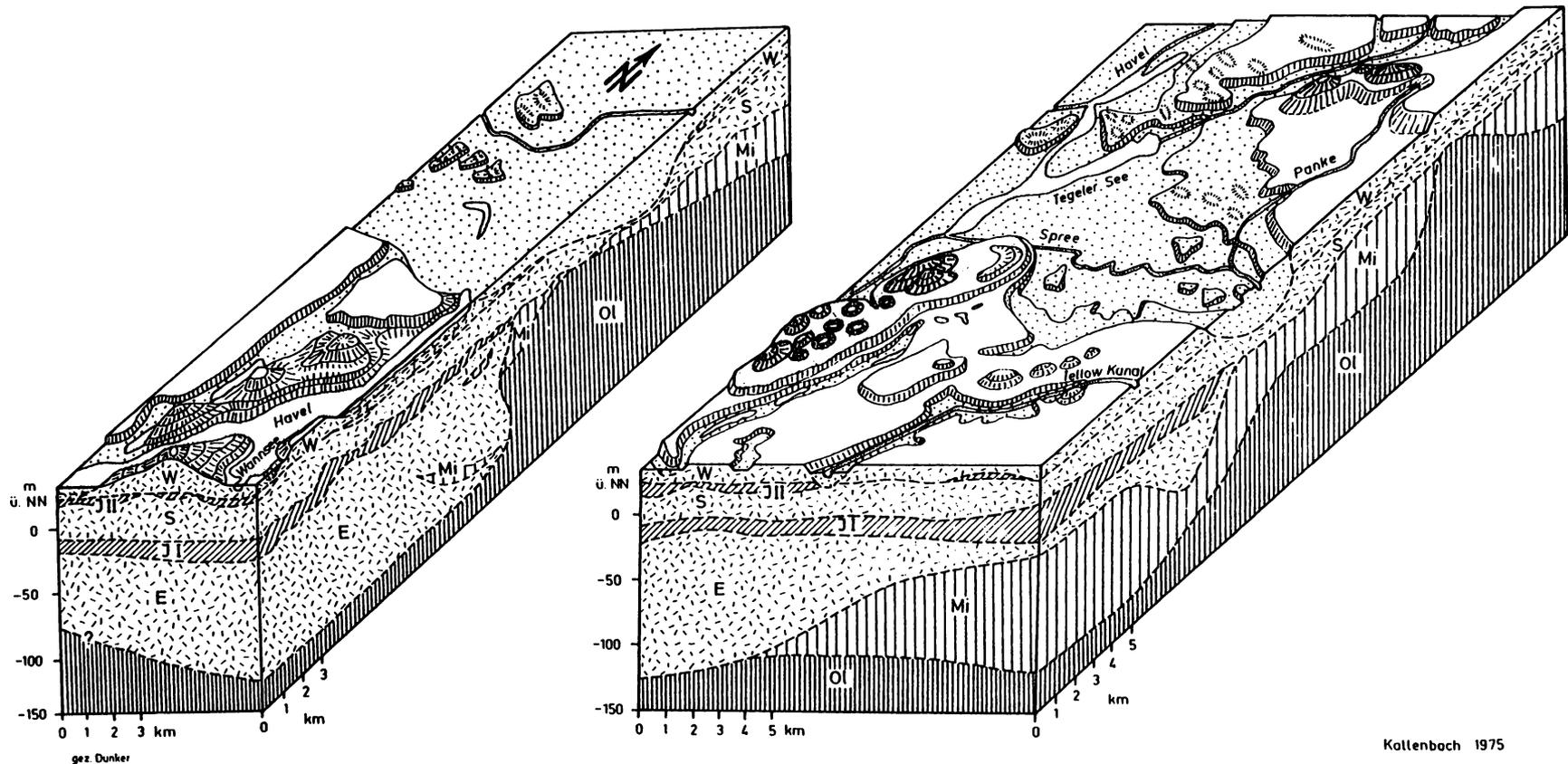


Abb.5: Pleistozäne Sedimentfolge im Raum Berlin

Abb. 6: Schematisches Blockbild von Berlin



Kallenbach 1975

- |                                 |                 |                |          |
|---------------------------------|-----------------|----------------|----------|
| Dünen                           | Eisrand-Bildung | Saaleeiszeit   | Miozän   |
| fluviale Sande                  | Weichseiszeit   | Interglazial I | Oligozän |
| Oberfläche der weichseis.z.Sed. | Interglazial II | Elstereiszeit  |          |

Die Böden, Mudden und Seekalke des Eem-Interglazials sind nur in geringer Flächenausdehnung erhalten und daher ist, wenn diese Sedimente fehlen, die Trennung von saale- und weichseleiszeitlichen Sedimenten oft schwierig, aber mit Hilfe von Kleinkiesanalysen möglich.

Im Weichselglazial läßt sich eine Teilung des skandinavischen Inlandeises durch die als Strompfeiler wirkenden Inseln Bornholm und Rügen in einen westlichen Belt- und östlichen Ostsee-Gletscher nachweisen. Der Raum Berlin lag im Einflußbereich des Oder-Gletschers, der sich vom Ostseegletscher abzweigte. Er ist in mehrere Eisströme unterteilt, von denen der Berliner und der Brandenburger Eisstrom das Stadtgebiet überschritten. Im Vergleich zu den Vereisungen der älteren Glazialen hatten die weichselglazialen Gletscher eine geringere Ausdehnung. Die Entfernung zur äußersten Eisrandlage des Brandenburger Stadiums am Baruther Urstromtal südlich von Berlin beträgt vom Zentrum der Stadt etwa 40 km. Trotz der geringen Eisdicke von weniger als 100 Meter, die aus der Bodenverdichtung abgeleitet werden kann, war die Wirkung der Vereisung auf die Morphologie der Berliner Landschaft groß, insbesondere durch den intermittierenden Rückzug der Gletscher, wie durch zahlreiche Staffeln von Stauch- und Ablationsendmoränen, zugeordneten Sanderflächen, subglazialen Schmelzwasserrinnen und Grundmoränenplatten dokumentiert ist. Zwischen der südlichsten Eisrandlage des Brandenburger und des Pommerschen Stadiums können mit morphologischen Beobachtungen und Gefügeanalysen der Moränen mindestens 5 Rückzugsstaffeln unterschieden werden (BEHRMANN 1949/59, FRANZ 1962). Im Westen von Berlin werden als Folge einer örtlichen Oszillation des Brandenburger Vorstoßes zwei weichselglaziale Grundmoränen beobachtet (BÖSE 1979). Sowohl nach der ersten Eisüberschreitung als auch nach dem endgültigen Rückzug des Eises blieben im Berliner Untergrund erhebliche Toteismassen zurück, die zum großen Teil für einige Tausend Jahre erhalten blieben, wie zahlreiche Sölle und Toteiswannen bekunden. Zur Zeit der Bildung

der Frankfurter Zwischenstaffel, welche 10 km nördlich von Berlin gelegen ist, wurde das saaleiszeitlich angelegte Warschau-Berliner Urstromtal wieder freigespült und blieb über den Beginn des Pommerschen Stadiums hinaus in Funktion.

### 3.2 Spätglazial und Holozän

Die jüngeren geologischen Ereignisse im Berliner Raum sind bestens dokumentiert in den Berliner Seen, die von einer Arbeitsgruppe der Freien Universität Berlin mit Hilfe von Bohrkernen untersucht wurden (PACHUR & RÖPER 1984).

Die Flächenseen, dazu gehören der Tegeler See, der große Müggelsee und die Flußseenkette der Havel, werden im wesentlichen als Ergebnis der Gletschererosion und untergeordnet der Mitwirkung von subglazialen Schmelzwässern angesehen. Sehr bemerkenswert ist die Lage des Tegeler Sees im Urstromtal. Nach seiner Morphologie muß er als Zungenbecken der weichseleiszeitlichen Vereisung angesprochen werden. Das Becken war durch Toteis geschützt, als die Schmelzwässer durch das Urstromtal abgeführt wurden. Der Beweis liegt einerseits in der Form und andererseits darin, daß Hoch- und Niederterrasse des Urstromtales den See nicht umgürten, sondern ihn ursprünglich geschnitten haben.

Die Rinnenseen müssen fast ausschließlich der subglazialen Erosion zugeordnet werden. Dazu gehört die sogenannte Grunewaldrinne, die aus einer Kette von extrem schmalen Längsseen besteht. Diese Rinne dokumentiert die frühere Nahtstelle zwischen dem Brandenburger und Berliner Eisstrom. Die Reibung beider Eisströme führte hier zu einer vermehrten Bildung von Spalten, in die Schmelzwässer fielen und unter hohem hydrostatischen Druck Auskolkungen des Untergrundes bewirkten. Auch diese Depression wurde langfristig durch Toteis versiegelt, sodaß die typischen Toteiswannen mit steilen Flanken über die Periglazialzeit hinaus bis heute erhalten blieben.

In der Abbildung 7 sind die wesentlichen Entwicklungsphasen nach Rückzug des Eises aus dem Berliner Raum zusammengestellt (nach PACHUR & RÖPER 1984). Es beginnt mit der Anwehung von zum Teil mächtigen Dünen, deren Liefergebiete in den zunächst vegetationsfreien Moränen- und Sanderflächen zu suchen sind. Sehr bemerkenswert ist die zum Teil extrem lange Erhaltung des Toteises unter Bedeckung bis etwa 12.000 B.P., was im Berliner Raum einer Zeitspanne von mehr als 5.000 Jahren entspricht. Eine weitere Kuriosität ist die Bildung von Rhythmiten in den Berliner Urseen zwischen der jüngeren Tundrenzzeit und dem Atlantikum. Es handelt sich um jahreszeitliche Sedimenta-

tionsrhythmen von hellen sommerlichen Karbonatfällungen und dunklen eisen- und sulfitreichen Winterlagen. Fehlende Bioturbationen deuten daraufhin, daß im tieferen Seewasser anoxische Bedingungen vorherrschten. In dieser Zeit waren die Berliner Seen noch klein und standen mit der Ionenfracht ihrer Umgebung im Gleichgewicht. Mit dem Klimaxstadium während des Atlantikums vor etwa 6.000 Jahre B.P. endete diese Periode. Die weltweite Erhöhung des Meeresspiegels führte zum Rückstau der Elbe und damit zum Anstieg des Wasserspiegel in allen Berliner Seen, die sich vielfach zu Flußseen zusammenschlossen und wieder durchgehend sauerstoffreiche Wässer führten.

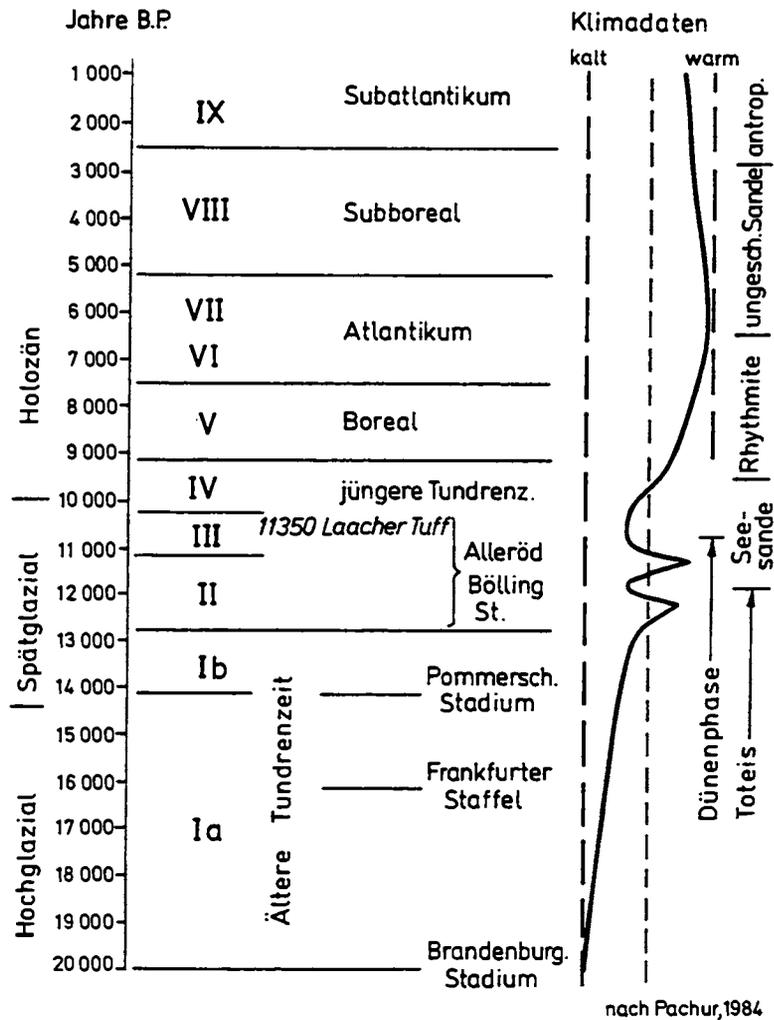


Abb. 7: Entwicklung nach dem Hochglazial im Raum Berlin (verändert nach PACHUR & RÖPER 1984)

Starkes, durch Nährstoffbelastung bedingtes Algenwachstum führt in der Gegenwart in den Berliner Seen erneut zu Sauerstoffmangel und Faulschlammabildung. Als Beispiel dafür mag der Tegeler See dienen, der im Einflußbereich ehemaliger Rieselfelder liegt, einen relativ geringen Wasserdurchsatz hat und im Sommer Temperaturschichtung aufweist. Der See konnte in den letzten Jahren durch eine aufwendige Entphosphatung aller Zuflüsse und durch eine vorübergehende Belüftung vor der Eutrophierung bewahrt und langfristig stabilisiert werden.

#### 4. Eignung des quartären Untergrundes für Bauzwecke

Die Nutzung des Berliner Raumes als Bauland ist durch die Geologie des Untergrundes zwingend vorgegeben. Optimal geeignet für jede Art von Bauten sind die pleistozänen Grundmoränenplatten, die durch Eisüberfahrungen eine extrem hohe Bodenverdichtung erhalten haben. Auch die Talsande des Berliner Urstromtales können als guter Baugrund angesehen werden. Problematisch dagegen sind Toteislöcher und Toteiswannen, insbesondere subglaziale Schmelzwasserrinnen, die im Postglazial mit mächtigen organischen Böden ausgefüllt wurden. Diese Bereiche werden in der Regel als Parkanlagen mit Teichen genutzt. Um die Jahrhundertwende glaubte man jedoch, auch schwierige Baugründe technisch zu beherrschen und überbaute den Charlottenburger Torfgraben, den nördlichen Ausläufer der früher erwähnten Grunewaldrinne. Diese durch subglaziale Schmelzwässer der Weichseleiszeit angelegte Hohlform besteht aus zahlreichen tiefen Kolken, welche zunächst durch Toteis plombiert und später vor allem durch organische Böden ausgefüllt wurden. Die Stabilität der auf Baumpfähle gesetzten Häuser war abhängig vom Grundwasserstand. Als Folge einer Grundwasserabsenkung zum Bau einer U-Bahnlinie um 1965 traten extreme Setzungen auf, die zum Abbruch vieler Häuser führten. Diese harte Erfahrung wird Berlin auch künftig vor einer zu starken Einschränkung seiner Grünflächen bewahren.

#### 5. Quellen und Grundwasser

Durch den in den letzten hundert Jahren abgesunkenen Grundwasserspiegel sind natürliche Quellen im Berliner Stadtgebiet selten geworden. Die letzte entspringt am Kliffwand der Teltower Platte zum Berliner Urstromtal. Hier versickern Niederschläge auf der Teltower Hochfläche, stauen sich als Schichtwasser auf der unteren weichseleiszeitlichen Grundmoräne und treten nach etwa 4 Monaten knapp über dem Niveau des Urstromtales aus.

Im Berliner Untergrund werden zwei Grundwasserstockwerke ausgewiesen: Das untere führt salzhaltige Wässer und liegt unter dem mitteloligozänen Septarienton, der im Berliner Raum der Hauptgrundwasserhemmer ist. Das obere süßwasserführende Stockwerk besteht aus Ablagerungen des Oberoligozäns, Miozäns und Pleistozäns und wird durch Einlagerung von Grundwasserhemmern wie Geschiebemergel, Beckentonen, interglazialen Mudden und Braunkohlensilten in bis zu 5 lokale, aber großräumig kommunizierende Grundwasserleiter gegliedert. Fast ausschließlich wird das Trinkwasser in Berlin aus den pleistozänen Grundwasserleitern gewonnen und zwar im Ostteil der Stadt vorwiegend aus den jungpleistozänen Sanden und im ehemaligen West-Berlin mehr aus den elsterglazialen Sedimenten. Ein Profilschnitt durch den Grunewald im Südwesten von Berlin (Abb.8) verdeutlicht beispielhaft die hydrogeologische Situation: An der Basis steht der Septarienton in der Regel durchgehend an, während die im Hangenden folgenden Grundwasserhemmer des Pleistozäns Erosionslücken aufweisen. Die oberoligozänen und miozänen Sande sind von elstereiszeitlichen Rinnen durchschnitten und teilweise völlig erodiert. In einigen Bereichen von Berlin haben diese Rinnen stellenweise die Basis des Septarientones erreicht und damit örtliche Aufstiegszonen für die salzföhrnden Tiefenwässer geschaffen. In diesen Bereichen kann nur eingeschränkt Süßwasser gefördert werden.

Der vergleichsweise komplizierte geologische Aufbau einschließlich der lokalen Erosionslücken in den eingelagerten Grundwasser-

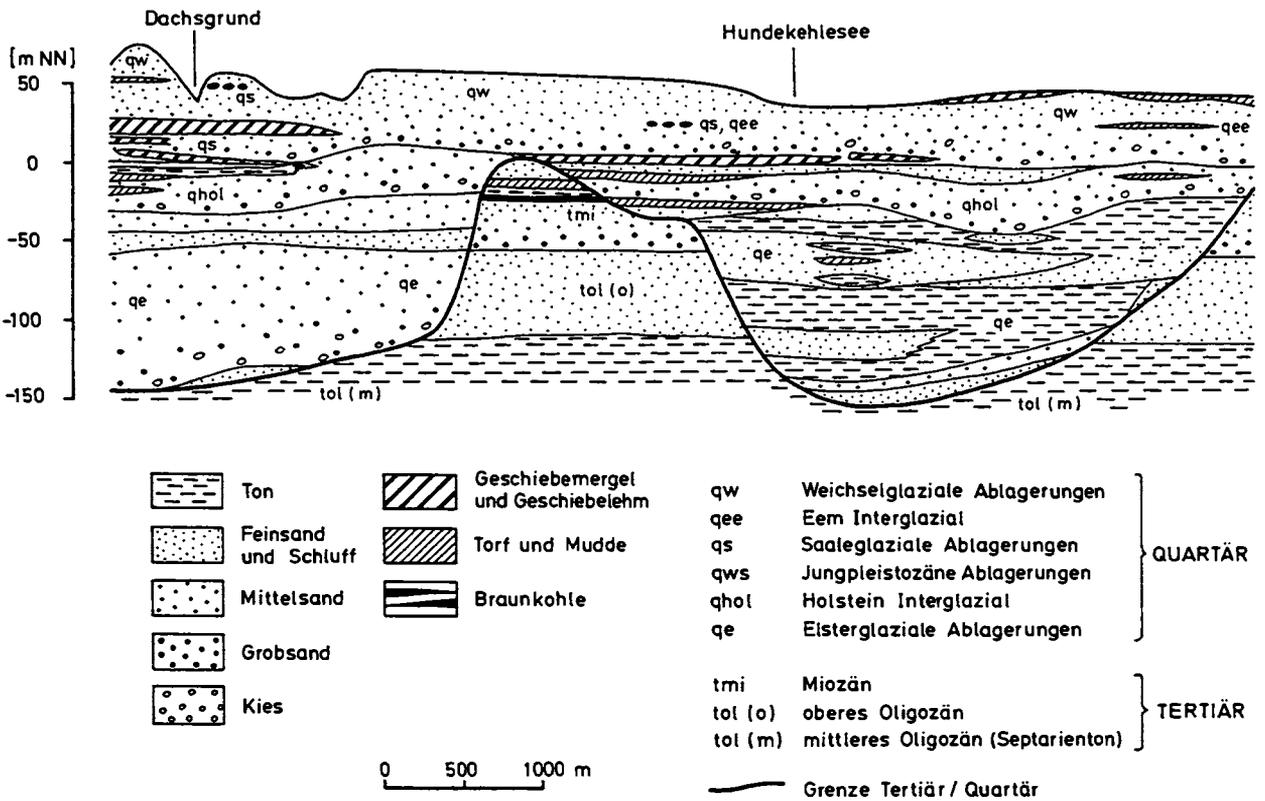


Abb.8: Geologischer West-Ost-Schnitt durch den Grunewald im Südwesten von Berlin (vereinfacht NACH SOMMER-VON JARMERSTEDT Et al. 1993)

stauern führt zu äußerst differenzierten Fließwegen für infiltriertes Oberflächenwasser, wie durch die Untersuchungen im Unterhavel-Grunewald-Bereich von SOMMER VON JARMERSTEDT et al. (1993) dokumentiert wurde. In der Abb. 9 werden die hydraulischen Verhältnisse sowie die Uferfiltrats- und Grundwasserfließwege an der Unterhavel dargestellt. Die Infiltration des Havelwassers findet fast ausschließlich nur im Bereich der sandigen Strandplatten im ufernahen Bereich statt, da das Havelbett durch etwa 30 m mächtige Mudden an der Basis abgedichtet wird. Diese Uferfiltrate treten in den obersten Grundwasserleiter ein, breiten sich mit

erheblichen Verweilzeiten unter dem Grunewald aus und sickern durch Erosionslücken der Geschiebemergel langsam in die unteren pleistozänen Grundwasserleiter ein. Dieser komplizierte Weg führt zwar z. Zt. zu einer willkommenen Reinigung, ist aber langfristig nicht ohne Probleme, da das Havelwasser erheblich kontaminiert ist. Die Brunnen-galerien an der Unterhavel fördern somit heute - von Leckagen abgesehen - ein qualitativ hochwertiges Trinkwasser, das aus landbürtigem Grundwasser und natürlich gefiltertem Flußwasser besteht. Dies setzt allerdings den Nutzungsverzicht auf den obersten Grundwasserspeicher voraus.

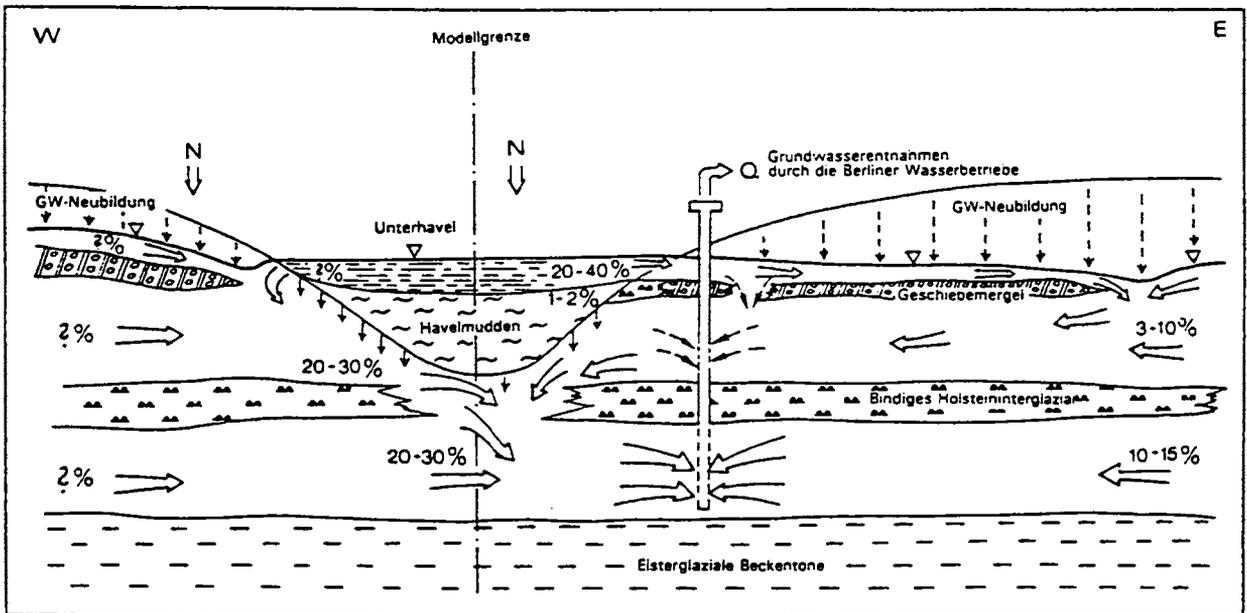


Abb.9: *Prinzipische Skizze über die hydraulischen Verhältnisse sowie Uferfiltrate und Grundwasserfließwege an der Unterhavel (nach SOMMER-VON JARMERSTED 1992)*

Zur Gewinnung von Grundwasser sind in Berlin etwa 1250 Brunnen in Betrieb, die im Bereich des Urstromtales und parallel zu den Flächen- und Rinnenseen vorwiegend als Brunnengalerien abgeteuft wurden. Eine Wasserförderung von 350 Mio m<sup>3</sup> pro Jahr übersteigt die natürliche Grundwasserneubildung, die auf einem jährlichen Niederschlag von 550 mm und einer begrenzten Menge von natürlichem Uferfiltrat basiert, beträchtlich. Daher ist eine künstliche Grundwasseranreicherung durch Versickerung von Oberflächenwässern unumgänglich. Ein Teil des Berliner Abwassers wird in der Phosphateliminierungsanlage behandelt und anschließend in die Grunewaldseenkette übergeleitet. Dadurch wird ein weiteres Absenken der Seewasserspiegel verhindert, die sonst, wegen der hohen Entnahme durch die umliegenden Hochleistungsbrunnen, erheblich schwanken würden. Die erneute Inbetriebnahme von ursprünglichen Entwässerungsgräben in den Berliner Forsten zur Versickerung wurde zu Gunsten von künstlichen Versickerungsbecken aufgegeben, weil die damit verbundenen ständigen Entschlammungsarbeiten, die mit Hand-

arbeit verbunden sind, zu kostenaufwendig waren. Der Anteil der Grundwasseranreicherung an der Gesamtfördermenge läßt sich nicht genau quantifizieren. Nach Schätzungen für West-Berlin von KLOOS (1986) entfallen 40 % des geförderten Rohwassers auf reines Grundwasser. Die verbleibenden 60 % werden aus Uferfiltrat und künstlicher Grundwasseranreicherung gewonnen.

Gegenwärtig kommt es auf den Erhalt und die Erweiterung der jetzt genutzten Kapazitäten der Wassergewinnung in Berlin an. Dabei geht es um die langfristige Qualitäts- und Mengensicherung des landbürtigen Grundwassers und des Oberflächenwassers. Folgende Probleme müssen kurz- oder mittelfristig gelöst werden:

- a) Die Menge des Oberflächenwassers, das für die natürliche und künstliche Versickerung zur Verfügung steht, wird in naher Zukunft eher abnehmen, da durch die geplante Flutung der Braunkohlentagebaue, deren Sumpfungswasser derzeit die Spree speist, große Wassermengen für die Vorflut verloren gehen werden. Zusätzlich ist zu befürchten, daß die

sauren Grubenwässer den Chemismus der Spree nachhaltig verändern. Eine ersatzweise angedachte Überleitung von Wasser aus der Oder erscheint problematisch, da dieser Strom zu den kontaminiertesten Flüssen Europas zählt.

- b) Die an Berlin angrenzenden Gemeinden haben bisher nur eine unzureichende Abwasserentsorgung und belasten daher die Vorfluter erheblich.
- c) Viehgroßmastbetriebe der früheren DDR haben große Feldflächen vor den Toren von Berlin durch extreme Gülleaufträge hochbelastet.
- d) Ein Ausweichen auf tiefere Grundwasserleiter erfordert einen erheblichen Erkundungsaufwand, weil damit die Gefahr des Aufstiegs von höher mineralisierten Tiefenwässern, die im wesentlichen NaCl aus dem Zechstein enthalten, wächst. Eine starke Absenkung des Grundwassers kann darüber hinaus die hydraulischen Verhältnisse ungünstig beeinflussen, weil die im ungedeckten Grundwasserleiter angereicherten Kontaminaten schnell in den Hauptgrundwasserleiter migrieren würden.

## 6. Die Sanierung der Rieselfelder

Die Anlage von Rieselfeldern um die Jahrhundertwende galt als großer Fortschritt. Es war ein Abwasserbehandlungsverfahren, das die Flüsse vor der Einleitung hygienisch bedenklicher Stoffe schützen und gleichzeitig erheblichen landwirtschaftlichen Nutzen haben sollte. Letzteres traf insbesondere auf die mageren Sandböden von Berlin zu, deren Wasserbindungsvermögen mäßig entwickelt ist. Inzwischen wurde die Verrieselung über die letzten drei Jahrzehnte immer weiter zurückgefahren und 1993 endgültig eingestellt. Dieser Prozeß war dadurch begründet, daß die DDR landwirtschaftliche Nutzfläche brauchte und zudem immer mehr Klärwerke in Betrieb gingen, so daß der Anteil des ungeklärten Abwassers auf 0 zurückfiel. Heute zeigen die ehemaligen Rieselfelder, die einst 12.000 ha

um Berlin in Anspruch genommen haben, alle Merkmale einer Schadstoffüberlastung und erweisen sich nach der Stilllegung als ökologische Zeitbomben, da eine Remobilisierung der bisher gebundenen Schadstoffe einsetzt und das Grundwasser bedroht.

Da die ehemaligen Rieselfelder in ihrer Nutzung stark eingeschränkt sind und negative Einflüsse auf den Untergrund und das Umland zu befürchten sind, haben die Berliner Wasserbetriebe und das Landesamt Brandenburg in jüngster Zeit Forschungsprojekte zur langfristigen Sanierung in Angriff genommen. Die Technische Universität Berlin ist mit verschiedenen Instituten an dem Projekt "Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächenwasser" beteiligt. Das Teilprojekt "Hydrogeologie" beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Zustandsanalyse einerseits der Grund- und Oberflächenwässer sowie andererseits der den Bodenhorizonten unterlagernden Sedimenten in der gesättigten und ungesättigten Zone. Mit weiterführenden Untersuchungen soll die Gefährdung der Trinkwasserversorgung erfaßt und nach Möglichkeit abgewendet werden. In Zusammenarbeit mit Hydrologen, Bodenkundlern und Biologen werden Grundlagen für die weitere Raumplanung und Nachnutzung der Rieselfelder erarbeitet.

Nach den vorläufigen Ergebnissen gelangten Salze und Nährstoffe in erheblichen Mengen mit dem Abwasser auf die Rieselfelder und wurden trotz ihrer hohen Löslichkeit in großen Umfange im Boden absorbiert (TRÖGER et al. 1994). Durch die nach Stilllegung erheblich längere Verweildauer des versickernden Regenwassers werden die gutlöslichen Salze im Boden remobilisiert und mit den Sickerwässern allmählich abgeführt.

Ein spezielles Problem ist die tiefgreifende Übersättigung des Bodens mit Stickstoff. Der Abbau kann durch die Erzeugung eines Reduktionsmilieus sehr beschleunigt werden. So wird z. B. etwa 2 m unter der Basis von angelegten Teichen eine starke Zersetzung der Nitrate erreicht. Im übrigen wird das Regenerationsvermögen des Bodens durch den Anbau einer milieustabilen Vegetation - z. B.

Schilfrohr - verstärkt. Ebenfalls problematisch sind die Phosphate, die nach Aufgabe der Rieselfelder mit der Zersetzung der organischen Substanz immer stärker ausgetragen werden.

Aus den Abwässern wurden Schwermetalle wie Kupfer, Nickel, Zinn, Blei und Cadmium in der oberen Bodenzone gefällt und weitgehend gebunden. Nach bisheriger Auffassung sind Geschiebemergel mit hohen Karbonat- und Tongehalten wirksame Barrieren, wie z. B. in Profilen im Rieselfeld Karolinenhöhe im westlichen Berlin (Abb. 10) nachgewiesen wurde (AURAND et al. 1984). In der Elementverteilung tritt hier ein Hauptmaximum in den karbonatreichen oberen 2,5 m

und ein kleineres Nebenmaximum in einer karbonatführenden Schicht bei 7,5 m auf. Nach neueren Erkenntnissen werden jedoch die Schwermetalle vorrangig aus den Abwässern in einer sulfidischen Phase im Boden herausgefiltert bzw. fixiert. Mit der Einstellung der Verrieselung wird die angereicherte organische Substanz partiell oxidiert, wodurch die Schwermetalle wieder freigesetzt werden. Da insbesondere Sandböden unter dem Einfluß des sauren Regens und der Oxidation der organischen Substanz im pH-Wert sinken, werden die Schwermetalle in lösliche Phasen überführt und gelangen schnell ins Grundwasser, insbesondere wenn der Flurabstand klein ist.

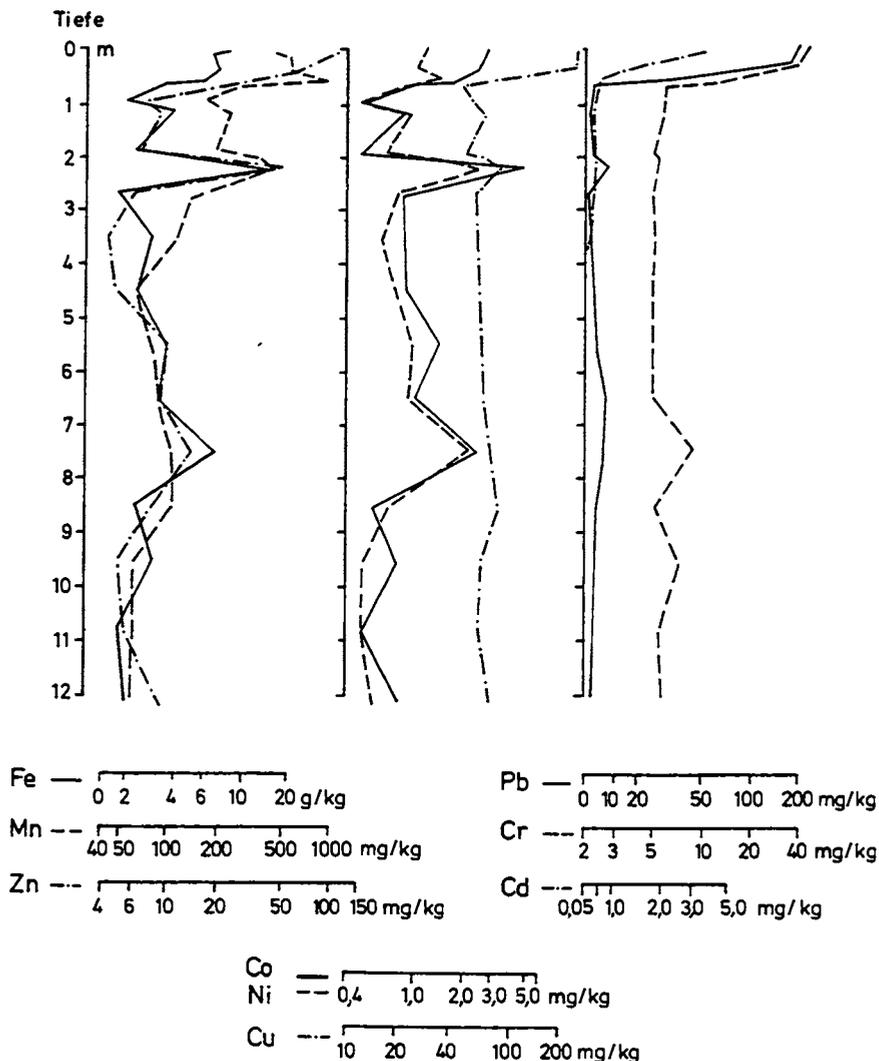


Abb. 10: Elementverteilung im Rieselfeld Karolinenhöhe im westlichen Berlin (leicht verändert nach AURAND et al. 1984)

In Abb. 11 werden Schwermetallgehalte in petrologisch ähnlichen Sedimenten verglichen und zwar in drei Profilen, von denen das erste aus einem nicht berieselten, das zweite aus einem bis vor 15 Jahren berieselten und das dritte aus einem weiterhin berieselten Feld stammt. Es erweist sich, daß 15 Jahre ohne Abwasserbeaufschlagung genügt haben, um den Schwermetallüberschuß abzubauen und den Urzustand annähernd wieder herzustellen. Diese schnelle Remobilisierung und die damit verbundene Grundwassergefährdung läßt sich jedoch vermeiden oder zumindest extrem ver-

langsamen, wenn die Rieselfelder weiterhin mit Klarwasser (mechanisch und biologisch gereinigtes Abwasser aus den Klärwerken), das immer noch leicht alkalisch ist, beaufschlagt werden. Unter diesen Bedingungen wird der Abbau der organischen Substanz vermindert und die Schwermetalle bleiben gebunden. Versuche haben gezeigt, daß in diesem Fall die unter den Rieselfeldern neu gebildeten Grundwässer mit ihren Schwermetallgehalten im Rahmen der für Trinkwasser gültigen Grenzwerte bleiben.

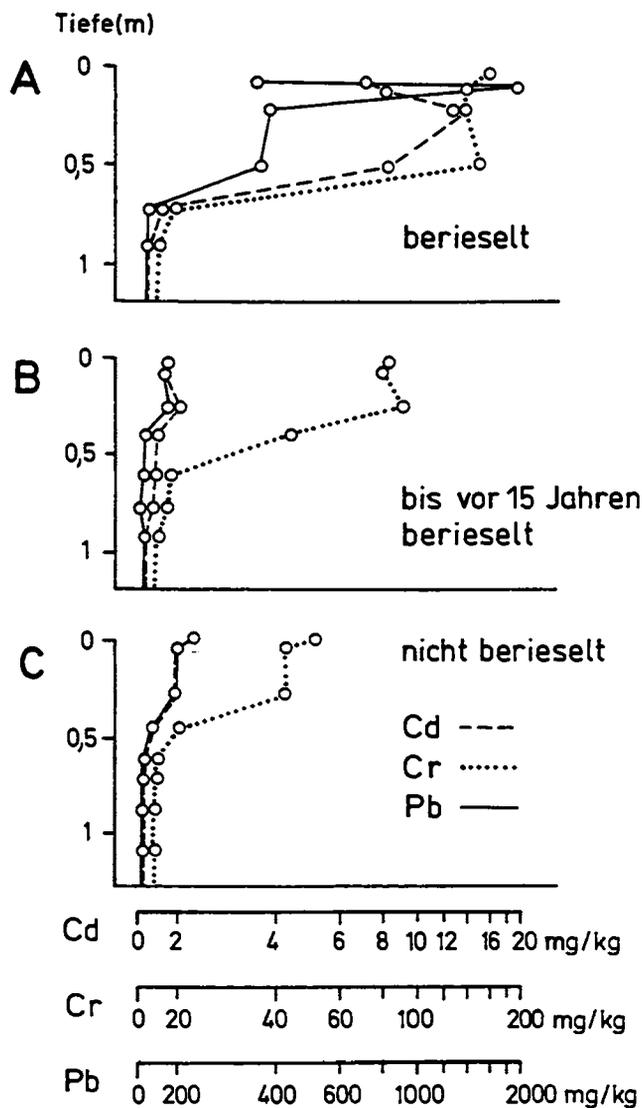


Abb.11: Schwermetallgehalte an 3 petrologisch gleichen Profilen  
A) nicht berieselt, B) bis vor 15 Jahren berieselt, C) noch berieselt (verändert nach AURAND et al. 1984)

Die fortgeführte Bewirtschaftung der Rieselfelder mit gereinigtem Klarwasser dient darüber hinaus mehreren Zwecken:

- Schutz des Grundwassers und der Vorfluter
- Reserveflächen für kontaminierte Abwässer im Falle von Störfällen in den Klärwerken
- Regeneration der Felder für künftige wirtschaftliche Nutzungen
- Förderung der Grundwasserneubildung.

Besonders der letzte Punkt ist für den Großraum Berlin wichtig, weil die Menge der Oberflächenwässer für die Anreicherung des Grundwassers kaum noch ausreichen wird.

## 7. Zur Eignung eiszeitlicher Sedimente im Großraum Berlin als mineralische Dichtmassen

Geschiebemergel und Beckentone sind gute Grundwasserhemmer und gleichzeitig auch geochemische Barrieren. Sie werden im Berliner Raum als mineralische Dichtungsmassen im Deponiebau eingesetzt, um Abfallstoffe sicher zu lagern. (Natürlich wäre auch der mitteloligozäne Septarienton geeignet, doch wegen seiner in der Regel größeren Tiefenlage findet er dafür weniger Verwendung). Durch den Kontakt mit den damit verbundenen Sickerwässern erfahren die eingesetzten Dichtungsmassen mineralogisch-geochemische Veränderungen (Alterationen). Trotz der extremen Bedeutung für die Langzeitbeständigkeit ist bisher der Ablauf dieser Prozesse noch weitgehend ungeklärt. Das Studium der natürlichen Alterationsprozesse in der Verwitterungszone ermöglicht es, die für mineralische Dichtmassen charakteristischen Degradations- und Aggradationsvorgänge zu erfassen. Danach besteht ein Zusammenhang zwischen der Versickerung von meteorischen, ionenuntersättigten Wässern und einer Abnahme der Kationen-Austauschkapazität (KISTEN, in Arbeit). Ähnliche Beobachtungen

wurden von HENDRIKS (1991) im Rahmen der geologischen Hauptuntersuchung des geplanten Deponiestandortes Augzin/Mecklenburg-Vorpommern beschrieben. Die Analyse der Tonmineralvergesellschaftung von Probenmaterial ergab hier eine auffällige Veränderung des Tonmineralspektrums in den dort anstehenden Geschiebemergeln.

Am Institut für Geologie und Paläontologie der Technischen Universität Berlin werden zur Zeit Langzeit-Durchströmungsversuche mit anorganischen und organischen Prüfflüssigkeiten an ausgewählten mineralischen Dichtmassen durchgeführt. Im Gegensatz zu konventionellen Durchströmungsversuchen werden stationäre Bedingungen eingehalten, bei denen die Konzentration der Prüfflüssigkeit durch Erneuerung ständig konstant gehalten wird (Abb 12). Zur Ergänzung dienen Alterationsversuche in speziell dafür entwickelten Zellen, die darüberhinaus eine Erfassung von Lösungs- und Ausfällungsreaktionen entlang einer Fließstrecke ermöglichen. Das Ziel ist, ein geeignetes Testverfahren zur Eignungsprüfung von mineralischen Dichtmassen zu entwickeln.

Für die Anlage künftiger Deponien sollten verstärkt geochemisch-lagerstättenkundliche Konzepte eingesetzt werden, bei denen die Transformationsprozesse geogener Sedimentgesteine als Vorbild dienen (vergl. BACCINI et al. 1992). Das Verfahren der "Diagenetischen Inertisierung" nach RIEHL-HERWIRSCH, bei dem eine zuverlässige Rückeinbindung von Abfallstoffen in die Lithosphäre erfolgt (LEILER 1993), bietet hierzu einen hoffnungsvollen Ansatz.

Eine abschließende Beurteilung der ausgewählten Proben hinsichtlich ihrer Eignung als mineralische Dichtmassen ist zur Zeit noch nicht möglich. Erste Analyseergebnisse von beaufschlagten Geschiebemergeln deuten jedoch auf eine günstige mineralogische Zusammensetzung des Probenmaterials für eine langfristige Immobilisierung einzelner anorganischer Schadstoffe hin. Die stoffspezifische Retardationswirkung von Grundmoränen-Ablagerungen insbesondere gegenüber

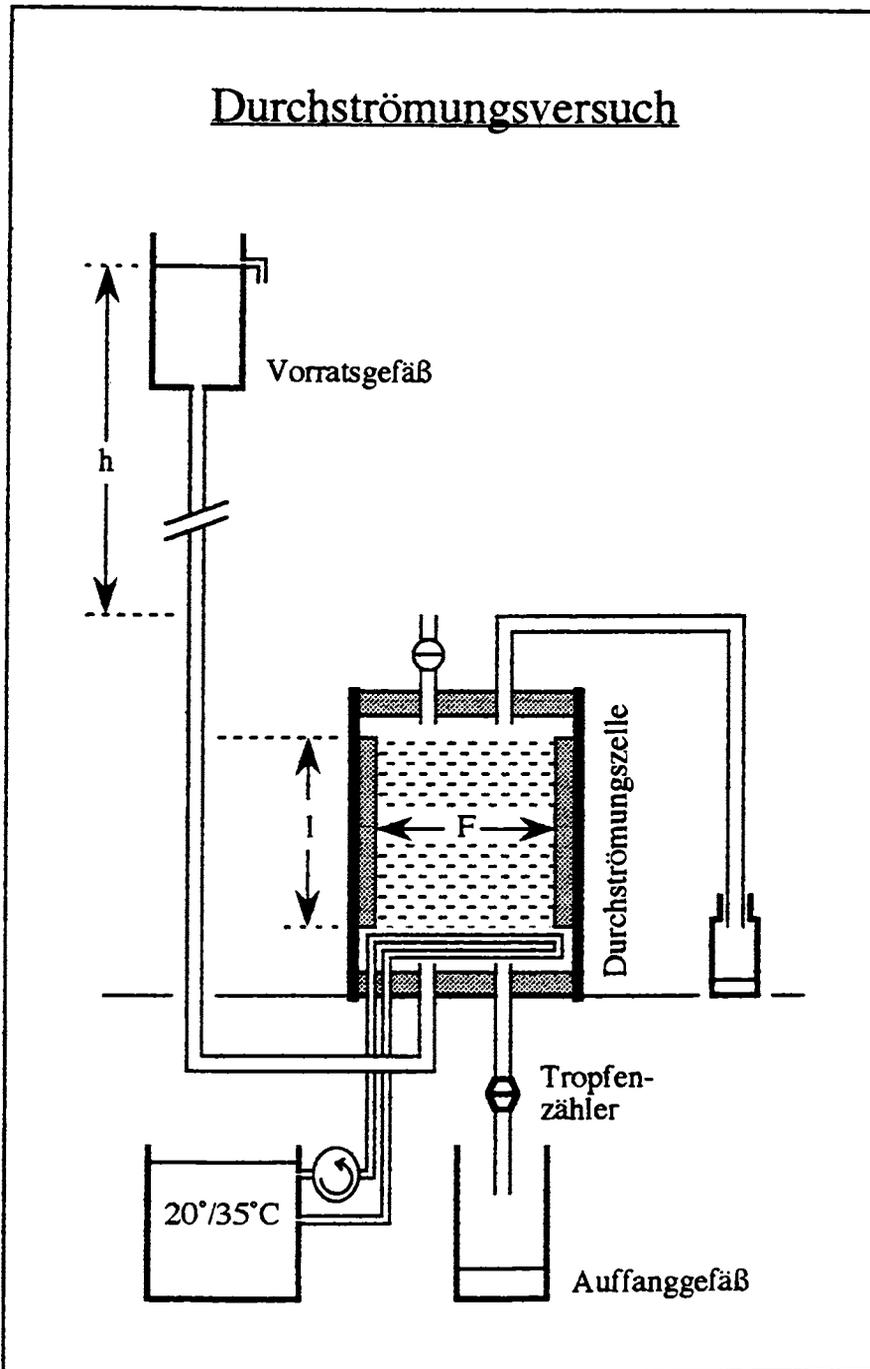


Abb. 12: Durchströmungsversuch unter stationären Bedingungen (nach KISTEN 1994)

Schwermetallen wurde auch von BROSE & BRÜHL (1990) erkannt, zugleich aber auch auf die unzureichende Barrierewirkung gegen-

über leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen hingewiesen.

## 8. Ausblick

Mit dem Ausbau von Berlin zur Hauptstadt und dem weiteren Anstieg der Bevölkerungsdichte wird die Belastung der geologischen Ressourcen zunehmen. In erster Linie geht es um die Reinerhaltung des Bodens und des Wassers sowohl im Oberflächenbereich als auch im Untergrund. Grundsätzlich gilt, daß die über 100jährige Versorgung der Stadt mit qualitativ hochwertigem Grundwasser durch Bewirtschaftung der Grundwasservorräte erfolgreich ist und trotz erkennbarer Probleme weiter verfolgt werden muß (SOMMER-VON JARMERSTED et al. 1993). Um die Grundwassergewinnung unter den gegebenen komplexen geologisch-hydrologischen Verhältnissen ergiebig und langfristig stabil zu erhalten, bedarf es weiterer ausgedehnter Forschungen, da die gegenwärtig vorliegenden Untersuchungsergebnisse in der Regel lokal gebunden sind und vorwiegend Pilotcharakter haben. Das Grundwasserbeobachtungsnetz sollte

sämtliche, auch zur Zeit noch nicht bewirtschaftete Grundwasserleiter, über deren Aufbau teilweise nur lückenhafte Kenntnisse vorliegen, getrennt durch Meßstellen erfaßt werden. Die Programme zur Erkundung der miozänen Grundwasserleiter, die zwar über eine gute Wasserergiebigkeit verfügen, örtlich aber durch Braunkohleneinschaltungen störende Inhaltsstoffe aufweisen können, sind auf das Berliner Umland auszudehnen. Dies gilt in gleicher Weise für die großflächige Gewinnung von Uferfiltraten. Um zu verhindern, daß durch erhöhte Versickerung die oberflächlichen Abflusssmengen zu stark gemindert werden, sollten die Reinwässer der Klärwerke, sofern eine 3. Reinigungsstufe zur Verfügung steht, verstärkt verrieselt und zur Ergänzung der oberflächennahen Grundwasservorräte herangezogen werden. Vor allem müssen im Stadtgebiet und Einzugsbereich von Spree und Havel die vielzähligen oberflächennahen Kontaminationsherde, deren Frachten das Grundwasser bedrohen, langfristig saniert bzw. in Kontrolle gehalten werden.

## Literatur:

ASSMANN, P. 1957

Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin. - Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin, 142 S., 6 Abb., 1 Bohrverz., 2 Kt.

AURAND et al. 1984

Vergleichende Untersuchungen an langfristig mit Abwasser belasteten Böden zur Beurteilung der Reinigungsvorgänge durch den Untergrund bei der künstlichen Grundwasseranreicherung. - Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin, Forschungsberichte, T 84-104.

BACCINI, P.; BELEVI, H.;  
LICHTENSTEIGER, T. 1992

Die Deponie in einer ökologisch orientierten Volkswirtschaft. - Gaia, 1, 34-49, Heidelberg (Spektrum).

BEHRMANN, W. 1949/50

Die Umgebung Berlins nach morphologischen Formengruppen betrachtet. - Die Erde, 1, 93-122, 10 Abb; Berlin.

BÖSE, M. 1979

Die morphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neuen stratigraphischen Untersuchungen. - Berliner Geogr. Abhandl., 28, 43 S.; Berlin.

BROSE, F. & BRÜHL, H. 1990

Untersuchungen zur natürlichen Barrierewirkung von Grundmoränen-Ablagerungen gegenüber Schwermetallen und leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen im Stadtgebiet von Berlin. - Deponie, 4, 153-175, Berlin (EF-Verlag).

- FRANZ, H.-J. 1962  
Morphogenese der Jungmoränenlandschaft des westlichen Brandenburger Stadiums. - Wiss. Zeitschr. Pädagog. Hochsch. Potsdam, Math.-Nat. Reihe, 7, Teil 1: Eisrandlagen: 29-48; Teil 2: Die Schmelzwasserabflüsse und die durch sie geschaffenen Ablagerungen und Formen: 49-60; Potsdam.
- HENDRIKS, F. F. 1991  
Wissenschaftliches Gutachten zur geologischen Hauptuntersuchung des Standortes einer geplanten Reststoffdeponie bei Augzin im Kreis Lüz (Mecklenburg-Vorpommern). - Unveröffentlichter Bericht der TERRATECH, Dr. Frits Hendriks (BDG) und Dirk Reulecke, Berlin.
- KALLENBACH, H. 1980  
Abriß der Geologie von Berlin. - Beiheft zum Internat. Alfred-Wegener-Symposium in Berlin, 15-21; Berlin.
- KISTEN, CH.-P. 1994  
Zur Alteration mineralischer Dichtmassen (Arbeitstitel). - Dissertation in Vorbereitung, TU Berlin.
- KLOOS, R. 1986  
Das Grundwasser in Berlin - Bedeutung, Probleme, Sanierungskonzeption. - Bes. Mitt. Gewässerkdl. Jh. - Berichte des Landes Berlin, 165 S.
- KREKLER, G. & BURKOWSKY, M. 1985  
Erkundung der geologischen und lagerstättentechnischen Gegebenheiten des Erdgas-Aquiferspeichers Berlin. - gwfgas/Erdgas, 126, 3, 161-169.
- LEILER, W. 1993  
Diagenetische Inertisierung - Ein neuer Ansatz für die Ablagerung von Abfällen - PORR-Nachrichten Nr. 117, Wien
- LIMBERG, A. 1991  
Erläuterungen zu: Geologische Karte von Berlin 1:10.000, Blatt 425 u. 426. - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 60 S., 8 Abb., Bohrverzeichnis.
- PACHUR, H.-J. & RÖPER, H.-P. 1984  
Geolimnische Befunde des Berliner Raumes.- Berliner Geographische Abhandlungen, 36, S.37-49.
- SOMMER-VON JARMERSTED, CH. 1992  
Hydraulische und hydrochemische Aspekte der Uferfiltration an der Unterhavel in Berlin.- Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, 140, 149 S.
- SOMMER-VON JARMERSTED, CH; PECKDECER, A; BRÜHL, H., u. THIERBACH, J. 1993  
Konsequenzen und Perspektiven für die Wasserversorgung von Berlin aus hydrogeologischer und hydrochemischer Sicht. - Wasserwirtschaft, 83, 9, 474 - 479; Berlin.
- TRÖGER, U.; ASBRAND, M. & STEY, W. 1994  
Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächenwasser, Teilprojekt Hydrogeologie, Statusbericht. - Berlin, unveröffentlichter Zwischenbericht.
- TRUSHEIM, F. 1957  
Über die Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. - Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 109, 111-151; Hannover.



## DISKUSION

## ZUR GEOLOGIE VON BERLIN

**LEHNHARD:** Warum ändert sich die Konzentration einer Flüssigkeit bei einem konventionellen Durchströmungsversuch ?

**KALLENBACH:** Die Flüssigkeit reagiert mit dem durchströmenden Körper, was zwangsläufig bei einer nahezu stehenden Flüssigkeit zu Konzentrationsveränderungen führen muß. Bei der von Herrn KISTEN entwickelten stationären Durchströmungsanlage wird die Prüfflüssigkeit im langsamen Durchfluß gehalten und damit konstant erneuert. Dies entspricht in etwa den natürlichen Bedingungen unter einer Deponie.

**UNBEKANNT:** Warum wird der Schwermetallaustrag erhöht, wenn die Berieselung eingestellt wird ?

**KALLENBACH:** Die Schnelligkeit der Schwermetallremobilisierung ist abhängig vom Substrat, d. h. ein karbonatreicher Geschiebemergel wird diese Elemente wesentlich länger halten als ein ausgewaschener Geschiebesand. Die Bindung der Schwermetalle kann zunächst durch die leicht basischen Abwässer aufrecht erhalten werden. Nach Einstellung der Beaufschlagung durch Abwässer beginnt die Einwirkung der sauren meteorischen Wässer und damit die Lösung der Schwermetalle. Neueste Berliner Forschungsergebnisse weisen auf die hohe Bindungsfähigkeit des organischen Materials für metallische Elemente hin, solange die Berieselung läuft. Nach Ende setzt Oxidation ein, die zur Zerstörung der organischen Substanz und somit zur sofortigen Freigabe der Schwermetalle führt. Durch Berieselung mit leicht basischen Klarwässern kann dieser Prozess gestoppt bzw. extrem verlangsamt werden.

**RIEHL-H.: Ergänzung:** Durch die basischen Deponiesickerwässer werden in Hausmülldeponien Schwermetalle zunächst gebunden, langfristig aber - wenn die sauren

meteorischen Wässer dominieren - gehen sie in Lösung, was auch durch aufgebrauchte Oberflächenabdichtungen, die leider sehr schnell ihre Funktion verlieren, nicht verhindert werden kann.

**STADLER:** Ist das gezeigte Erscheinungsbild des Geschiebemergels mit einzelnen schwimmenden Geschieben in einer relativ feinkörnigen Matrix typisch ?

**KALLENBACH:** Ja, durchaus. Das nordische Inlandeis hat durch Exaration erhebliche Sedimentmengen aus dem mesozoischen und vor allem tertiären Untergrund aufgenommen. Dieses leicht aufzubereitende Material bildet die Matrix, welche den Hauptanteil des Geschiebemergels ausmacht. Der Karbonatanteil liegt in der Regel über 10%.

**RANK:** Wie steht es mit der Bohr- und Bearbeitbarkeit des Geschiebemergels ?

**KALLENBACH:** In der Regel kein Problem, da große Geschiebe eigentlich die Ausnahme sind.

**RANK:** Die Rieselfelder sollen mit Klarwässern weiterhin in Betrieb gehalten werden. Ist dies eine Sanierungsmaßnahme auf Zeit ? Hofft man, daß die meteorischen Wässer eines Tages nicht mehr sauer sind ? Welchen Zwecken sollen die Rieselfelder in Zukunft dienen ?

**KALLENBACH:** Natürlich wird eine langfristige Sanierung angestrebt. Zunächst werden die Schwermetalle fixiert gehalten und damit eine Stoßwirkung auf das Grundwasser vermieden. Andererseits gehen geringfügige Mengen, die unter den für Trinkwasser geltenden Toleranzwerten liegen, immer in Lösung, sodaß in langen Zeiträumen der Elementgehalt sinkt. Der ausgesprochen positive Nebeneffekt ist die konstante Grundwasserneubildung unter den Berieselungs-

flächen. Nach der bisherigen Rechtslage dürfen Klarwässer - also gut gereinigte Abwässer - zwar nicht zur Grundwasseranreicherung versickert werden, aber für die Berieselung wird eine Ausnahmegenehmigung erteilt. Wegen des abzusehenden Mangels an Oberflächenwasser dürfte der breitere Einsatz von Klarwässern künftig sowieso unvermeidlich sein. Da die Trinkwassergewinnung grundsätzlich aus den tieferen Grundwasserleitern erfolgt, ergeben sich daraus keine Probleme. Im übrigen sollen die Rieselfelder in den nächsten hundert Jahren zwar nicht zum Ackerbau, aber z. B. für Freizeitanlagen genutzt werden. Außerdem dienen sie als Reserveflächen für Störfälle in den Klärwerken oder Sturzregen. Sie bewirken damit eine wesentliche Pufferung für die Vorfluter.

**SCHROLL:** Über geeignete Pflanzen ist eine biologische Reinigung möglich. Was wird in Berlin diesbezüglich unternommen ?

**KALLENBACH:** An den Forschungen in den Berliner Rieselfeldern sind Botaniker mit selbständigen Teilprojekten beteiligt, um die biologischen Möglichkeiten der Sanierung in voller Breite zu testen.

**UNBEKANNT:** Sind die angesprochenen Behandlungsmethoden auch im Winter wirksam ?

**KALLENBACH:** Die Versickerung ist natürlich behindert, unter größeren Wasserflächen weniger und auf den Rieselfeldern mehr. Bei

einer Beaufschlagung mit Klarwasser ergeben sich daraus keine Probleme, weil diese Wässer für die Vorfluter ungefährlich sind.

---

**Diskussionsbeiträge von:**

**LEHNHARDT, Dr. W.,**

*Zentralanst.f.Metereologie u. Geodyn.  
Abt. Geophysik,  
Hohe Warte 38, Postfach 342,  
A - 1191 Wien*

**RANK, Dr.D.,**

*Geotechn. Inst., Abt. Geohydrologie,  
BFPZ-Arsenal,  
Arsenal - Obj. 214,  
A-1030 Wien*

**RIEHL-HERWIRSCH, Dr. G.,**

*Institut f. Geologie  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

**SCHROLL, Prof.E.,**

*Haidbrunnngasse 14,  
A-2700 Wr. Neustadt*

**STADLER, Dir.Dipl.Ing.Dr. G.,**

*Fa. Insond  
Bahnhofstraße 45,  
A-5205 Neumarkt*

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1993

VAIONT-LONGARONE -  
30 JAHRE NACH DER KATASTROPHE

E. SEMENZA - M. GHIROTTI



Payerbach,  
27. November 1993

Mitteilungen für Baugeologie und Geomechanik	Band 3	Baugeologische Tage Payerbach 1991	Seite 7 - 99	Wien 1994
Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1994

*Anschrift der Verfasser:*

*Prof.Dr.E.SEMENZA,  
Dr.M.GHIROTTI,  
Università degli studi di Ferrara,  
Dipartimento di Scienze Geologiche e Paleontologiche,  
Corso Ercole 1° d'Este, 32,  
I - 44100 Ferrara, Italia*

## VAIONT-LONGARONE - 30 JAHRE NACH DER KATASTROPHE

E. SEMENZA - M. GHIROTTI

Um die Katastrophe im Vaionttal, die auf der ganzen Welt und insbesondere in Fachkreisen (Geologie und Zivilingenieurbereich) große Bestürzung hervorgerufen hat, noch einmal aufarbeiten zu können, ist es wichtig, die Geschichte der Untersuchungen und der Ereignisse vor und während des Baues der Stau-mauer und des Aufstauversuches zu kennen. Nicht zu vergessen sind auch die Versuche, die gemacht wurden, um den Bergsturz, der am Anfang der Katastrophe abging, zu erklären.

Der Zeitraum, in dem die Bauarbeiten begannen und keine aufsehenerregenden Ereignisse das spätere Geschehen ankündigten, wird hier nicht berücksichtigt. Daher soll die Beschreibung mit dem Erdbeben von Pontesei beginnen.

In diesem Bereich des Mae`tales (am rechten Nebenfluß des Piaveflusses, der bei Longarone in die Piave mündet) hat sich am 22. März 1959 bei der ersten Flutung des dort errichteten künstlichen Staubeckens ein großflächiger Bergsturz (ca. 22 Mio. m<sup>3</sup>) auf der linken Tal-seite gelöst und eine hohe Flutwelle erzeugt. Der Stauspiegel war zu diesem Zeitpunkt 30 m abgesenkt, die Welle hat die Mauerkrone gerade noch in einzelnen Positionen überspült. Ein Mann, der auf der rechten Seeseite unterwegs war wurde mitgerissen, sonst entstanden keine weiteren Schäden.

Zu diesem Zeitpunkt war der Bau der Stau-mauer von Vaiont bereits in einem fortgeschrittenen Stadium und es ergab sich die Dringlichkeit einer Untersuchung, ob die Hänge des zukünftigen Staubeckens die Gefahr von Erdbeben in sich trügen. Es ist dabei wichtig sich daran zu erinnern, daß zu diesem Zeitpunkt noch keine Voruntersuchungen über die Stabilität der Talhänge bei Staumauern

vorgesehen waren; es gab auch zu diesem Zeitpunkt noch keine derartigen Studien.

Das Problem der Stabilitätsbegutachtung der Hänge des Staubeckens von Vaiont wurde an Prof. Leopold MÜLLER herangetragen, der ein Programm für eine geologisch-technische Studie des gesamten Flutungsbereiches erstellte. Diese Arbeit wurde von Prof. E. SEMENZA im Juli 1959 begonnen, der zwei Monate später von Dr. F. GIUDICI zusätzlich unterstützt wurde. Als Unterlage diente eine eigens dafür erstellte topographische Karte, Maßstab 1:5000. Die Untersuchung brachte mehrere alte, bereits vernarbte Rutschungen zutage, von denen sich nur eine als wirklich gefährlich herausstellte: sie befand sich auf der linken Hangseite, nicht weit von der Stau-mauer entfernt, und umfaßte den Pian del Toc. Die Studie wurde im Frühling 1960 abgegeben, aber die wichtigsten Punkte waren den Planern bereits Ende des Sommers 1959 mitgeteilt worden.

Die wichtigsten Resultate waren folgende:

1. Die Zone des Pian del Toc und die benachbarte Zone des Massalezza-baches im Osten entsprechen einer großen alten Hangbewegung, die sich von der linken Flanke gelöst und die in der Würmeiszeit entstandene Tal-sohle des Flusses bedeckt hat.
2. Der nachfolgende Einschnitt der Vaiontschlucht hatte auf der rechten Flanke einen Teil dieser Masse zurückgelassen, "colle isolato" (= isolierter Hügel) genannt.
3. Die linke Flanke des Tales stellte eine Art Sesselform dar, die weiter westlich im steilen östlichen Hang des Piave-tales gegenüber von Longarone, gut sichtbar war; diese Struktur entsprach

dem tiefsten Teil der Nordflanke der Synklinale von Erto, und an einem Teil der Bruchzone war sie nahezu eben und stark nach Osten geneigt.

4. Man nahm damals daher an, daß die Rutschung auf einer mehr oder weniger zylindrischen Oberfläche stattgefunden hatte, die ein mylonitisches Band (in annähernd ca. 600 m Höhe) mit einer in EW-Richtung verlängerten Senkung im Gebiet des Pian del Toc verband.
5. Die abgeglittene Masse war, wie man an ihrer östlichen Ausrichtung gut sehen konnte, stark zerklüftet und in nahezu EW-Richtung gefaltet.
6. Der nördlich gerichtete Hang der Masse hingegen war weder nach Osten geneigt noch gefaltet und auch kaum zerklüftet. Diese Tatsache hat in der

Folge verhindert, daß das gesamte Ausmaß der alten Bewegung rechtzeitig erkannt wurde. Ursache dafür war die starke natürliche Zementation des Gebietes und schwere Zugänglichkeit des Geländes, die ein genaueres Untersuchen behinderte.

Man stellte daher die Hypothese auf, daß sich die gesamte Masse bei der Flutung des Staubeckens neuerlich in Bewegung setzen könnte. Daher wurden die von Prof. MÜLLER vorgeschlagenen Vorsichtsmaßnahmen (Messungen) getroffen, und zwar wurden die Seewasserspiegelhöhen stufenweise verändert und gleichzeitig die oberflächliche Verschiebung täglich gemessen. Der Wasserspiegel des Sees wurde dabei sowohl beim Fluten als auch beim Entleeren um jeweils 5 m verändert, anschließend für einige Tage konstant gehalten. Dieser Zyklus wurde mehrfach ausgeführt.

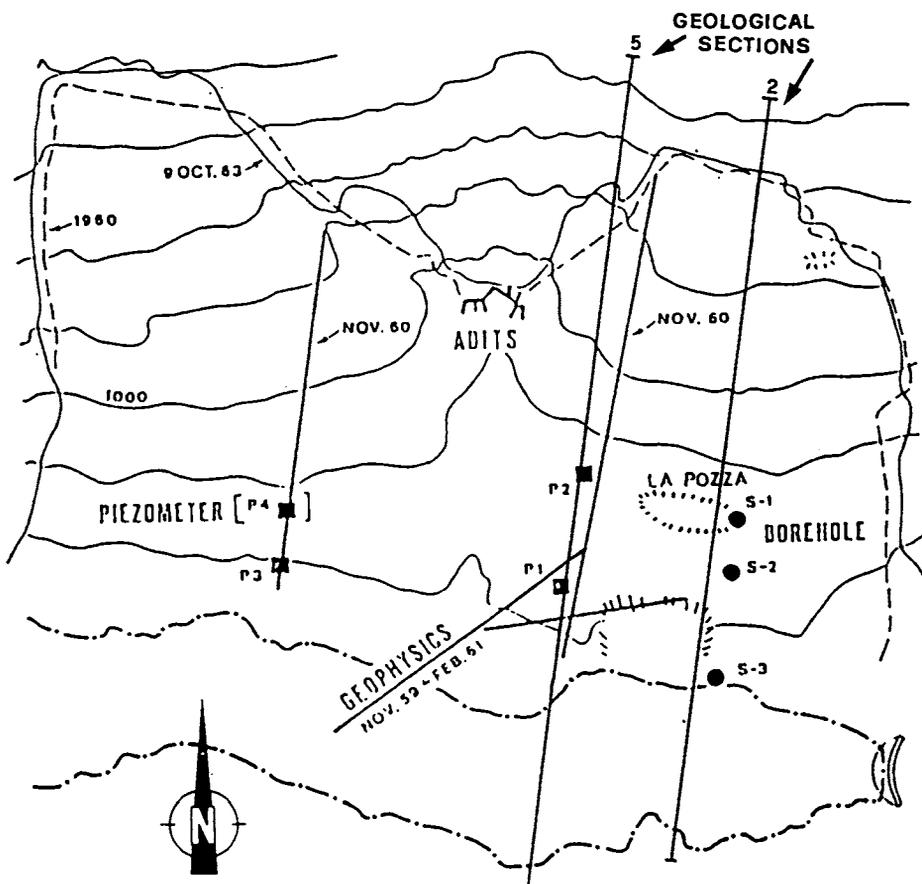


Abb. 1: The Vaiont Landslide. Location of the different investigations carried out between 1959 and 1961

Als im Juni 1960 die Wasserspiegelhöhe von 600 m überschritten worden war, begannen in der Nähe der Stauseeufer die ersten leichten Massenbewegungen. Um die ursprüngliche Gleitfläche zu überprüfen waren außerdem in der Zwischenzeit 3 Sondierungen durchgeführt worden (siehe Abb.1, S-1 bis S-3). Da diese Flächen jedoch in größerer Tiefe als erwartet vorgefunden wurden nahm man an, daß sie weiter bergwärts austreichen dürften. Um mögliche Gründe dafür zu ermitteln wurden deshalb die Untersuchungen in diese Zone ausgedehnt.

Man konnte beobachten, daß in den beiden Armen des Massalezabaches, die sich bergwärts verzweigen, Richtung Süden das gesunde Gestein auftritt und Richtung Norden in stark zerklüfteten Fels übergeht. Zusammen mit diesen Beobachtungen trat Ende Oktober, als die Bewegungen bereits 3 cm pro Tag erreichten, eine durchgehende Spalte (1m breit und 2.5 km lang) auf. Dies bestätigte sowohl die bisherigen Annahmen, als auch die

Abgrenzung der instabilen Zone, die mit der alten Rutschung übereinstimmte.

Am 4. November löste sich auf der westlichsten Seite der Masse eine Gleitung von aufgelockertem Material (ca. 400.000 m<sup>3</sup>) und stürzte unter Erzeugung einer 30 m hohen Flutwelle in den Stausee. Da die Annahme nun genau bestätigt worden war, wurde der See wieder auf 600 m Wasserspiegelhöhe gesenkt und auf der rechten Talseite ein Verbindungstollen vorgetrieben mit dem Ziel das Wasser des Sees, falls dieser durch eine Massenbewegung in zwei Teile geteilt würde, ableiten zu können. Nachher wäre ein Stollen nicht mehr ausführbar gewesen.

Die Absenkung des Wasserspiegels ermöglichte außerdem, die Sohle des "colle isolato" genauer zu beobachten, da das Wasser die Vegetationsoberfläche abgetragen hatte. Dieser Teil der alten Massenbewegung bestand aus zerklüftetem Fels und lag fluviatilem Schotter auf, der in diesem Bereich des alten Vaionttales abgelagert worden war (Abb. 2).



Abb.2: Photo



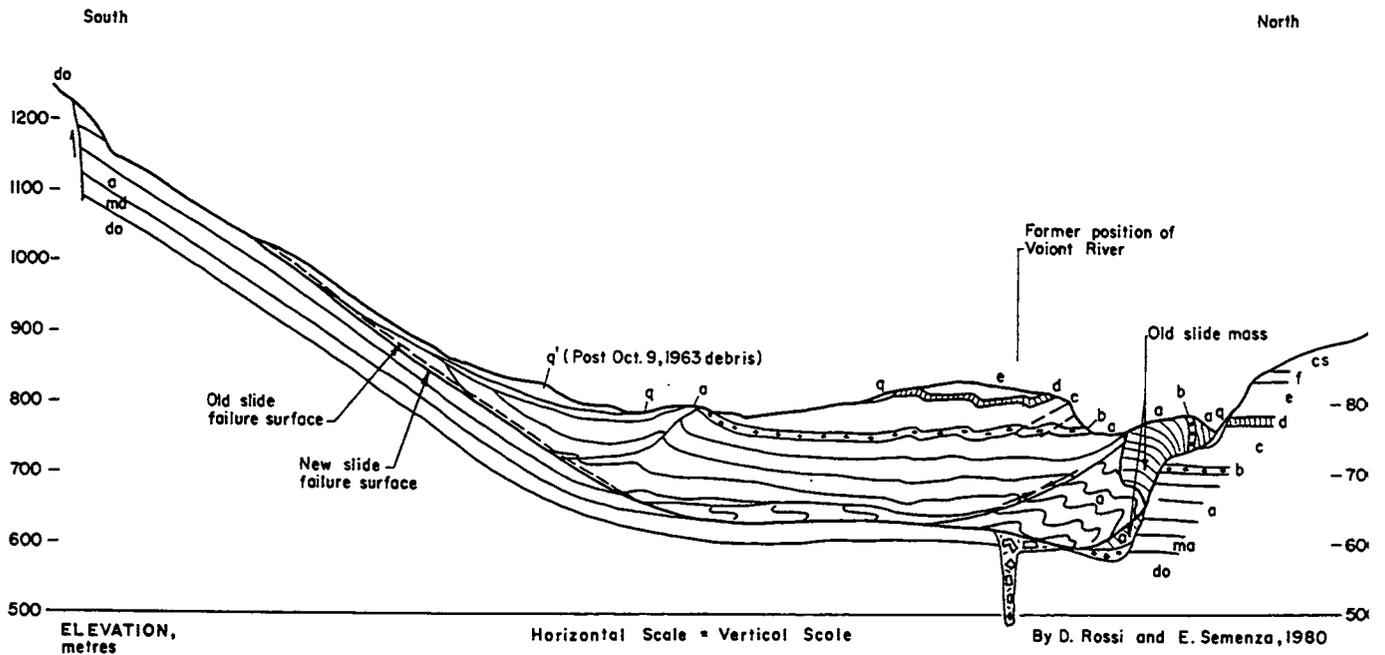


Abb.5: Geologic Section 2, Vaiont Slide, After Oktober 9, 1963

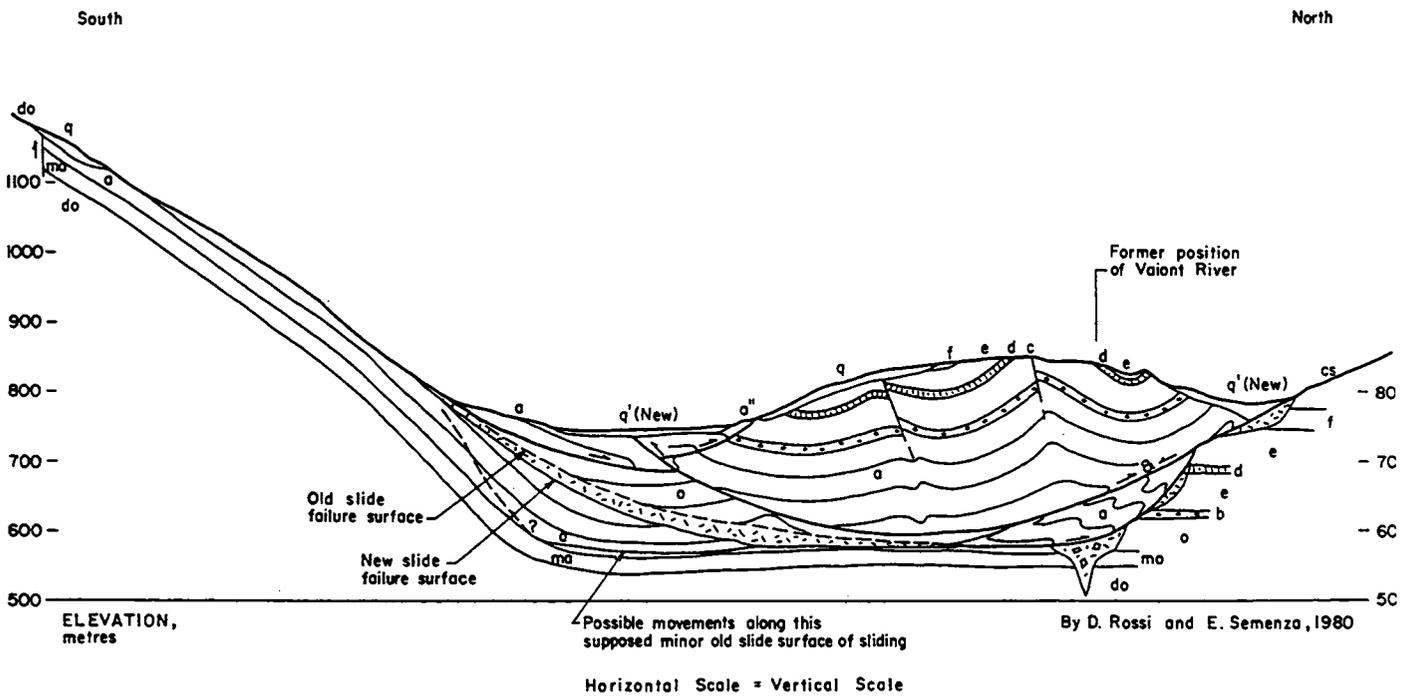


Abb.6: Geologic Section 5, Vaiont Slide, After Oktober 9, 1963

Im September-Oktober 1961 wurden nach Fertigstellung des Stollens auch 4 Piezometer in nicht zementierten Bohrungen installiert, die die Grundwasserspiegel in den Schichten bis Oktober 1963 registrierten (Abb.1, Piezometer P<sub>1</sub> - P<sub>4</sub>).

Als der Stollen im Oktober 1961 fertig gebaut war, begann man mit einer neuerlichen Hebung des Wasserspiegels bis auf 700 m. Zu diesem Zeitpunkt erreichten die Bewegungen bereits Geschwindigkeiten von über 1,5 cm pro Tag, was wesentlich niedriger war als beim vorigen Versuch. Beim erneuten Absenken des Wasserspiegels auf 650 m hörten die Bewegungen auf.

Die Wasserspiegelhöhe bei dieser zweiten Flutung, bei der die Bewegungen anfangen, war also um 100 m höher als bei der ersten Flutung. Dies führte zu der, bereits von MÜLLER ausgesprochenen Vermutung, daß die Ursache der Bewegungen in einer Sättigung der Gesteinshorizonte lag, die beim ersten Aufstau vom Wasser erreicht worden waren. In der Überzeugung, daß dies die einzige Ursache der Instabilität wäre, wurde beschlossen, den Wasserspiegel weiter zu heben, wobei die Vorsichtsmaßnahmen aber weiter eingehalten wurden.

Diese erneute Hebung startete im April 1963. In diesem Fall begannen die Bewegungen erst, nachdem eine Wasserspiegelhöhe von 700 m überschritten worden war, wobei die Geschwindigkeiten sehr klein waren. Dies schien die These zu bestätigen und man begann den Wasserspiegel langsam weiter anzuheben. Die Bewegungsraten blieben weiterhin klein, bis eine Höhe von 710 m erreicht worden war, beim weiteren Aufstau nahmen sie stark zu.

Es ist unverständlich, warum nicht sofort eine Absenkung vorgenommen, sondern bis zum Ende des Septembers gewartet wurde, als die Geschwindigkeiten bereits 2 cm/Tag erreichten; viel höhere Werte als sie im August gemessen wurden. Die Geschwindigkeiten nahmen schließlich weiter rasch zu - bis zur Felsgleitung am 9.10.1963.

Die fehlende oder verzögerte Reaktion auf diese Vorgänge ist unerklärbar. Man kann nur

annehmen, daß die Übergabe der Anlage von SADE an ENEL eine mögliche Ursache dafür war.

In aller Welt und insbesondere in technisch-wissenschaftlichen Fachkreisen hatte die Katastrophe alarmierend gewirkt aber auch großes Interesse hervorgerufen. Eine Vielzahl von Wissenschaftlern begann die Ursachen dieser Massenbewegung und vor allem deren große Geschwindigkeit zu analysieren. Sie war der Hauptgrund für die Höhe der Flutwelle und der von ihr verursachten weiteren Zerstörungen. Abb.3 bis 6 zeigen geologische N-S Schnitte jeweils vor und nach der Massenbewegung.

Wie bereits MÜLLER 1964 erkannte, war seine erste Vermutung nur auf nicht ausreichende Fundamente gestützt. Auch die anderen Wissenschaftler erkannten, daß man es hier mit einem Problem höchster Komplexität zu tun hatte und daß hier verschiedene Faktoren die Massenbewegung verursachten.

Unter diesen Faktoren war zuallererst die geologische Struktur des Nord-Hanges des Monte Toc und im speziellen das Vorhandensein einer alten Rutschmasse und daher einer vorgegebenen Bewegungslinie entlang welcher der Reibungswinkel möglicherweise extrem klein gewesen sein mußte. Die nach verschiedenen Gesichtspunkten bestimmten Reibungswinkel waren aber immer zu hoch, als daß sie eine Gleitung und noch dazu eine mit einer derart großen Geschwindigkeit, nicht zuließen.

Auch nach der eindeutigen Feststellung, daß sich eine Tonschicht im Inneren der Bruchzone befand, konnte die hohe Geschwindigkeit nicht erklärt werden. Daher stellte man von einigen Seiten die Vermutung auf, daß der Porendruck entlang der Bruchfläche durch die Bewegung größer und in der Folge die effektiven Spannungen kleiner wurden. Die durchgeführte Schätzung zeigte, daß tatsächlich dieser Mechanismus die berechneten Geschwindigkeiten verursacht haben könnte. Natürlich trat dieser Faktor erst nach Beginn der Rutschungen auf.

Die Frage nach den auslösenden Faktoren war Gegenstand vieler Vermutungen.

Die wichtigsten sind:

1. die Errichtung des Staubeckens und seine Wasserspiegelschwankungen,
2. das Vorhandensein von Tonlagen entlang der Gleitfläche (Trennfläche, ruptur surface),
3. die Existenz einer alten bewegten Masse,
4. die geologische Struktur,
5. die Seismizität dieses Gebietes,
6. das Vorhandensein einer unter hydrostatischem Druck stehenden Schicht im Zusammenhang mit der Trennfläche.

Obige Vermutungen sollen allerdings nicht weiter diskutiert werden, da sie nicht zur Lösung des Problems führten.

Ein gewaltiger Fortschritt hingegen war die Studie von HENDRON, A.J. und PATTON, F.D. 1985, deren wichtigste Resultate sind:

1. Bestätigung der bestehenden alten Massenbewegung.
2. Die Entdeckung von montmorillonitischen Tonzonen mit bis zu 10 cm Dicke entlang der Bruchfläche und auch außerhalb dieser Zone (Reibungswinkel 8-10°). Diese Schichten bilden unweigerlich eine durchgehend, wasserundurchlässige Zone.
3. Daraus folgt weiters die Existenz von zwei im Hang befindlichen Grundwasserleitern, getrennt durch den Stauer. Diese Tatsache wurde durch die Piezometermessungen bestätigt.

Dieser dritte Aspekt ist von besonderer Wichtigkeit und forderte eine Neubegutachtung des

hydrogeologischen Schemas der gesamten Zone durch die beiden Autoren. Präziserweise muß gesagt werden, daß die Piezometer einen Wasseraustausch aller Wasserspiegellhöhen erlaubten. Zwei von ihnen zeigten die Höhenlage des Seespiegels, Piezometer P<sub>2</sub> hingegen bis Mitte 1962 leicht höhere Werte. Dies wurde immer als Folge der darunterliegenden Schicht gehalten, ein Einfluß der nach der, durch den Erdbeben verursachten Unterbrechung der zwei Schichten, fehlte (siehe Abb. 7 und 8).

Der unterschiedliche Einfluß der beiden Schichten wurde wie folgt erklärt.

1. Das Bergwasserniveau des oberen Aquifers, das der alten Rutschung entsprach (stark zerklüftet und extrem durchlässig), wurde klarerweise vor allem vom Wasserspiegel des Sees beeinflusst, wie man auf Abb. 7 an den entsprechenden Werten sehen kann.
2. Der untere Aquifer hingegen (gelegen im "Vaiontkalk", kaum zerklüftet, aber durch die an der Vaiontschlucht klar sichtbaren, schwach ausgebildeten Karsterscheinungen leicht wasserdurchlässig) wurde sowohl durch den See als auch durch die Niederschläge alimentiert. Das Bergwasserniveau war von der Niederschlagsmenge und der eher langen Auffüllzeit des Aquifers abhängig.
3. Die Permeabilität, die Form der beiden Aquifere und ihre Auffüllzeiten waren also völlig verschieden, daher auch die Spiegel in den Piezometern. Genauer gesagt konnte im unteren Aquifer, als Folge von Schneeschmelze bzw. langen Regenzeiten, der Druck wesentlich höhere Werte erreichen als im darüberliegenden. Dadurch konnten solche Drücke entstehen, daß der Widerstand in der Bruchfläche kleiner wurde und so eine Instabilität der Masse begünstigte.

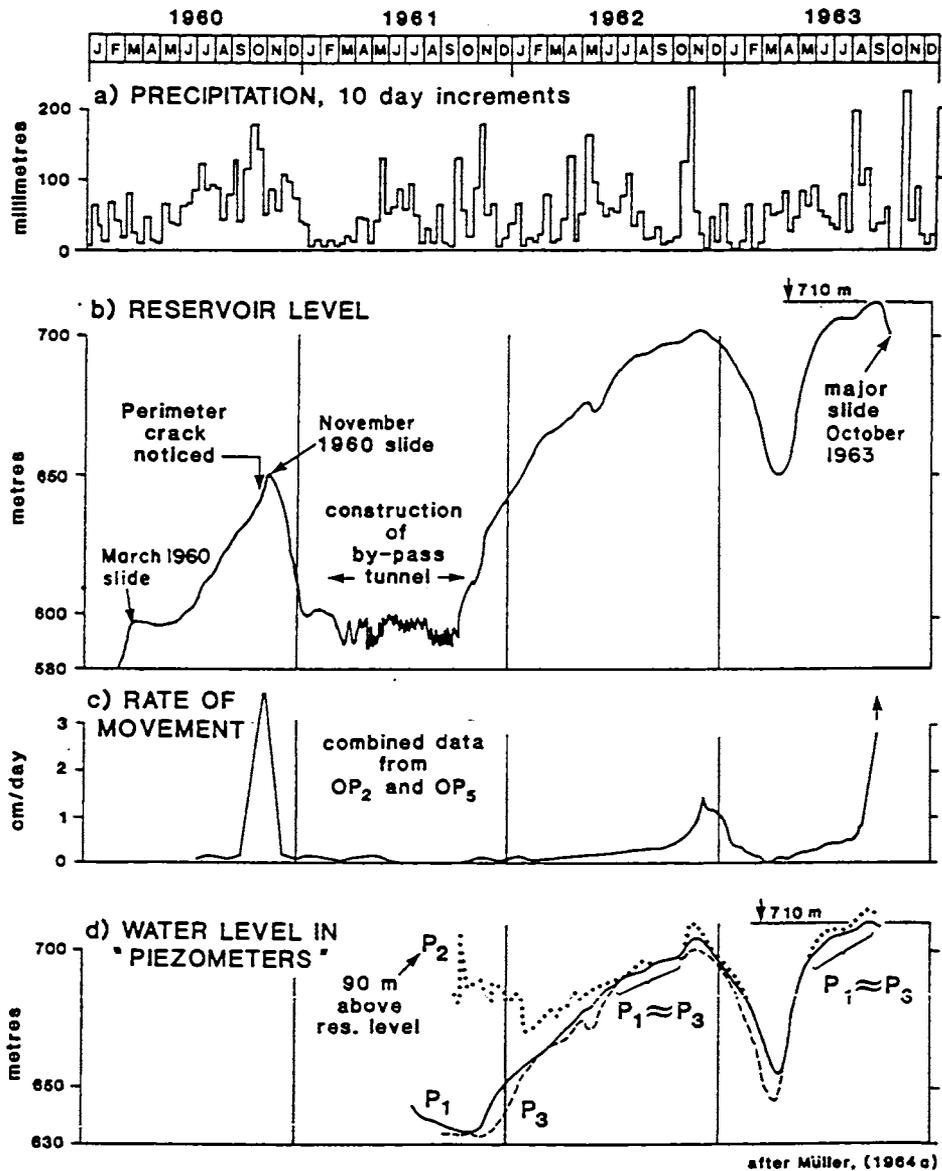


Abb. 7: Vaiont Slide, comparison of waterlevels, movements, and precipitation, 1960 through 1963

Die Abb. 9 zeigt den Zusammenhang zwischen Wasserspiegelhöhe (reservoir elevation) und der, in den jeweils letzten 30 Tagen gesammelten Niederschlagsmenge (precipitation). Man kann erkennen daß Wertepaare - deren Bewegungsrate durch unterschiedliche Punkt-signaturen dargestellt ist - deutlich in zwei Bereiche geteilt werden können: Einen Bereich mit auftretenden Massenbewegungen und einen mit gleichsam stabilem Zustand.

Dies lies die Formulierung einer möglichen Gesetzmäßigkeit zwischen drei Parametern zu:

- (1) der Stauhöhe,
- (2) der in 30 Tagen gesammelten Niederschlagsmenge, bzw. der davon abhängenden Druckvariation im untenliegenden Aquifer, und
- (3) der Bewegungsrate.

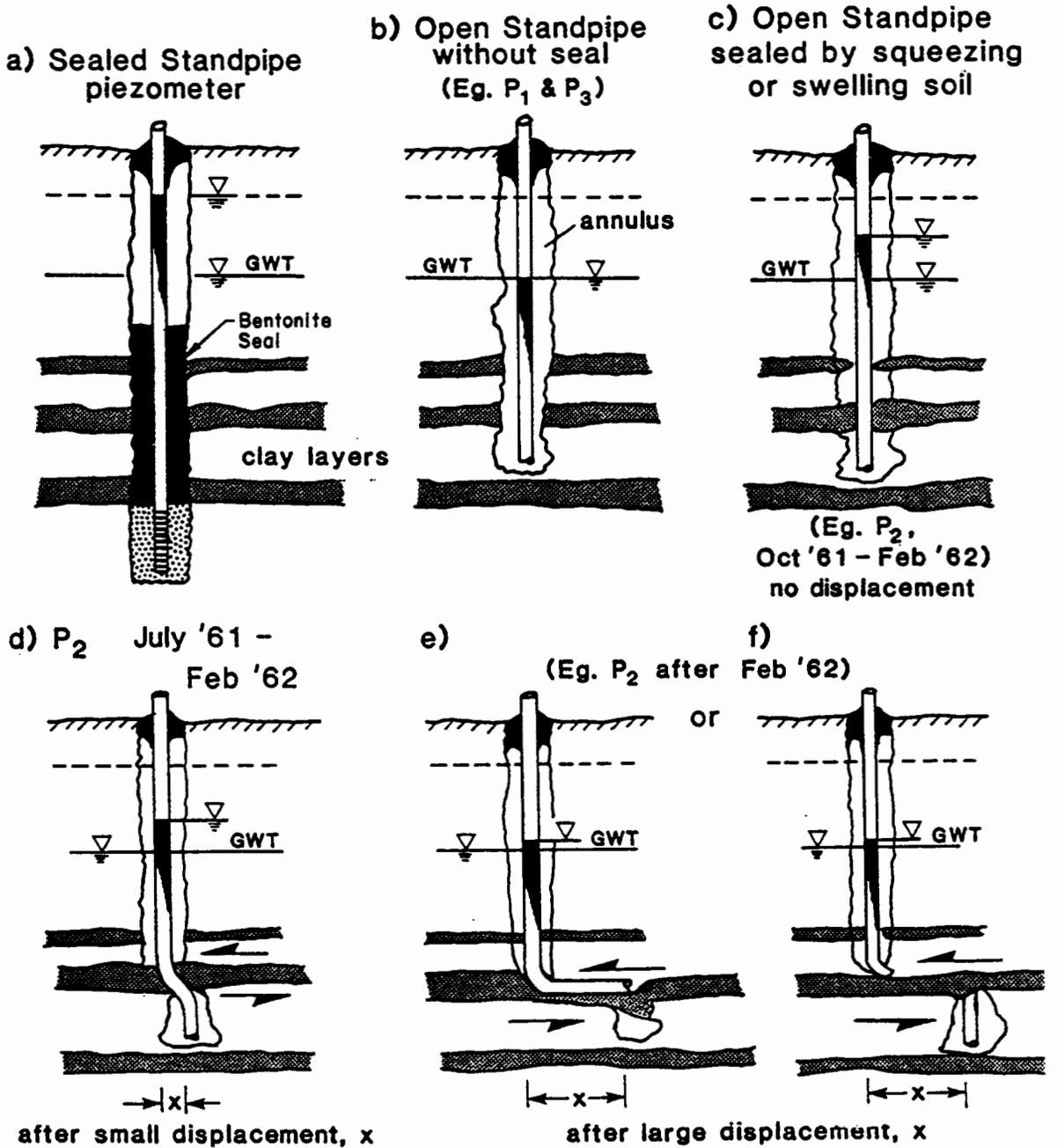


Abb.8: Sketches showing a possible explanation for water levels recorded in piezometer P<sub>2</sub>

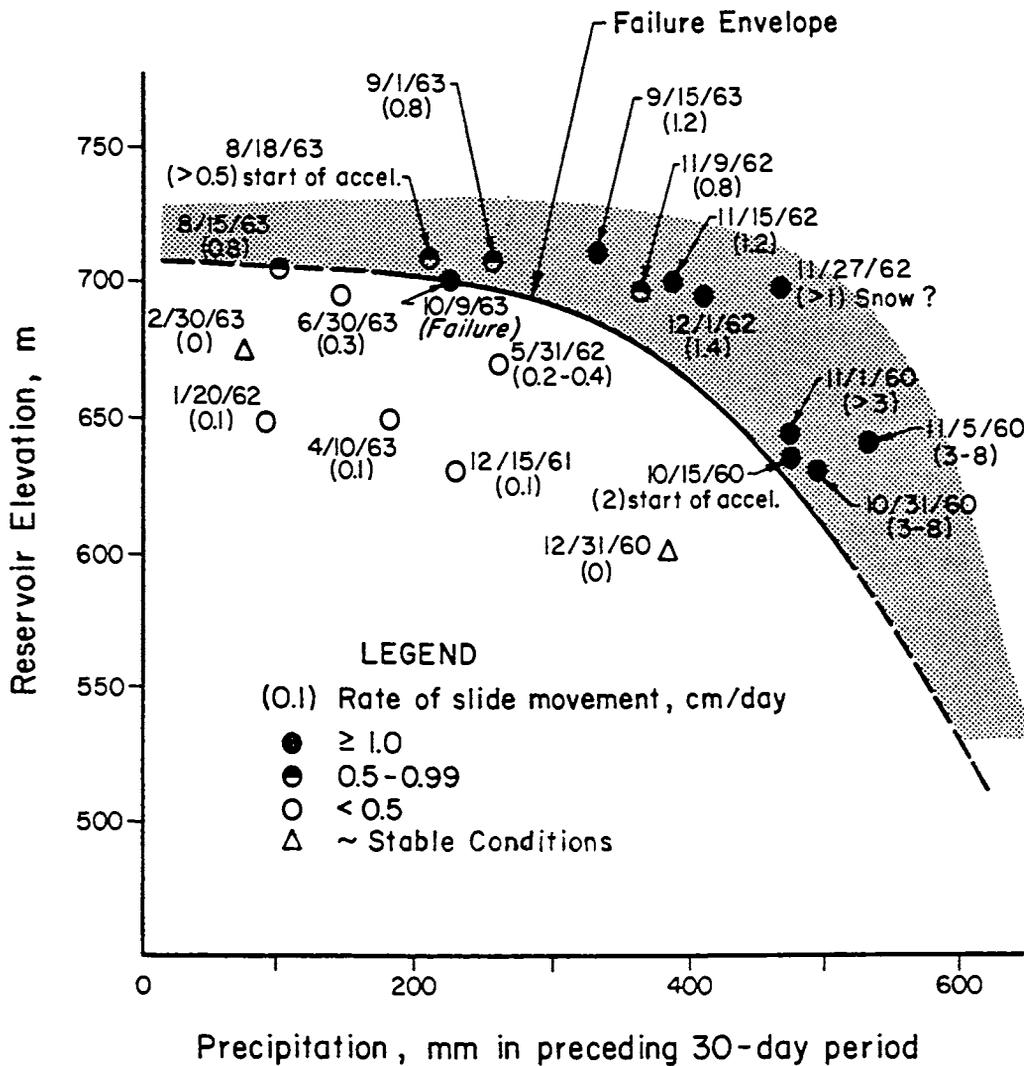


Abb.9: Stabilität der Vaiont-Rutschung in Abhängigkeit vom 30-Tage-Niederschlag und der Stauseehöhe

Die in dem Diagramm dargestellten Bewegungsgeschwindigkeiten der Rutschmasse (in cm/Tag) als Funktion der Niederschlagsmenge (x-Achse) und der Stauseehöhen (y-Achse) ergeben zwei gut unterscheidbare Gruppen von Wertepaaren ("inviluppo di rottura"). Die Trennungslinie beschreibt jene Kombination von Stauseehöhe und Niederschlagsmenge, welche eine derartige Druckverteilung in den Poren verursacht, ab der signifikante Massenbewegungen entstehen. Die Ergebnisse dieser Korrelation zeigen, warum die Rutschmasse bei bestimmten Wasserspiegeln stabil blieb und warum sie in der Folge, bei derselben Seespiegelhöhe, instabil wurde.

Aus der Verteilung der beiden Bereiche kann man folgendes ableiten:

a) Die Niederschläge hätten auch in Abwesenheit des Sees zu einem Bruch geführt.

Bei nicht vorhandenem Stausee beträgt die für einen Bruch nötige Gesamtniederschlagsmenge in 30 Tagen ca. 700 mm. Da in den 4 gemessenen Monaten immer eine monatliche Niederschlagsmenge von mindestens 500 mm registriert wurde, ist durchaus annehmbar, daß im postglazialen Zeitraum (dem der prähistorische Erdrutsch an der Nordseite des Monte Toc zuzuordnen ist) die Menge von 700 mm überschritten wurde. Daraus folgt, daß auch ohne den See in der Vergangenheit bereits Rutschungen stattfanden.

b) Der Wasserspiegel hätte auch mit geringen oder fehlenden Niederschlägen eine Rutschung verursacht.

Das, ohne Niederschlag, eine Massenbewegung auslösende Stauseeniveau, liegt bei ca. 710 - 720 m. Diese Höhenangaben entsprechen etwa der maximal erreichten Stauhöhe von 722,5 m: daraus folgt, daß sich die Rutschmasse nach Erreichen der kritischen Stauseehöhe auch in einem Zeitraum spärlichen Niederschlags gelöst hätte.

Der Erdrutsch von 1963 ist daher eine Folge der kombinierten Effekte der Stausee-erhöhung und der Zunahme des Porendrucks als Funktion der Niederschlagsmengen (siehe Piezometermessungen).

HENDRON und PATTON haben weiters nachträgliche Stabilitätsanalysen in ca. N-S - Richtung auf der Basis der drei geologischen Profile von ROSSI und SEMENZA für mehrere Wasserspiegelhöhen und für hohe und geringe Niederschlagsmengen durchgeführt. Aber die Sicherheitsfaktoren, die bei der Verwendung eines Reibungswinkels von  $12^\circ$  an der Basis und von  $30-40^\circ$  zwischen den Schichten ermittelt wurden, waren immer zu nieder: die Masse war während des gesamten Aufstauversuches immer - im Gegensatz zur Realität - instabil.

Diese zweidimensionale Analyse brachte also kein gültiges Ergebnis. Die Autoren führten daher eine dreidimensionale Berechnung durch, wobei sie sowohl das Einfallen der Schichten gegen Osten hin als auch das Vorhandensein der Störung, die die Gleitmasse im E begrenzte, berücksichtigten. Die Analyse zeigte, daß ca. 40% des gesamten Widerstandes durch die Störung im E bei einem Reibungswinkel von  $36^\circ$  bewirkt wurde. Weiters zeigte sich, daß die hier bestimmten Sicherheitsfaktoren für diverse Bewegungen der Masse mit der Realität übereinstimmen.

Diesselben Autoren glaubten weiters, daß die hohe Geschwindigkeit der Masse am 9.10.1963 (Geschwindigkeit ca. 20-25 m/s) einer Verminderung des Reibungswiderstandes, durch die entstandene Reibungswärme entlang der Rutschfläche verursacht wurde, zuzuschreiben sei. Der Reibungswiderstandes wäre nach 19 m Bewegungsstrecke um 66% geringer.

## Literatur:

HENDRON, A.J. & PATTON, F.D., 1985  
*The Vaiont slide, a geotechnical analysis, based on new geological observations of the failure surface, Technical Report GL-85-5, Vol.1&2 U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg*

MÜLLER, L., 1964  
*The Rock Slide in the Vaiont Vally, in: Felsmechanik und Ingenieurgeologie, vol.II/3-4, Hrsg. L. Müller, Salzburg, Springer-Verlag / Wien New - York 1964*



## DISKUSSION: 1. TEIL Nach dem Vortrag

### VAIONT-LONGARONE - 30 JAHRE NACH DER KATASTROPHE

*Ann: Frau Dr. GHIROTTI hätte Vortrag und Diskussion bestreuen sollen; auf Grund eines Eisenbahnstreikes in Italien konnte sie nicht zur Tagung kommen; Herr Dr. UMILE hat sich dankenswerter Weise bereit erklärt, die Ausführungen von Prof. SEMENZA zu übersetzen.*

**TSCHADA:** Wie kann man Niederschlag verhindern?

Im Kaunertal hat man ja auch beobachtet, daß ein Hang unter Auftriebskräften durchaus Hebungen haben kann und daß dieser Vorgang den Hang stabilisiert. Wenn es solche echte Gleitflächen gibt, noch dazu oberhalb und unterhalb dicht, und wenn man es vorher gewußt hätte, wäre es möglich gewesen etwas zu unternehmen. Doch dieses Wissen gab es nicht.

**SEMENZA:** Ja, das stimmt.

**RIEHL-H.:** Dr. TSCHADA hat jetzt zusammengefaßt, wie man sich das vorstellen kann: durch einen zweiten druckhaften Aquifer (Vaiont-Kalk), der vom Monte Toc angespeist wurde.

**SEMENZA:** Das stimmt.

**RIEHL-H.:** Ich glaube das wäre die Lösung des heute Gesagten. Dieser tiefere Aquifer hat wegen der großen Niederschläge durch die Karstwege des Monte Toc einen Druckanstieg erfahren, obwohl man sehr wohl - wie MÜLLER gesagt hat - in der Gleitmasse oberflächlich ein Absinken des Kluftwasserspiegels beobachtet hat. Und damit war man beruhigt, ohne zu wissen, daß sich der tiefere Horizont aufgespiegelt und einen Auftrieb für die Masse bewirkt hat. Das wäre die Interpretation der beiden Autoren HANDRON und PATTON.

Also der obere Kluftwasserspiegel, der mit dem See ausläuft und der tiefere, der von oben gespeist wird und den Auftrieb für die Masse bildet.

**TSCHADA:** Noch eine Teufelei: als man gesehen hat, daß die Bewegungen zunehmen,

---

**TSCHADA:** Ich kann mir nach dem heutigen Vortrag vorstellen, daß es durchaus möglich ist, daß sich in dieser Schichte durch die Karsterscheinungen oberhalb langsam das Wasser sammelt und daß so ein System war, bei dem unten durchaus etwas herausfließen kann, aber wenn mehr Wasser von oben kommt als unten herausrinnen kann, dann baut sich in dieser Kluft der Wasserdruck immer höher auf. Das ganze System kommt dann unter Auftrieb und das wird dann zum entlastenden Moment und Heber dieser ganzen Masse. Man kann sich durchaus erklären, daß in der vorher abgerutschten Zone durch die Klüftigkeit das Wasser ohne weiters ausrinnen konnte, nicht aber unbedingt aus dieser Schichte, die eigentlich oberhalb und unterhalb durch eine kleine Mylonitzone abgedichtet war. Das ist, so glaube ich, eine sehr einfache Erklärung, die man sich vorstellen kann.

Auch das Einzugsgebiet ist demnach etwas größer als das natürliche, das man kannte, dazu war dieser lang dauernde Niederschlag sehr groß, größer jedenfalls als bei uns in Tirol, wo so viel Niederschlag in einem Jahr gemessen wird.

**FRAGE:** Wie hätte man das verhindern können?

hat man - was sehr verständlich ist - Wasser abgelassen. Vielleicht hätte man das nie gemacht, wenn man geahnt hätte, wie das funktioniert. Denn durch das Ablassen hat man das Gefälle nur noch größer gemacht. Wenn der Speicher voll geblieben wäre, wäre dieser Überdruck nicht so groß gewesen.

SEMENZA: Vollkommen richtig. Es war nicht zielführend, dieses Wasserniveau abzusinken.

SCHÖNTHALER: Nachdem ich kein Geologe bin, darf ich auch ganz laienhafte Fragen stellen:

*Frage 1:* Ich glaube es ist schon herausgekommen, wäre der Stausee nicht da gewesen, dann wäre die Masse nicht gerutscht. Ist das richtig ?

SEMENZA: Ihrer Behauptung muß ich widersprechen. Es hätte auch ohne Stausee eine Rutschung stattfinden können.

SCHÖNTHALER: Na gut, dann wäre die Masse gerutscht, aber es wäre nichts passiert, denn Longarone ist ja durch die Flutwelle zerstört worden. Und ohne Stausee auch keine Flutwelle !

*Frage 2:* Wie lange hätte es gedauert, um den Stausee weitgehend leer zu bekommen ? Von diesen 710 m auf etwa 600 m abzuspiegeln ?

RIEHL-H.: ca. ein Monat ? Das ist eine Frage der Dimensionierung des Grundablasses.

SEMENZA: Das Unglück kommt von der Geschwindigkeit der Absenkung. Prof. MÜLLER hat vorgeschlagen, die Absenkung müßte sehr langsam erfolgen; 5 m rasch, einige Tage warten und so weiter und tiefer. In den letzten Tagen scheint die Absenkung sehr rasch vorgenommen worden zu sein, mehr als diese 5 m.

SCHÖNTHALER: Die Frage geht dahin, wenn man den Stausee schnellstens entleeren hätte können - Anfang September war man auf 710 m, da hat man die großen Bewegungen festgestellt und bis Oktober hätte man immerhin mehr als einen Monat Zeit gehabt - wäre vielleicht die Masse schneller hineingeglitten, aber es wäre nicht genug Wasser im See

gewesen, um diese Flutwelle auszulösen. Und nur um das geht es ja.

RIEHL-H.: Da muß ich aber hinzufügen - bitte um Korrektur, Herr Dr. TSCHADA - es hat kein Mensch damals geahnt oder gewußt, daß eine Masse mit dieser Geschwindigkeit zu Tale gleiten kann. Es war das erste Beispiel dieser Art. Es hat diesen südamerikanischen Eissturz (Huascaran/Yungai) gegeben, der solche Geschwindigkeiten gehabt hat, aber alle Massenbewegungen sind ja abgefahren. Man hat diese Geschwindigkeiten und diese Schnelligkeit der Verdrängung nicht vorhersehen können. Im Urteil von Vajont bzw. im Prozeß war ein wesentlicher Punkt, zu dem man die Sachverständigen befragt hat: gibt es ein Beispiel, daß sich eine derartige Masse mit 90-100 km/h zu Tal bewegen kann. Es waren keine Parallelen bekannt.

UNBEKANNT: Immerhin, 3,5 cm pro Tag waren doch schon ganz schön. Natürlich kann das nicht so eine Katastrophe auslösen.

RIEHL-H.: Man hat vorher diesen Bypass unten gebaut, damit sich die Masse am Gegenhang anlehnen kann ohne den Speicher zu "trennen" wie in "Pontesei", dann wäre zwar der vordere Stauraum voll, aber man holt dadurch das Wasser von hinten nach vorne.

Man hat aber nicht an diese Hochgeschwindigkeit gedacht, die auch noch zusätzlich durch die Sesselstruktur verstärkt wurde. Die Klüfte gehen, wenn sie sich um diese "hintere Sesselkrümmung" bewegen, unten auf und saugen Wasser an, während sie sich, wenn sie um die vordere Sessselkante gleiten wieder zugehen, damit einen Überdruck erzeugen der dann unten einen zusätzlichen Auftrieb liefert. Auf einem Wasserpolster geht die ganze Masse ab.

Das war nicht vorhersehbar und ohne Beispiel.

UNBEKANNT: Man hat doch in Anbetracht der Gleitung im Speicher Pontesei schon gewußt, daß da schon beträchtliche Geschwindigkeiten zustande kommen können. Das war ja 3 Jahre vorher.

RIEHL-H.: Das war 3 m überflutet

UNBEKANNT: Nein 30 m !

SEMENZA: 30 m !

UNBEKANNT: Also das war sicher eine beträchtliche Geschwindigkeit, die da zustande kam.

RIEHL-H.: Entschuldigung, wir haben ein Original bekommen von Prof. SEMENZA und wir haben diskutiert; es kann unmöglich 30 m gewesen sein. Nur, wir haben uns nicht vorstellen können, daß in Pontesei eine 30 m Überflutung stattgefunden hat, weil keine Schäden da sind. Es muß weniger Wasser gewesen sein. Ich kann mir 30 m schwer vorstellen.

UMILE: Prof. Semenza hat immer 30 m geschrieben.

RIEHL-H.: Ich weiß es, aber wir haben immer geglaubt, daß ist ein Irrtum. Bei Pontesei sieht man keine Schäden.

*ANMERKUNG: Bei der Exkursion 1994 wurde diese Frage geklärt: Die Flutwelle hat in der Tat 30 m betragen; durch vorherige Absenkung des Einstaues war die Mauer aber nur gering überspült worden.*

UNBEKANNT: Könnten Sie ein Profil zeigen, wie tief die Piezometer gingen.

RIEHL-H.: Das wäre eine wichtige Frage.

*ERLÄUTERUNG: Es folgt eine Frage und Antwortfolge über die Überflutungen von Pontesei und Vaiont. Diese Frage wurde durch die obenstehende "Anmerkung" nach der Exkursion im September 1994 geklärt.*

UNBEKANNT: Gibt es denn kein Bild der Sperre mit dem Sperrenhaus vor der Katastrophe ?

TSCHADA: Die andere Frage war: Wo war jetzt das Piezometer ungefähr ?

SEMENZA: Die Frage ist noch unbeantwortet. Die piezometrischen Werte im Profil, ungefähr bei 720 m zeigt die Position (Abb.?), in diesem Punkte 930 m, aber ich glaube der Maximaldruck ist 200 m oberhalb der Krone, das ist der höchste Punkt. Der Wasserstand hatte ein Gefälle gegen Nord.

RIEHL-H.: Das ist schon klar.

SEMENZA: Das ist die Höhe der Flutwelle.

UNBEKANNT: Wieviele Kubikmeter Wasser waren damals im Speicher ?

SEMENZA: Mehr als 100 Millionen Kubikmeter.

RIEHL-H.: Eine wesentliche Frage ist noch, die der Kollege gestellt hat: wie tief waren die Piezometer die registriert wurden ?

SEMENZA: Diese piezometrischen Werte sind im Diagramm dargestellt.

RANK: Die Frage ist: haben die Piezometer in diesen zweiten Horizont (Aquifer) hineingereicht ?

SEMENZA: Diese Piezometer waren etwas primitiv. Ein Rohr mit mehreren Löchern d.h. wenn nur ein Piezometer bis zum zweiten Aquifer reicht ist natürlich das Wasserniveau im Piezometer abgesunken.

UNBEKANNT: Wie tief war das wirklich ?

SEMENZA: Sie sehen, P1, P3, und P4 haben exakt immer dieselben Diagramme. P2 ist verschieden, es hatte in den ersten Monaten ein höheres Niveau. Erst nachher zeigte es exakt denselben Verlauf.

RIEHL-H.: Ist Piezometer P2 später außer Betrieb gewesen oder hat es sich den anderen Werten angepaßt ?

SEMENZA: Nein, nein ..... dasselbe Alter. Die Hypothese von HENDRON und PATTON ist, daß dieses Piezometer in Folge der Bewegungen unterbrochen worden ist, sodaß in den ersten Monaten die Messungen die Summe der Einflüsse beider Wasserniveaus und nachher nur das des oberen darstellten.

RIEHL-H.: Also hier wäre es gebrochen, abgesichert worden.

SEMENZA: Die Messungen waren identisch mit denen der anderen.

RIEHL-H.: Weil unten der Zufluß gesperrt war. Durch die Massenbewegung wäre der Zufluß gesperrt und sie messen dann nur mehr die parallelen Werte von dem oberen Teil.

TSCHADA: Bitte, vielleicht darf ich dazu noch was sagen. Es gelingt einem sehr leicht etwas zu messen, was nicht stimmt. So ein

Piezometer funktioniert nur dann exakt, wenn es wirklich ein dichtes Rohr ist mit Abdichtung durch die einzelnen Schichten hindurch. Ist im Rohr ein Leck, dann kann sich der Wasserdruck zwischen den Schichten ausgleichen. Man mißt dann irgendeinen Wasserdruck

HALBMAYER: Dann ist es ja nicht gescheit gemacht, in der Regel hat man eine Filterstrecke und dort spiegelt sich das halt auf, aber das waren ja andere Zeiten und eine andere Fragestellung, das ist klar, aber heute wissen wir mehr darüber.

RIEHL-H.: Ich glaube, wir haben hier doch eine wesentliche Bereicherung und Information bekommen und wir danken sehr herzlich für das, das was Du uns hier geboten hast. Dank sind wir auch Herrn Dr. UMILE schuldig für seine Übersetzungsarbeit sowie den Diskussionsrednern, ganz besonders auch Herrn Dr. TSCHADA für seine wertvollen Beiträge und seine Hilfe bei der Zusammenfassung.

An Dich, lieber Prof. SEMENZA, dürfen wir noch eine Bitte richten: wir haben uns vorgestellt, daß wir im nächsten Sommer mit einem Bus nach Alpago und Vaiont fahren können und daß Du uns einen Tag Deiner Zeit zur Führung zur Verfügung stehst.

*Diskussionsbeiträge von:*

*HALBMAYER, Dr.H.,  
Verbundgesellschaft  
Am Hof 6A  
A-1010 Wien*

*RANK, Dr.D.,  
Geotechn. Inst., Abt. Geohydrologie,  
BFPZ-Arsenal,  
Arsenal - Obj. 214,  
A-1030 Wien*

*RIEHL-HERWIRSCH, Dr.G.,  
Institut f. Geologie  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien*

*SCHÖNTHALER, Univ.Doz.Dipl.Ing.Dr.K.-E.  
Universität f. Bodenkultur  
Institut f. Freiraumgestaltung und  
Landschaftspflege  
Peter-Jordan-Straße 82  
A-1190 Wien*

*TSCHADA, Dipl.Ing.Dr.H.,  
Tiroler Wasserkraftwerke AG  
Landhausplatz 2,  
A-6020 Innsbruck*

*UMILE, Dr.A., (Übersetzer)  
Feuerwerksanstalt,  
Schneeberggasse 9,  
A-2752 Wöllersdorf*

## DISKUSSION: 2. TEIL Nach der Exkursion

### VAIONT-LONGARONE - 30 JAHRE NACH DER KATASTROPHE

*Anläßlich der Vaiontexkursion der Geoschule Payerbach im September 1994 wurde im Anschluß an die Besichtigung eine Fortsetzung der im Vorjahr begonnenen Diskussion angesetzt.*

---

**RIEHL-H.:** Die Tagung hat geheißen: "Die Grenzen der Geotechnik". Hätte man etwas machen können um die Katastrophe zu verhindern, bzw. was würde man heute, wo man im nachhinein alles kennt, für Maßnahmen getroffen haben. Hätte man das Abgleiten in irgendeiner Weise verhindern können?

**SEMENZA:** In meiner Arbeit steht, daß mit dem Absenken des Stausees zu lange gewartet wurde.

Es gibt mehrere Fragen in mehrere Richtungen. Wenn man die Geologie in der Genauigkeit gekannt hätte, wie man sie jetzt kennt, hätte man die Staumauer wahrscheinlich gar nicht gebaut, das Staubecken gar nicht errichtet. Es war ja davor nur eine Geol.Karte 1:100.000 zur Verfügung.

Zur Frage, was man bereits während des Baues der Staumauer hätte verhindern oder anders machen können: Zur Klärung soll die Abb.7, die auch die Niederschlagsmengen zeigt, auf Seite 174 dienen. Wenn man die Vorschläge von Prof.MÜLLER genauer verfolgt hätte, hätte man das Ganze leicht verhindern können.

Bei der dritten Flutung des Staubeckens, bei einer Stauhöhe von ca.710 m, die im August/September 1963 erreicht wurde, bei der also die Bewegungsgeschwindigkeiten

bereits so groß waren, hätte man den Stauspiegel schneller absenken sollen.

**TSCHADA:** Aus welchem Grund kann man das sagen? Wenn man die Verformungen der Jahre davor anschaut, dann ist eigentlich im Jahre 1963 mit Überschreiten der Kote 700 weniger Bewegung gewesen als im Jahr zuvor. Es ist sicher ein steiler Knick im September festzustellen, sodaß man vielleicht mit dem Einstau hätte zurückgehen können, aber es war eigentlich kein Anzeichen den Messungen zu entnehmen, daß es sich anders verhält als im Jahr davor. Der Niederschlag war auch etwa gleich. In allen drei Jahren war er hoch. Die Verteilung war im Jahr 1963 nicht so außerordentlich anders.

**SEMENZA:** Wie man aus der Arbeit von Prof. MÜLLER sehen kann, hätte man um den Sicherheitsvorkehrungen gerecht zu werden, bei dieser Höhe trotzdem im August absenken müssen und nicht bis zum September warten sollen.

**JACOBS:** Aber wenn man Abb.9 auf Seite 176 anschaut, der Tag mit der "Failure" ist ja genau an der Grenze zu dem Bereich, den HAMPTON und BATTON als kritisch ansehen. Es gab aber schon vorher viele Tage, die in dem kritischen Bereich lagen, bis es dann halt einfach gereicht hat. Das Absenken ein paar Tage früher hätte wahrscheinlich auch nichts mehr gebracht.

**SEMENZA:** Natürlich haben sie da recht, aber diese Abbildung wurde nachher erstellt und nicht vorher. Nachher läßt sich das dann leichter beurteilen. Sie haben aber schon recht.

**RIEHL-H.:** Ich möchte jetzt ganz kurz, ohne in Hybris verfallen zu wollen, folgendes anmerken: diese Zeichnung (Abb.7) von

MÜLLER stammt von vorher, und MÜLLER hat bereits im untersten Diagramm auf die relativ hohen Drücke von Piezometer 2 im Gegensatz zu den anderen Piezometern hingewiesen. Wir wissen natürlich heute: nach seiner Interpretation ist dieses P<sub>2</sub> in den Vaiont-Kalk gegangen und hat dort in dem verkarsteten Kalk die Überdrücke aus den Regenfällen vom Monte Toc aufgenommen. Aber was hat man sich über das "Aus-der-Reihe-Tanzen" von Piezometer 2 eigentlich damals gedacht, gibt es da Interpretationen oder hat man einfach gesagt, das ist abweichend.

SEMENZA: Eigentlich nicht, ich kann mich nicht daran erinnern daß über P<sub>2</sub> gesprochen worden ist, es kann natürlich sein, aber ich war nicht dabei.

RIEHL-H.: Gibt es hier aus unseren Reihen jemanden, der dazu etwas weiß ?

JACOBS: Eine Frage: Könnte der geologische Schnitt 5 (Abb.4 und Abb.6) nicht ganz korrekt dargestellt sein, denn P<sub>2</sub> reicht nur in die untere, alte Bewegungsmasse und nicht bis in den Vaiont-Kalk. Ist das vielleicht nur eine Ungenauigkeit in dieser Schnittdarstellung ?

SEMENZA: Das kann schon sein, daß das nicht ganz richtig eingetragen worden ist.

RIEHL-H.: Müßte die Darstellung des Piezometers P<sub>2</sub> verlängert werden ?

SEMENZA: Man müßte das Profil leicht ändern.

RIEHL: Ich glaube, wesentlich war ja, daß P<sub>2</sub> unter die strichliert dargestellte Bewegungszone reicht und damit in Verbindung mit dem verkarsteten Vaiont-Kalk war.

SEMENZA: Ja, man hat angenommen, daß es bis dahin gereicht hat. Diese Profile können sicher ein bißchen abweichen, es sind teilweise Informationen aus zweiter Hand, aus erster Hand waren diese Informationen nicht zu bekommen, sie waren wie eine Art Staatsgeheimnis, das man nicht so genau kennt.

JACOBS: Hat es vor Errichtung der Stau-mauer in der tief eingeschnittenen Klamm irgendwelche Bergwasseraustritte aus den

Schichtfugen gegeben. Unterhalb von Casso sieht man das sehr schön, dort treten aus den Schichtfugen feine Quellen aus.

SEMENZA: Das Wasser ist auch vorher so aus den Kavernen herausgekommen, wie Sie es heute gesehen haben. An die Menge kann ich mich nicht erinnern, aber es ist jedenfalls Wasser herausgekommen. Der ganze Niederschlag vom Monte Toc bleibt nicht an der Oberfläche sondern sinkt intern ab. Karstphänomene gibt es sowohl im Gipfelbereich als auch weiter unten im Vaiontkalk.

KROPF: Es sind doch schon 1960 und 1961 Teilbereiche abgegangen, die darauf aufmerksam machen mußten, daß das Gebiet instabil ist, und es wurde ja auch schon geologisch von Ihnen vorher beobachtet. Hat man nach Ihren Beobachtungen auch den oberen Abrissrand untersucht oder hat man nur den Rutschkuchen selbst und seine Front betrachtet ?

SEMENZA: 1960 hat man bereits die Bruchlinie gesehen und vorher hat man Material von dem früheren Abrutsch gesehen. (Tonbandprotokoll nicht verständlich)

KROPF: Stimmt es, daß es schon vorher bekannt war, welche Masse sozusagen labil ist ?

SEMENZA: Man hat bereits 1960 festgestellt welcher Bereich rutschen könnte, und auch in welche Richtung.

KROPF: Den Geologen war das gesamte Ausmaß der möglichen Rutschung dort durchaus schon vorher bewußt ?

SEMENZA: Nicht ganz genau, aber in etwa.

KROPF: Natürlich konnte niemand den Zeitpunkt vorausahnen, aber die Labilität dieser Gesamtmasse war durchaus schon vorher bekannt ?

RIEHL-H.: Darf ich dazu etwas feststellen: Ich glaube es war bis zuletzt für alle unbekannt, daß so eine Bewegung so rasch vor sich gehen kann. Man hatte immer noch auf ein Anstützen an den Gegenhang gehofft. Meines Wissens nach trifft das auch im Kautneral z.T. zu. Das erhoffte man sich auch in Vaiont. Man hat sogar einen Bypass errichtet,

damit man das Wasser von hinten nach vor bringt. Ich denke, ich gehe recht in der Annahme, daß man gesagt hat: "OK, lassen wir das jetzt am Gegenhang aufsitzen und leiten wir über den Bypass das Wasser aus dem Restsee nach vorne, damit wir nicht die Situation von Pontesei haben."

KROPF: Die eigentliche Katastrophe liegt in der Geschwindigkeit des Ereignisses.

RIEHL-H.: Das steht auch in den Prozeßakten.

SEMENZA: Wie Sie festgestellt haben: man hat nicht mit einer so großen Geschwindigkeit gerechnet, und hat damit auch daran gedacht, daß bei den gesetzten Vorkehrungen eine derartige Geschwindigkeit nicht erreicht werden würde. Bis zum Sommer waren auch nur sehr geringe Geschwindigkeiten gegeben. Man hat vermutet, daß sich die Masse nur langsam weiterbewegen würde, immer nur stückchenweise, aber nicht mit einer solchen Geschwindigkeit. Bis sie eben vom Gegenhang irgendwann einmal gestoppt wird.

RIEHL-H.: Zwei Überlegungen: Einerseits hat MÜLLER gesagt, daß mit dieser Annahme, daß der Piezometerspiegel parallel geht mit den Stauspiegelschwankungen, kein Überdruck in der Masse ist, also kein Überdruck, der tatsächlich dann vom Monte Toc entstanden ist.

Zweitens ist zuletzt - nach meiner Information von der ich nicht weiß woher sie kommt - die Sesselstruktur der Rutschmasse wesentlich. Die Sesselstruktur öffnet die Gesteinsklüfte unten, wenn sich die Masse über den Bereich der Biegung bewegt, wenn sie über den Sesselsitz weitergeht, machen sie wieder zu. Es kommt innen zu einem gewaltigen Überdruck. Durch eine starke Reduktion der inneren Reibung, ausgelöst durch diesen hohen Innendruck, können dann jene hohen Geschwindigkeiten der ganzen Masse entstehen. MÜLLER war ja insofern beruhigt, als der Piezometerstand parallel mit den Spiegelschwankungen verlief und damit eine Einflußnahme auf die Bewegungen möglich schien.

TSCHADA: In den nächsten Jahren (ab zweiter Hälfte 1962, Abb.7) hat das P<sub>2</sub> den gleichen Druck gebracht wie die anderen Piezometer. Man hat also nicht wissen können, daß das aus den dargestellten Gründen so war. Überall ist der gleiche Wasserdruck gemessen worden, den Kluftwasserüberdruck hat man nicht erkennen können.

SEMENZA: Die Piezometer waren auch nicht fachgerecht genug, ein Geologe würde sie so nie installieren und sie waren einfach irgendwo gesetzt worden. Man wußte eigentlich nicht ganz genau, was sie dort messen würden.

KROPF: Abgesehen von diesen ganzen stratigraphischen und geologischen Untersuchungen, die sicher schon einige Jahre vorher gelaufen sind, ist noch überhaupt nicht zur Sprache gekommen, daß ja auch ein ganz einfacher Modellversuch schon vorher gemacht wurde, der eigentlich dasselbe Ergebnis gebracht hatte wie die nachfolgende Katastrophe. Es wurde das Gebiet im Modell dargestellt und man hat diese Masse in den Stausee hineinrutschen lassen; es hat sich genau das Ergebnis gezeigt, das die Katastrophe nachher gebracht hat. Man hat nur nicht daran glauben wollen, daß es so schnell gehen kann. Das war das Problem. Die Höhe der Welle und die Menge des austretenden Wassers haben fast exakt übereingestimmt.

SEMENZA: Ich habe das Modell gesehen, aber ich glaube, daß das Modell nicht ganz genau mit der Wirklichkeit übereinstimmt, weil eben zum einen der Hang nicht in Sesselform sondern durch eine gleichgeneigte Holzplatte dargestellt war, und zum anderen die Rutschmasse als Schottermasse angenommen worden ist.

KROPF: Man hat wahrscheinlich nicht geglaubt, daß die Reibung wirklich so niedrige Werte annehmen könnte. Anders ist das nicht zu verstehen. Ich wollte nur kuriositätshalber daran erinnern, daß ja schon 1961 die bekannte Journalistin Pina Merlin genau diese Katastrophe so - ich will nicht sagen vorhergesagt - aber wahrscheinlich aus dem Modell abgeleitet

und publiziert hat. Und das waren exakt die Fakten, die 2 Jahre später eingetreten sind.

SEMENZA: Kaum jemand hat davon gewußt. Sie hat gesagt, daß sie alles weiß. Das war natürlich nicht sehr glaubwürdig. Dieses Modell war eben nur ein Prototyp mit vielen Fehlern und ungenau. Es hat z.B. auch nur eine Flutwelle von 30 m Höhe berechnet, in Wahrheit entstand eine Flutwelle von 190 m. Aber es war der erste Versuch im Modell eine Rutschung darzustellen.

Erst nach der Katastrophe hat man wieder Versuche gemacht und sie verbessert. Mit Plastikfolien konnte man eine derartige Reibung erzeugen, die eine gleichartige Flutwelle; in jenem Ausmaß auslöste, wie es dann wirklich eintraf - aber eben erst nachher.

TSCHADA: Zum damaligen Zeitpunkt hat man eben nur daran gedacht, wie die Reibungsverhältnisse Fels gegen Fels sind. Man hat also nur mit Reibungswinkel Berechnungen gemacht, wenn sich ein Fels, eine Felsplatte auf der anderen bewegt und diese Reibungswinkel sind ja nicht so klein. Sicher können sie bei gewissen Felsbeschaffenheiten, etwa bei 15° oder so liegen. Aber diese 15° reichen überhaupt nicht aus, um solche Geschwindigkeiten zu ermöglichen. Das sollte man wirklich beachten. Denn die Verschiebung - wir haben heute nachgerechnet, in 4 Sekunden war alles vorbei - ist praktisch ohne Reibung abgelaufen, anders ist diese große Geschwindigkeit nicht zu erklären.

Ich erinnere an einen Modellversuch, den die Japaner gemacht haben. Sie haben künstlich Muren erzeugt und haben auch eine Murenstopvorrichtung entwickelt, das ist ein Wehr, wo man unten das Wasser abzieht. Sie haben nachgewiesen, daß diese Muren mit großer Geschwindigkeit auf einem Wasserfilm abfahren; und daß, sobald man das Wasser unten wegnimmt, das ganze Murenmaterial stehen bleibt. Man verwendet das jetzt auch in der Schweiz, um einen Murenstop zu bauen, eine Murenbremse. Aber das ist Wissen von heute und nicht Wissen von 1961/62.

SEMENZA: Das wichtigste sind die Tonlagen, man hat damals nicht gewußt, daß es sie gibt.

KROPF: Prof.SEMENZA, halten sie es für möglich, daß durch dieses Abrutschen der riesig schweren Masse - die ja mit einem gewissen Auflagedruck auf ihrer Rutschfläche aufgelegt ist - das dazwischen befindliche Wasser zur Verdampfung gebracht wurde und es zum Aufbau eines Dampfdruckes zwischen diesen Flächen während des Rutschvorganges kam ?

Es entsteht ja eine enorme Energie, die da umgesetzt wird, sie bringt das Wasser sicher auch zur Verdampfung und es ist denkbar, daß richtige Dampfpolster entstehen.

Meine Frage ist also, ob bei dieser Energieumsetzung die in kurzer Zeit in einer beschränkten Fläche stattfindet, das vorhandene Wasser zur Verdampfung gebracht werden kann und durch diese Verdampfung eine weitere Verminderung der Reibung entsteht.

SEMENZA: Diese Tatsache ist durchaus möglich aber sie ist nicht für die Ursache der Bewegung verantwortlich.

KROPF: Es ist doch ein einfaches physikalisches Rechenbeispiel, sich jene Energie auszurechnen, die freigeworden ist, sie auf die Fläche umzulegen und mir sogar die anfallende Leistung pro m<sup>2</sup> auszurechnen. Das ist einfache Physik. Dann kann ich noch brutaler zurückrechnen, welche Temperatur dort entstanden sein müßte. Da müßte ich jetzt wieder einen definierten Körper dafür annehmen und eine gewisse Schichtstärke in der sich das ganze abspielt, die aber natürlich unbekannt ist. So ließe sich ausrechnen, ob die Temperaturen über den Siedepunkt gestiegen sind.

RIEHL-H.: Das wird meines Wissens auch von einer Gruppe in Köfels angenommen, wo sogar das Aufschmelzen der Gesteine in einen Bimsstein so interpretiert wird. Ich könnte mir durchaus vorstellen, daß diese Theorie in Vaiont mitspielt.

Aber Prof.SEMENZA hat den Wunsch geäußert, daß er Köfels gerne anschauen möchte. Ich weiß aber nicht, ob das jemand zeigen will und dann könnten wir in einer weiteren Exkursion Köfels anschauen.

SEMENZA: Es bestünde auch die Möglichkeit, diese Diskussion in Österreich fortzusetzen, auch mit Frau Dr. GHIROTTI.

RIEHL-H.: Das wesentliche, das man aus dieser Diskussion mitnehmen sollte, ist das Wissen um die Bedeutung auch noch so unwichtig erscheinender Kleinigkeiten, wie also z.B. ein nicht sofort erklärbarer Piezometerstand - ein Piezometer ist etwas, das es bei jeder Baustelle gibt - Interpretationslücken offen lassen, kann die auch mitverantwortlich sein können für eine ungenügende oder falsche Antwort auf drohende Kräfte der Natur.

Das, glaube ich, ist es, was als Lehre mitzunehmen ist oder als Erkenntnis. Wir wollen nicht kritisieren, sondern versuchen, daraus zu lernen. In diesem Sinn zeigen wir es auch unseren Bauingenieurstudenten und weisen sie darauf hin, daß es eben solche Rutschungen in dieser Größenordnung gibt, wir müssen auf so etwas aufpassen.

TSCHADA: Vor allen Dingen: wenn man Piezometer eindichtet, daß man sie präzise mit einer Kernbohrung herstellt und genau dokumentiert, was man erbohrt hat. Jede Schichte.

SEMENZA: Genau das ist die Frage, die ich an den Wissenschaftsförderungsfonds gestellt habe. Ein Piezometer könnte zur Verfügung gestellt werden. Aber eine Kernbohrung bis zum Kalk von Vaiont um das ganze genau zu untersuchen, kostet mehrere 10 Mio. Lire. Das wären alleine die Bohrkosten - und so passiert halt nichts.

JACOBS: So eine Bohrung kostet im Prozentsatz zu diesem Gesamtbauwerk nichts. Das ist einmal das erste.

SEMENZA: Für 200 m Tiefe ?

JACOBS: 1 m Bohrung kostet bei uns ca. ÖS 3.000,--

LIEGLER: Da muß ich natürlich noch was dazusagen: Ich kenn das gut aus Persien, dort wird 800 m gebohrt nur für Sondierungen. Nur um ein Projekt zu erstellen, gibt es 5 oder 6 Bohrungen zwischen 400 und 800 m Tiefe.

SEMENZA: Ich habe mir Voranschläge von italienischen Firmen machen lassen, vielleicht ist das in Italien teurer ?

LIEGLER: Damals hat es vielleicht mehr gekostet oder man war vielleicht nicht bereit gewesen, so viel wie heute auszugeben.

SEMENZA: Das war vor 5/6 Jahren.

LIEGLER: Das zweite war, diese Ablesungen aus den Piezometern haben meines Erachtens nach einschläfernd gewirkt auf die kritische Beurteilung. Man müßte sich eigentlich die Verformung ansehen: zunächst reagiert die Masse gar nicht so kritisch. Ab einem gewissen Punkt, sozusagen erst bei einer gewissen Schmerzgrenze, tritt dann plötzlich eine Vergrößerung und Beschleunigung ein und das war das kritische, auf das hätte man acht geben müssen. Ich glaube also, daß die Beobachtung der Verformungen, die kritische Beurteilung der Verformungen, wesentlich wichtiger gewesen wäre.

SEMENZA: Das wurde schon berücksichtigt. Als diese Geschwindigkeiten erreicht wurden, ist der See wieder abgesenkt worden.

KROPF: Die Volumensverdrängung des ins Wassers hinuntergleitenden Kuchens war größer als die Wassermenge, die man ableiten konnte. Der See ist gestiegen, obwohl der Abfluß offen war. Ab einem gewissen Punkt konnte man den Seespiegel praktisch nicht mehr beherrschen, er ist unwillkürlich immer mehr gestiegen und hat natürlich das Problem automatisch vergrößert. Es kam schließlich zu dieser rapiden Beschleunigung. Das war etwa ab August 1963.

SEMENZA: Es ist eigentlich nicht abgesenkt worden.

KROPF: Aber nach Beobachtungsberichten von damals schließe ich, daß es so war. Ja, knapp vor der Katastrophe konnte man den Stauspiegel nicht mehr beherrschen, er stieg schneller durch das Eindringen des Gleitkuchens als man absenken konnte.

SEMENZA: In den letzten 2/3 Tagen, aber da war es zu spät.

**KROPF:** Es gab sogar den Befehl zur Evakuierung, aber die Leute wollten es nicht wahrhaben. In dem Ort Casso sind angeblich nur 35 Familien dem Evakuierungsbefehl gefolgt.

**UNBEKANNT:** Auch die Stauspiegelanhebung im Jahr 1963 war viel zu rasch.

**SEMENZA:** Ja, wahrscheinlich.

**KROPF:** Ich glaube, aus dieser Erfahrung sind erst jene Aufstauprogramme entstanden, die dann später normalerweise vorgeschrieben wurden.

**SEMENZA:** Nachdem wir heute so gut wie nichts gelöst haben, würde ich sagen, daß wir das ganze fortsetzen und wenn möglich an einem oder zwei Tagen entweder in Österreich in größerer Zahl oder in Italien und vor allem in Anwesenheit von Frau Dr.GHIROTTI. Sie hat sich mit den Drücken im Untergrund beschäftigt und hat eine Dissertation über dieses Thema geschrieben.

**RIEHL-H.:** Ich danke Prof. SEMENZA und darf die Tiroler Gruppe (TIWAG) bitten, daß wir vielleicht im Frühjahr zu Euch kommen können um Köfels zu besichtigen und dort einen halben Diskussionstag anschließen. Dazu könnte man vielleicht noch den Tschirgant-Bergsturz ansehen.

**UNBEKANNT:** Es wäre natürlich sinnvoll, wenn dann auch Prof. PATZELT dabei wäre.

**RIEHL-H.:** Das wäre gut und da sollte dann auch Frau Dr.GHIROTTI dabei sein.

**JACOBS:** Noch eine Frage: sind die Verschiebungsmessungen geodätisch gemacht worden und vor allem: was haben diese Sondierstollen gebracht, die oben an der Oberkante, am Abriß, ausgebrochen wurden ?

**SEMENZA:** Man kam von einer stark zerklüfteten Zone in eine schlammartige Zone und dann zum Fels.

Man wollte eigentlich die Mächtigkeit dieser Zone feststellen, aber man hat bei einer Stelle begonnen, wo die Mächtigkeit sehr gering war. Also an der falschen Stelle.

**JACOBS:** Dann hat man also die Charakterisierung dieser Basisfläche schon gehabt ?

**SEMENZA:** Man hat sie gesehen, es waren tonhaltige sehr feine Schichtungen.

**JACOBS:** Hat man da auch die Bewegungen gemessen ?

**SEMENZA:** Nein, dort nicht.

*Diskussionsbeiträge von:*

**JACOBS Dr.S.,**  
Büro f. Baugeologie,  
Bankmannring 43  
A-2100 Korneuburg

**KROPF, Dipl.Ing.K.,**  
Oberöstr. Kraftwerke AG, OKA,  
Böhmerwaldstraße 3  
A-4020 Linz

**LIEGLER,Dr.K.,**  
Tauernkraftwerke AG,  
Postfach 161,  
A-5020 Salzburg

**RIEHL-HERWIRSCH, Dr.G.,**  
Institut f. Geologie  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13,  
A-1040 Wien

**TSCHADA, Dipl.Ing.Dr.H.,**  
Tiroler Wasserkraftwerke AG  
Landhausplatz 2,  
A-6020 Innsbruck

Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 189 - 216 Abb. 1 - 11	Wien 1995
-------------------	--------	--	--------------------------------	-----------

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1993

DAS VERHALTEN DER KÖLNBREINSPERRE NACH  
ERRICHTUNG EINER TALSEITIGEN  
ABSTÜTZKONSTRUKTION

H. LUDESCHER

Vortragender: P. OBERNHUBER



Payerbach,  
27. November 1993

Mitteilungen für Baugeologie und Geomechanik	Band 3	Baugeologische Tage Payerbach 1991	Seite 7 - 99	Wien 1994
Barbara-Gespräche	Band 1	"Grenzen der Geotechnik" Payerbach 1993	Seite 101 - 216	Wien 1994

*INHALT*

1.	Einleitung	191
2.	Geologie	191
3.	Statische Berechnung der Kölnbreinsperre	191
4.	Das Beobachtungssystem der Kölnbreinsperre	194
5.	Ergänzungsmaßnahmen in den Jahren 1979 bis 1985	194
6.	Das Schadensbild im Gründungsbereich der Kölnbreinsperre	194
7.	Ursache der Schäden an der Kölnbreinsperre	197
8.	Das Projekt zur Sanierung der Kölnbreinsperre	197
8.1	Die Konstruktionselemente für die Sanierung der Kölnbreinsperre	199
8.2	Statische Untersuchungen an einem FE-Rechenmodell	199
8.3	Baudurchführung	202
9.	Verhalten von Sperre und Stützgewölbe beim Vollstau 1993	205
9.1	Stauverlauf	205
9.2	Entwicklung der Abstützkraft zwischen Sperre und Stützgewölbe	205
9.3	Verhalten des Stützgewölbes	205
9.4	Verhalten der Kölnbreinsperre	208
10.	Zusammenfassung	209
	Diskussion zum Vortrag	211

*Anschrift des Verfassers:*

*Dipl.Ing.H.LUDESCHER,  
Österreichische Draukraftwerke AG,  
Kohldorferstraße 98,  
A-9010 Klagenfurt*

*Anschrift des Vortragenden:*

*Dipl.Ing.Dr. P. OBERNHUBER,  
Tauernkraftwerke AG,  
Rainerstraße 29, Postfach 161,  
A-5021 Salzburg*

# DAS VERHALTEN DER KÖLNBREINSPERRE NACH ERRICHTUNG EINER TALSEITIGEN ABSTÜTZKONSTRUKTION

H. LUDESCHER

Vortragender: P. OBERNHUBER

## 1. Einleitung

Die Kölnbreinsperre wurde in den Jahren 1974 bis 1977 im Rahmen des Baues der Kraftwerksgruppe Malta errichtet. Sie bildet das Absperrbauwerk für einen Speicher mit einem Nutzinhalt von 200 Mio m<sup>3</sup> Wasser. Mit einer Bauwerkshöhe von 200 m, einer Kronenlänge von 626 m und einer Betonkubatur von 1,6 Mio m<sup>3</sup> zählt die Kölnbreinsperre im hinteren Maltatal zum Zeitpunkt ihrer Fertigstellung nicht nur zur höchsten Talsperre Österreichs, sondern auch zu den höchsten Bogenmauern Europas.

## 2. Geologie

Die Sperrenstelle und der Speicherraum liegen zur Gänze im Zentralgneis der Ankogel-Hochalmgruppe in den östlichen Hohen Tauern. An der Sperrenstelle können geologisch drei Zonen, je nach Schieferung und Klüftung, unterschieden werden:

- am rechten westlichen Hang und im Talboden herrscht massiger Granitgneis vor,
- in der linken östlichen Flanke steht sogenannter Plattengneis an und
- am linken Hangfuß werden diese beiden Gebirgsarten durch eine Schiefergneiszone getrennt.

Aus dieser Gebirgscharakteristik leiten sich eine größere Nachgiebigkeit der linken Ein-

bindungsflanke und ein steiferes Widerlager am rechten Talhang ab. Alle drei Gebirgsarten setzten sich erwartungsgemäß auch an der Aufstandsfläche des in den letzten Jahren errichteten Stützgewölbes fort und wurden anlässlich des Aushubes besonders sorgfältig kartiert.

## 3. Statische Berechnung der Kölnbreinsperre

Die statischen Untersuchungen für die Kölnbreinsperre wurden in den Jahren 1972 bis 1976 von den Tauernkraftwerken durchgeführt und erfolgten nach dem Lastaufteilungsverfahren mit 5 horizontalen und 9 vertikalen Tragelementen. Entsprechend dem damaligen Stand der Technik wurden in den Kreuzungspunkten von Bögen und Konsolen 3 der 6 möglichen Verformungsgrößen ausgeglichen.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verformungseigenschaften der drei vorhin erwähnten Gebirgsarten wurden für alle notwendigen Lastfälle (Eigengewicht, Vollstau und Temperatur) die Verformungen (Verschiebungen und Verdrehungen) und Spannungen an der doppelt gekrümmten Sperrenschale ermittelt.

Aus den errechneten, maximalen Druckspannungen von  $\sigma_d = 9 \text{ N}$  (90 kg/cm<sup>2</sup>) und der damals im Gewölbesperrenbau üblichen Sicherheit  $s = 3,6$  wurde die für die Errichtung der Sperre notwendige Betongüte festgelegt. Die geforderte Bruchfestigkeit des Vorsatzbetons mit  $\sigma_{BR} = 330 \text{ kg/cm}^2$  und für den Kernbeton mit  $\sigma_{BR} = 270 \text{ kg/cm}^2$ .

KW MALTA  
SPERRE KÖLN BREIN

# GEOLOGIE AN DER SPERRENSTELLE ANSICHT VON DER LUFTSEITE

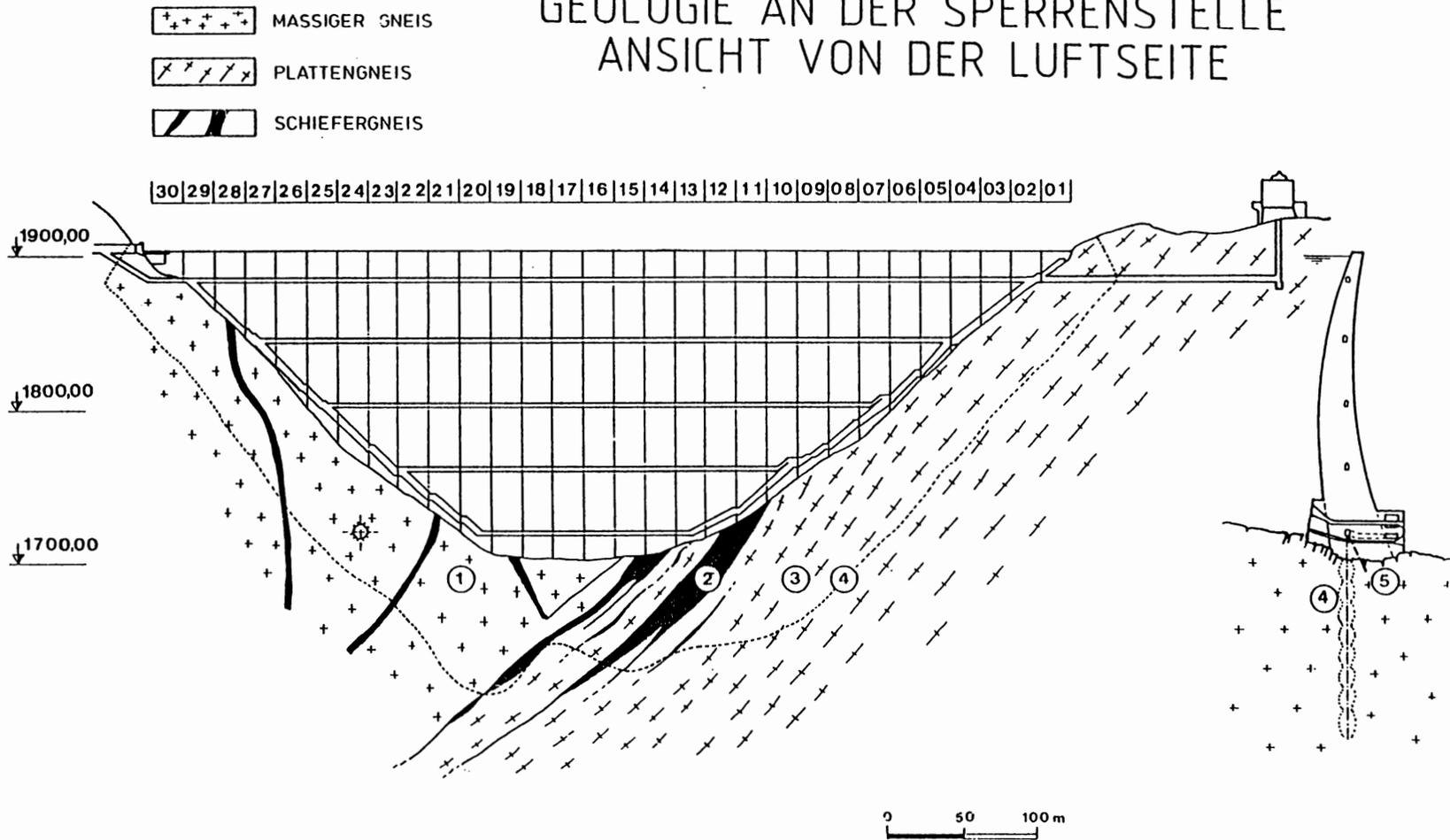


Abb. 1: Geologie an der Sperrstelle, Ansicht von der Luftseite

KW-MALTA KOELNBREINSPERRE  
GEOLOGIE AN DER SPERRENSTELLE  
LAGEPLAN



Abb.2: Geologie an der Sperrenstelle, Lageplan

#### 4. Das Beobachtungssystem der Kölnbreinsperre

Die Kölnbreinsperre war von vornherein mit einem umfangreichen Beobachtungssystem ausgestattet, das einen sehr genauen Vergleich mit den Rechenergebnissen ermöglichte. Ab 1976 standen rund 400 Ablesestellen zur Verfügung, von denen bereits damals 300 an eine automatisch registrierende Fernüberwachungsanlage angeschlossen waren.

Mit diesem Beobachtungssystem wurde der Nachweis erbracht, daß sich die Kölnbreinsperre in den Stauperioden 1976 und 1977, in denen der Wasserspiegel bis auf 1812 m ü.A. bzw. 1854 m ü.A. gestaut wurde, projektgemäß verhält.

Aufgrund des regulären Verhaltens der Sperre erteilte die Oberste Wasserrechtsbehörde anlässlich der Vorkollaudierung im Juli 1978 den Österreichischen Draukraftwerken die Bewilligung zum Vollstau. Nach Überschreiten der Staukote von 1860 m mußten unter anderem folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Die Sickerwasserverluste aus den Dränagen in den Kontrollgängen nahmen stark zu, erreichten Werte über 200 l/s und
- der Sohlenluftwasserdruck an der Aufstandsfläche der höchsten Sperrenblöcke erreichte Werte, die bis zu 100 % der Stauhöhe entsprachen.

#### 5. Ergänzungsmaßnahmen in den Jahren 1979 bis 1985

Aus diesen Beobachtungen wurde abgeleitet, daß sich im wasserseitigen Gründungsbereich der höchsten Sperrenblöcke eine Zerrzone ausgebildet haben muß und dadurch der in den Untergrund reichende Dichtschirm im Bereich der Sperrenaufstandsfläche zerstört wurde. Zur Reduzierung der bei hoher Staulage auftretenden Sohlenwasserdrücke und der unerwünschten Sickerwasserverluste wurden in den Jahren 1979 bis 1985 an der Kölnbreinsperre

folgende Abdichtungs- und Entspannungsmaßnahmen durchgeführt:

- 1979: Durchführung von Dichtinjektionen im Gründungsbereich mit Zement und Kunstharz sowie Abteufen von zusätzlichen Drainagebohrungen gegen die luftseitige Aufstandsfläche;
- 1980 und 1981: Errichten eines Gefrierschirmes zur Abdichtung der wasserseitigen Rißzone;
- 1981 bis 1983: Bau eines Vorbodens wasserseitig der höchsten Sperrenblöcke mit dem Ziel, den Dichtschirm aus der gezerzten Gründungszone in den Stauraumboden zu verlegen;
- 1984 und 1985: Ergänzung des Dichtschirmes mit Injektionen sowie Ausbesserungen an der Kunststoff-Folie des Vorbodens.

Diese Maßnahmen ermöglichten bis 1985 im Kölnbreinspeicher einen Füllungsgrad über 90 % und zweimal, in den Jahren 1979 und 1983, das Erreichen der Vollstaukote von 1902 m ü.A.

Aus der großen Anzahl von Bohrungen, die in diesen Jahren durchgeführt wurden, war es schließlich auch möglich, einen umfassenden Überblick über das Schadensbild zu bekommen.

#### 6. Das Schadensbild im Gründungsbereich der Kölnbreinsperre

Mit mehr als 33.000 lfm Schlag- und Kernbohrungen und über 1.000 lfm Gleitmikrometer-Meßstrecken wurde eine umfassende Erkundung der Rißzonen im Aufstandsbereich der Sperre durchgeführt. Die dabei erkundeten Risse lassen sich in zwei große Bereiche einteilen:

- **Luftseitiger Rißbereich**  
Die Risse dieses Bereiches verlaufen im Felsuntergrund annähernd parallel zur Aufstandsfläche und im Sperren-

KW MALTA  
SPERRE KÖLNBREIN

BEOBACHTUNGSSYSTEM

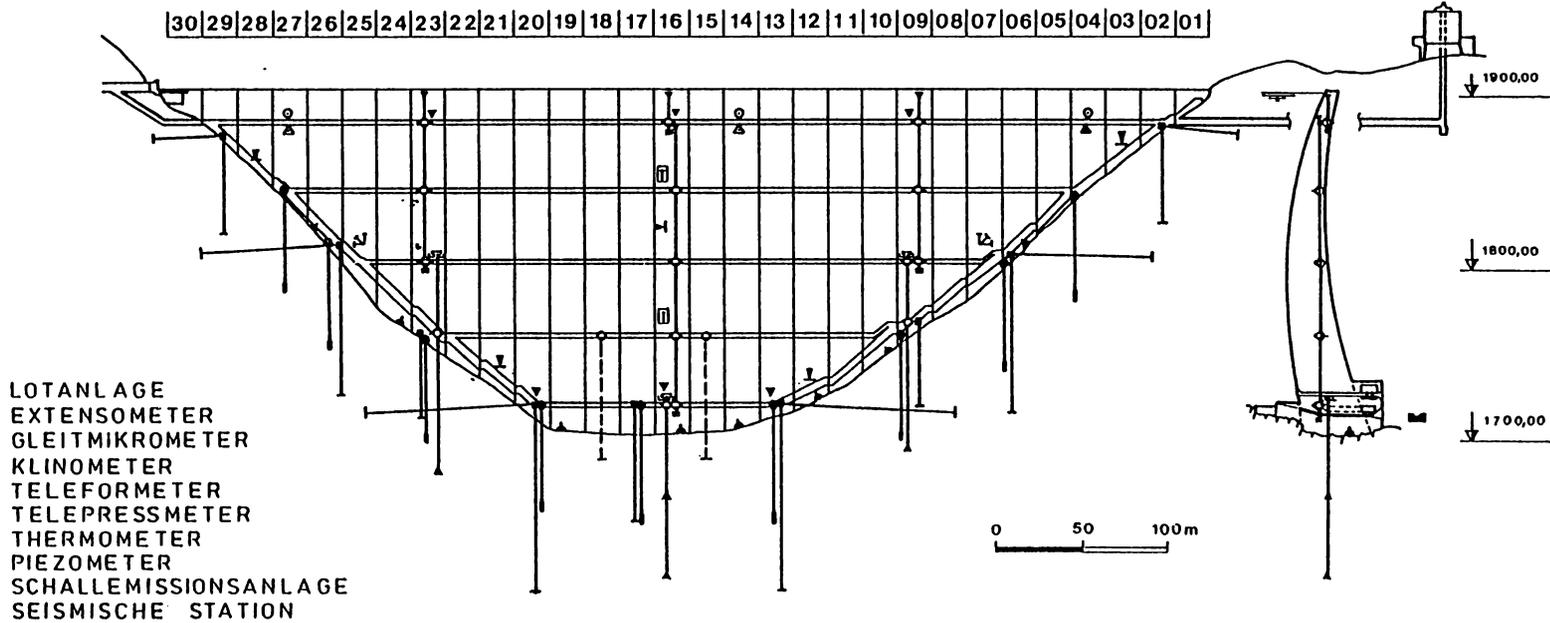


Abb. 3: Beobachtungssystem

# KW-MALTA KOELNBREINSPERRE

## VERLAUF DES SICKERWASSERS UND DES KLUFTWASSERDRUCKES IN ABHAENGIGKEIT VON DER STAUHOEHE

### STAUPERIODE 1978/1979

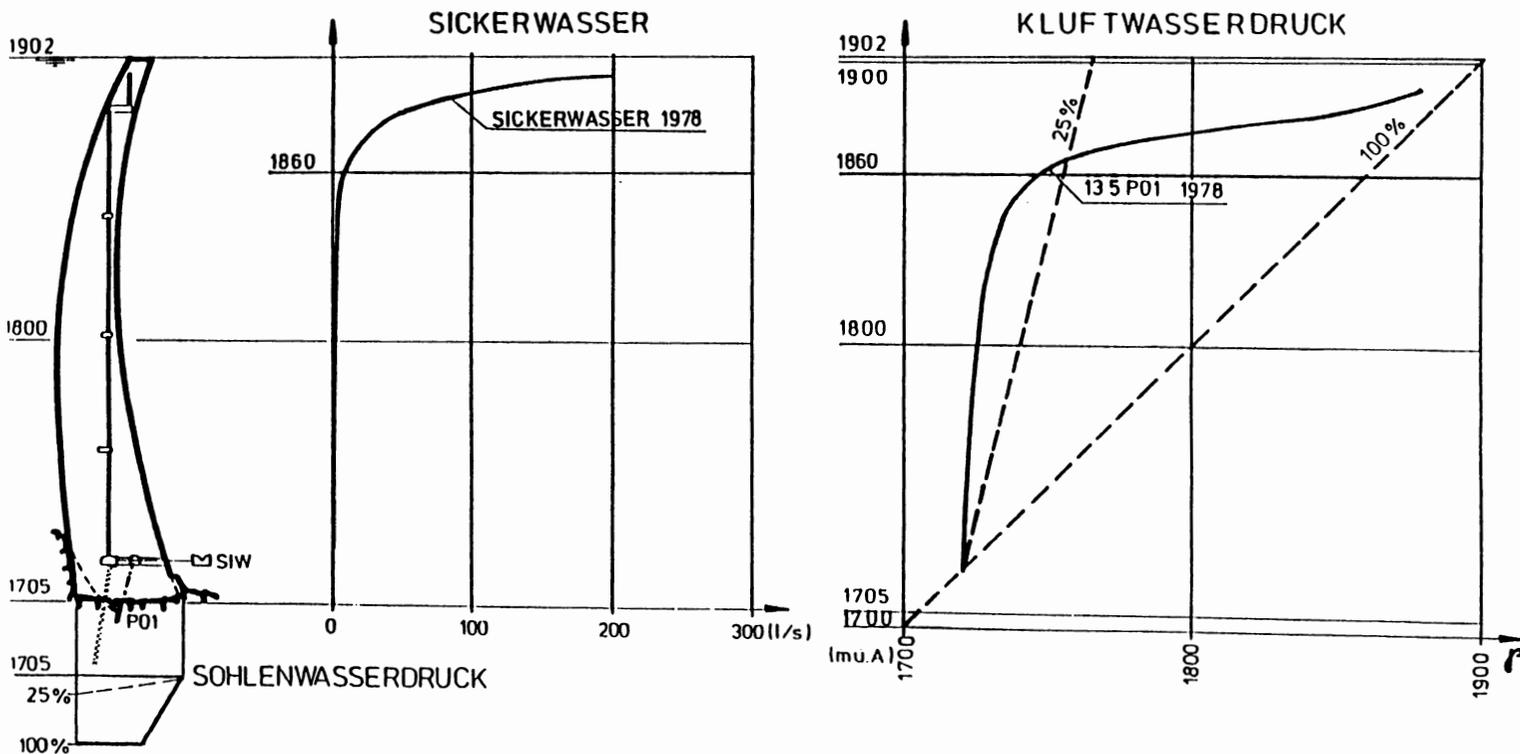


Abb. 4: Verlauf des Sickerwassers und des Klufwasserdruckes in Abhängigkeit von der Stauhöhe

beton entlang horizontaler Betonierfugen und reichen unterschiedlich weit, maximal 11 m, in den Sperrbeton. Sie weisen bei leerem Becken eine maximale Öffnungsweite von 3,5 mm auf.

#### - Wasserseitiger Rißbereich

Zum wasserseitigen Rißbereich werden die steil gegen die Aufstandsfläche einfallenden Risse im Beton und im Felsuntergrund gezählt, die sich am wasserseitigen Fuß der Blöcke 12 bis 21 während der Stauperioden der Jahre 1978 bis 1983 bildeten. Die bis heute wasserführenden Risse reichen teilweise bis ins mittlere Aufstandsdrittel und wiesen beim Vollstau 1979 Öffnungsweiten von maximal 30 mm auf.

## 7. Ursache der Schäden an der Kölnbreinsperre

Mit der Klärung der Ursachen des unerwarteten Verhaltens der Sperre und vor allem der Rißbildung im Aufstandsbereich beauftragte die Staubeckenkommission im April 1979 in ihrer 43. Sitzung eine Gruppe von Experten. Dieser Bericht lag im März 1983 vor. 1984 wurde dieser Ursachenkatalog von Dr. LOMBARDI ergänzt.

Kurz zusammengefaßt entstanden die luftseitigen Risse bereits beim Bau der Sperre und sind eine Folge von Zugspannungen entlang der luftseitigen Begrenzung der Aufstandsfläche der Sperre bei leerem Becken (Lastfall Eigengewicht). Es gibt zahlreiche Hinweise, daß sich diese Risse anläßlich der Injektion der vertikalen Blockfugen erweitert haben könnten.

Die wasserseitigen Risse bildeten sich hingegen beim Aufstau oberhalb der Staukote von 1860 m ü.A., das sind 42 m unter dem Vollstau. Ihre Ursachen sind in der hohen Beanspruchung des durch die luftseitigen Risse

geschwächten Gründungsquerschnittes, vor allem infolge der großen Querkraft, zu suchen.

Nachteilig und spannungserhöhend haben sich dabei folgende Einflüsse ausgewirkt:

- eine geologisch bedingte unterschiedliche Nachgiebigkeit des Felsuntergrundes im Talboden und
- die Einsenkung (Setzung) des Stauraumbodens entlang der wasserseitigen Aufstandsfläche infolge des Gewichtes des gestauten Wassers.

## 8. Das Projekt zur Sanierung der Kölnbreinsperre

Da sich mit den erwähnten Ergänzungsmaßnahmen von 1979 bis 1983 keine überzeugende Verbesserung im Gesamttragverhalten der Sperre einstellte, verfügte die Oberste Wasserrechtsbehörde 1984 eine Begrenzung des Betriebswasserspiegels im Kölnbreinspeicher zuerst 17 m, schließlich 22 m unter dem projektgemäßen Stauziel von 1902 m ü.A.

Die Österreichischen Draukraftwerke entschlossen sich daraufhin, gemeinsam mit Dr. LOMBARDI ein umfassendes Projekt zur Sanierung der Kölnbreinsperre mit folgenden Zielen auszuarbeiten:

- die Standsicherheit der Sperre im Rißbereich zu verbessern,
- den uneingeschränkten Staubetrieb im Kölnbreinspeicher auf Dauer sicherzustellen und
- die Sickerwasserverluste zu verringern.

Nach Untersuchung mehrerer Sanierungsmöglichkeiten fiel sehr rasch die Entscheidung für die Errichtung eines luftseitig der Sperre angeordneten Stützgewölbes.

Aber auch zur Sicherung der Standsicherheit der Sperre bei leerem Becken wurden Maßnahmen an der Wasserseite überlegt.

KW-MALTA-KÖLNBREINSPERRE

ERGÄNZUNGSMASSNAHMEN  
1979 - 1985

QUERSCHNITT

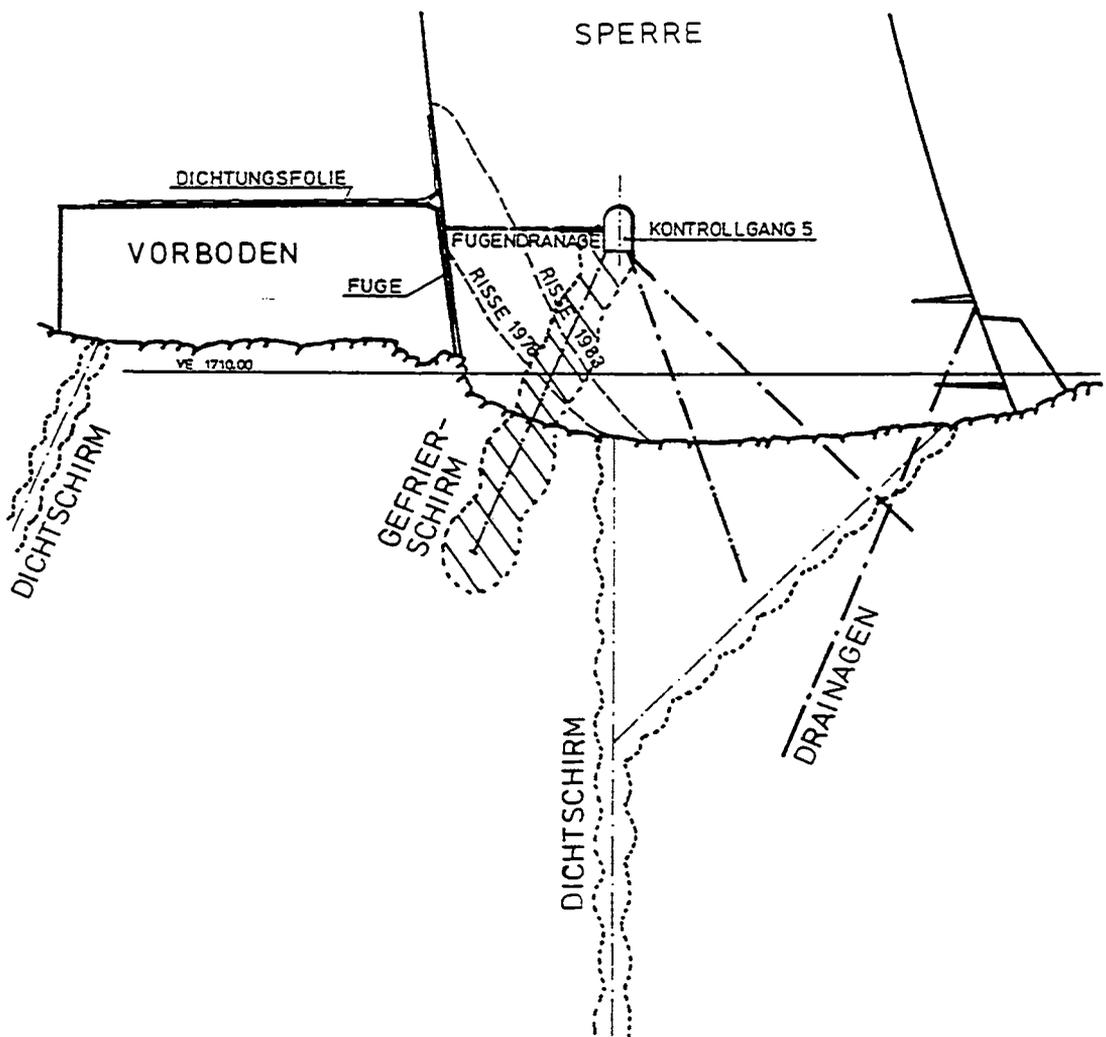


Abb. 5: Ergänzungsmaßnahmen 1979-1985

## 8.1 Die Konstruktionselemente für die Sanierung der Kölnbreinsperre

Sie lassen sich in 3 Elemente gliedern:

### Das luftseitige Stützgewölbe

Mit dem 65 m hohen Stützgewölbe, dessen Konstruktionsgewicht sich aus rund 500.000 m<sup>3</sup> Beton und 150.000 m<sup>3</sup> Überschüttungsmaterial zusammensetzt, wird für den rissegeschwächten Aufstandsquerschnitt der Sperre ein Widerlager geschaffen, das die Verformungen in diesem Bereich wirksam reduziert und die Standsicherheit der Sperre auf Dauer gewährleistet.

Gegen dieses Stützgewölbe stützt sich die Sperre in Zukunft bei Vollstau mit rund 1,2 Mio t ab. Das entspricht rund 22 % der gesamten auf die Sperre wirkenden Wasserlast von 5,4 Mio t.

### Die Kraftübertragungskonstruktion

Die Übertragung der Abstützkraft von 1,2 Mio t von der Sperre auf das Stützgewölbe erfolgt:

- über eine 6 bis 8 m hohe Kontaktzone entlang des luftseitigen Sperrenfußes, der Kraftschluß wurde wie bei Blockfugen mittels Zementinjektionen erreicht;
- und über 613 Lagerelemente, die in 9 Lagerhorizonten angeordnet sind und von denen jedes einzelne bei Vollstau rund 1600 t an Abstützkraft von der Sperre auf das Stützgewölbe überträgt.

### Zement- und Kunstharzinjektionen in den Ribbereichen der Gründungszone

Die Abstützung der Sperre gegen das luftseitige Stützgewölbe bewirkt, daß die Verschiebung der höchsten Sperrenblöcke an der Aufstandsfläche auf die Hälfte und die radialen Verdrehungen auf zwei Drittel der jetzigen Werte vermindert werden.

Diese Reduktion der Verformungen bewirkt, daß sich der Zugspannungsbereich auf das wasserseitige Drittel der Aufstandsfläche beschränken wird und das ursprünglich geplante Dichtungskonzept ausgeführt werden kann. Es sieht vor, daß der Dichtschild, rund 10 m von der Wasserseite entfernt, vom Kontrollgang 5 aus in den Felsuntergrund abgeteuft wird.

## 8.2 Statische Untersuchungen an einem FE-Rechenmodell

Die Ermittlung der Verformungen, der Spannungen und vor allem der komplexen Kinetik im Bereich der Kraftübertragungskonstruktion zwischen Sperre und Stützgewölbe erfolgte an einem räumlichen Rechenmodell nach der Methode der Finiten Elemente. Das Modell umfaßt die Talsperre, das luftseitig davon angeordnete Stützgewölbe einschließlich der Kraftübertragungskonstruktion und einen entsprechend ausgedehnten Gebirgskörper.

Für den Beton der Sperre und des Stützgewölbes wurden Verformungsmoduln von  $E_v = 18\ 000$  bis  $22\ 000$  N/mm<sup>2</sup>,

für den Granitgneis ein Verformungsmodul  $E_v = 30\ 000$  N/mm<sup>2</sup>,

für den Schiefergneis ein Verformungsmodul  $E_v = 10\ 000$  N/mm<sup>2</sup> und

für den Plattengneis ein Verformungsmodul von  $E_v = 20\ 000$  N/mm<sup>2</sup> gewählt.

Die Querkontraktion wurde einheitlich mit  $\nu = 0,17$  angenommen.

Die Berechnungen wurden unter der Voraussetzung homogener und isotroper Materialeigenschaften mit dem Programmsystem Ansys auf einer Rechenanlage bei den Österreichischen Draukraftwerken in Klagenfurt durchgeführt.

Von den vielen Möglichkeiten der Auswertung einer solchen Berechnung werden in der Folge

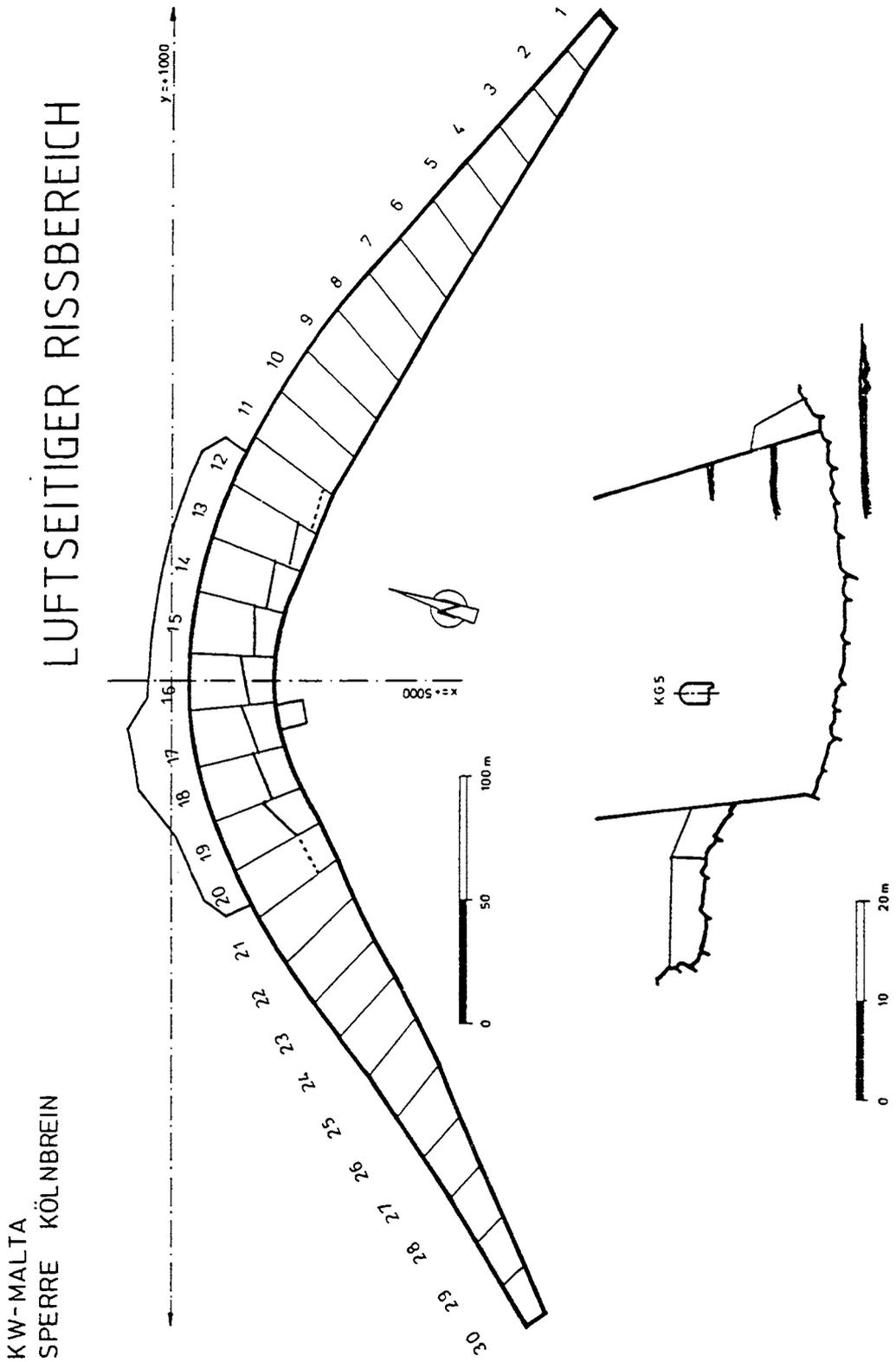
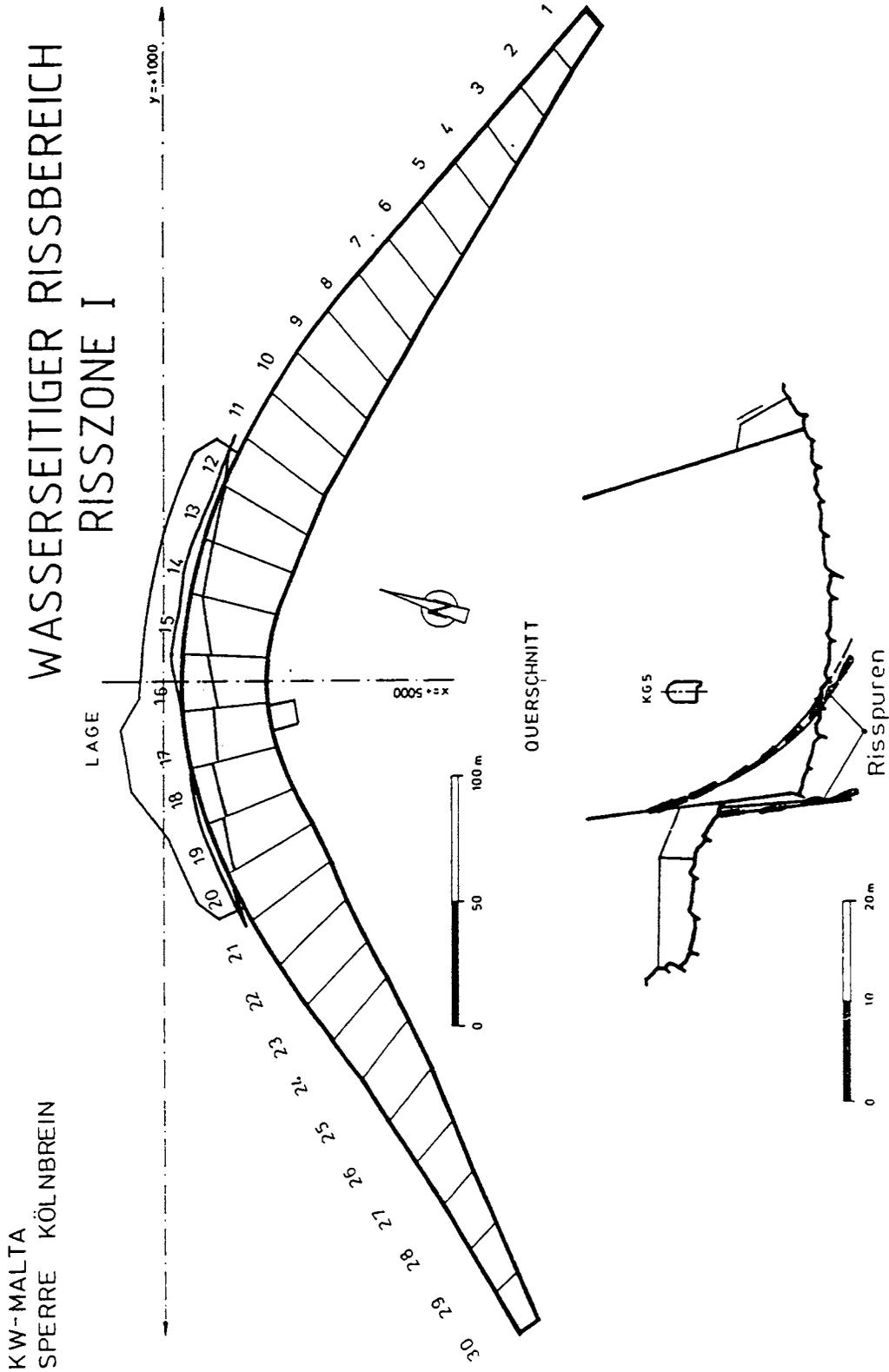


Abb. 6: Luftseitiger Rißbereich



WASSERSEITIGER RISSBEREICH  
RISSZONE I

KW-MALTA  
SPERRE KÖLNBREIN

Abb. 7: Wasserseitiger Rißbereich, Rißzone I

- die Verformungen und
- die Verteilung der Vertikalspannungen im Gründungsbereich der Sperre gezeigt, jeweils ohne und mit Wirkung der Abstützung,
- sowie das ermittelte Abstützprogramm und
- der errechnete Verlauf der Gesamt-abstützkraft

dargestellt.

Deutlich ist daraus die bereits erwähnte entlastende Wirkung auf die Sperre zu sehen.

Die radialen Verschiebungen werden auf die Hälfte, die radialen Verdrehungen auf zwei Drittel ihrer Werte reduziert.

Die Gesamtabstützkraft wurde mit rd. 1,2 Mio t ermittelt.

### 8.3 Baudurchführung

Der Felsaushub und die Vorbereitung der Aufstandsfläche erfolgte in der schneefreien Zeit 1989.

Mit dem Einbau der 480. 000 m<sup>3</sup> Beton wurde im Herbst des selben Jahres begonnen.

1990 stand ganz im Zeichen des Massenbetons, täglich wurden bis zu 4000 m<sup>3</sup> Beton verarbeitet. Die größten Betonierblöcke wiesen Abmessungen von 40 x 30 x 3 m = 3600 m<sup>3</sup> auf.

Mit nur 190 kg Bindemittel pro Kubikmeter Beton, davon 45 % bzw. 80 kg Flual, wurde eine Bruchfestigkeit des Betons von mindestens 200 kg/cm<sup>2</sup> (20 N/mm<sup>2</sup>) erreicht.

Mit der Zugabe von Eisscherben und einer Rohrkühlung an den horizontalen Arbeitsfugen konnte die Abbinde-temperatur unter 32°C gehalten werden.

Mit drei Gleitmikrometer-Meßstrecken entlang der Aufstandsfläche des Stützgewölbes wurde nachgewiesen, daß der Beton auch unter diesen Bedingungen bisher rissfrei blieb.

1991 erfolgte die erste Blockfugeninjektion für das Stützgewölbe.

Mit dem Einbau der Kraftübertragungs-konstruktion wurde begonnen und die erste Etappe der umfangreichen Zement- und Kunstharzinjektionen wurde durchgeführt.

Im Kölnbreinspeicher wurde im Herbst 1991 wieder eine Staukote von 1880 m ü.A. erreicht.

1992 wurde die Blockfugeninjektion für das Stützgewölbe wiederholt. Die Kraftübertragungs-konstruktion wurde fertiggestellt und die zweite Etappe der Injektionen im Gründungsbereich der Sperre wurde erfolgreich abgewickelt.

Im Oktober 1992 erreichte der Wasserspiegel im Kölnbreinspeicher eine Kote 7 m unter dem Vollstau.

1993 wurde schließlich die dritte und vorletzte Etappe der Injektionen, vorwiegend mit Kunstharz, abgewickelt.

Und am 4. Oktober 1993 wurde das erste Mal nach Errichtung des Stützgewölbes wieder der Vollstau im Kölnbreinspeicher erreicht.

Eine Zusammenstellung der Massen ergibt, daß im Zuge der Sanierung der Kölnbreinsperre:

rund 471. 000 m<sup>3</sup> Beton,  
rund 2.100 t Bewehrungsstahl und  
73.700 m<sup>2</sup> Schalungen,

für die bisher durchgeführten Injektionen:

rund 51.000 lfm Kernbohrungen,  
rund 134 t Zement,  
rund 212. 000 kg Rodur und

für die Kraftübertragungs-konstruktion:

613 Lagerelemente mit einem Gesamtstahlgewicht von 1.500 t verarbeitet

wurden.

Zur Vorbereitung der Felsaufstandsfläche wurden rund 120. 000 m<sup>3</sup> Überlagerung und 20. 000 m<sup>3</sup> Felsen verbracht.

# SANIERUNGSKONSTRUKTIONEN

KW-MALTA  
SPERRE KÖLNBREIN

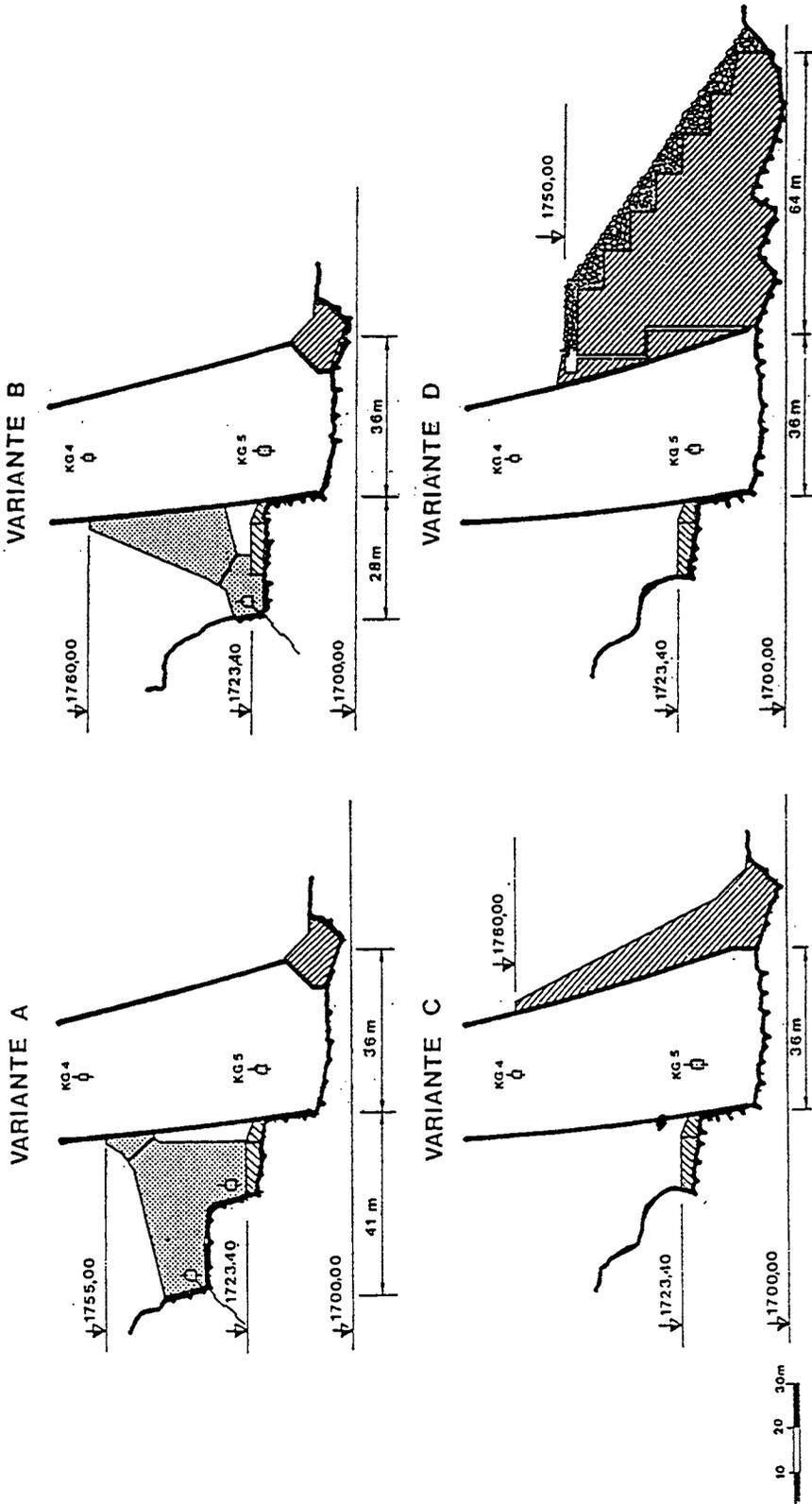


Abb. 8: Sanierungskonstruktionen

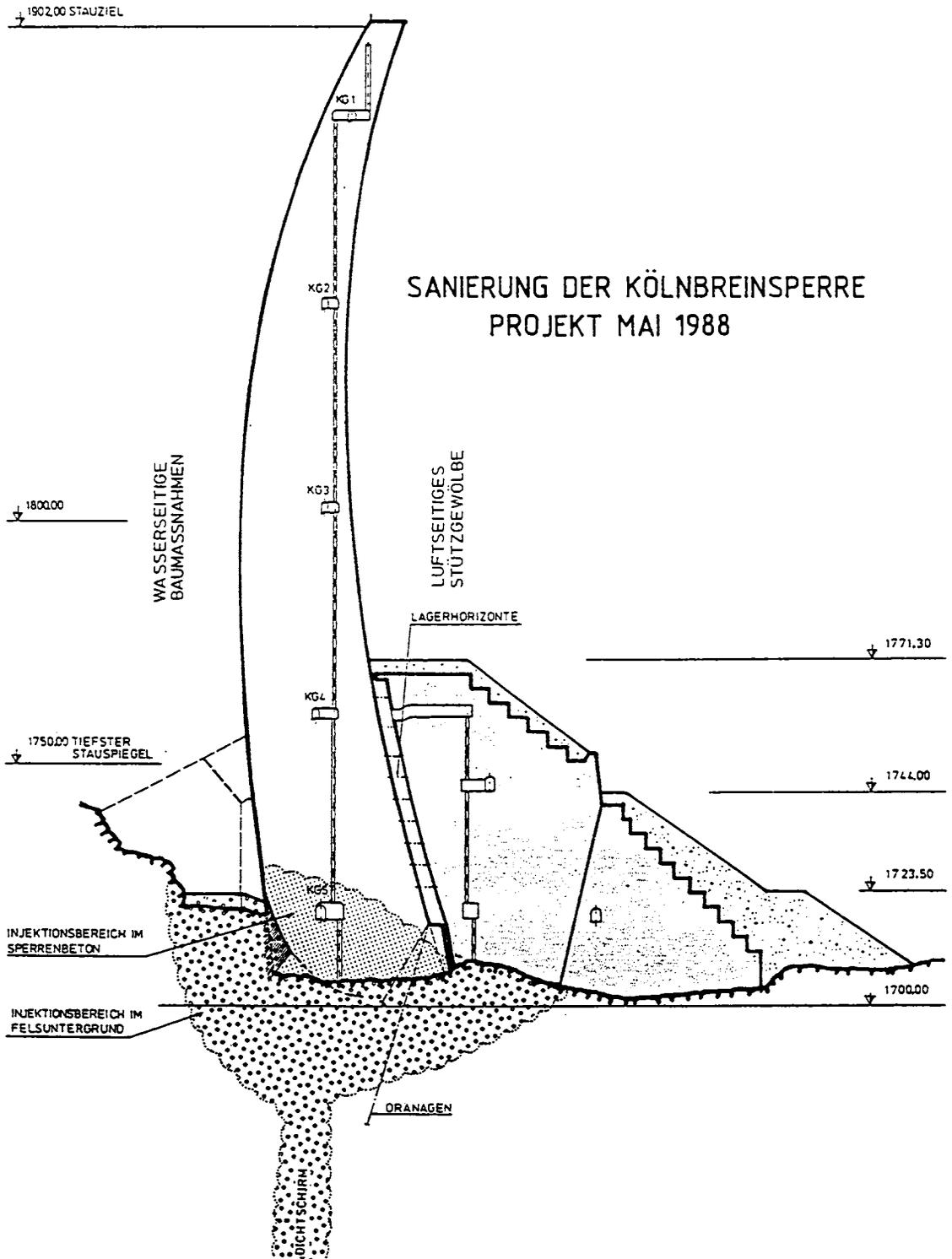


Abb.9: Sanierung der Kölnbreinsperre, Projekt Mai 1988

## 9. Verhalten von Sperre und Stützgewölbe beim Vollstau 1993

Während nach Fertigstellung der Sperre im Jahre 1977 rund 400 Ablesestellen installiert waren, sind es heute nach Erreichen des Vollstaus über 8.000 Meßstellen.

Für die Beschreibung des Verhaltens von Sperre und Stützgewölbe beim Vollstau 1993 werden daher im Rahmen dieses Vortrages nur die Ergebnisse einiger ausgewählter Meßeinrichtungen näher beschrieben.

### 9.1 Stauverlauf

Die heurige Stauperiode 1993/94 begann Ende April bei einer Wasserspiegellage im Kölnbreinspeicher von 1752 m ü.A. Am 1. Juni lag der Wasserspiegel auf 1855 m ü.A., am 1. September bei 1885 m ü.A. und schließlich am 4. Oktober erreichte er die Stauzielkote von 1902 m ü.A.

### 9.2 Entwicklung der Abstützkraft zwischen Sperre und Stützgewölbe

Mit der Abstützung der Sperre auf das Stützgewölbe wurde entsprechend dem Lagereinstellprogramm bei einer Staukote von 1758 m ü.A. begonnen. Das 613. und letzte Lagerelement im Lagerhorizont 9 wurde am 4. August 1993 kraftschlüssig gespannt. Bei der Vollstaukote von 1902 m ü.A. betrug die gesamte über die Lagerkonsole übertragene Abstützkraft rund 9.200 MN (920.000 t). Die direkt über den Stützsockel übertragene Abstützkraft wird aus der Zusammendrückung der Gleitfuge mit rund 0,2 Mio t abgeschätzt, woraus sich eine Gesamtabstützkraft von rund 1,12 Mio t ergibt.

Die Gesamtabstützkraft verlief beim Aufstau 1993 sowohl parallel zu den Werten, die beim Aufstau 1992 gemessen wurden, als auch entlang der rechnerisch ermittelten Lagerkraftlinie.

Auch aus der stauabhängigen Darstellung der mittleren Lagerkräfte in den einzelnen Lager-

horizonten 1 bis 9 des Blockes 16 ergibt sich eine bemerkenswert gute Übereinstimmung mit den Rechenwerten. Die in den unteren Lagerhorizonten 1, 2 und 3 beobachtete Abweichung im Lagerkraftverlauf bei Kote 1880 m ü.A. stellte sich als kurzfristige Abweichung heraus und war eine Folge der Erhöhung des Sohlenwasserdruckes bei Block 16.

Die an den Lagerkonsolen von Sperre und Stützgewölbe gemessenen radialen und tangentialen Lagerspaltänderungen sind bemerkenswert und beweisen die Notwendigkeit der Neoprenelemente.

Zum Beispiel aus dem Meßwertverlauf der Meßstelle 46 1 B 92 wird abgelesen, daß sich der Lagerspalt des Lagerhorizontes 1 zwischen den Blöcken 16 und 26 von Staubeginn bei Kote 1752 m ü.A. bis zum Zeitpunkt des Lagerschlusses bei Kote 1780 m ü.A. um rund 1 mm verkleinert hat. Nach der Lagereinstellung hat sich die Spaltweite bis zur Kote 1845 m ü.A. um weitere 1,7 mm verringert. Bis zur Kote 1895 m ü.A. blieb die Spaltweite unverändert. Bis zum Vollstau vergrößerte sich die Spaltweite wieder um rund 2 mm.

Gleichzeitig hat sich an der Meßstelle 46 1 B 94 eine vertikale Versetzung der beiden gegenüberliegenden Lagerflächen eingestellt. Der Meßwert blieb bis zum Vollstau stetig und zeigt im gleichen Zeitraum eine vertikale Relativverschiebung zwischen den beiden Lagerflächen von 10,5 mm.

Eine analoge Betrachtung am Lagerhorizont 9 des Blockes 16 verstärkt dieses Bild.

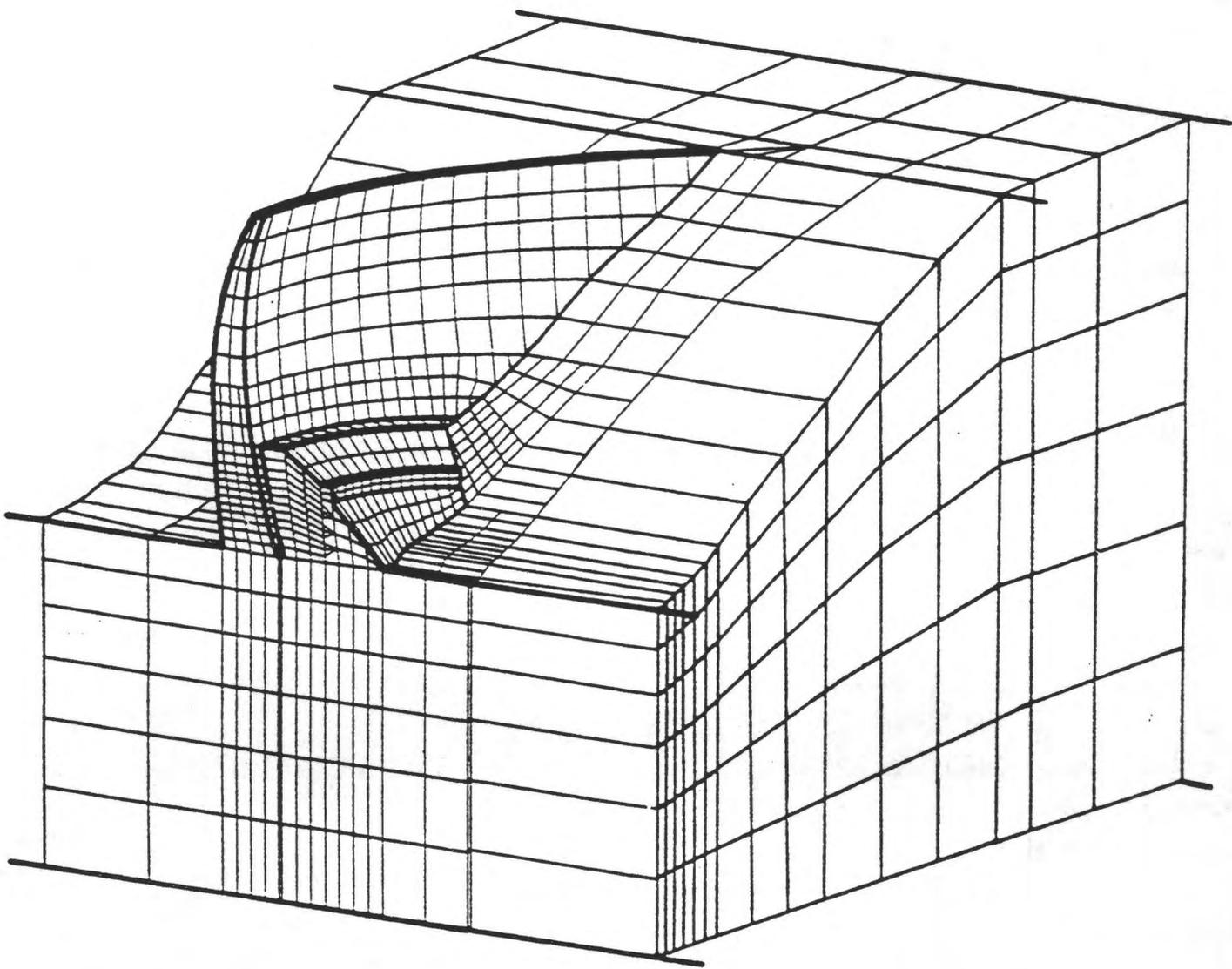
### 9.3 Verhalten des Stützgewölbes

Die horizontale Radialverschiebung des mittleren Stützgewölbeblockes 46, gemessen an der Meßstelle 46 4 SL 1 im obersten Kontrollgang auf Kote 1761 m ü.A., beträgt beim heurigen Vollstau, bezogen auf den Staubeginn 1993 bei Kote 1752 m ü.A., 18,2 mm.

Die horizontale Radialverschiebung auf Höhe des untersten Kontrollganges auf Kote 1719,80 m ü.A., gemessen an der Meßstelle 46 5 SL 1, hat sich im selben Zeitraum bei 6,1 mm eingestellt.

SANIERUNG DER KOELNBREINSPERRE  
FELSMCHANISCHE UNTERSUCHUNGEN

RECHENMODELL NACH DER METHODE  
DER FINITEN ELEMENTE



*Abb.10: Sanierung der Kölnbreinsperre, Felsmechanische Untersuchungen  
Rechenmodell nach der Methode der "Finiten Elemente"*

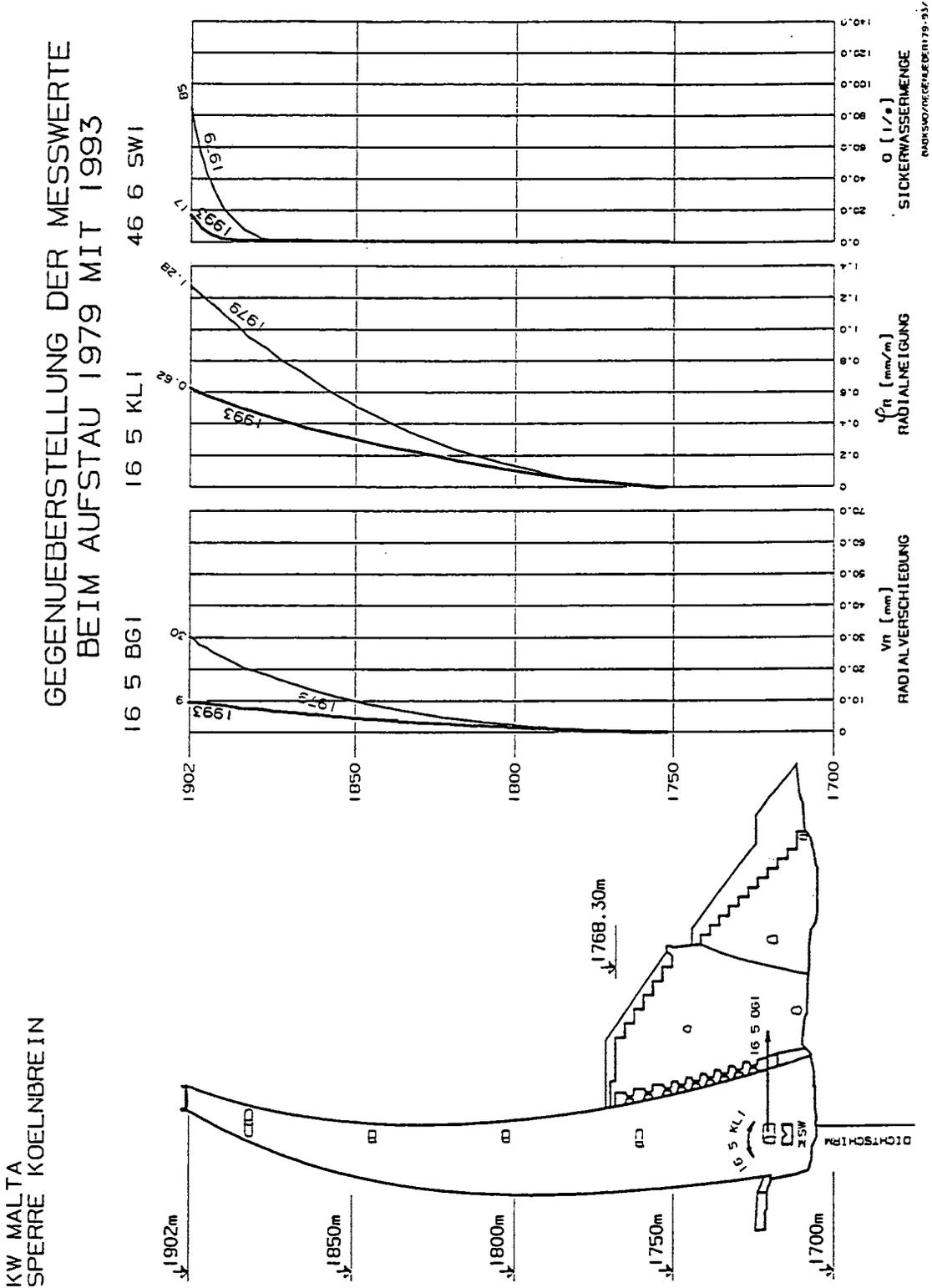


Abb. 11: Gegenüberstellung der Meßwerte beim Aufstau 1979 mit 1993

Die vertikal nach oben gerichtete Verschiebung des Stützgewölbes, gemessen an der Meßstelle 46 5 IN 1 auf Höhe des untersten Kontrollganges, beträgt bei Vollstau, bezogen auf den Staubeginn 1992, rund 3,8 mm.

Die Hebung der Krone des gleichen Stützgewölblockes 46 betrug beim heurigen Vollstau rund 5,8 mm.

Dieser Streckung des Stützgewölbes an der Sperrenseite wurde durch die Ausbildung einer horizontalen Trennfuge in der Nähe der Aufstandsfläche Rechnung getragen.

Das an der rechten Talflanke annähernd horizontal 40 m in den Untergrund reichende Extensometer 54 8 E 02 zeigt bei Vollstau eine Verkürzung der Meßstrecke von rund 1,9 mm. Das analoge Extensometer an der linken Talflanke 38 7 E 02 zeigt zum gleichen Zeitpunkt eine Verkürzung der Meßstrecke von 3,6 mm. Beide Stauchungen sind ein Hinweis dafür, daß sich gerade die Gewölbewirkung im Stützkörper einstellte und sie bestätigen die unterschiedliche Gebirgsnachgiebigkeit zwischen dem massigen Granitgneis auf der rechten und dem plattigen, strukturierten Gneis an der linken Talflanke.

#### 9.4 Verhalten der Kölnbreinsperre

Die radiale Verschiebung der Sperrenkrone des Blockes 16, gemessen an der Meßstelle 16 0 BG 1, betrug vom Staubeginn bei Kote 1752 m ü.A. bis zum Vollstau 92 mm. 1979 betrug der vergleichbare Wert 158 mm, 1983 120 mm.

Die radiale Verschiebung an der Meßstelle 16 5 BG 1 auf Höhe des Kontrollganges 5 auf Kote 1719,8 m ü.A. betrug im selben Zeitraum 10 mm. 1979 betrug der vergleichbare Wert 31 mm, 1983 17 mm.

Die vertikale Verschiebung der Sperrenkrone des Blockes 16, gemessen an der Meßstelle 16 0 IN 1, zeigt eine Hebung von 29,8 m. 1979 betrug der vergleichbare Wert 41,7 mm, 1983 betrug der vergleichbare Wert 27,5 mm.

Die vertikale Verschiebung auf Höhe des Kontrollganges 5, gemessen an der Meßstelle 16 5 IN 1, betrug beim Vollstau 1993 7,8 mm. Der vergleichbare Wert betrug 1979 22,1 mm und 1983 8 mm.

Die Neigungsänderung im Kontrollgang 5 des Blockes 16 betrug bis zum heurigen Vollstau, gemessen an der Meßstelle 16 5 KL 1, 0,62 mm/lfm. Der vergleichbare Wert im Jahre 1979 1,3 mm/lfm, 1983 wurden 1,1 mm/lfm gemessen.

Stellvertretend für die vielen Gleitmikrometermeßstrecken werden drei Meßstrecken im Gründungsbereich des Blockes 18 erläutert.

An der Gleitmikrometermeßstrecke 18 4 GM 1, die vom Kontrollgang 4 gegen die Luftseite des Blockes 18 reicht, sind deutlich 2 luftseitige Risse zu erkennen.

An der Gleitmikrometermeßstrecke 18 4 GM 2, die vom Kontrollgang 4 gegen die Wasserseite des Blockes 18 reicht, sind 3 wasserseitige Rißfamilien zu erkennen.

Entlang der Gleitmikrometermeßstrecke 18 5 GT 1, die vom Kontrollgang 5 gegen die Wasserseite reicht, sind die Risse der sogenannten Rißgruppe 1 und Rißgruppe 2 zu sehen. Während die Rißgruppe 1 Öffnungsweiten von mehreren Millimetern aufweist, zeigen die Risse der Rißgruppe 2 maximale Öffnungsweiten von 0,4 mm.

Aus der stauabhängigen Darstellung der Sickerwasserdurchtritte zeigte sich die nach wie vor progressive Zunahme dieser Werte in der Nähe der Vollstaukote. Bei Staukote 1895 m ü.A. wurde der Wert 6 l/s gemessen, bei Staukote 1900 m ü.A. lag der Wert bei 12 l/s, schließlich bei Vollstau bei 17 l/s.

Eine zusammenfassende Darstellung der Sohlenwasserdruckverhältnisse an der Aufstandsfläche der Sperre und des Stützgewölbes ist in einem Grundriß dargestellt. Daraus ist zu ersehen, daß wasserseitig des Dichtschirmes, mit Ausnahme der Blöcke 19 und 20, projektgemäß der volle Sohlenwasserdruck wirkt.

## 10. Zusammenfassung

Mit dem Erreichen des Vollstaues in der heurigen Stauperiode wurde das bisher wichtigste Ziel am Weg zur Sanierung der Kölnbreinsperre erreicht. Aus der vorliegenden Auswertung der Meßwerte ergibt sich

- daß sich die angestrebte Verringerung der Verschiebungen an der Aufstandsfläche eingestellt hat;
- daß die angestrebte Verringerung der Verdrehungen an der Aufstandsfläche der höchsten Sperrenblöcke ebenfalls erreicht werden konnte;

- daß der Sohlenwasserdruck mit Ausnahme der Blöcke 15, 16 und 17 innerhalb der Rechenannahme liegt;
- daß die Sickerwasserluste bei Vollstau bei 17 l/s liegen und
- daß sich die Abstützkraft in jeder Hinsicht projektgemäß entwickelt hat.

Aus den bisherigen Beobachtungen leiten wir die berechnete Hoffnung ab, daß sich in Zukunft das endgültige Ziel der Sanierung einstellen wird und ein uneingeschränkter Staubetrieb im Kölnbreinspeicher ermöglicht wird.



## DISKUSION

## DAS VERHALTEN DER KÖLNBREINSPERRE NACH ERRICHTUNG EINER TALSEITIGEN ABSTÜTZKONSTRUKTION

**UNBEKANNT:** Wieviel Prozent des Sperrbetons sind dann noch auf die Vorstützmauern aufgegangen ? Was sind die relativen Kosten des Sperrbetons und Vorbetons ? Warum hat man keinen Sohlstollen gemacht, der sich eigentlich doch als Kontrolle in Bogensperren sehr gut bewährt hat ?

**OBERNHUBER:** Zur ersten Frage, das ist einfach, da gibts Zahlen:

Die Sperre hat 1,6 Mill. Kubikmeter Beton. Das Stützgewölbe 460.000 Kubikmeter Beton, das sind etwa 30%.

Zu den Kosten: Die Kosten der ursprünglichen Sperre sind schwierig anzugeben, da sie auf den aktuellen Stand hochzurechnen wären. Die Kosten des Stützgewölbes, wenn man alles zusammennimmt (Errichtungskosten, Planungskosten und Finanzierungskosten), sind etwas unter 2 Milliarden Schilling. Da ist aber wirklich alles zusammengezählt.

**RIEHL-H.:** Auch die Sanierung im Vorjahr ?

**OBERNHUBER:** Nicht die Ergänzungsmaßnahmen in den Vorjahren. Diese Kosten kenne ich nicht genau, die Größenordnung liegt bei 400 Mio.S. Die Kosten der Gesamtmaßnahmen kommen in die Größenordnung der Errichtung einer neuen Sperre. Eine neue Sperre mit 1,6 Mio m<sup>3</sup> Beton würde, wenn man mit 2000,-/m<sup>3</sup> rechnet, auf ca. 3,2 Mrd. S kommen. Aber von den Kosten habe ich wirklich nicht allzuviel Ahnung, ich habe mich auch damit nicht primär beschäftigen müssen.

**UNBEKANNT:** Wurde da im letzten Abschnitt noch einmal 5 Meter erhöht ?

**OBERNHUBER:** Nein 2 Meter.

Nun zur dritten Frage, die Frage nach dem Sohlstollen: den untersten Kontrollgang

bezeichnet man als Sohlstollen, wenn man diesen nicht 10 m über die Aufstandsfläche setzt, sondern unmittelbar an den Felsen anschließt. Bei der Sperre Schlegeis wurde zum Beispiel ein Sohlstollen angeordnet. Für Sohlstollen gibt es sicher Argumente für und wider, die man im jeweiligen Fall abwägen muß. Bei Schweizer Talsperren zum Beispiel wurden, soweit mir bekannt ist, grundsätzlich keine Sohlstollen angeordnet.

**UNBEKANNT:** In Schlegeis hat man dann eine Schlitzwand.

**OBERNHUBER:** In Schlegeis ja. Den Sohlstollen bei der Sperre Schlegeis hat man aber nicht im nachhinein gefräst, sondern von vornherein angeordnet. Ich kenne nicht alle Argumente, die man bei der Kölnbreinsperre bezüglich eines Sohlstollens überlegt hat, sicherlich haben auch die Erfahrungen Schlegeis und die Vorgehensweisen bei den Schweizer Talsperren eine Rolle gespielt.

**UNBEKANNT:** Der Untergrund war keine Überraschung von der Geologie her, sodaß die Nachgiebigkeit größer war als man angenommen hat. Warum hat man sich also auf diese hohe, große Sperre eingelassen ?

**OBERNHUBER:** Es hat sicher Zeiten gegeben, wo man die unterschiedlichen Nachgiebigkeiten von linker und rechter Flanke sehr ins Treffen geführt hat. Im Zuge der Diskussion und der weiteren Untersuchungen hat sich jedoch herausgestellt, daß nicht so sehr die größere Nachgiebigkeit im Bereich der linken Flanke, sondern eher der sehr steife Untergrund im Bereich der rechten Flanke ein Problem darstellt. Insbesondere das Verhältnis der E-Module Beton und Fels ist in diesem Bereich nicht gerade günstig. Der E-Modul des Betons ist verhältnismäßig niedrig, ca.

180 000 kp/cm<sup>2</sup>, und der des Felsens im Bereich der rechten Flanke sehr hoch, ca. 300 000 kp/cm<sup>2</sup>. Das heißt, in diesem Bereich ist der Felsen um wesentliches steifer als der Beton, was für die Sperrenstatik nicht gerade vorteilhaft ist. Dieses ungünstige Verhältnis der E-Module von Beton und Fels ist sicher auch ein gewisses Spezifikum für Kölnbrein, ich glaube aber nicht, daß es wirklich das Kernstück der Probleme darstellt.

UNBEKANNT: Aber immerhin hat man ja enorm viel in die Vorbereitung des Untergrundes investiert, Horizontalstollen vorgegraben, von denen aus man gebohrt und den ganzen Felsbereich sozusagen erst richtig verfestigt hat.

OBERNHUBER: Ich glaube nicht, daß die Probleme im Untergrund liegen, vielleicht eher an der Ausformung der Aufstandsfläche, das wäre vielleicht ein anderer Punkt. Insbesondere der scharfe Übergang vom Hang zum Talboden kann sicherlich zu Spannungskonzentrationen führen.

HALBMAYER: Während des Überlagerungs-aushubes zeigte es sich, daß die Talform etwas anders geformt ist, als durch die Vorarbeiten bekannt war. Eine Überarbeitung des Sperrenprojektes war dadurch notwendig geworden. Während der Voruntersuchungen wurden in den Sondierstollen u.a. Versuche mit der TIWAG-Radialpresse und Stempeldruckversuche durchgeführt. Die dabei erhaltenen Felskennwerte wurden in den Berechnungen mitberücksichtigt. Generell wurde die Sperre unter den hangparallelen Klüften fundiert. Durch die Bohrungen aus den Horizontalstollen (Dichtschild) hat man den Felsbereich nicht verfestigt.

Anderes ist sogar wahrscheinlich schlechter, das Anlehnen, das Anbetonieren an der hohen wasserseitigen Einbindung. Es hat gerade an der rechten Flanke eine Stelle gegeben, da ist darauf Bedacht genommen worden, daß man den Frostzwickel nicht erreicht, der da darunter ist. Aber es gab auch keine hangparallelen Klüfte, unter die ist man darunter gegangen.

RIEHL-H.: Ist die Frage damit beantwortet?

Ich darf dann noch kurz drei Fragen stellen, die ich gestern schon kurz angeschnitten habe. Erstens einmal, welche Bewertungen gibt es zu diesen Dingen, also zu der Frage, wie weit ein vorzeitiges Verpressen des unteren Gewölbes, die über den Übergang der Wasserdeponie daher aber sehr breit geschilderten Talboden verhindert oder beschränkt hat. Dann vielleicht noch eine Frage: in Italien ist ein Pulvino üblich, wie weit wäre ein solcher in diesem Fall hilfreich gewesen, diese differente E-Modulverteilung in den Griff zu bekommen und als dritte Frage, wie kommt man jetzt auf Dauer mit so einem Pflegefall zu Rande, d.h. ist eine dauernde Betreuung und die Kontinuität der Leute, die nicht beim Bau dabei waren sondern später dann aus den Unterlagen diese Dinge betreuen müssen, gegeben, wie funktioniert das oder wie wird das in Zukunft funktionieren ?

OBERNHUBER: Zur ersten Frage: es geht darum, daß man die Sperre bis zu einem gewissen Niveau betonierte und dann bereits im unteren Bereich die Blockfugen ausinjiziert hat. Gewählt wurde diese Vorgangsweise, um während der Errichtung der Talsperre bereits eine Zwischenstauhaltung zu ermöglichen. Die Frage ist jetzt, ob die Abtragung des Eigengewichtes des oberen Sperrenbereiches durch das Ausinjizieren der Blockfugen im unteren Bereich beeinflußt wird. Insbesondere stellt sich dabei die Frage, ob das Eigengewicht der mittleren Blöcke tatsächlich im Talboden "ankommt", oder in die Flanken abgeleitet wird. Die Berechnungen zeigen im wesentlichen, daß die Ableitung der Normalkraft durch eine Gewölbewirkung im unteren Sperrenbereich nicht beeinflußt wird, während hingegen das Biegemoment aus dem Eigengewicht im Aufstandsbereich der mittleren Blöcke durch die Gewölbewirkung reduziert wird. Wesentlich in diesem Zusammenhang ist auch die Beobachtung, daß 1978 bei leerem Becken vor den Injektionen mit großer Wahrscheinlichkeit der Zustand "unabhängige Blöcke" vorhanden war. Dies kann man aus den Messungen und Beobachtungen ableiten, das habe ich einmal sehr genau nachverfolgt. Ich glaube, daß das vorzeitige Ausinjizieren der Blockfugen im unteren Sperrenbereich

keine nennenswerte nachteilige Auswirkung auf das Tragverhalten hatte.

Nun zur zweiten Frage, der Frage nach dem Pulvino: ob man bei einer Sperre einen Pulvino anordnen soll oder nicht, ist meiner Meinung auch ein wenig Glaubenssache. Bei der Kölnbreinsperre wäre durch die Anordnung eines Pulvinos der Übergang rechte Flanke zu Talboden sicherlich etwas weicher ausgeformt worden. Eine weichere Ausformung hätte sicherlich eine gewisse Entspannung des sehr steifen Eckes gebracht, ein Pulvino hätte aber sicherlich nichts an der globalen Situation, wie z.B. an dem Verhältnis Querkraft zu Normalkraft im Talboden geändert.

Nun zur dritten Frage, der Frage nach der Wartung der Lagerelemente: das ist sicherlich eine sehr wesentliche Frage, und es wurden diesbezüglich auch frühzeitig Überlegungen angestellt. In diesem Zusammenhang ein paar grundsätzliche Bemerkungen zur Lagereinstellung. Bisher wurden die Lager eingestellt in den Jahren 1991, 1992 und 1993. Wir haben 1993 den Vollstau erreicht, es wird beim Absenken wiederum bleibende Verschiebungen geben, was eine Neueinstellung der Lager im nächsten Jahr zur Folge haben wird. Wir haben uns dazu entschieden, bei einer erforderlichen Lagereinstellung immer sämtliche Lager neu einzustellen und nicht nur Teilbereiche. Damit sind immer klare Verhältnisse gegeben. Sind die bleibenden Verschiebungen abgeklungen, so wird an der Lagereinstellung nichts mehr geändert. Man wird sicher 1994 die Lager nochmals neu einstellen, im darauffolgenden Jahr wird man vermutlich an der Lagereinstellung nichts ändern und beim darauffolgenden Aufstau beobachten, wie sich die Lagerkräfte gegenüber dem Vorjahr entwickeln. Wann genau die bleibenden Verformungen soweit abgeklungen sein werden, daß man an der Lagereinstellung nichts mehr ändern muß, ist derzeit noch nicht bekannt. Nichtsdestotrotz ist natürlich die Abstützkonstruktion im ganzen Bauwerk ein Element, das einer intensiven Betreuung bedarf. Dies gilt vor allem in Hinblick auf die Beobachtung und die Auswertung der Ergebnisse. Ich sehe

es jedoch nicht so pessimistisch, daß in 10, 20, 30 Jahren niemand mehr da wäre, der diesen Mechanismus noch versteht und die entsprechenden Entscheidungen treffen kann.

UNBEKANNT: Wie würde man die Sperre, nach den Erfahrungen, ohne diesen unstandesgemäßen Buckel neu machen? Ist man sich darüber im klaren?

OBERNHUBER: Für mich im nachhinein ist es natürlich einfach, gescheit zu reden. Im wesentlichen würde ich zwei Punkte sehen: das eine ist die Ausformung der Aufstandsfläche und das zweite ist die Dicke der Sperre. Ich glaube nicht, daß man heute bei dieser Talform noch eine Sperre mit 1,6 Mio. m<sup>3</sup> Beton konstruieren würde. Aber vor 20 Jahren war eben ein anderer Wissensstand und eventuell auch ein anderer Zeitgeist. Man geht eben immer mit der Entwicklung mit, und man hat im Laufe der Zeit immer schlankere Sperrungen gebaut. Man hat damit trotz einiger Rückschläge gute Erfahrungen gemacht und ist dann wiederum einen Schritt weiter gegangen. Mit Kölnbrein hat man in dieser Entwicklung sicherlich eine Grenze erreicht.

UNBEKANNT: Ist es nicht allgemein so, daß man die große Bedeutung der Scherkräfte am Mauerfuß im Mittelschnitt, verursacht durch das andersartige Verformungsverhalten der Talflanken, unterschätzt hat? Sie haben unten wesentlich größere Querkräfte zu übertragen gehabt oder gleich viele auf eine zu kurze Fläche, sodaß man die Kraftübertragung auf den Felsen zu sehr konzentriert hat. Mit den Lagern können sie ja in Wahrheit herumspielen und auch beliebige Querkrafteintragungen steuern, die Aufteilung können sie jetzt mit dieser Konstruktion ja wählen, das ist ja ein Plus, und jetzt haben sie dann dadurch die Verformungen im Felsen unten besser im Griff als vorher.

Sie haben im Vortrag eigentlich nie gesagt, daß die Stabilität der Mauer nie in Frage gestellt war, das muß man beim Gewölbe einmal sagen, es war nur unbequem, daß da unten soviel Wasser herausrinnt, besonders für die Allgemeinheit und da unten der Beton immer hin und herreißt, gibt es auch Brösel, das ist nicht ganz angenehm, aber sonst glaube

ich, daß die Sperre jetzt damit endgültig im Griff ist.

OBERNHUBER: Ich bin froh, daß Sie das sagen, und ich möchte das auch noch untermauern. Ich hatte ja auch Gelegenheit mit mehreren internationalen Talsperrenexperten über das Problem Kölnbrein zu sprechen. Nach einem Vortrag, den ich in Paris halten durfte, hatte ich zum Beispiel Gelegenheit mit LONDE über das Problem Kölnbrein zu sprechen. Londe war der Ansicht, daß die Sanierungsmaßnahmen sehr interessant und sicher auch zielführend sind, aber nicht unbedingt notwendig gewesen wären. Seiner Ansicht nach, "lebt" die Standsicherheit einer Gewölbemauer von den Flanken und im Talboden könne man bezüglich der Gleitsicherheit gewisse Kompromisse eingehen. Bei Kölnbrein hätte es seiner Meinung nach auch in Zukunft größere Verschiebungen gegeben, durch das Gewölbe wäre aber die Standsicherheit jederzeit gewährleistet gewesen. Es ist sicher richtig, daß Gewölbemauern große Tragreserven besitzen, bei Kölnbrein galt es eben abzuwägen, ob der beobachtete Auftrieb und Verformungszustand im Talboden für einen uneingeschränkten Dauerbetrieb zulässig sind oder nicht.

UNBEKANNT: Wenn man den Teil der Grundfläche gesehen hat, da hat man dann die Teufelei schon gesehen, da waren in Zehnermeterabständen etwa 5 cm breite Klüfte mit den Letten und mit Zerreibsel angefüllt, und wie kompakt ist jetzt so ein Gebilde, das in Wahrheit aus großen Felsklötzen besteht, die zwar 15/20 m Kantenlänge haben, aber doch einzelne Klötze sind, und das Wasser, dieses Biest, das schleift, kann sich da durcharbeiten und macht die Belastung nur noch größer, besonders wenn es dann Risse durch den großen Schub nach unten gibt und dieser Felsen noch dazu ausgeprägte Kriecheigenschaften hat, besonders der Schiefergneis.

OBERNHUBER: Ja, wobei der Schiefergneis schon sehr begrenzt ist.

HALBMAYER: Zum Zeitpunkt des Baues der Kölnbreinsperre war man großteils noch der Meinung, je besser der Untergrund (höherer E-Modul) desto besser ist es für die Sperre.

Heute weiß man jedoch, daß es sehr günstig wäre, wenn der E-Modul des Untergrundes gleich dem E-Modul des Sperrbetons wäre.

UNBEKANNT: Ja, da reißen Sie jetzt eine riesige Frage auf, denn gerade Hauptdolomit vergleicht man mit dem Gneis. Wie ist die Lastveränderung bei vielen Lastwechsel, da bleibt plastisch viel mehr übrig als beim Kalk.

HALBMAYER: Aber der Kalk ist trotzdem besser, z.B. als Betonzuschlag, als Schüttmaterial und er ist höchstwahrscheinlich ein besseres Sperrengrundungsgestein als beispielsweise ein kleinklüftiger Hauptdolomit.

UNBEKANNT: Spielt da nicht auch die Vorbelastung des Gesteins eine Rolle? Die Wände der Alpen bestehen im wesentlichen aus Kalkwänden und im Urgestein und Gneisen sind sie relativ seltener vertreten. Was sagen denn die Alpinisten dazu, ich weiß es nicht?

RIEHL-H.: Im Gneis, im Zentralgneis haben wir ja schon sehr hohe Wände.

UNBEKANNT: Aber so frei dastehend wie in den Dolomiten, um 1000 m hoch, das ist doch relativ selten mit den Spannungen.

HALBMAYER: Ja, das sehen wir im Aufschluß.

UNBEKANNT: Wir werden die Frage nicht lösen, glaube ich.

SEMPRICH: Meine Frage bezieht sich auf die Berechnungen mit den 36.000 Freiheitsgraden mit der Finiten-Elemente-Methode. Sie hatten einmal gesagt, daß es sich um eine nichtlineare Berechnung handelt. Andererseits habe ich auf einer Folie gesehen, daß Sie da Kennwerte angesprochen haben, die mit "E" abgekürzt sind und das interpretiere ich als Elastizitätsmodul und dann haben Sie auch eine Anisotropie, also richtungsabhängig angegeben. Nun, verstehe ich es richtig, daß die Rechnung wohl linear elastisch durchgeführt wurde, daß aber zusätzlich dann die verschiedenen Bauzustände simuliert wurden mit den unterschiedlichen Lagerungsbedingungen, aber linear elastisch?

OBERNHUBER: Es gibt verschiedene Arten der Nichtlinearitäten, Material-Nichtlinearität

täten und statisches System. Die Nicht-linearität hat sich nur auf das statische System bezogen, was die Sache an und für sich nicht einfacher macht zum Rechnen, aber der Untergrund wurde linear elastisch gerechnet orthotrop.

**SEMPRICH:** Zweite Frage: Sie haben anfangs gesagt, daß Sie  $23 \text{ kg/cm}^2$  Zugspannungen errechnet haben, unten im Sohlbereich bei Vollstau auf der wasserseitigen Seite, konnten Sie nach Herstellung der Mauer aus dem Potential der Rißbreiten, die wahrscheinlich aufgetretene Zugspannung im Beton rückrechnen? Ist das dann die Größenordnung gewesen oder welche Zugfestigkeit würden Sie heute diesem Beton zuordnen?

**OBERNHUBER:** Wir haben nicht den Versuch gemacht, die Zugspannungen aus den Rißbreiten nachzuvollziehen, wenn man die gesamten Zusammenhänge kennt, kommt man auch zur Ansicht, daß dies nicht möglich ist. Vielleicht noch einige Bemerkungen zu Zugspannungen und Zugfestigkeit: Was man dabei meiner Meinung nach unbedingt beachten muß, ist, daß Zugspannungen von zum Beispiel  $10$  oder  $20 \text{ kp/cm}^2$  bei einer  $60 \text{ m}$  hohen Sperre einen anderen Stellenwert und eine andere Bedeutung haben, als bei einer Sperre von  $200 \text{ m}$  Höhe. Das ist sehr wesentlich, alleine wenn man die keilende Wirkung des Wassers betrachtet. Unter Zugfestigkeit versteht man im allgemeinen die Zugfestigkeit bei einem Versuch im Trockenen, bei einer Wassertiefe von  $200 \text{ m}$  muß man unter Umständen eine keilende Wirkung des Wassers von  $20 \text{ kp/cm}^2$  dazuzählen. Dies gilt insbesondere im Falle des Vorbodens wie er bei Kölnbrein konstruiert wurde oder wie er zum Beispiel auch bei Zillergründl vorhanden ist. Bei Zillergründl hat eben auch diese keilende Wirkung des Wassers zu einem Schaden geführt, teilweise kennen Sie wahrscheinlich das Problem, das dort aufgetreten ist. Das heißt wiederum, ein Vorboden bei einer Sperre von  $60 \text{ m}$  Höhe kann unter Umständen genau das erfüllen, was man sich von ihm erwartet. Bei einer Sperre von  $200 \text{ m}$  Höhe sind eben noch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen, das heißt beim Übertragen

von Erkenntnissen von einer niedrigeren Sperre auf eine  $200 \text{ m}$  hohe Sperre ist Vorsicht geboten, dies trifft insbesondere auf die Zugspannungen zu. Noch einmal zurück zu Ihrer Frage: Bei Kölnbrein ist es nicht möglich, auf Grund der Messungen der Rißbreiten auf die unmittelbar vor dem Entstehen der Risse vorhandenen Zugspannungen zu schließen.

**UNBEKANNT:** Ein paar Fragen zu Dingen, die kolportiert worden sind, ich verstehe eigentlich nichts davon. Zum einen ist kolportiert worden, daß die Mauer gegenüber dem ursprünglichen Projekt erhöht worden sei, stimmt das, wenn ja, wieviel?

**OBERNHUBER:** Ja, zwei Meter.

**UNBEKANNT:** Zweiter Punkt, daß der Gefrierschirm, den Sie gezeigt haben, mehr Schaden angerichtet habe als, na ja, genützt hat er ohnehin nichts, wie wir wissen.

**OBERNHUBER:** Der Gefrierschirm hat an und für sich insofern genützt, weil man doch 2 Stauperioden den Speicher so bewirtschaften konnte, wie man sich es vorgestellt hat.

**UNBEKANNT:** Es ist auch kolportiert worden, daß dann die Risse umso größer gewesen wären, auch im Hinblick auf diese Auffriering.

**OBERNHUBER:** Von all dem, was wir jetzt wissen aus dieser Zeit, und ich glaube, man sieht diese Dinge jetzt schon halbwegs objektiv, gibt es keine wirklichen Hinweise, daß der Gefrierschirm grobe Schäden zur Folge gehabt hätte. Natürlich war man sich auch damals im klaren, daß man den Gefrierschirm nicht 10 Jahre betreiben wird können, erstens war ja der Betrieb nicht einfach, wie Sie auf einem der Dias gesehen haben, und zweitens wäre der oftmalige Frost/Tau-Wechsel für das Material sicher nicht gut gewesen. Deshalb wurde der Gefrierschirm auch immer als Übergangslösung betrachtet bis der Vorboden zur Verfügung gestanden ist.

**UNBEKANNT:** War zum Zeitpunkt, wo der Gefrierschirm gemacht worden ist, bereits der Vorboden im Gespräch oder beschlossen?

**OBERNHUBER:** Während des Betriebes des Gefrierschirmes ist der Vorboden gebaut worden. Zu welchem Zeitpunkt die Idee des Vorbodens das erste Mal aufgetaucht ist, kann ich nicht genau sagen. Der Gefrierschirm war sicher eine Brücke zum Vorboden.

**UNBEKANNT:** Die dritte Frage: damals ist gesagt worden, eine Sperre bis 160 m Höhe, die haben wir im Griff, das ist klar, da kann nichts passieren; und jetzt diese 200 m Sperrenhöhe, wie würden sie heute darüber denken, sind heute auch 200 m hohe Sperre problemlos oder wie schaut es da aus?

**OBERNHUBER:** Ich glaube, man kann sicher 200 m hohe Gewölbemauern problemlos bauen, ich glaube, auch bei der Breite und Talform wie in Kölnbrein. Es gibt mehrere Gewölbemauern, die höher als 200 m sind, zum Beispiel El Cajon in Honduras. Eine Gewölbemauer Kölnbrein würde man jedoch heute sicherlich nicht mehr mit 1,6 Mio. m<sup>3</sup> Beton konstruieren.

**UNBEKANNT:** Doppelte Menge oder ?

**OBERNHUBER:** Das ist jetzt a tempo schwierig zu sagen, doppelte Menge würde ich nicht meinen.

**RIEHL-H.:** Darf ich kurz noch einmal nachfragen, sie haben zuerst gesagt betreffend der Seitenkräften, die Sperre würde unten "klick" machen und sie stützt sich seitlich auf. Wie schaut das aus, wenn ich stau, da würde immer mehr Wasser unten rauskommen und das würde über kurz oder lang doch zu beträchtlichen Korrosionen führen. Nutzbar ist es dann nicht mehr, das war die Frage.

**OBERNHUBER:** Man muß vielleicht auch auf eines hinweisen, das wird sehr viel übersehen oder nicht entsprechend beachtet. Wir in Österreich haben es im allgemeinen mit Jahresspeichern zu tun, die sind im Herbst voll und im Frühling leer. Das heißt, wir haben jedes Jahr einen Stauzyklus. Es gibt jedoch eine Anzahl von großen Sperren, wie zum Beispiel El Cajon, da wird einmal aufgestaut und dann schwankt der Stauspiegel nur mehr in den obersten 10 m. Ich sage nicht, daß das ein günstigerer Belastungsfall ist als bei unseren Sperren, der Unterschied in der

Belastung ist jedoch nicht außer Acht zu lassen. Man kann zum Beispiel im Fall von nur geringen Stauspiegelschwankungen Problemlösungen, wie Ausinjizieren von offenen Rissen, ins Auge fassen, die man bei großen Stauspiegelschwankungen unter Umständen nicht ins Auge fassen würde. Natürlich werden auch die Speicher mit nur geringen Stauspiegelschwankungen irgendwann abgesenkt werden, aber es ist eben ein Unterschied, ob man das jedes Jahr macht oder in 30 Jahren einmal. Nun unmittelbar zu Ihrer Frage: Obwohl eine Gewölbemauer unbestritten hohe Tragreserven besitzt, würde ich nicht meinen, daß auf eine solide Standfestigkeit im Talboden verzichtet werden kann. Ich glaube, man sollte eine Talsperre sicherlich nicht so ausreizen, insbesondere dann nicht, wenn man jährlich be- und entlastet.

**RIEHL-H.:** Die Frage wird eindeutig mit nein zu beantworten sein, falls eine Gefahr für die Unterwohnenden besteht. Wo man sagt nein?

**OBERNHUBER:** So sehen es wir auch und ich auch die Behörde sieht es so und deswegen haben wir die Situation, die wir jetzt vorfinden.

**RIEHL-H.:** Sind noch Fragen ? Wenn dem nicht so ist, dann darf ich recht herzlich danken für Ihre Ausführung und daß sie sich für die Diskussion zur Verfügung gestellt haben.

Diskussionsbeiträge von:

**HALBMAYER, Dr.H.,**  
*Verbundgesellschaft,*  
*Am Hof 6A,*  
*A-1010 Wien*

**RIEHL-HERWIRSCH, Dr.G.,**  
*Institut f. Geologie*  
*Technische Universität Wien*  
*Karlsplatz 13,*  
*A-1040 Wien*

**SEMPRICH, o.Univ.Prof.Dipl.Ing.Dr.S.,**  
*Inst.f. Bodenmechanik u. Grundbau,*  
*Technische Universität Graz,*  
*Rechbauerstraße 12,*  
*A- 8010 Graz*