

## **Internationale Vorträge über Tsunami-Flut-Barrieren (TFB)**

**2014 International Conference on Coastal & Ocean Engineering Dubai April 4 - 5, 2014**

*Tidal Energy and Large-Scale Fish Farming, Benefits of Novel Tsunami and Flooding Barriers:*  
Hans J. Scheel

**6<sup>th</sup> International Tsunami Symposium Nicoya, Costa Rica September 2 – 5, 2014**

*Novel Tsunami Barriers and their Applications for Hydroelectric Energy Storage, Fish Farming, and for Land Reclamation:* Hans J. Scheel

**Seminar at Leichtweiss-Institute for Hydraulic Engineering & Water Resources, Dept. of Hydromechanics & Coastal Engineering, Technical University Braunschweig December 4, 2014:**

*Novel Tsunami and Flooding Protection Barrier:* Hans J. Scheel

**7<sup>th</sup> International Tsunami Symposium ISPRA, Italy September 12 – 15, 2016**

*Novel Tsunami and Flooding Barrier, Possible Solution for the Fukushima Water and Waste Problems:*  
Hans J. Scheel

**9<sup>th</sup> International PIANC COPEDEC Conference Rio de Janeiro October 16 – 21, 2016**

*Submerged Vertical Cylinder Barriers to Prevent Flooding and Erosion:* Hans J. Scheel

## **Publikationen**

*Novel Approach to Tsunami, Flooding Barriers:* Hans J. Scheel, **Sea Technology** Dec. 2013, 81.

*New Type of tsunami barrier:* Hans J. Scheel, **Natural Hazards, J. International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards** 70 (2014)951-956.

*Novel Tsunami Barriers and their Applications for Hydroelectric Energy Storage, Fish Farming, and for Land Reclamation:* Hans J. Scheel, **Science of Tsunami Hazards, J. of Tsunami Society International** 33 (No.3) (2014)170 – 192.

*Hydrodynamic Efficiency and Loading of a Tsunami-Flooding Barrier (TFB):*Hisham Elsafti, Hocine Oumeraci, Hans J. Scheel, **Coastal Engineering 2016 (ASCE)** (2017) 1-12.

## **Erteilte Patente betreffend Tsunami-Flut-Barrieren und deren Konstruktion**

**Republic of Singapore No. 2014009559 erteilt 18. August 2016**

SUBMARINE CONSTRUCTION FOR TSUNAMI AND FLOODING PROTECTION, FOR TIDAL ENERGY AND ENERGY STORAGE, AND FOR FISH FARMING

**New Zealand No. 620978 erteilt 1. Dezember 2015**

SUBMARINE CONSTRUCTION FOR TSUNAMI AND FLOODING PROTECTION, FOR TIDAL ENERGY AND ENERGY STORAGE, AND FOR FISH FARMING

**Europa-Anmeldung soll bald realisiert werden**

Weitere Patentanmeldungen in Australien, China, Indien, Japan, Vereinigte Arabische Emirate sind in Bearbeitung.

**Zwei TFB – Abstracts** (beigefügt)

**1 Abstract des WODIL-Bordeaux-Vortrags 14./15.9.2017**

**Realisierbare Lager für Radioaktive Abfälle (Konzept)**

# Novel Tsunami and Flooding Protection Barrier (TFB) for Coastal Cities

Dr.-Ing. Hans J. SCHEEL

General Protection Engineering GmbH, Switzerland [hans.scheel@bluewin.ch](mailto:hans.scheel@bluewin.ch)

## Abstract

Tsunami hazard can be prevented when the pressure waves from earthquakes and landslides are reflected by a stable vertical barrier in the sea before the catastrophic high Tsunami waves near the coast are formed. Building of such deep walls of 20m to 30m depth by conventional submarine technology is difficult and expensive. In this lecture the principle and the erection of submarine walls by relatively simple efficient and economic technologies will be described. These are based on lowering high-strength steel fences with horizontal anchors, or two parallel steel fences with distance holders, and attached concrete foundation into the sea (after dredging a deep sea-bed) and fixing the fences with rocks or rubble deposited from top with additional supply of concrete. Barriers parallel to the coastline are preferably built as empty triangular cylinder with attached concrete foundation - of 300m to more than 1km length- on land/in the harbour, transported by floatation to the intended site (in advance prepared by dredging), and then filled with rocks, concrete, grout, sand. These barriers extend 8m to 10m above sea level and have concrete walls on top to protect a concrete service road. The top concrete walls are protected against storm surges by replaceable surge stoppers (parapets). The oncoming waves are doubled in height and reflected at the vertical wall (from computer simulation). Also the maximum expected load from tsunami pressure wave of 7 tons per m<sup>2</sup> has been found numerically by H. Oumeraci and H. ElSafti at Technical University Braunschweig.

The barriers protect threatened cities and coastlines against tsunami waves and against highest waves from tropical storms, but also against oil spill and other contamination from the ocean and thus protect flora, fauna and beaches. Channels, gates and sluices allow navigation. A specific application is proposed for the Fukushima radioactive water and waste problem.

The construction costs can partially be compensated with **dump for waste** from large coastal cities followed by **land reclamation** between barrier and coast, by **pumped hydroelectric energy storage** between large sea reservoirs and nearby elevated artificial lakes formed by excavating the required rocks, or by **large-scale fish farming - combined with renewable tidal energy for fresh sea water** - in the reservoir between barrier and coast. This submarine architecture may also be used for building **reliable dikes and for roads into the sea**.

## History of TFB

The author had enjoyed many visits to Japan including collaboration, support for his research, and as visiting scholar/professor. Also he had received the Dr. of Engineering from Tohoku University, Sendai, Japan. After a successful career in crystal technology (see [www.hans-scheel.ch](http://www.hans-scheel.ch)) and retirement he was shocked by the Tohoku tsunami catastrophe 2011 and then studied tsunami books and literature. He discovered the possibility to prevent flooding by a submerged vertical barrier which reflects tsunami impulse waves and storm waves. This was then presented in lectures at international conferences and in publications, and patent applications were placed internationally. The first patents were recently granted by New Zealand and Singapore.

The collaboration about computer simulation of the hydrodynamics and of the load onto the tsunami-flooding-barriers with the Technical University Braunschweig/Germany, Department of Hydromechanics and Coastal Engineering, terminated and will be presented at the ICCE 2016/ASCE Conference July 17-20, 2016 in Istanbul (postponed due to Turkey crisis) and also at the IXth PIANC-COPEDEC Conference October 17 to 21, 2016 in Rio de Janeiro, Brazil.

## Biography

**Hans J. Scheel**, Swiss citizen, chemical background, has worked 25 years in universities in Switzerland, Brazil (as full professor) and Italy and 21 years in chemical, electronic and machine industries in Germany, Switzerland and USA. After retirement from Swiss Federal Institute of Technology (ETH) he was visiting professor/invited scholar at Osaka and Tohoku Universities, Japan and at Shandong University, China. His Accelerated Crucible Rotation Technique ACRT is worldwide applied and demonstrated the importance of forced convection in crystal production, in contrast to the early concept of reduced convection and microgravity. He was co-organizer of European and International Conferences and organized four International Workshops on Crystal Technology between 1998 and 2008. He has given 150+ international invited lectures, is the author of 140 technical publications and patents and co-author and editor of seven books in the field of crystal technology.

For his inventions and achievements he received the Dr.(DSc) of Engineering from Tohoku University Japan (1995), was elected member of the Russian Academy of Engineering Sciences (1996), and got awards from Swiss (1972), British (2000) and Korean (2001) Crystal Growth Associations and from IBM (1972,1975,1982). In March 2017 he received the biannual DGKK-Preis 2017 for life achievements at the German-Swiss Conference on Crystal Growth in Freiburg/Germany. After retirement he got involved in education of crystal technologists for energy, since the Tohoku Tsunami March 11, 2011 in Tsunami-Flooding-Barriers and Dikes, and since 2016 in efficient economic deposits for radioactive waste. [www.hans-scheel.ch](http://www.hans-scheel.ch)

## ***References***

Hans J. Scheel (2014): Novel Tsunami Barriers and their Applications for Hydroelectric Energy Storage, Fish Farming, and for Land Reclamation, Science of Tsunami Hazards, Journal of Tsunami Society International, 33(3), 170–192.

Hans J. Scheel, Hisham Elsafti and Hocine Oumeraci (2016): Hydrodynamic Efficiency and Loading of a Tsunami-Flooding Barrier (TFB), oral presentation at the 35<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering ICCE'2016, Istanbul/Turkey July 17-22, 2016: postponed due to Turkey crisis.

# HYDRODYNAMIC EFFICIENCY AND LOADING OF A TSUNAMI-FLOODING BARRIER (TFB)

Hans J. Scheel, Scheel Consulting, Switzerland, [hans.scheel@bluewin.ch](mailto:hans.scheel@bluewin.ch)  
Hisham Elsafti, Leichtweiss-Institute, TU Braunschweig, Germany, [h.elsafti@tu-braunschweig.de](mailto:h.elsafti@tu-braunschweig.de)  
Hocine Oumeraci, Leichtweiss-Institute, TU Braunschweig, Germany, [h.oumeraci@tu-braunschweig.de](mailto:h.oumeraci@tu-braunschweig.de)

## INTRODUCTION

The Tsunami-Flooding Barrier (TFB) proposed by Scheel (2014) is a fully vertical structure extending from sea bottom to a height of 8m to 10m above sea level, in contrast to earlier submerged structures as they had been reviewed by Strusińska (2010). The vertical barriers of sea depth in the range 20m to 40m will fully reflect the impulse waves of tsunami. They are built by the double-pontoon technology or by depositing large cylinders floating from the harbor and then filled with rocks, gravel, sand or concrete. In this study, the hydrodynamic properties and wave loads on TFB structures are studied.

## HYDRODYNAMIC MODELING OF TFB

A far-field depth-averaged Boussinesq-type model, pCOULWAVE, is coupled with a near field Navier-Stokes CFD model (in OpenFOAM). The far-field model is used to simulate the propagation and transformation of realistic tsunami waves over long distances (i.e. thousands of kilometers), then the coupling utilities is used to transfer the output of the far-field into input to the near-field, in which the fluid-structure interaction can be simulated more accurately with much less computational time. This procedure provides more accurate properties of the tsunami as well as more accurate simulation of the fluid-structure interaction in the near-field. The model is validated using results of physical model tests of a solitary wave attacking a column of a square cross section. Results

are compared to results of wave pressure on a continuous wall.

## WAVE LOADS ON TFB

Using the validated numerical model system, a parameter study was conducted to explore the effect of different relevant parameters; for example front face roughness, wave properties, effect of a deflecting parapet (i.e. surge stopper). Additionally, a simplified method is developed for solitary wave loads on vertical impermeable barriers in relatively large depths. Figure 1 illustrates the idealized pressure distribution on the wall. Wave pressure  $p$  and wave run-up  $\eta^*$  can be calculated as:

$$p = 0.5 \rho c \eta^2 \quad (1)$$

$$\eta^* = \beta H, \quad (2)$$

where  $\rho$  is water density,  $c$  is the wave celerity and  $H$  is the incident wave height. The parameters  $\alpha$  and  $\beta$  can be calculated from the developed following expressions:

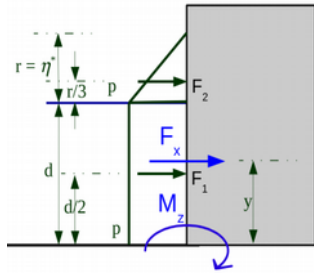


Figure 1: Definition of wave loads on the TFB structure

Figure 2 illustrates the propagation of a tsunami wave against the water depth for the case without a TFB structure, compared to the run-up calculated in front of the structure in case a TFB structure is to be placed at any given depth using the Goda method and the method developed in this study. In Figure 2, two tsunamis are considered: 0.3m and 1m wave height at a 4000m water depth, respectively.

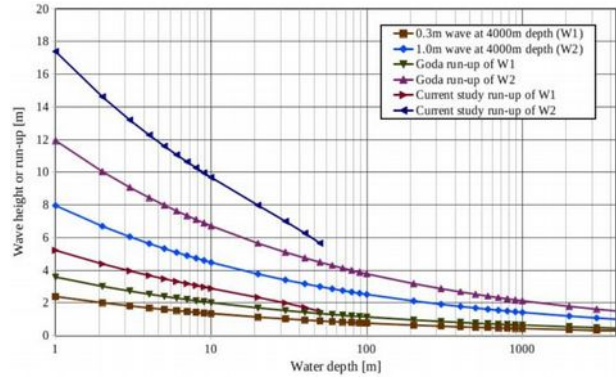


Figure 2: Incident wave height (no TFB) and run-up (in front of a TFB) calculated by the Goda method and the method proposed in this study, against water depth, for two tsunami examples of wave height 0.3m and 1m, respectively, at water depth of 4000m

#### ACKNOWLEDGMENT

This study was carried out at the Leichtweiss-Institute within the TsuBar (Hydrodynamic Modeling of the Tsunami-Flooding Barrier TFB) project, which is funded by Scheel Consulting, Switzerland. Support from Professor Patrick Lynett regarding the pCOULWAVE model is gratefully acknowledged. OpenFOAM® is a registered trade mark of OpenCFD Ltd.

$$\alpha = 3.516 H_*^3 - 7.213 H_*^2 + 4.446 H_* - 0.021, \quad (3)$$

$$\beta = 2.19 - 0.000682 L, \quad (4)$$

where  $L$  is the wave length,  $d$  is the water depth and the wave height water depth ratio,  $H_* = H/d$ . The developed method is compared with the traditional Goda method for estimating wave loads on the structure.

Scheel, H. J. (2014): Novel Tsunami Barriers And Their Applications for Hydroelectric Energy Storage, Fish Farming, and for Land Reclamation, *Journal of Tsunami Society International*, 33(3), 170–192.

Strusińska, A. (2010): Hydraulic Performance of an Impermeable Submerged Structure for Tsunami Damping, *ibidem-Verlag Stuttgart*, Germany.

## PERFECT CRYSTALS: PROPOSED EDUCATION OF CRYSTAL TECHNOLOGISTS

Hans J. Scheel

*General Protection Engineering (GPE) GmbH Switzerland*

Swiss Office : Bromattenweg 2, 3805 Goldswil b. Interlaken, Switzerland

Greek Office (October to May) : Poulithra, 22300 Leonidion, Greece

E-mail: [hans.scheel@bluewin.ch](mailto:hans.scheel@bluewin.ch) [www.hans-scheel.ch](http://www.hans-scheel.ch)

### Summary

The perfection of crystals and of epitaxial layers (“epilayers”) is a main factor for the quality of physical investigations and for the performance of devices in all fields of applications. In the early phase of crystal growth in the 19<sup>th</sup> century and most of 20<sup>th</sup> century the crystal perfection depended on the intuition and experience of the crystal growers. These experts often kept their procedures and details of the growth process secret. Thus crystal growth was often regarded by physicists as cooking by recipes. With the formation of national and international crystal growth organizations from the 1960s/1970s and the corresponding conferences the exchange of experiences and the scientific approach to crystal growth started. However, there are typical 10 to 12 or more parameters which have an impact on the growth process and thus on crystal perfection. The involvement of the three aggregates vapor, liquid and solid and their phase transitions and interdependences on the one hand, and the most important growth parameters growth temperature, temperature gradient, supersaturation, hydrodynamics/aerodynamics establish an enormous complexity. Thus the theoretical understanding of real growth processes still is marginal. Some progress was achieved by computer simulation of industrial crystal production.

In the following a few empirical approaches to achieve large perfect crystals from (high-temperature) solutions will be discussed [1]. The first problem is to find a **solvent system** where the solute has sufficient solubility (preferred more than 5%), where the solvent is not incorporated in the crystal by different valency or ionic radii, and where the solubility curve allows precise control of supersaturation. **The control of nucleation for achieving large crystals** requires an extremely clean solution free from any solid particles, a container surface without epitaxial and topotaxial structures, a homogeneous solution achieved by forced convection (thereby considering the metastable Ostwald-Miers region), the precise control of temperature and temperature gradient, and providing a nucleation site by localized cooling or by a seed crystal.

Inclusions are a common problem in growth from solutions and can be prevented by reducing the diffusion boundary layer thickness by forced convection combined with calculated supersaturation control for the **maximum stable growth rate** [2] or in highly concentrated solutions by preventing **diffusional undercooling** of Ivantsov [3] by stabilizing temperature gradients respectively **constitutional supercooling** derived later by Tiller et al. [4].

Inhomogeneity has long been regarded as problem, the **striation problem**. These growth bands were related to convective instabilities so that large expensive efforts in microgravity in Skylab/Spacelab were undertaken to minimize natural convection. However, zero gravity cannot be achieved over extended periods, and without convection the stable growth rate becomes

excessive long so that large inclusion-free crystals cannot be grown in space. The author has developed smooth forced convection by acceleration and deceleration of crucible rotation, the Accelerated Crucible Rotation Technique ACRT [5]. This allows higher stable growth rates by reducing the diffusion boundary layer, nucleation control, and in combination with very precise temperature control by means of the PtRh6 versus PtRh30 thermopyle [6] and optimized programming of supersaturation the **first growth of striation-free solid-solution  $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$  (KTN) crystals** together with Daniel Rytz [7]. The theory of striation-free growth and the derivation of the effective distribution coefficient for growth from solutions was developed with Bob Swendsen [8]. Dislocation-free  $\text{SrTiO}_3$  crystals are achieved by inclusion-free growth from solutions and minimum contact with crucible surface [9].

Highest perfection with lowest dislocation density can also be achieved in epitaxy at very low supersaturation. Stringfellow showed in a diagram the large difference in supersaturation for GaAs for epitaxy from the vapor phase ( $\sim 75$  kcal/mole) and the very small driving force of  $< 0.03$  kcal/mole for liquid phase epitaxy LPE [10]. Only by LPE, near thermodynamic equilibrium, the multiple surface nucleation and island formation by Volmer-Weber or Stranski-Krastanov growth mode can be prevented and **dislocation-free atomically flat surfaces** be obtained by the Frank-Van-der-Merwe growth mode as was shown for GaAs [11, 12], for high-temperature superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  [13], and theoretically with A. Chernov [14]. The **control of 8 epitaxial growth modes** and their role in layers and multilayers was discussed in [15, 16].

Enhanced progress in crystal growth and thus in sciences and technologies, especially in energy technology, requires **education of crystal technologists** which will be briefly discussed and is described in a WHITE PAPER (17).

- [1] D. Elwell, H.J. Scheel: Crystal Growth from High-Temperature Solutions, Academic Press (1975), online edition with Ch. 11 and two appendices in [www.hans-scheel.ch](http://www.hans-scheel.ch)
- [2] H.J. Scheel, D. Elwell, J. Crystal Growth **12**, 153-161 (1972)
- [3] G.P. Ivantsov, Dokl.Akad.NAUK SSSR **81**, 179 (1951), **83**,573 (1952)
- [4] W.A. Tiller, K. A. Jackson, Rutter, B. Chalmers, Acta Met. **1**,428 (1953)
- [5] H.J. Scheel, J. Crystal Growth **13/14**, 560-565 (1972)
- [6] H.J. Scheel, C.H. West, J.Phys.E: Scientific Instruments **6**, 1178 (1973)
- [7] D. Rytz, H. J. Scheel, J. Crystal Growth **59**, 468-484 (1982)
- [8] R.H. Swendsen, H.J. Scheel, J. Crystal Growth **233**, 609-617 (2001)
- [9] H.J. Scheel, J.G. Bednorz, P. Dill, Ferroelectrics **13**, 507-509 (1976)
- [10] G.B. Stringfellow, J. Crystal Growth **115**, 1(1991)
- [11] H.J. Scheel, Appl. Phys. Lett. **37**, 70-73 (1980)
- [12] H.J. Scheel, G. Binnig, H. Rohrer, J. Crystal Growth **60**, 199-212(1982)
- [13] H.J. Scheel, C. Klemenz, F.-K. Reinhart, H.P. Lang, H.-J. Güntherodt, Appl. Phys. Lett. **65**, 901-903 (1994)
- [14] A.A. Chernov, H.J. Scheel, J. Crystal Growth **149**, 187-195 (1995)
- [15] H.J. Scheel, Proceedings Internat. Symposium on Laser & Nonlinear Optical Crystals, editor T. Sasaki, Data Storage Institute, Singapore, 10-18 (1997)
- [16] H.J. Scheel, Ch. 1 in "Liquid Phase Epitaxy", eds. P. Capper, M. Mauk, Wiley (2007)
- [17] F.J. Bruni, H.J. Scheel: White Paper in [www.hans-scheel.ch](http://www.hans-scheel.ch)

# Realisierbare Endlager für Radioaktive Abfälle (RA)

8.1.2017/ 6.6.2017

Hans J. Scheel

Radioaktive Abfälle entstehen bei der Elektrizitätserzeugung in Atomkraftwerken, bei der Atombombenproduktion und bei der Verwendung radioaktiver Elemente in Medizin und Forschung. Es werden unterschieden

- Hochaktive Abfälle (HAA): Verbrauchte Brennelemente, verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung von verbrauchten Brennelementen, Alphatoxische Abfälle (mehr als 20'000 Alpha-Zerfälle pro Gramm und Sekunde).
- Schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA): Alle anderen radioaktiven Abfälle.

HAA erreichen nach etwa 200'000 Jahren die Radiotoxizität des ursprünglich abgebauten Urans, SMA erreichen nach etwa 30'000 Jahren die Radiotoxizität von Granitgestein, enthalten aber langlebige Isotope. Gewünschte Einschlusszeit für RA liegt zwischen 100'000 und 1 Million Jahren.

Die Schweiz hat ca. 8'000m<sup>3</sup> HAA- und 92'000 m<sup>3</sup> SMA-Abfälle, Deutschland ca. 30'000m<sup>3</sup> HAA (> 26 CASTOR-Behälter)- und 300'000m<sup>3</sup> SMA-Abfälle.

## Geologische Tiefenlager

Diese wurden entsprechend dem Prinzip entwickelt, dass alle Gesteinsarten, die an oder nahe der Erdoberfläche liegen, durch physikalisch-mechanische und chemische Einwirkung (Verwitterung, Erosion) zerkleinert, zersetzt, umgewandelt und aufgelöst werden. Deshalb wurden geologische Tiefenlager entwickelt mit Kammern in Granit, Salzstöcken oder in Tongestein (Opalinuston, Bentonit), wobei eine geologische Barriere diese Lager nach oben verschliesst und Kontakte mit der Biosphäre dauerhaft ausschliessen soll. Da die Einwirkung von Wasser (Feuchtigkeit) und Gasen und damit die Korrosion der Stahlfässer möglich ist, werden die HAA bei der Wiederaufbereitung „verbrannt“ und zu einer Schlacke verglast und dann in dicke Gusseisenbehälter „konditioniert“, dies mit dem Ziel der verringerten Auflösung der glasartigen Schlacke durch reaktives Wasser bei erhöhten Temperaturen und dem Druck im Untergrund. Bei der Korrosion von Eisen mit Wasser und Sauerstoff entstehen Eisenoxide und Hydroxide:  $Fe + O_2 + H_2O \gg Fe_2O_3 + FeO + Fe(OH)_3$  und mit Säuren (explosiver) Wasserstoff, wobei diese Reaktionen bei Anwesenheit von Salzwasser verstärkt ablaufen.

Salzbergwerke (z.B. Gorleben) kommen als Endlager nicht in Frage, weil Salz laufend rekristallisiert (Przibram 1953, Neukirchen & Ries 2014) und wasserdurchlässig wird und weil salzhaltiges Wasser sehr korrosiv ist, allerdings hätte Salz den Vorteil der hohen Wärmeleitfähigkeit (Geophysiker der Universität von Texas in Austin: Masa Prodanovic, Marc Hesse).

Tongesteine (Schichtsilikate, Bentonit, Apolinus-Ton) geben bei Druck- oder Temperaturerhöhung Wasser ab, und bei Wasseraufnahme findet Aufquellung statt. Ausserdem werden Tongesteine wesentlich schneller aufgelöst als Gerüst-Silikatgesteine des Granit. - Der Bau von geologischen Tiefenlagern ist sehr komplex, mit grossem finanziellem Aufwand verbunden und stösst bei der betroffenen Bevölkerung auf heftigen Widerstand. Die Entsorgungskosten für die vier Kernkraftwerke (KKW) der Schweiz werden mit 20.7 Mrd CHF angegeben (Kostenstudie 2011 SWISSNUCLEAR), und der Rückbau der 4 KKW mit total 3 Mrd CHF. Die Gesamtkosten für Entsorgung und Rückbau in Deutschland dürften 100 Mrd EURO übersteigen.

Es ist den Geologen gelungen, geologische Tiefenlager als einzige Möglichkeit international durchzusetzen und auch von der IAEA in Wien anerkannt zu bekommen. Auch würde dies den Geologen-Nachwuchs für Jahrzehnte sichern.

***Jedoch erlauben die Erkenntnisse der Materialwissenschaften, der Chemie und der Bautechnologie der letzten 60 Jahre, besonders von verbesserten Baumaterialien und von entdeckten neuen Materialien, ein alternatives Endlager zu konzipieren, das die oben geschilderten Probleme und Nachteile nicht hat und das mit relativ geringem Aufwand an einsamen Orten gebaut werden kann, wo ein kleiner politischer Widerstand erwartet wird. In Anbetracht der langen Lagerzeiträume (bis zu 1 Million Jahre) gilt für jedes Endlager, dass geographische Veränderungen durch Eiszeiten und Gletscherbildung, durch Effekte des Klimawandels, aber auch durch Veränderung der Umlaufbahn der Erde und des magnetischen Nordpols und durch Kontinentalverschiebung möglich sind und sowohl geologische Tiefenlager als auch Höhenlager betreffen können.***

## Konzept der Höhenlager

Oberhalb des Grundwasserspiegels gibt es viele Lokalitäten, wo auf stabilem Felsuntergrund Höhenlager gebaut werden können. Wegen geringer Wasserlöslichkeit, massiver Dichte und guter mechanischer Festigkeit bieten sich Tiefengesteine (Granit, Gneis, Basalt, Diorit usw.) an, die ja etwa 80% der Erdkruste bedecken. Als Standorte werden einsame Täler in den Bergen bevorzugt, die verkehrsmässig mit (neuer) Zahnradbahn und Strasse gut erschlossen werden können und die nicht populäre Wandergebiete sind oder intensiv für Agrarzwecke genutzt werden. Weiterhin sollten Erdbeben-, Vulkan- und Überflutungsgebiete nicht gewählt werden, auch Bergrutsch- und Lawinen-Zonen sollten nicht in Frage kommen. Auch sollte die nächste Eiszeit in 50' bis 100'000 Jahren mit den folgenden Gletscherbewegungen berücksichtigt werden.

Für die Realisierung der Höhenlager gibt es die Varianten a) eines künstlichen Hügels, b) eines Kunstbaus, c) des Teil-Abbaus eines vorhandenen Berges und (nach Fertigstellung des Höhenlagers) anschliessender Wiederherstellung der Ursprungsform, oder d) die Nutzung einer militärischen Bergfestung (Bunker).

Effiziente Konstruktion des Höhenlagers kann erreicht werden, wenn der Aufwand für den Anschluss an das Bahnnetz gering ist und dann der Transport der Baumaschinen und später der radioaktiven Abfälle nicht zuviel Zeit beansprucht. Eine (neue) Zahnradbahn in geschlossener Galerie, mit Anschluss an das Bahnnetz mit passender Spurweite, wird nützlich sein und kann später als Verkehrsmittel und dem Tourismus dienen.

*Durch Zufall hat der Autor vor etwa 50 Jahren eine Wanderung in einem Gebiet in den Schweizer Alpen durchgeführt, das diesen Ansprüchen weitgehend entspricht, zusammen mit Dieter Schwarzenbach (1963 Doktorand ETH Kristallographie, jetzt Prof.emer.), von Ambri-Piotta/Tessin Aufstieg zu*



**Für die Variante a)** besteht das Endlager aus einem künstlichen Hügel, der auf einem relativ flachen Gelände mit Felsuntergrund gebaut wird und sich nach Fertigstellung der Landschaft anpasst, siehe **Figur 1**. Anschliessend wird ein Fels-Hügel gestaltet (**Figur 2**) oder eine vom Architekten gewünschte Struktur, die gut in die Umgebung passt. Eine zentrale Kammer kann für die Lagerung der HAA-Abfälle eingerichtet werden mit einem Betonkanalausgang, der später für die Rückholung der Container genutzt werden kann und jetzt aber mehrfach gesichert und verschlossen wird (**Figur 3**). Auch werden Temperatur- und Feuchtigkeits-Messfühler und Rohre für Gasmessungen in einen eingebauten von aussen zugänglichen Kontrollraum verlegt. Die anfängliche Wärmeentwicklung der HAA-Abfälle kann mittels Wärmeleitflüssigkeit und äussere Wärmetauscher genutzt werden (Hotelheizung, Elektrizität). Die Struktur der Höhenendlager wird mit optimierten Materialien (Spezial-Stahlbeton, rostfreier Stahl, Granitplatten und Glasplatten usw.) hergestellt, so dass sie allen Einwirkungen (z.B. Raketen, Wetter) für mindestens 1 Million Jahre widerstehen kann. **Nur durch die Trockenlagerung kann die Korrosion der Eisen-Container weitgehend verhindert werden.** Dafür ist auch eine spezielle Konditionierung der Abfälle erforderlich.

Als Arbeiterunterkunft dient ein einfaches Hotel in der Nähe des Endlagers, das nach Beendigung der Arbeiten für Tourismus eingerichtet wird.

### **Realisierung der Höhenlager in Deutschland**

Unter Mitwirkung von Technischen Universitäten wie KIT, TUM, Hamburg-Harburg und RWTH, dem Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit-BfE, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR und dem Bundesamt für Strahlenschutz, von Instituten der Fraunhofer- und der Helmholtz-Gesellschaft, gemeinsam mit Geographen, Geologen, Geophysikern, Bauingenieuren, Architekten, Chemikern und Materialwissenschaftlern, muss ein Konzept/Projekt ausgearbeitet werden, das die Politiker überzeugt und dann von einem Generalunternehmer und Industriefirmen mit Spezialerfahrung (wie z.B. Siemens) realisiert wird. Mit Hilfe der Medien (Fernsehen, Zeitungen, Filme, Twitter usw.) soll die Bevölkerung sachlich, frühzeitig und parteiunabhängig mit Hinweis auf milliardenschwere Einsparungen, volle Sicherheit und reduzierte Strompreise aufgeklärt werden. Der Landeigentümer und betroffene Dörfer und Städte werden von Anfang an für die Umtriebe entschädigt und haben später den Nutzen durch die neue Zahnradbahn.

### **Realisierung der Höhenlager in der Schweiz**

Unter Mitwirkung der ETH Zürich und den Fachhochschulen, des Bundesamtes für Energie BFE, Eidgenöss. Nuklear-Sicherheitsinspektorat ENSI mit der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK, der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle NAGRA, des Bundesamtes für Raumentwicklung ARE, und des Bundesamtes für Umwelt BAFU, gemeinsam mit Geographen, Geologen, Geophysikern, Chemikern, Bauingenieuren, Architekten und Materialwissenschaftlern wird ein Konzept ausgearbeitet, das die Politiker überzeugt und dann von einem Generalunternehmer wie z. B. Alptransit mit Ingenieurfirmen realisiert wird.

Wie oben soll die Bevölkerung mit Hilfe der Medien informiert werden.

***Sowohl die geologischen Tiefenlager als auch die oben vorgeschlagenen Höhenlager sind sicher vor menschlichen, kriegerischen und terroristischen Handlungen und vor Flugzeugabstürzen. Jedoch sind die Höhenlager zusätzlich sicher vor Einwirkungen des Wassers und vor Korrosion und sind wesentlich einfacher und kostengünstiger herzustellen an Orten, wo mit geringem politischen Widerstand gerechnet werden kann. Mit baulichen Massnahmen können Höhenlager ähnlich abgeschirmt werden wie geologische Tiefenlager. Mit dem Argument Sicherheit hätten auch die Kernkraftwerke und die Zwischenlager in 400 bis 900 m Tiefe gebaut und betrieben werden müssen.***

***Endlager für radioaktive Abfälle sollten in Zukunft nur weit oberhalb der Grundwasserspiegel errichtet werden. Allerdings müssen durch Geologen, Geophysiker, Geographen, Bauingenieure, Chemiker und Materialwissenschaftler Gutachten für die IAEA Wien für die internationale Anerkennung erstellt werden.***

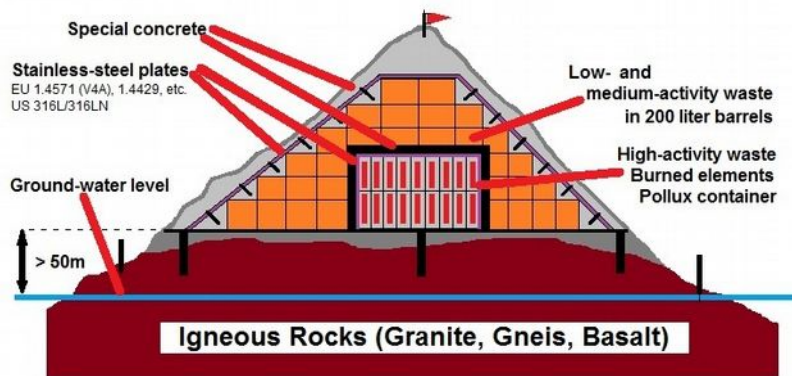
### **Referenzen**

Przibram, Karl: Verfärbung und Lumineszenz: Beiträge zur Mineralphysik.S.46. Springer Wien 1953.

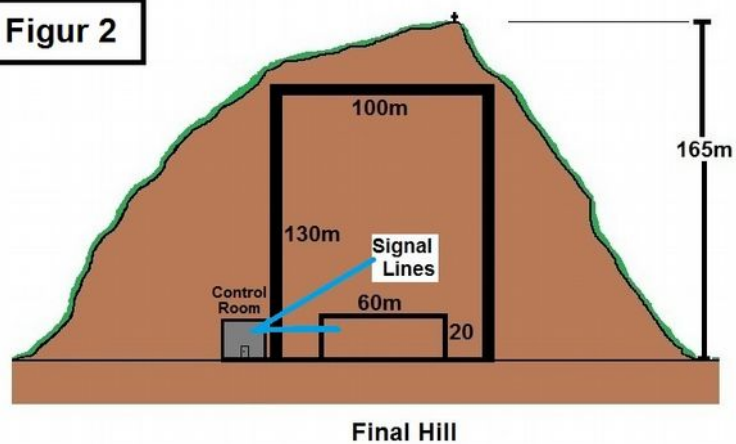
Neukirchen, F. & Ries, G.: Die Welt der Rohstoffe: Lagerstätten, Förderung und wirtschaftliche Aspekte.S.250. Springer 2014.

***Auf Einladung kann der Autor Einzelheiten des Konzeptes, spezielle Konditionierung der Abfälle und spezifische Endlager-Orte für Deutschland und für die Schweiz präsentieren.***

**Figur 1** RADIOACTIVE WASTE STORED IN ARTIFICIAL HILL



**Figur 2**



**Figur 3**

