

Review des Berichtes

60 Seiten und 59 Abbildungen

mit dem Titel :

**Beitrag von Fernerkundung und GIS zur Erfassung der
Geologischen und Geotektonischen Situation im Gebiet
des geplanten Endlagers bei Benken in der Schweiz**

PD Dr. habil Barbara Theilen-Willige

TU Berlin; Fakultät VI; Institut für Angewandte Geowissenschaften,
Fachgebiet Hydrogeologie
Büro für Angewandte Geowissenschaftliche Fernerkundung (BAGF),
Stockach, August 2004

zuhanden der HSK und der KNE, erstellt durch :

Dr. Martin Burkhard

Professeur
Institut de Géologie
Université de Neuchâtel
rue E.Argand 11, C.P. 2
2007 Neuchâtel

Neuchâtel, 3.April 2005

Allgemeine Beurteilung :

Frau Theilen-Willige schreibt einen 60-seitigen "Beitrag von Fernerkundung und GIS zur Erfassung der geologischen und geotektonischen Situation im Gebiet des geplanten Endlagers bei Benken". Sie zitiert die AkEnd (Bräuer & Jentzsch 2001), und insbesondere fünf darin aufgeführte geowissenschaftliche "Ausschlusskriterien bei der Suche nach einem Endlager" :

- 1 - Grossräumige Vertikalbewegungen
- 2 - Aktive Störungszonen
- 3 - Seismische Aktivität
- 4 - Vulkanische Aktivität
- 5 - Grundwasseralter

Frau Theilen-Willige kommt zum Schluss, dass " ... der Standort Benken bezüglich seiner Sicherheit für ein Endlager noch viele Fragen offen lässt ..." (S. 57) und sie erstellt dazu in der Zusammenfassung auch eine Tabelle (Abb. 59) in der sie zu den Punkten 1 bis 3 von ihr identifizierte "Indizien für anhaltende tektonische Bewegungen" auflistet. Im Bericht selbst sind diese Indizien näher erläutert.

Das Studium des Berichtes ergibt, dass für keines der fünf Ausschlusskriterien eine wissenschaftlich akzeptierbare Argumentation oder Dokumentation vorliegen. Frau Theilen-Willige scheint die zu diesen Themen existierende Fachliteratur gar nicht zu kennen. Sie zitiert grösstenteils "graue", oft auch veraltete Literatur, ohne darin Kriterien gegen den Standort zu finden. Frau Theilen-Willige konstruiert aus geologischen Begebenheiten, und Halbwahrheiten Argumentationsketten und Szenarien und versucht so zu zeigen, dass Benken in einer aktiven tektonischen Zone liegt und viele Fragen offen stehen. Keines dieser Szenarien hält einer kritischen Analyse stand. Moderne Fachliteratur zur regionalen Geologie, zur Geodäsie, zur Seismizität, zur Erdbebengefährdung, liefert qualitativ hochstehende, quantitative Datensätze zu allen aufgeworfenen Punkten und die Szenarien der Autorin werden dadurch klar widerlegt. Diese Literatur wird aber von der Autorin weitgehend ignoriert. Die wirklich relevanten Analysen werden fast nie oder nur ungenau zitiert und es ist fraglich, ob die Autorin die öffentlich zugänglichen Technischen Berichte der Nagra überhaupt kennt. In einem Fall kann gezeigt werden, dass sie den nicht zitierten Technischen Bericht über die Tiefenstruktur bei Benken (Birkhäuser 2001 NTB 00-03) zwar kennen muss, da sie zwei Figuren (ihre Abb. 11b und Abb. 33) daraus kopiert, dann aber in beiden Fällen falsch zitiert.

Die Fachkompetenz von Frau Theilen-Willige liegt im Gebiet der Fernerkundung, der Satellitenbildanalyse und in GIS-Anwendungen. Ihr Hauptbeitrag ist eine Suche nach Satellitenbild-Lineamenten im Bodenseeraum. Unter der Annahme, dass es sich dabei um in der Tiefe versteckte, aktive Brüche und Schwächezonen handelt, welche von den Geologen bislang noch nicht entdeckt worden wären, macht sie dann weitgehende Hypothesen zu Erdbeben, Neotektonik und Hydrogeologie. Bei diesen Hypothesen wagt sich Frau Theilen-Willige weit über ihr eigenes Fachgebiet hinaus. Es gelingt ihr in keinem einzigen Fall, stichhaltige Daten oder Argumente für eine neo-tektonische Aktivität der Bruchzonen darzulegen. Bei der Konstruktion von Szenarien unterlaufen Ihr auch grobe Fehler, die von einem mangelnden Fachverständnis zeugen. Selbst in Ihrem eigenen Fachgebiet sind die vorgelegten Satellitenbildauswertungen wenig überzeugend, unsorgfältig und in einigen Fällen macht sie damit auch falsche Aussagen.

Frau Theilen-Willige hat die Ambition verschiedene Kriterien und Szenarien (die von der AkEnd formuliert wurden) in ihrer Studie für das Gebiet bei Benken zu "überprüfen" (S. 4). Prüfung würde aber voraussetzen, dass sie eine Fachkompetenz hat, die ebensogross oder grösser ist als die des Prüflings – hier die von der Nagra vorgelegten Berichte (z.B. Nagra 2002, NTB

02-03). Diese Kompetenz fehlt aber in allen Bereichen, und auf wirkliche Fachauseinandersetzungen geht Frau Theilen-Willige in ihrem Beitrag nirgends ein. Ihre Szenarien beruhen auf unhaltbaren Annahmen, allen voran einer plattentektonisch aktiven Kollisionszone zwischen Afrika und Europa. Diese Punkte werden untenstehend der Reihe nach diskutiert, Mängel und Fehler werden aufgezeigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Frau Theilen-Willige zu keinem der fünf aufgeworfenen Punkte stichhaltige Argumente oder geologische Daten vorweisen kann:

1 - Grossräumige Vertikalbewegungen

Vertikalbewegungen sind im Untersuchungsgebiet im Detail erfasst worden, sowohl durch geodätische Präzisions-Nivellements für rezente Bewegungen (Müller et al. 2002, S.84ff und dort zitierte Arbeiten) als auch durch die detaillierte Auskartierung von morphologischen und geologischen Referenzhorizonten wie Flusslaufprofile, Terrassenschotter und Molasseschichten (Naef et al. 1985) für die Quantifizierung von neotektonischen Bewegungen. Vertikale Geschwindigkeiten liegen im Untersuchungsgebiet für die relevanten Zeiträume mit etwa 0.1 mm/Jahr bezüglich Erosionsbasis (Nagra 2002; S.100) deutlich unter dem von AkEnd vorgegebenen Richtwert von 1 mm/Jahr. Die Fach-Literatur zu diesem Thema wird nur unzulänglich zitiert; die von Frau Theilen-Willige mehrfach erwähnten Werte von "mehreren Millimetern" (S. 3; Kurzfassung) sind aus der Luft gegriffen. Die vorgelegten Argumentationsketten basieren durchaus auf älteren, weniger detaillierten Arbeiten, vor allem aber auf eigenen Hypothesen und auf nicht quantifizierbaren Satellitenbildinterpretationen. Geodätische Originaldaten zu horizontalen Bewegungen im Alpenraum und Vorland, insbesondere auch neuere GPS Daten, welche die Hypothese der anhaltenden Plattenkonvergenz und einer fortschreitenden aktiven Alpenbildung widerlegen, werden nirgends erwähnt.

2 - Aktive Störungszonen

Von der Hypothese einer fortschreitenden Alpenbildung ausgehend, interpretiert Frau Theilen-Willige Lineamente im Alpenvorland als aktive Bruchzonen und spricht gar von einer anhaltenden "intensiven Bruchschollentektonik" (Seite 8). Diese Behauptung zieht wie ein roter Faden durch den ganzen Beitrag, wird aber nirgends durch Daten belegt. In ihren eigenen Satellitenbildinterpretationen findet man zwar stellenweise mögliche Indizien für verborgene Bruchzonen. Quartärgeologische, geomorphologische oder andere Untersuchungen zur Dokumentation einer rezenten Aktivität werden aber nicht vorgelegt und mit Ausnahme von Selbst-Zitationen "grauer" Literatur auch nicht durch Arbeiten anderer Autoren untermauert. In vielen Fällen ist allein schon die Existenz einer linearen Struktur fraglich. Umfassende detaillierte Untersuchungen zur Neotektonik liegen für die Nordschweiz vor (Naef et al. 1985; Müller et al. 2002), werden aber nicht zitiert.

3 - Seismische Aktivität

Die Seismizität ist im Untersuchungsgebiet gut untersucht und seismische Gefährdungskarten, für Obertagebauten erstellt, dokumentieren eine geringe seismische Aktivität, die auch den von der AkEnd formulierten Anforderungen: "nicht grösser als Zone 1 Din 4149", genügen. Die relevanten Fragen, nämlich wie ein Endlager im Opalinuston auf ein grosses Erdbeben mit ko-seismischer Bewegung auf einer Bruchfläche in Lagernähe reagieren würde, wurden von der Nagra berücksichtigt (Nagra 2002, S. 558ff.). Die SKB (Bäckblom & Meunier 2002) hat diesbezüglich auch weltweite Nachforschungen an Untertagebauten in seismisch aktiven Gebieten, wie Japan und China gemacht. Diese Arbeiten werden von Frau Theilen-Willige ignoriert, auch zitiert sie keine einzige der existierenden, derzeit gültigen Arbeiten zur Erdbebenfährdung, sei es nun für die Schweiz oder Deutschland. Anhand von Daten und Abbildungen aus dem Internet konstruiert sie

dagegen ihre eigenen Karten (Abb. 24, 25) aus denen sie eine nicht näher spezifizierte seismische Gefährdung bei Benken ableitet. Mit ihren Aussagen stellt sie nicht nur den Standort Benken, sondern gleichzeitig auch ganz allgemein die jahrelange Arbeit der deutschen und schweizerischen seismologischen Anstalten und deren Produkte (Gefährdungskarten) in Frage. Keine der vorgebrachten Argumente (Ausbreitungsverhalten der seismischen Wellen und Interferenzen, Abb. 27) und Analysen (Erdbebendichte und -verteilung, Abb. 25) stellen ernstzunehmende Beiträge dar, sie bezeugen lediglich ein geringes Sachverständnis in Seismologie. Deutlich wird dies auch bei der auf S. 29ff gemachten Hypothese, einsickerndes Wasser entlang von Bruchzonen könnte in der Tiefe zu einer Erdbeben-Triggerwirkung führen. Mit dem in diesem Zusammenhang zitierten Absenktrichter in Singen (Abb. 32) beweist Frau Theilen-Willige auch ihre Inkompetenz in Hydrogeologie.

4 - Vulkanische Aktivität

Die vulkanische Aktivität wird von Frau Theilen-Willige als Thema nicht aufgegriffen. Die tiefreichenden Störungszonen im Hegau (Abb.31 und S. 31) werden allerdings als potentielle Eindringstellen für Oberflächenwasser in die Tiefe zitiert.

5 – Grundwasseralter

Auch auf diesen Punkt geht Frau Theilen-Willige nirgends in ihrem Bericht ein. Wenn immer von Wasser die Rede ist, und das ist oft der Fall, geht es um das potentielle Eindringen von Oberflächenwasser in tiefreichende Bruchzonen, oder aber um die "Feuchtgebiete" welche entlang solcher diffuser Bruchzonen an der Oberfläche entstehen könnten und so in Satellitenbildern sichtbar würden (S.29). Die hydrogeologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes werden aber nirgends diskutiert und in der Literaturliste fehlt dieses Thema auch gänzlich.

Kommentare zu Textstellen und Abbildungen nach Seitenzahl des Originalberichtes geordnet

Seite	Zitation	Kommentar
S. 3	... hat die afrikanische Platte die Alpen zusammengepresst und viele Kilometer herausgehoben. Mit Hebungsbeträgen von bis zu mehreren Millimetern im Jahr hält dieser Prozess immer noch an.	Trotz zunehmend präziseren geodätischen Messungen ist bis heute keine horizontale "Zusammenpressung" der Zentral-Alpen belegt. Es gibt zwar eine gut dokumentierte andauernde grossräumige vertikale Hebung des Alpenkörpers gegenüber dem Vorland. Die Aussage dass diese Geschwindigkeit mehrere Millimeter pro Jahr beträgt ist aber falsch. Der Maximalwert der Hebung in den Alpen ist etwa 1.5 mm/Jahr in der Gegend von Chur verglichen mit relativen Absenkungen von weniger als -0.3 mm in Gebieten der Nordschweiz. Die grossräumige Differenz misst demnach weniger als 2 mm/Jahr für eine Kippung auf über 100 km Horizontalabstand gemessen. Eine Zahl von weniger als 2 mit "mehrere" zu beschreiben ist klar falsch.
S. 3	Das für ein atomares Endlager vorgesehene Gebiet im Alpenvorland findet sich in einem Bereich, der durch anhaltende tektonische Bewegungen charakterisiert ist.	Diese Behauptung ist durch keinerlei Daten belegt. Trotz intensiver Forschung durch viele unabhängige Geologengruppen (Nagra: Isler 1984, 1985; Naef et al. 1985; Müller et al. 2002, ETH-Z : A. Becker, Basel : St. Schmid, Frau Theilen-Willige) konnte bislang keine einzige Bruchstruktur in der Nordschweiz als postglazial aktiv belegt werden. Eine quartäre Aktivität wird für gewisse Brüche zwar in Betracht gezogen (Müller et al. 2002, S. 70ff.), kann aber durch das Fehlen deutlicher geomorphologischer Anzeichen auf sehr geringe Bewegungsraten eingeschränkt werden. Es gibt eine ausführliche Arbeit zu diesem Thema (Naef et al. 1985), in der die tektonischen Bewegungen: Verkippungen, Senkungen, Hebungen, Erosion im Laufe der geologischen Geschichte im Detail analysiert und quantifiziert werden. Keine dieser Arbeiten wird von der Autorin zitiert.
S. 4	Diese Kriterien und Szenarien werden im Laufe dieser Studie für das Gebiet Benken überprüft.	Der vorliegende Bericht kann auf keinen Fall als "Überprüfung" der erwähnten Kriterien gewertet werden. Eher zutreffend wäre wohl die Formulierung: "in Frage gestellt". Prüfung setzt voraus, dass der/die Prüfende die Sachverhalte und Methoden besser oder mindestens ebensogut versteht wie der/die/das zu Prüfende. Die ausgewiesene Kompetenz von Frau Theilen-Willige liegt im Felde der Fernerkundung, Photogrammetrie und GIS. Bei der Beurteilung von geologischen, tektonischen, hydrogeologischen und geotechnischen Fragen beweisen viele Halbwahrheiten, vagen und oft falschen Aussagen ihre geringe Fachkompetenz. Ihr Hauptbeitrag zur Endlagerfrage sind subjektive, von Hand (?) erstellte Lineamentkarten, welche schon unter sich selbst verglichen kein konsistentes Bild ergeben. Keines dieser Lineamente wurde durch geologische Felduntersuchungen im Raume Benken verifiziert. Die Lineamente und deren Vergleich mit anderen Indizien werden lediglich dazu benutzt anzudeuten, es könnten aktive Kluff- und Bruchzonen vorhanden sein.
S. 7 Abb. 6	Von Süden stösst die Afrika Platte mit Geschwindigkeiten um 1cm/Jahr gegen die Eurasien-Platte vor.	Es wird hier eine aktive plattentektonische Kollision im Untersuchungsgebiet suggeriert, erscheint doch in Abb. 6 ein kleiner grüner Kreis direkt an der Nordgrenze des adriatischen Sporns, welcher (in dieser Figur) scheinbar fest mit Afrika verbunden, mit 0.9 bis 1.1 cm/Jahr nach Zentraleuropa gedrückt wird. Für diesen Sachverhalt wird nicht die Original-Literatur zitiert (LePichon 1993, DeMets et al. 1990). Diese plattentektonischen Bewegung zwischen Afrika und Europa finden zwar statt, die Nord-Bewegung von Afrika wird aber zu einem grossen Teil in einer Subduktionszone unter Sizilien aufgefangen und Norditalien bewegt sich gegenüber NW Europa nur sehr geringfügig. Dies ist durch GPS Daten quantitativ gut belegt (Oldow et al. 2002, Calais et al. 2002;

		<p>Vigny et al. 2002). Basierend auf solchen Daten ist es fraglich, ob überhaupt noch eine tektonische Konvergenz auf der Linie Norditalien-Nordschweiz stattfindet. In der Anfangsphase dieser GPS Messungen erschienen sogar Streckungen und nicht Zusammenschub (Caporali & Martin 2000). Der Betrag dieser Streckung von bis zu 5 mm/Jahr zwischen Turin und Zimmerwald wurde jetzt aber durch neuere Messungen nach unten korrigiert. Die derzeitigen Messungen erlauben mindestens die Aussage, dass im gesamten Raum der Nordschweiz und der Schweizer Alpen nirgends relative Horizontalbewegungen von mehr als ca. 2 mm/Jahr belegt sind. Auch ergibt sich kein einheitliches Bewegungsfeld. Von anhaltender Kollision im Bereich von 1cm/Jahr kann aber keine Rede sein.</p> <p>Zur geotektonischen Position des Zürcher Weinlandes : Benken befindet sich über 150 km weit entfernt vom Nordrand der Adria-Platte (der sog. adriatische Sporn der afrikanischen Platte liegt unter den Walliser- und Tessiner-Alpen, siehe Ergebnisbericht des Nationalen Forschungsprogrammes NFP-20, publiziert im Jahre 1997).</p>
S. 8	<p>Als Folge der noch anhaltenden Kollision kommt es auch im nördlichen Alpenvorland zu tektonischen Veränderungen wie z.B. einer intensiven Blockschollentektonik (Horizontalverschiebungen, Auf-/Abschiebungen).</p>	<p>Beide Aussagen sind falsch. Für keine einzige dieser Blockschollen und die sie begrenzenden Brüche ist eine rezente tektonische Bewegung – im Quartär - wirklich zweifelsfrei nachgewiesen. Intensiv war lediglich die Suche nach Indizien für solche Bewegungen, die aber immer unentschieden ausging. Die Nagra hat einerseits eine umfassende Literaturstudie durchgeführt (Isler 1985) und anschliessend selbst weitere, gründliche Untersuchungen im Felde angestellt. Dabei wurden z.B. detaillierte Gradienten-Analysen von Flussläufen und Flussterrassen gemacht, immer auf der Suche nach Unregelmässigkeiten, auffallenden Flussablenkungen und anderen Indizien für aktive Brüche. Diese Messungen erlauben es auch, Verkippungen der letzten zwei Millionen Jahre und länger quantitativ zu dokumentieren. Diese Berichte sind öffentlich zugänglich – z.B. in einer zusammengefassten Form in Müller et al. (2002) – diese Arbeiten werden von der Autorin nicht zitiert. Trotz fehlender direkter Hinweise auf rezente Aktivität wird die maximal mögliche längerfristige (bis 1 Million Jahre) Aktivität der einzelnen Bruchzonen von der Nagra im Detail in konservativer Weise abgeschätzt und in die Beurteilung des Lagerstandortes einbezogen.</p>
S. 10 Abb. 9	<p>Aus den Daten wird bereits eine kompressive Überprägung der Gesteinsschichten ersichtlich (Nagra 2000). Für ein atomares Endlager sollten ungestörte Lagerungsverhältnisse der Gesteine vorliegen und keine tektonische oder allenfalls nur eine sehr geringe tektonische Aktivität vorhanden sein.</p> <p>Die Erfüllung dieser Voraussetzungen ist bei Benken nach bisherigen Erkenntnissen jedoch noch fraglich.</p>	<p>Die ungestörten Lagerungsverhältnisse und eine sehr geringe tektonische Aktivität im Untersuchungsgebiet sind mit qualitativ hochstehenden reflexionsseismischen Daten belegt (regionale 2D-Seismik, Naef et al 1995). Die Nagra hat für das Gebiet von Benken eine detaillierte Studie zur Tiefenstruktur vorgelegt (Birkhäuser et al. 2001), bei der hochauflösende 3-D Seismik angewendet wurde. Diese Studie wurde auch extern überprüft (Marchant 2004 und 2005). Basierend auf solchen "state of the art" Methoden liegen für den Standort Benken und für das grössere Umfeld der Nordschweiz genaue strukturgeologische Karten vor (zusammengefasst in Müller et al. 2002). Solche Karten existieren sowohl für Oberflächenstrukturen als auch detailliert für einzelne Schichten in der Tiefe. Diese Karten zeigen einerseits das generelle Schichtfallen (azimut und dip) und bereits kleinste Unregelmässigkeiten wie Brüche, Flexuren und diffuse Verkippungen sind im Detail quantitativ erfasst. Für das Wirtgestein und den Unteren Muschelkalk liegen sogar Kohärenzkarten vor, Karten, auf welchen innerhalb einer Schicht laterale Heterogenitäten sichtbar gemacht werden können welche sich weder im Schichtstreichen noch –fallen zeigen. Im Vergleich zu diesen Karten ist die von Frau Theilen-Willige in Abb. 9 zitierte Arbeit von Schreiner 1992 - wenigstens für das Untersuchungsgebiet in der SE Ecke – veraltet.</p>

		<p>Die bisherigen Erkenntnisse wurden erreicht durch die Anwendung der gesamten Palette von geologischen, geophysikalischen und geodätischen Messmethoden – immer auf dem höchsten Stand der Technik. Frau Theilen-Willige zitiert die AkEnd (Bräuer & Jentzsch 2001), welche einen Katalog mit Kriterien erstellt hat, die ein Endlager Standort erfüllen sollte. Bräuer & Jentzsch machen auch quantitative Angaben zu Punkten wie vertikale Hebungsrates, seismische Aktivität und geringe tektonische Aktivität. Die quantitativen Aspekte dieser kritischen Punkte werden vom Untersuchungsgebiet in Benken nachweisbar erfüllt und zu allen diese Fragen liegen quantitative Datensätze und qualitativ hochstehende Analysen bereit.</p> <p>Sicher, Forschung ist immer mit weiteren offenen Fragen verbunden, Frau Theilen-Willige stellt aber keine deutlichen Fragen, sondern bleibt ungenau sowohl in Ihren Aussagen als auch in den aufgeworfenen Fragen.</p>
S. 10	<p>Es werden im Folgenden Indizien für noch andauernde tektonische Aktivitäten im Gebiet um Benken behandelt.</p>	<p>Alle hier aufgeworfenen Punkte sind von der Nagra (und anderen Geologengruppen) seit Jahren umfassend untersucht worden und es liegen quantitative Daten von hoher Qualität vor (zusammengefasst in Müller et al. 2002). Frau Theilen-Willige sucht Indizien für "andauernde tektonische Aktivitäten". In keinem einzigen Fall gelingt es ihr, eine solche Aktivität nachzuweisen. Die ganze Indiziensuche, die sie verfolgt, ist im wesentlichen eine unvollständige Auflistung von existierender geologischer Literatur, die aber häufig aus dem Zusammenhang gerissen, verzerrt und suggestiv dargestellt wird, in vielen Fällen auch klar falsch interpretiert oder gar manipuliert wurde. In praktisch allen Fällen liegen auch bessere Arbeiten von grösserer Relevanz und jüngeren Datums vor – die nicht erwähnt werden.</p>
S. 11 Abb.10	<p>Spuren von Bewegungen und Versätzen innerhalb der Gesteinsschichten.</p> <p><i>(Die Pfeile wurden von der Autorin angefügt)</i></p> <p>Die Dichte der tektonischen Strukturen widerlegt eine "ruhige Lagerung"</p>	<p>Das gezeigte 3-D Blockdiagramm war in dieser Auflösung lediglich als Schaustück für eine allgemein verständliche Publikation gedacht (Nagra Bulletin No. 33, 2000); die wirklich relevanten Daten sind in einem ausführlichen Bericht mit grossen Faltafeln einsehbar – dieser wird aber hier nicht zitiert (Birkhäuser et al. 2001). Auf diesen Plänen ist die Ruhigkeit der Lagerung im Opalinuston sowie in den darüber und darunter liegenden Schichten für ein Gebiet von mehreren Quadratkilometern quantitativ nachgewiesen. Im Weiteren sind die vorhandenen Brüche und Flexuren im Detail auskartiert.</p> <p>Das Blockdiagramm der Abb. 10 wurde manipuliert. Im Original sind nämlich mehrere Brüche bereits eingezeichnet, einer davon sogar mit "Vergösserungsglas" herausgehoben. Diese schwarz eingezeichneten Brüche, sowie zwei "Vergrösserungen", wurden von der Autorin entfernt; dafür fügte sie eigenhändig dicke Pfeile an, die allerdings nicht auf die Bruchstrukturen zeigen.</p>
S. 12	<p>Da auch das Gebiet von Benken während der Eiszeit von mächtigen Eisdecken überlagert war, ist es durchaus möglich, dass als Folge der Druckentlastung nach Abschmelzen der Eismassen vor 12-10'000 Jahren noch isostatische Ausgleichsbewegungen mit Hebungstendenz stattfinden.</p>	<p>Stimmt im Prinzip, die Angaben sind aber ungenau und die Frage wird von der Nagra diskutiert und in konservativer Art und Weise auch berücksichtigt (Müller et al. 2002, S93; Nagra 2002, S. 570ff.). Benken befindet sich weniger als 10 km hinter der Front der maximal nachgewiesenen Ausdehnung quartärer Gletscher. Die höchste denkbare Eisoberfläche blieb dabei sicher unterhalb von 700 m ü.M., was in Benken einer grössten Eis-Dicke von weniger als 300 m entspricht. Für die letzte Würm-Vergletscherung wird die Eisdicke in Benken auf rund 200 m geschätzt, ein Wert der wohl nicht als "mächtig" bezeichnet werden kann. Das Abschmelzalter ist mit 10-12'000 Jahren zu jung angegeben. Die grösste Eisausdehnung war vor 24 – 20'000 Jahren erreicht und bereits vor ca. 17'000 Kalender-Jahren war der Bodensee wieder eisfrei (Ivy-Ochs et al. 2004; S. 52 und weitere, dort zitierte Literatur). Der mögliche Beitrag von isostatischer</p>

		Eisentlastung zur heute gemessenen Vertikalgeschwindigkeit in den Alpen wurde von Gudmundsson (1994) abgeschätzt.
S. 14 Abb.13	Bei einem Vergleich der geodätischen Daten mit der strukturgeologischen Situation des Gebietes fällt auf, dass die Grenze zwischen positiven und negativen Bewegungsraten sich ungefähr mit tektonischen Schwächezonen mit Absenkungstendenz deckt.	Grundsätzlich ist festzustellen dass die Wahl des Nullpunktes der Messungen willkürlich ist und deshalb keine Aussagen über absolute Hebung oder Senkung zulässt. Der Wechsel von positiven nach negativen Werten in diesen Karten ist deshalb ebenfalls willkürlich und kann keine Bedeutung als "Scharnier" haben, wie das immer wieder suggeriert wird. Der Vergleich der Abbildungen 12b und 13, mit verschiedenen gewählten Nullpunkten, macht dies bereits deutlich. Die relevante (allgemein zugängliche) Referenz wäre aber Müller et al. (2002, Beilage 3.2) gewesen, ein Plan mit viel mehr Messpunkten, inklusive GPS Messungen zu relativen Horizontalbewegungen. Ein Hinweis auf tektonische Aktivität wäre ein starker Gradient zwischen Messpunkten; nirgendwo im gesamten Gebiet der Nordschweiz wurden aber solche Auffälligkeiten gefunden. Dieser Sachverhalt wird in der Fachliteratur deutlich dargestellt und ausführlich behandelt (Müller et al. 2002, S.90ff). Frau Theilen-Willige unterschlägt hier auch, dass die gemessenen Geschwindigkeiten deutlich unter der von AkEnd vorgegebenen Grenze von 1 mm/Jahr liegen. Die relevanten vertikalen Verstellungen bezüglich der Erosionsbasis liegen im Bereich 0.1mm/Jahr, nicht nur für Nivellements sondern auch für geologisch längere Zeiträume des Postglazials und Pleistozäns.
S. 3	Kurzfassung ... bis zu mehreren Millimetern im Jahr	Die Kurzfassung ist klar eine falsche Aussage bezüglich der hier diskutierten Sachverhalte.
S. 15 Abb.14	Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Begleitstörungen zur Graupensandrinne bei anhaltender Kompression durch die Alpen erneut reaktiviert werden und als "Scharniere" für weitere Bewegungen dienen. ... Sollbruchstellen ... Es ist nicht auszuschliessen, dass diese alt angelegte Schwächezone als "Scharnier" für erneute Bewegungen dient.	Eine quartäre oder post-molassische Reaktivierung der "Begleitstörungen" der Graupensandrinne ist nirgends mit Querprofilen oder anderen geologischen Befunden erhärtet. Diese Interpretation widerspricht den zahlreichen geologischen Arbeiten über diese gut bekannte Struktur – zusammengefasst in Naef et al. (1985; S. 86ff) und Müller et al. (2002, Fig. 2.5, 2.6). Die Graupensandrinne und die ihr zeitlich folgende Glimmersandrinne änderte im Laufe der Zeit ihre Lage um viele Kilometer zuerst in SE Richtung (bei einem Absinken der relativen Erosionsbasis) und dann wieder nach NW bei Ansteigen der Erosionsbasis. Die jeweilige Lage der Rinne markiert die tiefste Stelle zwischen dem leicht nach Südosten einfallenden Schichtstufenland der europäischen Platte und dem sanft nach NW geneigten, progradierenden Hörnli-Schutfächer und der beckenparallelen Schwemmebene der miozänen Alpenflüsse. Nach Norden sind verschiedene Grenzen zu unterscheiden; die markanteste ist eine Erosionsgrenze, bekannt unter dem Namen OMM-Klifflinie. Die Tatsache, dass diese Rinnen ihre Lage änderten, spricht gegen eine Lokalisierung entlang einer "Sollbruchstelle" oder entlang einer langlebigen immer selben "Scharnierzone". Belege für eine post-molassische Bewegung an beckenparallel orientierten Störungen fehlen. Im Untersuchungsgebiet bei Benken, das mitten in der südwestlichen Fortsetzung der ehemaligen Graupensandrinne liegt, sind Störungen dieser Orientierung nicht vorhanden. Die bekannten Randflexuren (z.B. Rafz-Marthalen) sind deutlich schief (ca. 35°) zur Rinne.
S. 16 Abb.15	Der Verlauf der ehemaligen Graupensandrinne ist durch Pfeile markiert	Die Pfeile markieren wahrscheinlich eher die "OMM-Klifflinie"; die nördliche Begrenzung der Graupensande liegt einige Kilometer weiter südlich, ist aber morphologisch nicht oder nur schlecht ausgebildet.
S. 17 Abb.16	Darstellung von Bereichen mit geringfügigen (mm/Jahr) positiven Höhenveränderungen. Nach Positionspapieren des AkEnd sollten Gegenden, die derartige und grössere	Die Interpretation der Satellitenbilder und insbesondere das Auskartieren von "positiven Höhenveränderungen" darauf ist sachlich gesehen unzulässig, ja sogar falsch. Die Abbildung samt Legende suggeriert aktive "Bruchschollen-Tektonik" mit in grau dargestellten Bereichen von Hebung und dazwischen einsinkenden Tälern (Zeller See, Überlinger See).

	Vertikalbewegungen zeigen gemieden werden.	<p>Immerhin wird die falsche Erwähnung von "mm/Jahr" durch die Wahl des Wortes "geringfügig" etwas abgeschwächt.</p> <p>Die Autorin postuliert hier in einem Randgebiet mit schlechter Datenauflösung (keine geodätischen Messungen im See selbst, Landesgrenze Deutschland/Schweiz) eine aktive Bruchschollentektonik. Die zitierten Hinweise wie Rutschungen, Klüftung und so weiter lassen sich aber ebensogut mit glazialer Übertiefung der Täler - sie ist schliesslich hauptverantwortlich für den Bodensee - erklären wie mit (aktiver) Tektonik. Hochzonen, der Schienerberg, Seerücken und Bodanrücken dürfen auf einem solchen Bild auf keinen Fall automatisch mit aktiven Hebungszonen gleichgestellt werden. Diese Behauptung bedarf quantitativer Messungen. Der Nachweis von Relativbewegungen könnte sowohl durch Geodäsie (aktuell) oder aber mit quartärgeologischen Profilen, allenfalls morphologisch, durch deutliche versetzte quartäre Schichten erbracht werden. Eine solche Demonstration bleibt aus.</p>
S. 18	Obleich die bekannten relativen Höhenveränderungen im Untersuchungsgebiet derzeit unter 1 Millimeter liegen, sollten hieraus noch keine positiven Rückschlüsse über die Errichtung eines Endlagers gezogen werden, sondern erst weitere Untersuchungen abgewartet werden.	Hier wird die gemessene Hebungsrate richtig zitiert, "unter 1mm/Jahr", trotzdem wird diese Rate – im Gegensatz zur Vorgabe des AkEnd - aber als nicht hinreichend taxiert, und der Vorschlag gemacht, weitere Untersuchungen abzuwarten. Welcher Art diese Untersuchungen sein sollten und was damit genau abgeklärt würde, bleibt aber offen. Die vorgeschlagenen Bohrungen (S. 17) sind jedenfalls ungeeignet um den vermuteten Zusammenhang von Hebung und Senkung zu belegen.
S. 18ff	4. Erdbeben	<p>Das Gebiet westlich von Benken von Schaffhausen liegt laut der derzeit noch gültigen (?) Erdbebenzonenkarte von Baden-Württemberg in Zone 0 nach DIN 4149 (laut LGRB) oder allenfalls in Zone 1 der neuen Karte für Deutschland, welche derzeit am GFZ in Bearbeitung ist. Der Standort Benken erfüllt somit die von AkEnd formulierten Bedingungen punkto "seismische Aktivität". Die neuen schweizer Karten der Erdbebengefährdung machen keine "DIN 4149"- Zonierung sondern quantitative, statistische Aussagen zur Bodenbeschleunigung für verschiedene Schwingungsfrequenzen und Wiederholperioden.</p> <p>Frau Theilen-Willige stellt mit ihren Aussagen nicht nur Benken, sondern gleichzeitig diese offiziellen Gefährdungskarten und die jahrelange Arbeit zahlreicher professioneller Seismologen in Frage. In der vorgelegten Diskussion der Seismizität beweist sie aber vor allem ihr geringes Sachverständnis. Das ganze Kapitel ist eher als Journalismus, denn als wissenschaftliche Arbeit zu bezeichnen, zudem wurde nur schlecht recherchiert. Die Erdbebengefährdung wird sowohl in der Schweiz als auch in Deutschland sehr ernst genommen. In länderübergreifender Zusammenarbeit wird die seismische Aktivität genauestens registriert. Zusammen mit ergänzenden Daten (historische Seismizität, Paläoseismik, geologische quartärgeologische und geotechnische Informationen zur Bodenbeschaffenheit und so weiter) werden seit mehr als 20 Jahren auch seismische Gefährdungskarten nach den Regeln der Kunst erstellt. Anstelle von Fachliteratur und modernen Gefährdungskarten, welche auch auf dem Internet einsehbar sind (siehe unten) zitiert und verwendet Frau Theilen-Willige aber nicht relevante Epizentrenkarten mit ausgewählten Erdbeben und suggestive, aus dem Zusammenhang gerissene Informationen, z.B. über das Basler Erdbeben von 1356 sowie das Vogesen Erdbeben vom 23.2.2003. Basierend auf diesen Ereignissen macht sie dann unhaltbare Aussagen über die Seismizität und mögliche Auswirkungen auf einen Untertagebau im Gebiete Benken.</p>

Abb.17
Abb.18
Abb.19
Abb.20
Abb.21
Abb.22
Abb.23

S. 24 Abb. 24 Abb. 25	Erdbebendichte und -verteilung in Südwest-Deutschland und der Nordschweiz	Die von Frau Theilen-Willige selbst (?) erstellten Erdbebendichte und -verteilungskarten sind wohl der beste Beweis ihrer Inkompetenz. Es fehlen hier erstens jegliche Angaben zur Art und Weise, welche Art von Information wie gewichtet wurde um die dargestellten Kontouren im GIS zu berechnen. Es wird auch nirgends erläutert, was diese Kontouren überhaupt bedeuten. Was immer diese Informationen waren, bestimmt waren es nicht die statistisch relevanten « Aktivitätswerte », die mit einigem Aufwand aus dem Erdbebenkatalog errechnet werden - nach Bereinigungen und Korrekturen zur « Vollständigkeit ». Aber selbst wenn es bereits bereinigte Aktivitätswerte wären, solche Karten sind noch lange keine Karten der seismischen Gefährdung! Mehr zu diesem Thema auf untenstehenden Internetseiten, wo auch Gefährdungs- und Zonenkarten einsehbar sind :
		http://www.earthquake.ethz.ch/research/Swiss_Hazard/Maps_plots/Hazard_Maps http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/start_research_e_s53.html http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/erdbebendienst/erdbebenkarten Karte der Erdbebenzonen Baden-Württemberg (PDF-Download)
S. 25ff	Kapitel 5. Berücksichtigung untergrundbedingter Effekte bei grösseren Erdbeben	In diesem Kapitel wird angedeutet, es gäbe Effekte welche bei der Abschätzung der seismischen Gefährdung in Benken im Speziellen und in der Nordschweiz im Allgemeinen vergessen worden wären – Deutschland und alle existierenden Gefährdungskarten wären selbstverständlich ebenfalls betroffen. Die Wichtigkeit von «Attenuation» und «Standort Effekte» sind in der Seismologie wohl bekannt und werden bei der Erstellung solcher Gefährdungskarten auch mitberücksichtigt. Bei der Erstellung der seismischen Gefährdungskarte für D-A-CH-Staaten (siehe GFZ Internetadresse oben) wurde auch die Radarlineamentenkarte (Wetzel & Franzke 2001) mit einbezogen, bei der so genannten Erdbebenzonierung. Im Falle des Standortes Benken und insbesondere für einen Untertagebau, sind die zu erwartenden «site effects» aber gering. Die Untergrundstruktur, inklusive der räumlichen Änderungen der Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen, ist im Untersuchungsgebiet der Nordschweiz von der Nagra bereits detailliert untersucht und beschrieben worden (Müller et al. 2002; NAGRA 2002, NTB 02-03). Die Nagra hat auch Erdbebenszenarien für den Lagerstandort berücksichtigt und legt zu diesen Fragen detaillierte, konservative Analysen vor (Nagra 2002 S. 558ff.). Keine dieser Arbeiten wird von der Autorin in diesem Zusammenhang zitiert.

S. 27ff	<p>Kapitel 6. Möglicher Einfluss von Oberflächenwasser</p> <p>Geht man von "trockener Reibung" aus, so ergeben sich vor allem für tiefere Herde Scherwiderstände, zu deren Überwindung unwahrscheinlich hohe Spannungsdifferenzen notwendig wären.</p> <p>Fluide können als reibungsmindernde Polster in Betracht kommen (Engelder, 1992).</p>	<p>Die ganze Diskussion des Kapitels 6 ist absurd. Frau Theilen-Willige hat eine sehr eigenartige, falsche Vorstellung der hydrogeologischen Verhältnisse im Untergrund, den sie sich offenbar als vadose, ungesättigte Zone bis auf ca. 8 km Tiefe vorstellt. Wenigstens hydrostatischer Wasserdruck herrscht grundsätzlich überall in der gesättigten Zone, in unseren Breitengraden bereits ab wenigen Metern Tiefe (ausser in hochgelegenen Karstgebieten, wo der Grundwasserspiegel lokal in wenigen zehnern bis hunderten von Metern Tiefe liegen kann). Solche Dinge sollte Frau Theilen-Willige, mit Adresse "im Fachbereich Hydrogeologie" eigentlich wissen. Relevante Studien zu den Druckverhältnissen der gesamten Nordschweiz und der Südost-Abdachung des Südschwarzwaldes liegen vor (Nagra 2002; NTB 02-03, Bericht Opalinuston, p. 101ff) – und das für drei verschiedene Formationen : Malm, Sandsteinkeuper und Muschelkalk. Hydrogeologische Modellierungen, der Wasserflüsse des gesamten Umfeldes (Alpenkamm bis Südschwarzwald), wurden in vielen Modellen errechnet und mittels Druckdaten aus Bohrungen geeicht (Kimmeier et al. 1985). Bohrungen wurden in der Nordschweiz bis tief ins Kristallin abgeteuft und Druckverhältnisse wurden in aufwändigen hydrogeologischen Testserien gemessen.</p> <p>Das Literaturzitat von Engelder 1992, fehlt in der Literaturliste. Beim einzigen Zitat in GeoRef für Engelder (1992) handelt es sich um ein Abstract, bei dem es um die Bildung von Klüften durch Gas-Überdrucke in devonischen shales der Appalachen geht. Auch sonst ist Engelder eher für Klüftbildung als für Brüche und Erdbeben bekannt. Das hier relevante Zitat wäre allenfalls eine der zahlreichen Publikationen von Sibson (z.B. 2003) gewesen, er ist die anerkannte Autorität auf dem Gebiete der Beziehungen zwischen Erdbeben und Fluid-Druck auf Bruchzonen. Wie auch immer, es geht dabei nie um "einsickerndes" Wasser oder normales Grundwasser, sondern immer um überhydrostatische Fluid-Drucke, die nur dann aufgebaut werden können, wenn KEINE Verbindung zur Erdoberfläche vorhanden ist.</p>
S. 28	<p>Gibt es Störungszonen im Untergrund entlang derer seismisch ablaufende, bruchhafte Bewegungen mit Erdbebenfolge stattgefunden haben, die sich bis an die Erdoberfläche nach oben durchpausen und dadurch das Eindringen von Oberflächenwasser ermöglichen ?</p>	<p>Frau Theilen-Willige scheint überzeugt davon zu sein, dass Brüche, Bruchzonen und Lineamente allgemein Wegsamkeiten für Oberflächenwasser zu tieferen Stockwerken schaffen (bis maximal 8 km? S. 27). Dazu braucht es aber weder Erdbeben noch Brüche. Klüfte sind wahrscheinlich hydrogeologisch gesehen die effizienteren Strukturen im harten Gestein als Brüche. Klüfte treten häufig in engen Scharen auf. Klüfte entstehen aber nicht durch Erdbeben.</p>
S. 29	<p>Oberflächenwasser kann wiederum leichter in diese Bruchzonen wegen erhöhter Wasserwegsamkeit einsickern. An der Erdoberfläche befinden sich Feuchtgebiete.</p>	<p>Eigentlich wäre bei einer effizienten Drainage im Untergrund eher ein Austrocknungseffekt an der Erdoberfläche zu erwarten. Ein solcher wird im folgenden Beispiel unter der Stadt Singen beschrieben. (<i>Er ist dort auch im Vegetationsindex der Abb. 50 als sehr deutliche Anomalie (schwarzer Fleck) sichtbar...</i>).</p>

S. 31 Abb. 32	Der Absenktrichter des Modellgebietes befindet sich im Kreuzungsbereich des Hegau-Lineaments und der Bodensee-Verwerfung. (rote Linien) Möglicherweise dringt hier Oberflächenwasser in tieferliegende Bruchzonen ein.	Hier wird ein spektakulärer Fall einer Eindringstelle von Oberflächenwasser an der Kreuzungsstelle von zwei Lineamenten vorgestellt. Die Lineamente sind von Frau Theilen-Willige auf eine Karte des LGRB eingezeichnet worden. Das NNW-SSE Lineament fehlt aber auf allen anderen Lineamentkarten (Abb. 41, 42, 54, 56) dieses Berichtes. Mit dieser Karte und den damit angestellten Vermutungen beweist Frau Theilen-Willige ihre geringe Fachkenntnis in Hydrogeologie. Dieser Absenktrichter (schon der Begriff selbst sagt es) ist durch das Abpumpen von Wasser aus einem porösen Aquifer im Lockergestein ("des Grundwasserleiters CD") entstanden. Was die Legende auf der LGRB-Webseite nicht sagt ist allerdings, dass es sich bei der Abbildung um eine numerische Modellierung und nicht um einen gemessenen Tatbestand handelt ! Dies wurde seither korrigiert.
S. 31	Die Klärung dieser Frage ist weiterhin nur durch statistische Langzeituntersuchungen von Niederschlagshöhen/-verteilungen und Vergleiche mit Erdbebenereignissen und –parametern zu erreichen, was im Rahmen dieser Untersuchung nicht mehr möglich ist.	Frau Theilen-Willige fehlte die Zeit, um das spektakuläre, von ihr entdeckte Eindringen von Wasser in eine Bruchzone bei Singen, und einen eventuellen Zusammenhang mit Erdbeben durch "Langzeituntersuchungen" zu untermauern. Ein Telefon (e-mail) ans LGRB hätte wohl gereicht, um die Sachlage in Singen, wo wahrscheinlich auch bereits lange Messreihen zur Hydrogeologie existieren, klarzustellen. Wenn nicht der Trichter von Singen sondern ganz generell der hydrologische Jahreszyklus und dessen Einfluss auf Seismizität gemeint war: auch hier hätte das Literaturstudium ergeben, dass solche Zusammenhänge längst erforscht sind: was dem Mond und den Gezeiten allgemein offenbar nicht gelingt, nämlich die Reibungsverhältnisse auf einer gespannten Bruchzone zu beeinflussen (Scholz 1988, 2003), der schmelzende Schnee der Schweizer Berge scheint es doch ein ganz klein wenig zu können (Roth et al. 1992). Das Schlagwort heisst "hydroseismicity". Das Phänomen ist aber für die Abschätzung der Erdbebengefährdung völlig irrelevant.
S. 31	Ob allerdings der Scherwiderstand entlang der Verwerfung durch einsickerndes Oberflächenwasser in diese zahlreichen, steil tief reichenden Bruchzonen so weit herabgesetzt werden könnte, dass dadurch eine Erdbeben-Triggerwirkung initiiert wird, müsste durch weitere Untersuchungen (z.B. Bohrkernanalysen) geklärt werden.	Die Wahl des Verbs lässt vermuten, dass sich Frau Theilen-Willige Bruchzonen generell als nach oben offene, nicht wassergesättigte Hohlräume vorstellt, in die dann an gewissen Stellen, von oben Wasser bis tief ins Erdinnere eindringen könnte um dort einen "Schmiereffekt" zu bewirken. Diese Vorstellung ist naiv. Um ein Erdbeben zu « triggern » müsste der Wasserdruck in der Bruchzone deutlich, auf nahezu lithostatische Werte erhöht werden. Eine solche Druckerhöhung kommt sicher nicht durch "einsickerndes Oberflächenwasser zustande". Sie wäre allenfalls dort möglich, wo KEINE Wasserwegsamkeit zur Oberfläche besteht. Weitere Untersuchungen an Bohrkernen vorzuschlagen ist absurd. Was sollte denn in diesen Kernen gesucht werden?
S. 32ff.	Kapitel 7. Beitrag von Satellitenaufnahmen zur Erfassung der tektonischen Situation	In diesem Kapitel stellt Frau Theilen-Willige ihre eigenen Analysen an Satellitenbildern vor. Vieles davon ist allgemein gehaltene "Einführung"; der Schwerpunkt der Analysen liegt auch eher auf dem Bodenseegebiet als bei Benken.
S. 32	.. Nordwärtsdrift der Afrikanischen/Adria-Platte ... Dabei sind genaue Prognosen über die Geschwindigkeit dieser Prozesse nicht möglich, da es z.B. bei seltenen, extremen Erdbebenereignissen rasch zu erheblichen Veränderungen kommen kann, gefolgt eventuell von langen Zeiten der Stagnation.	Es sind sehr wohl Prognosen über die zu erwartenden "plattentektonischen Geschwindigkeiten" und alle anderen geologischen Prozesse möglich. Die heutigen Deformations-Raten sind durch Nivellements und GPS Messungen gut eingegabelt; Raten über die letzten 10 Millionen Jahre (seit dem Ende der Molasse-Sedimentation), über die letzten 2 Millionen Jahre (Deckenschotter) oder über die letzten 20'000 Jahre (Würm Maximalvereisung) sind ebenfalls gut abschätzbar durch das Studium von entsprechenden Gesteinsformationen. Damit haben Geologen vier sehr verschiedene Zeitfenster und so die Möglichkeit, vier Raten abzuschätzen und zu vergleichen. Keine dieser

		<p>Abschätzungen, auch wenn sie konservativ ausgeführt werden, erlauben die Voraussage von "extremen" Veränderungen im Untersuchungsgebiet.</p> <p>Kein einziges der von Frau Theilen-Willige aufgeführten Beispiele widerspricht diesen Analysen. Sie vermischt in ihrer Aussage auch langfristige geologische Prozesse mit dem "Erdbebenzyklus" der einige hundert bis vielleicht 10'000 Jahre beträgt. Selbst beim letzteren ist eine Abschätzung der maximal zu erwartenden Bewegung bei jedem "extremen" Ereignis möglich.</p>
S. 33 Abb.33	Kompressionstektonik "Aufschiebung" Strukturgeologische Interpretation des reflexionsseismischen Profils	<p>Die Fachfrau für Lineamentanalysen auf Satellitenbildern stellt hier ihre eigene Uminterpretation eines reflexionsseismischen Profils vor. Im Gegensatz zu den Satellitenbildern handelt es sich hier aber nicht um eine einzige 2-D Aufnahme sondern um einen Schnitt in einem 3-D Volumen, das gefüllt ist mit Informationen. Diese Zusatzinformation erlaubt Verifizierung der "Lineament-Analysen" und die hervorgehobenen Brüche sind nicht einfach auf einem Bild von Hand eingezeichnete Strukturen sondern im Volumen vorhandene quantifizierbare Diskontinuitäten. Eine Re-Interpretation dieses Volumens würde mindestens voraussetzen, auch die entsprechenden horizontalen Schnitte zu berücksichtigen. Die Publikation, aus der die Abbildung wirklich stammt (Birkhäuser et al. 2001, Fig. 4.28), wird weder zitiert noch diskutiert.</p>
S. 33	Hierfür bietet sich der GIS integrierte Einsatz von Satellitenaufnahmen an. Auswertungen von NOAA-Aufnahmen können zur Veranschaulichung des komplexen strukturgeologischen Aufbaus im Alpenvorland beitragen. Dies ist von besonderer Bedeutung, um zu ermitteln, welche tektonische Interaktionen zwischen den sich nach Norden verschiebenden Alpen und vorhandenen Strukturen im Alpenvorland im Alpenvorland in Zukunft stattfinden können.	<p>GIS hat sicher seine Stärken, ist aber nicht das beste Mittel, um die geologischen Strukturen des Alpenvorlandes abzubilden. GIS bleibt nach wie vor ein 2-D Kartenwerkzeug; die Geologie wird aber zusätzlich und oft besser in Vertikalschnitten dargestellt. Im Falle von Benken liegen sogar wirkliche drei-dimensionale, volumenfüllende seismische Daten vor => auch diese Information kann in GIS nicht eigentlich behandelt werden.</p> <p>Die im Folgenden dargestellten Anwendungen von GIS auf Satellitenbilder und deren Verknüpfung mit anderen Karteninformationen ist nirgends überzeugend. Bruchstrukturen in diesem stark antropogen überprägten Gebiet mit viel Vegetation können mit Satellitenbildern bestens erahnt, nie aber wirklich im Detail auskartiert werden. Der Vergleich mit existierenden geologischen und tektonischen Karten wurde auch weitgehend unterlassen. Eine offensichtliche Anwendung von GIS, nämlich die Bereinigung der Lineamentenkarten wurde auch nicht durchgeführt. Ein kritischer Vergleich der von Hand (?) gezeichneten Lineamente mit Verkehrswegen, Wald- und Feldrändern fehlt ebenfalls.</p>
S. 34	Daher ist eine sorgfältige Analyse des geologischen Bauplans dieser Gebiete erforderlich ...	<p>Im Widerspruch zu dieser Aussage beweist Frau Theilen-Willige mit den vorausgehenden und folgenden Beispielen einen doch eher unsorgfältigen Umgang mit Daten, seien es nun Satelliten-Bilder, Abbildungen aus der existierenden Literatur, oder die Verwendung von kaum recherchierten Informationen aus dem Internet.</p> <p>Die sorgfältige Analyse des geologischen Bauplans der Nordschweiz und des Standortes Benken liegt bereits vor (Nagra 2002), wird aber von Frau Theilen-Willige nicht zitiert.</p>
Abb.35 Abb.36	Ringstrukturartige Anordnungen Aeromagnetische Anomalien	<p>Was soll hier gezeigt werden? Solche Bilder haben keine Relevanz für die Fragestellung. Von einer sorgfältigen Analyse des Bauplans - von Zentral-Europa - kann auch nicht die Rede sein.</p>

Abb.37	Die Afrikanische Kontinentalplatte verschiebt sich weiterhin gegen Norden. Diese mit dieser Kollision verbundenen Kräfte bauen Spannungen in der Erdkruste auf, die sich im Bereich von Schwächezonen als Erdbeben abbauen.	Auf diesem Bild ist nicht viel von Afrika zu sehen... => sorgfältige Analyse des Bauplans ? Erdbebengebiete (z.B. Basel und Hohenzollerngraben) sind auf dieser Karte nicht zu sehen. Wenn sie eingezeichnet worden wären, würde auch erscheinen wie fraglich diese Aussage ist: der kausale Zusammenhang zwischen Erdbeben in Süddeutschland, Bruchmustern des Radar-Mosaiks und einer Kollision von Afrika mit Europa ist weder offensichtlich noch als Tatsache etabliert. Zur Lage von Benken: Benken befindet sich nicht am Ost-Ende des Faltenjuras (Lägern), wie in Abb.37 dargestellt, sondern 22 km nördlich davon.
S. 38 Abb.39	Tiefreichende Klüfte in Molasse-Sandsteinen im Gebiet des Überlinger Sees Steilstehende Klüfte zeichnen sich in der Regel besonders deutlich auf Satellitenaufnahmen ab	Klüftung, wie sie hier in Aufschlussbildern gezeigt wird, ist nicht dasselbe wie Brüche (Abb. 38). Es wäre aufschlussreich mehr über den Unterschied der beiden Strukturelemente und deren Ausdruck auf den Satellitenbildern zu erfahren. Die N-S Richtung der Lineamente in der Satellitenaufnahme der Abb.39 erscheint auch nicht auf den Lineamentenkarten der Abb. 41, 42.
S. 39	... Grautonlineationen - , innerhalb der pleistozäner Drumlinfelder bei Konstanz und Überlingen deuten auf jüngste, neotektonische Bewegungen innerhalb der pleistozänen Ablagerungen hin.	.. das tönt spannend, ist aber durch keine Abbildungen belegt. Die zitierte Literatur ist "grau", sie ist nicht einfach zugänglich und zählt in Geologenkreisen nicht als Referenz.
S. 40 Abb.41	Blockschollentektonik Höhenveränderungen durch insgesamt grossräumige Hebungsbewegungen und dadurch hervorgerufene "Blockschollentektonik"	Die grau eingezeichneten WNW-ESE orientierten Hebungszonen (Horste) mit dazwischen liegenden Gräben (vergleiche mit Abb.16) sind eine Hypothese der Autorin; die Satellitenbilder erlauben keine solche Aussage und die geodätischen Messungen belegen keine Bewegungen auf diesem kleinen Massstab. Es wäre auch interessant zu wissen, wie Frau Theilen-Willige die Blockschollen (A, B, C) im Raum orientiert sieht. Sind diese Blöcke im Schnitt SW-NE (quer zu Schienerberg, Bodanrück) oder im Schnitt NW-SE (quer zur Graupensandrinne) gedacht? – oder gar beides – mit resultierender "Eierkarton"- Interferenz? Keine dieser Richtungen entspricht einer gegenwärtigen Hauptspannungsrichtung. Die maximale horizontale Hauptspannung S_H ist N-S bis NNW-SSE orientiert und die minimale horizontale Hauptspannung S_h ist E-W bis ENE-WSW gerichtet (Müller et al. 2002, fig. 3.11; fig. 3.14). Diese Richtungen sind durch Erdbebenherdlösungen und Bohrlochdaten belegt und man würde für die gezeichneten Lineamente deshalb im Allgemeinen eher Blattverschiebung als Normalbruch erwarten.
Abb.41 Abb.42	Lineationskarte auf der Basis des Radarmosaiks; wahrscheinliche Störungszonen; Lineationen	In der Gegend von Benken erscheinen WSW-ENE orientierte Lineamente und wahrscheinliche Störungszonen. Es gibt aber keine Übereinstimmung zwischen den beiden Interpretationen der Abb. 41 und 42. Wie kommen diese Abweichungen von mehreren Kilometern zustande? Es ist vielleicht nützlich, auf Bildern mit kleinem Massstab zu arbeiten, um die langen Strukturen zu erahnen; um eine sorgfältige Analyse des "Bauplanes" eines Untersuchungsgebietes zu machen, müsste nicht doch ein Zoom gezeigt werden, auf dem sich der Leser selbst von der Existenz eines Lineamentes überzeugen kann? Keine der folgenden Abbildungen hat irgendeine Relevanz in dieser Beziehung.

Abb. 42b	Lineationskarte	irrelevant; Benken liegt am extremen Bildrand
Abb. 43 Abb. 44	Radarinterferometrische Untersuchungen im Bodenseegebiet	irrelevant => diese interessante Technik hat bislang noch kein besseres Höhenmodell geliefert als dasjenige, das bereits zur Verfügung steht (basierend auf klassischer Landesaufnahme – inklusive Luft-Photogrammetrie). Auch in Zukunft wird diese Technik weit hinter den Flugvermessungen (Lasertechnik, Höhenmodell im 1m Massstab) zurückbleiben (http://www.swisstopo.ch/de/digital/DOM.htm).
Abb. 45	Lake Constance - Interferogramm	Radar Interferogramme wären in der Tat geeignet, rasche und im dm bis m-Bereich liegende Terrain-Veränderungen abzubilden. Bei den bekannten Raten von weniger als einem mm/Jahr auf grossem Raum bleibt diese Anwendung im Untersuchungsgebiet aber fraglich. Bislang ist in Zentral-Europa auch noch keine Abbildung der ko-seismischen Verformungen der Erdoberfläche nach einem Erdbeben gelungen. Bei Erdbeben der Magnitude 5 und geringer ist dies aber auch nicht zu erwarten.
Abb. 46	Digitale Bildbearbeitung	irrelevant
Abb. 47	Fernerkundung und Höhendaten	irrelevant
Abb. 48a	Kartierung von Störungszonen	irrelevant, was sollen diese Bilder beweisen? Dass es möglich ist Falten und Querstörungen im Jura zu erkennen? Das wäre selbst auf dem käuflichen interaktiven Atlas_der_Schweiz© (v.1 oder v.2) besser gelungen. http://www.swisstopo.ch/de/digital/AdS.htm
Abb. 48b	Lineare Bildelemente Geradlinige Geländestufen und Flussläufe lassen auf einen strukturgeologischen Einfluss auf die Reliefentwicklung schliessen	Das hier angedeutete Lineament von NW-SE Richtung verläuft schief, in einem flachen Winkel von ca. 35°, zu allen bekannten Strukturen (Rüdlinger Flexur, Irchel Antiklinale/Synklinale). In den seismisch belegten Isohypsenkarten des Mesozoikums in der Tiefe ist ebenfalls kein Trend dieser Richtung auszumachen (Müller et al. 2002, Beilagen 4.1, 4.2, 4.3) => es kann sich also kaum um das "Durchpausen" eines tieferliegenden Bruches handeln.
Abb. 48c	Erfassung linearer Bildelemente um Benken und Vergleich mit der tektonischen Karte ..	Auf dem Satellitenbild wird ein Lineament vermutet und durch eine Reihe von weissen Pfeilen dem Leser suggeriert. Die Nagra (2002, Fig. 4.2-1) hat in der Tat für dieses Gebiet eine tektonische Übersichtsskizze erstellt und die Tiefenstruktur ist für jede Formation einzeln bekannt (Birkhäuser et al. 2001). Der Vergleich dieser Karten mit den Satellitenbildern beweist im Wesentlichen die Schwächen der Satellitenbild-Analyse, welche nicht fähig ist, die Strukturen des Untergrundes zu reproduzieren. Das Lineament stimmt zwar streckenweise einigermaßen mit bekannten Strukturen (z.B. der Flexur von Rafz-Marthalen) zusammen, weicht dann aber auch wieder um Kilometer davon ab. Andere, wichtige Strukturen fehlen gänzlich auf der Lineamenten-Analyse.
Abb. 48d	... tektonische Karte der NAGRA (2000)	Es handelt sich hier nicht um eine "tektonische Karte" sondern um die "Strukturelle Übersicht an der Basis des Mesozoikums"; sie stammt auch nicht aus Nagra (2000) sondern aus dem 3-D Seismik Bericht von Birkhäuser et al. (2001, fig. 4.18). Die hier gezeigten Strukturen sind durch seismische Linien belegt; im rosaroten Zentralbereich in 3-D mit hoher Auflösung.
S. 49 Abb. 48e	Kartierung von Strukturlinien (z.B. Falten)	irrelevant – das Gebiet liegt im Faltenjura; die Falten wären auf jeder geologischen Karte besser zu sehen
S. 49 Abb. 49	Die hier erkennbaren linearen Reliefelemente entsprechen in ihrer Lage der ehemaligen Graupensandrinne, deren Begleitstörungen im Laufe der Erdgeschichte immer wieder reaktiviert wurden.	Nirgends im vorliegenden Bericht werden genauere Angaben zur Struktur und Entwicklung dieser Graupensandrinne gemacht. Die Satellitenbildanalyse ist dazu auch nicht in der Lage. Geologen haben diese Rinne aber im Detail untersucht und eine Entwicklungsgeschichte ist gut bekannt, nachzulesen in zusammengefasster Form in Müller et al. (2002, S. 32ff.). Belege für eine wiederholte Reaktivierung von Störungen werden nirgends erbracht.
S. 51 Abb. 50	Vegetationsindex	Das ganze ist wohl eher als eine Spielerei gedacht – im Sinne: "hier wäre auch noch eine Methode die vielleicht Resultate liefern könnte?" - ähnlich wie die weiter oben gemachten

		<p>Aussagen über Radarinterferometrie? Eine sorgfältige Analyse und Überprüfung der Lineamente wurde jedenfalls unterlassen. Die Verwendung solcher Bilder mit beschränkter Auflösung hält einer kritischen Beurteilung nicht stand, vor allem wenn es darum geht, Bruchzonen auszukartieren, wie das im folgenden getan wird.</p> <p>GIS hätte wohl auch erlaubt, antropogen stark beeinflusste Gebiete wie Verkehrswege und Siedlungszonen von der Analyse auszusparen. Es stellt sich grundsätzlich die Frage ob solche Analysen im Wald (Nadel, Misch, Laubbäume?), an Waldgrenzen und in Ackerbaugebieten mit geradlinigen abgegrenzten Feldern überhaupt einen Sinn machen können.</p>
S. 52 Abb. 52	Vergleich der strukturgeologischen Analyse der Landsat TM-NDVI-Satellitenaufnahme mit der tektonischen Karte des Gebietes	<p>Wurden diese Lineamente von Hand oder automatisch generiert? – Was ist die signal/noise ratio? Überstehen diese Lineamente einen "Signifikanz" – Test? Wieso erscheinen nur gerade 3 Richtungen, und diese mit perfekter Parallelität? (Die vierte, N-S Richtung ist doch wohl ein Pixel – Artefakt ?, genau so wie die auch sichtbaren E-W Lineamente der Abb.51)</p> <p>Der Vergleich mit anderen Lineamentenkarten zeigt auch, dass ein als wichtig hervorgehobenes lineares Bildelement der Abb. 48d hier nicht erscheint.</p>
S. 54	.. kontinuierliche Überwachung des Verkehrsnetzes ...	<p>Es ist schwierig nachzuvollziehen wieso eine solche Überwachung kontinuierlich sein sollte – sofern es lediglich um den Transport von radioaktivem Material geht. Wird hier etwa davon ausgegangen, dass täglich mehrere Eisenbahnzugladungen von radioaktivem Material angeführt würden?</p>
S. 54 Abb. 55	Erfassung von möglicherweise durch Erdbebenfolgeschäden gefährdeter Streckenabschnitte des Eisenbahnschienennetzes	<p>Es handelt sich hier um eine Spielerei mit GIS, wo drei Informationen (Hangneigung, Lineamente, Schienennetz) verknüpft werden, um potentiell neuralgische Punkte zu identifizieren. Die Schweiz (und wahrscheinlich auch Deutschland) ist an Gefahrenkarten – z.B. der Hanginstabilitäten – interessiert und solche Karten werden mit grosser Akribie auch hergestellt. In der Schweiz geschieht dies auf kantonaler Basis. Bei diesen Gefahren-Karten kommen aber neben der Hangneigung auch die viel wichtigeren lokalen geologischen Verhältnisse zur Berücksichtigung.</p>
S. 55 Abb. 56	Mögliche Risikobereiche für Eisenbahnschienen	<p>Der richtige Fachbegriff wäre wohl eher "Gefahrenbereiche"? Um das Risiko abzuschätzen – die Versicherungen sind sehr daran interessiert - müssten zusätzlich aufwändige statistische Überlegungen beigezogen werden und im weiteren Annahmen über den Wert der Züge gemacht werden. Risiko klingt natürlich besser als Gefahr – die hier vorgestellten Karten sind aber keine ernstzunehmenden Beiträge im einen oder anderen Fachgebiet.</p>
S. 55	... Bruch- und Verwerfungszonen. Deren Kreuzungsbereiche können bei grösseren Erdbeben aufgrund konstruktiver Interferenz seismischer Wellen vergleichsweise höher durch stärkere Bodenerschütterungen oder Bodesetzungen gefährdet sein.	<p>Die Aussage ist mindestens fraglich. Viel wichtiger als die Brüche sind in diesem Zusammenhang die Lockergesteine, ein Einfluss, welcher hier ausser Acht gelassen wurde. Diese "site effects" von lokaler Amplifizierung (oder Abminderung) der seismischen Erschütterungen sind wohl bekannt und Kartierungen der "Mikro-Zonierung" sind in der Tat nützliche Instrumente in der Abschätzung der seismischen Gefährdung (http://www.seismo.ethz.ch/hazard/risk/index.html). Es wird aber allgemein akzeptiert, dass die Lockergesteine eine viel grössere Wirkung auf den site effect haben als die hier erwähnten Bruchzonen und allfälligen Kreuzungsstellen derselben.</p>
S. 57	8. Zusammenfassung	<p>Alle diese Fragen, und viele mehr, wurden von der Nagra selbst bereits gestellt und umfassend beantwortet. Es liegt eine quantitative Dokumentation dazu vor (Nagra 2002, Müller et al. 2002). Frau Theilen-Willige geht auf diese Berichte gar nicht ein sondern erstellt Ihre eigene Liste von Indizien und Vermutungen und Behauptungen, bleibt aber die wissenschaftlich akzeptablen Begründungen schuldig :</p>
Abb. 59	Durch geodätische Feinnivellements nachgewiesene Hebungs- und	<p>Die Raten der Vertikalbewegungen liegen deutlich unter den vom AkEnd vorgegebenen Wert von 1 mm/Jahr. Durch diese Messungen wurde auch keine einzige Bruchzone als heute</p>

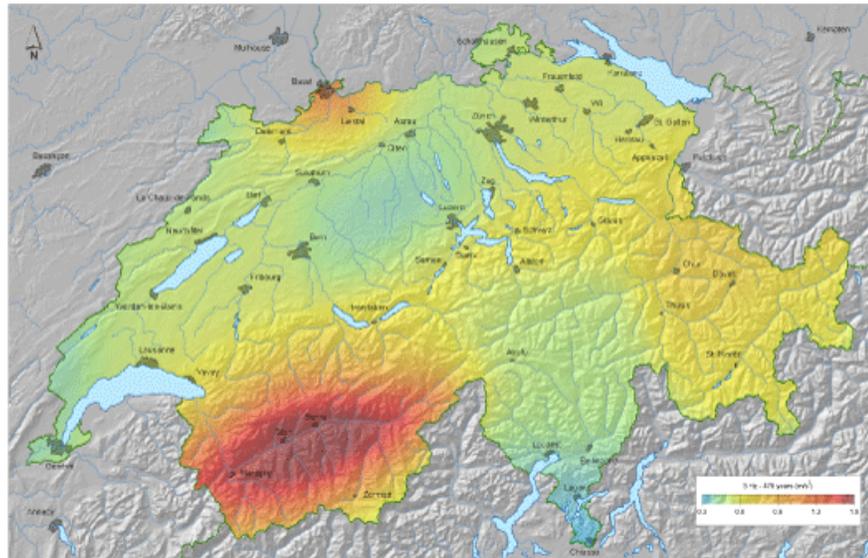
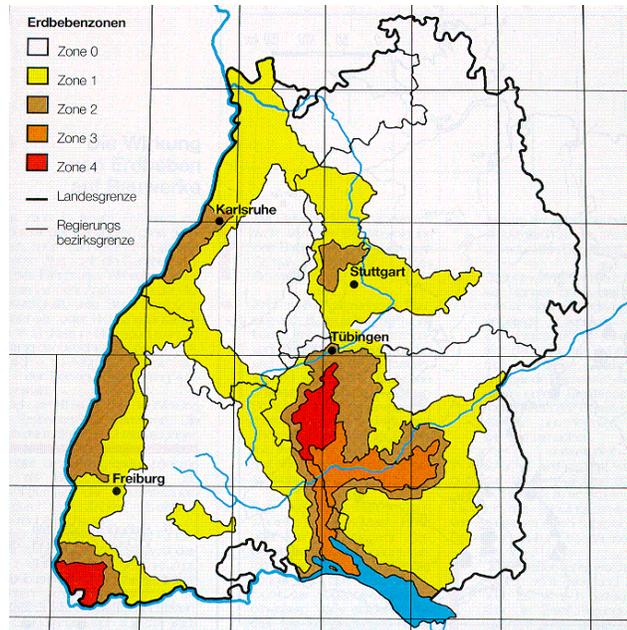
	Absenkungsbewegungen	aktiv identifiziert.
Abb. 59	Isostatische Ausgleichsbewegungen durch Eisdruckentlastung nach der letzten Eiszeit (?)	Die Eisentlastung / Isostasie könnte allenfalls einen sehr geringfügigen Beitrag zu den gemessenen Vertikalbewegungen leisten. Relevant ist aber nicht die Vertikalbewegung, sondern die eventuell dadurch verursachte Erosion.
Abb. 59	Spuren von Neotektonik in pleistozänen und holozänen Ablagerungen, sowohl im Gelände, als auch auf Satellitenaufnahmen sichtbar	Im vorliegenden Bericht wird keine dieser Spuren als tektonisch aktiv dokumentiert. Es handelt sich durchwegs um Vermutungen und Behauptungen, dabei werden die beobachteten Tatbestände auch in unzulässiger Weise überinterpretiert.
Abb. 59	Erdbebenetätigkeit in der Umgebung, sowohl historisch als auch rezent belegt.	Die Seismizität ist in der Tat sehr gut untersucht und es liegen "state of the Art" seismische Gefährdungs- und Zonenkarten vor – diese werden aber von der Autorin nirgends zitiert. Die Gefährdung im Bereich Benken liegt in der Zone 0 (nach DIN 4149); oder 1 (GFZ).
S. 57	Zusammengefasst stehen demzufolge vor allem folgende Fragen bezüglich des Standortes für radioaktive Abfälle bei Benken im Raum :	Zu allen hier gestellten Fragen liegen bereits detaillierte Untersuchungen vor, die von der Nagra in zahlreichen Technischen Berichten publiziert wurden und öffentlich zugänglich sind. Frau Theilen-Willige scheint die meisten dieser Berichte nicht zu kennen; viele ihrer Zitate beschränken sich auf Sekundärliteratur wie z.B. das Nagra Bulletin (No. 33) statt die dahinterstehenden Originaldaten.
S. 58	Dies sind nur einige der Fragen, die sich in die Zukunft richten und die derzeit daher noch nicht beantwortbar sind.	Die Fragen sind sehr wohl beantwortbar. Eine "state of the Art" Analyse, mit zahlreichen, auch extremen "what if - Fragen", wurde zu allen hier aufgeworfenen Punkten, und vielen anderen mehr, von der Nagra vorgelegt (Nagra 2002, NTB 02-03; Projekt Opalinuston). Eine Infragestellung des Standortes Benken müsste bei dieser Studie ansetzen, und allenfalls Schwachpunkte in der dort dargelegten Argumentation aufdecken.
S. 58	Die mit diesen Fragen verbundenen Risiken sind jedoch nicht auszuschliessen.	Risiken sind in der Tat nicht auszuschliessen: wir könnten jederzeit von einem Meteoriten getroffen werden. Eine Risiko-Analyse besteht gerade darin, abzuschätzen wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass wir das Jahresende erreichen ohne von einem solchen Meteoriten erschlagen worden zu sein.

Zitierte Literatur :

- Birkhäuser, P., Roth, P., Meier, B. & Naef, H. 2001. 3-D Seismik: Räumliche Erkundung der mesozoischen Sedimentschichten im Zürcher Weinland. In: *Nagra Tech. Ber. NTB 00-03*. NAGRA, Wettingen, 158.
- Bäckblom G. & Munier R. 2002. Effects of Earthquakes on the deep repository for spent fuel in Sweden based on case studies and preliminary model results. SKB Technical Report TR-01-24, SKB, Stockholm.
- Bräuer, V. & Jentzsch, G. 2001 ? Abgrenzung von Gebieten mit offensichtlich ungünstigen geologischen Verhältnissen. AkEnd Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, http://www.akend.de/aktuell/berichte/berichte_an_akend.htm, 8.
- Calais, E., Noquet, J. M., Jouanne, F. & Tardy, M. 2002. Current strain regime in the Western Alps from continuous Global Positioning System measurements 1996-2001. *Geology* **30**, 651-654.
- Caporali, A. & Martin, S. 2000. First results from GPS measurements on present day alpine kinematics. *Journal of Geodynamics* **30**(1-2), 275-283.
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F. & Stein, S. 1990. Current plate motions. *Geophysical Journal International* **101**(2), 425-478.
- Engelder, T. 1992. Distribution of gas-driven joints within the Devonian shales of the Appalachian Basin. In: *Geological Society of America, Northeastern Section, 27th annual meeting*. (edited by Anonymous). *Abstracts with Programs - Geological Society of America* **24**; **3**. Geological Society of America (GSA), Boulder, CO, United States, 18-19.
- Franzke, H. J., Werner, W. & Wetzels, H. U. 2003. Die Anwendung von Satellitenbilddaten zur tektonischen Analyse des Schwarzwalds und des angrenzenden Oberrheingrabens. *Jh. Landesamt f. Geologie Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg* **39**, 25-54.
- Gudmunsson, G. H. 1994. An order of magnitude estimate of the current uplift-rates in Switzerland caused by the Würm alpine deglaciation. *Eclogae geologicae Helvetiae* **87**(2), 545-557.
- Isler, A. 1985. Literaturzusammenstellung zur Neotektonik. In: *Nagra Techn. Ber. NTB 84-29*. Nagra, Wettingen, 187.
- Ivy-Ochs, S., Schäfer, J., Kubik, P. W., Synal, H. A. & Schlüchter, C. 2004. Timing of deglaciation on the northern Alpine foreland (Switzerland). *Eclogae Geologicae Helvetiae* **97**(1), 47-55.
- Kimmeier, F., Perrochet, P., Andrews, R. & Kiraly, L. 1985. Simulation par modèle mathématique des écoulements souterrains entre les Alpes et la Forêt Noire. *Nagra Tech. Ber. NTB 84-50*. Nagra, Wettingen.
- Le-Pichon, X., Fournier, M. & Jolivet, L. 1992. Kinematics, topography, shortening, and extrusion in the India-Eurasia collision. *Tectonics* **11**(6), 1085-1098. 1992.
- Mälzer, H., Röscher, H., Misselwitz, I., Ebert, M. & Moosmann, D. 1988. Höhenänderungen in der Nordschweiz und im Südschwarzwald bis zum Bodensee. *Nagra Tech. Ber. NTB88-05*. Nagra, Wettingen.
- Müller, W. H., Huber, M., Isler, A. & Kleboth, P. 1984. Erläuterungen zur "Geologischen Karte der zentralen Nordschweiz 1:100 000". In: *Nagra Techn. Ber. NTB 84-25*. Nagra, Baden.
- Naef, H., Diebold, P. & Schlanke, S. 1985. Sedimentation und Tektonik im Tertiär der Nordschweiz. In: *Nagra Tech. Ber. NTB 85-14*. Nagra, Wettingen.
- Naef, H., Birkhäuser Ph. & Roth Ph. 1995. Interpretation der Reflexionsseismik im Gebiet nördlich Lägern – Zürcher Weinland. In: *Nagra Tech. Ber. NTB 94-14*, Nagra, Wettingen.
- Nagra. 2000. 3D Seismics in the Zürcher Weinland. *Bulletin Technical-scientific contributions on the topic nuclear waste management* **33**, 35.
- Nagra. 2002. Projekt Opalinuston Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse. *Nagra Tech. Ber. NTB 02-03*, Nagra, Wettingen, 659p.
- Oldow, J. S., Ferranti, L., Lewis, D. S., Campbell, J. K., D'Argenio, B., Catalano, R., Pappone, G., Carmignani, L., Conti, P. & Aiken, C. L. V. 2002. Active fragmentation of Adria, the north African promontory, central Mediterranean orogen. *Geology* **30**(9), 779-782.
- Roth, P., Pavoni, N. & Deichmann, N. 1992. Seismotectonics of the Eastern Swiss Alps and Evidence for Precipitation-Induced Variations of Seismic Activity. *Tectonophysics* **207**(1-2), 183-197.
- Scholz, C. H. 1988. Earthquakes and friction laws. *Nature* **391**(1 january), 37-42.
- Scholz, C. H. 2003. Good tidings. *Nature* **425**(16 october), 670-671.
- Sibson, R. H. 2003. Brittle-failure controls on maximum sustainable overpressure in different tectonic regimes. *AAPG Bull* **87**(6), 901-908.
- Vigny, C., Chery, J., Duquesnoy, T., Jouanne, F., Ammann, J., Anzidei, M., Avouac, J. P., Barlier, F., Bayer, R., Briole, P., Calais, E., Cotton, F., Duquenne, F., Feigl, K. L., Ferhat, G., Flouzat, M., Gamond, J. F., Geiger, A., Harmel, A., Kasser, M., Laplanche, M., Le Pape, M., Martinod, J., Menard, G., Meyer, B., Ruegg, J. C., Scheubel, J. M., Scotti, O. & Vidal, G. 2002. GPS network monitors the Western Alps' deformation over a five- year period: 1993-1998. *Journal of Geodesy* **76**(2), 63-76.
- Wetzels, H. U. & Franzke, H. J. 2001. Geologische Interpretation eines ESR-1 Radarmosaiks von Deutschland. *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung* **10**, 503-510.

<http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/erdbebendienst/erdbebekarten>
(besucht am : 24.3.2005) :

Hieraus lassen sich Karten der Erdbebengefährdung ableiten. Gezeigt ist hier die schematisierte Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg (DIN 4149, Teil 1, April 1981)



http://www.earthquake.ethz.ch/research/Swiss_Hazard/Maps_plots/Hazard_Maps/sw_h_475_5
(besucht am 24.3.2005).

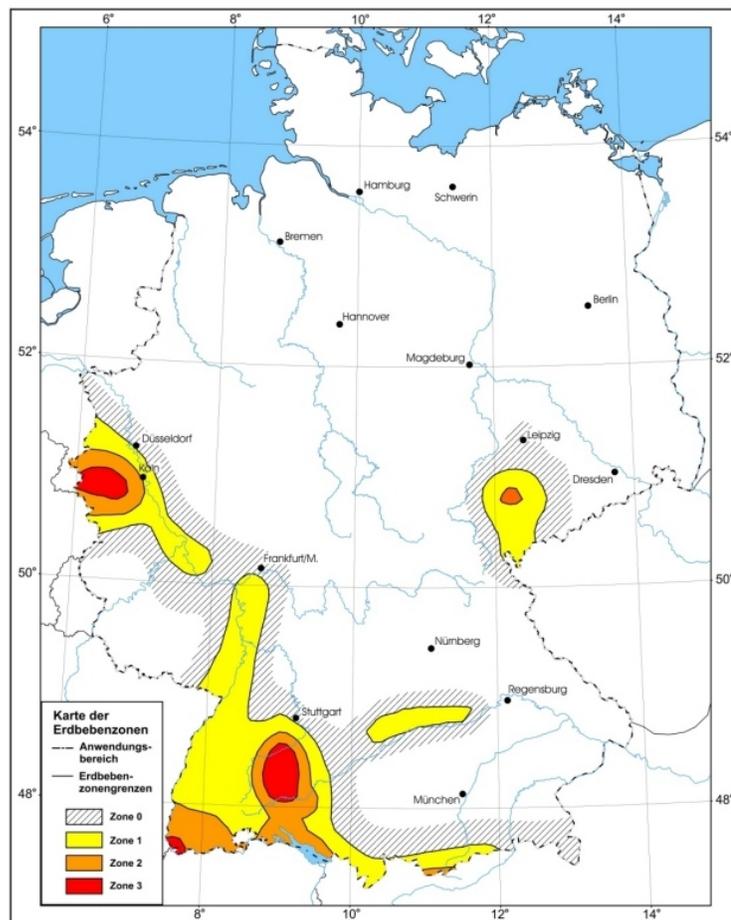
http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/en/seism_zonation_din4149n/menue_seismic_zone_localization_e.htm
| :

Die neue deutsche Baunorm DIN 4149 (Fassung 2005) und die Zuordnung von Orten zu den Erdbebenzonen

Eine vorhergehende Version der *seismischen Gefährdungskarte für die D-A-CH Staaten* (Deutschland D, Österreich A, Schweiz - CH) wurde im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), (Grünthal & Bosse, 1996) als Grundlage für die Karte der Erdbebenzonen des nationalen Anwendungsdokument des EUROCODE 8 entwickelt, welche nunmehr für die neueste Version der deutschen Erdbebenbaunorm DIN 4149 (Fassung 2005) genutzt wird. Diese Erdbebenzonenkarte wird ergänzt durch eine Karte der geologischen Untergrundklassen in den Erdbebenzonen, erstellt durch das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Baden-Württemberg (LGRB) sowie einem Satz von Antwortspektren, entwickelt durch die Bauhausuniversität Weimar (J. Schwarz) und das LGRB (W. Brüstle).

accessed : 30.3.2005.

Der Abfragekatalog, online, ergibt Zone 1 für Orte im Gebiet direkt westlich von Benken.



http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/hydrogeologie/grundlagen/hydrogeologische_kartierung/grundwasserbewegung_im_untergrund?highlight=singen
accessed : 24.3.2005 :

Grundwassergleichenplan und Fließrichtung des Grundwassers (Pfeile) im oberen Grundwasserleiter im Bereich des Singener Beckens. Ergebnis einer Modellsimulation.

