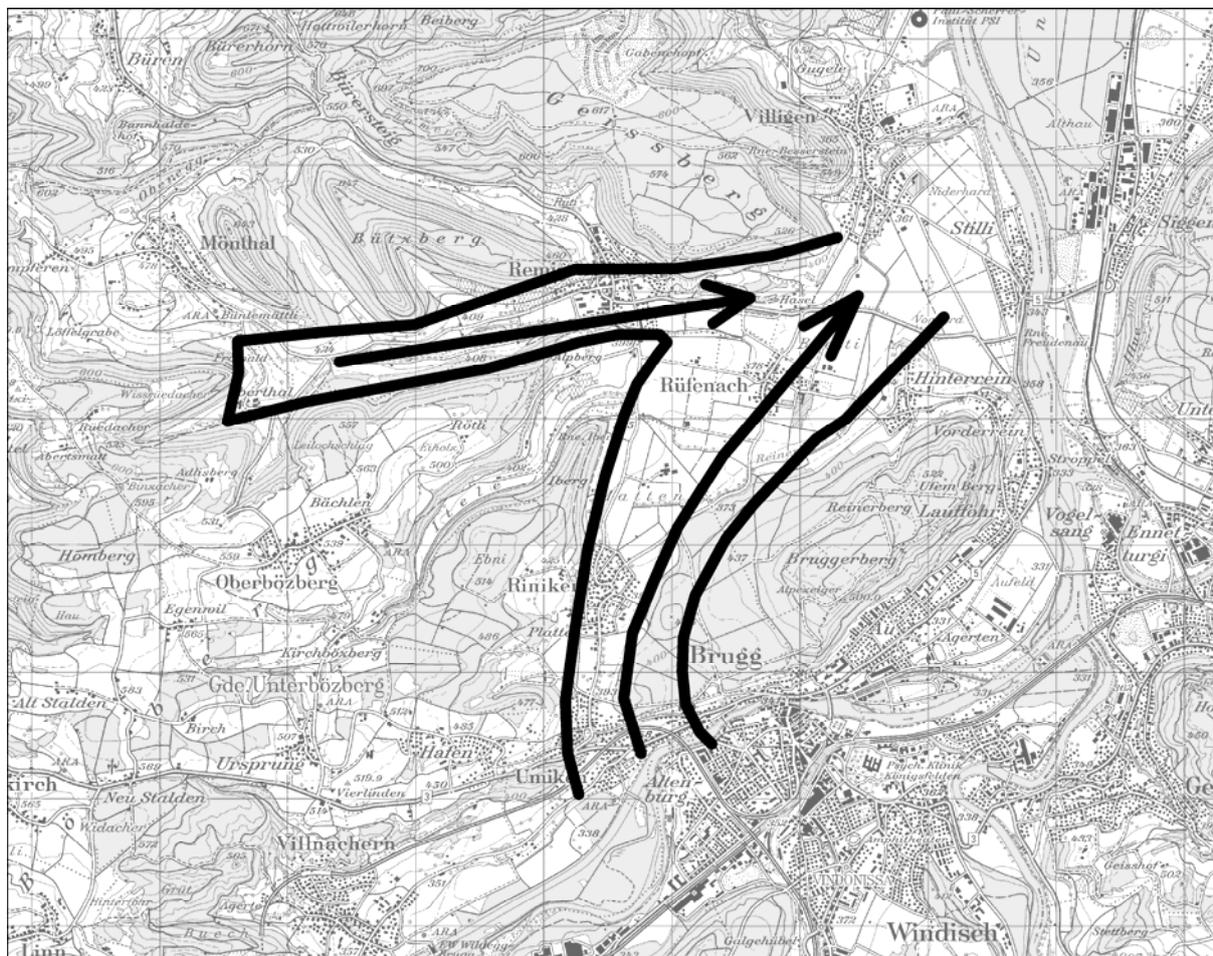


**Beilage 2****Sicherheit: Eiszeitliche Erosions-Szenarien (Forderung 3a)**

Standortgebiet Bözberg, Teilbereich Ost

**Grössere quartäre Rinnen im Gebiet:**

- Rinne Brugg - Umiken - Riniken - Rüfenach - Mündung in Rinne "unteres Aaretal"
- Rinne Ueberthal - Remigen - Mündung in Rinne "Riniken - Rüfenach"



Diese Rinnen beim Standortgebiet Bözberg entstanden gemäss den neueren geologischen Kartierungen und Literaturangaben (insbesondere H.R. Graf, 2009: Stratigraphie von Mittel- & Spätpleistozän in der Nordschweiz [Landesgeologie, Bern]) in früheren Eiszeiten. Dabei werden Erosions- und Wiederauffüllungs- Aktivitäten insbesondere in der Möhlin-Vergletscherung, in der Habsburg-Vergletscherung und in der Beringen-Eiszeit angenommen.

**Folgerung:**

Zur Bedeutung dieser Rinnen für ein Tiefenlager bestehen noch diverse Unklarheiten. Diese sind stufengerecht in den kommenden Etappen des laufenden Verfahrens "Sachplan Geologische Tiefenlager" (SGT) zu untersuchen.

**Abklärungsbedarf für eine sichere Erstbeurteilung des Standorts (SGT, Etappe 2):**

- ➔ geometrische Grunddaten der Rinnen (wichtigste Querprofile, maximale Tiefen)
- ➔ beteiligte Entstehungsprozesse
- ➔ Alter? mehrphasige Bildungen?

## Sicherheit: Tektonische Vorbelastung (Forderung 3b)

Strukturkarte Bereich Bözberg - unteres Aaretal - Lägeren, mit grossen tektonischen Störungzonen und Darstellung der tiefen Sockelgesteine

Abbildung aus: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), 2010: Gutachten zum Rahmenbewilligungs-Gesuch NKKB, Seite 69.

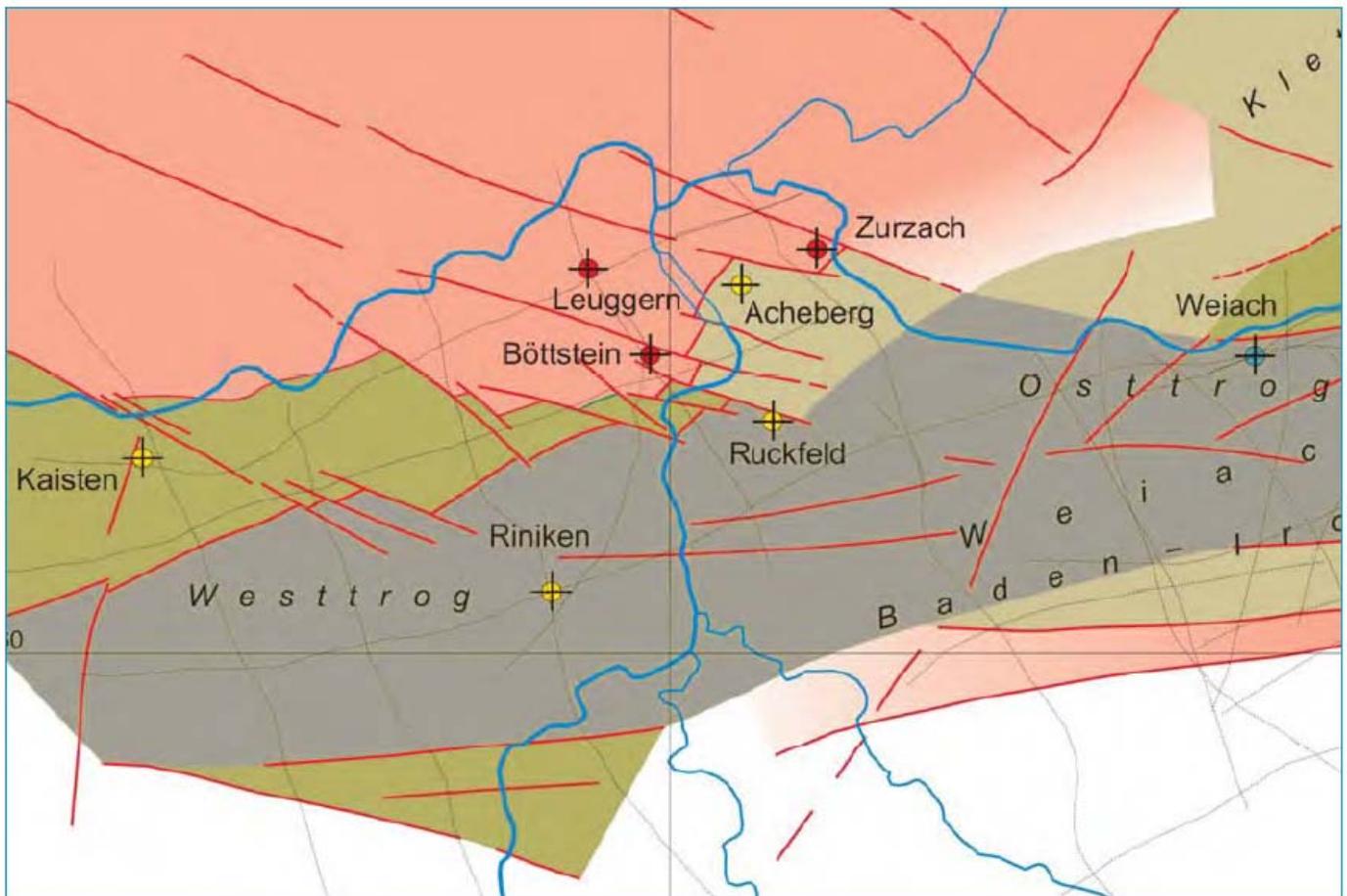


Abbildung 4.1-5: Ausschnitt aus der Strukturkarte der Sockeloberfläche in der Nordschweiz und Verbreitung der Permokarbon-Vorkommen (Quelle: Nagra NTB 99-08 [86], Beilage 2.4)

### Strukturkarte zentrale Nordschweiz mit den grossen tektonischen Störungen im Untergrund:

Die Karte zeigt den tektonisierten Permokarbon-Trog (grau), welcher unterhalb der geplanten Einlagerungszone in den Gebieten "Bözberg" (Westtrog) und "Nördlich Lägeren" (Osttrog) liegt, die Gebiete mit wenig Permokarbon (grün) und die Gebiete ohne Permokarbon (rot) sowie die wichtigsten tektonischen Störungzonen (rote Linien). Tektonische Störungen verringern die Sicherheit und das Platzangebot für ein Lager.

### Folgerung:

In die beiden im Permokarbon-Trog liegenden Standort-Gebiete hinein verlaufen grosse tektonische Störungzonen, deren Verlauf und Ausmass in beiden Gebieten noch nicht bekannt sind. Aufschluss darüber kann nur eine detaillierte Seismik-Kampagne geben.

## Sicherheit: Tektonische Vorbelastung (Forderung 3b)

### Tektonische Gliederung östlicher Jura

Abbildung aus: Nagra, NTB 05-02 (2005): Gliederung des Jura-Gebirges

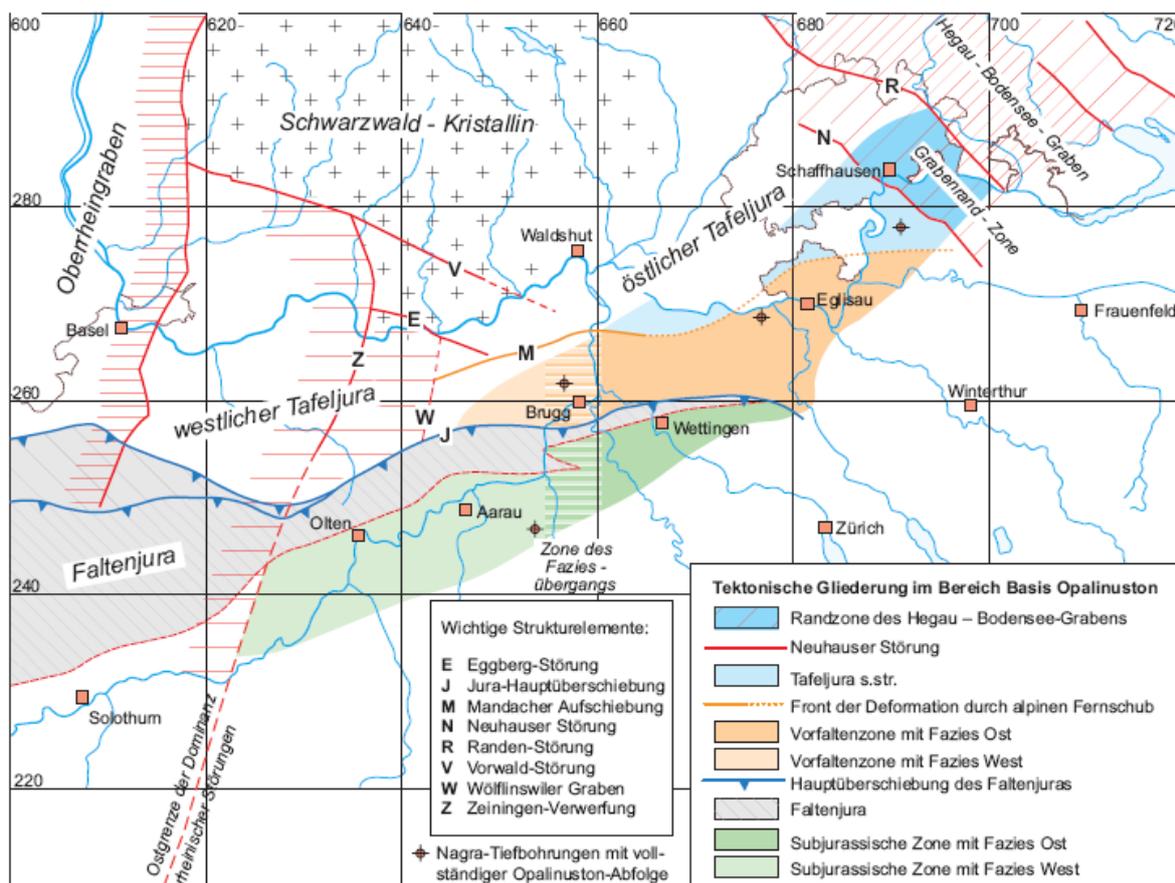


Fig. 5-4: Gliederung des Opalinuston-Verbreitungsraums in verschiedene geologisch-tektonische Bereiche.

**Tektonische Gliederung östlicher Jura in der Nordschweiz** in die Einheiten: Subjurassische Zone (= Position "Jura-Südfuss"), Faltenjura (kein Standortgebiet), Vorfaltenzone (= Position "Bözberg" und "Lägeren Nord") und östlicher Tafeljura (= Position "Zürcher Weinland" und "Südranden").

Die Standortgebiete "Bözberg" und "Nördlich Lägeren" liegen in der tektonisch belasteten Vorfaltenzone (vgl. auch Beilage 2, Blatt 4).

### Folgerung:

Es ist noch nicht bekannt, wie stark sich die beiden grossen Störungszonen E und V (vgl. Kartenlegende) in die beiden Standortgebiete "Bözberg" und "Nördlich Lägeren" hineinziehen. Um dazu verlässliche Ergebnisse zu gewinnen, sind detaillierte seismische Untersuchungen erforderlich.

## Sicherheit: Tektonische Vorbelastung (Forderung 3b)

### Tektonische Vorbelastung der verschiedenen Jura-Einheiten:

#### Generalisiertes Querprofil durch den Nordschweizer Jura im Bereich Bözberg - Nördlich Lägeren, mit Darstellung der Untereinheiten des Juras

Abbildung aus: Nagra, NTB 05-02 (2005): Geologische Tiefenlagerung von hochradioaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfällen: Darstellung und Beurteilung der aus sicherheitstechnisch- geologischer Sicht möglichen Wirtgesteine und Gebiete, Seite 59.

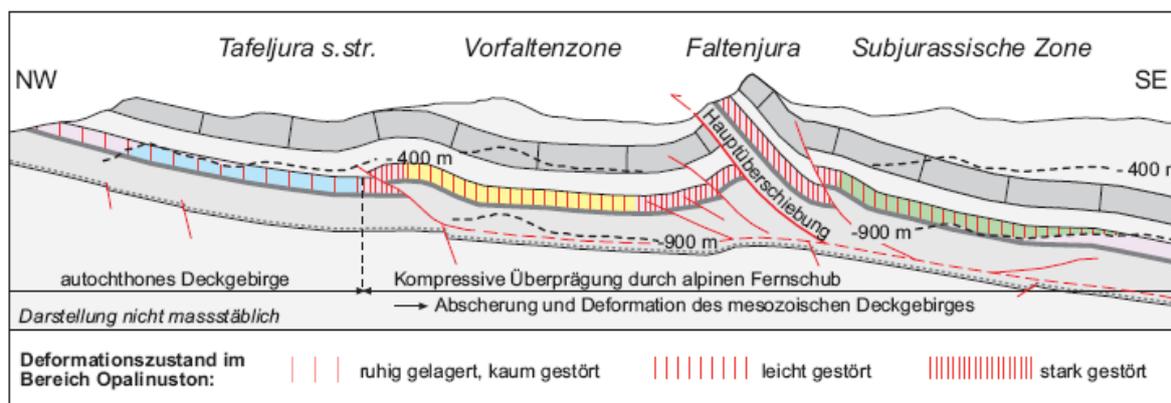


Fig. 5-3: NW-SE-Profil durch die Bereiche unterschiedlicher Deformation im Deckgebirge.

### Lage der geologischen Standortgebiete bezüglich der Untereinheiten:

Standort-Gebiet "Jura-Südfuss": Lage in der *Subjurassischen Zone*

Standort-Gebiete "Bözberg" und "Nördlich Lägeren": Lage in der *Vorfaltenzone*

Standort-Gebiete "Zürcher Weinland" und "Südranden": Lage im *Tafeljura*

### Tektonische Störungen:

Die **Subjurassische Zone**, gilt als tektonisch leicht gestört, in Nähe zum Faltenjura sogar als stark gestört.

Die **Vorfaltenzone** ist eine tektonische Knautschzone zwischen dem Faltenjura im Süden und dem Tafeljura im Norden. Diese ist tektonisch leicht bis stark gestört.

Einzig der **Tafeljura** ist tektonisch ruhig gelagert und kaum gestört.

### Folgerung:

Die konkrete tektonische Vorbelastung hat grossen Einfluss auf allfällige hydrogeologische Schwachstellen (Wasserwegsamkeit) und auf die nutzbare Lagerfläche. Zur Abklärung der konkreten tektonischen Vorbelastung sind in den Standortgebieten Jura-Südfuss, Bözberg und Nördlich Lägeren seismische Untersuchungen notwendig.

## **Sicherheit: Einflüsse von aufsteigenden Thermalwässern auf die Sicherheit eines Lagers (Forderung 3c)**

Beim Bau diverser Tunnels im Bereich Bözberg entstanden Probleme mit vorgefundenen, stark mineralisierten und auf die Bausubstanz aggressiv wirkenden Bergwässern (mit hohem Anteil an Tiefengrundwässern). Dies wurde in der Literatur beschrieben, z.B. im Fall des Autobahntunnels Bözberg schon während der Bauarbeiten in <sup>1</sup> sowie nach Fertigstellung des Tunnels und nach weiteren Untersuchungen in <sup>2</sup>.

In diesen Publikationen ist auch beschrieben, wie in der Molasse ein Bergwasser mit teilweise 2'900 mg/l und mehr Sulfat angetroffen wurde. Auch Natrium und Chlorid waren teilweise im Gramm-Bereich pro Liter vorhanden.

Diese beim Bauvortrieb aufgetretenen Bergwässer verursachten durch ihre Aggressivität auf Beton und ihre korrosive Wirkung auf Metalle diverse Bauwerk-Schäden. Eine Herkunftsanalyse ergab, dass zumindest ein erheblicher Teil dieser hoch mineralisierten Wässer aus grosser Tiefe aufgestiegen war. <sup>2</sup>

Zudem wurde beim Bau des Autobahn-Tunnels A3 Bözberg festgestellt, dass diese sulfathaltigen Bergwässer auch im Malm sowie in der Molasse auftreten. Dies bedingt eine Wasserverbindung zwischen den tief liegenden Trias-Schichten (mit Salz, Gips und Anhydrit) und den oberflächennäheren Effinger- Schichten, Malm-Kalken und Molasse-Schichten.

**Eine Wasserverbindung zwischen den unterhalb des Opalinustons liegenden Trias-Schichten und den oberhalb des Opalinustons gelegenen Malm- und Molasse-Schichten wäre bezüglich Sicherheit sehr relevant und muss bereits vor einer weiteren Standort-Einengung vertieft überprüft werden.**

### **Folgerung:**

Die Möglichkeit, dass im Standort-Gebiet "Bözberg" grossräumig mit aufsteigenden Thermalwässern zu rechnen ist, muss vertieft abgeklärt und in der provisorischen Sicherheitsanalyse (Etappe 2) unbedingt berücksichtigt werden.

---

Zitierte Literatur:

<sup>1</sup> SIA-Fachzeitschrift D 074 vom Mai 1991:

- S. 15 - 22: "Geologie des Bözbergtunnels", von Lukas Hauber, Basel.
- S. 23 - 29: Bözberg-Tunnel: "Projekt-Konzept", von Anton Arnold, Ennetbaden

<sup>2</sup> M.C. Wegmüller (2001): Einflüsse des Bergwassers auf Tiefbau / Tunnelbau. - Stäubli AG, Zürich, ISBN 3 7266 0052 3

## Sicherheit: Umgang mit im Tiefenlager entstehenden Gasen (Forderung 3d)

Je nach Aufbereitung, Vorbehandlung und Verpackung der radioaktiven Abfälle produzieren diese nach der Einlagerung unterschiedliche Mengen an Gas (vor allem H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>). Je nach Ausbau der Zugangs- & Lagerstollen produzieren auch die Ausbaukonstruktionen weitere Gase. Solche "lagerinduzierte Gase" bilden unter Umständen ein Problem für die Langzeitsicherheit und sind darum möglichst zu vermeiden.

Das Problem rührt daher, dass je dichter ein Wirtgestein ist, es auch umso undurchlässiger für lagerinduzierte Gase ist. Bei dieser Konstellation (hohe Gasmengen und sehr dichte Wirtgesteine) besteht wegen dem Druckaufbau die Gefahr von Rissbildungen im Wirtgestein und dadurch die Emission von Schadstoffen aus dem Lagerbereich.

Gemäss den eingereichten Unterlagen produzieren beide Lagertypen grosse Mengen Gase (Millionen von m<sup>3</sup>). Sowohl für die kommende Lager-Konzeption als auch für die Sicherheitsberechnungen in Etappe 2 ist es erforderlich, dass bessere Daten zur Gasproblematik und deren Beherrschung erarbeitet werden (vgl. auch die Experten-Stellungnahmen 2010 zu den Nagra-Berichten von 2008).

Eine bessere Untersuchung der Gasproblematik wurde schon bei der Beurteilung des Entsorgungs-Nachweises für hochradioaktive Abfälle gefordert, so auch von internationalen Fachgremien:

Stellungnahme der Nuclear Energy Agency (NEA) zur Tiefenlagerung von Brennelementen, hochradioaktiven Abfällen und langlebigen mittelaktiven Abfällen im Opalinuston des Zürcher Weinlandes (OECD 2004, NEA Nr. 5569, ISBN 92-64-02064-0).

Es handelt sich dabei um eine internationale Expertenprüfung der radiologischen Langzeitsicherheitsanalyse der Tiefenlagerung von hochradioaktiven Abfällen im Opalinuston. Die Prüfung erfolgte durch eine internationale Expertengruppe (International Review Team - IRT).

Auszug aus den entsprechenden Textpassagen (Seiten 83 - 85 des NEA-Berichts):

Das ITR stellte in Kapitel 4.5 fest, dass **"die Gasmigration durch gering durchlässige Formationen komplizierte Prozesse mit sich bringt, und dass die Kenntnis und das Verständnis solcher Prozesse nicht vollständig ausgereift sind."** zudem empfiehlt das IRT, dass *"die experimentellen Untersuchungen der Gastransportprozesse fortgeführt werden sollten. Die zukünftigen Arbeiten sollten mehr experimentelle Unterstützung für die angenommenen Kapillardrucke und relativen Permeabilitäten schaffen .... Sie sollten ebenfalls zusätzliche experimentelle Hinweise auf die Erzeugung von Mikrorissen und die damit verbundene Erhöhung der intrinsischen Permeabilität liefern."*

### Folgerung:

In den 2008 eingereichten Berichten der Nagra können keine wesentlichen Neuerungen zur Lösung der seit längerem bekannten Gasproblematik gefunden werden. Es ist deshalb unerlässlich, dass in diesem Bereich möglichst ab sofort mehr Ergebnisse zu den Prozessen präsentiert und Lösungsvorschläge zum Umgang mit den lagerinduzierten Gasen erarbeitet werden.