

Qualität von HMV-Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen unterschiedlicher Verfahrenstechnik



Forschungsprojekte

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft



UNIVERSITÄT
KARLSRUHE (TH) ISE

ITC/TAB

Projekt Wasser/Abfall/Boden (BW)

- Langzeitverhalten und bautechnische Eignung von Müllverbrennungsreststoffen (1994 - 1996)
- Qualitätsverbesserungen von MV-Schlacken (1997 - 1999)

BMB + F

- Einfluss geänderter Stoffströme in der Abfallwirtschaft auf die zukünftige Qualität und die Verwertungsmöglichkeiten von Müllverbrennungsschlacken (2001 - 2004)



Karlsruhe Institute of Technology

Schwerpunkte des BMB + F-Forschungsprojektes

- **Umweltverträglichkeit**
 - DEV S4-Test
 - Availability-Test (Verfügbarkeitstest)
 - Kolonnentest
- **Bautechnik**
 - ausgewählte Parameter, die für den Einsatz im Straßen- und Erdbau Anwendung finden
- **Mineralogie**
 - Charakterisierung
 - Alterationsverhalten und Raumbeständigkeit
- **Prüfverfahren:**
Bewertung der Raumbeständigkeit von HVM-Schlacken auf mineralogischer Basis

Qualität von HMV-Schlacken aus verschiedenen MVA

Müllinput



Aufbereitungstechnik



Verfahrenstechnik



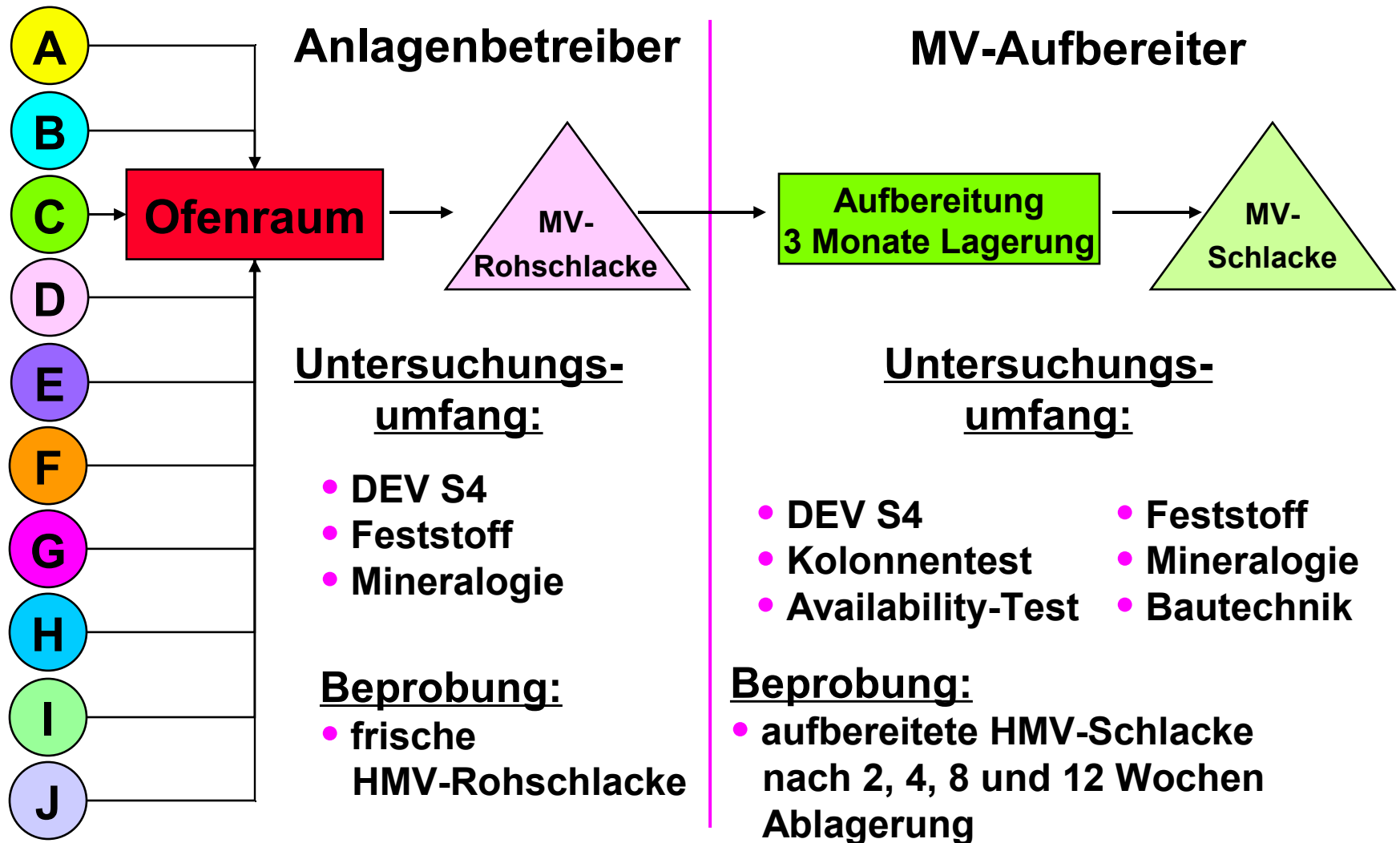
Ablagerungsart und -zeit



Verfahrens- und Aufbereitungsparameter

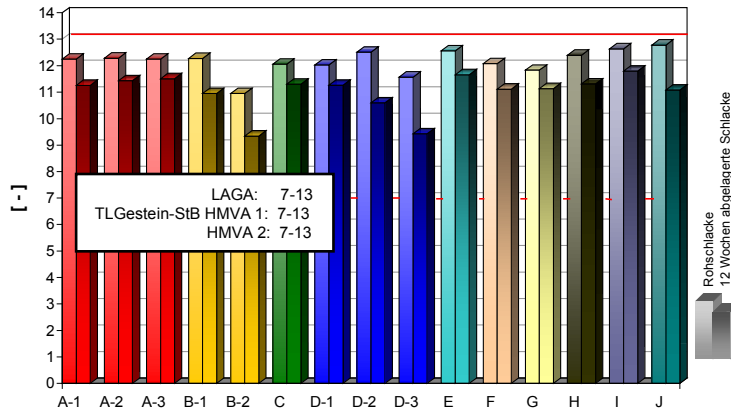
Müllverbrennungsanlagen			Aufbereitungsanlagen			Lagerung	
Anlage	Rostsystem	Feuerraumgestaltung	Sieb- vorgänge	FE- Abtrennung	NE- Abtrennung	Aufbereitung	Lagerung
A	Vorschubrost	Mittelstrom	1	x	_____	Freiland	Freiland
B	Walzenrost	Gleichstrom	mehrere	x	x	eingehaust	Freiland
C	Vorschubrost	Mittelstrom	mehrere	x	x	eingehaust	Freiland
D	Walzenrost	Gleichstrom	1	x	_____	Freiland	Freiland
E	Rückschubrost	Umlauf Dampferzeuger	mehrere	x	x	eingehaust	Freiland
F	Treppen Vorschubrost	Mittelstrom	1	x	_____	Freiland	Freiland
G	Vorschubrost	Mittelstrom	mehrere	x	x	eingehaust	Freiland
H	Gegenlauf- überschubrost	Gegenstrom	1	x	_____	Freiland	Freiland
I	Vorschubrost	Mittelstrom	mehrere	x	x	eingehaust	eingehaust
J	Vorschubrost	Mittelstrom	mehrere	x	x	eingehaust	eingehaust

Untersuchungsumfang

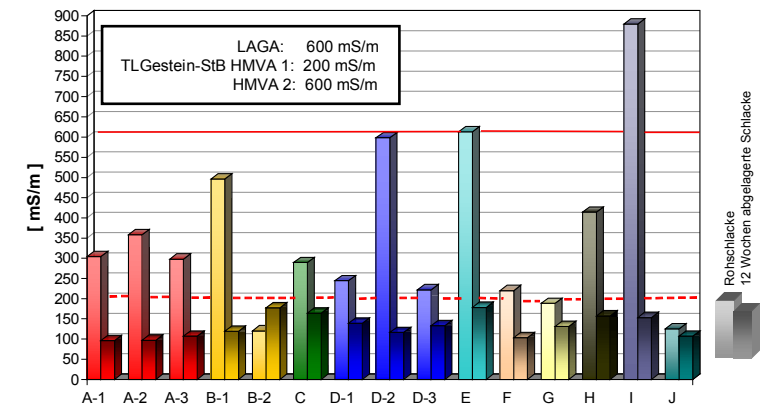


Umweltverträglichkeit: DEV S4

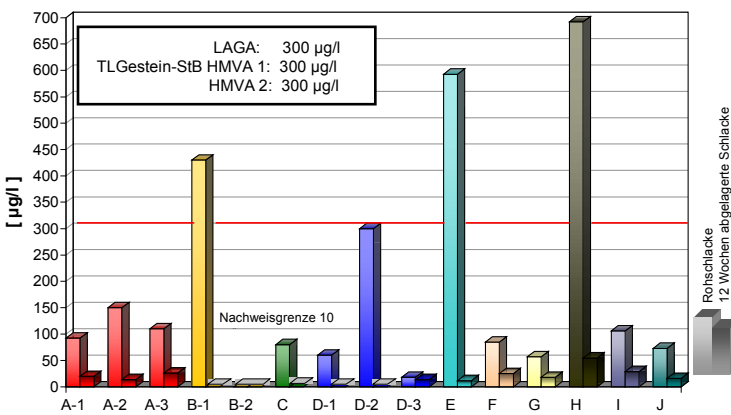
pH-Wert



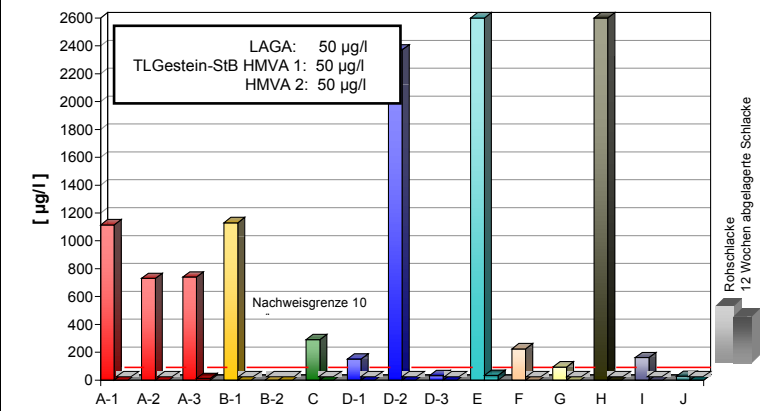
el. Leitfähigkeit



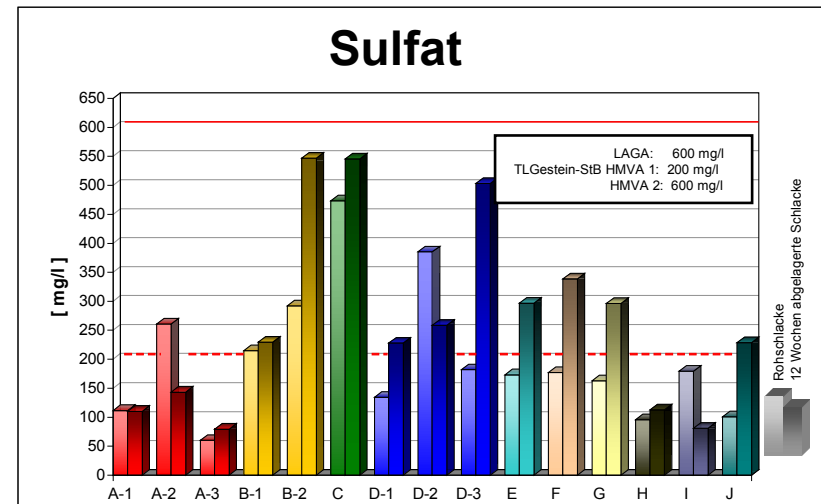
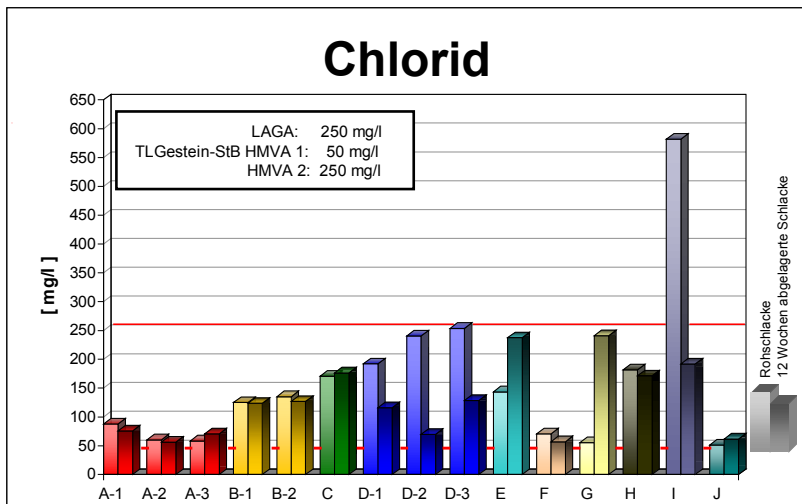
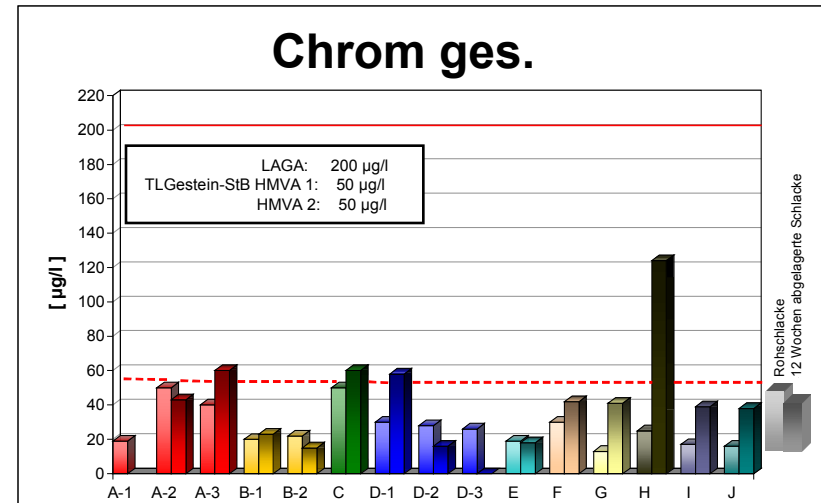
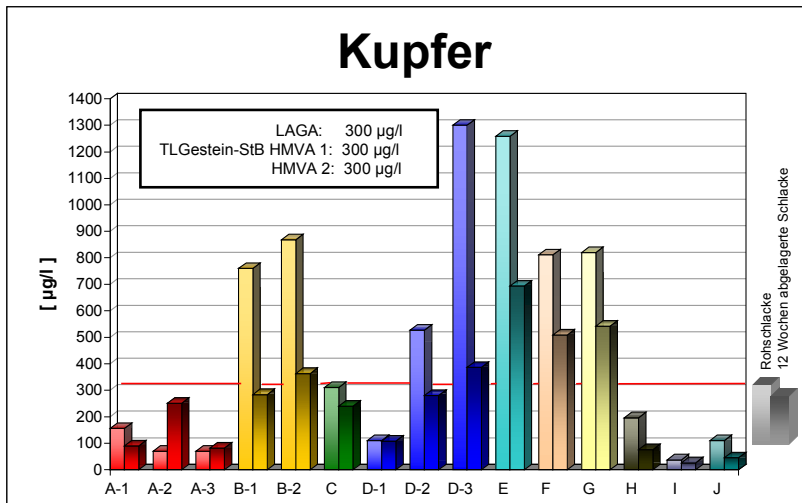
Zink



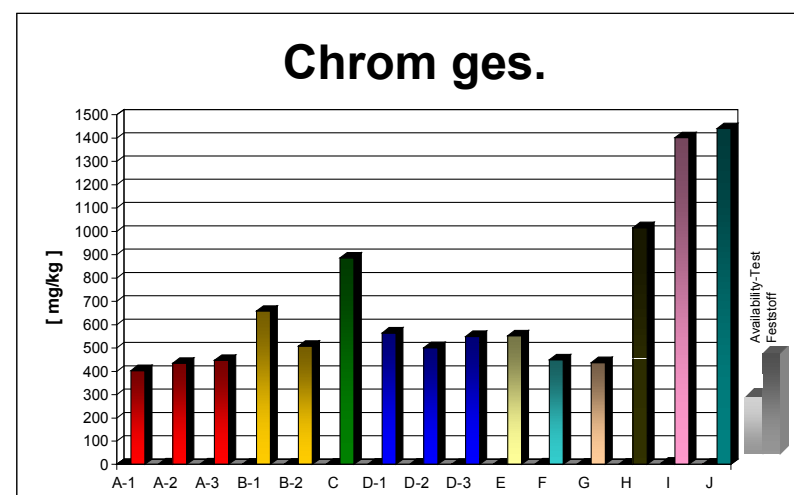
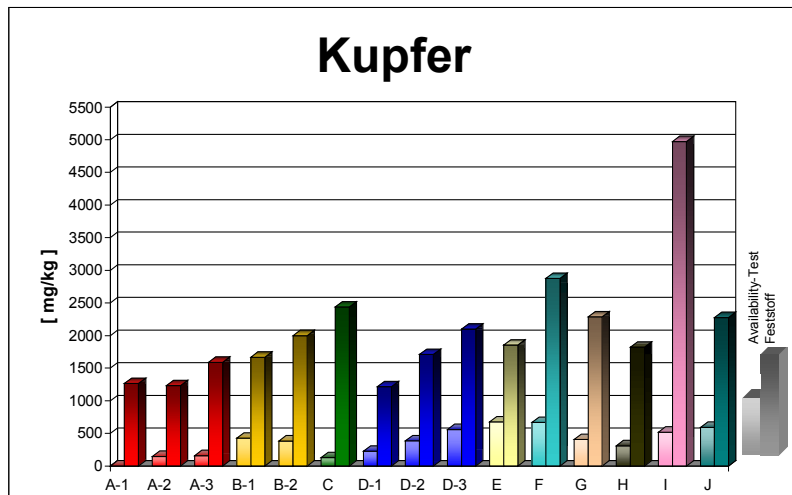
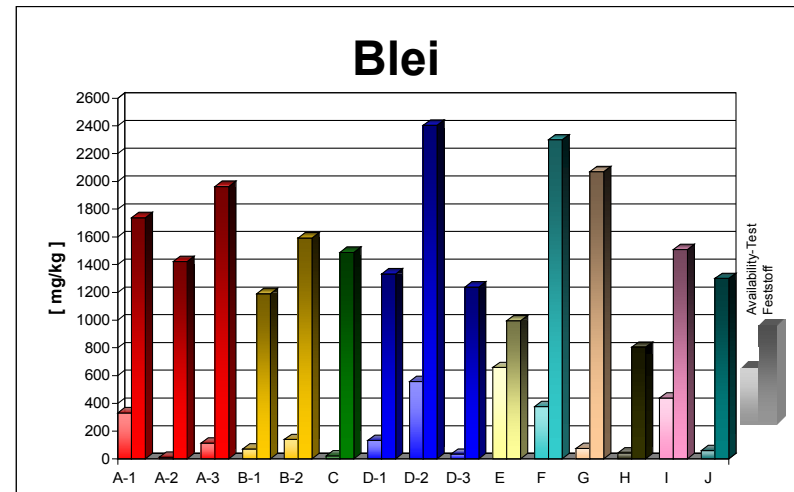
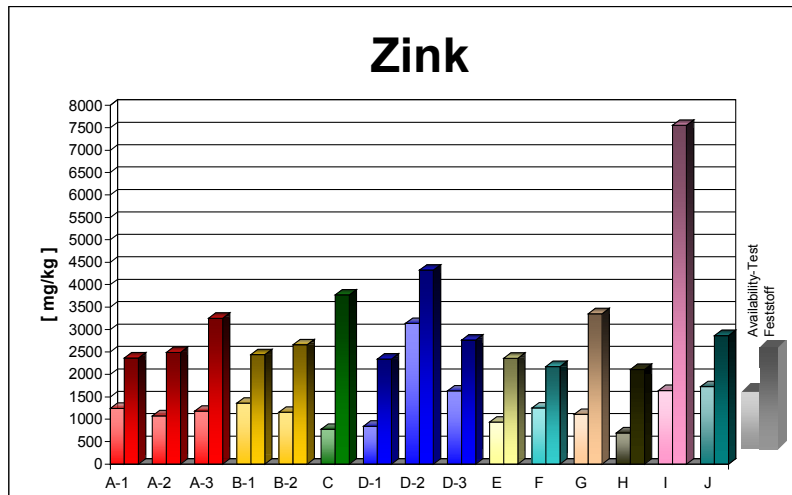
Blei



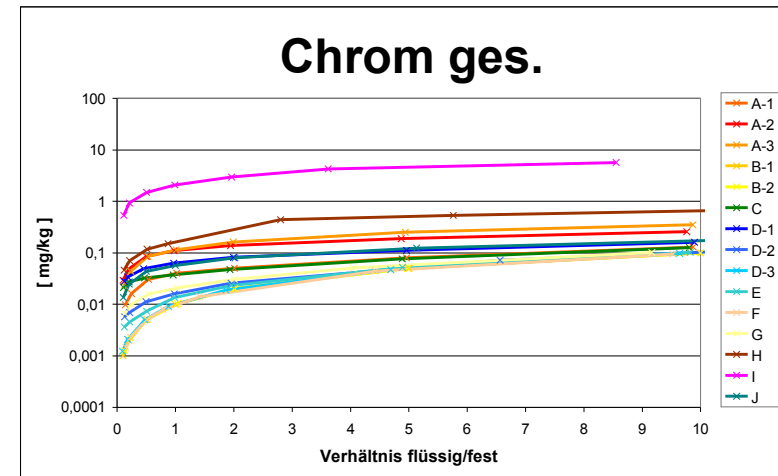
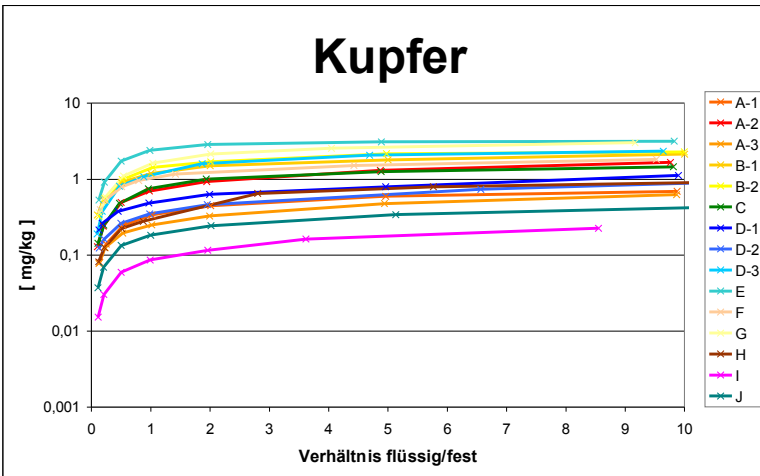
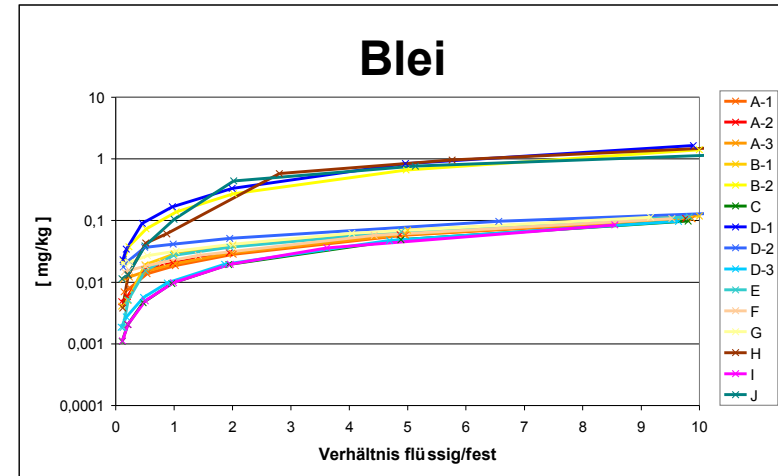
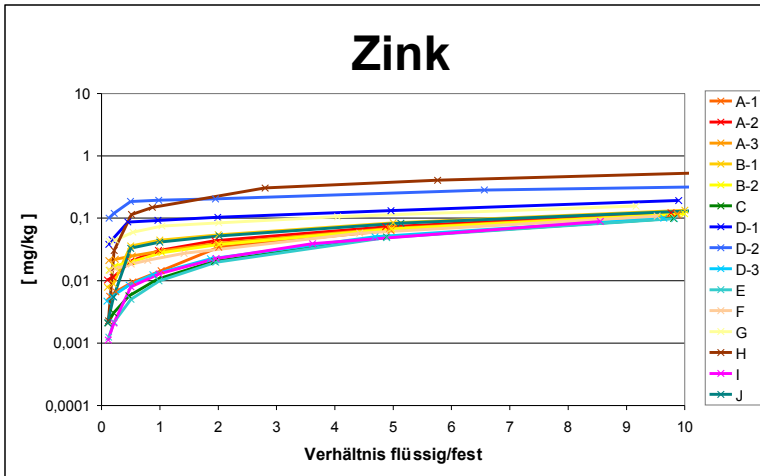
Umweltverträglichkeit: DEV S4



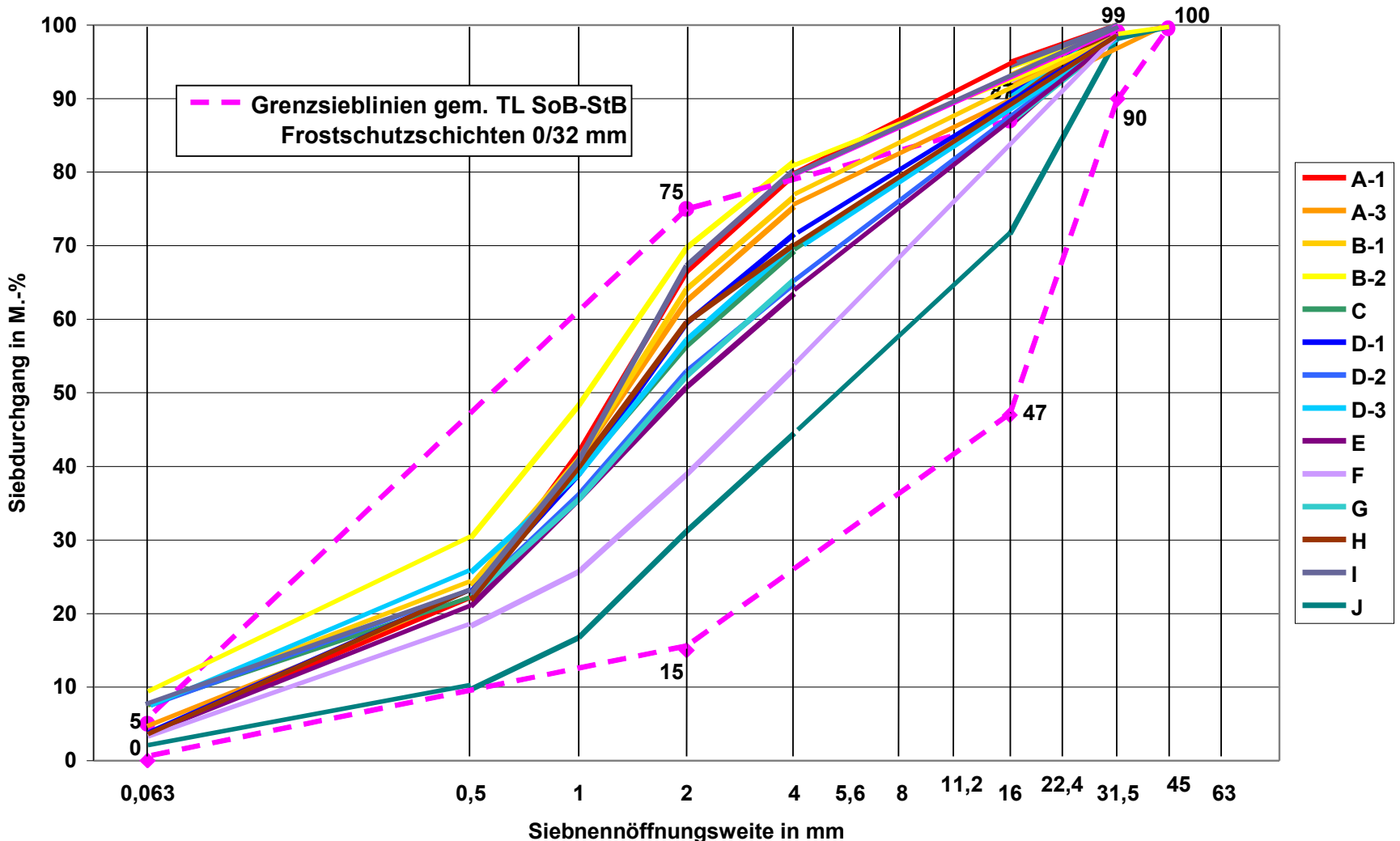
Umweltverträglichkeit: Availability-Test und Feststoffgehalt



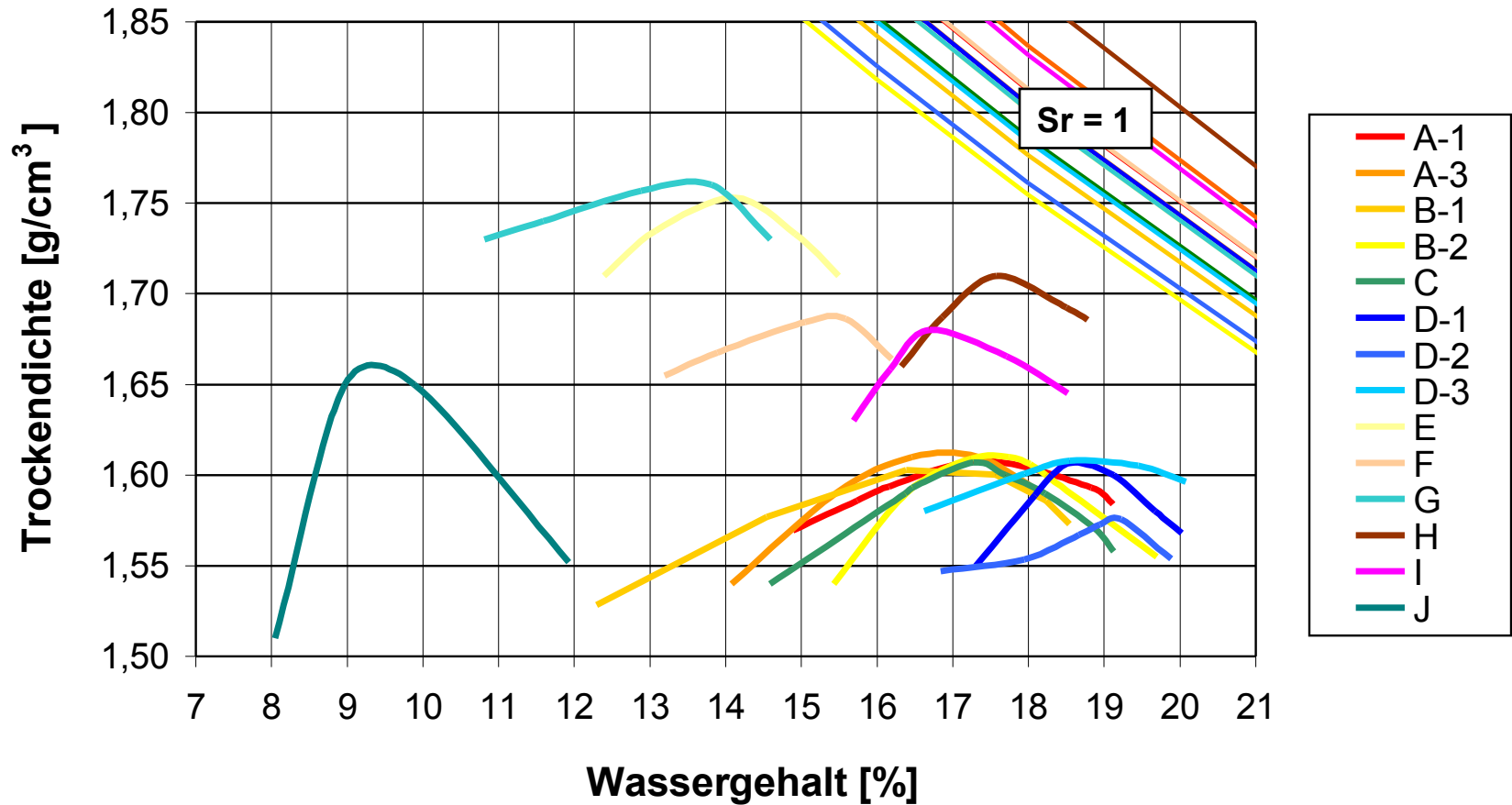
Umweltverträglichkeit: Kolonnentest



Bautechnik: Korngrößenverteilung



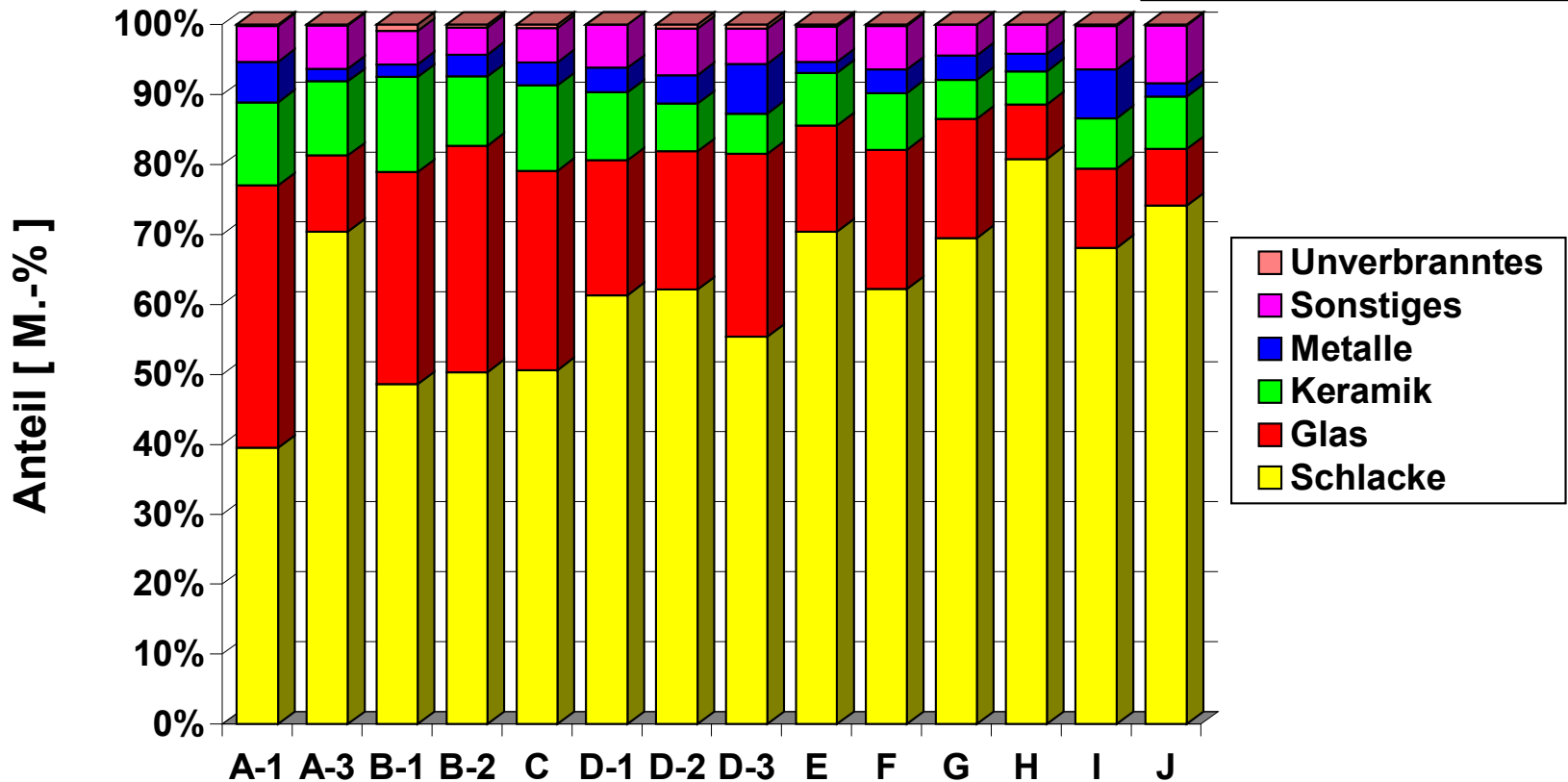
Bautechnik: Proctorversuche



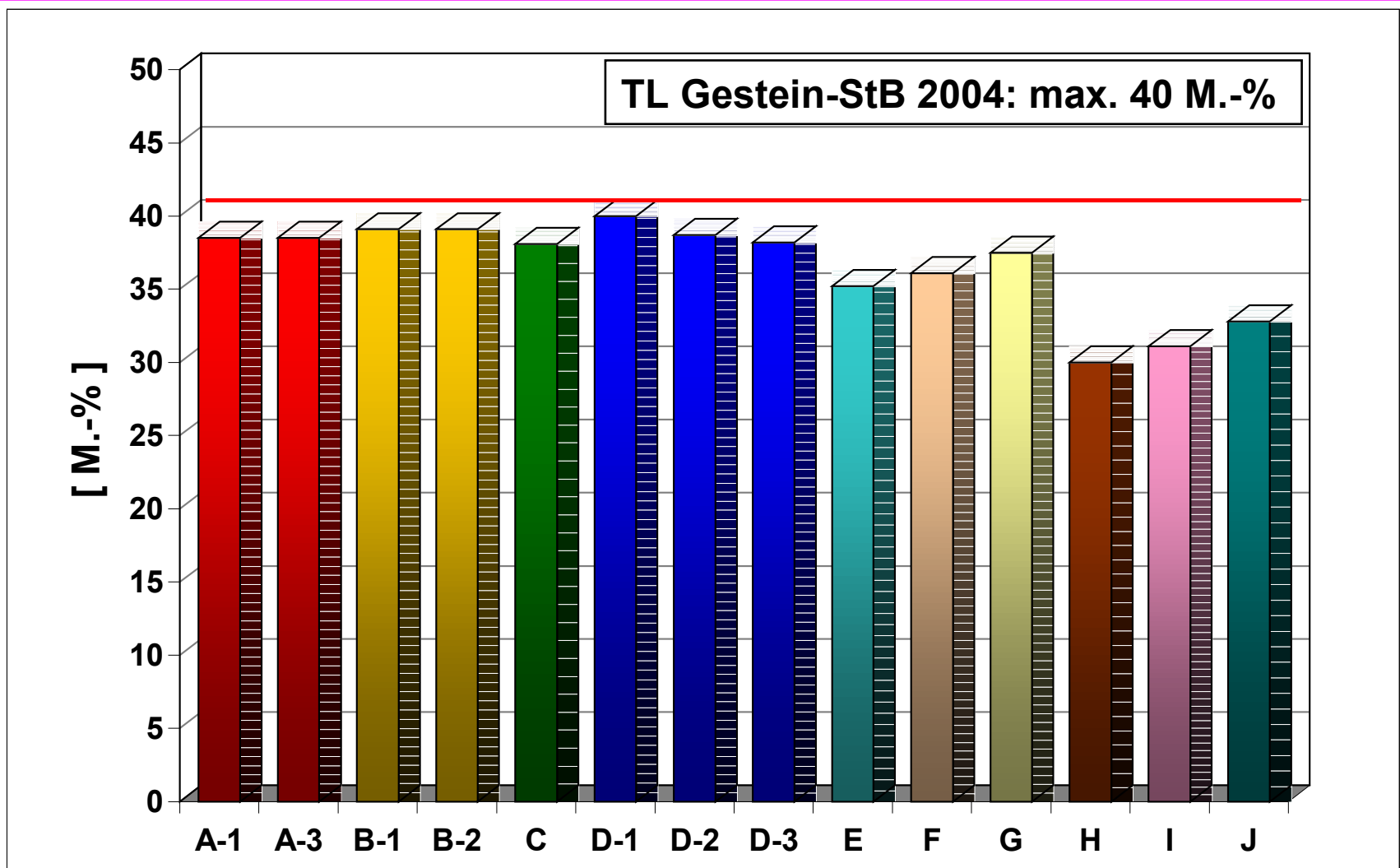
Bautechnik: Stoffliche Zusammensetzung

TL Gestein-StB 2004:

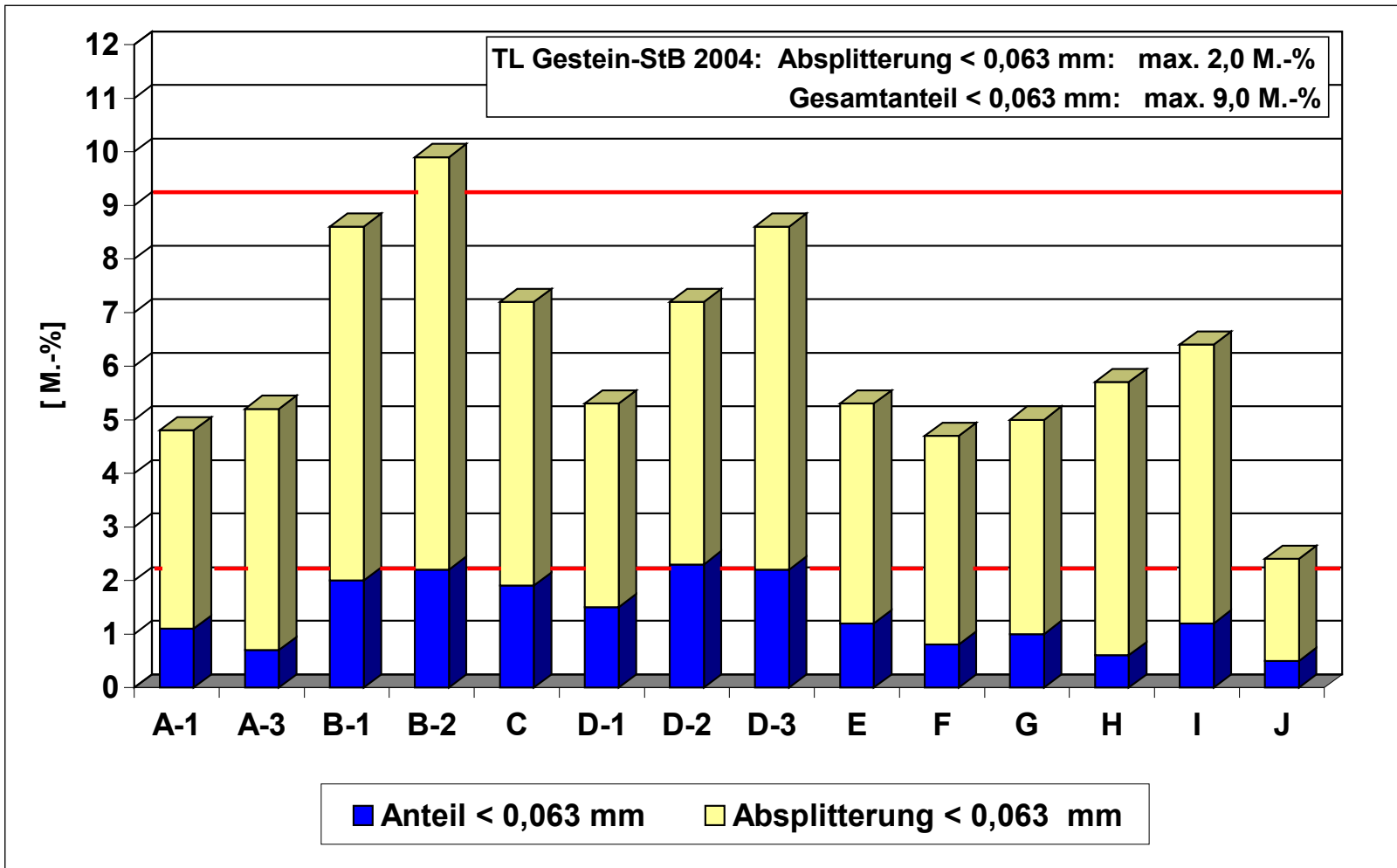
- Unverbranntes $\leq 0,5$ M.-%
- Metallgehalt $\leq 5,0$ M.-%



Bautechnik: Widerstand gegen Schlag



Bautechnik: Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel



Zwischenbilanz

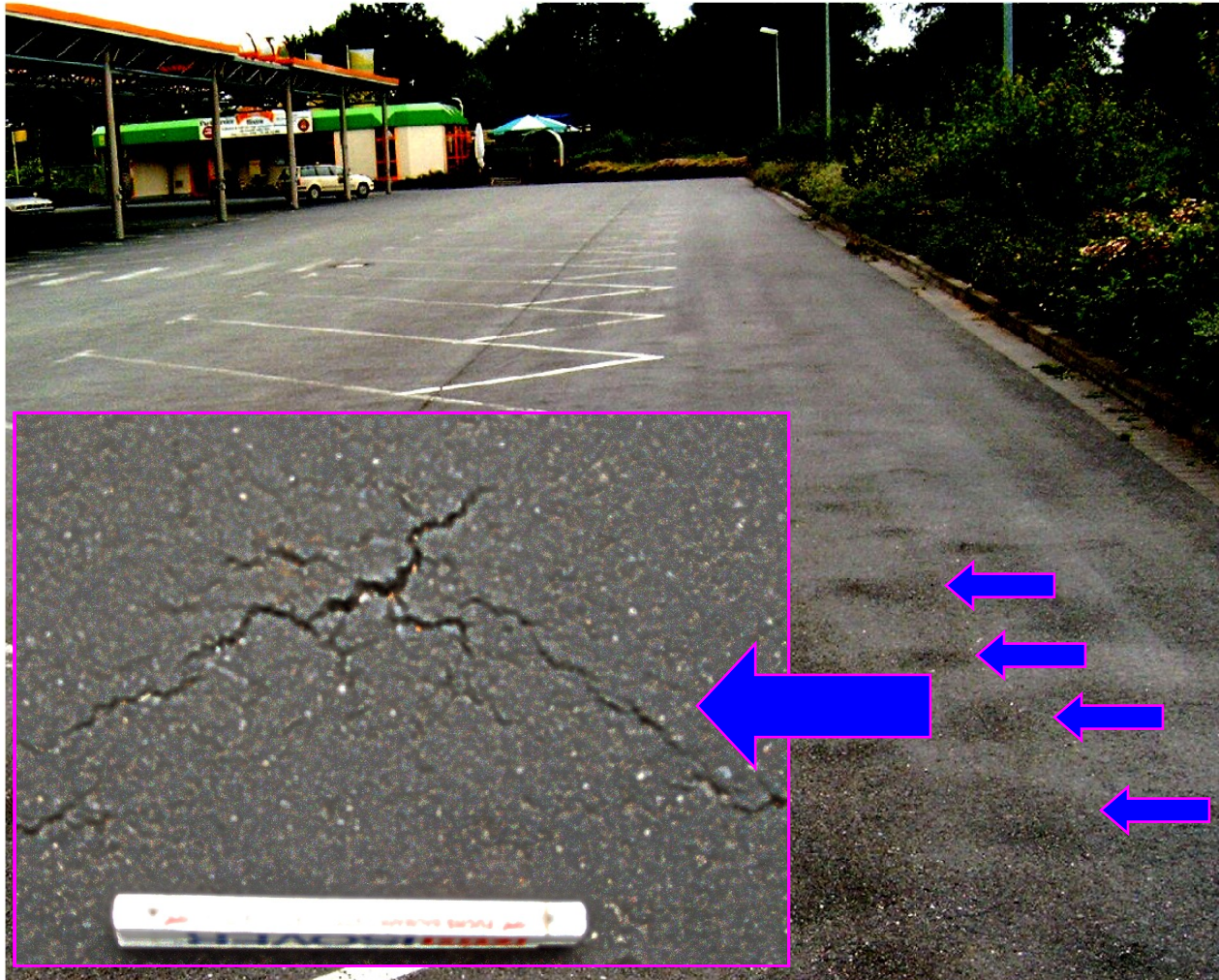
- **MV-Schlacken erfüllen nach einer Ablagerungszeit von drei Monaten die Zuordnungs- und Grenzwerte**
 - der LAGA und
 - TL Gestein-StB 2004 für eine HMVA 2
- ⇒ **Einsatz als Baustoff im Bereich des Straßenbaus möglich**

Raumbeständigkeit ? → Bestimmt den Einsatzzeitpunkt

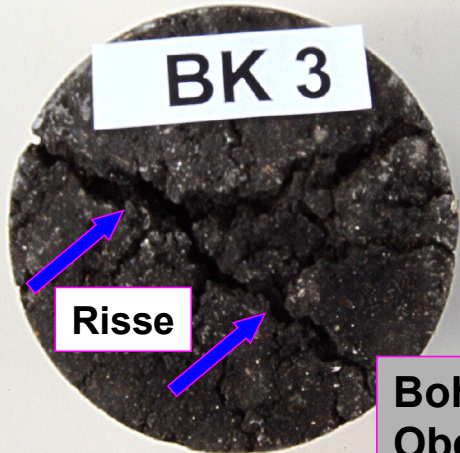
- **Merkmale über die Verwendung von Hausmüllverbrennungsasche im Straßenbau M HMVA 05**
 - **Hebungsversuch: Prüfdauer 30 bis 120 Tage**
 - **Mineralogisches Verfahren: Prüfdauer 7 Tage**

Raumbeständigkeit: Schadensfall

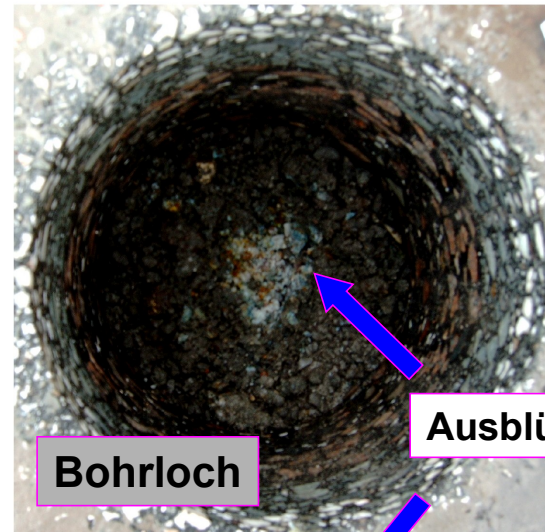
Schadensfall:
Aufwölbungen
und Risse im
Asphalt-
Oberbau



Raumbeständigkeit: Schadensfall - Bohrkernentnahme



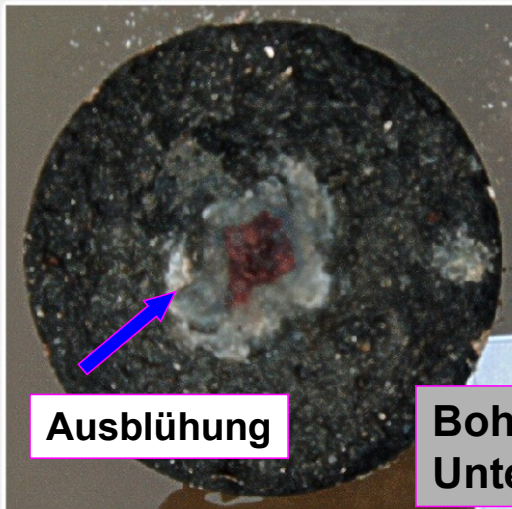
Bohrkern:
Oberseite



Bohrloch

Ausblühung

Schadensfall:
Bohrkern-
entnahme



Ausblühung

Bohrkern:
Unterseite



Ausblühung

- Hydroxide
- Sulfate
- Sulfide

Forschungsprojekte und Gutachten

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

ITC/TAB



UNIVERSITÄT ISE
KARLSRUHE (TH)



Institut für angewandte
Bau- und Reststoff-Forschung

Projekt Wasser/Abfall/Boden (BW)

- Langzeitverhalten und bautechnische Eignung von Müllverbrennungsreststoffen (1994 - 1996)
- Qualitätsverbesserungen von HMV-Schlacken (1997 - 1999)

BMB+F (2001 - 2004)

- Einfluss geänderter Stoffströme in der Abfallwirtschaft auf die zukünftige Qualität und Verwertungsmöglichkeiten von Müllverbrennungsschlacken

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2003 - 2005)

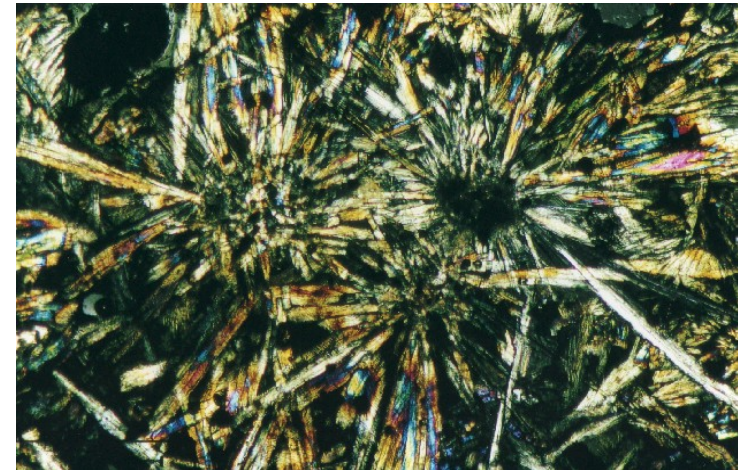
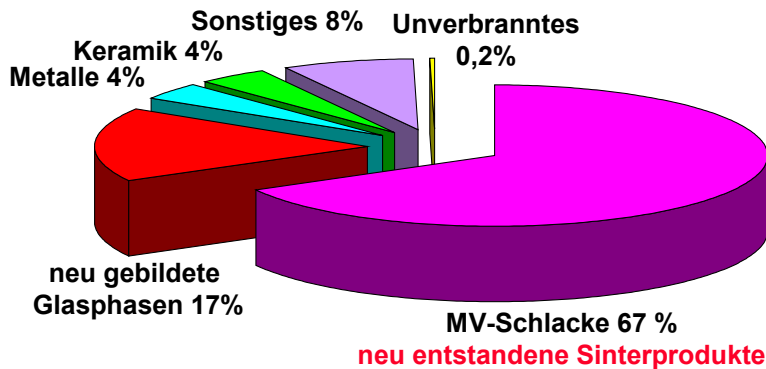
- Einsatz von Sekundärrohstoffen für den Bau von Flussdeichen

Hausmüllverbrennungsanlagen / Aufbereiter (2000 - 2007)

- Untersuchungen zum Ablagerungsverhalten und zur Raumbeständigkeit von HMV-Schlacken
- Schadensfalluntersuchungen

Mineralogie: Grundlagen

Stoffliche Zusammensetzung von HMV-Schlacken



Mineralphasen

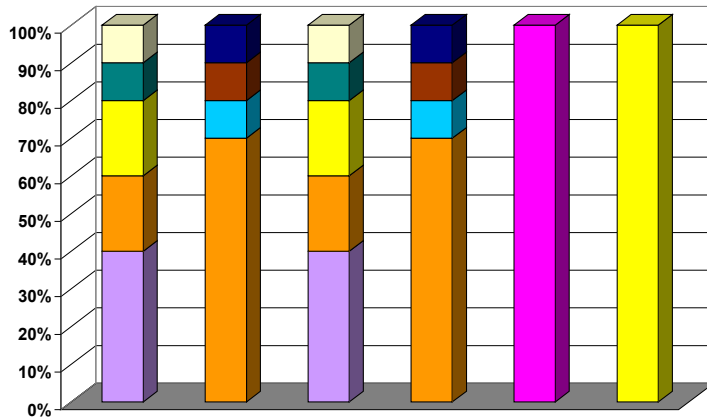
Physikalische Eigenschaften

Chemische Eigenschaften

- Umweltverträglichkeit
- Bautechnik
- Alterationsverhalten
- Raumbeständigkeit

Mineralogie: Grundlagen

Natürliche Gesteine



Granit Quarzporphyr Kalkstein
Basalt Diorit Quarzit

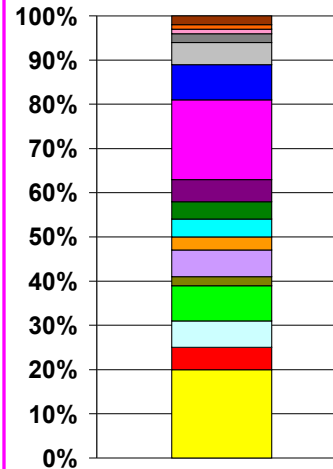
Silikate **Oxide** **Carbonate**

- stabile Mineralphasen



- gute mechanische Eigenschaften
- chemische Stabilität
- **Volumenkonstanz**

MV-Rohschlacke



Oxide **Silikate**

Phosphate **Hydroxide**

Carbonate **Sulfate**

Chloride **el. Kupfer**

neue gebildete Glasphasen

- stabile Mineralphasen



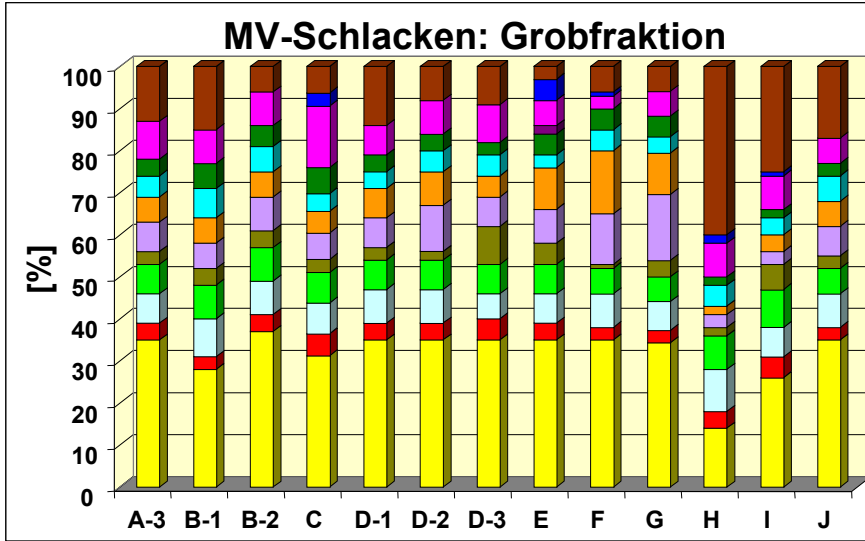
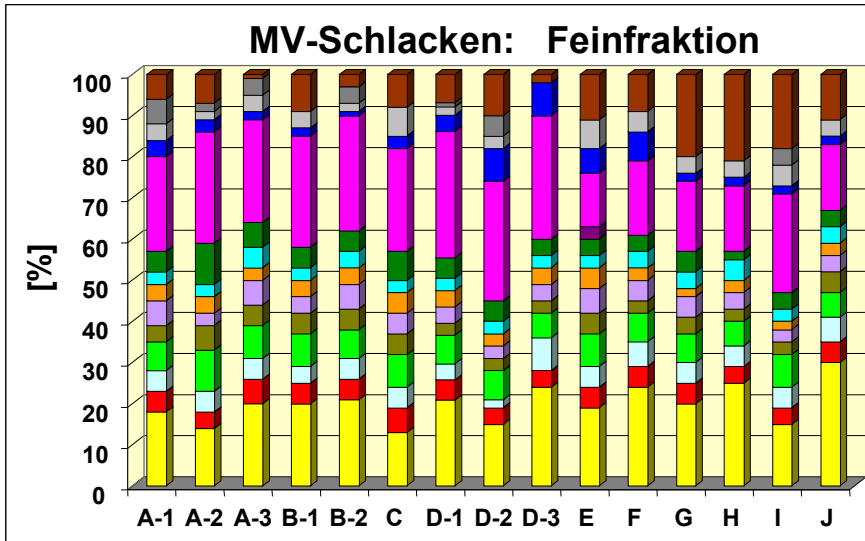
Volumenkonstanz

- reaktionsfähige Phasen:
Sulfate/Hydroxide/Metalle



**Volumenkonstanz
nicht gewährleistet**

Korngrößenabhängigkeit von HMV-Schlacken



- Oxide:**
 - Quarz SiO_2
 - Hämatit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$
 - Magnetit Fe_3O_4

- Silikate:**
 - Gehlenit $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$
 - Åkermanit $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$
 - Kalifeldspat KAlSi_3O_8
 - Plagioklas $(\text{Na}, \text{Ca})[(\text{Si}, \text{Al})\text{AlSi}_2\text{O}_8]$
 - Diopsid $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$

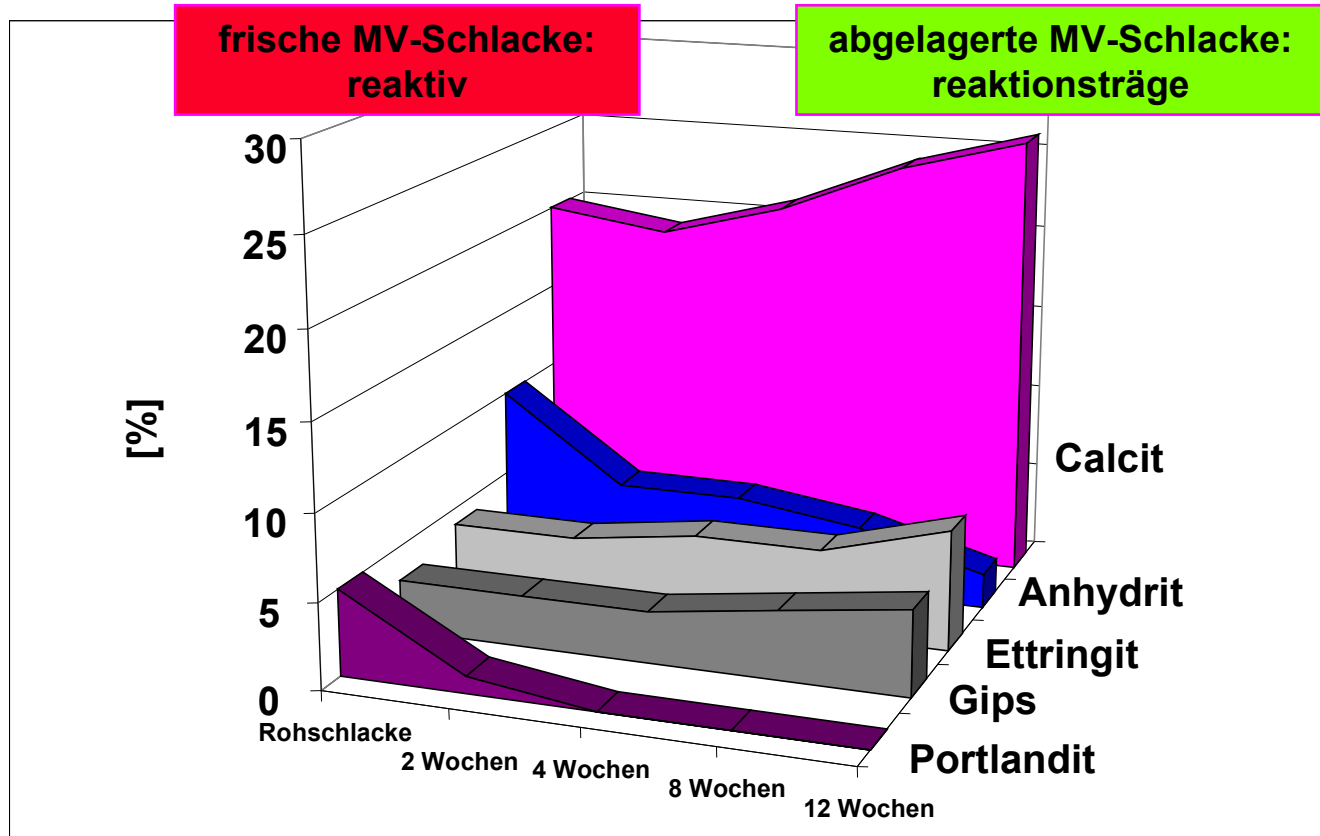
- Phosphate:**
 - Apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

- Carbonate:**
 - Calcit CaCO_3

- Sulfate:**
 - Anhydrit CaSO_4
 - Ettringit $\text{Ca}_6\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{ISO}_4]_3 \times 24\text{H}_2\text{O}$
 - Gips $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$

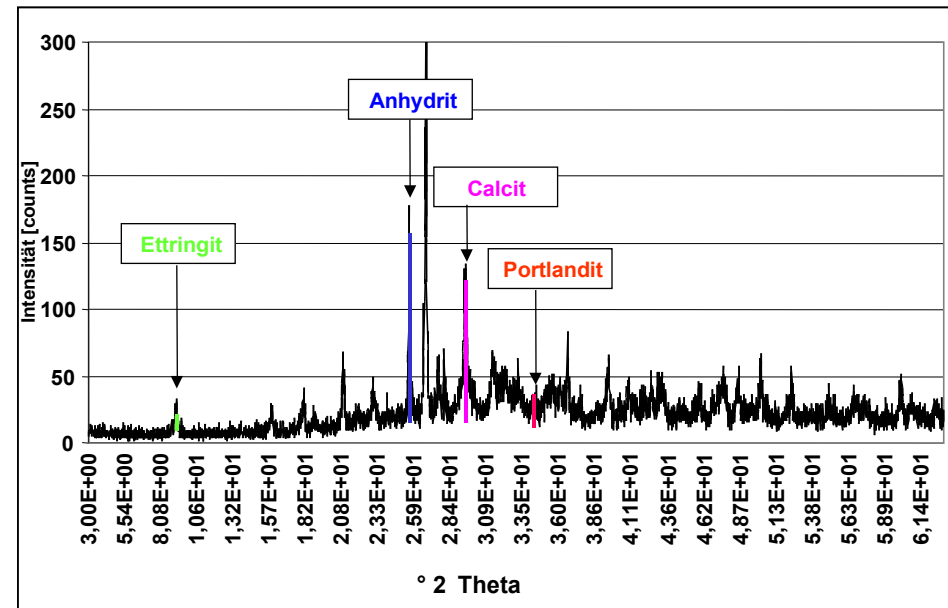
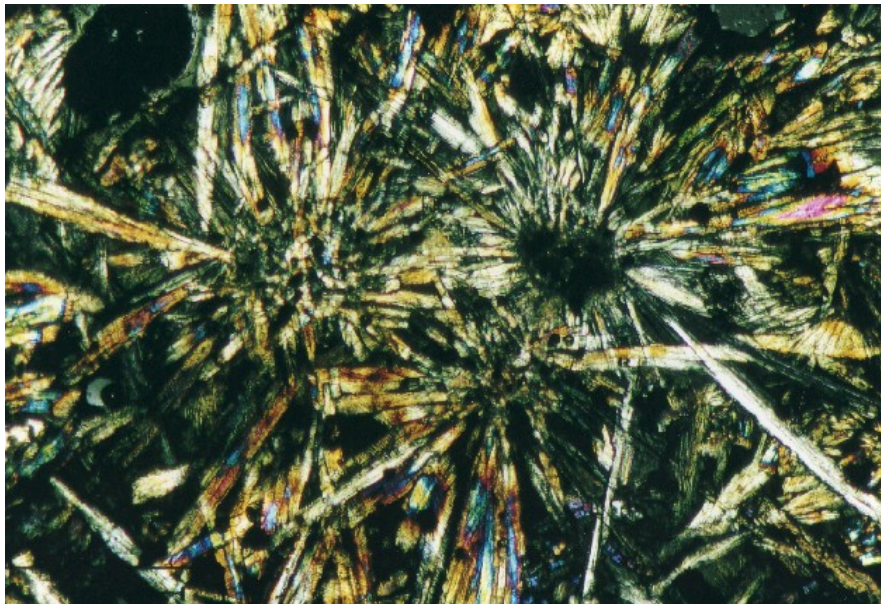
- neu gebildete Glasphasen**

Raumbeständigkeit: Mineralreaktionen während der Ablagerung



- Calcit CaCO_3
- Anhydrit CaSO_4
- Ettringit $\text{Ca}_6\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{SO}_4]_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
- Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Portlandit $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Bewertung der Raumbeständigkeit von HMV-Schlacken auf mineralogischer Basis (Röntgendiffraktometerverfahren)

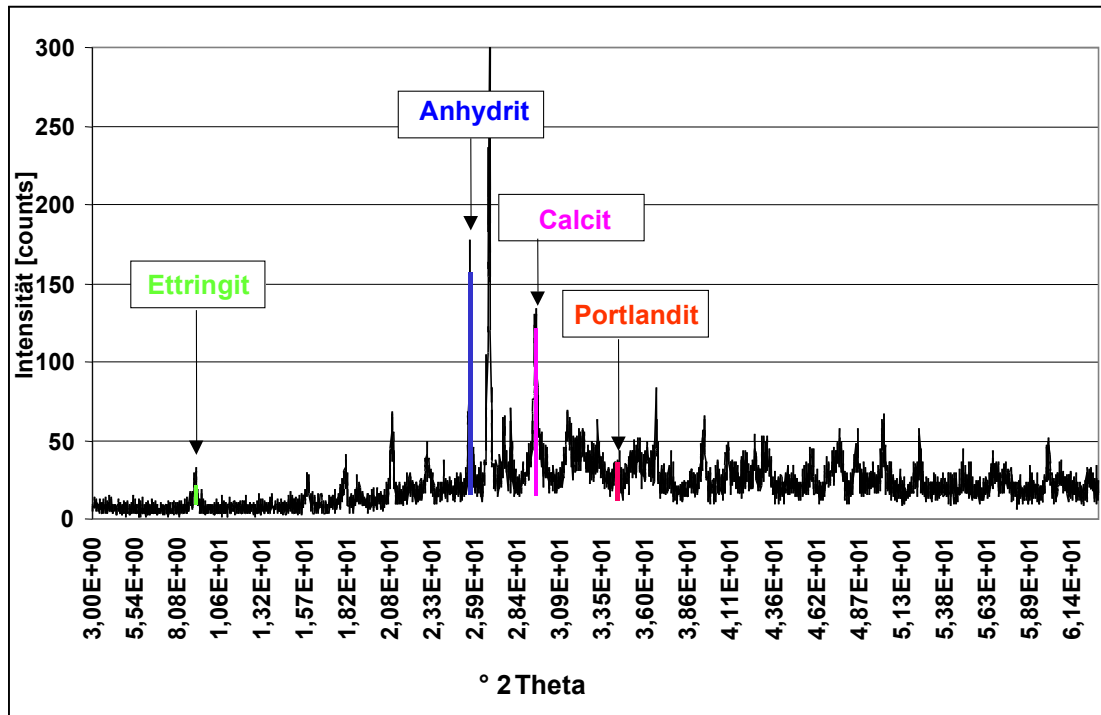


Ziel des Prüfverfahrens

- Mit Hilfe des Prüfverfahrens wird eine kurzfristige Bewertung der Raumbeständigkeit von HMV-Schlacken innerhalb weniger Tage auf mineralogischer Basis ermöglicht.
- Die Reaktionsfähigkeit (Reifegrad) der HMV-Schlacken wird anhand charakteristischer Mineralphasen bestimmt, die mit Mineralreaktionen verbunden sind, die Volumenveränderungen nach sich ziehen können.



Kurzbeschreibung



Indexminerale:

Anhydrit (CaSO_4)

Calcit (CaCO_3)

ergänzende Minerale:

Portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Ettringit

($\text{Ca}_6\text{Al}_2[(\text{OH})_4\text{SO}_4]_3 \times 24\text{H}_2\text{O}$)

Gips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$)

Basis des Prüfverfahrens:

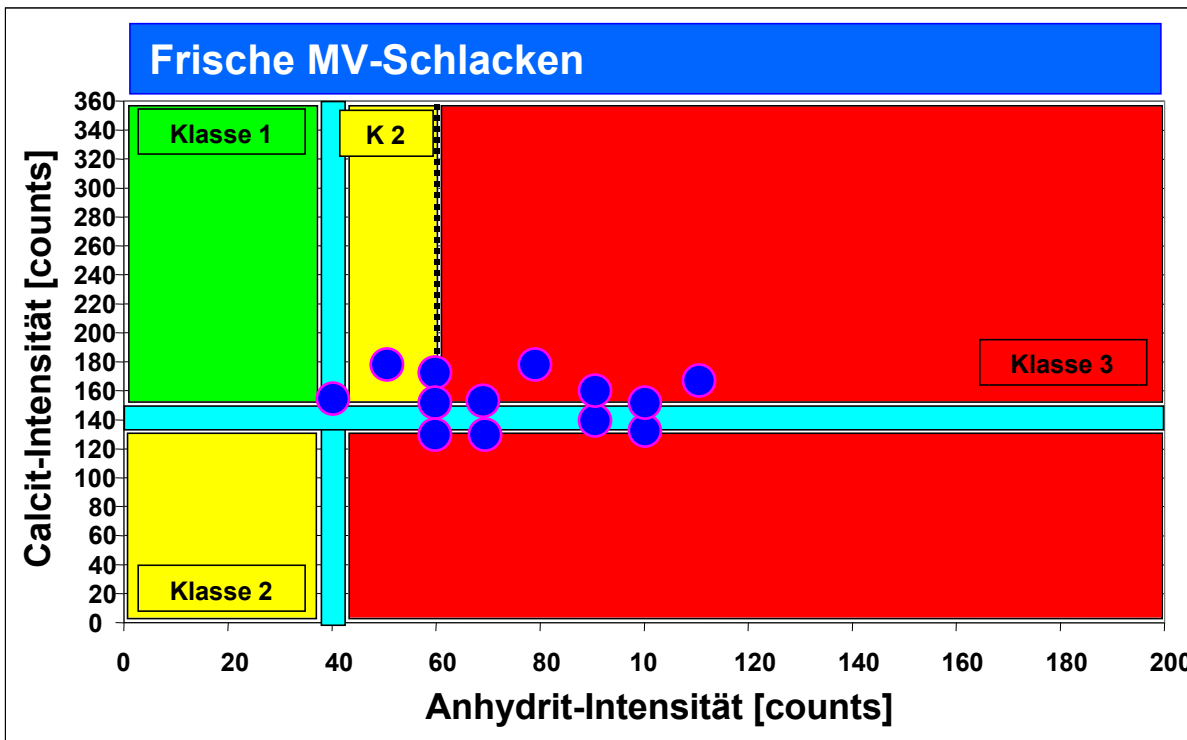
Bestimmung charakteristischer Röntgenreflexe von Mineralphasen in Röntgen-diffraktometeraufnahmen, die den Reifegrad einer HMV-Schlacke bestimmen

Bewertung der Raumbeständigkeit:

Bestimmung der Intensitäten der Röntgenreflexe der Indexminerale

Auswertung

Mineralveränderungen während der Alteration von MV-Schlacken

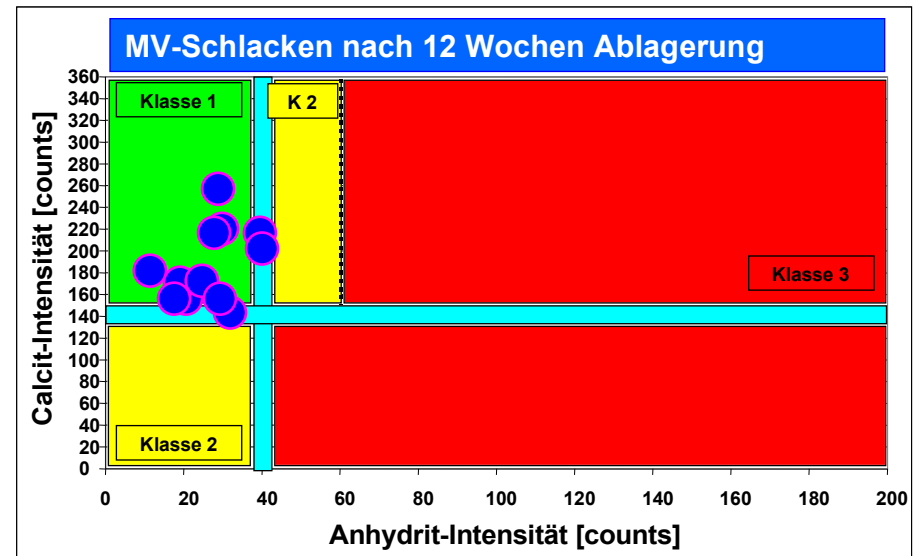
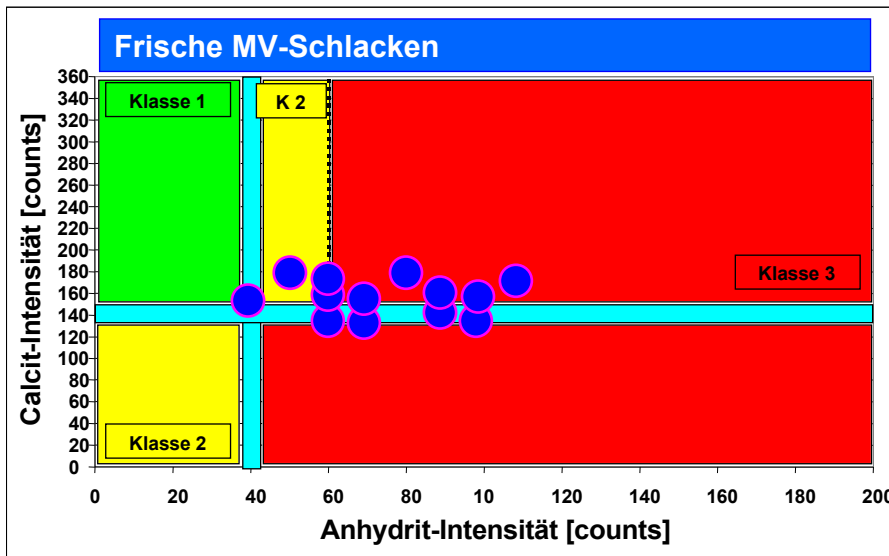


Auswertung:

- Bestimmung der Intensitäten (Gehalte) von Calcit (CaCO_3) und Anhydrit (CaSO_4)
- Eintrag in das Klassifikationsschemata
- Bewertung der Reaktivität (Raumbeständigkeit) der MV-Schlacken

Anwendungsbeispiele

Entwicklung des Alterationsverhaltens von 10 unterschiedlichen HMV-Schlacken aus einer Anlage



Klasse 1
Einsatz ohne
Einschränkungen

Klasse 2
Einsatz unter definierten
Randbedingungen

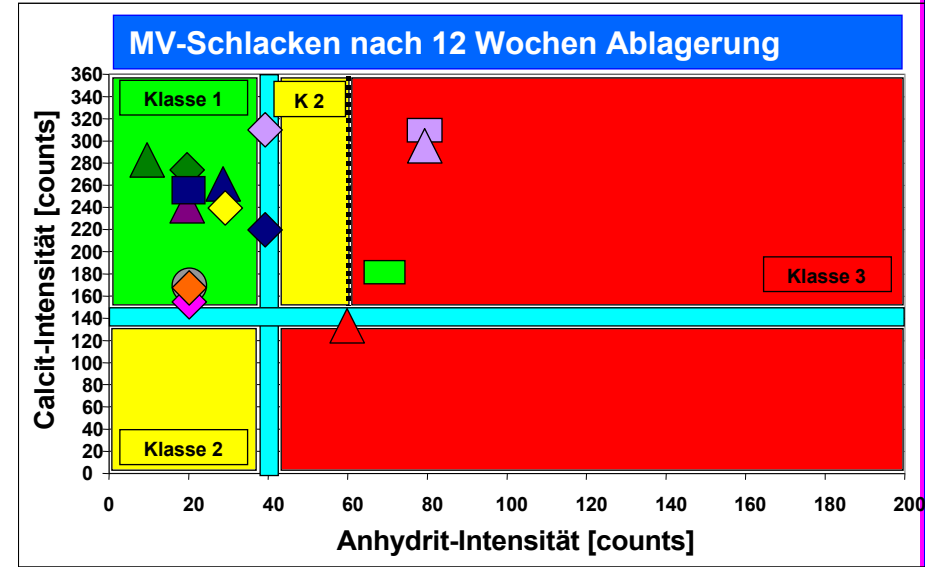
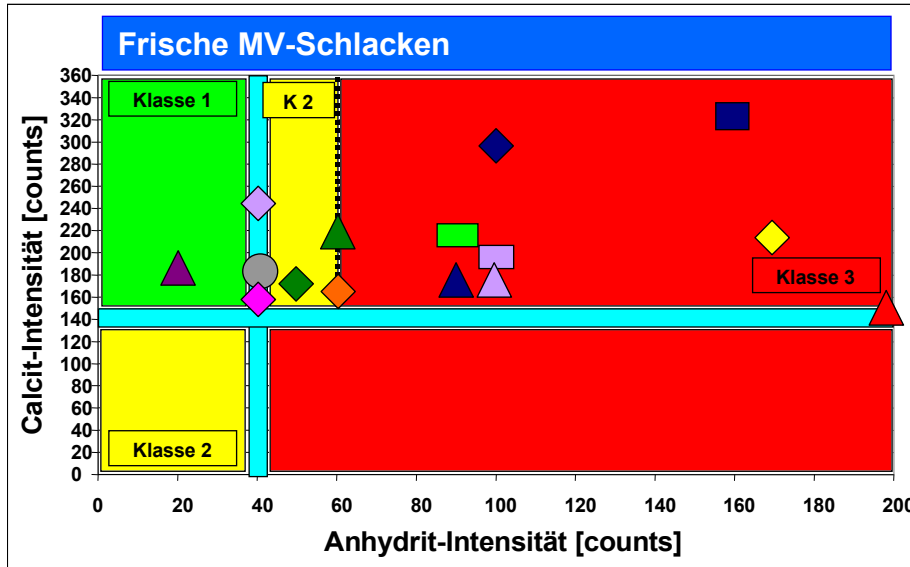
Klasse 3
Einsatz nicht möglich

➔ reaktive frisch aufbereitete HMV-Schlacken: **nicht raumbeständig**

➔ reaktionsträge HMV-Schlacke nach 3 Monaten Ablagerungszeit: **raumbeständig**

Anwendungsbeispiele

Entwicklung des Alterationsverhaltens von HMV-Schlacken aus 10 Anlagen unterschiedlicher Verfahrenstechnik



Klasse 1
Einsatz ohne
Einschränkungen

Klasse 2
Einsatz unter definierten
Randbedingungen

Klasse 3
Einsatz nicht
möglich

- A-1
- A-2
- A-3
- B-1
- B-2
- C
- D-1
- D-2
- D-3
- E
- F
- G
- H
- I
- J

Zusammenfassung

- **MV-Schlacken erfüllen nach einer Ablagerungszeit von drei Monaten die bautechnischen und umweltrelevanten Zuordnungs- und Grenzwerte**
 - der LAGA und
 - TL Gestein-StB 2004 für eine HMVA 2
- ⇒ **Einsatz als Baustoff im Bereich des Straßenbaus möglich**
- **Die Ergebnisse des Availability- und des Kolonnen-Tests zeigen nur eine geringfügige Freisetzung an Schwermetallen, sodass von einer Langzeitstabilität und auch von einer Elutionsstabilität über kurze bis mittelfristige Zeiträume ausgegangen werden kann.**

Zusammenfassung

- **Das Alterationsverhalten und die Raumbeständigkeit von MV-Schlacken werden im wesentlichen von Carbonatisierungs- und Sulfatreaktionen gesteuert und weisen für verschiedene HMV-Schlacken große Unterschiede auf.**
- **Entwicklung eines Prüfverfahrens zur kurzfristigen Bewertung der Raumbeständigkeit von HMV-Schlacken auf mineralogischer Basis, das im Rahmen der Gütesicherung von HMV-Schlacken, zusammen mit einem physikalischen Prüfverfahren, anzuwenden ist.**

⇒ **Technisches Regelwerk: M HMVA-StB 05**