

IGENASS

Interessengemeinschaft Nassaustrag

Erkenntnisse aus 4 Jahren IGENASS

Prof. Dr. Rainer Bunge (Hochschule Rapperswil)

VBSA Olten, 3. Dezember 2019

- **IGENASS: Zielsetzung und Eckdaten**
- **Auswahl diverser Projektergebnisse**
 - Abbindeverhalten von nass ausgetragener KVA-Schlacke
 - Einfluss der Verbrennungstemperatur auf die Qualität von KVA-Schrott
- **Kosten/Nutzen-Effizienz der Schlackenaufbereitung**
- **BAT: Verfahrensvergleich DHZ / KEWU (beide nass austragend)**

Statuen IGENASS:

Die IGENASS ist ein Zusammenschluss von Interessenträgern im Umfeld der Aufbereitung von nass ausgetragenen KVA-Schlacken. Zweck ist es die Gewinnung von Wertstoffen aus nass ausgetragener Schlacke technisch voranzutreiben ...

Laufzeit: 2015 – 2019

Info unter: www.igenass.ch

Factsheets/Berichte auf www.igenass.ch

Projektberichte

- Abschlussbericht BAT-Nass (06/2019)
- Abschlussbericht BAT Phase 1 (01/2019)
- Versuchsbericht Probenaufbereitung mittels Baumaschinen
- Tagungsband IGENASS: Aufbereitung von nass ausgetragener KVA-Schlacke
- Metals from MWIBA (06/2019) Recovery of Metals from Waste Incinerator Bottom Ash, Aktualisierte und überarbeitete Version von 06/2019.
- Definitionen für Schlackenaufbereiter

Factsheets

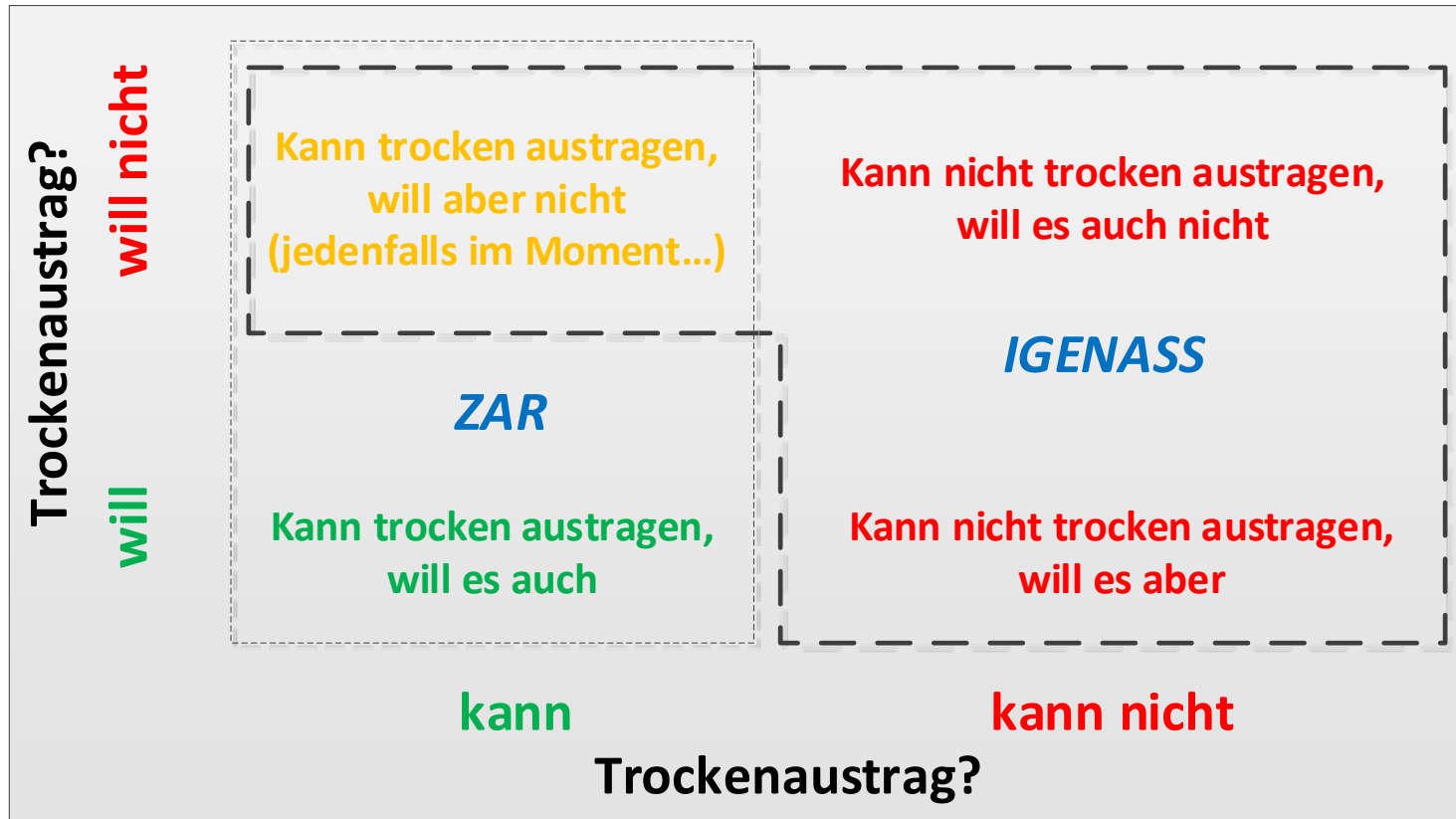
- Factsheet BAT-Nass (06/2019)
- Factsheet Bessere Schlackenqualität: ERNAS-Hauptversuch (11/2018)
- Factsheet Untersuchung der aufbereitungsrelevanten Eigenschaften von KVA-Schlacke aus einem Trocken/Nass-Hybridaustrag (11/2018)
- Factsheet "Lokale Spitzentemperaturen in KVA" (04/2019)
- Factsheet Ökoeffizienz der «erweiterten Aufbereitung» von KVA-Schlacke (07/2017)
- Factsheet Irreversible Wasseraufnahme von KVA-Schlacke (05/2016)
- Factsheet Bessere Schlackenqualität (04/2016)
- Factsheet Spitzentemperaturen KVA (04/2016)
- Factsheet Gutbettwalzenmühle und elektrodynamische Fragmentierung (04/2016)
- Factsheet Entfernung von wasserlöslichen Schwermetallen (12/2015)
- Factsheet Verfahrensvergleich (11/2015)
- Factsheet Abbindeverhalten (11/2015)
- Factsheet Magnetseparation (11/2015)
- Factsheet Zerkleinerung (11/2015)

■ **Fragen?**
rbunge@hsr.ch

Mitglieder und Gönner



Abgrenzung IGENASS/ZAR



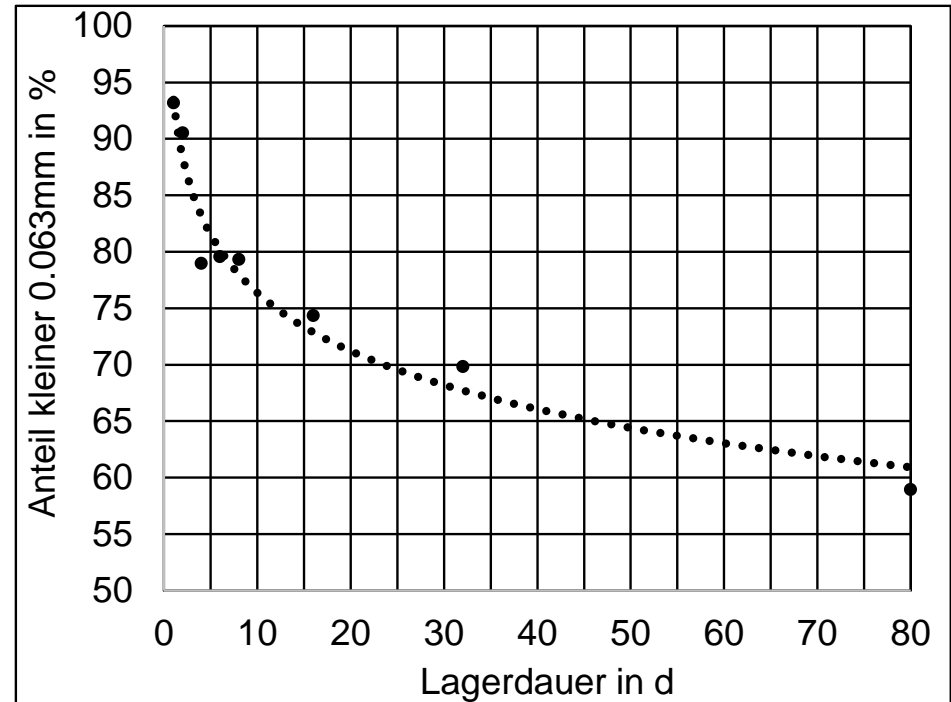
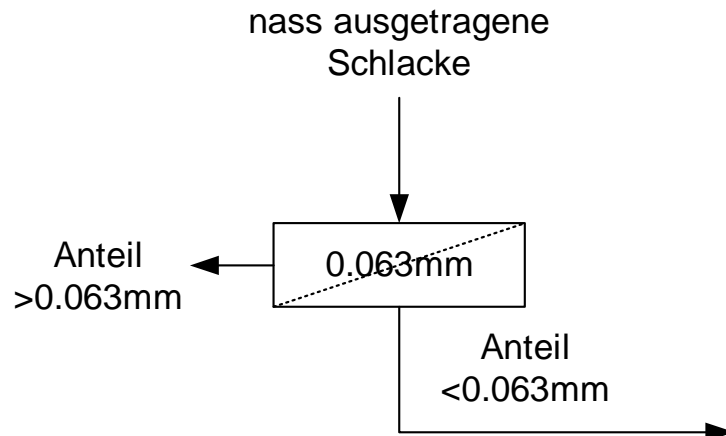
Abbindeverhalten von nass ausgetragener KVA-Schlacke

- **Hintergrund:** Nass ausgetragene KVA-Schlacke bindet durch Mineralneubildungen ab und verklumpt dadurch im Laufe der Zeit zu grösseren Brocken, in denen potenziell zurückgewinnbare Metalle eingeschlossen werden.

- **Versuche:** Untersuchung des Abbindeverhaltens über eine Zeitspanne von 80 Tagen in den folgenden Korngrössenfraktionen:
 - <0.063 mm
 - 0.063-0.25 mm
 - 0.25-1 mm
 - 1-4 mm

- **Untersuchungsparameter:**
 - Korngrössenvergrößerung im Anteil <0.063mm
 - Zunahme der Druckfestigkeit Prüfkörper

Abbindeverhalten von nass ausgetragener KVA-Schlacke



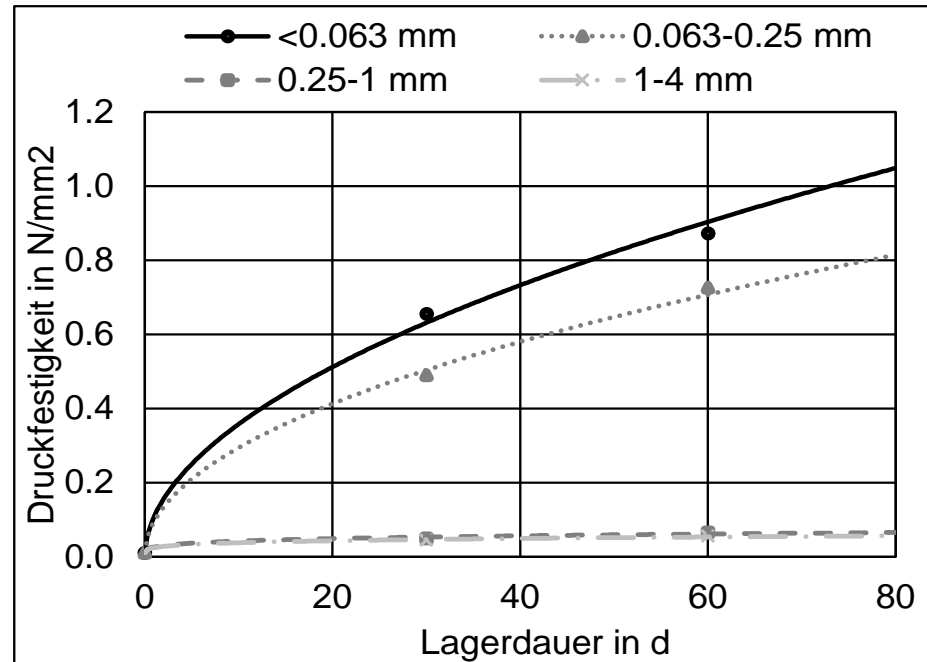
Zeitliche Abnahme Anteil <0.063 mm durch Mineralneubildung

Ergebnisse Korngrößenveränderung: Der Anteil <0.063 mm in der Schlacke verringert sich mit zunehmender Abbindezeit. Die Schlacke «vergrößert» sich durch Mineralneubildungen.

Abbindeverhalten von nass ausgetragener KVA-Schlacke



Druckprüfung Proctor-Prüfkörper von Schlacke <0.063 mm



Zeitlich ansteigende Druckfestigkeit

Ergebnisse Druckfestigkeit: Die Druckfestigkeit der Prüfkörper steigt bei Korngrößen <0.25 mm mit längerer Abbindezeit deutlich an. Die Korngrößen >0.25 mm binden hingegen praktisch nicht ab.

Fazit Abbindeverhalten:

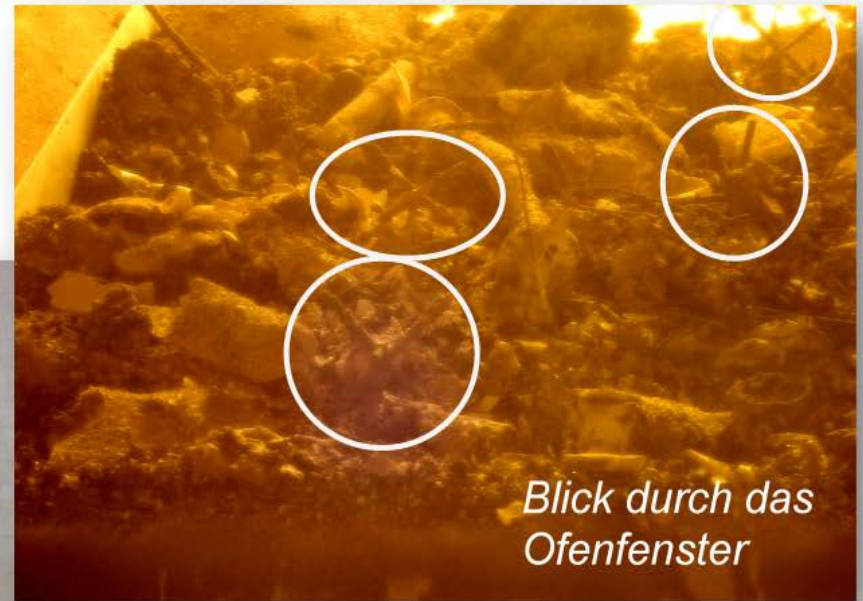
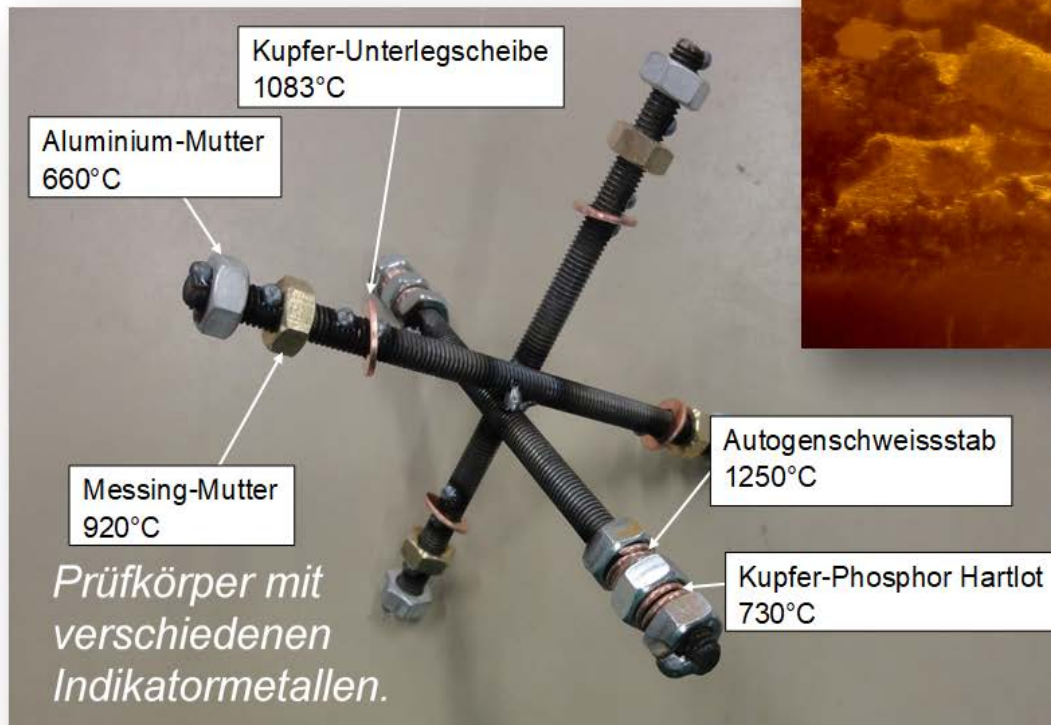
1. Die Abbindeprozesse beginnen unmittelbar nach dem nassen Austrag der Schlacke und dauern über rund 3 Monate an: die Korngrösse und die Druckfestigkeit nehmen zu.
2. Durch die Mineralneubildungen verfestigt sich die Schlacke, wodurch Metallstücke eingekapselt werden.
3. Die Mineralneubildungen bzw. die Abbindeprozesse betreffen nahezu ausschliesslich die Korngrössen <0.25 mm.

Nass ausgetragene KVA-Schlacke verhält sich ähnlich wie Beton. Der Anteil <0.25 mm ist das Bindemittel ("Zement"), der die nicht abbindefähigen gröberen Partikel ("Kiessand") miteinander verbindet. Nach Entfernung des Anteils <0.25 mm bindet die Schlacke >0.25 mm praktisch nicht mehr ab. Dieser Umstand hat weitreichende Folgen für die Metallrückgewinnung aus nass ausgetragener Schlacke.

Einfluss Verbrennungstemperatur auf KVA-Schrott

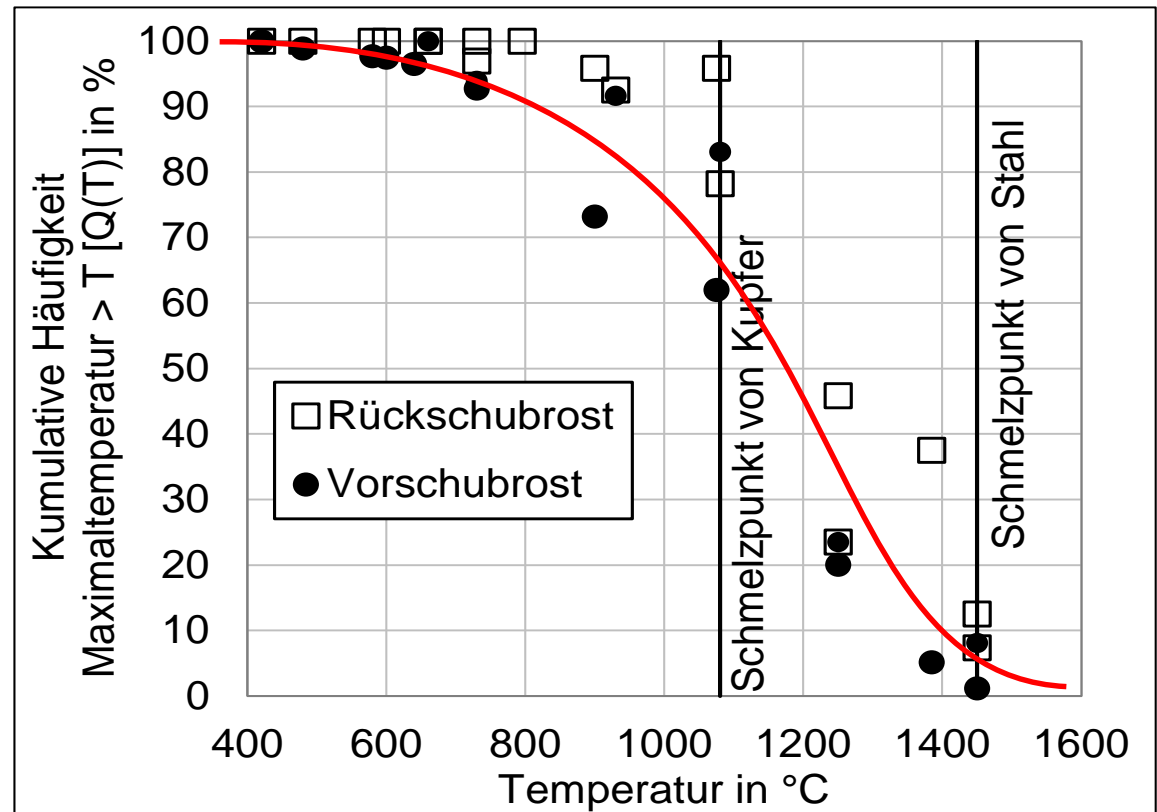
- **Hintergrund:** Wenn im Kehrtrichtbett z.B. die Schmelztemperatur von Kupfer überschritten wird, können sich Kupferüberzüge auf Stahlteilen bilden, welche die Qualität des Stahls massiv verschlechtern. Unklar ist, welchen Spitzentemperaturen Metalle während der Verbrennung in einer KVA ausgesetzt sind.
- **Versuche:**
 - Einwurf von Prüfkörpern mit darin eingelagerten oder daran befestigten Schmelzproben in KVA. Anschliessende Rückgewinnung der Prüfkörper aus der Schlacke und Beurteilung der Maximaltemperatur, der die Proben ausgesetzt waren.
 - Bestimmung des Verhältnisses von Kupferdrähten zu Kupferkugeln (geschmolzene Kupferdrähte) in der Schlackenfraktion 1-2 mm
- **Untersuchungsparameter:**
 - Spitzentemperaturen in Öfen mit Vorschub- und Rückschubrosten.

Einfluss Verbrennungstemperatur auf KVA-Schrott



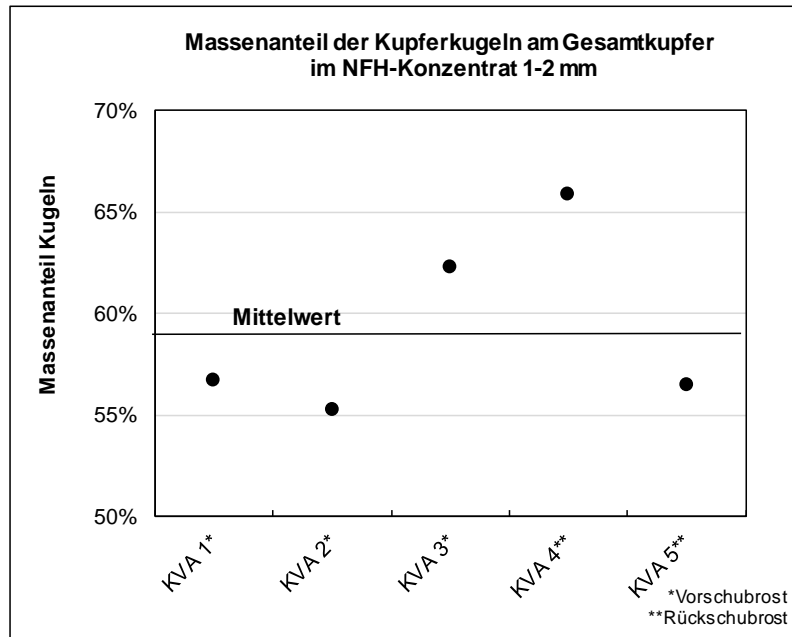
Einfluss Verbrennungstemperatur auf KVA-Schrott

Kumulative Häufigkeit der Prüfkörper bei denen eine Spitzentemperatur $> T$ überschritten wurde.



Ergebnisse Prüfkörper: Die ermittelten Spitzentemperaturen lagen bei fast allen Versuchen oberhalb von 800°C. Einige Prüfkörper waren in der KVA Spitzentemperaturen von über 1450°C ausgesetzt.

Einfluss Verbrennungstemperatur auf KVA-Schrott



Massenanteil der Kupferkugeln am Gesamtkupfer im Schwermetallkonzentrat der Fraktion 1-2mm.



NE-Schwerfraktion 1-2 mm: Kupfer liegt sowohl in Form von Drähten als auch in Form von Kugeln vor.

Ergebnisse Kupferdrähte/Kupferkugeln: Kupferdrähte schmelzen nach Überschreitung des Schmelzpunktes von Kupfer zu Kupferkugeln zusammen. Im Mittel lag rund 60% des Kupfers in der Fraktion 1-2mm in Form von Kugeln vor. 60% der Kupferstücke waren demzufolge Spitzentemperaturen von $>1080^{\circ}\text{C}$ ausgesetzt.

Fazit "Einfluss Verbrennungstemperatur":

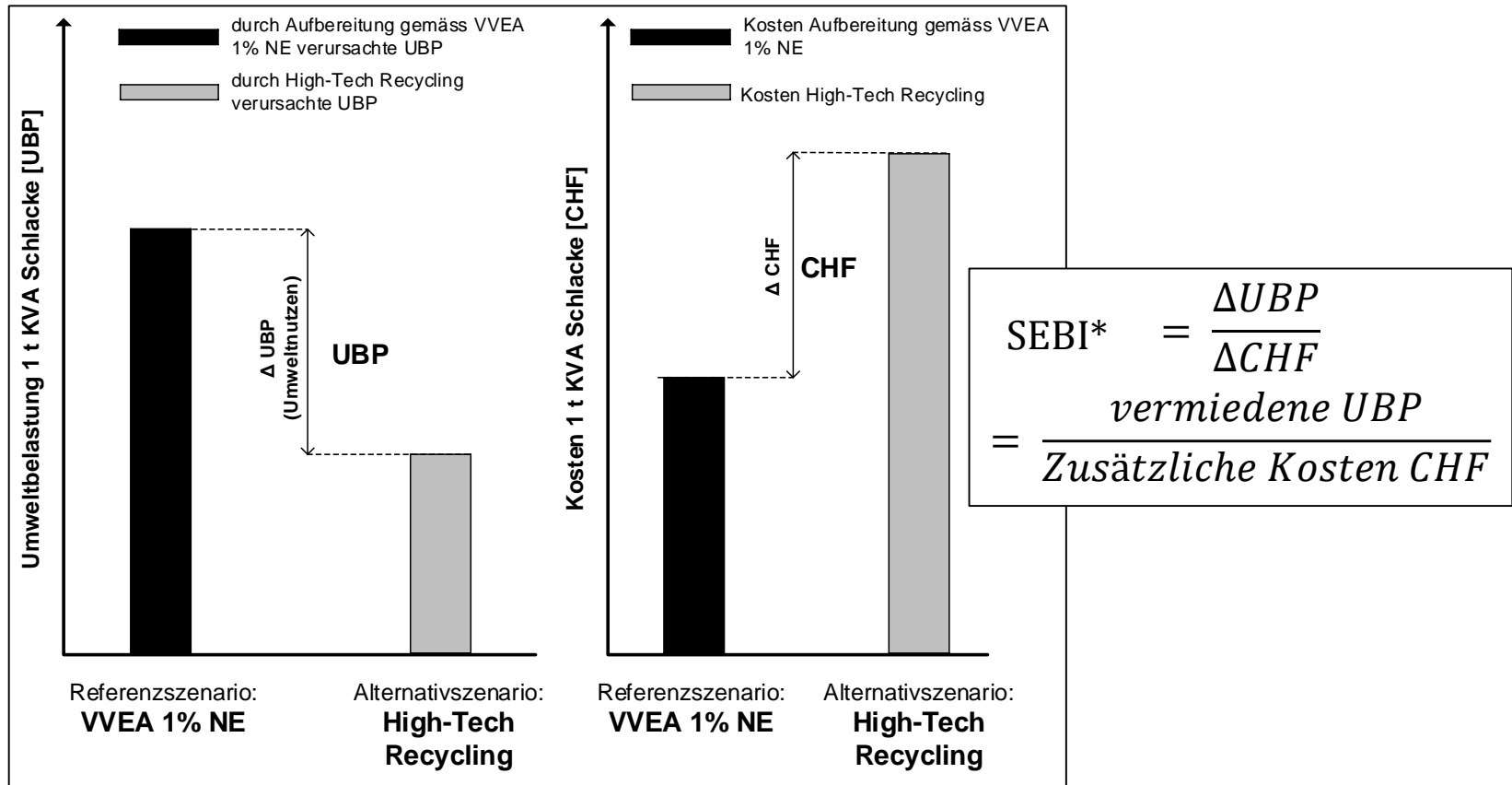
Rund die Hälfte der im Feuerbett befindlichen Partikel werden in KVA auf Temperaturen oberhalb ca. 1'100°C erhitzt. **Die lokalen Spitzentemperaturen liegen also deutlich oberhalb der "mittleren Feuerbetttemperatur", die bei KVA häufig mit 900-1'000°C angegeben wird.**

Aber: Bei spezifisch schweren kompakten Partikeln kann es im Feuerungsbett Entmischungserscheinungen geben (Akkumulation direkt auf dem Rost => "kalt").
Beispiele: Batterien, Metallstücke...

Kosten/Nutzen-Effizienz der KVA-Schlackenaufbereitung

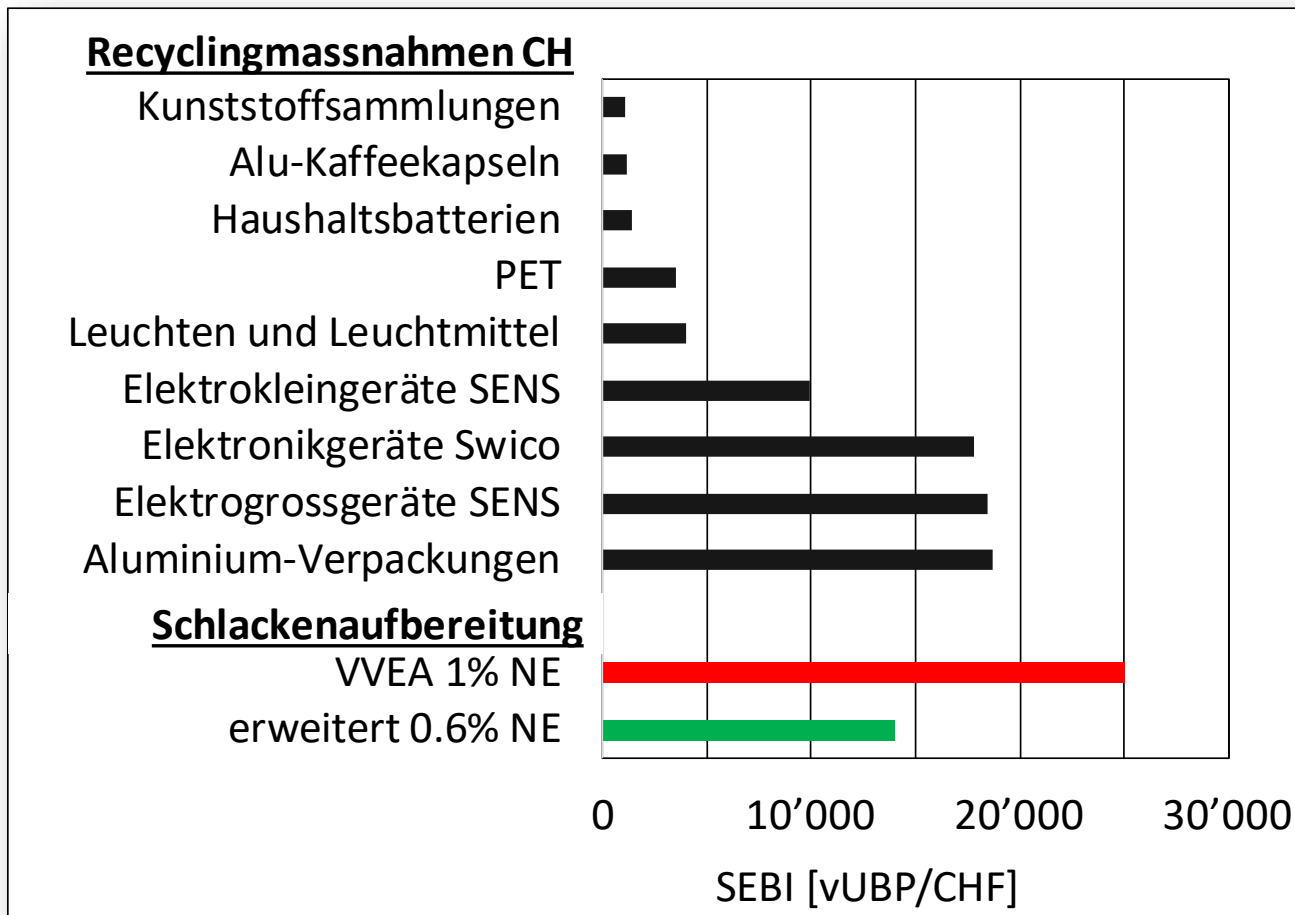
- **Hintergrund:** Die VVEA gibt für deponierte Schlacke einen tolerierbaren **Restgehalt an NE-Metallen von <1% vor**. Dies entspricht einem Rückgewinnungsgrad von ca. 67% der NE-Metalle >2mm (Basis 3% NE in Rohschlacke).
- **Projektidee:** Berechnung von Effizienz und Effektivität einer «erweiterten Metallgewinnung aus KVA-Schlacke», bei der die Recyclingrate der NE-Metalle von 67% auf 80% erhöht würde (**Restgehalt NE<0.6%**).
- **Untersuchungsparameter:**
 - Potenzial und Kosten/Umweltnutzen-Effekt der «erweiterten Schlackenaufbereitung» im Vergleich zu anderen Recyclingmassnahmen.
 - Ökologischer und finanzieller Gegenwert einer «erweiterten Schlackenaufbereitung».

Kosten/Nutzen-Effizienz der KVA-Schlackenaufbereitung



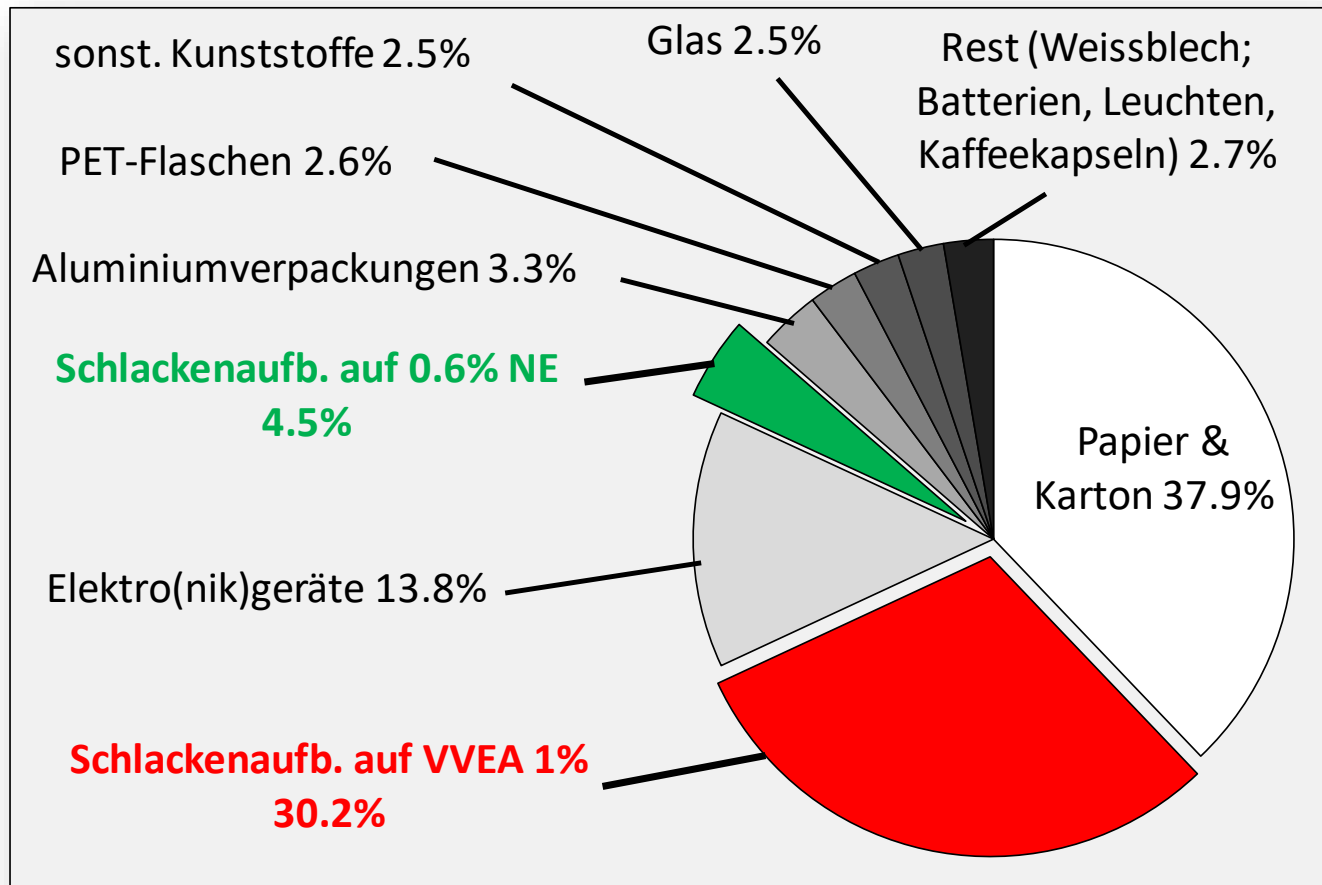
SEBI* für die «erweiterte Schlackenaufbereitung»: Verhältnis aus den vermiedenen Umweltbelastungspunkten und den zusätzlichen Kosten einer erweiterten Schlackenaufbereitung gegenüber dem Referenzszenario VVEA (1%).

Ökoeffizienz der KVA-Schlackenaufbereitung



Ergebnisse Kosten/Nutzen: Die erweiterte Schlackenaufbereitung ist etwa 10-mal so ökoeffizient wie das Recycling von Kunststoffen (PE), Kaffeekapseln oder Batterien.

Öko-Effektivität der KVA-Schlackenaufbereitung



Ergebnisse Öko-Effektivität: Der Umweltnutzen des Recyclings von Siedlungsabfällen in der Schweiz würde durch eine erweiterte Schlackenaufbereitung um 4.5% erhöht.

Fazit "Erweiterte Schlackenaufbereitung":

- Eine erweiterte KVA-Schlackenaufbereitung wäre in hohem Masse Kosten/Umweltnutzen-effizient.
- Bereits mit einer Erhöhung der Kehrichtsackgebühr um etwa 0.9%, könnte man die NE-Rückgewinnungsrate von 67% (von VVEA verlangt) auf 80% steigern.
- Die «erweiterte Schlackenaufbereitung» wäre nicht nur sehr viel ökoeffizienter als viele andere Umweltmassnahmen (z.B. weitere Kunststoffsammlungen), sondern auch deutlich ökoeffektiver.

BAT-Nass (Best Available Technology)

- **Hintergrund:** Welche Ergebnisse sind durch Aufbereitung von nass ausgetragener KVA-Schlacke erzielbar?
- **IGENASS Projekt:** Evaluation der Leistungsfähigkeit von zwei Schlackenaufbereitungsanlagen, die nass ausgetragene Schlacke verarbeiten (DHZ und KEWU).
- **Untersuchungsparameter:**
 - Massenströme Konzentrate & Rückstände
 - (Rest-)Metallgehalte Nichteisenmetalle

BAT-Nass (Best Available Technology)

Zielbereich:

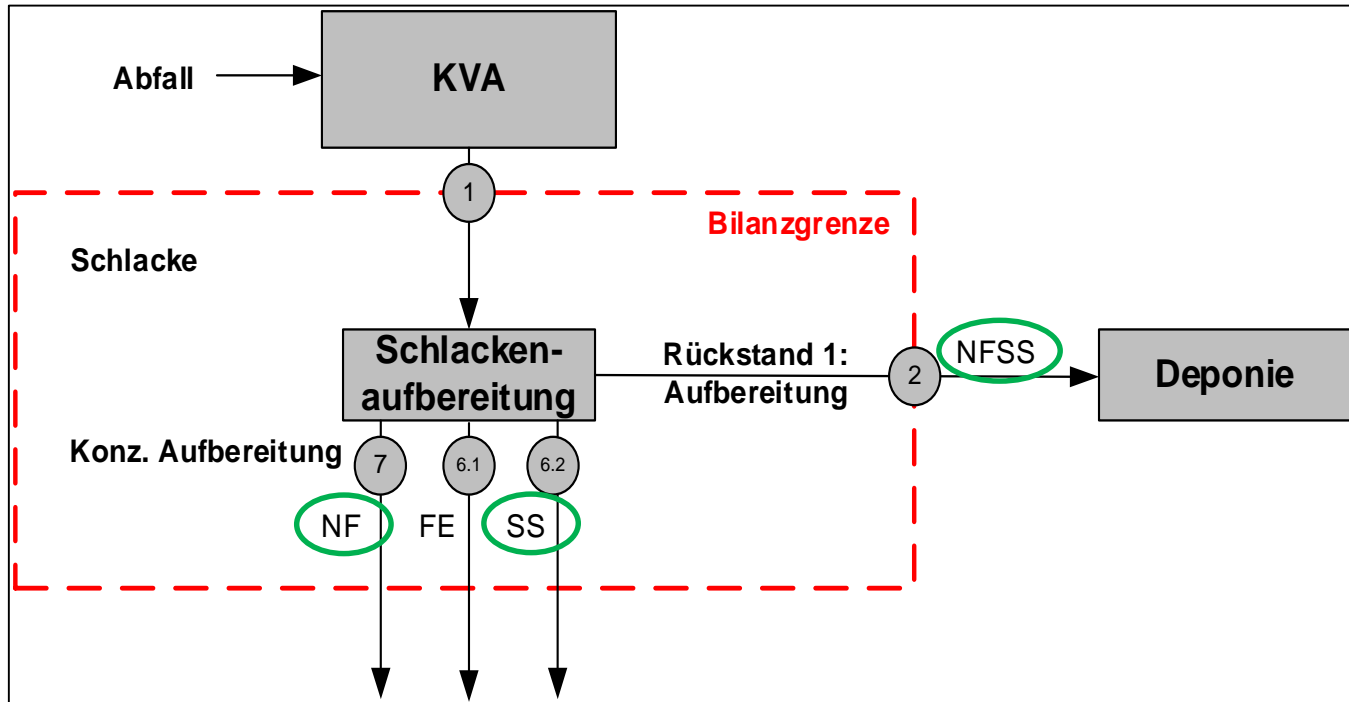
Primärkennzahlen

- Wie hoch ist der Rückgewinnungsgrad der Nichteisenmetalle (NF) und Edelstähle (SS)?
- Wie hoch ist der Restgehalt NF + SS = NFSS in der aufbereiteten Schlacke?

Abgeleitete Daten

- Welches Umweltleistungspotenzial steckt in der Schlacke?
- Wieviel davon wurde in Form der Produkte realisiert (minus dem ökologischen Aufwand des Anlagenbetriebes)?
- Ermittlung Umwelt-Wirkungsgrad: realisiertes Potenzial/Gesamtpotenzial

BAT-Nass (Best Available Technology)



Beprobte wurden die NF-Konzentrate <40mm (DHZ) bzw. <50mm (KEWU), die handverlesenen SS-Konzentrate und die Aufbereitungsrückstände. Nicht beprobt wurde FE.

Bilanzgrenzen: Die Bilanzierung umfasste bei beiden Anlagen nur die eigentliche Schlackenaufbereitung (also ohne eine anschließende Metallveredelung).

BAT-Nass (Best Available Technology)

■ Ermittlung Massenströme:

- Erfassung der Massen und Zeitdauer von Hand, wenn möglich.
- Wo grosse Massenströme (z.B. >15 kg/s), Messung mithilfe Pneulader.



(links) Vorrichtung zur Erfassung des gesamten Massenstroms NF 0-3 mm bei DHZ.

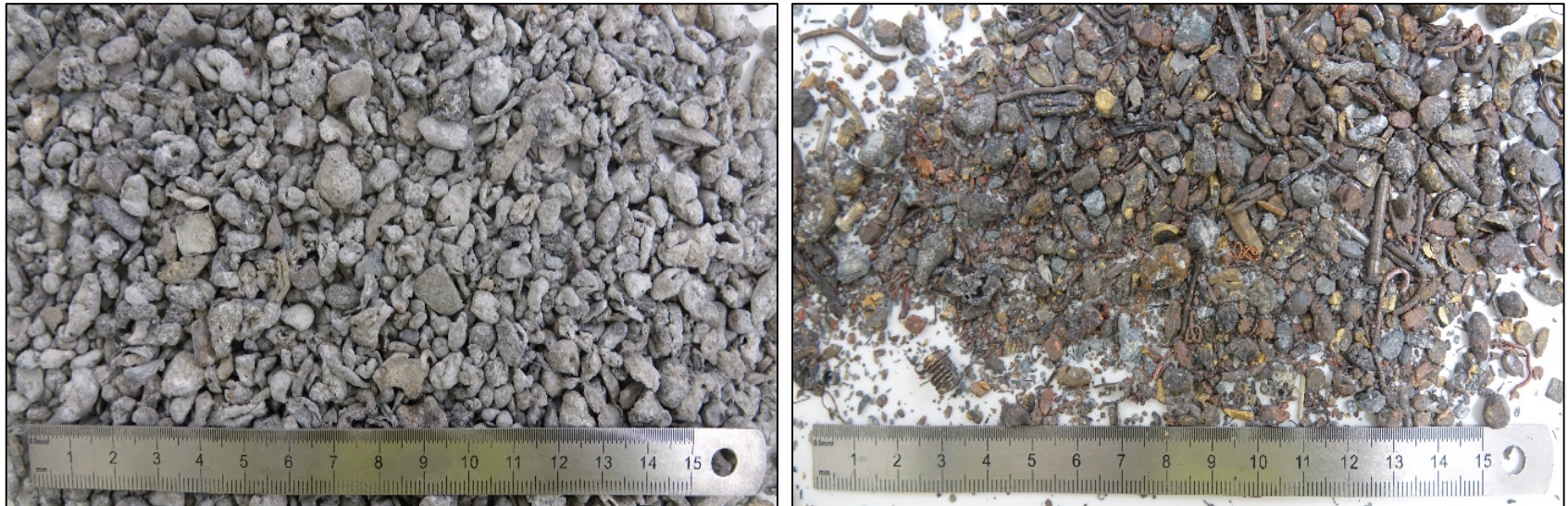
(rechts) Erfassung des gesamten Massenstroms NF 0-4 mm bei KEWU.

BAT-Nass (Best Available Technology)

■ Ermittlung "Metallgehalt blank":

- Schonende Reinigung der NF-Konzentrate von mineralischen Verunreinigungen und an NF-Metall anhaftendem mineralischen Material.
- Dichtesortierung in NFL (Aluminium) und NFH (Kupfer).

■ Beispiel für veredeltes und dichtesortiertes NF der Korngrösse 3-12 mm:



Fraktion 3-12mm: NFL (links) und NFH (rechts) nach Veredelung/Dichtesortierung.

BAT-Nass (Best Available Technology)

Übersicht über die Kennzahlen

| | DHZ | KEWU |
|--|------------|-------------|
| NFSS-Metallgehalt Aufgabematerial | 2.3% | 2.9% |
| NFSS-Restmetallgehalt Rückstand | 0.48% | 0.32% |
| NFSS-Rückgewinnungsgrad | 82.1% | 90.2% |
| Umweltwirkungsgrad | 76% | 87% |

Fazit "BAT-Nass":

Es ist durchaus möglich, auch mit nass ausgetragener KVA-Schlacke sehr hohe Metall-Rückgewinnungsgrade zu erreichen und Restmetallgehalte in der Schlacke zu erzielen, die weit unterhalb den gesetzlichen Anforderungen liegen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.igenass.ch