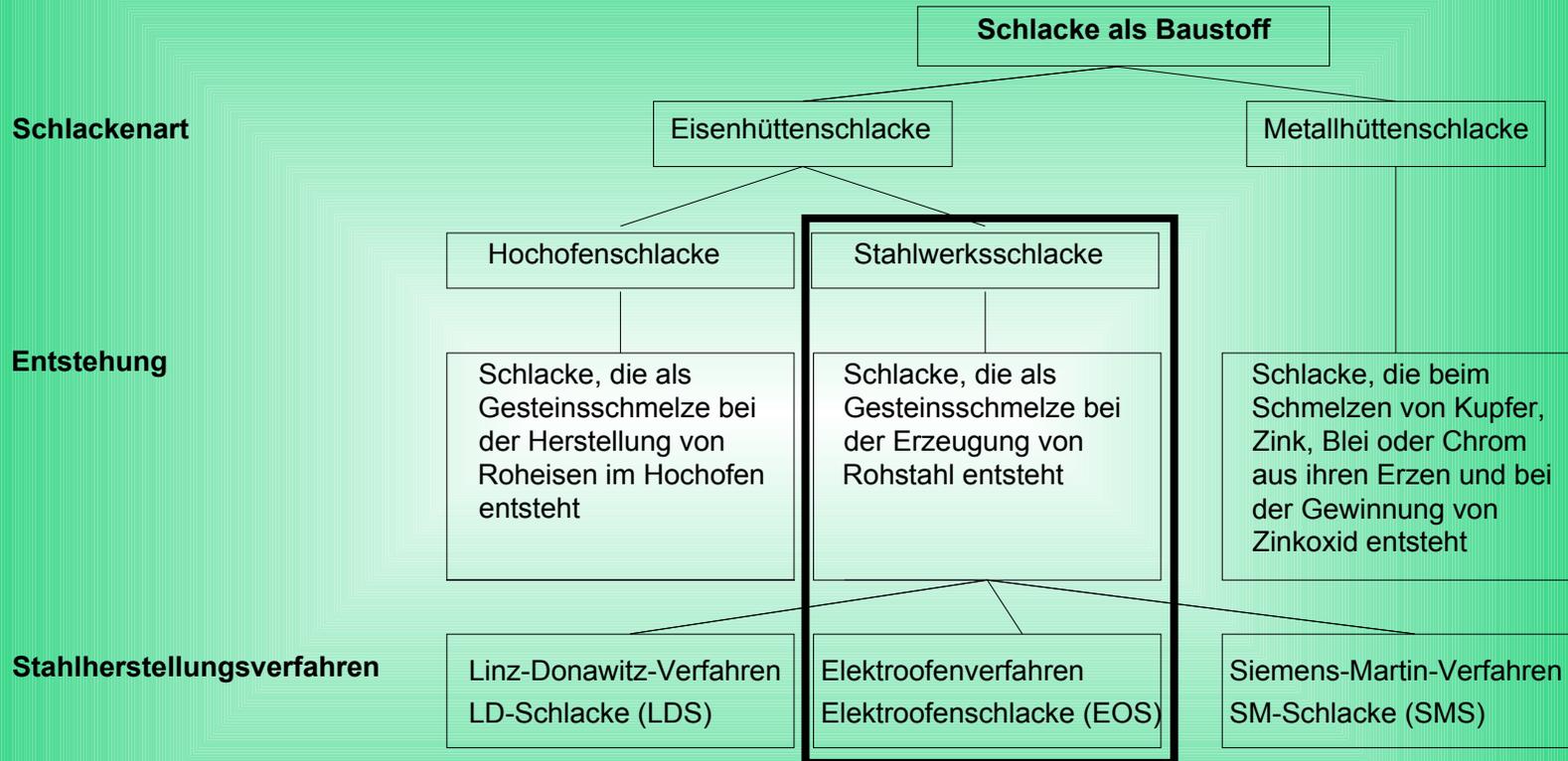




Elektroofenschlacke (EOS) als Gesteinskörnung für Asphalte

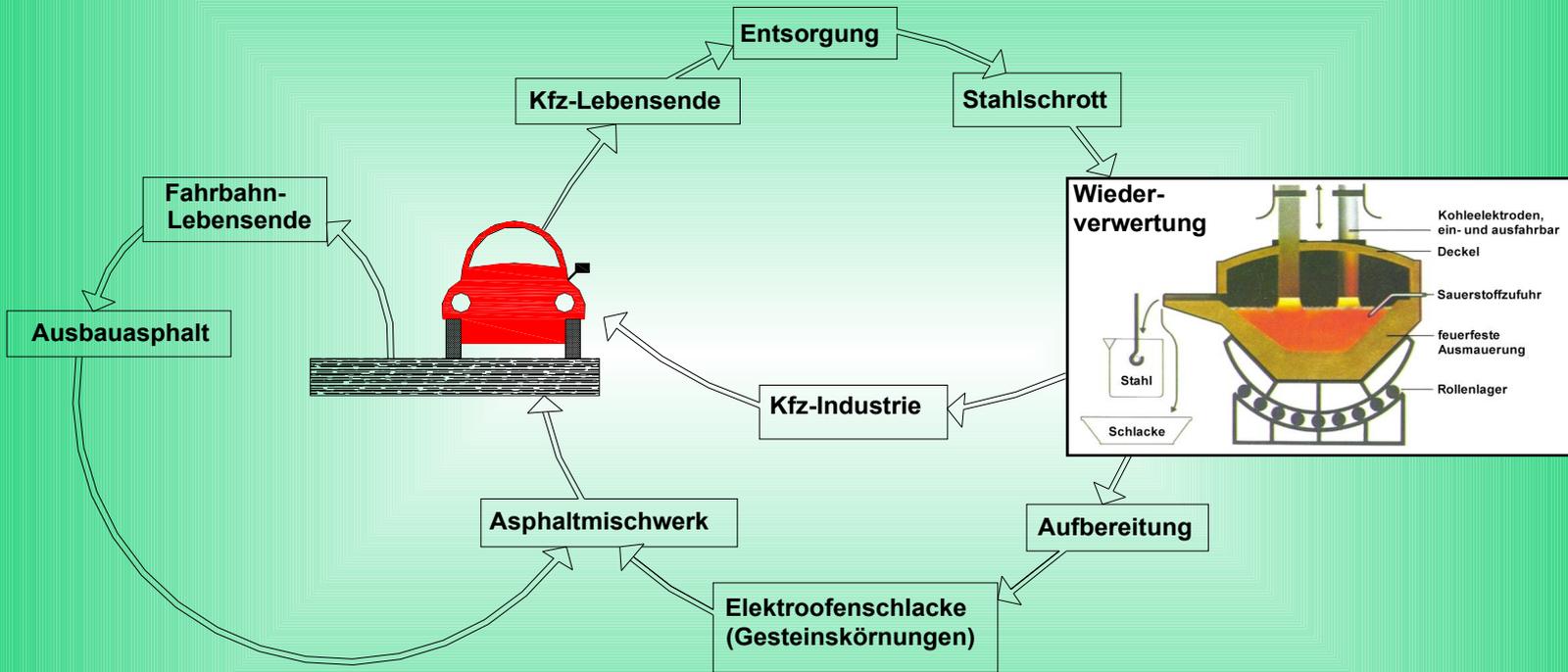
Dipl.-Ing. Leyla Chakar



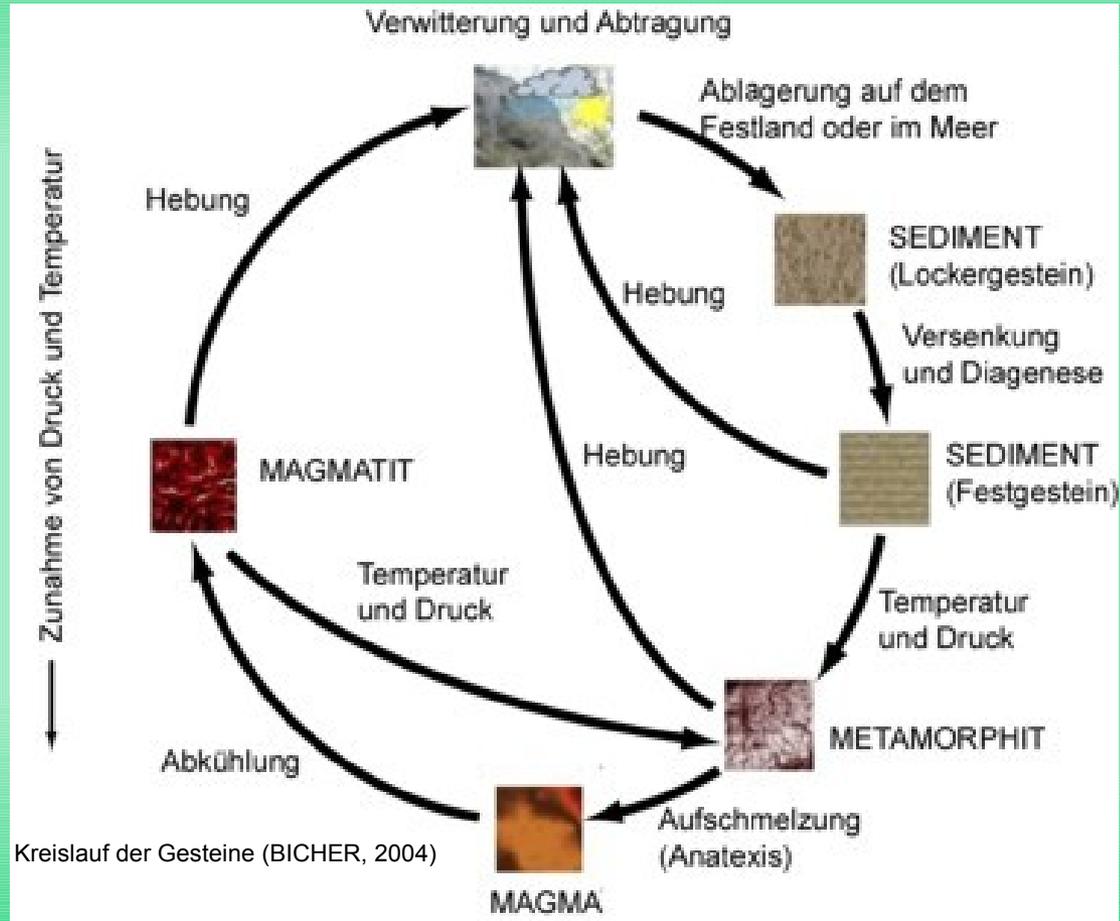
Gruppierung der im Bauwesen tauglichen Schlacken gemäß DIN 4301 (1981) nach ihrer Entstehungsart



Recycling-Kreislauf



Kreislauf der Gesteine





	HOS/HS	LDS	EOS ¹⁾	EOS ²⁾	SEKS ³⁾
CaO	39-41	46-53	26-38	37-40	33-61
SiO ₂	34-37	13-16	11-16	14-28	9-24
MgO	7-12	1-4	3-10	7-13	6-13
Mn _{ges.}	0,2-0,6	1,8-4,8	3,5-5,5	2,6-4,1	0,2-4,9
Fe _{ges.}	0,2-0,6	14-19	24-40	6-7	0,6-9,4
Al ₂ O ₃	10-12	1-4	3-6	5-13	3-27
Cr ₂ O ₃	< 0,01	0,2-0,4	0,7-2,7	5-19	< 0,3
P ₂ O ₅	< 0,01	1,2-1,8	0,5-0,8	< 0,1	< 0,03
Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1,2	< 0,07	< 0,08	< 0,08	k. A.
S _{ges.}	1,0-1,7	< 0,2	k. A.	< 0,4	0,5-2,0
CaO/SiO ₂	0,9-1,2	2,8-5,0	1,9-2,6	1,3-2,3	1,3-6,2
(CaO+MgO)/SiO ₂	1,2-1,4	3,0-5,2	2,2-3,1	1,6-2,9	1,7-7,8

¹⁾ aus Erzeugung nicht/niedrig legiert; ²⁾ aus Erzeugung hoch legiert; k. A. = keine Angaben

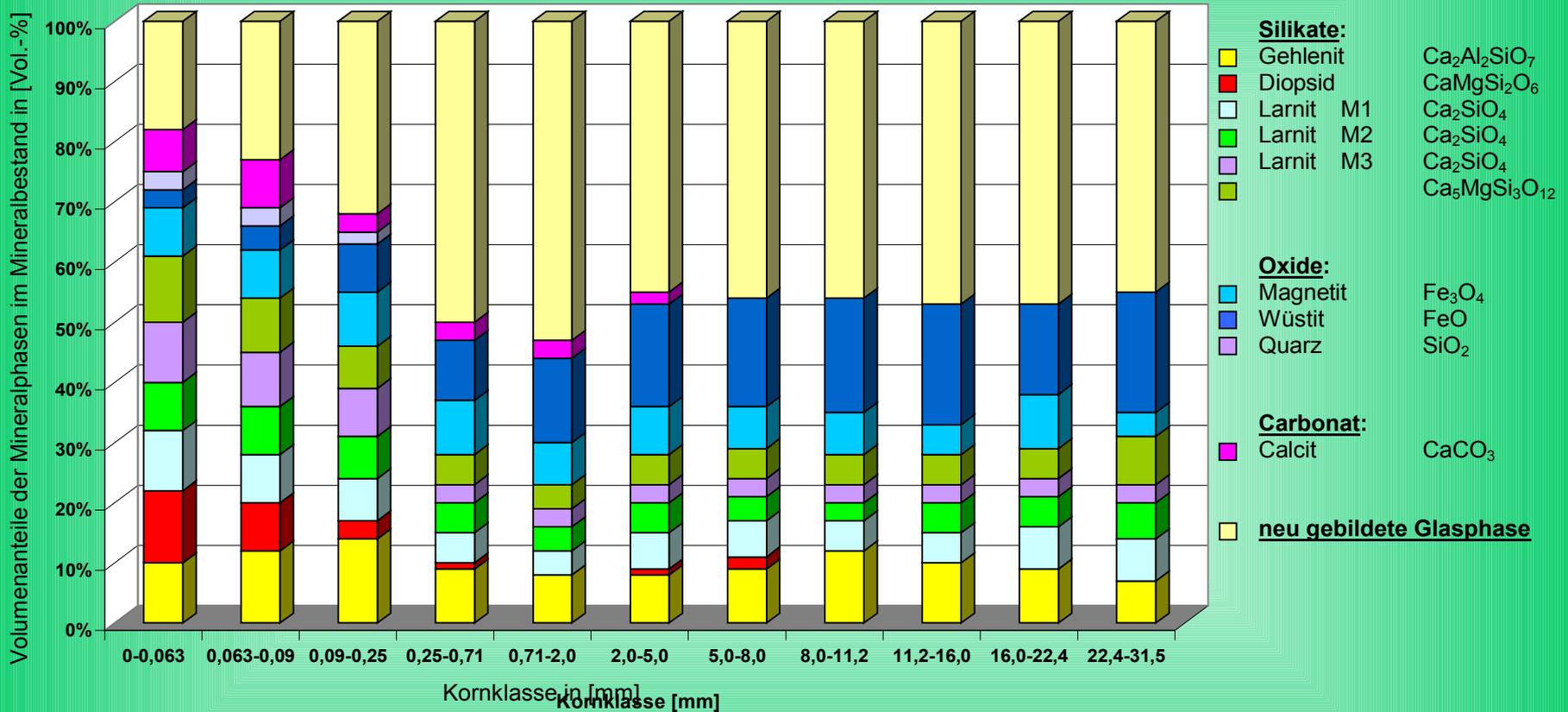
Zusammensetzung von Eisenhüttenschlacken (M.-%) (DRISSEN, 2004)



Typische mineralische Zusammensetzung von Eisenhüttenschlacken

Mineral:	Formel:	HOS	LDS	EOS ¹⁾	EOS ²⁾	SEKS ³⁾
Gehlenit	$2\text{CaO} * \text{Al}_2\text{O}_3 * \text{SiO}_2$	X		X	X	
Akermanit	$2\text{CaO} * \text{MgO} * 2\text{SiO}_2$	X		X	X	
Merwinit	$3\text{CaO} * \text{MgO} * 2\text{SiO}_2$	X			X	
Tricalciumsilikat	$3\text{CaO} * \text{SiO}_2$		(X)			
β -Dicalciumsilikat	$2\text{CaO} * \text{SiO}_2$		X	X		X
γ - Dicalciumsilikat	$2\text{CaO} * \text{SiO}_2$					X
Bredigit	$2 (\text{Ca,Mg})\text{O} * \text{SiO}_2$			X		
Brownmillerit	$2\text{CaO} * (\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$			X		
Dicalciumferrit	$2\text{CaO} * \text{Fe}_2\text{O}_3$		X			
Spinelle	$\text{Me}^{2+}\text{O} * \text{Me}^{3+}_2\text{O}_3$			X	X	
Wüstit	FeO_x		X	X		
Freikalk	CaO		X			
Periklas/MgO _{frei}	MgO			X	X	
Mayenit	$12\text{CaO} * 7\text{Al}_2\text{O}_3$			X		X
Tricalciumaluminat	$3\text{CaO} * \text{Al}_2\text{O}_3$					X
Fluorit	CaF_2					X
Cuspidin	$\text{CaF}_2 * 4\text{CaO} * 2\text{SiO}_2$					X
Oldhamit	CaS					X
Jasmundit	$10\text{CaO} * \text{CaS} * 4\text{SiO}_2$					X

Typische mineralische Zusammensetzung von Eisenhüttenschlacken (DRISSEN, 2004)





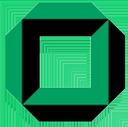
Eigenschaft nach DIN EN 13043	Abschnitt ^{a)}	Prüfhäufigkeit
Kornzusammensetzung	4.1.3	1 x jährlich
Feinanteile		
Gehalt	4.1.4	1 x jährlich
Sandäquivalent	4.1.5	falls erforderlich 2 x jährlich ^{c)}
Methylenblau-Wert		falls erforderlich 2 x jährlich ^{c)}
Kornform	4.1.6	1 x jährlich
Anteil gebrochener Körner	4.1.7	1 x jährlich
Rohdichte	4.2.7	alle 2 Jahre
Fließkoeffizient feiner Gesteinskörnungen	4.1.8	1 x jährlich
Widerstand gegen Zertrümmerung	4.2.2	1 x jährlich
Widerstand gegen Polieren	4.2.3	1 x jährlich
Wasseraufnahme	4.2.9.1	alle 2 Jahre
Frost-Tau-Widerstand	4.2.9.2	alle 2 Jahre
Magnesiumsulfat-Wert / Frost-Tausalz-Widerstand ^{b)}	4.2.9.2	alle 2 Jahre
Raumbeständigkeit von Stahlwerksschlacke	4.3.4.3	2 x jährlich ^{c)}
Dicalciumsilikaterfall von Hochofenstückschlacke	4.3.4.1	2 x jährlich ^{c)}
Eisenerfall von Hochofenstückschlacke	4.3.4.2	2 x jährlich ^{c)}
"Sonnenbrand" von Basalt	4.2.12	1 x jährlich
Widerstand gegen Hitzebeanspruchung	4.2.10	1 x jährlich
Affinität zu bitumenhaltigen Bindemitteln	4.2.11	1 x jährlich
Grobe organische Verunreinigungen	4.3.3	falls erforderlich 1 x jährlich

„Technischen Lieferbedingungen für Asphalt im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung“ (TL G Asphalt StB), Ausgabe 2001

„Empfehlungen für die Durchführung der Überwachung und Zertifizierung von Gesteinskörnungen nach dem europäischen Konformitätsnachweisverfahren System 2+“, Deutscher Gesteinsverband e.V. und Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e.V., Oktober 2004

Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB 04), Ausgabe 2004

Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau, Baden-Württemberg (ETV-StB-BW), Stand 19.12.2005



Raumbeständigkeit nach DIN EN 1744-1

Dampfversuch am Prüfkörnung 0/22 mm

Kategorie $V_{3,5}$

Umweltrelevante Merkmale

Parameter	Einheiten	Richt- und Grenzwerte für das Eluat		
		SWS-1	SWS-1	SWS-1
El. Leitfähigkeit	$\mu\text{S/cm}$	1.500	1.500	1.500
pH-Wert	-	10 - 12,5	10 - 12,5	10 - 12,5
Chrom, gesamt	$\mu\text{g/L}$	30	75	100
Vanadium	$\mu\text{g/L}$	50	100	250
Flourid*	$\mu\text{g/L}$	0,75	2	5



Rohdichte auf ofentrockener Basis - DIN EN 1097-6

- natürliche Gesteinskörnungen 2,6 bis 3,1 g/cm³
- EOS Gesteinskörnungen 3,5 bis 3,8 g/cm³

Konsequenzen:

- Korrektur des Bindemittelgehaltes im Rahmen von Eignungsprüfungen
- Höhere Transportkosten



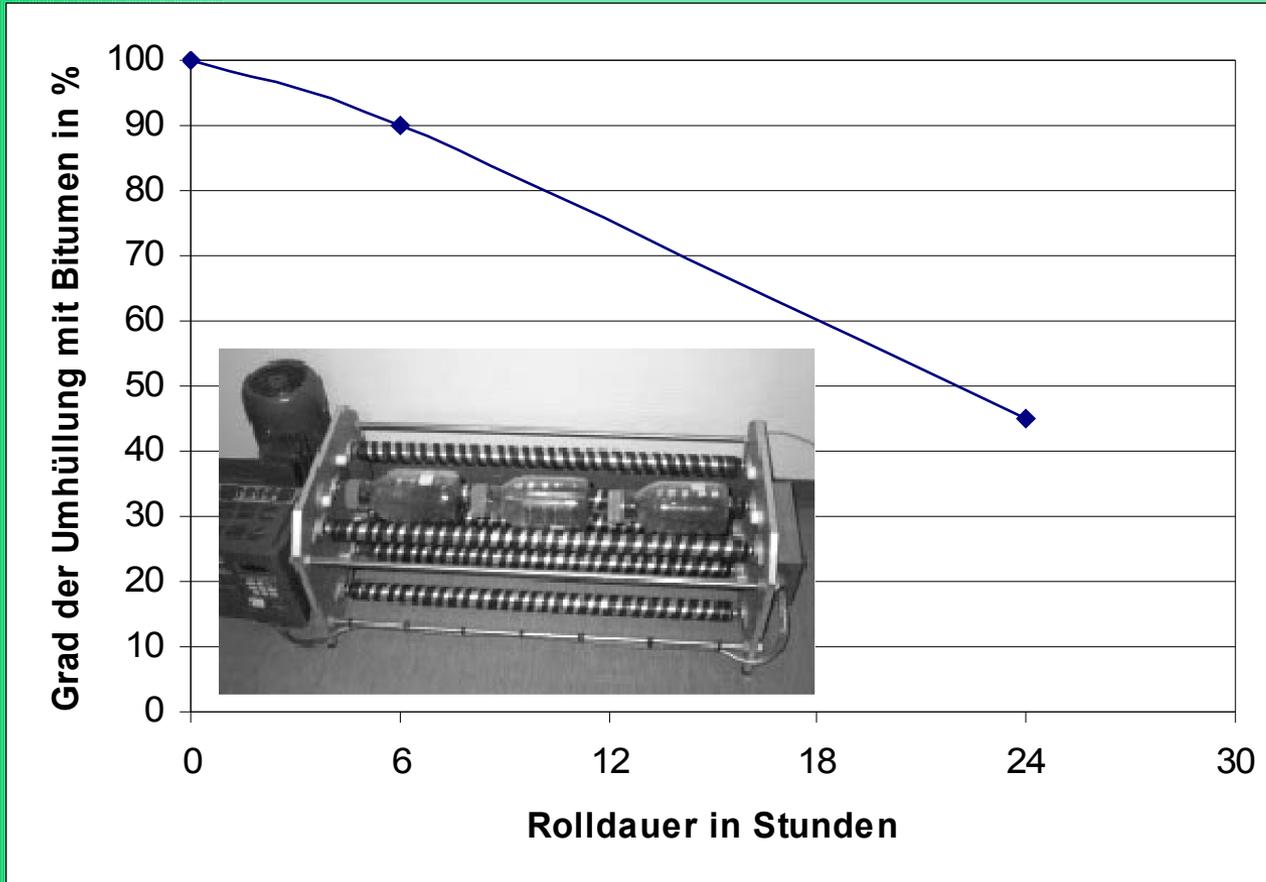
Widerstandes gegen Polieren (PSV) - DIN EN 1097-8

- Bauklassen SV, I und II sowie Bauklasse III mit besonderer Beanspruchung **PSV₅₀**
- Fahrbahnen mit langfristig besonders starker Polierbeanspruchung **PSV₅₃**
- Elektroofenschlacke (EOS) **> PSV₆₀**



Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen - DIN EN 12697-11 unter Verwendung eines Bitumens 50/70

- **Teil A: Flaschen-Rollverfahren**
- **Teil B: Statisches Prüfverfahren**
- **Teil C: Prüfung des Ablösens in siedendem Wasser**



Gestein
„natürlich“
nach 24h

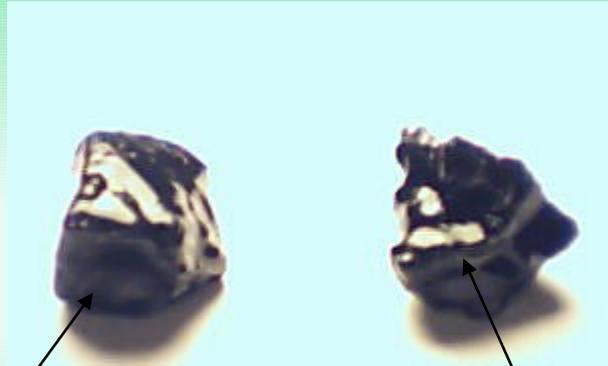
Gestein
„EOS“
nach 24h





Eine zu 100 % umhüllte Oberfläche der Prüfkörnung 6/10 mm konnte festgestellt werden

Gestein
„natürlich“
nach 24h



Gestein
„EOS“
nach 24h





Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern nach DIN EN 12697-12

ITSR (Indirect Tensile Strength Ratio)

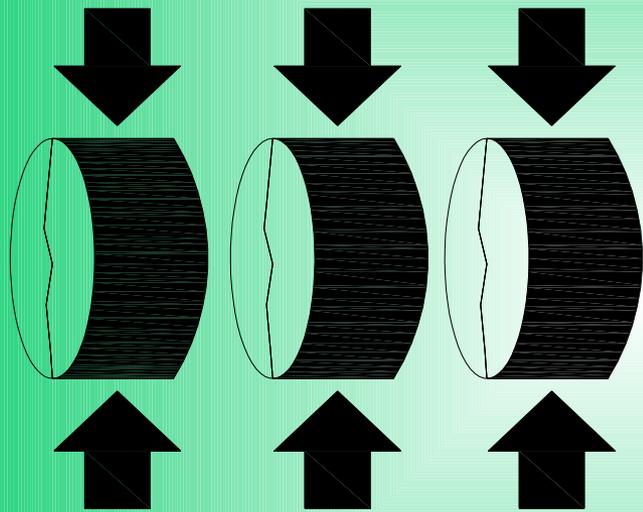
$$\text{ITSR} = 100 \cdot \frac{\text{ITS}_w}{\text{ITS}_d} \quad [\%]$$

Dabei ist:

ITS_w die durchschnittliche indirekte Zugfestigkeit der wassergelagerten Teilgruppe

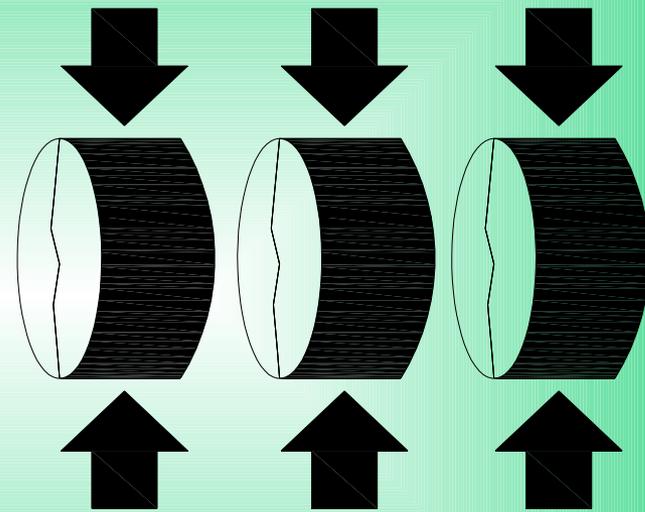
ITS_d die durchschnittliche indirekte Zugfestigkeit der trocken gelagerten Teilgruppe

Indirekte Zugfestigkeit ITS (Indirect Tensile Strength) (MPK mit 10 °C)



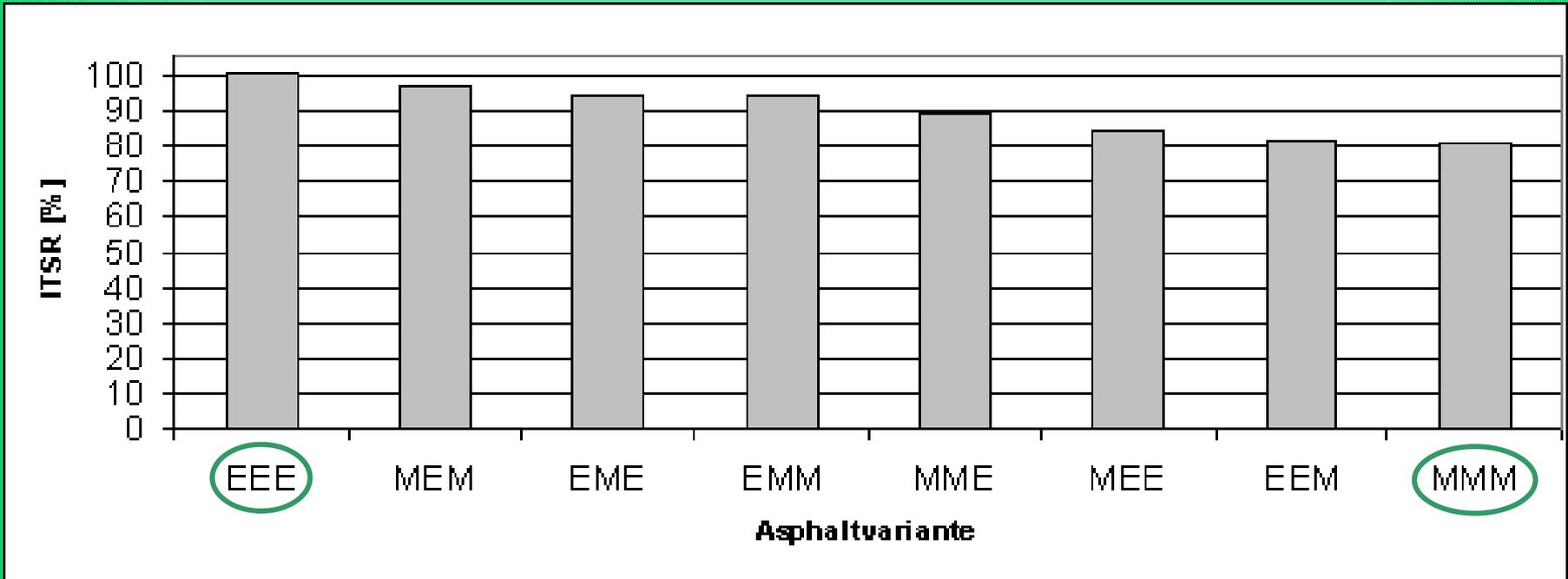
MPK nach Lagerung im Wasserbad bei 40 °C
für 68 h bis 72 h

ITS_w



MPK nach trockener Lagerung bei Raumtemperatur
für 68 h bis 72 h

ITS_d





- **Entstehungsprozess bestimmt die mineralogischen bzw. bautechnischen Eigenschaften**
- **Voraussetzung für den Einsatz in Asphalten ist eine Qualitätssicherung durch Güteüberwachung**
- **Erhöhung der Polierresistenz von Gesteinskörnung durch Zugabe von EOS möglich**
- **Verbesserung der Haftfestigkeit / Wasserempfindlichkeit durch Zugabe von EOS möglich**
- **Mengenmäßig begrenztes Aufkommen der EOS erfordert einen optimierten Einsatz**



***Meine Damen und Herren,
ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.***