OEKOPHALT

Chemisch-physikalische Grundlagen von Bitumenalterung für ökonomisches Recycling von Asphaltmischgut

Bernhard Hofko

Ronald Blab
Lukas Eberhardsteiner
Josef Füssl
Daniel Grossegger
Hinrich Grothe
Florian Handle
Markus Hospodka
Matthias Mader
Thomas Riedmayer
Daniel Steiner

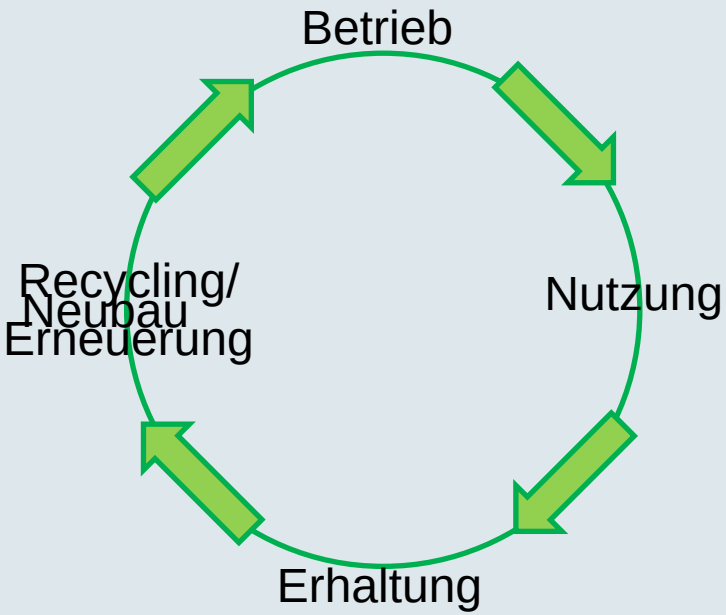
Motivation

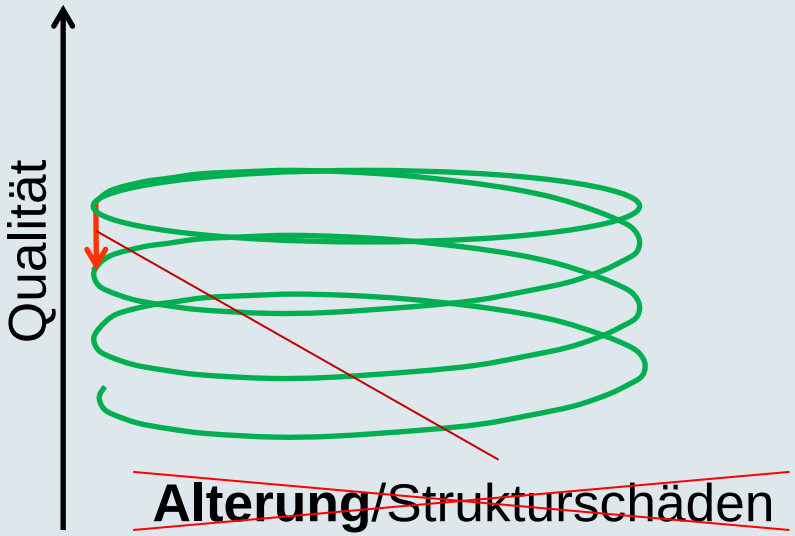
Bridge-Projekt

Brückenschlag
Grundlagenforschung
und
angewandte Forschung

Verkehrswissenschaften
Materialchemie
Mechanik der Werkstoffe und Strukturen

Motivation





Reduzieren & Kompensieren

Fragestellungen und Ziele

- Ursachen von Bitumenalterung
- Auswirkung von Bitumenalterung auf Asphaltmischgut
- Bewertungshintergrund zur Auswahl von alterungsbeständigen Bindemitteln
- Gezielte Entwicklung von Regenerationsmitteln zur Kompensierung von Bitumenalterung im Ausbauasphalt

- → langlebige Oberbauten
- → hohe Recyclingquote
- → Upcycling statt Downcycling
- → dauerhaft hohe Qualität von Recyclingasphalt

Inhalt

Einleitung

Grundlagenforschung

Angewandte Forschung

Zusammenfassung

Inhalt

Einleitung

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Mikromechanische Modellierung von Bitumen(alterung)

Erkenntnisse zur Feldalterung

Optimierung der Bindemittelrückgewinnung

Alternative Methoden zur Laboralterung

Beurteilung der Alterung und -beständigkeit

Schlussfolgerungen und Ausblick

Inhalt

Einleitung

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Mikromechanische Modellierung von Bitumen(alterung)

Erkenntnisse zur Feldalterung

Optimierung der Bindemittelrückgewinnung

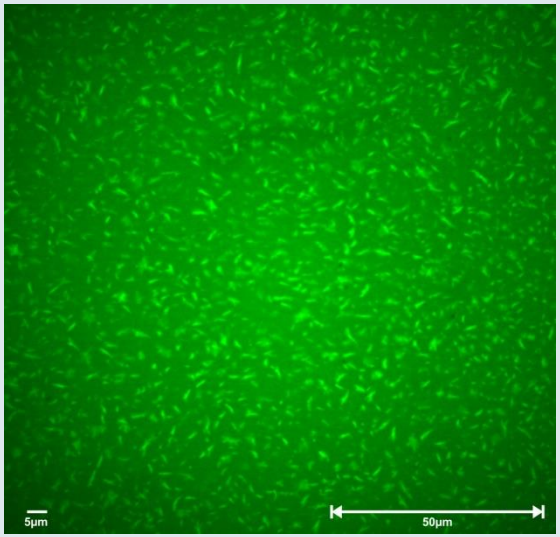
Alternative Methoden zur Laboralterung

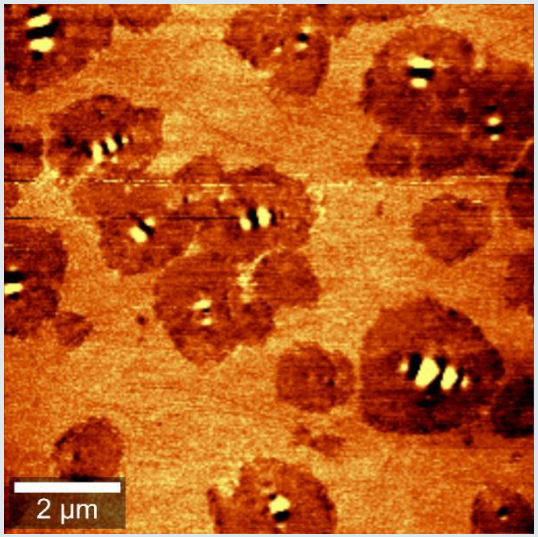
Beurteilung der Alterung und -beständigkeit

Schlussfolgerungen und Ausblick

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

3 Phasen Mikrostruktur





Mikrostruktur: **2 bzw. 3 Phasen unterscheidbar**

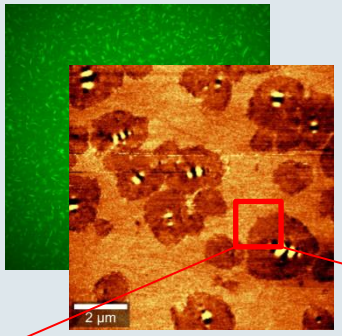
Catana Phase (Bienchen)

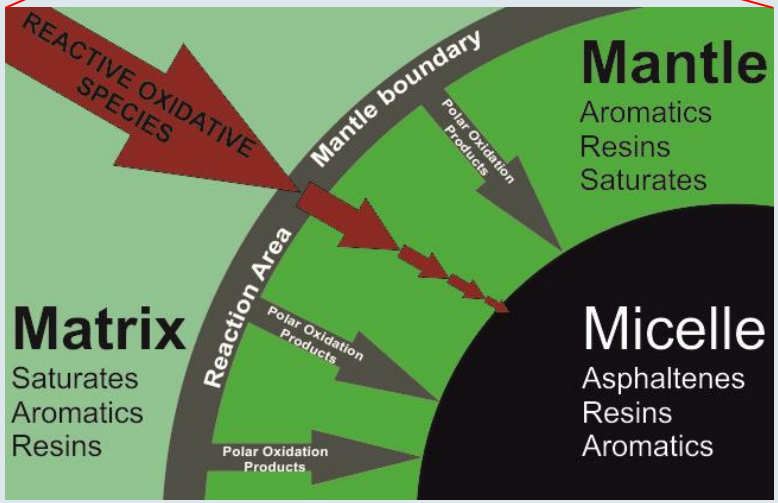
Mantle Phase

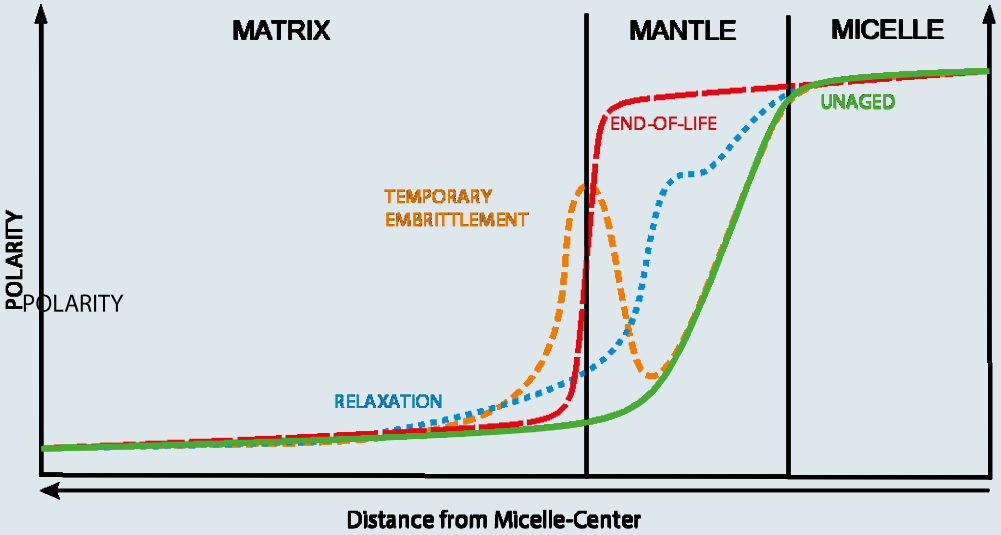
Matrix

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Mechanismen







Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Versprödung von gealtertem Bitumen aufgrund der Verschiebung des Polaritätsgradienten im Material

Stark verbessertes, erweitertes Erklärungsmodell zur Mikrostruktur

Fundiertes Erklärungsmodell für „Healing“-Effekte

Inhalt

Einleitung

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Mikromechanische Modellierung von Bitumen(alterung)

Erkenntnisse zur Feldalterung

Optimierung der Bindemittelrückgewinnung

Alternative Methoden zur Laboralterung

Beurteilung der Alterung und -beständigkeit

Schlussfolgerungen und Ausblick

Erkenntnisse zur Feldalterung

Strecken und Materialien

- SMA 11 deck, AC 32 binder/trag PmB 45-80/65
  B1 Umfahrung Enns Einbau 2005

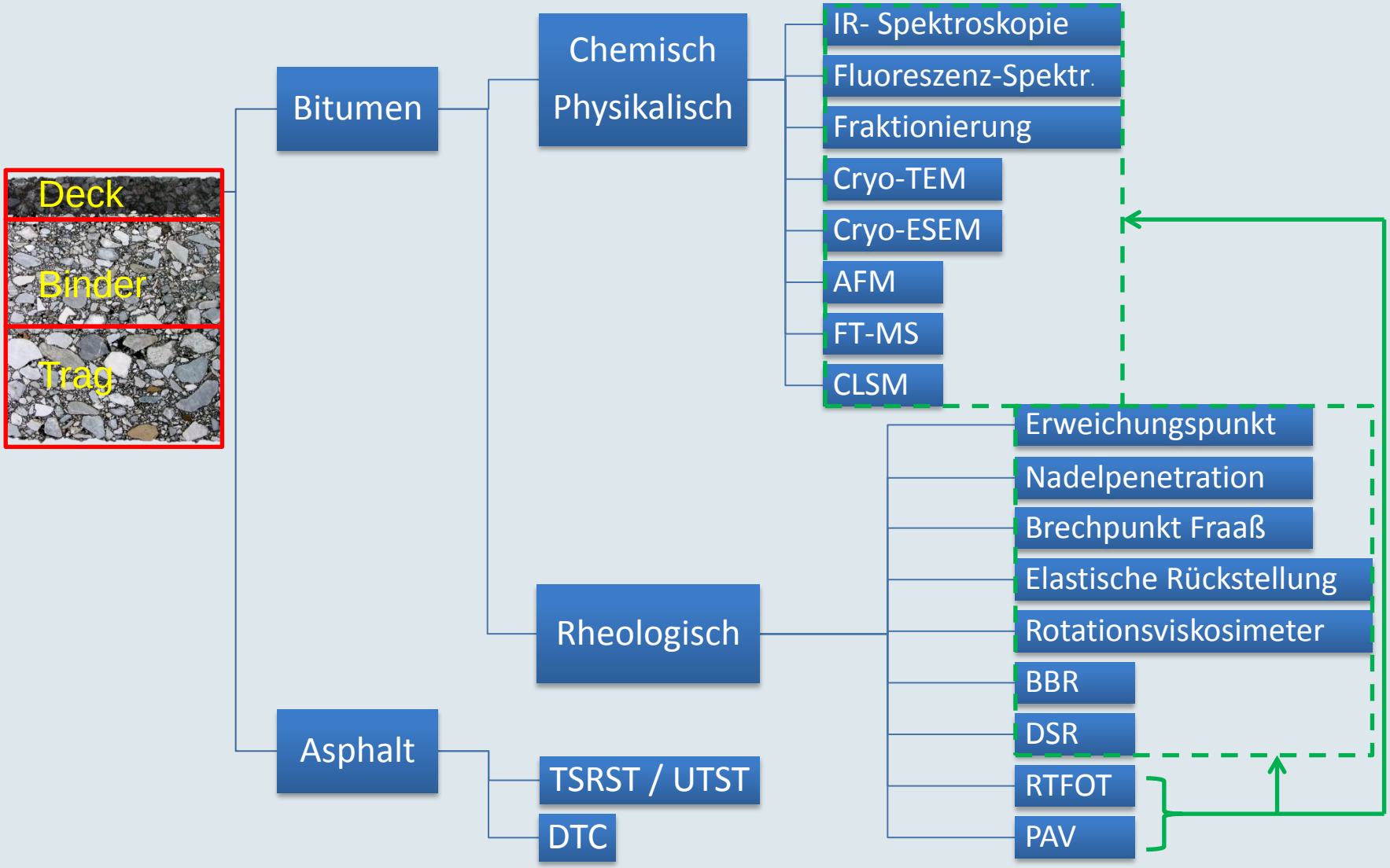
- SMA 11 60-90
  B18 Hainfeld-Gerichtsberg Einbau 1989
- SMA 11 60-90
  A3 Hornstein-Pottendorf Einbau 1994
- AC 16 B70 oder B100
  B223 Flötzersteig Einbau 1990
- AC 11 deck PmB 45/80-65
  A2 Einbau 2010

„End of Life“

- AC 11 deck 70/100 und AC 11 deck PmB 45/80-65
  Probefeld Errichtet 2012

Erkenntnisse zur Feldalterung

Methodik

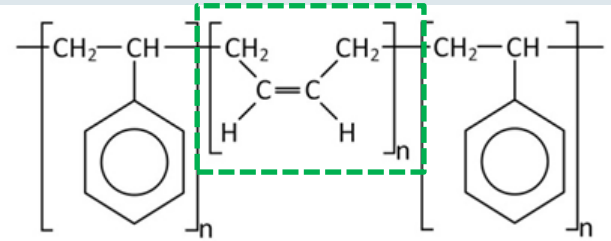


Erkenntnisse zur Feldalterung

Ergebnisse Bitumen

- **Trag- und Binderschicht** weisen nach 7 Jahre Liegedauer etwa den Einbauzustand auf → Recycling!
  Die Langzeitalterung beschränkt sich weitgehend auf die Deckschicht

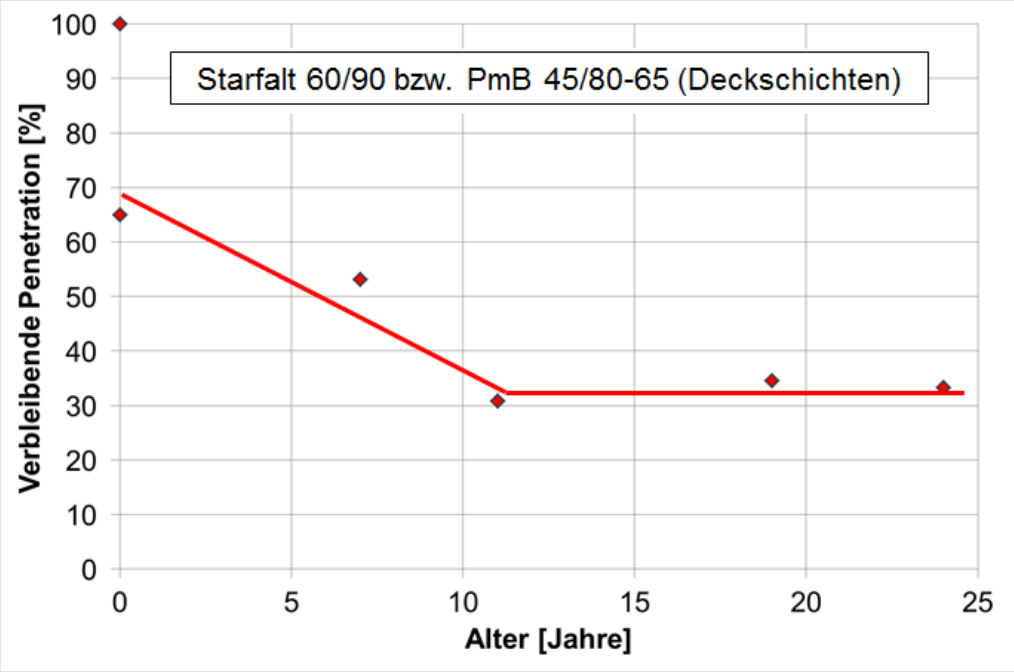
- **Vergleich Alterung im Feld und Labor**
  - Kurzzeitalterung (RTFOT) — Mechanisch ☑ — Chemisch ☑
  - Langzeitalterung (RTFOT+**PAV**) — Mechanisch ☑ — Chemisch ☒ — SBS-Degeneration ☒
  - Butadienbindung ist anfällig gegen UV-Strahlung



Erkenntnisse zur Feldalterung

Ergebnisse Bitumen

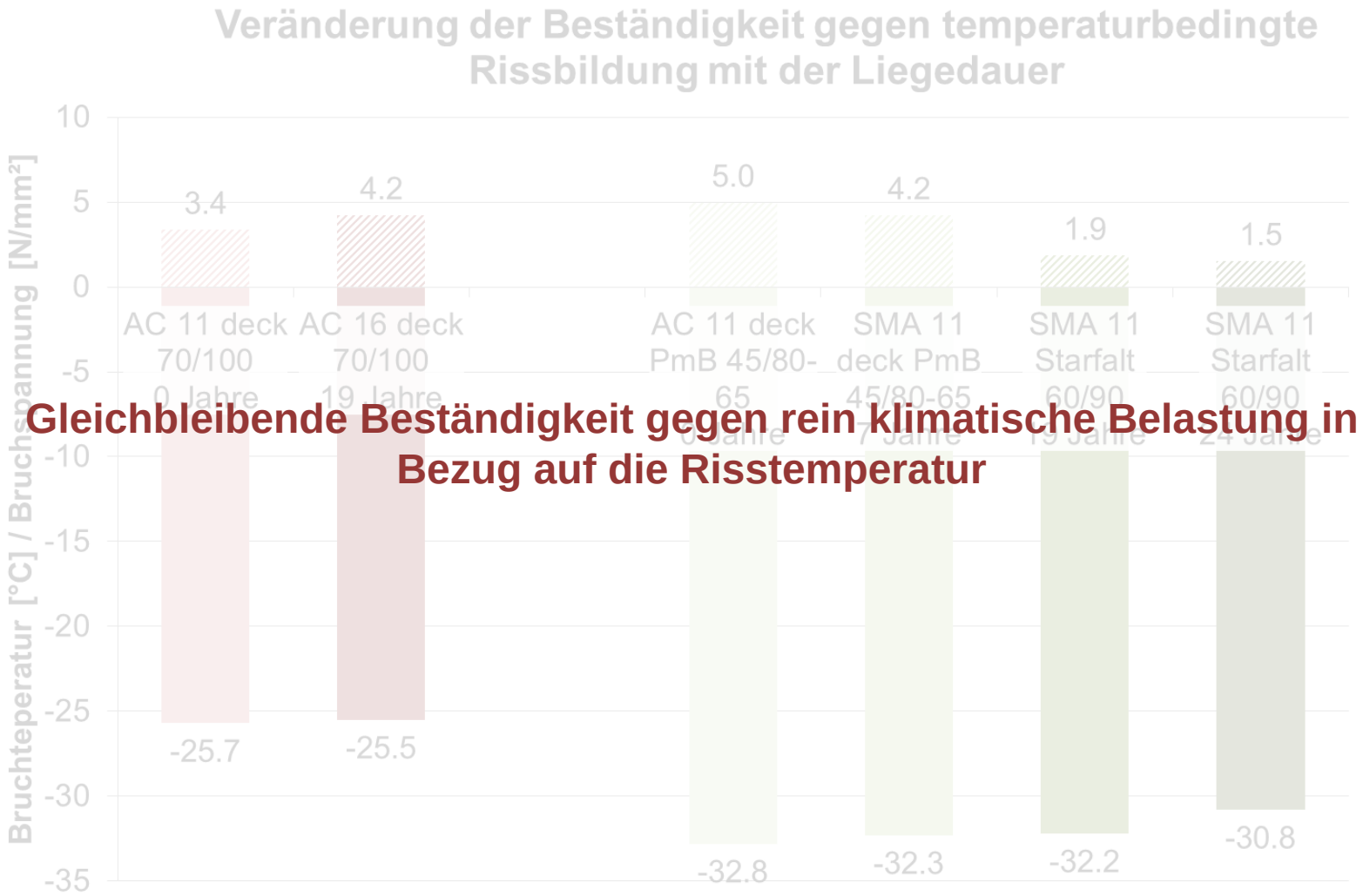
- **Langzeitalterung von Bitumen im Feld bis zum Ende der Gebrauchstauglichkeit [„End of Life“]**



  - Bitumenalterung im Wesentlichen nach 10 Jahren beendet

Erkenntnisse zur Alterung im Feld

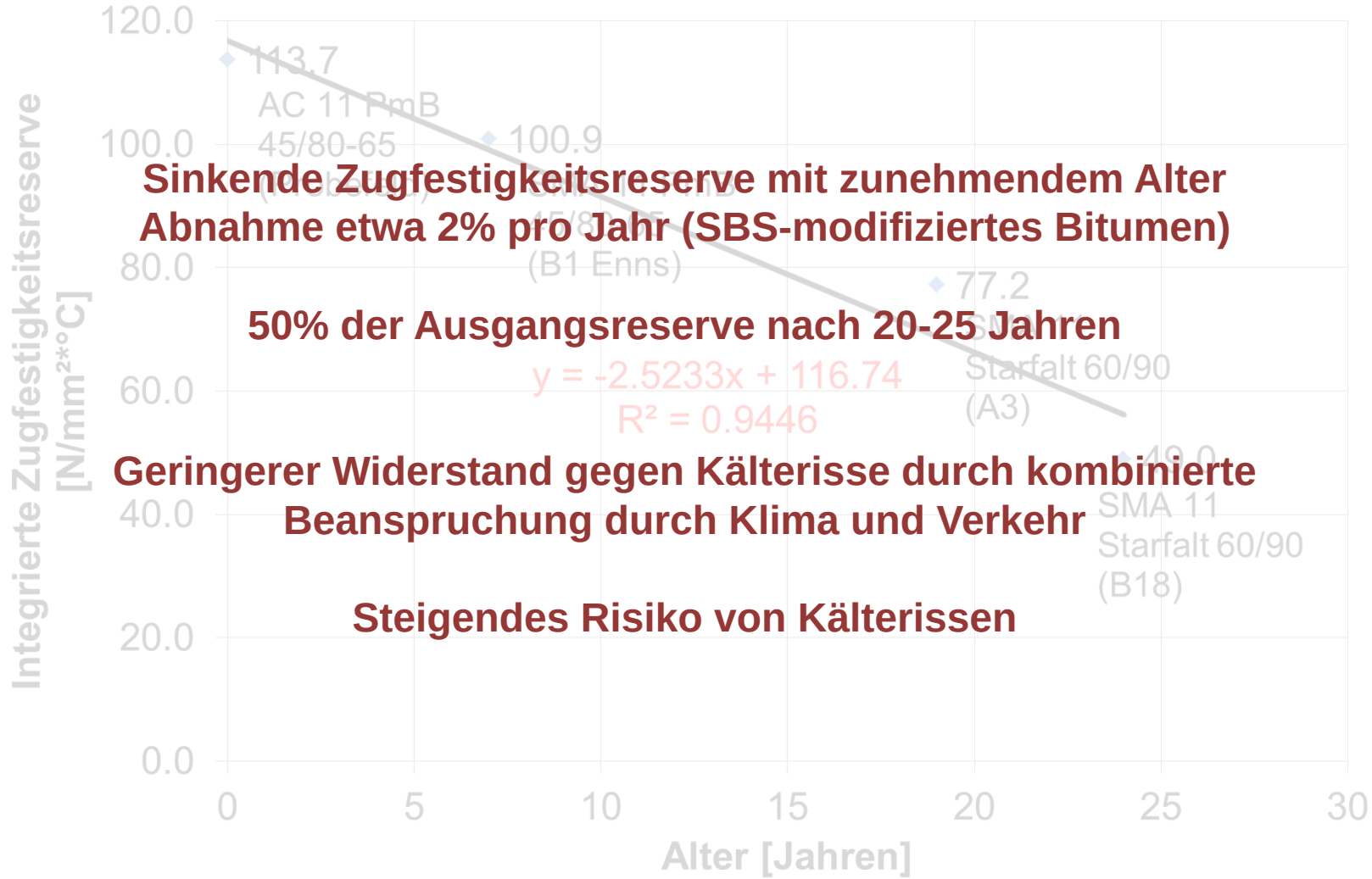
Strukturelle Alterung von Asphalt



Gleichbleibende Beständigkeit gegen rein klimatische Belastung in Bezug auf die Risstemperatur

Erkenntnisse zur Alterung im Feld

Strukturelle Alterung von Asphalt



Sinkende Zugfestigkeitsreserve mit zunehmendem Alter
Abnahme etwa 2% pro Jahr (SBS-modifiziertes Bitumen)

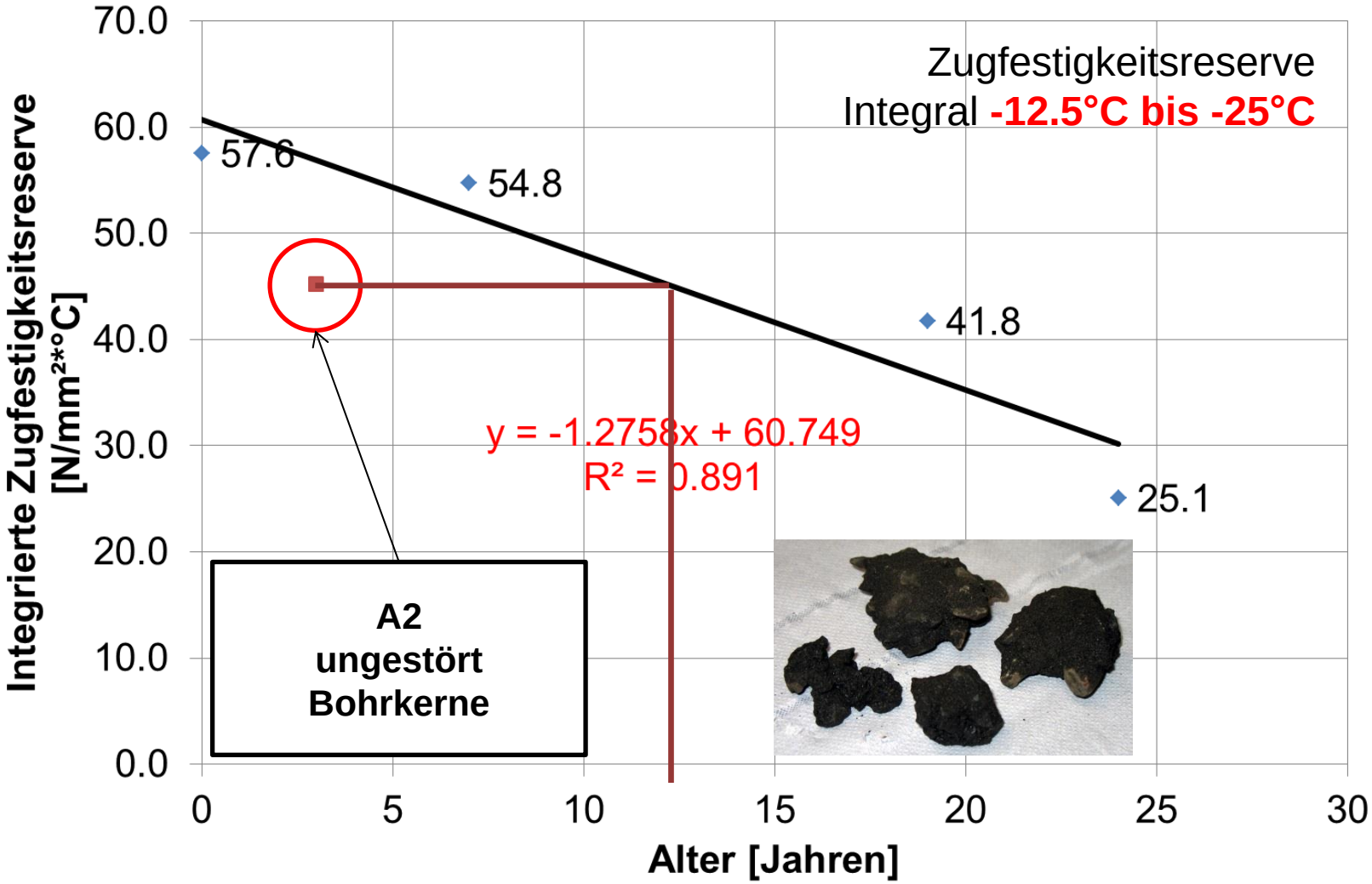
50% der Ausgangsreserve nach 20-25 Jahren

Geringerer Widerstand gegen Kälterisse durch kombinierte Beanspruchung durch Klima und Verkehr

Steigendes Risiko von Kälterissen

Erkenntnisse zur Alterung im Feld

Strukturelle Alterung von Asphalt



Erkenntnisse zur Feldalterung

Feldalterung von Bitumen verbleibt nach 10-12 Jahren auf konstantem Niveau

Strukturelle Alterung von Asphalt schreitet indes kontinuierlich voran

Langzeitalterung im Feld ist im Wesentlichen auf Deckschichten beschränkt

Inhalt

Einleitung

Alterung von Bitumen – mikrophysikalische Erklärung

Mikromechanische Modellierung von Bitumen(alterung)

Erkenntnisse zur Feldalterung

Optimierung der Bindemittelrückgewinnung

Alternative Methoden zur Laboralterung

Beurteilung der Alterung und -beständigkeit

Schlussfolgerungen und Ausblick

Alternative Methoden zur Laboralterung
Asphalt

Wozu eine Alterungsmethode für Asphaltprobekörper?

Mischgutoptimierung:

- Verbesserte Dauerhaftigkeit
- Erhöhtes Recycling
- Vorauswahl innovativer Produkte

wesentliche langzeitliche Veränderungen:

- Ermüdungsverhalten
- Tieftemperaturverhalten

Alternative Methoden zur Laboralterung

Asphalt

Vorhandene Laboralterungsmethoden:

PROBLEME:

- an losem Mischgut
- Hohe Temperaturen
- Hohe Drücke

ZIEL:

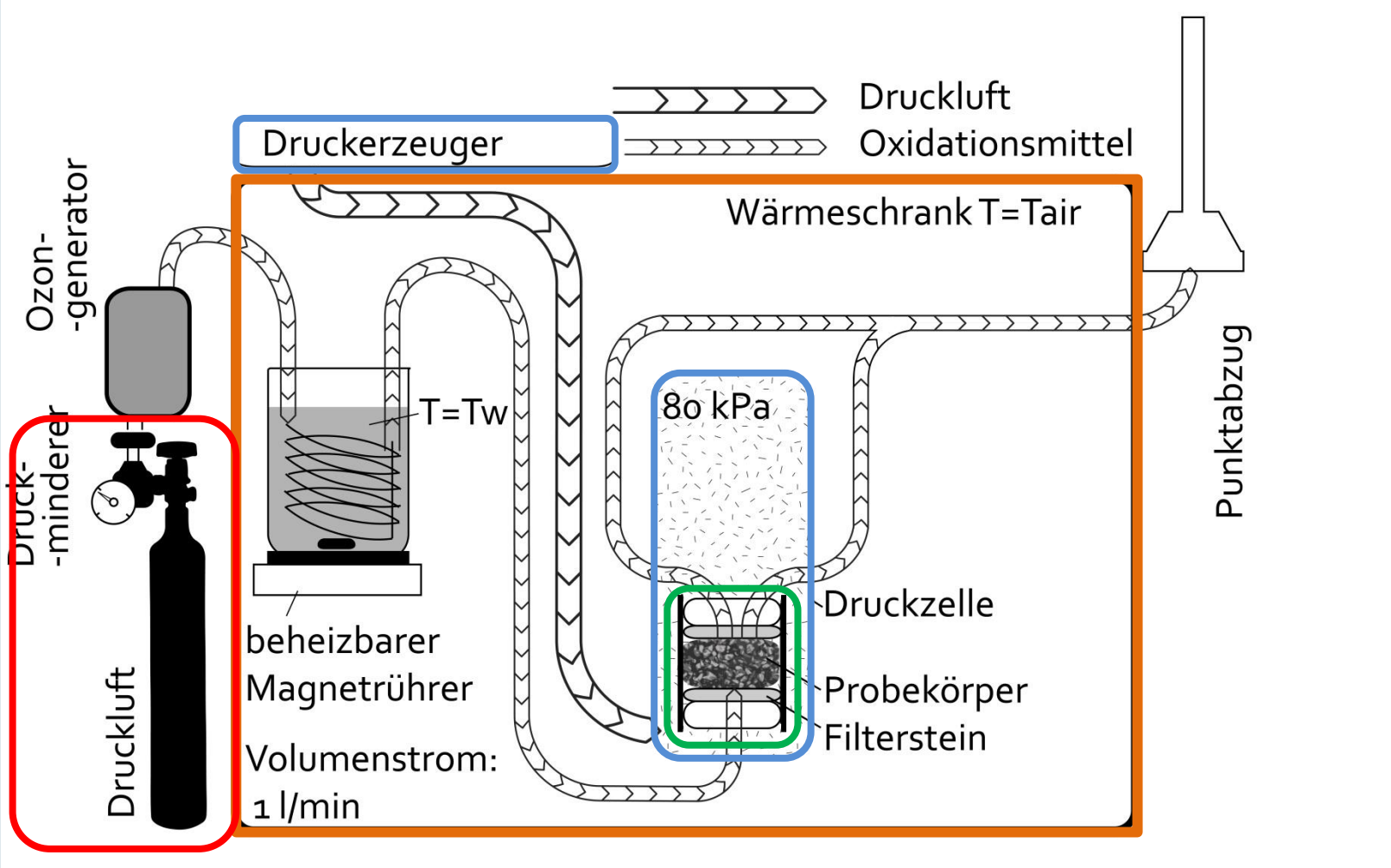
- Verdichtete Probekörper
- Senkung der Temperatur
- Senkung des Drucks
- Maximierung der oxidativen Reaktionen

Alterungsmethode	Temp.	Dauer	Probeart	DIN EN	Veröffentlichung	Jahr	Alterung durch
	[°C]	[h]					
Short-Term Oven Ageing (STOA)	135	8-36	loses Material	-	NCHRP	1988	-
Long-Term Oven Ageing (LTOA)	85	120	verdichtete PK	-	NCHRP	1988	-
Low-Pressure Oxidation (LPA)	60 , 85	120	verdichtete PK	-	SHRP	1989	Sauerstoff (1,9 l/min)
Rotating Cylinder Aging Test (RCAT)	70 - 100	144	Asphaltmastix	15323	Verhasselt & Choquet	1991	Sauerstoff (4,5 l/h)
Long-Term Ageing	60	48	verdichtete PK	-	NCHRP	1988	
	60	120 - 240	verdichtete PK	-	NCHRP	1988	Druck (0,7 MPa) Luft
	107	72	verdichtete PK	-	NCHRP	1988	
Bitutest-Protocol	135	2	loses Material	-	Scholz (PhD-Thesis) Nottingham	1995	-
	85	120	verdichtete PK	-	Scholz (PhD-Thesis) Nottingham	1995	-
Ottawa Sand Mixtures	163	variiert	verdichtete PK	-	AAPT	1952	-
	60	1200	verdichtete PK	-	AAPT	1982	-
Plancher et al.	150	5	verdichtete PK	-	AAPT	1976	-
Hugo & Kennedy	100	96, 168	-	-	AAPT	1985	80 % relative Luftfeuchtigkeit
Khalid & Walsh	60	bis 600	verdichtete PK	-	EE Congr.	2000	Luft (3 l/min)
Kumar & Goetz	60	24-240	verdichtete PK	-	AAPT	1977	Luft Wasser
Kim et al.	60	24-120	verdichtete PK	-	Oregon	1886	Druck (0,7 Mpa) Luft
Pressure Ageing Vessel	100	72	verdichtete PK	14769	EE Congr.	1996	Druck (2,07 Mpa) Luft
Saturation Ageing tensile stiffness conditioning Test (SATS)	85	65	verdichtete PK	12697-45	Transport 157	2004	Wasser Druck
Modelltopf nach Potschka	140	1	loses Material	-	FA 07.121 G85 E		Luft 20%Sauerstoff 80%Stickstoff
Braunschweiger Alterung (BSA)	80	96	loses Material	-	FE 07.208/2004/BGB 2007	2007	Luft
Warmboldscher Alterungstisch	40	720 - 1440	verdichtete PK	-	Diss. Warmbold	1996	Luft UV Licht
Alterung im Wärmeschrank	135-	4-24	loses Material		Bitumen 2/1999	1999	Luft
UV (ECPC) long term	60	336	loses Material	-	journal of wuhan university	2010	UV Licht
Rilem (ISBS - Braunschweig)	85	24, 72, 144 ,216	loses Material	-	journal of wuhan university	2010	-
Pr.1-van de ven - circular Steelplate - STA	165	2	Asphaltmastix	-	van de Ven et al: EE congress	2012	-
Pr.1-van de ven - LTA - PAV	80	168	Asphaltmastix	-	van de Ven et al: EE congress	2012	Druck (21 bar)
Pr.1-van de ven - for removal from plate	150	0,5	Asphaltmastix	-	van de Ven et al: EE congress	2012	-
Pr.2-van de ven - STA - oven	135	4	loses Material	-	van de Ven et al: EE congress	2012	-
Pr.2-van de ven - protocol 2 - heated up and compacted	155		loses Material	-	van de Ven et al: EE congress	2012	mechanische Bel.
Pr.2-van de ven - LTA - PAV	70+80	72+96	verdichtete PK	-	van de Ven et al: EE congress	2012	Druck (21 bar)
AASHTO R302 (nchrp) - STA	135	4	loses Material	-	RILEM Advances in […]Testing […]of Bituminous Materials	2013	-
c - long-term aging	85	120	verdichtete PK	-	RILEM Advances in […]Testing […]of Bituminous Materials	2013	-
Braunschweiger Alterung (BSA)	80	96	loses Material	-	Büchler et al: EE congress	2008	Luft

→ Realitätsnahe Randbedingung

Alternative Methoden zur Laboralterung

Wiener Alterungsverfahren



Alternative Methoden zur Laboralterung

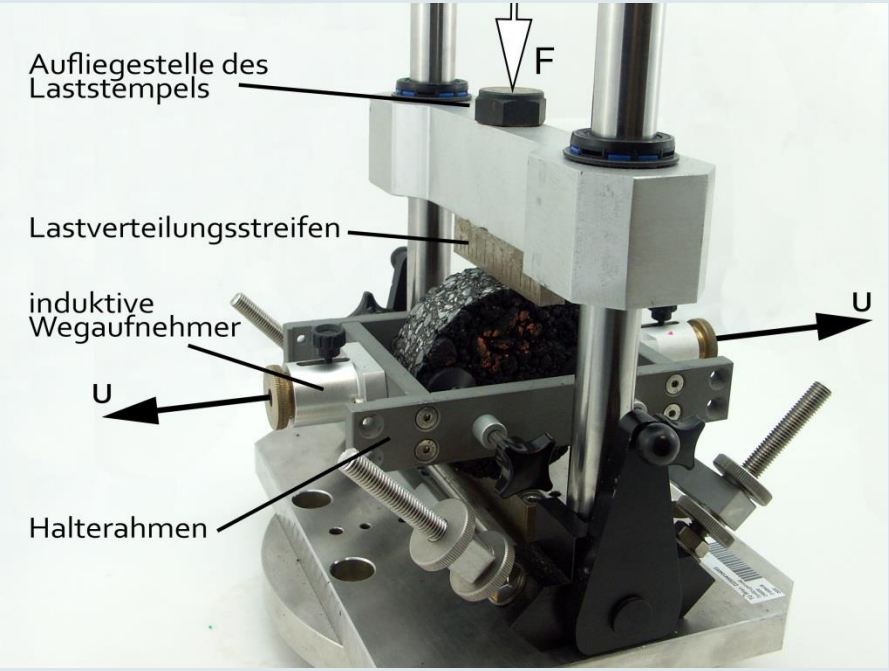
Wiener Alterungsverfahren

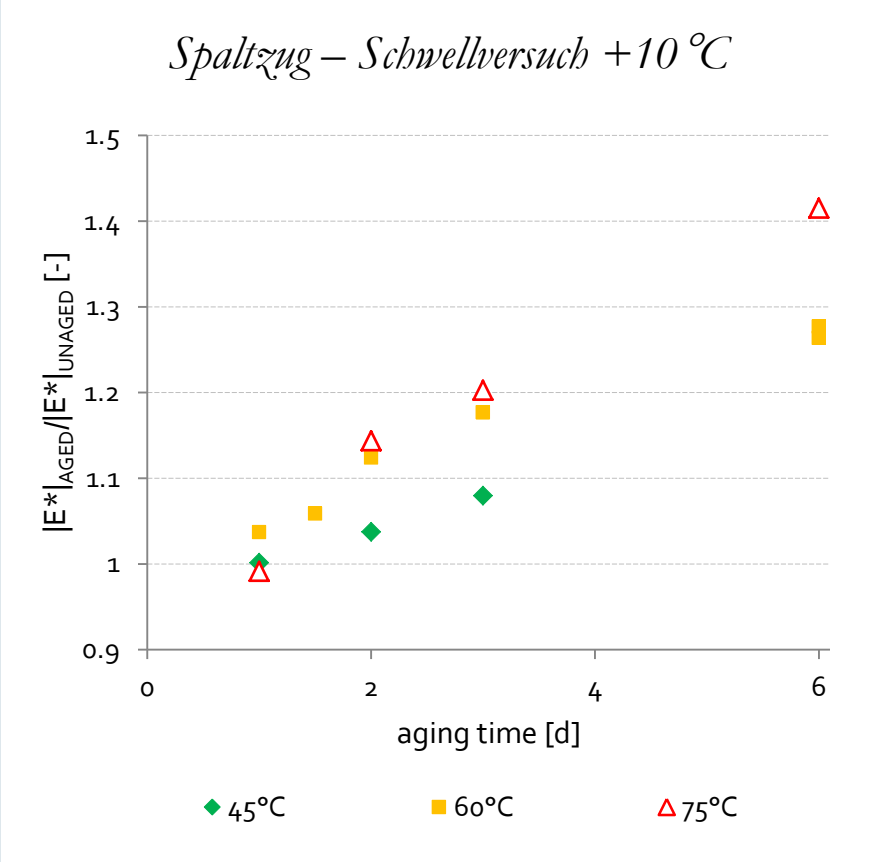
Alternative Methoden zur Laboralterung

Asphalt - PRÜFMETHODEN

Spaltzug-Schwellversuch (IT-CY)

- Prüfung vor und nach Alterung





Alternative Methoden zur Laboralterung

Realitätsnahe Methode zur Langzeitalterung von Asphaltmischgut im Labor entwickelt

Durch Einsatz von ozonangereichertem Gas, kann die Temperatur für die Alterungssimulation auf realistische Werte gesenkt werden

Asphaltproben können innerhalb von 4 Tagen in den Alterungszustand einer Deckschicht nach 10-12 Jahren Liegedauer gebracht werden

Inhalt

Einleitung

Neue Erkenntnisse zur Alterung im Feld

Erklärungsmodell zur Alterung von Bitumen

Modellierung von Bitumen(alterung) auf mikromechanischer Ebene

Alternative Methoden zur Laboralterung von Bitumen und Asphalt

Beurteilung der Alterung und -beständigkeit von Bitumen

Optimierung der Bindemittelrückgewinnung

Zusammenfassung

Schlussfolgerungen

- Wesentliche Beiträge und erstmals publizierte Erkenntnisse im Rahmen umfassender **Grundlagenforschung**
  - Fundierte **Modelle** zur Beschreibung, Erklärung und Prognose von Bitumenalterung
  - Umfangreiche Untersuchungen und Erkenntnisse zur **Feldalterung** von Bitumen und Asphalt über lange Zeitreihen

- Brückenschlag zur Übertragung der Erkenntnisse aus Grundlagenforschung in die **angewandte Forschung und Praxis**
  - Sicherheit bei der **Rückgewinnung** von PmB aus Asphalt
  - Effiziente Methode zur **Laboralterung** von Asphaltmischgut
  - „Quick & dirty“ Feld-Methode zur **Analyse des Alterungszustands** und der Alterungsbeständigkeit von Bitumen

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!