

Temperaturabsenkung mittels chemisch-reaktiver Direktmodifizierung - Tipps für die Praxis



Waldemar Schatz
BASF Polyurethanes GmbH

Inhalt

1. Einleitung
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
3. Die Direktmodifizierung
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
5. Technischer Hinweis für Labore
6. Zusammenfassung

Inhalt

- 1. Einleitung**
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
3. Die Direktmodifizierung
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
5. Technischer Hinweis für Labore
6. Zusammenfassung

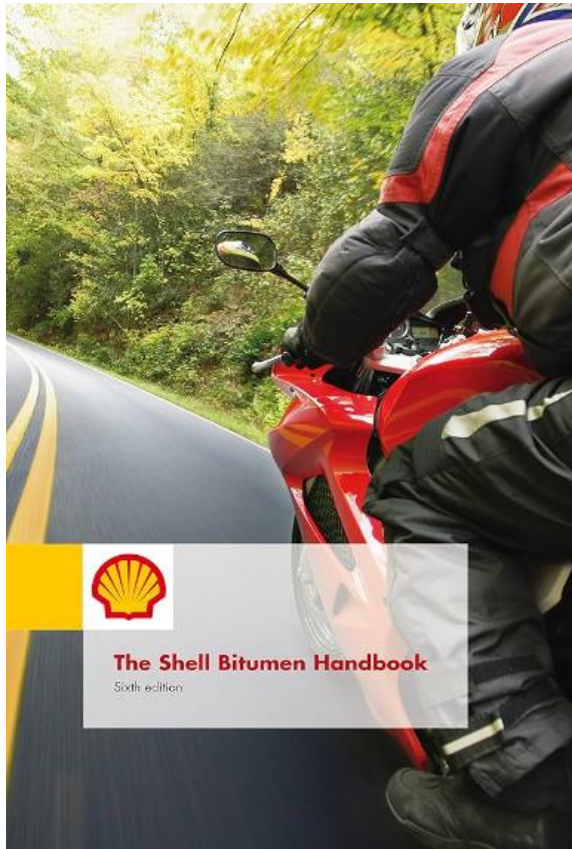
Modifizierung mittels Reaktiv Chemie

Begriffsdefinition: Chemisch reaktive Additive laut ChatGPT

- Stoffe, die in kleinen Mengen zu einem Produkt hinzugefügt werden, um dessen Eigenschaften zu verbessern oder zu verändern
- Substanzen werden als chemisch reaktiv bezeichnet, wenn sie die Fähigkeit besitzen, mit anderen Substanzen zu reagieren und chemische Veränderungen einzugehen
- Reaktivität eines Stoffes hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel der Konzentration, Temperatur der Reaktionspartner oder Einsatz von Katalysatoren
- Es ist wichtig zu beachten, dass Additive Verarbeitungsbedingungen erfordern, um ihre Wirkung voll zu entfalten

Chemie ist eine Naturwissenschaft, die sich mit der Zusammensetzung, Struktur, Eigenschaften und Veränderungen von Stoffen befasst

Modifizierung mittels Reaktiv Chemie



Polymer modified bitumens and other modified binders

8.2.5 The modification of bitumen by reactive chemistry

In addition to physical blends of bitumens and polymers, another way to improve the binder properties is through chemical modification: reactive ethylene terpolymers, comprising ethylene, ester groups of methyl, ethyl or butyl acrylate and glycidyl methacrylate groups (also known as reactive epoxy functions), can chemically react with bitumen species (carboxylic groups present in asphaltenes) and can be used to enhance asphalt performance and increase the compatibility between the polymer backbone and the bitumen, keeping the product stable during storage and transportation (Dupont, 2014; Kanabar, 2010; Keyf *et al.*, 2007). There are many other

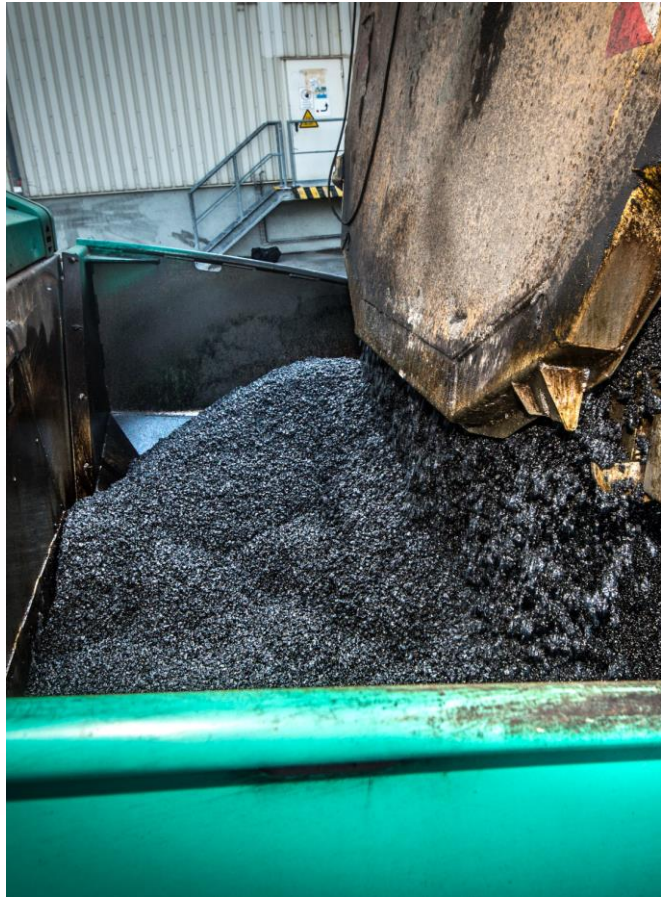
reactive polymeric materials described in the literature or in patent publications that can be used to enhance the properties of bitumen, examples being grafted maleic anhydride styrene block copolymers, polymers with high vinyl content, and hydroxyl, carboxylic or silane-grafted polyolefins (Chaverot *et al.*, 2012; Cong *et al.*, 2011; Crews and Kalinowski, 1954). As this involves various chemical reactions between the reactive functions of the polymer and bitumen species, in certain instances some catalysts such as phosphoric acid (PA) can be used. However, in such circumstances, processing conditions (mixing time, temperature, polymer content) should be carefully defined to avoid uncontrolled kinetic reactions and gelling of the reacted product. In the case of reactive ethylene terpolymers, PA can be used to catalyse the reactivity of glycidyl methacrylate (epoxy) groups with bitumens that have carboxylic reactive functions.

Polymer modifizierte Bitumen und andere modifizierte Bindemittel

Neben den herkömmlichen physikalischen Mischungen von Polymeren und Bitumen werden verschieden chemische Reaktiv-modifikatoren erwähnt und beschrieben.

Der Einsatz reaktiver Chemikalien wurde in wissenschaftlichen Veröffentlichungen bereits beschrieben

Was sind chemische Reaktiv-Modifikatoren?



Reaktiv Ethylen-Terpolymere

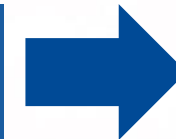
Hydroxylcarbonsäure- oder Silan- gepropftes Polyolefin

Wasserfreie Poly-Phosphor Säure

Gepfropfte Maleinsäureanhydrid-Styrolblock-Copolymere mit hohem Vinyl-Gehalt

Reaktive Epoxy

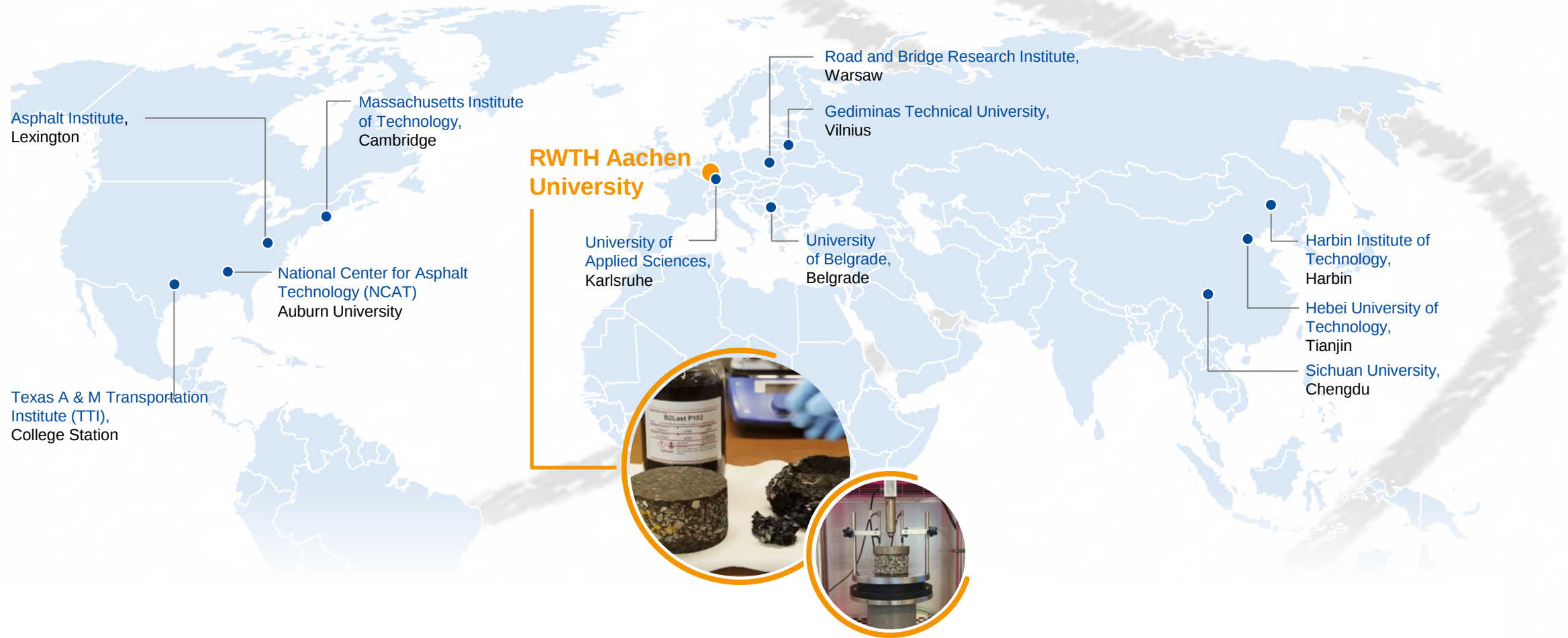
Isocyanate



B2Last®

Reaktiv-Modifikatoren gehen eine chemische Verbindung ein und beeinflussen die rheologischen Eigenschaften von Bitumen

Die Rolle eines globalen externen Partnernetzwerks bei der Verknüpfung von Chemie und Straßenleistung



BASF ist das erste Unternehmen, das ein geeignetes reaktives Isocyanat-Polymer auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse auf den Markt gebracht hat

Was ist die chemische Natur von B2Last®?

- Niedrigviskose (~ 250 mPas bei 25°C) Flüssigkeit
- B2Last® basiert auf der Isocyanat-Chemie
- Die Isocyanat-Chemie ist fester Bestandteil der Polyurethanindustrie



B2Last® ist ein sicher zu handhabendes, flüssig reaktives Produkt mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten

Polyurethan-Chemie und ihr breites Anwendungsspektrum



Integralschaum
für Lenkrad in der
Automobilindustrie



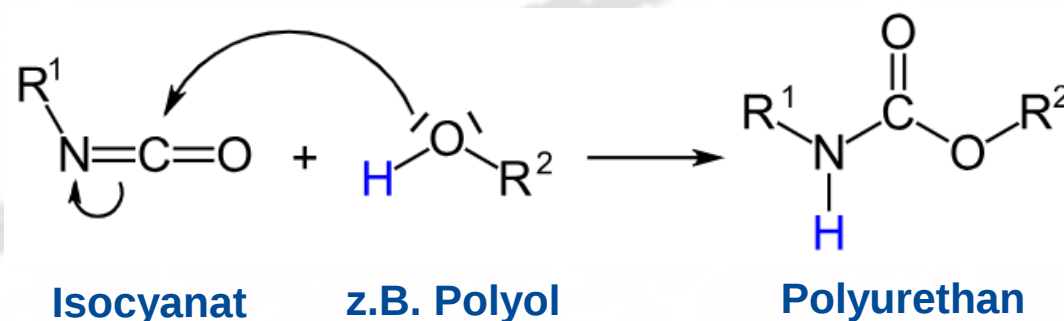
Weichschaum
für Möbel oder Matratzen



Hartschaum
für Dosenschaum oder
Isolationsanwendungen

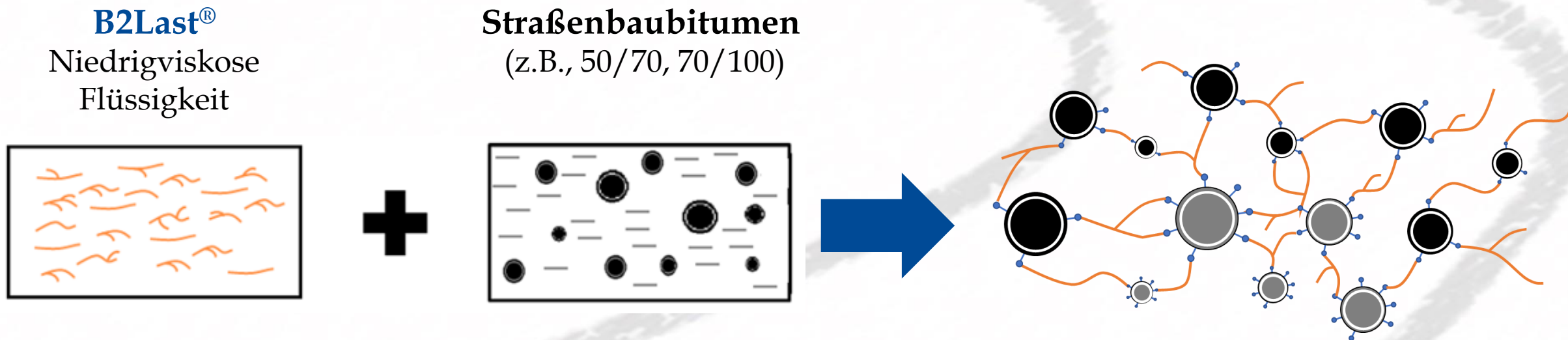


Bindemittel
für openporige Beläge



Eine bekannte Chemie etabliert sich in einer neuen Anwendung

Wie funktioniert B2Last®?



B2Last® wird Teil des Netzwerks und wird während der Vernetzungsreaktion vollständig eingebaut

Inhalt

1. Einleitung
- 2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren**
3. Die Direktmodifizierung
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
5. Technischer Hinweis für Labore
6. Zusammenfassung

Wie wirkt B2Last®?

Beispiele		160/220		50/70	
		Original	+ 2,0% B2Last®	Original	+ 2,0% B2Last®
Erweichungspunkt (R&K)	T [°C]	41	50	50	63
Aqui. Steifigkeits-temperatur und Phasenwinkel (G* = 15kPa)	T [°C]	41	48	50	63
	δ [°]	83	74	81	73
BBR (nach PAV)	T [°C]	-32	-31	-22	-21
Temperatur Differenz [Delta aus BTSV + BBR]	T [°C]	73	79	72	84

■ Die Hochtemperaturwiderstandsfähigkeit verbessert sich.

■ Das Tieftemperaturverhalten des Basisbitumens wird kaum beeinträchtigt.



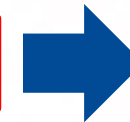
■ Die chemisch reaktiven Modifikatoren erreichen keine elastische Rückstellung, wie sie bei den Elastomer Modifikatoren bekannt sind.

Die Plastizitätsspanne des Bitumens wird durch B2Last erweitert

Haftungsversuche mittels Rolling Bottle Test

Haftverhalten zwischen Gestein und Bitumen nach 24h Belastung (TPAsphalt-StBTeil 11)

Mineral	Grundbitumen	+ 2% B2Last
Basalt	25 %	55 %
Grauwacke	30 %	65 %
Diabas	50 %	65 %
Andesit	40 %	60 %
Granit	10 %	45 %
Quarzit	10 %	50 %
Gabbro	50 %	80 %



Beispiel: Quarzit



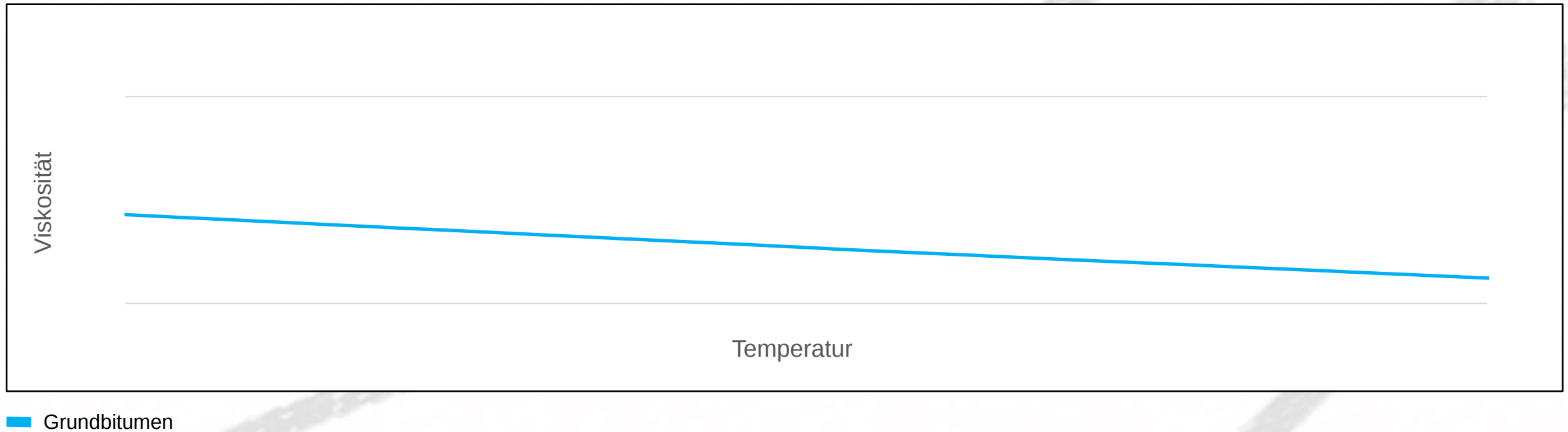
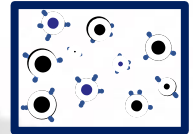
ohne B2Last

mit B2Last

Das Haftverhalten wird aufgrund von chemischen Reaktionen und von Oberflächenaktivitäten verbessert

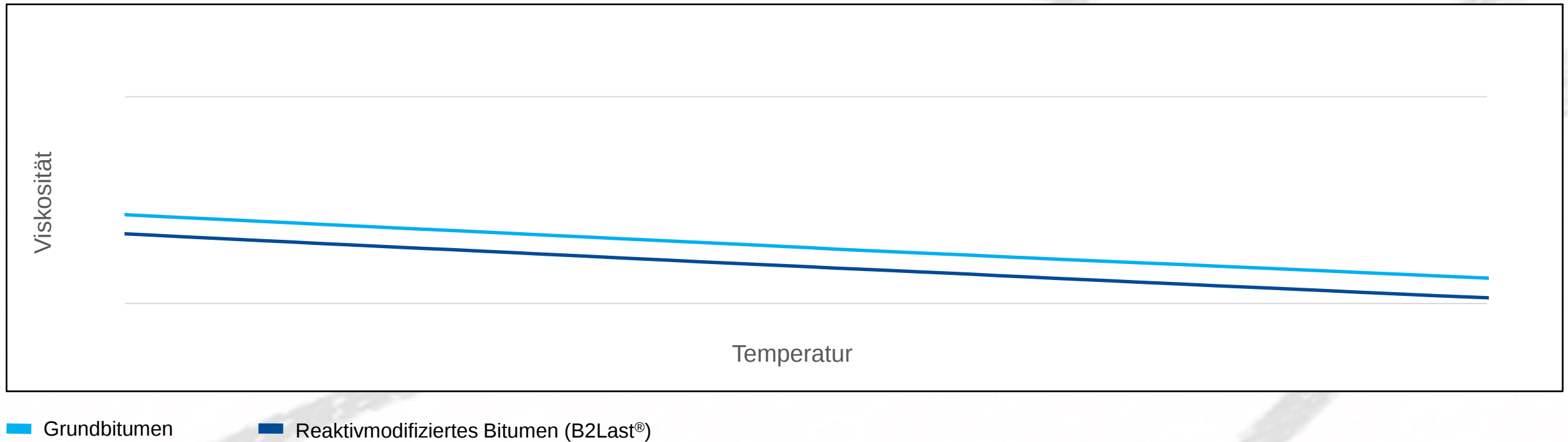
Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verdichtung

1. Viskosität des Straßenbaubitumens



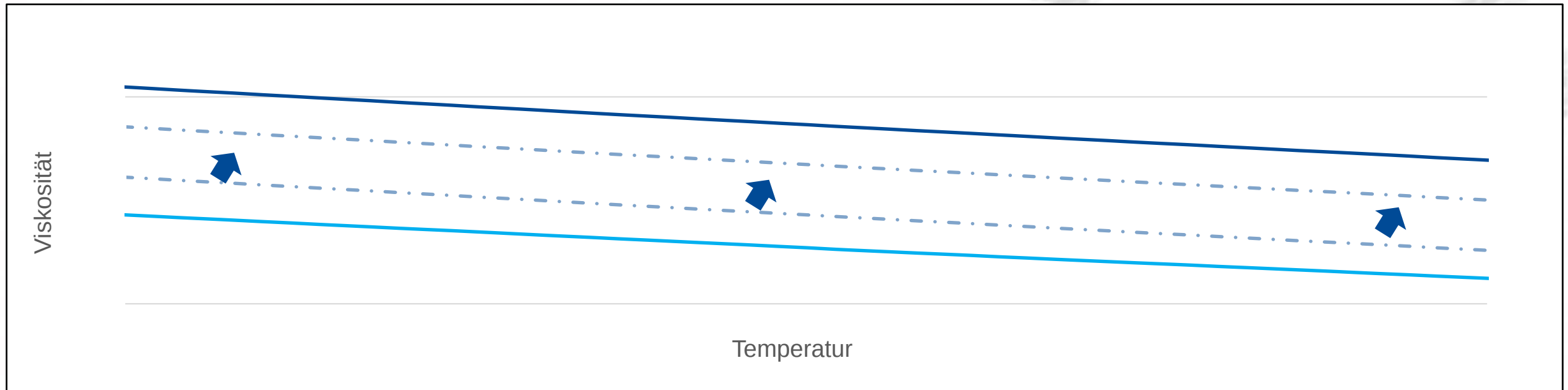
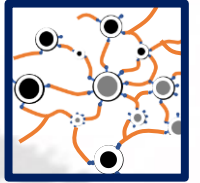
Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verdichtung

2. Zugabe von B2Last > Reaktionsbeginn



Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verdichtung

3. Zwischenstadien bis Reaktionsende

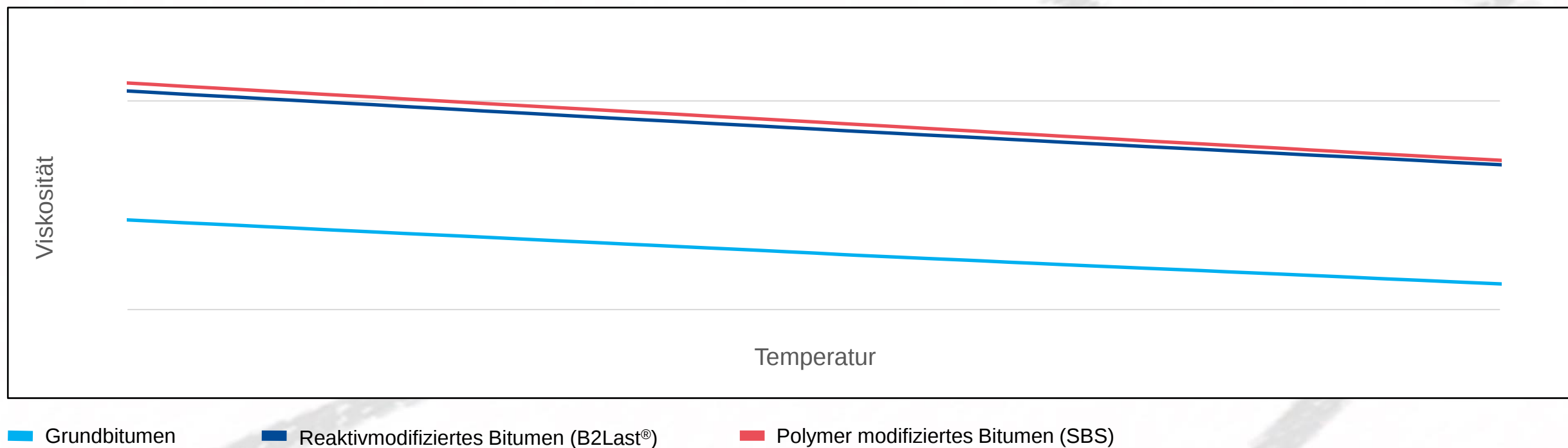


Grundbitumen

Reaktivmodifiziertes Bitumen (B2Last®)

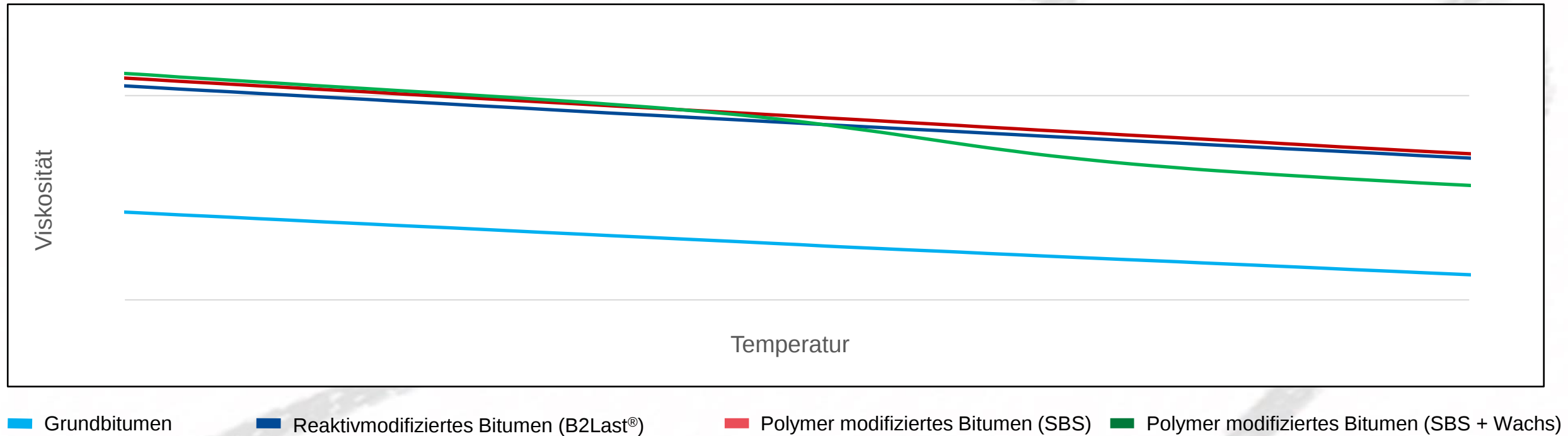
Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verdichtung

4. Vergleich zu einem Polymer modifizierten Bitumen



Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verdichtung

5. Vergleich zu einem Polymer modifizierten Bitumen + Wachs



Endergebnis am Beispiel einer Tragschicht



Ohne B2Last

Mit B2Last

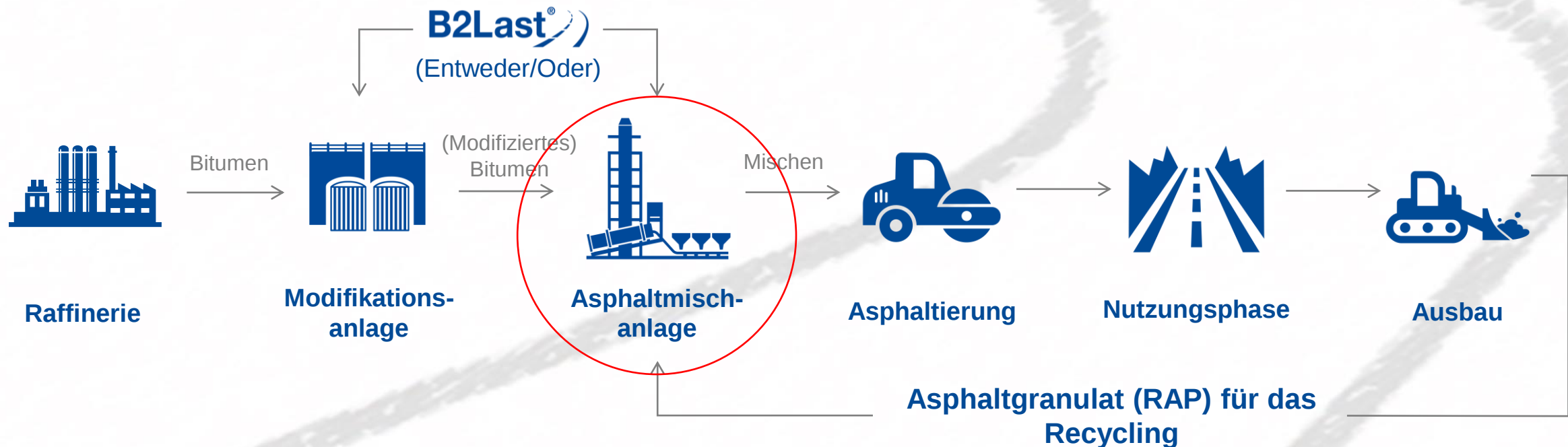
Das Zusammenspiel von Oberflächenaktivität mit geringeren Viskositäten während der Verdichtung ermöglicht die Temperaturabsenkung.

AC 32 TN

Inhalt

1. Einleitung
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
- 3. Die Direktmodifizierung**
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
5. Technischer Hinweis für Labore
6. Zusammenfassung

Wo und wie wird B2Last[®] eingesetzt?

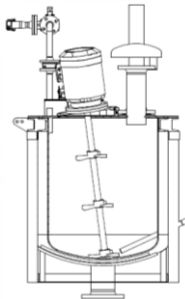


Die Haftverbesserung und Temperaturabsenkung ist nur möglich, wenn der Einsatz an der Asphaltmischanlage erfolgt

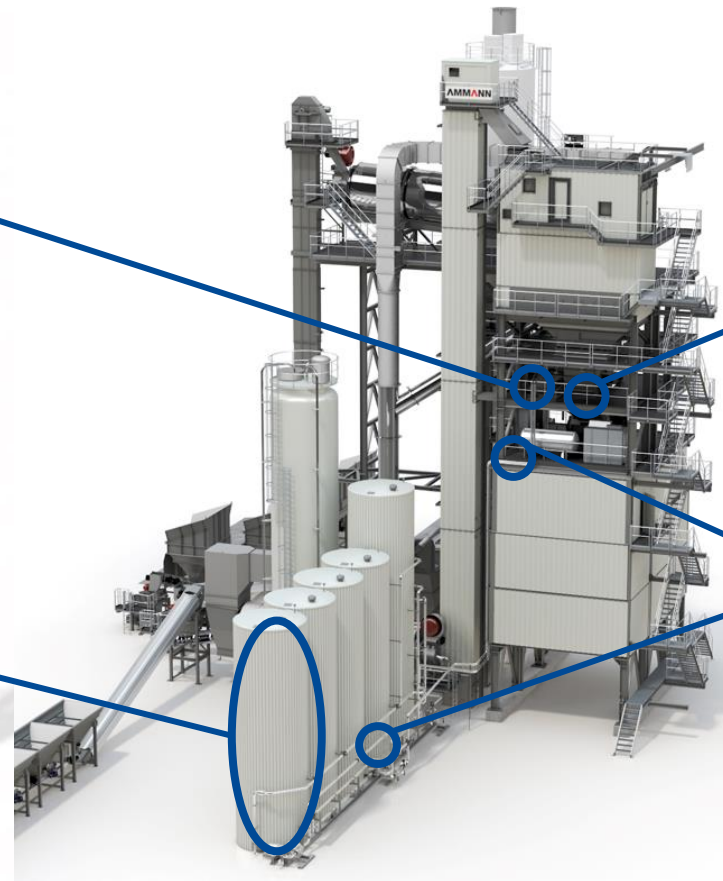
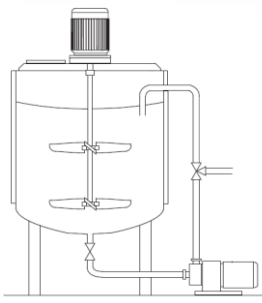
Wo und wie wird B2Last® eingesetzt?



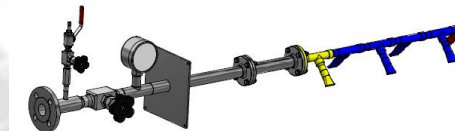
Bitumen-Waage mit Rührwerk



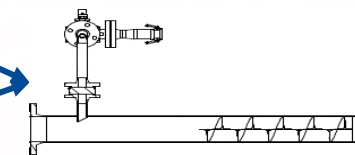
Einspeisung in den Lagertanks mit Mischer und Umwälzung



Quelle: Ammann



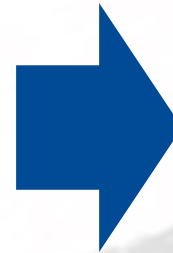
Zugabe in den Mischer



Inline-Zugabe: Entweder im Zulauf zur Bitumenwaage oder zwischen zwei Lagertanks

Das Wichtigste für gute Ergebnisse ist es, vollständige Homogenität zwischen Additiv und Bitumen zu erreichen

Einsatz von B2Last am Mischwerk



Die mobile Dosiereinheit der BASF unterstützt bei Versuchen am Mischwerk

- Lagerung, Förderung und Prozesssteuerung wird durch die Mobile Dosiereinheit abgedeckt.
- Zugang / Einspeisestelle muss werkseitig ermöglicht werden

Durch den Einsatz der mobilen Dosiereinheit kann das Additiv mit geringem Aufwand getestet werden

Beispiele von Erprobungsstrecken mit B2Last®

● Deutschland

● Weltweit

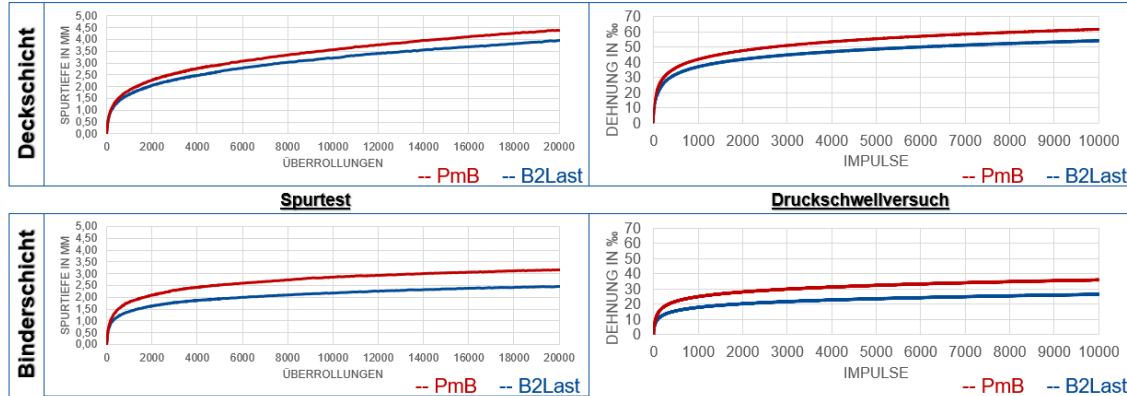


Bis heute sind ca. 1.000.000 t Asphalt mit B2Last weltweit produziert und eingebaut

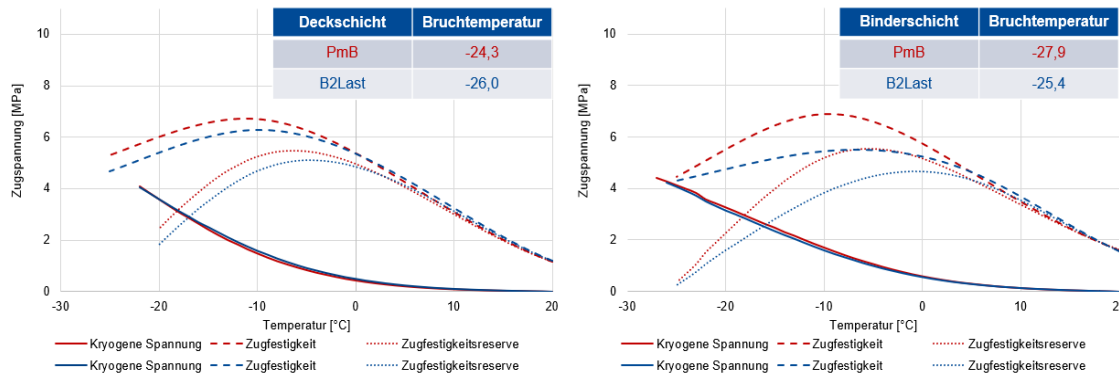
Asphaltergebnisse (08/2020) – B270 Waldfishbach

Ca. 4000 t Temperatur abgesenktes Mischgut mit RC > Bohrkernproben mit Verdichtungsgraden oberhalb von 99%

Verformungsstabilität - Spurtest & Druckschwellversuche (WSV-Platten)



Abkühlversuche



Turnusmäßige Überprüfung der Erprobungsstrecke auf Ebenheit mittels Profilografen und Planografen durch:

Institut für Baustoff-, Boden- und Umweltprüfungen

Nach RAP Strä anerkannte Prüfstelle - Mitglied im **bup** - PR 20402
55411 Bingen/Rhein · Stromberger Str. 43 · Tel. (0 67 21) 94 25 0 · Telefax 94 25 99
E-Mail: info@baucontrol-bingen.de · Internet: www.baucontrol-bingen.de



Ergebnis November 2023:

Keine offensichtlichen Veränderungen, die auf die Anwendung unterschiedlicher Bindemittel zurückgeführt werden.

Besonderer Dank an:



Die Erprobungsstrecke performt bis heute auf gleichem Niveau wie die Referenzstrecke

Inhalt

1. Einleitung
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
3. Die Direktmodifizierung
- 4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien**
5. Technischer Hinweis für Labore
6. Zusammenfassung

Arbeitssicherheit: Fachgerechter Umgang mit Chemikalien



Produktsicherheit



Gefahr

- Behälter steht unter Druck: Kann bei Erwärmung bersten.
- Enthält Isocyanate. Kann allergische Reaktionen hervorrufen
- Extrem entzündbares Aerosol.
- Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
- Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.
- Kann die Atemwege reizen.
- Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition
- Kann vermutlich Krebs erzeugen.
- Verursacht Hautreizungen.
- Verursacht schwere Augenreizung.

Im privaten und beruflichen Umfeld finden sich sehr viele Produkte, die unterschiedlich als Gefahrstoffe deklariert sind.

Beispiele:

- Haushaltreiniger
- Farben und Lacke
- Lösungsmittel
- Klebstoffe
- Pflanzenschutzmittel

Es ist wichtig, diese Produkte sicher und richtig zu verwenden und zu lagern, indem die Anweisungen / Empfehlungen vom Hersteller befolgt werden. Gegebenenfalls muss die richtige Schutzausrüstung verwendet werden.

Expositionsüberprüfung von Diisocyanate an Asphaltmischanlagen und Baustellen

- In einer Tonne Mischgut können bis zu 2,5 kg B2Last enthalten sein, abhängig von Rezept und Anforderungsprofil.
- B2Last besteht **hauptsächlich** aus einem polymeren flüssigen Teil und enthält einige Diisocyanate, die überprüft werden müssen.
- Die Emissionen dieser Diisocyanate werden gemäß einer Kartuschen-Methode nach IFA 7670 überprüft. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für diese Stoffe beträgt 0,05 mg/m³ bzw. 5 ppb.
- Im Rahmen von Versuchen wurden spezifische Expositionsmessungen an Asphaltmischanlagen und Baustellen durchgeführt.
- Überprüfung auf Expositionen von Diisocyanaten durch externen Dienstleister: Stationäre und personenbezogene Messungen sowie Worst-Case-Szenarien

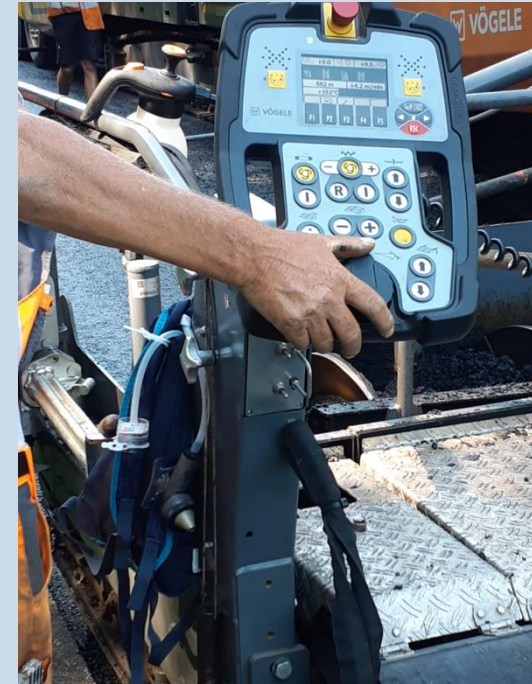
Expositionsüberprüfung von Diisocyanaten an Asphaltmischanlagen und Baustellen

Asphaltmischanlage



Personenbezogene und stationäre Messungen
Beim Verladen von Mischgut

Baustelle



Stationäre Messungen



Personenbezogene
Messungen

Expositionsüberprüfung von Diisocyanaten an Asphaltmischanlagen und Baustellen



Sicherheit bestätigt

Die Expositionsmessungen an der Mischanlage und auf der Erprobungsstrecke Waldfischbach zeigten Ergebnisse **unterhalb der Nachweisgrenze** für Diisocyanate.

Ergebnis der Expositionsüberprüfung:

- Die Exposition gegenüber B2Last kann als sicher eingestuft werden.

Messung durch die Firma:  eurofins

Umwelt

Inhalt

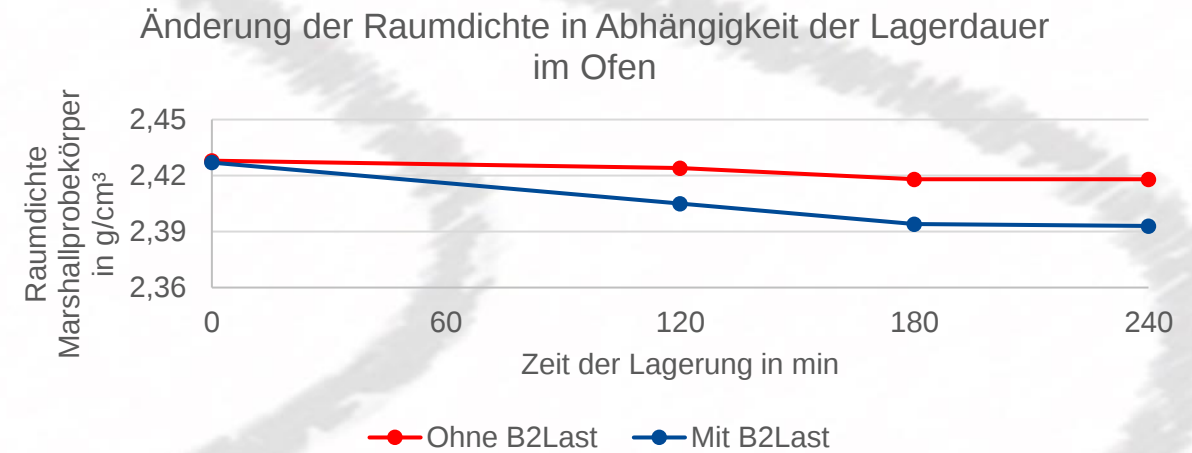
1. Einleitung
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
3. Die Direktmodifizierung
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
- 5. Technischer Hinweis für Labore**
6. Zusammenfassung

Technischer Hinweis zur Erstellung von Erstprüfungen im Labor

Zur Vergleichbarkeit von Erstprüfung und Kontrollprüfung, damit ist eine leicht veränderte Vorgehensweise im Labor erforderlich

- Ziel: B2Last muss **vollständig** vernetzt sein
- Reaktionsgeschwindigkeit ist abhängig von Temperatur und Oberfläche
- Reaktion findet auch bei Raumtemperatur statt, aber verlangsamt
- Mischgut nach dem Mischen in Aluschale oder Blechform **ohne** Abdeckung lagern
- Lagerung bei gewünschter Temperatur (in der Regel 145°C (Umluft mit Zuluft))
- Lagerungsdauer: mindestens 2 bis 3 Stunden

Zur Bestimmung des Temperaturabsenkungspotentials sollte die Verdichtung unmittelbar nach Herstellung erfolgen.



Lagerung im Ofen	h	2				
Lagerung im Eimer bei Raumtemperatur	d	0	1	3	7	14
Temperatur (BTSV)	°C	70,9	76,3	73,4	74,4	74,0
Phasenwinkel (BTSV)	°	60,0	57,7	58,0	58,7	59,1
Raumdichte Marshall	g/cm³	2,405	2,38	2,431	2,428	2,418

Mit der beschriebenen Vorgehensweise für das Labor wird eine erfolgreiche Erstprüfung von B2Last sichergestellt

Inhalt

1. Einleitung
2. Mehrwert von chemischen Reaktivmodifikatoren
3. Die Direktmodifizierung
4. Fachgerechter Umgang mit Chemikalien
5. Technischer Hinweis für Labore
- 6. Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Chemisch reaktive Additive sind prinzipiell seit Jahren in der Industrie schon bekannt
- Isocyanate haben ein breites Anwendungsspektrum in der Kunststoffindustrie (Polyurethane)
- Durch den Einsatz an der Mischanlage werden neben der Verformungsstabilität zusätzliche Nebeneffekte ermöglicht
- Richtige Prozesseinbindung und Homogenität ist das A & O für gute Ergebnisse
- Ein sicherer Umgang mit Isocyanaten ist gegeben, wenn empfohlene Verarbeitungsrichtlinien und Sicherheitsvorkehrungen eingehalten werden
- Neue Produkte erfordern manchmal andere Vorgehensweisen als man mit altbekannten Produkten kennt



B2Last® - Ein Produkt mit vielfältigen Möglichkeiten

Zusammenfassung



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

waldemar.schatz@basf.com



B2Last® - Ein Produkt mit vielfältigen Möglichkeiten