

# Protokoll

## -Asphaltherstellung durch Schaumbitumen-

**Mitarbeiter:**

Jonas Bock  
Florian Heyne  
Zeynep Tomruk

**Datum Herstellung:**

- Probe 1: 03.-04.05.2024  
- Probe 2: 23.-24.05.2024  
- Probe 3: 06.08.2024  
- Probe 4: 07.08.2024

**Datum Untersuchung:**

06.11.2024

**Zielstellung**

Herstellung und Untersuchung von Asphalt aus Schaumbitumen unter der Verwendung von Salzwasser (drei %, 15 %, 30 %). Gleichzeitig soll eine Referenzprobe mit Leitungswasser ohne Salzgehalt erstellt werden.

**Hypothese**

Die Auswirkung des Salzes im Schaumbitumen wird vermutlich gering sein, da sich der Salzgehalt im fertigen Bitumen durch die geringen Verhältnisse von Salz zu Wasser und Wasser zu Bitumen auf lediglich ca. 0,0015 % beläuft. Chemisch gesehen ist das zu verwendende Salz (NaCl) jedoch in Wasser löslich, wodurch der fertige Asphalt durch Wasser angreifbar werden könnte.

**Geräte**

- Schutzkleidung
- Heizplatte (1000 W)
- Messbecher
- verschließbarer Eimer
- Füllform mit Deckel

**Chemikalien**

- Straßenbaubitumen nach DIN EN 14188-1
- Granitsplitt (acht bis 16 mm)
- Basaltsplitt (zwei bis fünf mm)
- Kochsalz (NaCl)
- Wasser

**Durchführung der Herstellung**

- Wasser wird mit Salz entsprechend dem Mischungsverhältnis versetzt
- Salzwasser wird mit Bitumen in einem abgeschlossenen Behälter erhitzt
- aufgeschäumtes Bitumen wird auf Steinmischung (ein Drittel Basaltsplitt, zwei Drittel Granitsplitt) aufgetragen
- Vermischung von Bitumen und Gestein bis zur gleichmäßigen Verteilung
- Füllung der Form und Verdichtung des Asphalts mit einer Platte

Die Proben sind folgendermaßen eingeteilt:

- Probe/Platte 1: Null % Salzgehalt im Schaumbitumen
- Probe/Platte 2: Drei % Salzgehalt im Schaumbitumen
- Probe/Platte 3: 30 % Salzgehalt im Schaumbitumen
- Probe/Platte 4: 15 % Salzgehalt im Schaumbitumen

### Durchführung der Untersuchung

- Herstellung vier Marshall-Probekörper mit dem Marshall-Verdichtungsgerät pro Probe nach DIN EN 12697-30 <sup>20</sup>
- Unterteilung der Probekörper in zwei Hälften (zwei Marshall-Probekörper je Probe je Hälfte)
- Ergänzung erster Hälfte der Probekörper mit zwei Binderschicht-Marshall-Probekörpern und zwei Deckschicht-Marshall-Probekörper aus dem Asphaltlabor als Referenzprobe
- Ergänzung zweiter Hälfte der Probekörper mit zwei Binderschicht-Marshall-Probekörpern und drei Deckschicht-Marshall-Probekörper aus dem Asphaltlabor als Referenzprobe
- Bestimmung Höhe, Durchmesser und Masse der Marshall-Probekörper mit Waage und Messschieber
- Bestimmung der Spaltzugfestigkeit der ersten Hälfte der Probekörper mithilfe einer Spaltzugprüfmaschine nach DIN EN 12697 <sup>21</sup>
- 30 - 35 min Erhitzen der zweiten Hälfte der Probekörper im Wasserbad auf 60 °C
- Bestimmung des Fließwerts und der Prüfstabilität der zweiten Hälfte der Proben mithilfe einer Druckprüfmaschine nach DIN EN 12697-34 <sup>22</sup>

### Beobachtung der Herstellung

- beim Erhitzen von Bitumen mit Salzwasser entsteht Schaum durch aufsteigende Blasen
- nach dem Abkühlen der Asphaltproben waren diese klebrig und instabil

### Beobachtung der Untersuchung

- nach Herstellung der Marshallprobekörpern wiesen diese weniger Hohlräume und eine höhere Stabilität auf
- Probekörper wiesen ähnliche Massen, Höhen und Durchmesser auf (Tabelle 1 und 2)
- Referenz Binder und Referenz Decke (Marshall-Probekörper des Asphaltlabors) leicht höhere Masse

---

<sup>20</sup>TP Asphalt-StB Teil 30, Herstellung von Marshall-Probekörpern mit dem Marshall-Verdichtungsgerät, Auflage 2024, FGSV Verlag GmbH, Köln 2024

<sup>21</sup>TP Asphalt-StB Teil 23, Spaltzugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern, Auflage 2007, FGSV Verlag GmbH, Köln 2007

<sup>22</sup>TP Asphalt-StB Teil 34, Marshall-Stabilität und Marshall-Fließwert, Auflage 2023, FGSV Verlag GmbH, Köln 2023

- bei Bestimmung Spaltzugfestigkeit, Bruchriss bei Referenzproben der Deckschicht-Marshall-Probekörper, ansonsten kein Bruchriss
- Ausübung weiteren Drucks (über Prüfung hinaus) auf Probekörper eins aus Platte zwei ergab eine teils elastische, teils plastische Verformung; kein Bruch
- die genauen Messwerte der einzelnen Proben zur Spaltzugfestigkeit sind der Tabelle 1 zu entnehmen
- bei der Prüfung des Fließwertes und der Prüfstabilität, traten sichtbare Verformungen durch herausquellen des Asphalts an Seiten der Druckschalen auf
- die genauen Messwerte der einzelnen Probekörper für den Fließwert und die Prüfstabilität sind der Tabelle 2 zu entnehmen

### Auswertung

Die Blasenbildung im Bitumen beim Erhitzen mit Salzwasser lässt sich durch den entstehenden Wasserdampf, der langsam durch die viskose Masse aufsteigt, erklären. Durch die Verwendung von zu wenig Füller und dem daraus resultierenden Überschuss an Bitumen härtete der Asphalt nach dem Abkühlen nicht vollständig aus. Auch die unzureichende Verdichtung durch fehlende Maschinerie, wie einer Planierwalze oder Rüttelplatte, sorgte für eine allgemeine Instabilität, wodurch die Platten bröckelig wurden. Um der Instabilität durch fehlende Verdichtung entgegenzuwirken, wurden Teile der Asphaltplatten erneut eingeschmolzen und mithilfe eines Marshall-Verdichtungsgeräts zu zylindrischen Probekörpern gepresst.

Zum Vergleich der Versuchs- und Referenzproben des Asphaltlabors werden lediglich die Werte der Binderschicht-Referenzproben genutzt, da diese am nächsten von der Gesteinskörnung, mit den Versuchsproben übereinstimmen. Bei den Ergebnissen des Prüfverfahrens zur Bestimmung der Spaltzugfestigkeit der Proben fällt auf, dass die Ergebnisse der Versuchsproben stark von denen der Binderschicht-Referenzproben abweichen. Zunächst ist es möglich, dass bei dem Verfahren ein Bruchriss an der Probe auftreten kann. Besonders extrem war dieser an der Deckschicht-Referenzprobe. Da aber weder die Versuchsproben noch die Binderschicht-Referenzproben einen Bruchriss bei der Durchführung des Verfahrens aufwiesen, stellt das Verhalten der Versuchsproben keine Abnormalität dar. Allerdings fiel beim Auswirken von Druck über das Prüfverfahren hinaus auf, dass die Binderschicht-Referenzproben ab einem gewissen Druck einen Ansatz eines Bruchrisses aufwiesen, der händisch vollends erweitert werden konnte. Die selbsterstellten Versuchsproben verformten sich hingegen lediglich teilweise elastisch und teilweise plastisch, allerdings ohne Ansätze eines Bruchrisses. Das lässt sich mit dem Überschuss an Bitumen und dem Fehlen von Füller in den Versuchsproben erklären. Durch die Langkettigkeit der Kohlenstoffverbindungen, aus denen das Bitumen besteht, herrschen bei der Verformung bei Raumtemperatur Rückstellkräfte vor, die das Material in seine Ursprungsform zurückführen. Dadurch verhält sich der Asphalt in Maßen elastisch. Dies wird durch eine Instabilität in der Struktur ergänzt, welche auf den fehlenden Anteil an Füller zurückzuführen ist. Zur Folge haben diese Fehler eine starke Abweichungen der Messwerte der Versuchsproben zu den Binderschicht-Referenzproben. Im Durchschnitt erreichten die Versuchsproben nur 30 Prozent der Fließfestigkeit und 56 Prozent der Höchstlast der Referenzproben. Auch bei der Spaltzugfestigkeit unterschieden sich die Versuchsproben mit des Fließwerts der Stabilität der Referenzproben stark von industriell hergestellten Binderschichten. Um dennoch Informationen über die Auswirkungen der Verwendung von Salzwasser zum Aufschäumen des Bitumens zu erhalten, müssen die Versuchsproben in Abhängigkeit zur selbst erstellten Referenzprobe (Probe 1; null % Salz) gestellt werden.

Für das erste Prüfverfahren (Tabelle 1) weist die erste Probe (null % Salz) im Mittelwert eine Spaltzugfestigkeit von 0,60 MPa auf. Die zweite Probe (drei % Salz) weicht von diesem Wert ca. sieben % ab und besitzt eine Spaltzugfestigkeit von 0,56 MPa. Die dritte Probe (30 % Salz) weist einen Fließwert von 0,46 MPa auf und weicht um ca. 23 % von den Referenzwerten ab. Die vierte Probe (15 % Salz) besitzt eine Spaltzugfestigkeit von 0,51 MPa und weicht damit um

15 % ab. Damit fällt die Spaltzugfestigkeit mit der Zunahme des Salzgehaltes, wie in Abbildung 15 zu sehen ist.

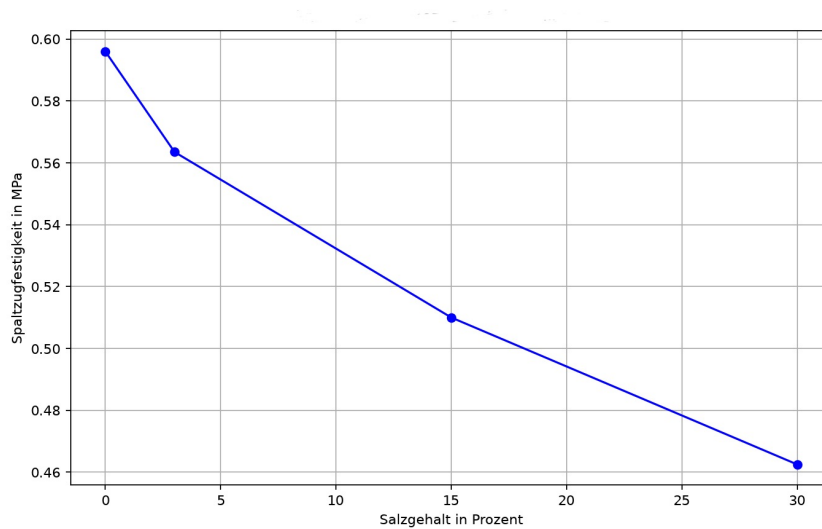


Abbildung 15: Spaltzugfestigkeit in Abhängigkeit vom Salzgehalt

Bei dem Fließwert fielen die Abweichungen der Messwerte geringer aus. Die Referenzprobe weist einen Fließwert von 0,85 mm auf. Die zweite Probe weicht um zwei % ab und weist einen Fließwert von 0,83 mm auf. Die dritte Probe, mit dem höchsten Salzgehalt, besitzt einen Fließwert von 0,7 mm und hat damit eine Abweichung von 18 % von der Referenzprobe. Die vierte Probe hatte einen Fließwert von 0,75 mm und weicht damit um ca. zwölf % ab. Damit sinkt der Fließwert mit der Zunahme des Salzgehaltes, wie in Abbildung 16 zu sehen ist.

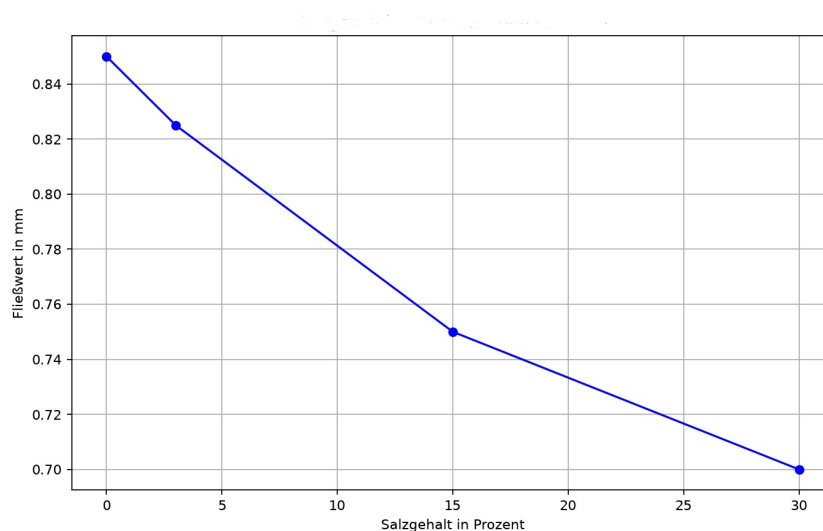


Abbildung 16: Fließwert in Abhängigkeit vom Salzgehalt

Die Prüfstabilität liegt bei der ersten Probe bei 6,5 kN. Die zweite Probe weicht von dem Wert um neun % ab und liegt damit bei 5,9 kN. Die dritte Platte hat eine Prüfstabilität von 4,4 kN und weicht damit um 33 % vom Referenzwert ab. Die vierte Platte liegt bei ca. 4,8 kN und weicht damit um 26 % ab. Damit fällt die Prüfstabilität mit der Zunahme des Salzgehaltes, wie in Abbildung 17 zu sehen ist.

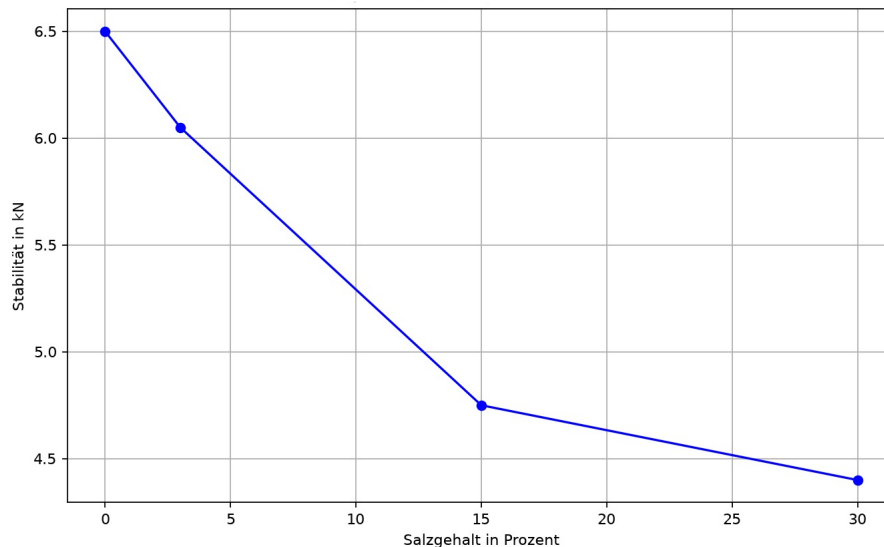


Abbildung 17: Prüfstabilität in Abhängigkeit von Salzgehalt

Aus den Werten ist zu erkennen, dass mit steigendem Salzgehalt, die Härte und Stabilität des Asphalts abnimmt. Den Diagrammen ist zu entnehmen, dass die Abnahme hyperbelförmig stattfindet. Für den Einbau von Asphaltbinderschichten ist im Normalfall eine Spaltzugfestigkeit von eins bis 2,5 Mpa, ein Fließwert von eins bis 16 mm und eine Prüfstabilität von sieben bis 18 kN vorgesehen<sup>23</sup>. Die Versuchsproben erfüllen damit keine der Anforderungen für den Einbau im Straßenverkehr. Die selbsterstellte Referenzprobe weicht ebenfalls von den Vorgaben ab. Um dennoch eine qualitative Aussage über die Verwendung von Salzwasser im Straßenbau zu erhalten, müssen die Abweichungen der Versuchsproben ins Verhältnis zur Abweichung der Referenzproben zu den Vorgaben gesetzt werden. Dazu werden die Maximalwerte der Einbauvorgaben genutzt und prozentual die Abweichung heruntgerechnet. Somit ergeben sich hierfür Werte, welche nun vergleichbar mit der Referenzprobe des Asphaltlabors sind.

Dabei stellt man fest, dass bei der Spaltzugfestigkeit folgende Werte sich ergeben. Für drei % Salzgehalt, ergibt sich eine Spaltzugfestigkeit von 2,05 Mpa. Die Probe mit 15 % Salz weist eine Spaltzugfestigkeit von 1,88 Mpa und die Probe mit 30 % ergibt ein Wert von 1,71 Mpa. Somit ist zu ermitteln, dass alle Werte den Vorgaben entsprechen.

Beim Ermitteln der Fließwerte ist festzustellen, dass für die 30 % Probe ein Wert von 0,984 mm ermittelt wird, welcher nicht die erforderlichen Bestimmungen erfüllt. Bei der Probe mit 15 % Salzgehalt ist zwar ein Wert von 1,056 mm, also leicht über ein mm festzustellen, dabei ist aber anzumerken, dass dieser nur leicht die Grenze überschreitet. Bei der Probe mit drei % stellten wir einen Wert von 1,176 mm fest.

Für die Prüfstabilität wird für drei % Salzgehalt einen Wert von 14,85 kN ermittelt. Bei der Probe mit 15 % wird festgestellt, dass eine Prüfstabilität von 12,21 kN vorliegt. Für die letzte Probe mit 30 % wird ein Wert von 11,06 kN festgestellt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die von uns ermittelten Werte für die Prüfstabilität und Spaltzugfestigkeit die erforderlichen Normen erfüllen und somit verwendbar wären. Lediglich liegt der Fließwert bei 30 % Salzgehalt unter den erforderlichen Normen. Somit lässt sich sagen, dass man die Probe mit 30 % wahrscheinlich nicht im Einbau verwenden kann, im Gegensatz zu allen anderen Proben.

<sup>23</sup>TP Asphalt-StB 07/13, Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Auflage 2007, FGSV Verlag GmbH, Köln 2013

## Ergebnis

Der Versuch zeigte, welchen Einfluss Salzwasser auf die mechanischen Eigenschaften von Asphalt hat. Asphaltproben mit unterschiedlichen Salzgehalten von null %, drei %, 15 % und 30 % wurden hergestellt und hinsichtlich ihrer Spaltzugfestigkeit, ihres Fließwerts und ihrer Prüfstabilität untersucht. Ziel war es, zu ermitteln, wie der Salzgehalt die physikalischen Eigenschaften des Asphalts beeinflusst und ob Asphalt mit hohem Salzanteil den Anforderungen für den Straßenbau entspricht.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Salzgehalt einen signifikanten Einfluss auf die Stabilität und das Verformungsverhalten des Asphalts hat. Die Spaltzugfestigkeit nahm mit steigendem Salzgehalt ab. Die Referenzprobe ohne Salz zeigte eine Spaltzugfestigkeit von 0,60 MPa. Bei drei % Salzgehalt wurde eine Abweichung von etwa sieben % ermittelt. Bei Probe 2 wird eine Abweichung von etwa 15 % festgestellt. Bei der Asphaltmischung mit 30 % beträgt die Abweichung etwa 23 % zur Referenzprobe. Diese Abnahme der Spaltzugfestigkeit deutet darauf hin, dass der Asphalt mit höherem Salzgehalt eine geringere Bindungsstärke aufweist und somit weniger stabil ist.

Auch der Fließwert nahm mit zunehmendem Salzgehalt ab. Die Referenzprobe ohne Salz hatte einen Fließwert von 0,85 mm. Bei der ersten Probe beträgt die Abweichung etwa zwei %. Bei 15 % Salzgehalt war eine Abweichung von 12 % zu ermitteln, und bei der dritten Probe betrug die Abweichung etwa 18 %. Besonders die Probe mit 30 % Salzgehalt fiel negativ auf, da der Fließwert unter den Normanforderungen für Asphalt liegt. Dies deutet auf eine unzureichende Verformbarkeit hin, was die Eignung für den Straßenbau infrage stellt.

Auch die Prüfstabilität zeigte eine Abnahme mit steigendem Salzgehalt. Die Referenzprobe hatte eine Prüfstabilität von 6,5 kN. Bei drei % Salzgehalt ist eine Abweichung von neun % festzustellen. Bei der zweiten Probe ist eine Abweichung von 26 % und bei Probe 30 % Salzgehalt lag die Abweichung bei etwa 33 %. Trotz dieser Abweichungen wiesen alle Proben die erforderlichen Normenwerte für die Prüfstabilität auf.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Proben die für den Straßenbau erforderlichen Werte für Spaltzugfestigkeit und Prüfstabilität erfüllten. Beim Fließwert stellte sich jedoch ein Mangel bei der Probe mit 30 % Salzgehalt heraus. Der Salzgehalt hat somit einen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften des Asphalts, wobei hohe Salzgehalte zu einer Verringerung der Materialstabilität und Verformbarkeit führen.

Die Ergebnisse des Versuchs zeigen, dass Asphalt mit moderatem Salzgehalt (bis etwa 15 %) unter den gegebenen Bedingungen für den Straßenbau geeignet ist. Asphalt mit 30 % Salzgehalt erfüllt jedoch höchstwahrscheinlich nicht die erforderlichen Standards und wäre daher für den praktischen Einsatz wahrscheinlich ungeeignet.

## **Fehlerbetrachtung**

### *systematische Fehler*

- Höhenmessung auf 0,1 mm genau
- Fließwert auf 0,01 mm genau
- Gewichtsbestimmung auf 0,1 g genau
- Höchstlast auf ein N genau
- Kraft  $F$  auf 0,1 kN genau
- Prüfstabilität auf 0,1 kN genau
- Spaltzugfestigkeit auf ein kPa genau
- Temperaturmessung auf ein K genau
- keine Ausreichende Verwendung von Füller

### *zufällige Fehler*

- ungleichmäßiges erhitzen des Asphalts durch Heizplatte
- ungleiche Verdichtung durch fehlende Maschinerie
- ungleiche Dosierung des Steinverhältnisses