

Konzeption, Auswertung und Ergebnisverwertung einer Vergleichsuntersuchung zur rheologischen Prüfung von Bitumen bei niedrigen Temperaturen

Schlussbericht zum FGSV-Forschungsvorhaben Nr. 01/2024

Johannes Büchner

Michael P. Wistuba

Technische Universität Braunschweig
Institut für Straßenwesen (ISBS)

Nina Nytus

RUB – Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Verkehrswegebau (LVW)



Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Vorgehensweise	3
2.1	Konzeption der Vergleichsuntersuchung	3
2.2	Auswertung der Vergleichsuntersuchung	3
2.3	Berichtserstellung der Vergleichsuntersuchung	4
2.4	Ergebnisverwertung der Vergleichsuntersuchung	4
3	Ergebnisse.....	4
3.1	Publikationen/Dokumente	4
3.2	Präzision des Prüfverfahrens SRV.....	5
3.3	Präzision des Prüfverfahrens 4 mm T-f-Sweep	7
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	10
5	Literatur	12
6	Anhänge.....	13

1 Einleitung

Das dynamische Scherrheometer (DSR) dient bereits seit vielen Jahren zur Charakterisierung der rheologischen Eigenschaften von Bitumen. Die Prüfungen wurden bisher vorzugsweise in einem Temperaturbereich zwischen 30 und 90 °C mit einer 25 mm Platte-Platte-Messkonfiguration im linear-viskoelastischen (LVE) Bereich durchgeführt.

Durch Anwendung von anderen Konfigurationen und/oder Anwendung geeigneter Prüfprozeduren besteht grundsätzlich die Möglichkeit, rheologische Bitumenprüfungen auch bei tieferen Temperaturen unterhalb von 30 °C durchzuführen. Eine Prüfvariante wurde im Rahmen des BAST-Forschungsprojektes FE 07.0293 in Form eines Scher-Relaxationsversuchs (SRV) mit der 8 mm Platte-Platte-Prüfgeometrie bei einer Prüftemperatur von -10 °C erarbeitet (Radenberg & Staschkiewicz, 2020). Gleichzeitig liegen an der TU Braunschweig zur Anwendung des Temperatur-Frequenz-Sweeps (T-f-Sweeps) im Temperaturbereich von 0 bis -30 °C umfangreiche Voruntersuchungen mit positiven Erfahrungen mit der 4 mm Platte-Platte-Prüfgeometrie vor (Büchner et al., 2019; Wang et al., 2019a; Wang et al., 2019b; Büchner et al., 2020; Wang et al., 2020; Büchner et al., 2021; Sigwarth et al., 2021).

Der Arbeitsausschuss 7.2 „Bindemittel“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beschloss am 11. Oktober 2022 die Durchführung einer Vergleichsuntersuchung, um die beiden oben genannten Prüfmodalitäten im Bereich tiefer Temperaturen und insbesondere die Auswertemethode des Scher-Relaxationsversuchs zu überprüfen, anzupassen und zu validieren. Die Vergleichsuntersuchung umfasste drei unterschiedliche Bitumen und wurde im Jahr 2023 durchgeführt.

2 Vorgehensweise

Das Institut für Straßenwesen der Technischen Universität Braunschweig, der Lehrstuhl für Verkehrswegebau der Ruhr-Universität Bochum und die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen übernahmen die Vorbereitung und Organisation der Vergleichsuntersuchung. Insgesamt nahmen 17 Labore unter Verwendung von 20 unterschiedlichen DSR-Geräten an der Vergleichsuntersuchung von T-f-Sweep und SRV teil. Der Personalaufwand der Technischen Universität Braunschweig und der Ruhr-Universität Bochum bei der Konzeption, Auswertung und Ergebnisverwertung wurden dabei durch das vorliegende Projekt gefördert.

2.1 Konzeption der Vergleichsuntersuchung

Für die Durchführung der Vergleichsuntersuchung wurden detaillierte Vorgehensbeschreibungen (siehe Kurzanleitungen in Anhang A und Anhang B) und Vorgaben für die Ergebnisübermittlung (Excel-Vorlage) bereitgestellt. Dies umfasste umfangreiche Vorbesprechungen zur Festlegung der Prüfmodalitäten in Abstimmung mit den Geräteherstellern. Details zur den gewählten Prüfbedingungen und zum Prüfumfang können dem Schlussbericht entnommen werden (Büchner et al., 2025). Zusätzlich zu den Anleitungen wurden Projektvorlagen bzw. Prüfsequenzen erstellt, die von den Laboren direkt in der Rheometersoftware genutzt werden konnten.

2.2 Auswertung der Vergleichsuntersuchung

Für beide Prüfverfahren wurden unterschiedliche Materialkennwerte für eine Auswertung berücksichtigt. Beim SRV wurden die Scherrelaxationsviskosität (λ_{REL}), das Integral der Scherspannung über die Prüfdauer von 30 min, und das Relaxationsvermögen (REL_{SRV}) ermittelt. Für den T-f-Sweep standen der komplexe Schermodul G^* und der Phasenwinkel δ für drei Bitumen, für vier Frequenzen und vier Temperaturen zur Verfügung.

Zunächst wurden ausgewählte Materialkennwerte für eine erste Einschätzung der Datenqualität in Diagrammform visualisiert. Anschließend erfolgte eine statistische Auswertung sämtlicher Daten anhand der Norm ISO 5725-2 (2022).

Dies beinhaltete zunächst eine grafische Konsistenzanalyse anhand von Mandel's h (Konsistenz zwischen Laboren) und Mandel's k (Konsistenz innerhalb eines Labors). Anschließend erfolgte eine Ausreißerkontrolle mittels Grubbs' Test und Cochran Test. Mit den verbliebenden und verträglichen Einzelwerten wurden anschließend die Wiederholgrenze r ($2,8 \times s_r$) und die Vergleichsgrenze R ($2,8 \times s_R$) nach ISO 5725-2 (2022) berechnet.

2.3 Berichtserstellung der Vergleichsuntersuchung

Basierend auf der Auswertung wurde ein umfangreicher Bericht erstellt und auf dem Publikationsserver der TU Braunschweig frei zugänglich veröffentlicht (Büchner et al., 2025). Der Bericht wurde allen Teilnehmenden zusammen mit ihrer jeweiligen anonymisierten Labornummer zugesendet.

2.4 Ergebnisverwertung der Vergleichsuntersuchung

Gemäß Zeitplan aus dem Förderungsantrag sollte die Vergleichsuntersuchung und die gewonnenen Erkenntnisse national und international bekannt gemacht werden. Dafür war zunächst eine ausführliche Besprechung des Schlussberichts im AA 7.2 und im AK 7.2.1 vorgesehen. In diesem Zusammenhang wurde entschieden, dass der 4 mm T-f-Sweep als TP Bitumen, Teil 2 C und der SRV als Arbeitsanleitung in das FGSV-Regelwerk aufgenommen werden sollen. Zusätzlich waren diverse englischsprachige Publikationen zur internationalen Verbreitung der deutschen Erkenntnisse sowie ein deutscher Zeitschriftenbeitrag geplant. Abschließend werden die Ergebnisse in Form von Entwürfen für Prüfvorschriften den FGSV-Gremien zur weiteren Bearbeitung und Finalisierung zur Verfügung gestellt.

3 Ergebnisse

Wie in der Vorgehensweise erläutert, wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Vergleichsuntersuchung bereits in verschiedenen Publikationen veröffentlicht bzw. werden zeitnah veröffentlicht. Deshalb werden in diesem Kapitel nur wesentlich Erkenntnisse zusammenfassend wiederholt.

3.1 Publikationen/Dokumente

Der umfangreiche Schlussbericht ist in Anhang C beigelegt:

Büchner, J., Wistuba, M. P., Nytus, N., Radenberg, M., Hirsch, V. & Rösling, D. 2025. Messungen im Tieftemperaturbereich mit dem dynamischen Scherrheometer: Statistische Auswertung einer Vergleichsuntersuchung. Universitätsbibliothek Braunschweig. DOI: 10.24355/dbbs.084-202508060612-0.

Die Short Summary und das dazugehörige Poster vom Annual Meeting des Transportation Research Boards (TRB) vom Januar 2026 in Washington sind in Anhang D und E beigelegt:

Büchner, J., Nytus, N. & Wistuba, M. P. 2026. Interlaboratory Study on the use of Dynamic Shear Rheometer for Low-Temperature Characterization of Asphalt Binders. Research Summary. Proc., 105th Annual Meeting, Transportation Research Board (TRB), January 11-15, 2026, Washington, D.C.

Büchner, J., Nytus, N. & Wistuba, M. P. 2026. Interlaboratory Study on the use of Dynamic Shear Rheometer for Low-Temperature Characterization of Asphalt Binders. Scientific Poster #TRBAM-26-01329, 105th Annual Meeting, Transportation Research Board (TRB), January 11-15, 2026, Washington, D.C.

Eine Zusammenfassung der Vergleichsuntersuchung und deren Ergebnisse wurde am 18. November 2025 als Fachartikel im International Journal of Road Materials and Pavement Design eingereicht. Das eingereichte Manuskript ist in Anhang F beigelegt. Die Reviewer bewerteten das Manuskript überwiegend positiv und als Mehrwert für die Branche. Nach Berücksichtigung der Reviewer-Kommentare wurde das Manuskript am 10. Mai 2026 überarbeitet erneut eingereicht. Eine zeitnahe Veröffentlichung ist zu erwarten.

Das Manuskript für einen Beitrag in der Fachzeitschrift Straße und Autobahn wurde am 24. Februar 2026 eingereicht und ist in Anhang G beigelegt. Die Veröffentlichung ist im September 2026 vorgesehen.

Die Entwürfe für die TP Bitumen, Teil 2 C (Anhang H) und die Arbeitsanleitung SRV (Anhang I) wurden am 23. Februar 2026 an die Leitungen des AK 7.2.1 (Alexander Alisov) und AA 7.2 (Tobias Hagner) geschickt. Die Besprechung der Dokumente und Festlegung des weiteren Vorgehens ist für die Herbstsitzungen 2026 geplant.

3.2 Präzision des Prüfverfahrens SRV

Die ermittelten Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R nach Ausschluss der Ausreißer als Kennwerte für die Präzision des Prüfverfahrens sind nachfolgend zusammengefasst und bewertet.

Abbildung 1 zeigt beide Kennwerte für die Scherrelaxationsviskosität λ_{REL} geordnet nach Prüfvariante und Bindemittel, wobei die Bindemittel einheitlich farblich gekennzeichnet sind. In Abbildung 1 A) sind die Kennwerte als Absolutwerte in der Einheit MPa s dargestellt.

Das Bindemittel 10/40-65 zeigt eine deutlich höhere Wiederholgrenze und eine höhere Vergleichsgrenze als die anderen beiden Bindemittel. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich dabei um das härteste der betrachteten Bindemittel handelt, was erwartungsgemäß auch die höchste Scherrelaxationsviskosität aufweist. Es ist demnach zweckmäßig, die Präzisionsdaten in % vom Mittelwert zu betrachten (Abbildung 1 B). Die Wiederholgrenze für die Scherrelaxationsviskosität liegt dann in einem Bereich von 18 bis 32 % und die Vergleichsgrenze zwischen 110 und 135 %.

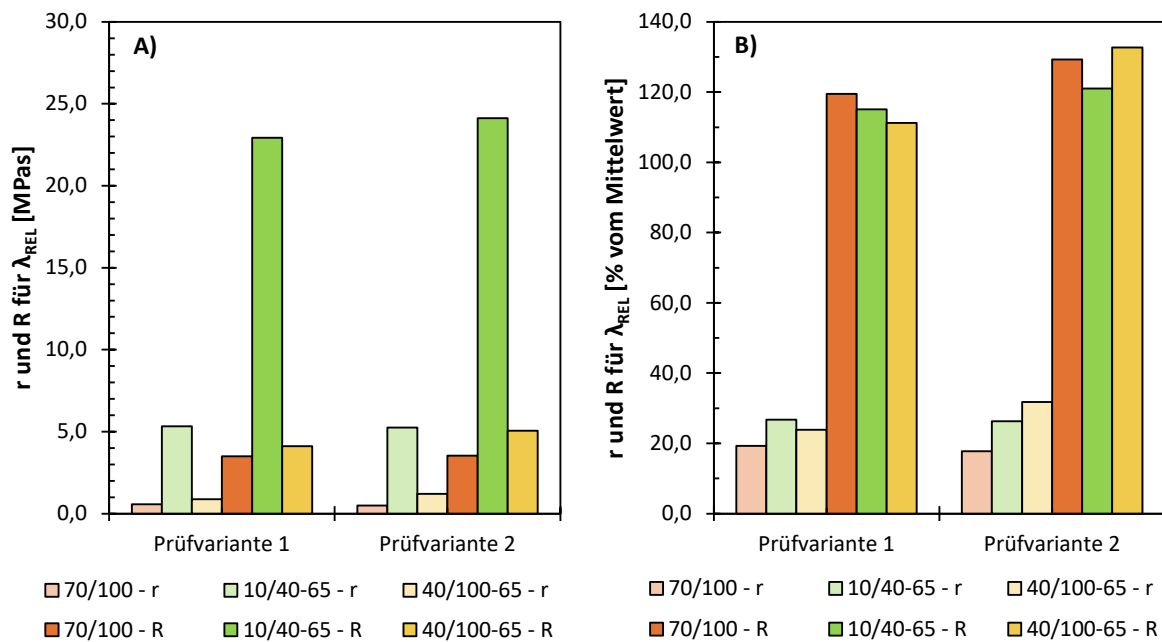


Abbildung 1. Wiederholgrenze r ($2,8 \times s_r$) und Vergleichsgrenze R ($2,8 \times s_R$) für den Kennwert λ_{REL} nach Ausschluss von Ausreißern für die drei untersuchten Bindemittel: A) als Absolutwert in der Einheit MPa s und B) in % vom jeweiligen Gesamtmittelwert.

Abbildung 2 zeigt in gleicher Darstellungsweise die Präzisionsdaten für das Relaxationsvermögen REL_{SRV} . Wie auch in Abbildung 1 ist in Abbildung 2 A) bei Betrachtung der Absolutwerte für das Bindemittel 10/40-65 eine geringere Präzision festzustellen. Dies kann erneut auf das härtere Bindemittel und den daraus resultierenden höheren Kennwerten für REL_{SRV} und der damit verbundenen erhöhten Streuung der Messwerte erklärt werden. Darüber hinaus zeigt sich auch, dass bei härteren Bindemitteln die Streuung zwischen Prüfgeräten von Netzsch und Anton Paar zunimmt.

Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Präzisionsdaten für REL_{SRV} in Abbildung 2 B) in % vom Mittelwert dargestellt. Die Wiederholgrenze liegt für beide Prüfvarianten im Bereich zwischen 15 und 50 %. Bei der Vergleichspräzision zeigen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Prüfvariante. Für Prüfvariante 1 liegen die Wiederholgrenzen im Bereich zwischen 120 und 160 % während sie für Prüfvariante 2 zwischen 67 und 102 % liegen. Dies deutet darauf hin, dass es bei der Prüfvariante 2 (mit einer Ansteuerung der Deformation innerhalb von 5 s) zu einer besseren Übereinstimmung der Ergebnisse aus Prüfgeräten von Anton Paar und Netzsch kommt.

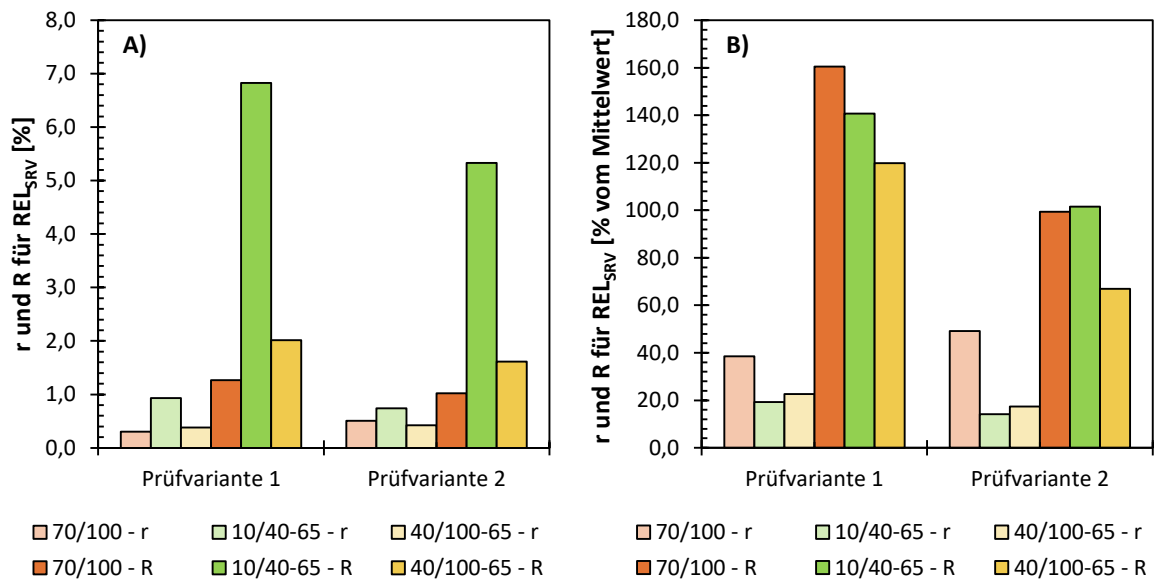


Abbildung 2. Wiederholgrenze r ($2,8 \times s_r$) und Vergleichsgrenze R ($2,8 \times s_R$) für den Kennwert REL_{SRV} nach dem Ausschluss von Ausreißern für die drei untersuchten Bindemittel: A) als Absolutwert in % und B) in % vom jeweiligen Gesamtmittelwert.

3.3 Präzision des Prüfverfahrens 4 mm T-f-Sweep

Die ermittelten Wiederholgrenzen r und Vergleichsgrenzen R nach Ausschluss der Ausreißer als Kennwert für die Präzision des Prüfverfahrens sind nachfolgend zusammengefasst und bewertet.

Abbildung 3 zeigt die entsprechenden Kennwerte für den komplexen Schermodul geordnet nach Prüftemperaturen und Prüffrequenzen, wobei die Bindemittel einheitlich farblich gekennzeichnet sind. Die Wiederholgrenze liegt für die meisten untersuchten Prüfbedingungen in einem Bereich von 12 bis 17 %. Für die kleinste Prüffrequenz ist eine etwas geringere Wiederholbarkeit mit einer Wiederholgrenze in Einzelfällen bis zu 33 % festzustellen.

Hinsichtlich der Vergleichbarkeit zeigt sich eine abnehmende Vergleichsgrenze (bessere Präzision) mit zunehmender Prüffrequenz und abnehmender Prüftemperatur. Die Vergleichsgrenze schwankt entsprechend zwischen 187 % und 48 %. Tendenziell zeigt sich eine geringere Vergleichbarkeit für das hochmodifizierte Bitumen 40/100-65.

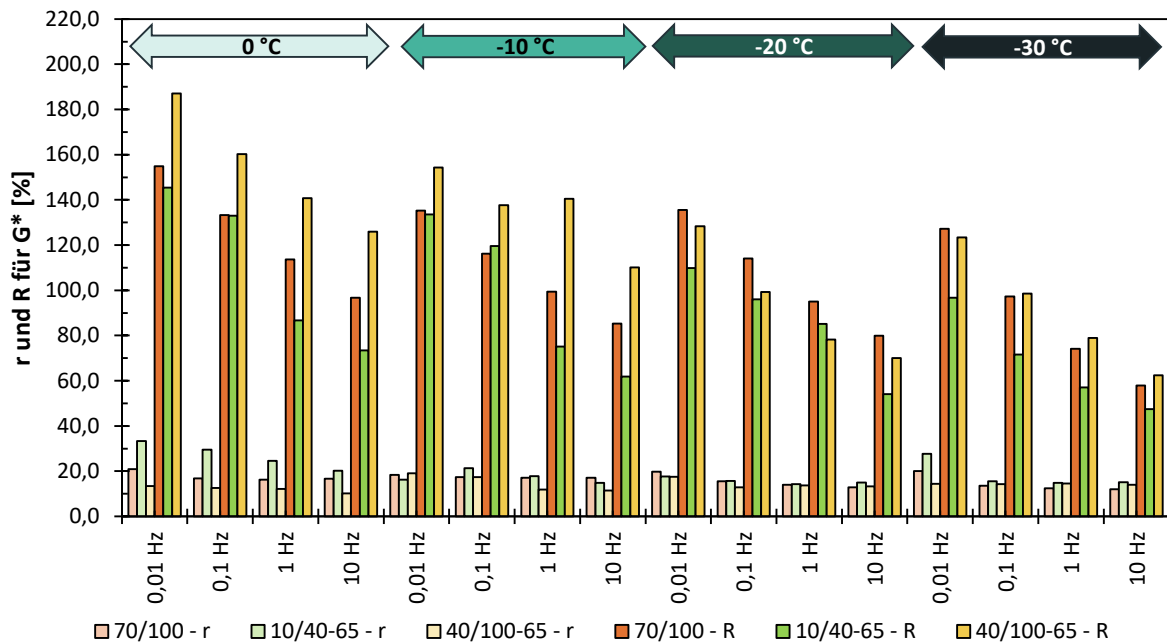


Abbildung 3. Wiederholgrenze r ($2,8 \times s_r$) und Vergleichgrenze R ($2,8 \times s_R$) in Prozent vom jeweiligen Mittelwert für den komplexen Schermodul G^* nach dem Ausschluss von Ausreißern für alle Prüftemperaturen, alle Prüffrequenzen der drei untersuchten Bindemittel.

Abbildung 4 zeigt die entsprechenden Wiederholgrenzen r und die Vergleichsgrenzen R für den Phasenwinkel. Die Wiederholgrenze liegt für die meisten untersuchten Prüfbedingungen in einem Bereich von $0,3^\circ$ bis $1,8^\circ$. Für die kleinste Prüffrequenz von $0,01$ Hz und insbesondere für die niedrigeren Prüftemperaturen ist eine etwas geringere Wiederholbarkeit mit einer Wiederholgrenze in Einzelfällen bis zu $3,3^\circ$ festzustellen.

Hinsichtlich der Vergleichbarkeit zeigt sich eine abnehmende Vergleichsgrenze (bessere Präzision) mit zunehmender Prüffrequenz, die weitestgehend unabhängig von der Prüftemperatur ist. Die Vergleichsgrenze schwankt sehr stark zwischen $4,6^\circ$ und $29,2^\circ$. Vor allem bei der kleinsten Prüffrequenz von $0,01$ Hz (in Kombination mit der niedrigsten Prüftemperatur) ist damit keine Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse der unterschiedlichen Prüflabore (unabhängig vom verwendeten Prüfgerät, siehe Anhang D) möglich.

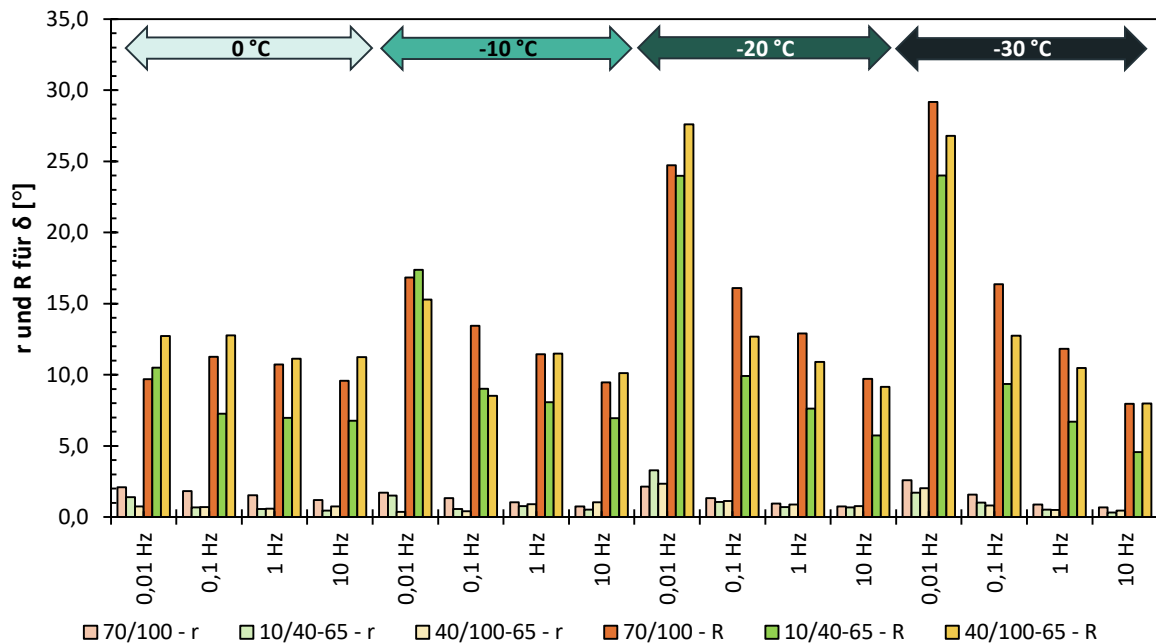


Abbildung 4. Wiederholgrenze r ($2,8 \times s_r$) und Vergleichsgrenze R ($2,8 \times s_R$) als Absolutwerte für den Phasenwinkel δ nach dem Ausschluss von Ausreißern für alle Prüftemperaturen, alle Prüffrequenzen der drei untersuchten Bindemittel

Die Ergebnisse der Präzisionsdaten aus dieser Vergleichsuntersuchung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Dabei werden die Kennwerte bei einer Prüffrequenz von 0,01 Hz bewusst ausgeklammert.

Die Präzisionsdaten werden mit den Erkenntnissen aus einem europäischen Ringversuch zur 4 mm Prüfgeometrie aus dem Jahr 2019 (Büchner et al., 2020) und aus dem Jahr 2020 (Sigwarth et al., 2021) gegenübergestellt. Die Tabelle enthält außerdem die Präzisionsdaten aus der aktualisierten Europäischen Norm EN 14770 (2023), allerdings für die 8 und 25 mm Prüfgeometrie.

Es zeigt sich, dass die Wiederholgrenze von komplexem Schermodul und Phasenwinkel aus der vorliegenden Vergleichsuntersuchung sehr gut zu den Vergleichswerten passen und sogar weitestgehend innerhalb der Präzision der EN 14770 liegen. Die Vergleichbarkeit ist teilweise jedoch deutlich geringer als in den Europäischen Vergleichsuntersuchung und überschreitet deutlich die Grenzen der EN 14770.

Tabelle 1: Vergleich der Wiederholgrenzen und Vergleichsgrenzen mit anderen Veröffentlichungen und Regelwerken

	Vorliegende Vergleichsuntersuchung (ohne 0,01 Hz)	Europäische Vergleichsuntersuchung 4 mm (2019) (Büchner et al., 2020)	Europäische Vergleichsuntersuchung 4 mm (2020) (Sigwarth et al., 2021)	EN 14770 (2023) for 8 and 25 mm
Wiederholgrenze r für G^* (in % vom Mittelwert)	12 bis 17 %	15 bis 20 %	15 bis 20 %	15 %
Vergleichsgrenze R für G^* (in % vom Mittelwert)	47 bis 133 %	50 bis 75 %	65 bis 95 %	30 %
Wiederholgrenze r für δ (als Absolutwert)	0,3 bis 1,8°	1,5 bis 2,5°	0,5 bis 1,5°	2°
Vergleichsgrenze R für δ (als Absolutwert)	5 bis 16°	3 bis 6°	3 bis 7°	4°

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In diesem Projekt wurde eine Vergleichsuntersuchung von zwei unterschiedlichen Prüfverfahren im dynamischen Scherrheometer (DSR) zur Bitumencharakterisierung bei tiefen Temperaturen konzipiert, koordiniert, ausgewertet und deren Ergebnisse veröffentlicht. An der Vergleichsuntersuchung im Jahr 2023 haben insgesamt 17 Labore mit 20 unterschiedlichen Prüfgeräten aus ganz Deutschland teilgenommen. Dabei kamen sechs Prüfgeräte von Netzsch und 14 Prüfgeräte von Anton Paar zum Einsatz.

Es wurden drei unterschiedliche Bindemittel berücksichtigt: 70/100, 10/40-65 und 40/100-65. Hinsichtlich der Kennwerte wurden keine wesentlichen Unterschiede festgestellt, die Bindemittel verhalten sich bei Kälte alle sehr ähnlich. Teilweise gab es beim 40/100-65 größere Abweichungen zwischen den Laboren, was eventuell auf Einbauschwierigkeiten bzw. Probleme beim Trimmen des hochmodifizierten Bindemittels zurückzuführen ist.

Für jedes Material wurde ein Scherrelaxationsversuch (SRV) mit 8 mm Prüfgeometrie bei -10 °C mit zwei unterschiedlichen Prüfvarianten (Ansteuerung der Deformation in 1 s und in 5 s) durchgeführt. Als Ergebnis wurde die Scherrelaxationsviskosität λ_{REL} und das Relaxationsvermögen REL_{SRV} berechnet. Die Ansteuerung der Deformation verläuft in den Prüfgeräten von Netzsch und Anton Paar unterschiedlich. Besonders bei harten Bindemitteln sind dadurch Unterschiede im Relaxationsvermögen festzustellen. Die Vergleichbarkeit der Scherrelaxationsviskosität ist nach bisherigen Erkenntnissen nicht von der Ansteuerung beeinflusst. Für eine weitere Überprüfung der Vergleichbarkeit ist die Prüfung von härteren (gealterten oder extrahierten) Bindemitteln empfohlen.

Außerdem wurde für jedes Bindemittel ein Temperatur-Frequenz-Sweep (T-f-Sweep) mit 4 mm Prüfgeometrie im Temperaturbereich von 0 bis -30 °C und mit Prüffrequenzen von 0,01 bis 10 Hz durchgeführt. Als Ergebnis stehen der komplexe Schermodul G^* und der Phasenwinkel δ zur Verfügung. Die Messung bei der niedrigsten Prüffrequenz von 0,01 Hz erwies sich für alle Prüfgeräte als schwierig. Bei geringen Prüffrequenzen ist eine lange Einregelungsdauer notwendig, sodass hier große Schwankungen in den Ergebnissen festzustellen waren. Frequenzen $< 0,1\text{ Hz}$ sollten bei Tieftemperaturmessungen von Bitumen zukünftig vermieden werden.

Insgesamt zeigt sich für beide Prüfverfahren eine gute Wiederholbarkeit in den Einzelmessungen. Sowohl mit Prüfgeräten von Netzsch als auch von Anton Paar lassen sich beide Prüfverfahren zuverlässig anwenden. Die zufriedenstellende und aussagekräftige Anwendbarkeit innerhalb eines Labors ist damit sichergestellt.

Aufgrund der hohen Streuung in den Messergebnissen ist eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Laboren derzeit jedoch erschwert. Dabei lassen sich die Unterschiede nicht explizit auf einen Gerätehersteller zurückführen, sondern auf auffällige Prüflabore. Für eine verbesserte Vergleichbarkeit sind eine ausreichende Erfahrung sowie eine Schulung des durchführenden Personals notwendig. Darüber hinaus wird die Vergleichbarkeit mutmaßlich durch die Temperaturkalibrierung der DSR bei tieferen Temperaturen nachteilig beeinflusst. Bisher gibt es keine Lösung für eine zuverlässige Tieftemperaturkalibrierung von den Geräteherstellern.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass viele Labore bereits gut und zuverlässig mit den neuen Prüfverfahren messen können. Trotz der geringen Vergleichpräzision im Vergleich zu anderen Prüfverfahren im DSR können die resultierenden Kennwerte bereits für eine aussagekräftige Bindemittelcharakterisierung angewendet werden. Das Materialverhalten von unterschiedlichen Bindemitteln unterscheidet sich weiterhin deutlich genug für eine Differenzierung. Nach einer Vereinheitlichung der Temperaturkalibrierung (Entwicklung eines geeigneten Temperatursensors) und

weiteren Erfahrungen der teilnehmenden Labore ist langfristig ein flächendeckender Einsatz der Prüfverfahren denkbar. Damit kann potenziell auch die bisher etablierte Prüfung im Biegebalken-Rheometer (BBR) ersetzt werden.

Durch die Open-Access-Veröffentlichung des umfangreichen Schlussberichts stehen sämtliche Ergebnisse der interessierten Fachwelt zur Verfügung. Die begleitende Veröffentlichung der komprimierten Ergebnisse in Straße und Autobahn informieren die Asphaltbranche über die neuesten Entwicklungen in der Prüftechnik und der Bitumencharakterisierung. Die erstellten Prüfvorschriften erlauben eine direkte Anwendung der Prüfverfahren im Labor und bilden die Grundlage für eine Übertragung in das Europäische Regelwerk.

Durch englischsprachige Publikationen können auch andere Länder (vor allem in Europa) von der durchgeführten Vergleichsuntersuchung profitieren. Der Fachartikel im International Journal of Road Materials and Pavement Design beleuchtet die Stärken und auch Schwächen der Prüfverfahren und verdeutlicht die Notwendigkeit der einheitlichen Temperaturkalibrierung. Ein Beitrag (Poster und Research Summary) auf der TRB-Konferenz in den USA gibt Impulse für die Weiterentwicklung der rheologischen Prüftechnik.

5 Literatur

Büchner, J., Sigwarth, T. & Wistuba, M. P. 2021. Testing Conditions for Asphalt Binder Testing Using Dynamic Shear Rheometer with 4 mm Diameter Parallel Plate Geometry. Braunschweig Pavement Engineering Centre (ISBS), Braunschweig. DOI: 10.24355/dbbs.084-202103181558-0.

Büchner, J., Wistuba, M. P., Dasek, O., Staschkiewicz, M., Soenen, H., Zofka, A. & Remmler, T. 2020. Interlaboratory Study on Low Temperature Asphalt Binder Testing Using Dynamic Shear Rheometer with 4 mm Diameter Parallel Plate Geometry. Road Materials and Pavement Design, Vol. 23, Issue 4, 890–906, Taylor & Francis. DOI: 10.1080/14680629.2020.1851291.

Büchner, J., Wistuba, M. P., Nytus, N., Radenberg, M., Hirsch, V. & Röseling, D. 2025. Messungen im Tieftemperaturbereich mit dem dynamischen Scherrheometer: Statistische Auswertung einer Vergleichsuntersuchung. Universitätsbibliothek Braunschweig. DOI: 10.24355/dbbs.084-202508060612-0.

Büchner, J., Wistuba, M. P., Remmler, T. & Wang, D. 2019. On low temperature binder testing using DSR 4 mm geometry. Materials and Structures, Vol. 52, Issue 113, Springer. DOI: 10.1617/s11527-019-1412-3.

DIN ISO 5725-2, 2022. Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen, Teil 2: Grundlegende Methode für die Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichspräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN), Beuth Verlag GmbH, Berlin.

EN 14770, 2023. Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels - Dynamisches Scherrheometer (DSR). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Radenberg, M. & Staschkiewicz, M. 2020. Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Beurteilung des Kälteverhaltens von Bitumen, Bericht zum Forschungsprojekt 07.0293. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Straßenbau (S), Heft S 144, Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG, Bremen.

Sigwarth, T., Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2021. Dynamic Shear Rheometer Testing of Asphalt Binder using 4 mm parallel plate geometry at low temperature, 2nd Interlaboratory Study including test results of 16 participating laboratories from Austria, Belgium, Czech Republic, France, Germany, Italy, Lithuania, Poland, and Sweden. Final Report, Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen. DOI: 10.24355/dbbs.084-202110271159-0.

Wang, D., Cannone Falchetto, A., Alisov, A., Schrader, J., Riccardi, C. & Wistuba, M. P. 2019a. An Alternative Experimental Method for Measuring the Low Temperature Rheological Properties of Asphalt Binder Using 4 mm Parallel Plates on Dynamic Shear Rheometer. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2673, Issue 3, 427–438, Transportation Research Board (TRB), Washington D.C. DOI: 10.1177/0361198119834912.

Wang, D., Cannone Falchetto, A., Riccardi, C., Poulikakos, L. D., Hofko, B., Porot, L., Wistuba, M. P., Baaj, H., Mikhailenko, P. & Moon, K. H. 2019b. Investigation on the combined effect of aging temperatures and cooling medium on rheological properties of asphalt binder based on DSR and BBR. Road Materials and Pavement Design, Vol. 20, Sup. 1: EATA 2019, S409–S433, Taylor & Francis. DOI: 10.1080/14680629.2019.1589559.

Wang, D., Cannone Falchetto, A., Riccardi, C. & Wistuba, M. P. 2020. Investigation on the Low Temperature Properties of Asphalt Binder: Glass Transition Temperature and Modulus Shift Factor. Construction and Building Materials, Vol. 245, Article 118351, Elsevier. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118351.

6 Anhänge

Anhang A - Kurzanleitung 4 mm Temperatur-Frequenz-Sweep

Anhang B - Kurzanleitung Scher-Relaxationsversuch (SRV)

Anhang C – Umfangreicher Schlussbericht der Vergleichsuntersuchung

Anhang D – Research Summary TRB Konferenz Januar 2026, Washington

Anhang E – Scientific Poster TRB Konferenz Januar 2026, Washington

Anhang F – Fachartikel im International Journal of Road Materials and Pavement Design (RMPD)

Anhang G – Fachartikel für Straße und Autobahn

Anhang H – Entwurf der TP Bitumen, Teil 2 C (T-f-Sweep)

Anhang I – Entwurf der AL SRV (Scherrelaxationsversuch)