

TECHNISCHER BERICHT

A444 vom 12. Dezember 2024

**Untersuchung des Verschleißverhaltens
mit dem Parking Abrasion Test mit
erhöhter Zyklenzahl (120.000 Zyklen)
am VA-C-System mit dem Aufbau:
„Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“,
„Spritzabdichtung VA-C S30“ und
„Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“**

Dieser Bericht umfasst 23 Seiten (inkl. Deckblatt).

Wiedergabe, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Fachgebiets Werkstoffe im Bauwesen der RPTU Kaiserslautern-Landau gestattet. Jede Haftung des Fachgebiets und seiner Mitarbeiter aus mündlichen oder schriftlichen Auskünften, Beratungen oder Gutachten ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen. Von Ansprüchen Dritter sind wir freizustellen.

Technischer Bericht: A444

Titel: Untersuchung des Verschleißverhaltens mit dem Parking Abrasion Test mit erhöhter Zyklenzahl (120.000 Zyklen) am VA-C-System mit dem Aufbau:
„Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“

Auftraggeber: VA – Coating GmbH
Alte Duisburger Str. 11
47119 Duisburg

Auftraggeber, vertreten durch: Herr Peter Baumgarten

Auftragsdatum: 15.11.2024

Auftragsnummer: A444

Sachbearbeiter: Dr. rer. nat. Joachim Schulze

Ausgestellt am: 12.12.2024

Berichtsumfang: 23 Seiten

Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau

Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen

Kaiserslautern, 12.12.2024



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit



Dr. rer. nat. Joachim Schulze

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang.....	4
1.1	Allgemeines	4
1.2	Ziel des Vorhabens	4
2	Durchführung der PAT-Versuche.....	4
2.1	Allgemeines zum PAT-Verfahren	4
2.2	Herstellung der Grundkörper und Applikation des Oberflächenschutzsystems	5
2.3	Prüfung mit dem Parking Abrasion Test (PAT)	6
2.4	Bestimmung der mittleren und maximalen Verschleißtiefe.....	8
2.5	Bestimmung des Verschleißvolumens	18
3	Bewertung des Verschleißwiderstandes.....	21
3.1	Bestimmung der Schichtdicken	21
3.2	Bewertung des Verschleißwiderstandes der geprüften Beschichtung	21
4	Zusammenfassung	23

1 Vorgang

1.1 Allgemeines

Die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU), Standort Kaiserslautern, Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen, wurde mit der Verschleißprüfung des auf drei Betongrundkörpern applizierten VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ mithilfe des Parking Abrasion Tests gemäß den Vorgaben des Auftraggebers (Herr Peter Baumgarten, VA – Coating GmbH, Duisburg), mit erhöhter Zyklenzahl (120.000 Zyklen) beauftragt.

Das Beschichtungssystem wurde seitens des Auftraggebers im Zeitraum vom 27.09.2024 bis 28.09.2024 auf quadratische Betongrundkörper aufgetragen. Im Oktober 2024 wurde mittels des Parking Abrasion Tests das Verschleißverhalten bis 15.000 Zyklen geprüft (Technischer Bericht A437). Zur Klärung des weiteren Verschleißverhaltens des VA-C-Systems wurde von Herrn Baumgarten eine erweiterte Verschleißprüfung mit zusätzlichen Belastungszyklen (insgesamt 120.000 Zyklen) am 15.11.2024 beauftragt.

1.2 Ziel des Vorhabens

Mittels des Parking Abrasion Tests der RPTU soll die Verschleißbeständigkeit des VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ mit erhöhter Belastungszyklenzahl (120.000 Zyklen) geprüft werden. Das Prinzip der Prüfung beruht darauf, dass ein PKW-Rad unter Auflast einen darunter befindlichen Probekörper durch eine rotatorische Bewegung belastet. Diese Belastung simuliert die Verschleißbeanspruchung eines befahrenen Beschichtungssystems.

2 Durchführung der PAT-Versuche

2.1 Allgemeines zum PAT-Verfahren

In den gegenwärtig gültigen Regelwerken zur Bestimmung des Abriebwiderstands sowie der Verschleißfestigkeit von Oberflächen existiert bislang kein realitätsnahes Prüfverfahren, das die tatsächlich auftretenden Belastungen, wie sie an langjährigen Referenzen sichtbar sind, bei befahrenen Oberflächenschutzsystemen praxisgerecht nachbilden kann.

Im Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen der RPTU konnte eine Simulation der Verschleißbeanspruchung von befahrenen Oberflächenschutzsystemen¹⁾ durch den sogenannten Parking Abrasion Test (PAT) untersucht und weiterentwickelt werden. Hierbei konnten der grundsätzliche Prüfablauf (Anzahl der Belastungszyklen, Drehgeschwindigkeit des Rades, Unterbrechung der Drehung zwecks Begrenzung der Temperaturerhöhung, etc.) sowie die technisch erforderlichen Anpassungen hinsichtlich der relevanten Prüfparameter (Auflast auf das Prüfrad, Auswahl der Reifenart und Reifendimension, Luftdruck des Prüfrads, etc.) bereits festgelegt werden. Die finale Definition sämtlicher Versuchsparameter erfolgte im Rahmen von weiterführenden Forschungsarbeiten²⁾.

¹⁾ Schulze, J., Blietschau, S., Lillig, J., Breit, W.: Parking Abrasion Test – Entwurf eines Regelwerks zur realitätsnahen Verschleißprüfung von befahrenen Oberflächenschutzsystemen, 10. Kolloquium Parkbauten, Technische Akademie Esslingen, Tagungshandbuch Expert Verlag Tübingen, Februar 2022, S. 73 ff

²⁾ WIPANO-Forschungsprojekt (2020-2022): PAT-OS, Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Verschleißbeständigkeit von befahrenen Oberflächenschutzsystemen mit Hilfe des Parking Abrasion Test (PAT-Verfahren)

2.2 Herstellung der Grundkörper und Applikation des Oberflächenschutzsystems

Für die quadratischen Betongrundkörper mit einer Kantenlänge von 0,50 m und einer Höhe von 0,05 m wurde ein Referenzbeton des Typs C (0,45) nach DIN EN 1766³⁾ ausgewählt. Die Grundkörper wurden im Labor des Fachgebiets Werkstoffe im Bauwesen der RPTU hergestellt und im Alter von 28 Tagen sandgestrahlt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Quadratischer Betongrundkörper, sandgestrahlt

Die Applikation des Oberflächenschutzsystems auf insgesamt drei quadratischen Betongrundkörpern erfolgte im Labor des Auftraggebers (VA – Coating GmbH) vom 27.09.2024 bis 28.09.2024.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Materialien wurden nach Angaben des Auftraggebers für die Herstellung des zur prüfenden VA-C-Systems auf den drei Betongrundkörpern verwendet.

Tabelle 1: Aufbau des geprüften VA-C-Systems (Herstellerangaben)

Lfd. Nr. / Datum	Aufbau/Bezeichnung
1 / 27.09.2024	Grundierung „VA-C P13“ (ca. 0,4 kg/m ²), mit Quarzsand Körnung 0,4 mm – 0,8 mm abgesandet (ca. 1,0 kg/m ²)
2 / 28.09.2024	Spritzabdichtung Polyurea VA-C S30 im Heißspritzverfahren, (ca. 2,7 kg/m ² incl. Rautiefenzuschlag)
3 / 28.09.2024	Spritzabdichtung Overspray VA-C S30 (ca. 0,7 kg/m ²)

³⁾ DIN EN 1766:2017-05 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren, Referenzbetone für Prüfungen

Die drei beschichteten Prüfkörper wurden am 16.10.2024 durch den Auftraggeber geliefert. Im Folgenden wurden je drei Referenzplättchen für die Verschleißmessung mittels Laserscanning aufgebracht (Bsp.: Prüfkörper 1, Abbildung 2).



Abbildung 2: Beschichteter Prüfkörper 1 mit Referenzplättchen für Lasermessung

2.3 Prüfung mit dem Parking Abrasion Test (PAT)

Die Versuche wurden mit handelsüblichen PKW-Sommerreifen (Reifengröße 195/65/R15) durchgeführt (Abbildung 3). Diese wurden jeweils mit einer Last von (400 ± 5) kg belastet.

Ein Prüfzyklus besteht aus drei Schritten. Das Prüfrad wird im ersten Schritt auf der Stelle um (90 ± 5) Grad innerhalb einer Zeitspanne von $(3,5 \pm 1,0)$ Sekunden gedreht. Ohne Unterbrechung erfolgt im zweiten Schritt die Drehbeanspruchung in entgegengesetzter Richtung (-90 ± 5) Grad innerhalb einer Zeitspanne von $(3,5 \pm 1,0)$ Sekunden. Der dritte Schritt besteht aus einer Pause von $(7,0 \pm 1,0)$ Sekunden, sodass sich das Oberflächenschutzsystem nicht über ca. 50 Grad Celsius aufheizt. Im Anschluss an die Pause beginnt ein neuer Prüfzyklus.

Die Drehbewegung verursacht durch Reibung einen Temperaturanstieg im Oberflächenschutzsystem. Durch den Prüfzyklus wird sichergestellt, dass im Gesamtaufbau des Oberflächenschutzsystems eine Temperatur von 50 Grad Celsius bei einer Raumtemperatur von 23 Grad Celsius nicht überschritten wird⁴⁾. Insgesamt wird eine Prüfstelle planmäßig nach DAfStb-Richtlinie⁴⁾ mit 15.000 Zyklen belastet. Hierbei wird bis zum Erreichen von 5.000 Zyklen die Verschleißtiefe alle 1.250 Zyklen, anschließend nach 7.500, 10.000 und 15.000 Zyklen bestimmt⁴⁾. Tritt ein früheres Versagen der verschleißbelasteten Oberfläche ein, wird der Versuch nach der entsprechenden reduzierten Zyklenanzahl beendet und das geprüfte System ist als System mit ungenügendem Verschleißwiderstand zu klassifizieren.

Im vorliegenden Bericht wurde die Verschleißbelastung des zu untersuchenden VA-C-Systems auf insgesamt 120.000 Zyklen erweitert, wobei auf einer Messstelle acht Belastungsintervalle mit jeweils 15.000 Zyklen ausgeführt wurden (Abbildung 3).



Abbildung 3: Versuchsaufbau Parking Abrasion Test, drei PAT-Prüfstände in klimatisierter Umgebung (Klimakammer mit 23 °C/50 % rel. Feuchte)

Die Dokumentation erfolgt fotografisch und mit einem Halbleiter-Laser LJ-V7300 der Firma Keyence. Die Verschleißtiefe wird anschließend mit dem Programm Matlab ausgewertet. Mit Beendigung des Versuchs erfolgt die Einstufung des Oberflächenschutzsystems anhand der mittleren bzw. maximalen Verschleißtiefe in die Kategorien hoher, mäßiger, geringer oder ungenügender Verschleißwiderstand⁴⁾.

⁴⁾ Entwurf DAfStb-Richtlinie (Stand Januar 2024) Bestimmung des Verschleißwiderstands von Oberflächenschutzsystemen mit dem Parking Abrasion Test (PAT); seit 2024-01 im Gelbdruckverfahren

2.4 Bestimmung der mittleren und maximalen Verschleißtiefe

Die Probekörper wurden jeweils nach der vorgegebenen Zyklanzahl mithilfe eines Lasers vermessen, der das Höhenprofil der Probe quantitativ erfassen kann. Mit Hilfe von drei Metallplättchen als Bezugspunkte (Abbildung 4) ist über Punktfelder im unbelasteten Bereich des Probekörpers für jede Messung eine virtuelle Referenzebene zu definieren. Die Punktfelder zum Aufspannen der virtuellen Referenzebene sind bei den weiteren Messungen zu übernehmen. Der Verschleiß eines jeden Messpunktes ist definiert über die Differenz des Abstandes des betrachteten Messpunktes zu der festgelegten virtuellen Referenzebene nach dem jeweiligen Belastungsintervall im Vergleich zum Abstand bei der Nullmessung. Verschleißwerte mit positivem Vorzeichen kennzeichnen einen Materialabtrag, der Messwert ergibt die Verschleißtiefe. Verschleißwerte mit negativem Vorzeichen kennzeichnen keinen Materialabtrag und werden bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

Im belasteten Bereich wird eine kreisförmige Bewertungsfläche mit einem Durchmesser von 160 mm so positioniert, dass die Summe der Verschleißtiefen derjenigen Messpunkte, die innerhalb dieses Kreises liegen, maximal wird (Abbildung 4, Kreis kennzeichnet schematisch die Bewertungsfläche eines Probekörpers).

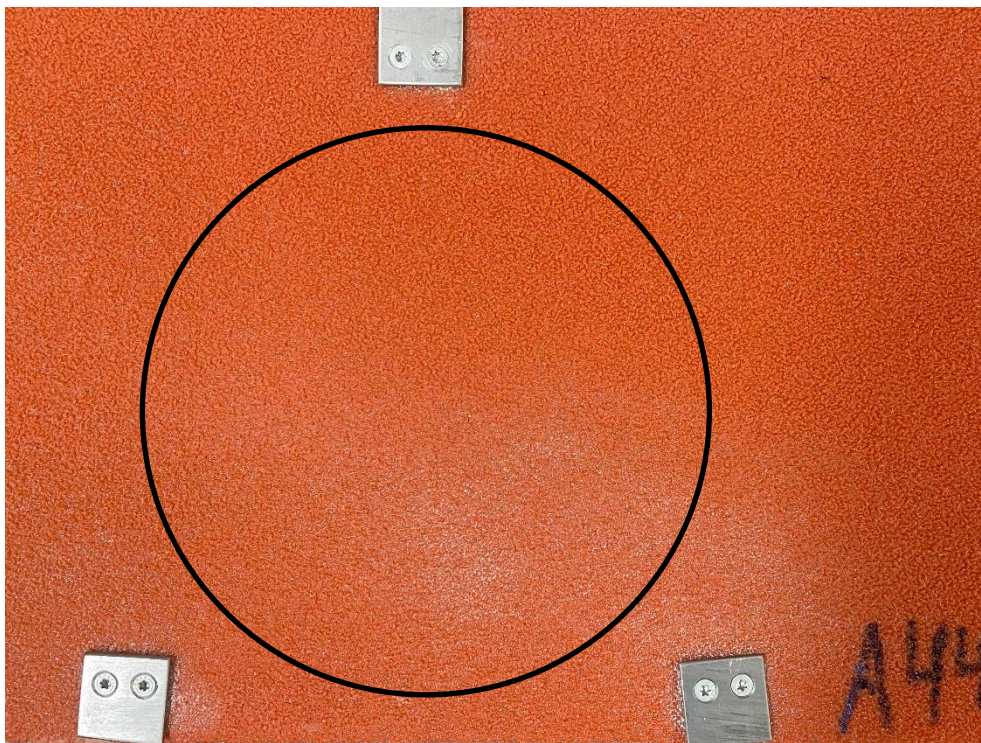


Abbildung 4: Messstelle (Kreis, schematisch) mit Metallplättchen als Bezugspunkte

Die mittlere Verschleißtiefe $V_{m,i}$ ist definiert als Medianwert der Verschleißtiefen aller Messpunkte innerhalb der kreisförmigen Bewertungsfläche. Die maximale Verschleißtiefe $V_{max,i}$ wird als Medianwert aus einem auf ein Prozent festgelegten Anteil aller Messpunkte bestimmt, die die größten Verschleißtiefen innerhalb der kreisförmigen Bewertungsfläche aufweisen⁴⁾.

In den nachfolgenden Abbildungen ist die Auswertung der Verschleißmessungen an Probekörper 1 nach 15.000, 30.000, 60.000, 90.000 und 120.000 Zyklen (Abbildung 5 bis Abbildung 8) dargestellt. Der Verschleißwiderstand wurde an einer Messstelle auf Prüfplatte 1 ermittelt. Geringere Verschleißtiefen bei höherer Zyklanzahl werden durch nicht vollständig entfernbaren Reifenabrieb verursacht.

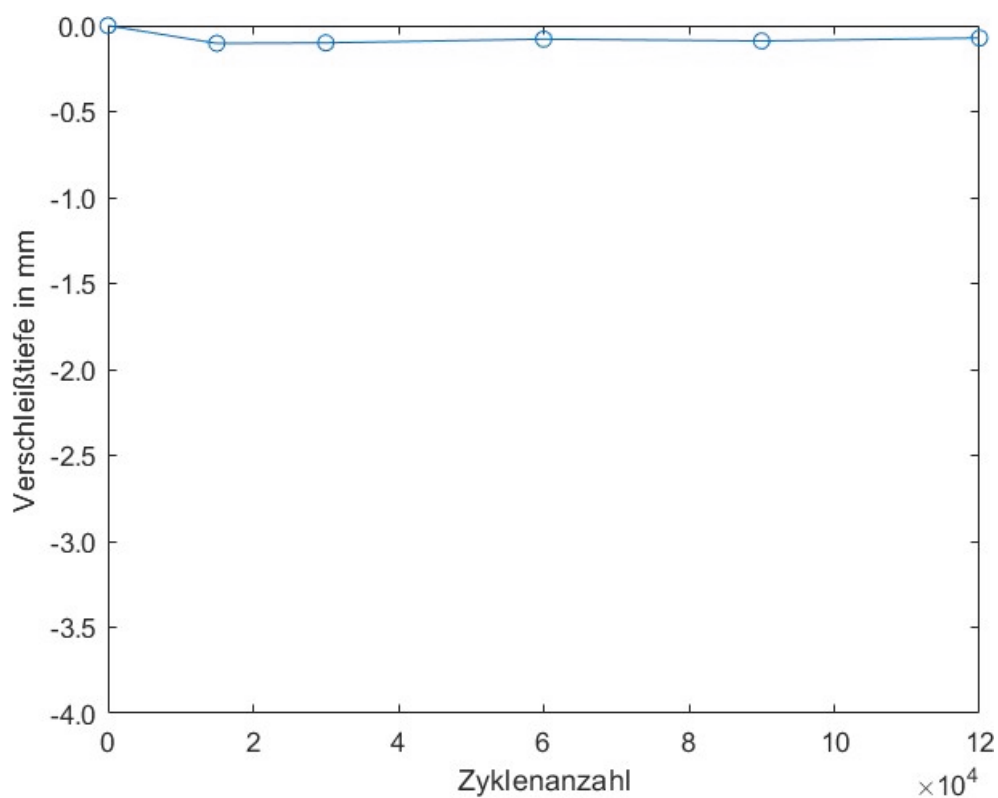


Abbildung 5: Probekörper 1 – Median mittlere Verschleißtiefe $V_{m,1}$: 0,1 mm (120.000 Zyklen)

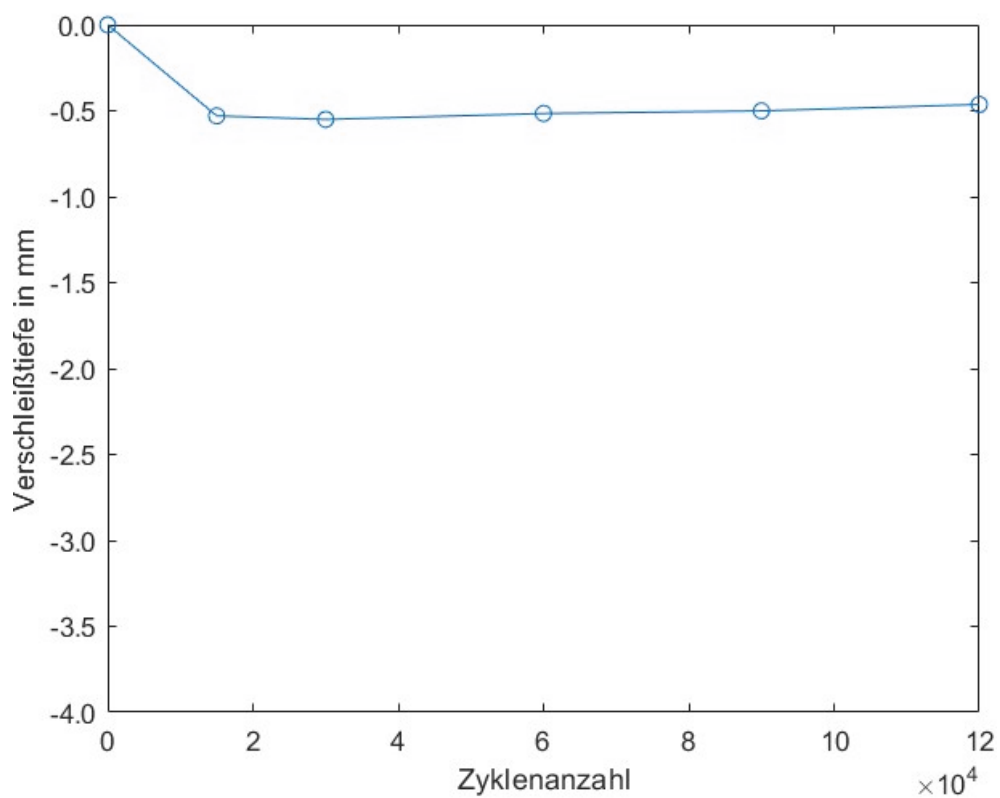


Abbildung 6: Probekörper 1 – Median maximale Verschleißtiefe $V_{max,1}$: 0,5 mm (120.000 Zyklen)

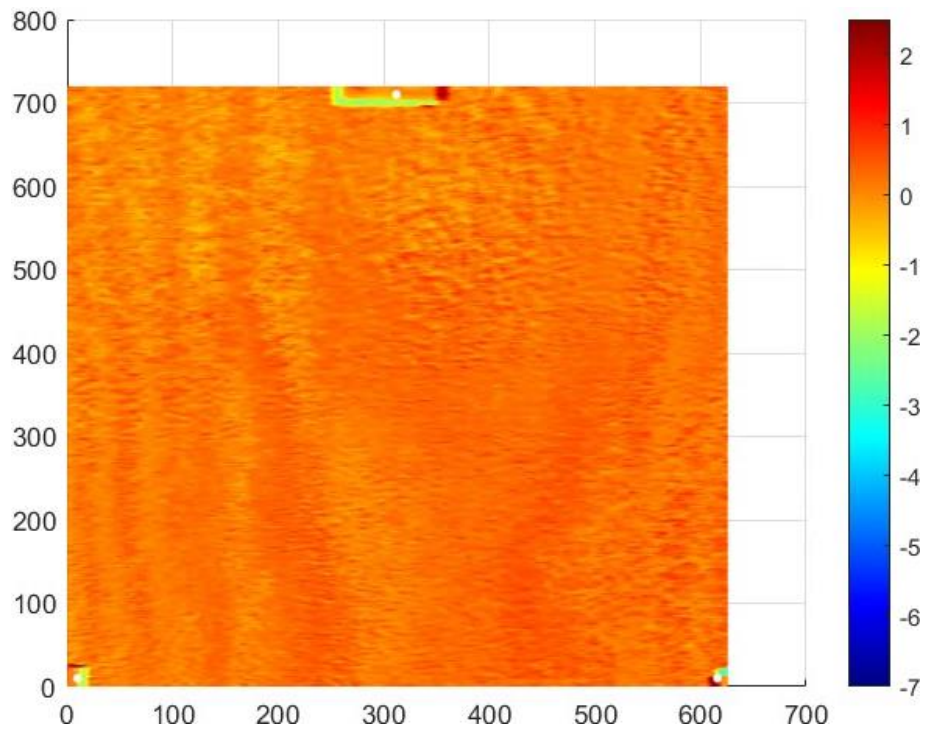


Abbildung 7: Probekörper 1 – Aufsicht, 15.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

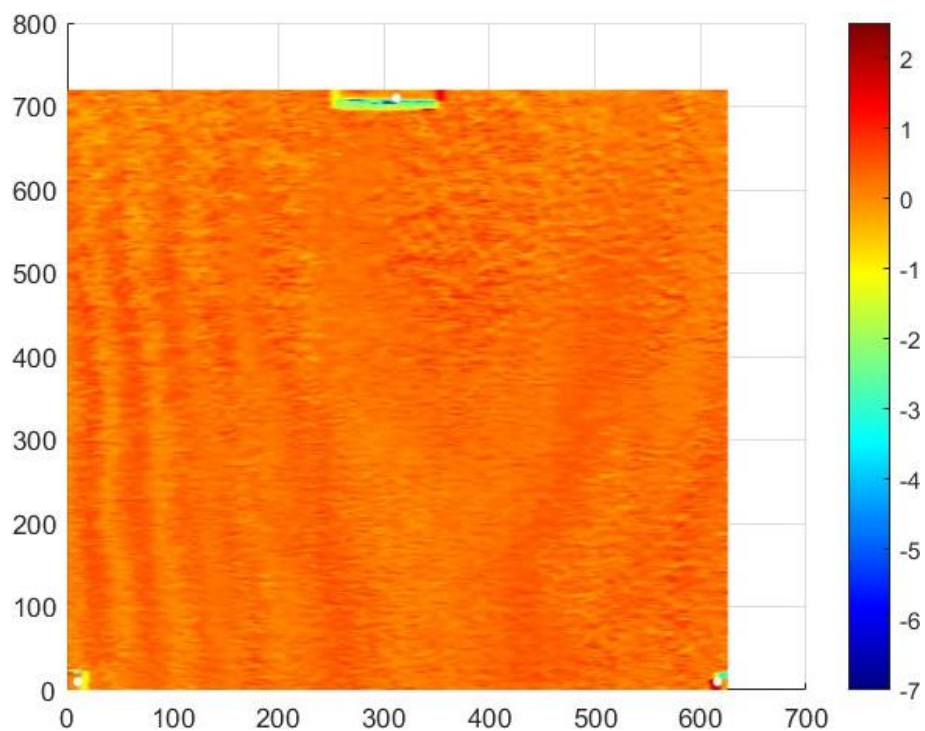
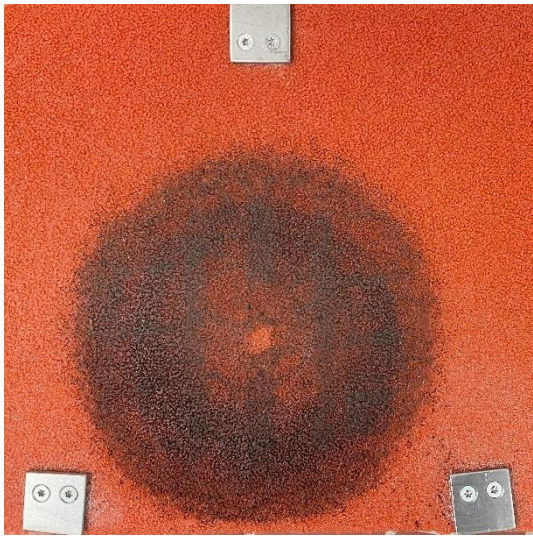
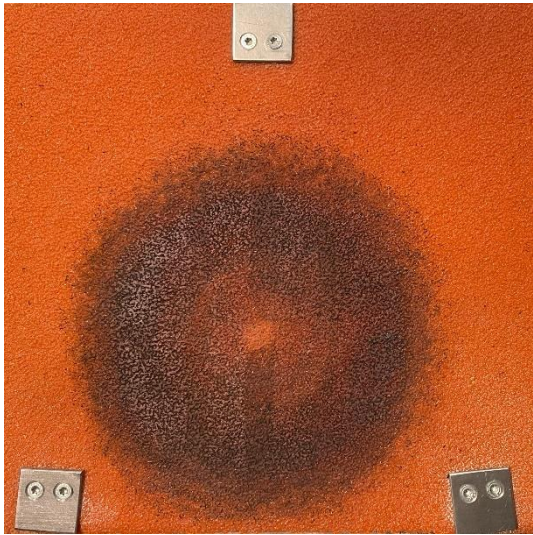
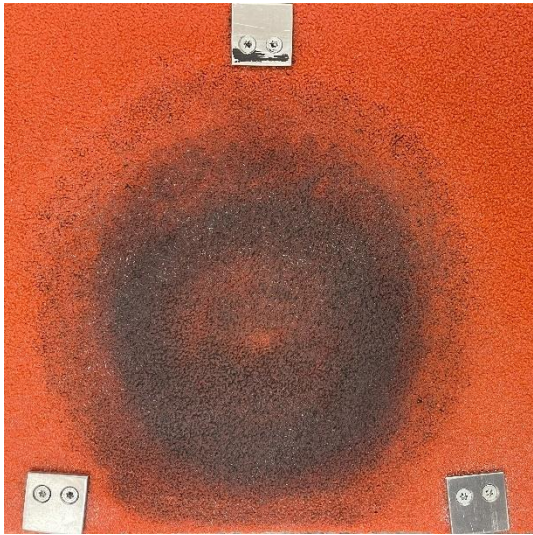
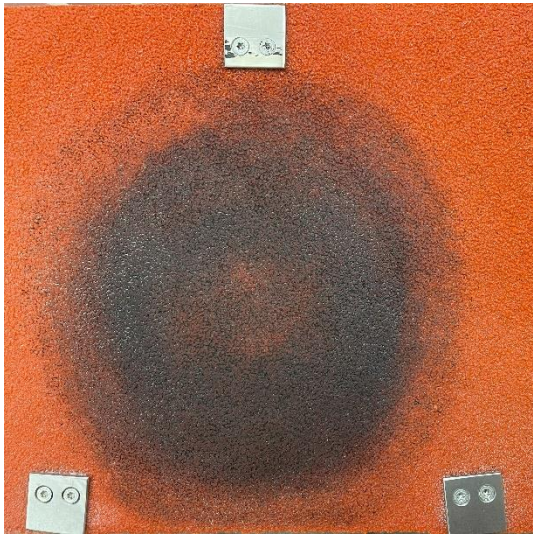


Abbildung 8: Probekörper 1 – Aufsicht, 120.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist die verschleißbelastete Messstelle des Probekörpers 1 in Abhängigkeit von der durchgeführten Zyklenanzahl fotografisch dargestellt. Der zunehmende Reifenabrieb, der nach jedem Belastungszyklus weitestgehend entfernt wurde, ist deutlich zu erkennen. Eine kontinuierliche Auswertung des Verschleißes erfolgte durch Laser-Messungen an der nachfolgend abgebildeten Messstelle des Probekörpers 1.

Tabelle 2: Foto-Dokumentation Probekörper 1, 0 bis 120.000 Zyklen

	
0 Zyklen	15.000 Zyklen
	
30.000 Zyklen	60.000 Zyklen
	
90.000 Zyklen	120.000 Zyklen

In den nachfolgenden Abbildungen 9 bis 12 ist die Auswertung der Verschleißmessungen an Probekörper 2 nach 15.000, 30.000, 60.000, 90.000 und 120.000 Zyklen dargestellt. Der Verschleißwiderstand wurde an einer Messstelle auf der beschichteten Prüfplatte 2 ermittelt.

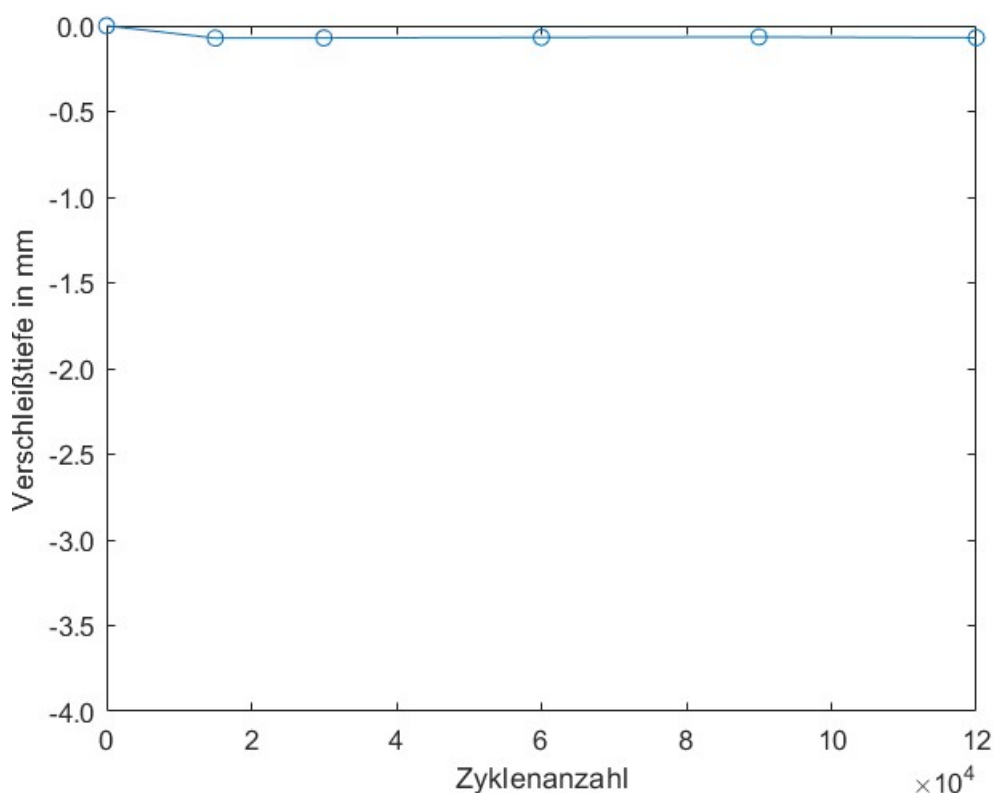


Abbildung 9: Probekörper 2 – Median mittlere Verschleißtiefe $V_{m,2}$: 0,1 mm (120.000 Zyklen)

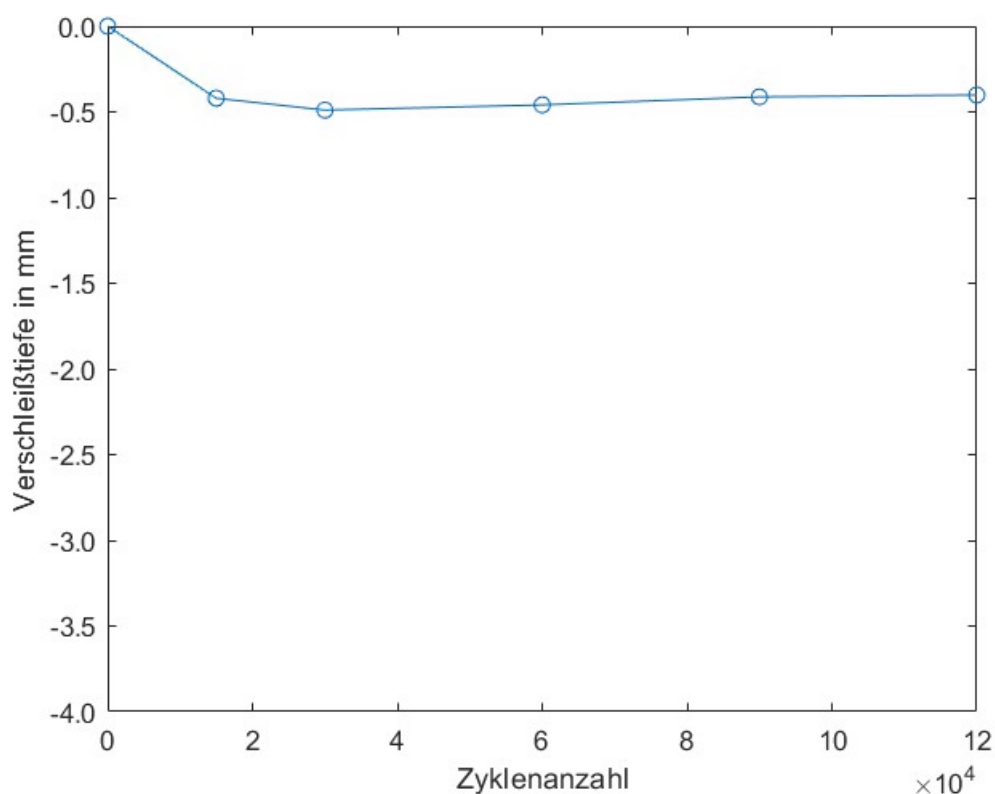


Abbildung 10: Probekörper 2 – Median maximale Verschleißtiefe $V_{max,2}$: 0,4 mm (120.000 Zyklen)

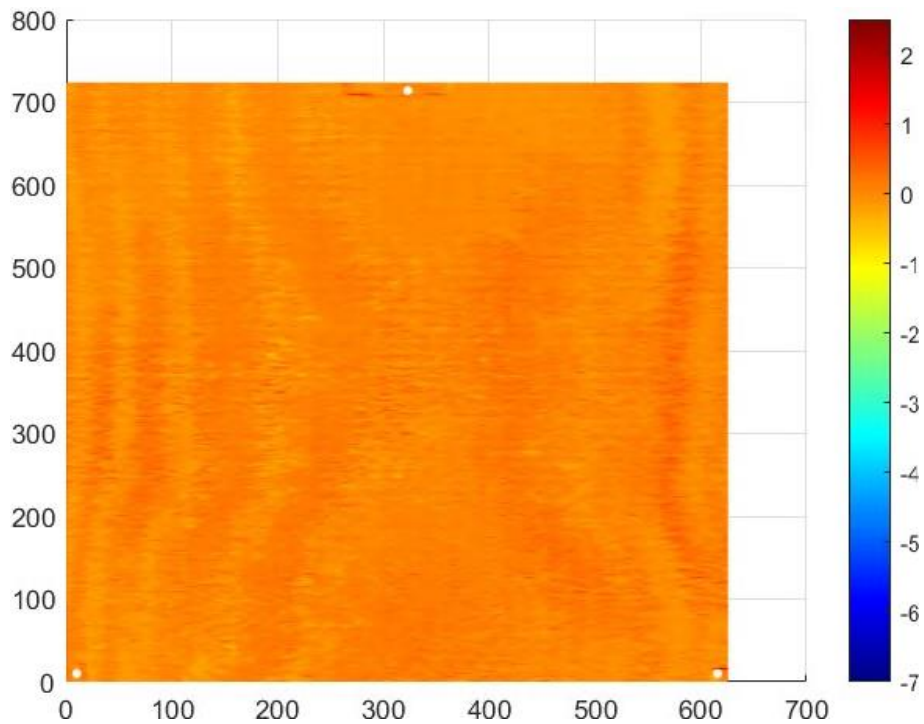


Abbildung 11: Probekörper 2 – Aufsicht, 15.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

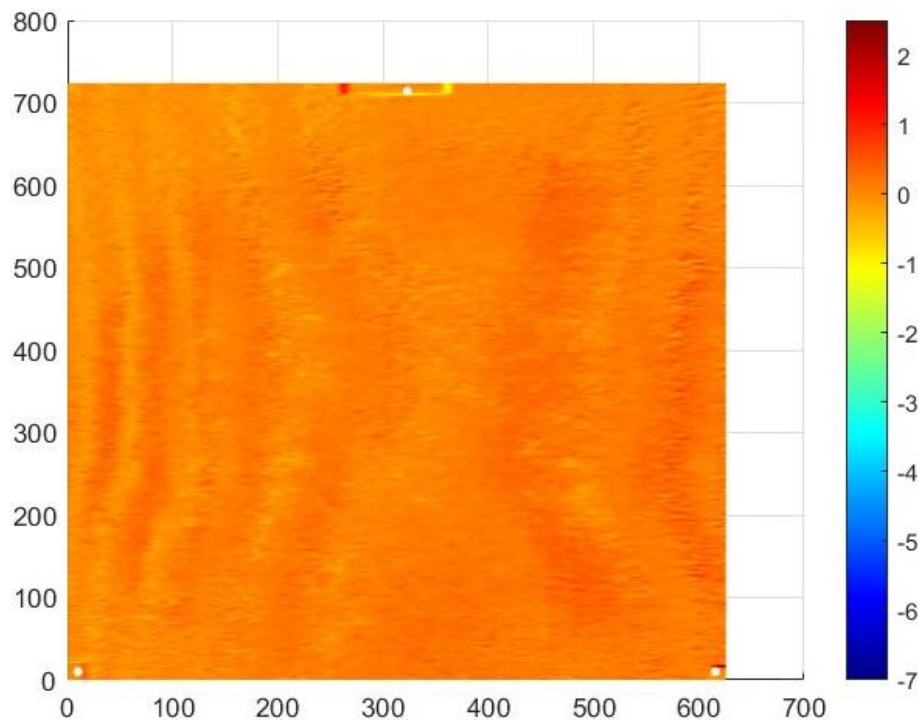
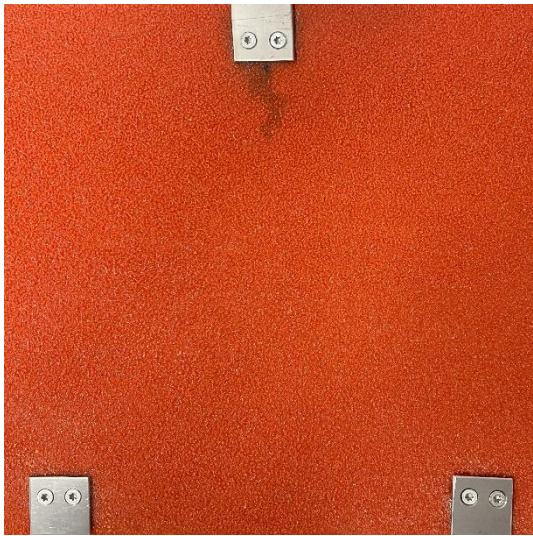
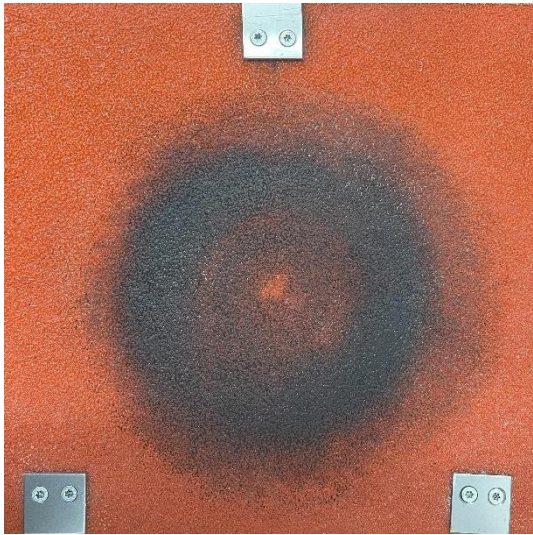
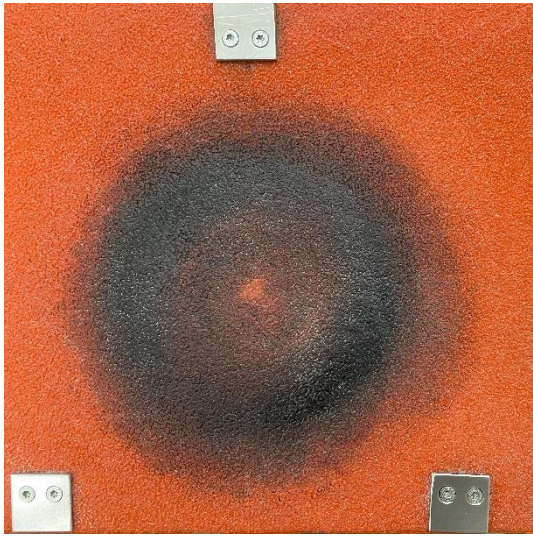
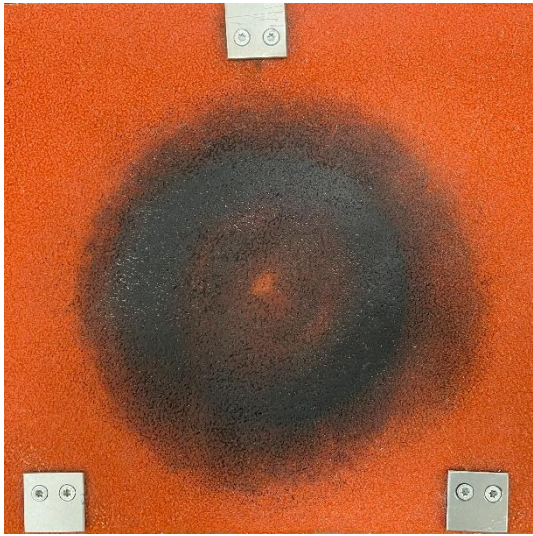


Abbildung 12: Probekörper 2 – Aufsicht, 120.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

In der nachfolgenden Tabelle 3 ist die verschleißbelastete Messstelle des Probekörpers 2 in Abhängigkeit von der durchgeführten Zyklenanzahl fotografisch dargestellt. Der zunehmende Reifenabrieb, der nach jedem Belastungszyklus weitestgehend entfernt wurde, ist deutlich zu erkennen. Eine kontinuierliche Auswertung des Verschleißes erfolgte durch Laser-Messungen an der nachfolgend abgebildeten Messstelle des Probekörpers 2.

Tabelle 3: Foto-Dokumentation Probekörper 2, 0 bis 120.000 Zyklen

	
0 Zyklen	15.000 Zyklen
	
30.000 Zyklen	60.000 Zyklen
	
90.000 Zyklen	120.000 Zyklen

In den nachfolgenden Abbildungen 13 bis 16 ist die Auswertung der Verschleißmessungen an Probekörper 3 nach 15.000, 30.000, 60.000, 90.000 und 120.000 Zyklen dargestellt. Der Verschleißwiderstand wurde an einer Messstelle auf der beschichteten Prüfplatte 3 ermittelt.

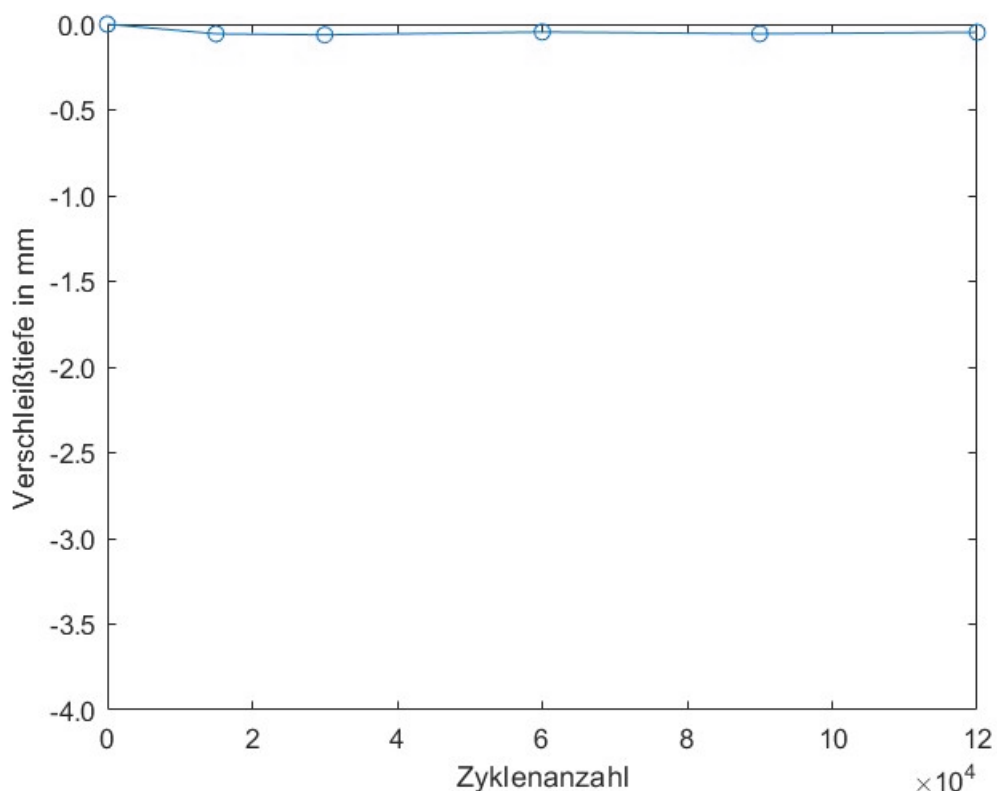


Abbildung 13: Probekörper 3 – Median mittlere Verschleißtiefe $V_{m,3}$: 0,1 mm (120.000 Zyklen)

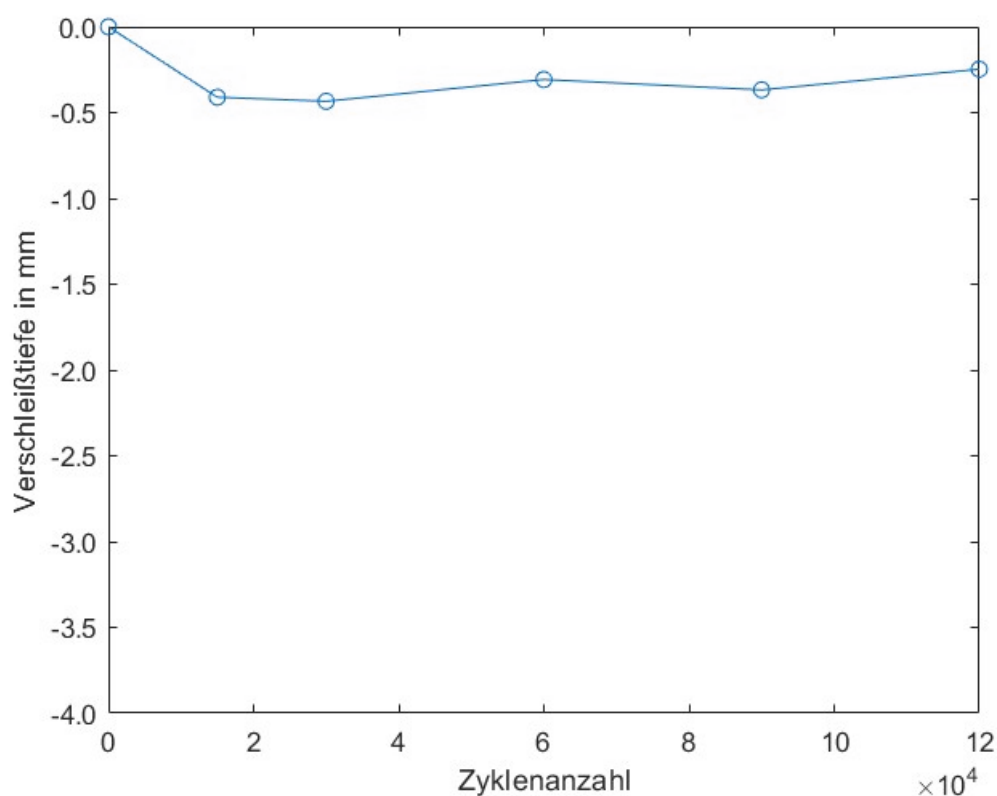


Abbildung 14: Probekörper 3 – Median maximale Verschleißtiefe $V_{max,3}$: 0,3 mm (120.000 Zyklen)

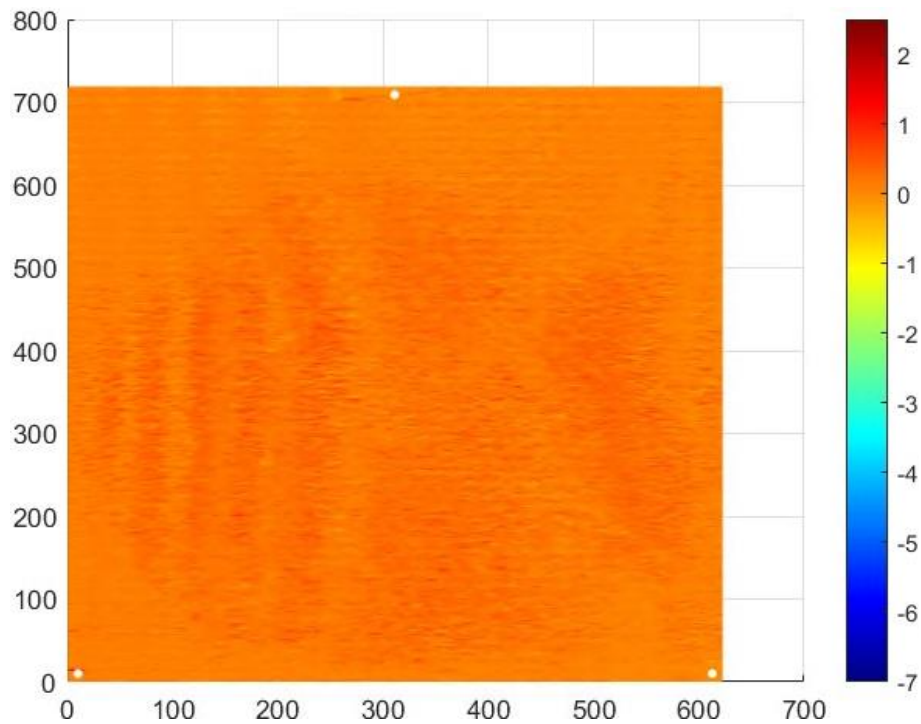


Abbildung 15: Probekörper 3 – Aufsicht, 15.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

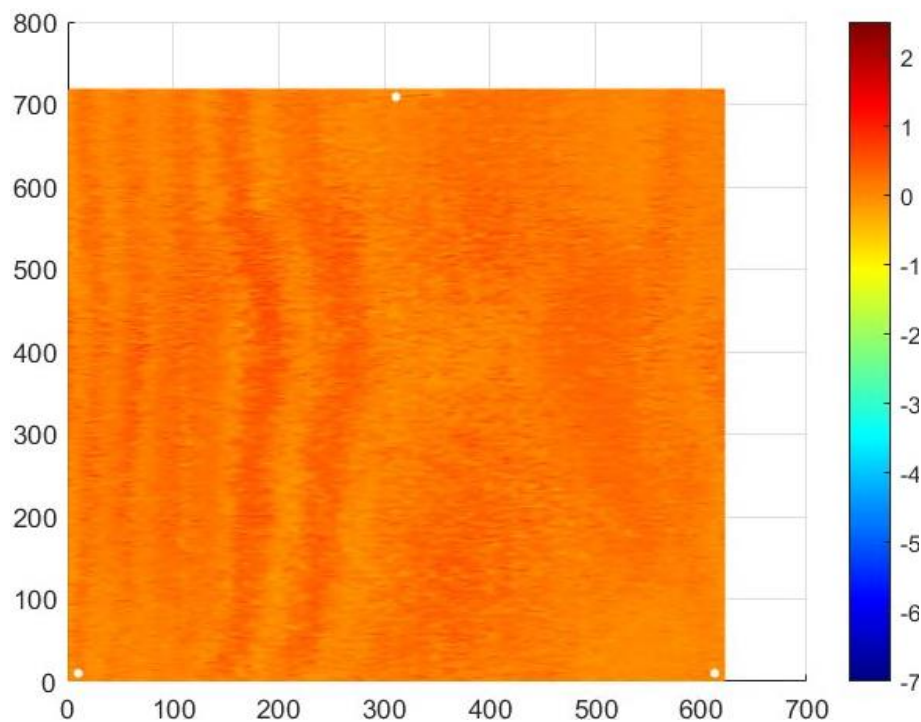
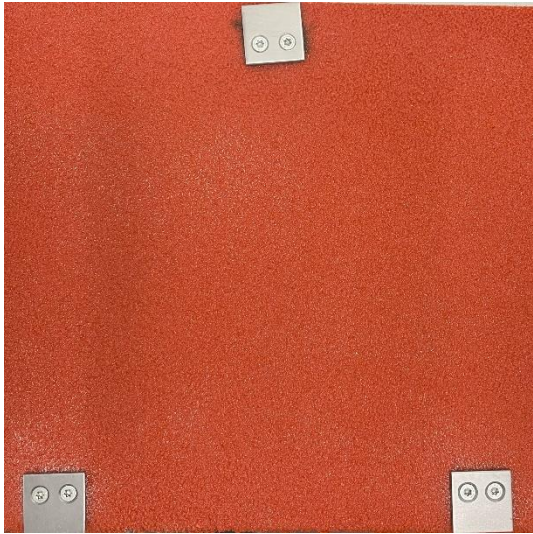
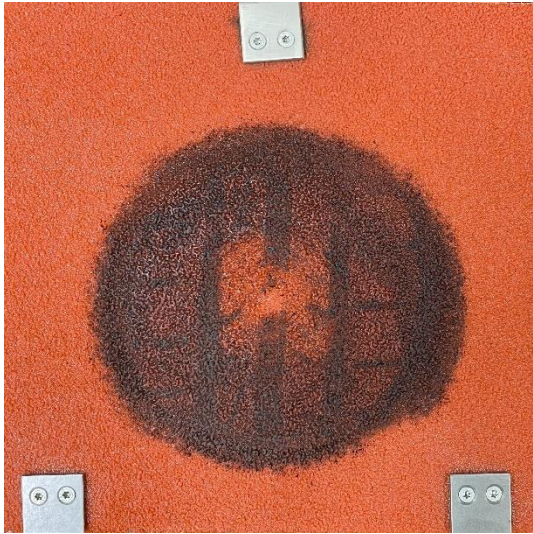
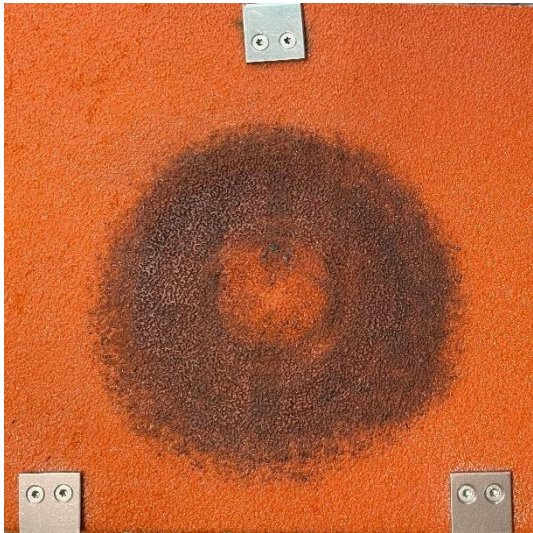
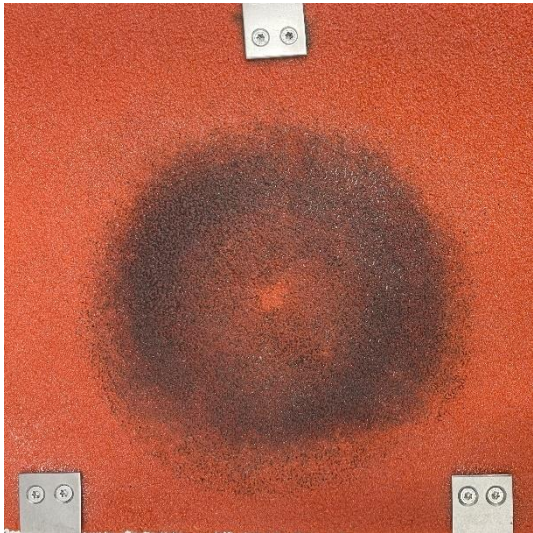
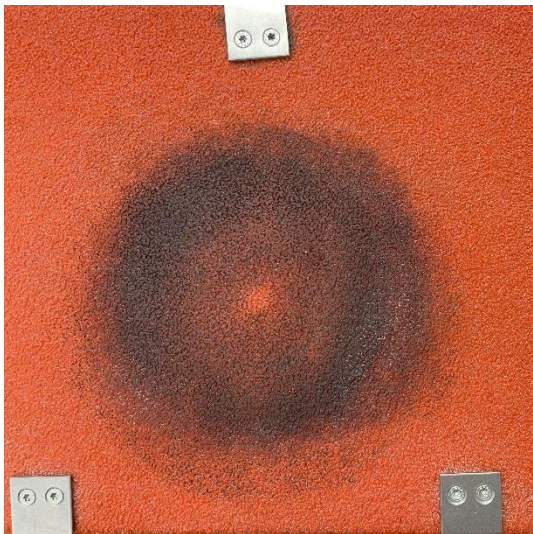


Abbildung 16: Probekörper 3 – Aufsicht, 120.000 Zyklen (Achsenbeschriftungen entsprechen Messpunkten des Lasers, Millimetereinteilung (Höhe auf Probe) an Farbskala)

In der nachfolgenden Tabelle 4 ist die verschleißbelastete Messstelle des Probekörpers 3 in Abhängigkeit von der durchgeführten Zyklenanzahl fotografisch dargestellt. Der zunehmende Reifenabrieb, der nach jedem Belastungszyklus weitestgehend entfernt wurde, ist deutlich zu erkennen. Eine kontinuierliche Auswertung des Verschleißes erfolgte durch Laser-Messungen an der nachfolgend abgebildeten Messstelle des Probekörpers 3.

Tabelle 4: Foto-Dokumentation Probekörper 3, 0 bis 120.000 Zyklen

	
0 Zyklen	15.000 Zyklen
	
30.000 Zyklen	60.000 Zyklen
	
90.000 Zyklen	120.000 Zyklen

2.5 Bestimmung des Verschleißvolumens

Das insgesamt über den gesamten Belastungsbereich abgetragene Verschleißvolumen der drei untersuchten Probekörper des VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ ist in Abhängigkeit von den Belastungszyklen in den Abbildungen 17 bis 22 bis zu einer Anzahl von 120.000 Zyklen dargestellt. Scheinbar geringeres Verschleißvolumen bei höherer Zyklenanzahl wird durch nicht entfernbaren Reifenabrieb verursacht.

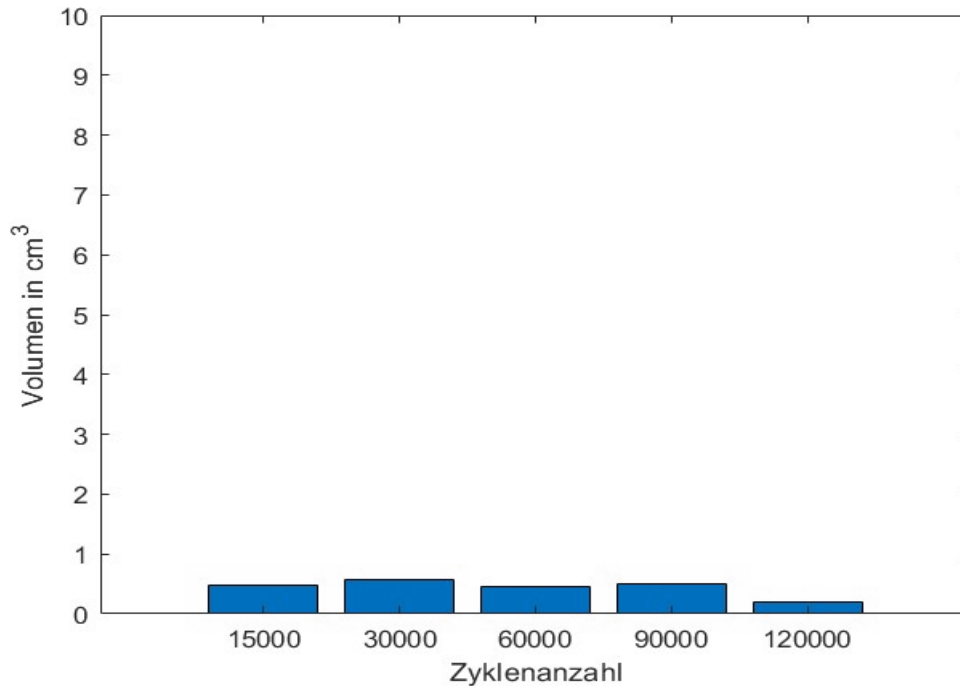


Abbildung 17: Probekörper 1: Verschleißvolumen des gesamten Belastungsbereichs in Abhängigkeit von den Belastungszyklen; $V_{\text{Vol},1}$: $0,4 \text{ cm}^3$ (120.000 Zyklen)



Abbildung 18: Messstelle des Probekörpers 1 nach 120.000 Zyklen; Verschleißbereich gereinigt

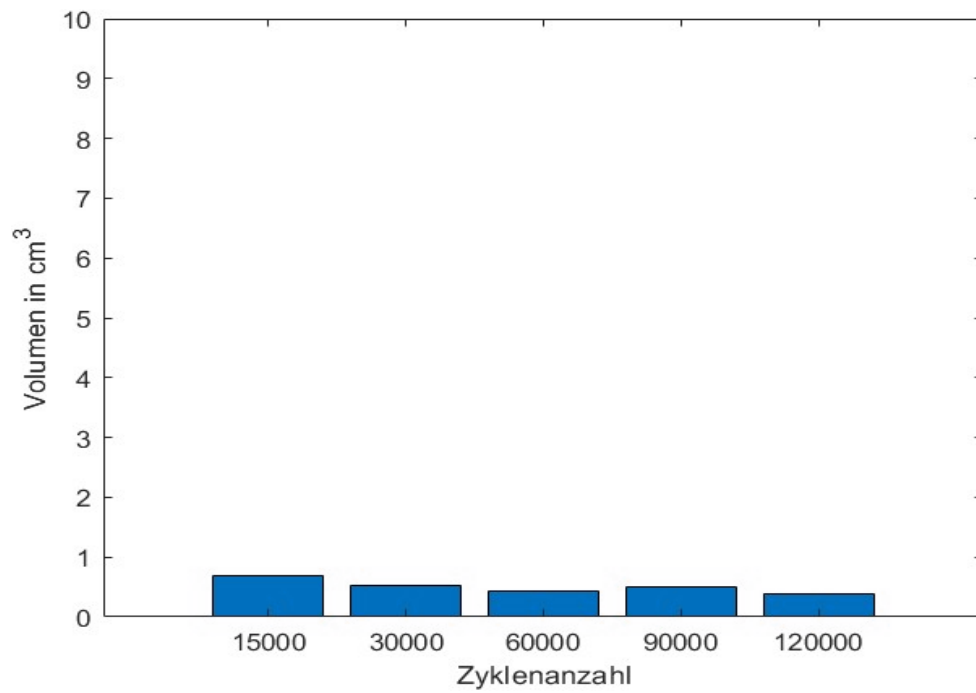


Abbildung 19: Probekörper 2: Verschleißvolumen des gesamten Belastungsbereichs in Abhängigkeit von den Belastungszyklen; $V_{\text{Vol},2}$: 0,5 cm³ (120.000 Zyklen)



Abbildung 20: Messstelle des Probekörpers 2 nach 120.000 Zyklen; Verschleißbereich gereinigt

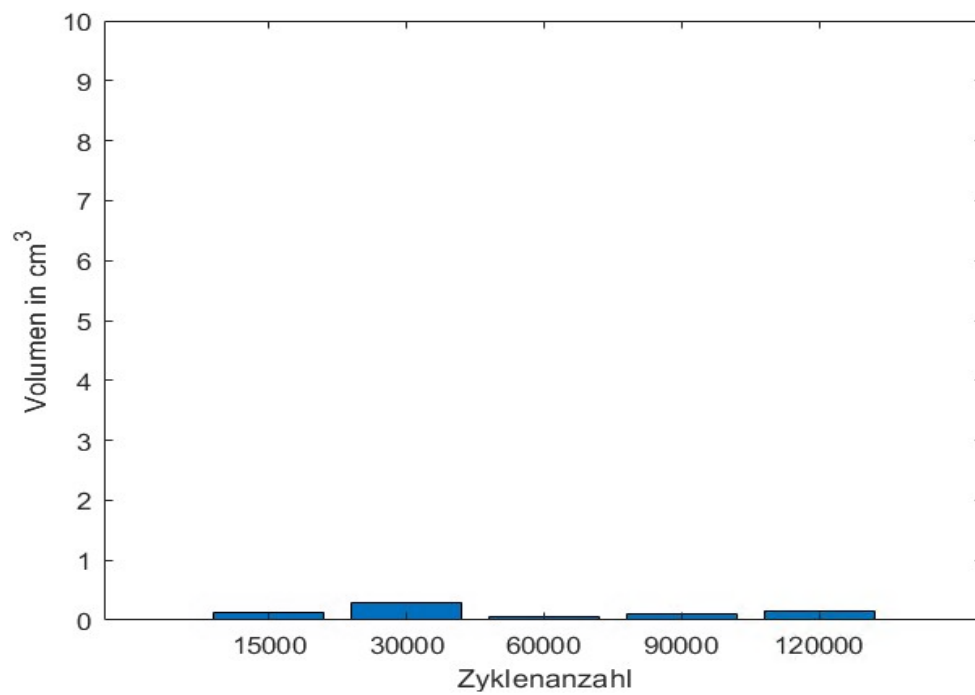


Abbildung 21: Probekörper 3: Verschleißvolumen des gesamten Belastungsbereichs in Abhängigkeit von den Belastungszyklen; $V_{\text{Vol},3}$: 0,3 cm³ (120.000 Zyklen)



Abbildung 22: Messstelle des Probekörpers 3 nach 120.000 Zyklen; Verschleißbereich gereinigt

3 Bewertung des Verschleißwiderstandes

3.1 Bestimmung der Schichtdicken

An den Probekörpern ist nach Beendigung der Verschleißprüfung die Trockenschichtdicke der einzelnen Schichten nach DIN EN ISO 2808, Verfahren 6A an einem Querschnitt zu ermitteln.

Zur Herstellung eines Querschnitts ist der Probekörper entlang einer seiner Symmetrieachsen über die gesamte Probekörperlänge senkrecht zur Probenoberfläche zu trennen. Der Schnitt darf dabei nicht durch den Bereich der Probe erfolgen, der der Verschleißbeanspruchung ausgesetzt war. Mit einem Randabstand von 25 mm sind im Abstand von jeweils 25 mm die Trockenschichtdicken der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) und der darüber liegenden Schichten unter einem Lichtmikroskop auf 0,1 mm genau zu messen.

Die ermittelten Medianwerte $d_{OS,med,i}$ sowie die kleinsten und größten Einzelwerte der Gesamtschichtdicke der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) und der darüber liegenden Schichten sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Gesamtschichtdicken der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) und der darüber liegenden Schichten des VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“

Probekörper	Gesamtschichtdicken der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) und der darüber liegenden Schichten		
	Kleinsten Einzelwert [mm]	Größter Einzelwert [mm]	Medianwert $d_{OS,med,i}$ [mm]
1	2,6	3,1	3,0
2	3,0	3,3	3,2
3	3,0	3,4	3,2

3.2 Bewertung des Verschleißwiderstandes der geprüften Beschichtung

Die Bewertung des Verschleißwiderstandes eines einzelnen Prüfkörpers erfolgt über die Quotienten $R_{m,i}$ und $R_{max,i}$, berechnet aus der mittleren bzw. maximalen Verschleißtiefe ($V_{m,i}$ bzw. $V_{max,i}$) im Verhältnis zum Medianwert der Gesamtschichtdicke der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) und der darüber liegenden Schichten ($d_{OS,med,i}$).

$$R_{m,i} = V_{m,i} / d_{OS,med,i} \quad (1)$$

$$R_{max,i} = V_{max,i} / d_{OS,med,i} \quad (2)$$

Die Bewertung des Verschleißwiderstandes der geprüften Beschichtung ergibt sich aus dem Medianwert der Quotienten der mittleren ($R_{m,i}$) und maximalen ($R_{max,i}$) Verschleißtiefe der drei untersuchten Probekörper, die mit einer Genauigkeit von 1 % als R_m und R_{max} angegeben werden.

Die ermittelten Verschleißkenngrößen an den mit 120.000 Zyklen belasteten Probekörpern sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Verschleißkenngrößen des geprüften VA-C-Systems nach 120.000 Zyklen

Probekörper	Medianwert Schichtdicke $d_{OS,med,i}$ [mm]	Mittlere Verschleiß- tiefe $V_{m,i}$ [mm]	Maximale Verschleiß- tiefe $V_{max,i}$ [mm]	Quotient $R_{m,i}$ der mittleren Verschleißtiefe [%]	Quotient $R_{max,i}$ der maximalen Verschleißtiefe [%]
1	3,0	0,1	0,5	3	17
2	3,2	0,1	0,4	3	13
3	3,2	0,1	0,3	3	9
Medianwert		V_m : 0,1	V_{max} : 0,4	R_m : 3	R_{max} : 13

Tabelle 7 enthält die zulässigen Grenzwerte R_m und R_{max} für die Einstufung des Verschleißwiderstandes⁴⁾ der geprüften Beschichtung nach 15.000 Zyklen. Der Verschleiß des mit 120.000 Zyklen belasteten VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ wird in Anlehnung an Tabelle 7 beurteilt.

Tabelle 7: Grenzwerte zur Einstufung des Verschleißwiderstandes der geprüften Beschichtung⁴⁾

S Z	1	2	3
	Einstufung der Beschichtung	Grenzwert für den Quotienten der mittleren Verschleißtiefe R_m nach Gl. 1	Grenzwert für den Quotienten der maximalen Verschleißtiefe R_{max} nach Gl. 2
1	Hoher Verschleißwiderstand	$\leq 5 \%$	$\leq 20 \%$
2	Mäßiger Verschleißwiderstand	$\leq 20 \%$	$\leq 50 \%$
3	Geringer Verschleißwiderstand	$\leq 40 \%$	$\leq 80 \%$
4	Unzureichender Verschleißwiderstand	$> 40 \%$	$> 80 \%$

Sofern sich für den Quotienten der mittleren Verschleißtiefe R_m und für den Quotienten der maximalen Verschleißtiefe R_{max} unterschiedliche Einstufungen nach Tabelle 7 ergeben, ist für die Beurteilung der Verschleißbeständigkeit die Eingruppierung mit den höheren Grenzwerten für R_m und R_{max} maßgeblich.

Nach 120.000 Zyklen war ein sehr geringfügiger Abtrag des VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ und somit ein nach Tabelle 7 hoher Verschleißwiderstand festzustellen. Hierbei ist zu beachten, dass die Klassifikation für den Gesamtaufbau gilt.

4 Zusammenfassung

Die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU), Standort Kaiserslautern, Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen, wurde mit der Verschleißprüfung des auf drei Betongrundkörpern applizierten VA-C-Systems mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ mithilfe des Parking Abrasion Tests gemäß den Vorgaben des Auftraggebers (Herr Peter Baumgarten, VA – Coating GmbH, Duisburg) beauftragt.

Insgesamt wurden die drei beschichteten Prüfkörper an jeweils einer Messstelle mit einer erhöhten Belastungszyklenanzahl von 120.000 Zyklen beaufschlagt (Standard-PAT: 15.000 Zyklen).

An dem geprüften VA-C-System mit dem Aufbau: „Grundierung VA-C P13 mit Quarzsand“, „Spritzabdichtung VA-C S30“ und „Spritzabdichtung Overspray VA-C S30“ wurde nach 120.000 Zyklen ein sehr geringer Verschleiß detektiert. Aufgrund des mittels Parking Abrasion Test festgestellten Verschleißes wurde die Einstufung „hoher Verschleißwiderstand“ vorgenommen.

Die ermittelten Verschleißwerte des untersuchten VA-C-Systems nach 120.000 Zyklen erfüllen die Anforderungen für hohen Verschleißwiderstand, die als Kriterien im Standard-PAT-Verfahren nach 15.000 Belastungszyklen herangezogen werden.