

Forschungsbericht Nr. 2385

Kunststoffgebundener Straßenoberbau im Überrollversuch

(Terra Elast AG)

1. ALLGEMEINES

Die Fa. Terra Elast AG stellt Boden- und Fahrbahnbeläge aus kunststoffgebundenen Gesteinskörnungsgemischen her. Hierbei kommen gebrochene Gesteinskörnungen unterschiedlicher Korngrößen und als Bindemittel Polyurethane oder Epoxidharze zur Anwendung. In den Forschungsberichten Nr. 2362 und Nr. 2362 a wurden mechanische Kennwerte und das Tragverhalten eines zweischichtigen, kunststoffgebundenen Oberbaus beschrieben. Zur Untersuchung der Standfestigkeit des Oberbaus unter rollender Last beschreibt der vorliegende Bericht Prüfungen im Überrollprüfstand. In mehreren Versuchsphasen wurde die rollende Beanspruchung bei unterschiedlichen Radlast/Fülldruck-Kombinationen in insgesamt 60.000 Überrollungen aufgebracht. Der Einfluss hochsommerlicher Belagtemperaturen wurde ebenso untersucht wie die Wirkung zusätzlicher Horizontalkräfte (Bremsvorgang).

Die Prüfungen erfolgten im August und September 2007 am Prüfam für Bau von Landverkehrswegen der TU München, Baumbachstr. 7, 81245 München.

2. VERSUCHSMATERIAL UND VERSUCHSSTAND

Vom Auftraggeber wurden zwei Probekörper des zweischichtigen Oberbaus (4 cm Deckschicht, 20 cm Tragschicht) mit Flächenabmessungen von 130 x 130 cm hergestellt. Die Probekörper sind je zur Hälfte mit zwei unterschiedlichen Deckschichtvarianten (Granit grau mit Körnung 1/3 mm, 8 % Bindemittelanteil und Granit gelb mit Körnung 2/4 mm, 6 % Bindemittelanteil) ausgeführt. Das Tragschichtmaterial (Naturschotter mit Körnung 8/11 mm) wurde zwischen den beiden Hälften nicht variiert. Das Bindemittel der Tragschicht trägt die Bezeichnung TE 02 G 2 K EP G 002, in den beiden Deckschichtarten wurde das Bindemittel TE 020 H 2 PU verwendet.

Der Überrollprüfstand am Prüfamt für Bau von Landverkehrswegen ermöglicht großmaßstäbliche Laboruntersuchungen zur Verformungsresistenz von Oberbaukonstruktionen unter dem rollenden Rad. Die Last wird über eine klassische LKW-Bereifung 7.50R15 aufgebracht, welche im Straßenverkehr auf Lenkachsen als Einzelreifen und ebenso auf Antriebs- und Hängerachsen als Zwillingsbereifung anzutreffen ist. Der Probekörper ist im Versuchsstand auf einer gelochten Gummimatte mit einer Steifigkeit von 120 N/mm², entsprechend dem Verformungsmodul E_{v2} einer Frostschutzschicht, aufgelagert. Im Prüfrahm ist der Probekörper durch eine Schüttung aus grobem Splitt fixiert. Der Rahmen dient somit als Referenzhöhe zur Messung der Belagsoberfläche. Im Versuch wird die gewählte Last über zwei Einzelräder in den Oberbau eingeleitet (Abstand der Einzelräder: 600 mm). Dies ermöglicht die Untersuchung von zwei unterschiedlichen Oberbauvarianten (mit identischer Bauhöhe) innerhalb eines Versuchs, wie es hier mit der Variation der Deckschicht erfolgte.

Als konstante Parameter aller Versuchsphasen werden die bei Asphaltoberbauten für Oberflächendeformationen relevanten Beanspruchungsbedingungen (niedrige Rollgeschwindigkeit, enge Spurbindung) gewählt. Zur Untersuchung der Effekte aus Bremsvorgängen werden in Versuchsphase 6 über die Bereifung mittels Trommelbremsen zusätzlich Horizontalkräfte (ca. 15% der Vertikallast) eingeleitet. In Versuchsphase 7 werden als Zusatzbeanspruchung hochsommerliche Temperaturen simuliert (Oberflächentemperatur: 45°C). Die Belastung erfolgt in allen Versuchsphasen in nur einer Rollrichtung, während des Rückrollvorgangs wirkt lediglich das Eigengewicht des Reifenpaares mit Achse.

3. VERSUCHSBESCHREIBUNG

Die Verkehrslasten wirken über die Aufstandsfläche der Reifen auf den Straßenoberbau. Die zwischen Reifen und Fahrbahn wirkenden mittleren Kontaktspannungen sind durch die Größe der Radlast und die Abmessungen der Aufstandsfläche bestimmt. Bei konstanter Radlast nimmt die Aufstandsfläche mit steigendem Reifenfülldruck ab, entsprechend werden die Kontaktspannungen größer. So wird in den einzelnen Versuchsphasen Radlast und Fülldruck in Anlehnung an die Fülldruckempfehlungen der Reifenhersteller variiert, um den Einfluss der resultierenden Kontaktspannung auf die Deformationsentwicklung zu ermitteln. In den Versuchsphasen 2 und 4 weicht der gewählte Fülldruck von der Herstellerempfehlung ab, womit die Beanspruchungen unter einem teilentladenen LKW simuliert werden, dessen Reifenfülldruck nicht an die Beladungssituation angepasst ist.

Versuchsphase	Reifeninnendruck [bar]	Radlast [kN]	Lastwechselzahl LW
1	6,5	18,0	5000
2	8,5	18,0	5000
3	8,5	22,5	5000
4	10,0	22,5	15000
5	10,0	27,0	15000
6	10,0	27,0	5000 (mit Bremskraft)
7	10,0	27,0	10000 (mit Temperatur)

Tabelle 1: Belastungsparameter der einzelnen Versuchsphasen.

Die sich aus den gewählten Kombinationen von Radlast und Fülldruck ergebenden mittleren Kontaktspannungen [N/mm²] werden mit Hilfe von Latschabdrücken (Aufstandsfläche des Reifens) bestimmt, wie in Tabelle 2 angegeben. Die Latschabdrücke sind in Anlage 1 zusammengestellt.

Versuchsphase	Aufstandsfläche [mm ²]	Mittlere Kontaktspannung [N/mm ²]
1	32740	0,55
2	29820	0,60
3	33040	0,68
4	31500	0,71
5, 6, 7	33550	0,80

Tabelle 2: Mittlere Kontaktspannungen in den einzelnen Versuchsphasen.

Mit den erzeugten mittleren Kontaktspannungen von $p_m=0,8 \text{ N/mm}^2$ sind auch Belastungen durch schwere Sattelschlepper mit Achslasten auf der Antriebsachse von 11 t (und großvolumigen Einzelbreitreifen) sicher abgedeckt. Die unter Hartgummi- oder Kunststoffbereifung von Gabelstaplern erreichbaren, noch höher liegenden Kontaktspannungen werden mit diesem Versuch nicht erfasst. Das schadfreie Abtragen statischer Vertikalspannungen von $5,0 \text{ N/mm}^2$ wurde in vorangegangenen Untersuchungen nachgewiesen (siehe Forschungsbericht Nr. 2362), wobei keine horizontale Zusatzbelastung wirkte.

4. VERSUCHSERGEBNISSE

Zur Evaluierung der Standfestigkeit des Oberbaus werden vor und nach jeder Versuchsphase Oberflächenprofile des Probekörpers quer zur Überrollrichtung aufgenommen. Durch Überlagerung der Profile können die Verformungen pro Lastspiel quantifiziert werden. In den Anlagen 2 bis 4 sind die überlagerten Profile abgebildet. (Vereinzelte Unstetigkeiten in den Querprofilaufzeichnungen sind durch Gesteinskörner verursacht, die lose auf der Oberfläche des Versuchskörpers liegen.) In keiner Versuchsphase wurden nennenswerte Deformationen erzeugt. Somit kann festgestellt werden, dass der zur Untersuchung stehende Oberbau auch bei hochsommerlichen Temperaturverhältnissen nicht zur Bildung von Spurrinnen oder anderen Oberflächendeformationen neigt.

Als weiteres Bewertungskriterium wurde die Oberfläche vor und nach jeder Versuchsphase hinsichtlich Abplatzungen bzw. Ausbrüchen an der Oberfläche visuell untersucht. So zeigen sich an der Deckschicht mit Körnung 2/4mm zum Ende der Phase 5 vereinzelt Kornausbrüche. Im Verlauf von Phase 6 (zusätzliche Bremskrafteinleitung) häufen sich diese Kornausbrüche (Fotodokumentation siehe Anhang, Bild 1 bis 4). Entsprechendes wurde an der Deckschicht mit Körnung 1/3mm in dieser Form nicht festgestellt. In Phase 7 (mit Oberflächentemperatur von 45°C) ergab sich keine signifikante Zunahme der Kornausbrüche an der Oberfläche mit Körnung 2/4mm.

In Phase 6 trat aufgrund einer undichten Verschraubung Bremsflüssigkeit (DOT 4) aus und lief über die Reifenschulter auf die Rollfläche. Die Deckschicht 1/3 mm wurde auf einem ca. 3 cm breiten Streifen auf ganzer Länge der Rollspur mit Bremsflüssigkeit getränkt (siehe

Anhang 4 Bild 5), was den Versuch augenscheinlich zunächst nicht beeinflusste (die Deckschicht 1/3mm war nach Phase 6 bis auf einen dunklen Streifen ohne jegliche sichtbare Schäden). Im Verlauf von Phase 7 zeigten sich jedoch in diesem 3 cm breiten Streifen an drei Stellen lokal eng begrenzte Ausbrüche des Deckschichtmaterials (siehe Anhang 5 Bild 6). Aufgrund dieser lokalen Eingrenzung ist die festgestellte Schädigung mit sehr großer Sicherheit auf den beschriebenen chemischen Angriff zurückzuführen und somit als „zufällige Erkenntnis“ aus dem Versuch zu bewerten. Es handelt sich nicht um einen für den Deckschichttyp spezifischen Effekt. Schäden infolge Beaufschlagung mit Chemikalien sollte daher bei keiner Bauweise außer Acht gelassen werden.

Nach 60.000 Überrollungen wurde der Versuch beendet. Dem untersuchten Oberbau kann ein ausgesprochen hoher, im untersuchten Bereich temperaturunabhängiger Verformungswiderstand bescheinigt werden. Aufgrund der festgestellten Kornausbrüche der Deckschicht 2/4mm ist die feinere Körnung 1/3mm grundsätzlich vorzuziehen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag der Fa. Terra Elast AG wurde die Standfestigkeit eines kunststoffgebundenen Straßenoberbaus bei Überrollung durch LKW-Bereifung untersucht. In mehreren Versuchsphasen wurden die Kontaktspannungen gesteigert, als weitere Beanspruchungen wurden hochsommerliche Oberflächentemperaturen erzeugt und zusätzliche Horizontallasten eingeleitet.

Im Überrollversuch wurden zwei unterschiedliche Deckschichtvarianten (Granit mit Körnung 1/3mm und Körnung 2/4mm, beide mit Bindemittel TE 020 H 2 PU) betrachtet. Die Tragschicht (Naturschotter mit Körnung 8/11mm) enthält das Bindemittel TE 02 G 2 K EP G 002.

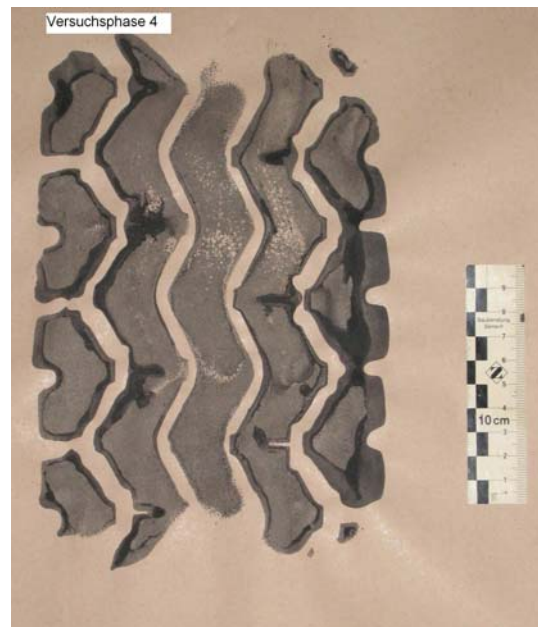
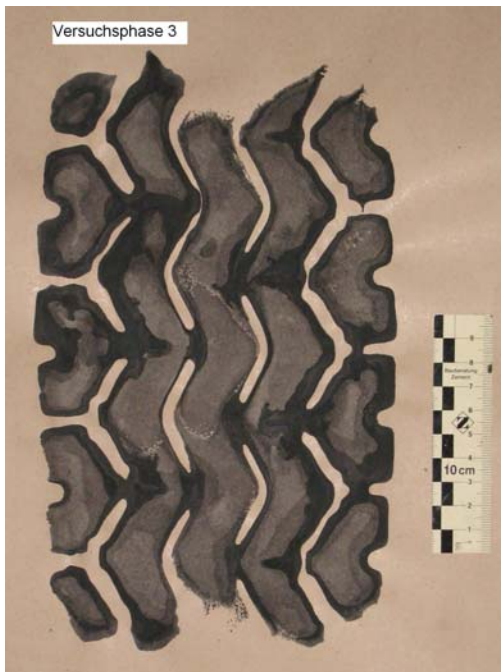
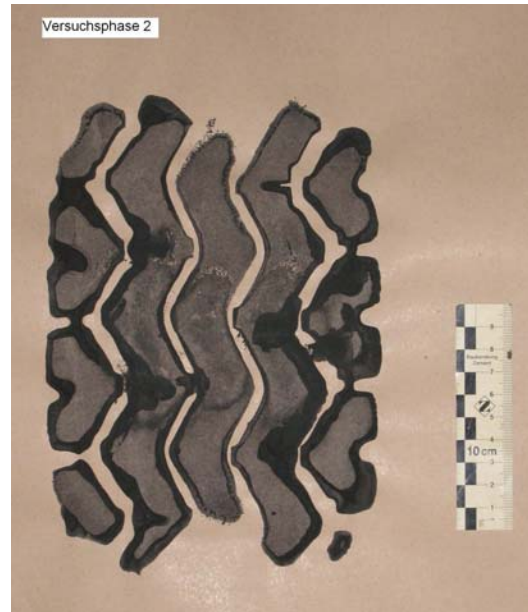
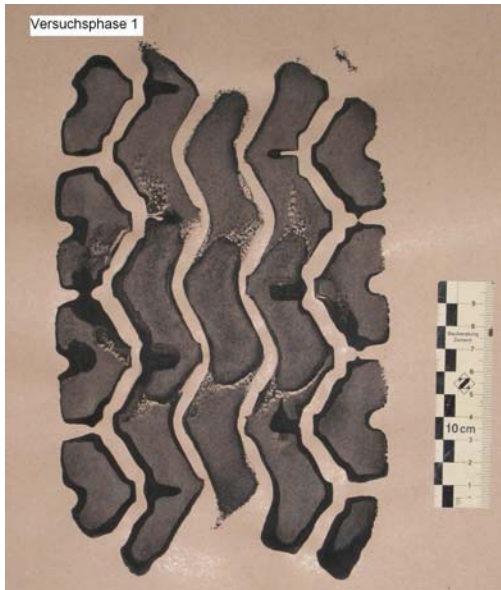
In insgesamt 60.000 Überrollungen mit Reifen-Kontaktspannungen bis $p_m=0,8 \text{ N/mm}^2$ wurden keine Deformationen der Oberfläche hervorgerufen. Bei dieser Kontaktspannung zeigten sich nach 45.000 Überrollungen an der Deckschicht mit Körnung 2/4mm vereinzelte Kornausbrüche. Diese nahmen in der Versuchsphase mit zusätzlicher Bremskrafteinleitung signifikant zu. Die Versuchsphase mit Oberflächentemperaturen von 45°C verursachte dagegen keine weitere Zunahme. An der Deckschicht mit Körnung 1/3mm wurden diese Effekte nicht festgestellt.

Dem untersuchten Oberbau kann ein ausgesprochen hoher Verformungswiderstand bescheinigt werden. Aufgrund der festgestellten Kornausbrüche der Deckschicht 2/4mm ist die feinere Körnung 1/3mm grundsätzlich vorzuziehen.

Für die Durchführung und
Auswertung der Versuche:

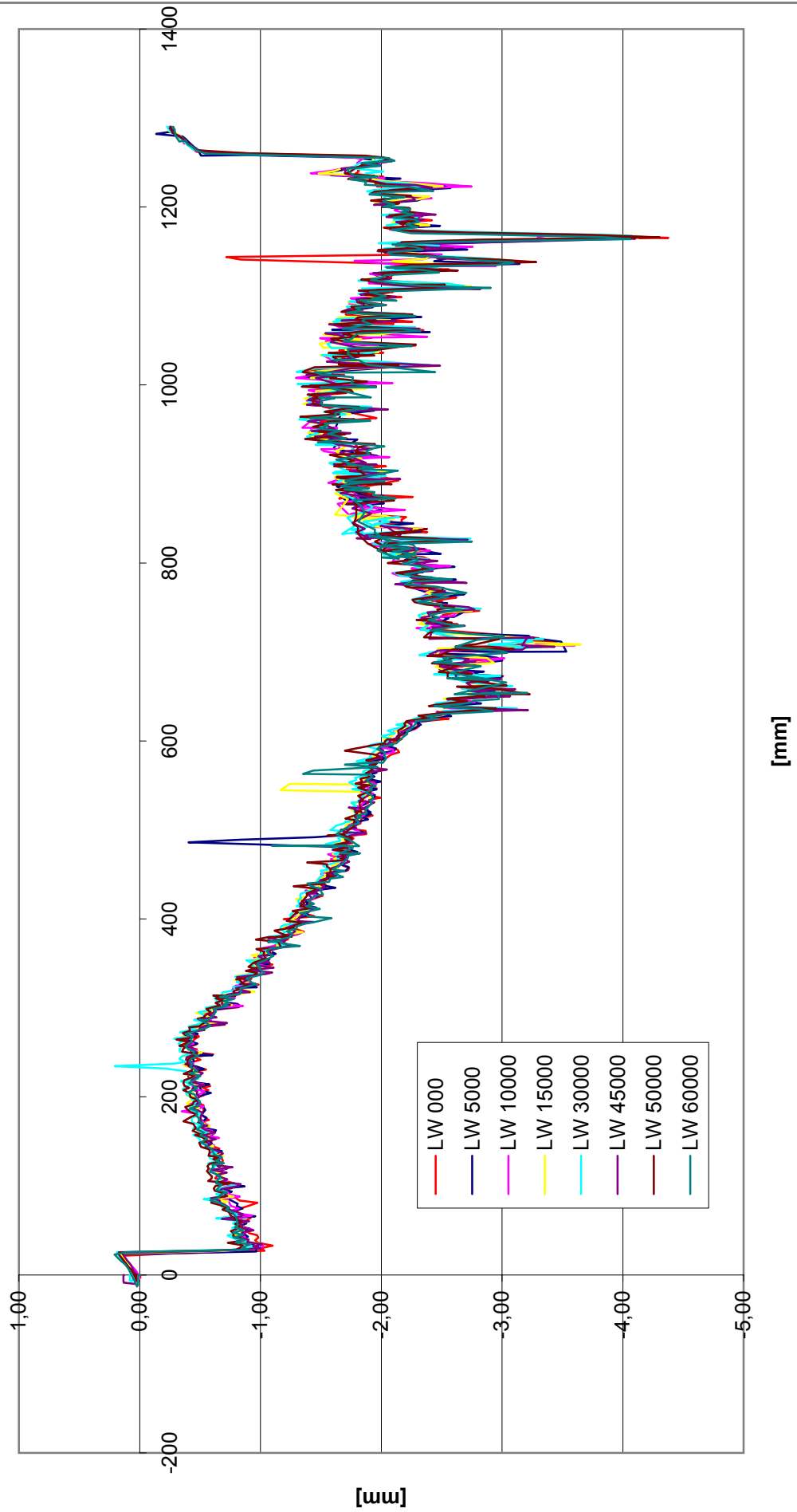
(Dr.-Ing. G. Leykauf)
Univ.-Prof.

(Dr.-Ing. C. Simon)

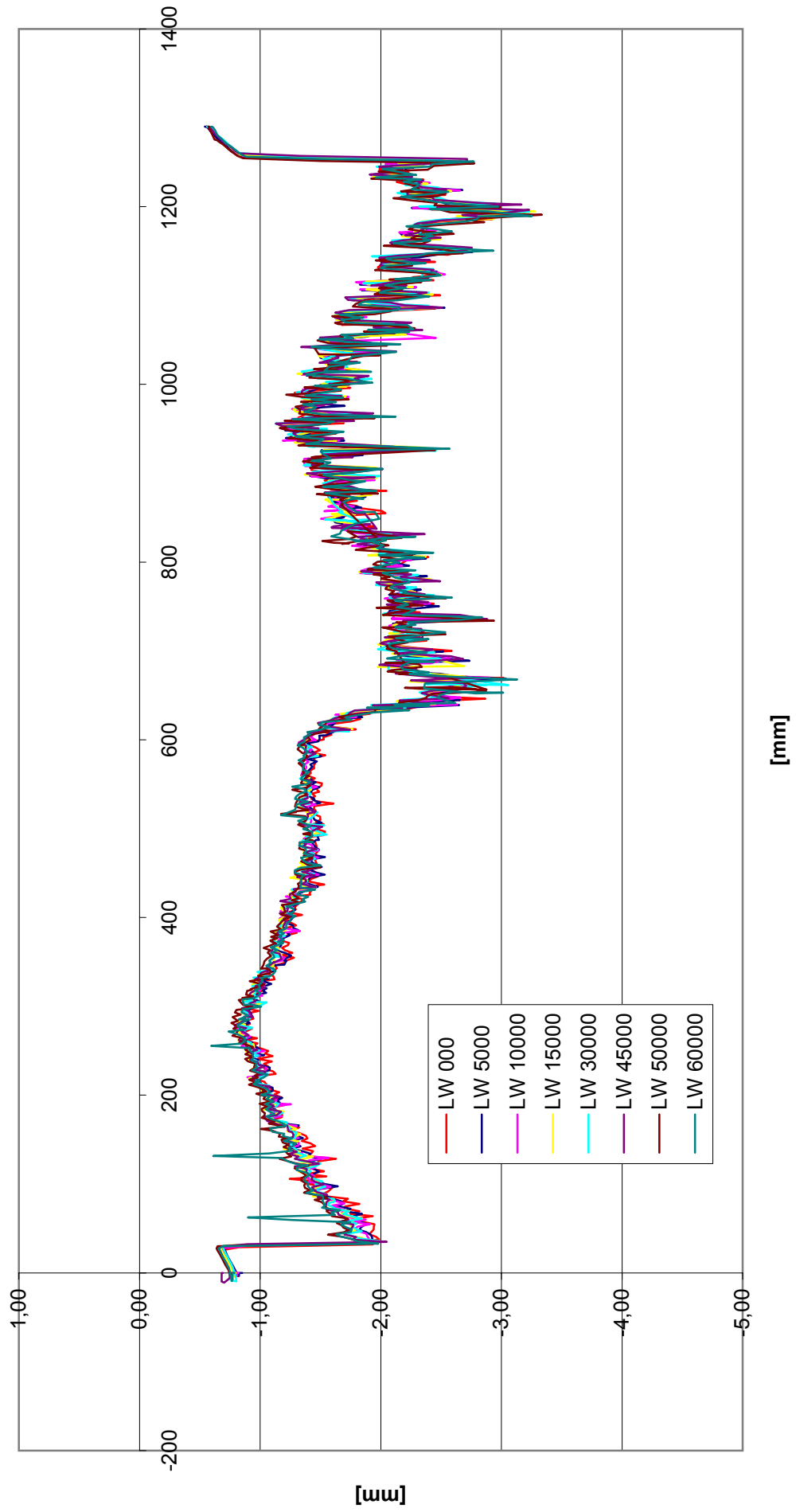


Bericht Nr. 2385
Anlage 1:
Ermittlung der Reifenaufstandsfläche in den
Teilversuchen.

Querprofil 1



Querprofil 2



Querprofil 3

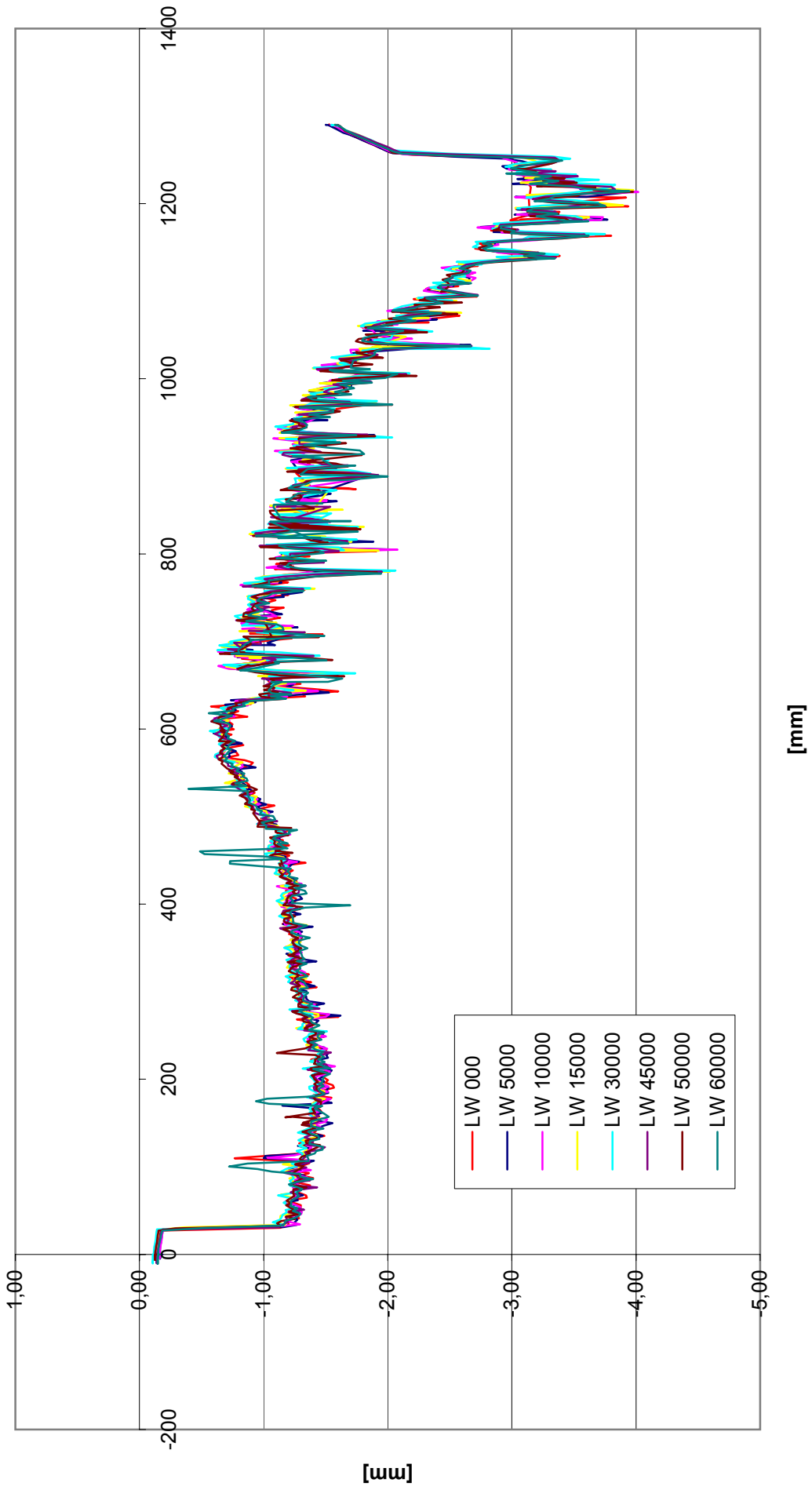




Bild 1: Zustand der Oberflächen nach Versuchsphase 5. Deckschicht mit Körnung 1/3mm (grau, im Bild rechts) ohne sichtbare Beschädigungen. Die Deckschicht mit Körnung 2/4mm (gelb, im Bild links) zeigt vereinzelte Kornausbrüche in der Rollspur.



Bild 2: Detail der Körnung 2/4mm in der Rollspur mit Ausbrüchen.



Bild 3: Zustand der Deckschicht 2/4mm nach 2.000 LW in Phase 6 mit zusätzlicher Bremskrafteinleitung (insgesamt: 47.000 LW). Zur Verdeutlichung sind die Ausbruchbereiche schwarz eingekreist.



Bild 4: Zustand der Deckschicht 2/4mm nach Abschluss der Phase 6 mit zusätzlicher Bremskrafteinleitung (insgesamt: 50.000 LW). Deutliche Zunahme der Ausbrüche gegenüber dem Zustand in Bild 3.



Bild 5: Zustand der Deckschicht 1/3mm nach Abschluss der Phase 6. Der dunkle Streifen ist die Folge eines Lecks im Bremssystem der Versuchseinrichtung. Die Bremsflüssigkeit DOT4 wurde vom Reifen in die Deckschicht eingearbeitet. Schäden in Form von Ausbrüchen waren zu diesem Zeitpunkt (nach 50.000 LW) nicht erkennbar.



Bild 6: Zustand der Probekörperoberfläche nach Versuchsende (insgesamt 60.000 LW). Während in Phase 7 (mit Temperaturbelastung) an der Deckschicht 2/4mm (links, gelb) keine signifikante Zunahme der Ausbrüche zu verzeichnen war, zeigten sich an der Deckschicht 1/3mm (rechts, grau) drei Ausbrüche in dem mit Bremsflüssigkeit getränkten Streifen. Diese räumliche Zuordnung dieser Schädigung spricht mit sehr großer Sicherheit dafür, dass der chemische Angriff in Verbindung mit Temperaturbelastung und Rollbelastung für den Ausbruch ursächlich ist.