

Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 65

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus

von

Stephan Freudenstein
Dieter Birmann

Technische Universität München,
Lehrstuhl und Prüfamnt für Verkehrswegebau

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 65

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 89/177/2006
Untersuchungen von Dübellen zur
Optimierung des Betondeckenbaus

Projektbetreuung
Stefan Höller

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9323
ISBN 978-3-86918-064-9

Bergisch Gladbach, Oktober 2010

Kurzfassung – Abstract

Auswertung von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus

In den ZTV Beton-StB 07 sind die Anforderungen an die Lage der Dübel enthalten. Größere Abweichungen können zu Schäden führen. Ziel der Forschungsarbeit war, die Messergebnisse (Pulsinduktionsverfahren) der vergangenen Jahre zu bewerten und aus Folgerungen ggf. die Qualität des Dübeleinbaus zu verbessern. Dazu wurden von 21 Strecken 889 Querscheinfugen mit 40.794 Dübeln ausgewertet. Die vorliegenden Messdaten zeigten eine sehr unterschiedliche Qualität der Lage der Dübel. Soweit bekannt, waren auch bei Überschreitungen der festgelegten Toleranzen keine Schäden vorhanden. Bei einer beispielhaft angenommenen Erweiterung der Toleranzen konnten teilweise die Toleranzüberschreitungen auf etwa die Hälfte reduziert werden. Dagegen hatte bei einigen Strecken die Toleranzerweiterung geringe Auswirkungen.

Auswirkung auf die Messergebnisse mit ggf. Fehlern konnten bei einer Hochspannungsleitung und an der Längsfuge durch den Einfluss der Anker und durch unterschiedliche Geräte festgestellt werden. Dagegen waren die Position der Dübelsetzergabeln und der Abstand der Rüttelflaschen untereinander von geringem Einfluss. Durch die Maßnahme, geringeren Energieeintrag über die Rüttler an zu tief liegenden Dübeln einzuleiten, wurde ein hervorragendes Ergebnis der Dübellage erzielt.

Durch die frühzeitige Kontrolle der Dübellage und entsprechende maschinentechnische Korrekturen (Kennzeichnung der Fuge, Qualität, Steifigkeit und Zusammensetzung des Betons sowie Einbaugeschwindigkeit des Fertiger) lässt sich eine gute Dübellage erreichen, bei der auch die Toleranzen nach den ZTV Beton-StB 07 eingehalten werden können. Aufgrund früherer Untersuchungen können eine abweichende Höhenlage nach unten von 35 mm und eine Verschiebung der Dübel von +/- 80 mm zugelassen werden. Eine Toleranzerweiterung hat bei den einzelnen Stecken je nach Häufigkeitsverteilung sehr unterschiedliche Auswirkungen.

Analysis of tolerances in dowel bar positions to optimize the concrete paving

Regarding the German specification for concrete pavements ZTV Beton-StB 07, the tolerances of the dowel bar positions are contained. Exceeded misalignments of the dowel bars will potentially cause damages. This research paper aims to present and evaluate the position data from the last years, measured by the pulse induction method, and in consequence to improve the quality for dowel position. In total data coming from 21 test sections with 889 transversal joints and 40794 dowel bars were evaluated. The quality of dowel positioning was very different. No damages were found even if the tolerance was exceeded till now. As an example, the adopted increase of the permissible tolerance has been reduced to 50% of the exceeding of the tolerance limit in some cases. Contrariwise in some sections minor effects are figured out by the increase of tolerance.

The influence to improper measurement results could be discovered by a high-voltage line, by tie bar in the longitudinal joint and by different operators with measurement device. The position of the dowel bracket and the distance of compacter to the dowels had only minor influences. During an action, egregious results from the dowel bars position could be figured out when only little energy from the compacter was induced in the area of deep placed dowels.

Because of the early controls of the dowel bars alignment and the respective corrections (marking of joint position, quality, consistency and mixture of concrete, and speed of emplacement machine) the positions of the dowel bars are satisfied and the limit from the specification ZTV Beton-StB 07 is also not exceeded. Concluded from the researches before, it can be also allowed to have a vertical misalignment of 35 mm downwards or a longitudinal misalignment of +/- 80 mm of the dowels. The exceeding of the tolerance limit would cause very different influences depending of the alignment frequency distributions for sections.

Inhalt

| | | | | | |
|----------|---|----|-----------|---|----|
| 1 | Allgemeines | 7 | 8 | Zusammenfassung | 17 |
| 2 | Anforderungen an die Dübellage ... | 7 | 8.1 | Allgemeines | 17 |
| 3 | Messung der Dübellage | 7 | 8.2 | Versuchsdurchführung | 17 |
| 3.1 | Messverfahren | 7 | 8.3 | Versuchsergebnisse | 17 |
| 3.2 | Häufigkeitsverteilung zur Dübellage | 8 | 8.4 | Folgerungen für die Praxis | 18 |
| 4 | Ergebnisse neuerer Dübellagemessungen | 8 | 9 | Ergänzende grafische Darstellungen | 19 |
| 4.1 | Daten zur Dübellage | 8 | 10 | Literatur | 32 |
| 4.2 | Ergebnisse von Deckenlosen von 2000 bis 2006 | 9 | | | |
| 4.3 | Ergebnisse unter Berücksichtigung der Verteilung über den Querschnitt | 10 | | | |
| 4.4 | Einfluss einer Hochspannungsführung | 11 | | | |
| 5 | Ergebnisse von Dübellagemessungen 2008 | 11 | | | |
| 5.1 | Messstrecke 2008-1 | 11 | | | |
| 5.2 | Messstrecke 2008-2 | 12 | | | |
| 5.3 | Messstrecke 2008-3 | 12 | | | |
| 5.4 | Einfluss der Anker in der Längsfuge | 12 | | | |
| 5.5 | Messergebnisse unterschiedlicher Messgerätebetreiber | 12 | | | |
| 5.6 | Einfluss der Höhe der Setzgabeln des Dübelsetzers | 13 | | | |
| 5.7 | Einfluss der Position der Rüttler | 14 | | | |
| 6 | Bewertung bei Vergrößerung der Toleranz | 14 | | | |
| 7 | Verbesserung der Dübellage | 15 | | | |

1 Allgemeines

Die in stark belasteten Betonfahrbahnen in den Querfugen einzubauenden kunststoffbeschichteten Dübel dienen der Sicherung der Höhenlage benachbarter Platten und gewährleisten die Querkraftübertragung von Platte zu Platte.

Größere Lageabweichungen und zu geringe Betonüberdeckung können zu einer geringeren Querkraftübertragung, zu Schäden an der Betondecke und bei geringer Rissöffnung zu Paketreißen und außerplanmäßigen Rissen führen.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit sollte die Lagegenauigkeit der Dübel anhand ausgewählter Streckenabschnitte, welche in den vergangenen Jahren hergestellt wurden, überprüft und jüngste Ergebnisse der Messungen nach ZTV Beton-StB 07, die erstmals als Eigenüberwachungsprüfung eine Messung an der fertig gestellten Betonfahrbahn vorsehen, ausgewertet werden.

Ziel der Forschungsarbeit ist, die Qualität des Dübeleinsbaus weiter zu verbessern und eine Basis für die Einführung von vertraglichen Schlussfolgerungen zu schaffen.

Die Messungen der Dübellage wurden durch Referat S3 der BAST in dankenswerter Weise unterstützt, indem das Messgerät für eigene Messungen zur Verfügung gestellt wurde.

2 Anforderungen an die Dübellage

Im Technischen Regelwerk für Betonfahrbahnen [1, 2] sind Anforderungen an die Lage der Dübel (Standarddübel $\varnothing 25 \text{ mm}/500 \text{ mm}$) bezüglich

- Höhenlage dz ,
- Schräglage s und
- Verschiebung in Längsrichtung dy

enthalten (Bild 1 und Tabelle 2).

In den ZTV Beton-StB 07 sind erstmals Prüfungen an der fertig gestellten Betonfahrbahn bezüglich der Dübellage der fertigen Betondecke als Eigenüberwachungsprüfung vorgesehen, siehe Tabelle 1. Nach einer Fußnote mit Hinweis auf die nicht bekannten Messtoleranzen „... sind die so ermittelten Ergebnisse nicht geeignet, Vorbehalte im Rahmen der Abnahme zu erklären“.

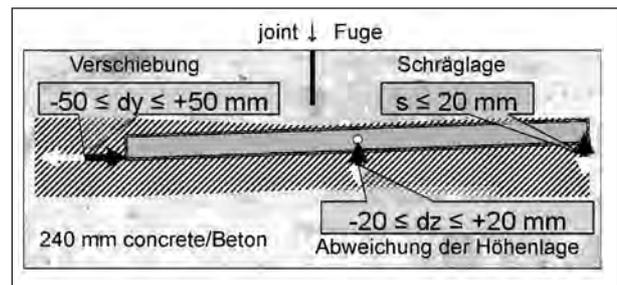


Bild 1: Extreme Lage eines Dübels innerhalb der nach ZTV Beton-StB 07 zulässigen Toleranz (schraffierter Bereich), Längsschnitt durch den Dübel

Anhang F

Prüfungen an den Baustoffen, am Beton und an der fertigen Leistung bei Betondecken

| Zeile | Eigenüberwachungsprüfung | | Kontrollprüfung |
|-------|--------------------------|--|-----------------|
| | (1) | (2) | |
| 3 | Festbeton | Erste Tagesproduktion: • an mindestens 10 Querschnitten nach dem Fugenschneiden. Bei den folgenden Tagesproduktionen: • alle 500 m jeweils 5 Querschnitten. Diese Messungen können gemeinsam in einem Zug erfolgen. | |
| | Dübellage ⁵⁾ | | |

⁵⁾ Wegen der bislang nicht bekannten Messtoleranzen der zerstörungsfrei arbeitenden Messsysteme sind die so ermittelten Ergebnisse nicht geeignet, Vorbehalte im Rahmen der Abnahme zu erklären.

Tab. 1: Prüfungen an den Baustoffen, am Beton und an der fertigen Leistung bei Betondecken nach ZTV Beton-StB 07 [1], Auszug aus Anhang F

Die einheitliche Durchführung und Auswertung von Messungen zum Nachweis der Lage von Dübeln und Ankern sind im FGSV-Arbeitspapier Nr. 67 „Prüfung der Lagebestimmung von Dübeln und Ankern in Fahrbahndecken aus Beton“ [3] beschrieben.

3 Messung der Dübellage

3.1 Messverfahren

Zur Überprüfung der Dübellage wurden neue zerstörungsfreie Messverfahren (Georadar GPR, Pulsinduktionsverfahren PI, Bild 2) entwickelt. Im Rahmen einer Forschungsarbeit im Auftrag der BAST [4] bis [8] wurden die Eignung und Genauigkeit dieser Messverfahren sowie die Auswirkung von Lagefehlern von Dübeln in Betondecken untersucht. In Ta-

| Anforderung, Geräte-Toleranz und Neu-Toleranz | Abweichung der Höhenlage dz | Verschiebung dy | Schräglage s |
|---|-----------------------------|-----------------|--------------|
| Dimension | mm | mm | mm |
| Anforderung nach ZTV Beton-StB 07 | ≤ 20 | ≤ 50 | ≤ 20 |
| Geräte-Toleranz | ± 4 | ± 8 | ± 6 |
| Beispiel Neu-Toleranz | ≤ 24 | ≤ 58 | ≤ 26 |
| Vorschlag Toleranz (Kapitel 6) | -20/+35 | ≤ 80 | ≤ 20 |

Tab. 2: Anforderung nach ZTV Beton-StB 07 [1], Geräte-Toleranz für Pulsinduktionsverfahren [4, 5] und Toleranz-Erweiterungen



Bild 2: Messgerät zur Messung der Dübellege (Pulsinduktionsverfahren) 2008

belle 2 sind die Anforderungen nach ZTV Beton-StB 07 [1], die auch in den ZTV-StB-Beton 01 enthalten waren, und die Geräte-Toleranzen nach Herstellerangaben, ein Beispiel für eine Neu-Toleranz und der Toleranz-Vorschlag nach Kapitel 6 zusammengestellt.

Messablauf und Auswertung richteten sich nach dem Arbeitspapier zur Dübellegemessung [3], das auf den Untersuchungen [4] aufbaut.

Die zerstörungsfreie Messung der Dübellege in Betonfahrbahnen hat trotz der teilweise unbefriedigenden Messgenauigkeit dazu geführt, dass grundsätzliche Aussagen über die Größe und Verteilung der Dübellege gemacht werden können.

3.2 Häufigkeitsverteilung zur Dübellege

Zur Darstellung der Messergebnisse der Dübellege wurde die Häufigkeitsverteilung bei einer Klassenbreite von 5 mm gewählt (Bild 11 folgende). Der zulässige Bereich ≤ 20 mm wurde weiß unterlegt. Daraus können die Überschreitung der Toleranzen und aus der Verteilung der Messwerte z. B. eine zu hohe oder zu tiefe Lage der Dübel abgelesen werden. Die Schräglage kann nur ein positives Vorzeichen haben, die anderen Messwerte folgen z. T. einer Normalverteilung.

Beispiele für die Häufigkeitsverteilung (Höhenlage dz, Schräglage s und Verschiebung in Längsrichtung dy) sind für verschiedene Deckenlose aus den Jahren 2000 bis 2003 in Bild 11 bis Bild 14 angegeben. Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung ist sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse sind ohne Kontrolle der tatsächlichen Istlage und beinhalten ggf. die Störeinflüsse auf das Messverfahren.

Die Angaben zur Überschreitung der Toleranz beziehen sich auf die Grenzwerte nach ZTV Beton-StB 07 (Tabelle 2) und berücksichtigten keine Toleranzen des Messverfahrens. Vom Hersteller (Pulsinduktionsverfahren) wird eine Messtoleranz von 4 mm in der Höhenlage, von 6 mm bei der Schräglage und 8 mm bei der seitlichen Verschiebung angegeben (Tabelle 2).

4 Ergebnisse neuerer Dübellegemessungen

4.1 Daten zur Dübellege

In Zusammenarbeit mit Bauverwaltungen, Baufirmen und der BAST Ref. S3 wurden im Rahmen der Forschungsarbeit neuere Deckenlose ausgewählt, die mit unterschiedlichen Einbauverfahren und Dübelsetzgeräten 2004 bis 2006 hergestellt wurden.

| Bezeichnung nach Baujahr | Betondeckendicke h [mm] | Fahrstreifen | Anzahl Fugen | Anzahl Dübel | Lage | | ZTV | Beton | [%] | Lage | | Tol. |
|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|------|----|-----|---------|-----|------|-----|------|
| | | | | | dz | dy | | | | dz+ | dy+ | |
| 2003-1 | 300 | St-F 2 | 60 | 2.760 | 50 | 43 | 21 | 5 / 13 | 35 | 35 | 12 | |
| 2004-1 | 300 | St-F 2 | 50 | 2.099 | 36 | 25 | 27 | 9 / 17 | 28 | 17 | 17 | |
| 2005-1 | 260 | St-F 2 | 134 | 5.762 | 27 | 42 | 32 | 19 / 11 | 20 | 32 | 18 | |
| 2006-1 | 280 | St-St | 48 | 2.504 | 3 | 6 | 1 | 0 / 1 | 3 | 1 | 2 | |
| 2006-10-1 | 300 | St-F 2 | 42 | 1.806 | 1 | 1 | 19 | 7 / 9 | 0 | 1 | 9 | |
| 2006-10-2 | 300 | St-F 2 | 37 | 1.623 | 17 | 10 | 19 | 6 / 10 | 10 | 8 | 9 | |
| 2006-11 DüBalk | 315 | St-F 2 | 122 | 5.804 | 9 | 19 | 13 | 4 / 9 | 5 | 14 | 8 | |
| 2006-2 F1-F3 | 300 | St-F3 | 13 | 612 | 17 | 8 | 3 | 0 / 3 | 3 | 1 | 2 | |
| 2006-2 St-F | 300 | St-F3 | 11 | 594 | 2 | 18 | 2 | 1 / 1 | 1 | 11 | 1 | |
| 2006-4 | 300 | St-F3 | 12 | 648 | 4 | 7 | 5 | 1 / 3 | 2 | 2 | 2 | |
| 2006-5 | 300 | St-F 3 | 40 | 2.320 | 16 | 40 | 35 | 9 / 25 | 3 | 1 | 2 | |
| 2006-6 DüBalken | 270 | St-F 2 | 86 | 3.591 | 11 | 25 | 11 | 5 / 3 | 7 | 18 | 4 | |
| 2006-8 | 270 | St-F2 | 57 | 2.386 | 70 | 14 | 33 | 12 / 19 | 63 | 9 | 19 | |
| 2006-9 | 300 | F 2-St | 41 | 1.836 | 40 | 12 | 21 | 9 / 11 | 33 | 9 | 13 | |
| 2007-1 | 300 | St-F3 | 10 | 541 | 6 | 23 | 33 | 5 / 24 | 4 | 10 | 15 | |
| 2007-2 | 300 | St-F 2 | 40 | 1.680 | 63 | 54 | 61 | 20 / 48 | 56 | 42 | 45 | |
| 2008-1 M1 | 270 | St-F2 | 15 | 556 | 46 | 23 | 14 | 5 / 8 | 28 | 18 | 8 | |
| 2008-1 M2 | 270 | St-F 2 | 9 | 357 | 41 | 20 | 4 | 1 / 2 | 23 | 11 | 2 | |
| 2008-2 M1 | 300 | St-F 2 | 7 | 301 | 2 | 0 | 40 | 1 / 28 | 2 | 0 | 10 | |
| 2008-3 M1-M3 | 270 | St-F 3 | 36 | 1.944 | 9 | 2 | 8 | 2 / 4 | 6 | 1 | 3 | |
| 2008-3 M4-M7 | 270 | St-F 3 | 19 | 1.070 | 7 | 2 | 9 | 2 / 3 | 3 | 1 | 3 | |
| | | Summe | 889 | 40.794 | | | | | | | | |

Tab. 3: Übersicht und Messwerte der 21 Mess-Strecken; Überschreitung der Toleranz [%] nach ZTV Beton-StB und nach ZTV Beton-StB plus Gerätetoleranz (+)

Diese den Bauverwaltungen vorliegenden Daten der Dübellage sowie die von den Baufirmen im Rahmen der Eigenüberwachungsprüfungen erhaltenen Ergebnisse mit dem Pulsinduktionsverfahren wurden für die nachstehende Auswertung herangezogen und aufbereitet. Weiterhin wurden 2008 eigene Messungen durchgeführt (Kapitel 5).

Die Messstrecken sollten anonymisiert werden. Deshalb wurden sie mit dem Herstellungsjahr und einer darauf folgenden Ziffer gekennzeichnet (Tabelle 3).

Einen Überblick der Ergebnisse, die z. T. einzeln diskutiert werden, zeigen Bild 3 und Tabelle 3. Insgesamt wurden 21 Strecken mit 889 Fugen und 40.794 Dübeln ausgewertet. Die vorliegenden Messdaten zeigten eine sehr unterschiedliche Qualität der Lage der Dübel. Der prozentuale Anteil der Toleranzüberschreitungen hatte große Spannen von 1 bis 70 %.

4.2 Ergebnisse von Deckenlosen von 2000 bis 2006

Zur Übersicht wurden bereits ab 2000 ermittelte Lagegenauigkeiten der Dübel in den Bildern 11 bis 18 als Häufigkeitsverteilung dargestellt, die in Kapitel 3.2 beschrieben ist. Dabei wurde als Toleranz die Anforderung nach ZTV Beton ohne Gerätetoleranz herangezogen. Dazu werden einige Beobachtungen angeführt:

- Größere Probleme wurden beim Messabschnitt in Bild 15 festgestellt. In diesem Abschnitt lagen Dübel zu 71 % zu tief.
- Die Toleranzüberschreitung bei der Schräglage der Dübel in Bild 15 bis Bild 17 liegt zwischen 21 % und 35 %.
- Das beste Ergebnis zeigt aus dieser Zeit Bild 18 mit nur 11 % Überschreitung der Toleranz bei

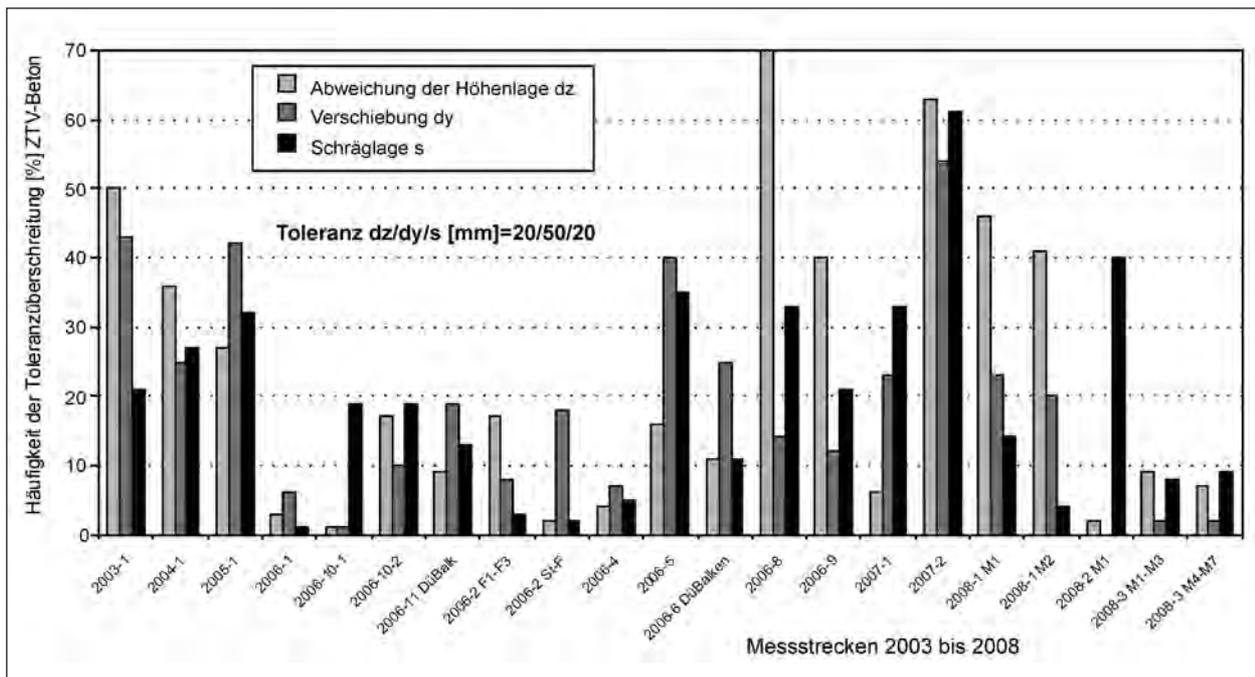


Bild 3: Diagramm der Häufigkeit der Toleranzüberschreitung nach ZTV Beton für die untersuchten Strecken, ab 2008 Messungen des Prüfamts

der Schräglage. Auch die Höhenlage ist hier gut eingehalten (11 % Überschreitung).

- In Bild 12 ist das ungünstigste Ergebnis nach dem Messverfahren Pulsinduktion für eine BAB dargestellt. Fast alle Dübel liegen danach zu tief (i. M. 185 mm bei 130 mm Solllage). Die Hälfte der Dübel hat eine zu große Schräglage, hauptsächlich infolge einer negativen horizontalen Schräglage von über +20 mm. Ungünstig hat sich offensichtlich das im Unterbeton verwendete Recyclingmaterial ausgewirkt.
- Der Messabschnitt in Bild 13 mit 30 cm Betondecke auf STSuB zeigt ein gutes Messergebnis. Die Schräglage s ist meist innerhalb der Toleranz; 12 % der Dübel liegen zu tief, und die Verschiebung dy ist in 41 % größer als 50 mm.
- Bei der im Jahr 2003 gebauten Betondecke (Bild 14) liegen zwar 55 % der Dübel zu tief, die Schräglage der Dübel wird aber nur von 16 % der Dübel überschritten.

4.3 Ergebnisse unter Berücksichtigung der Verteilung über den Querschnitt

Genauer betrachtet wurde eine Messung 2005-1 auf fast 7 km Länge, wo alle 50 m eine Querschnittsvermessung wurde, sodass Angaben von

134 Fugen mit 5.758 Dübeln vorliegen (Bild 19 und Tabelle 4). Der Aufbau bestand aus 26 cm einschichtiger zweilagiger Betondecke auf 20 cm gekerbter HGT.

Die Häufigkeitsverteilung der Dübellage des Deckenloses 2005-1 zeigt, dass etwa 2/3 der Dübel nach ZTV Beton-StB korrekt liegen, bei Toleranzüberschreitung die Dübel vorwiegend zu tief liegen und der Fugenschnitt mit der Dübelposition selten übereinstimmte. Auch die Schräglage überschreitet bei 32 % bzw. die Toleranz von 20 mm.

Die Berücksichtigung der Neu-Toleranz und des Toleranz-Vorschlags nach Tabelle 2 bewirkt eine Reduzierung der Anzahl der Dübel außerhalb der Toleranz, siehe Kapitel 6. Dies ist bei dieser Messstrecke besonders stark bei der Schräglage ausgeprägt (Tabelle 4).

An einzelnen Positionen im Querschnitt ist die Dübellage stets günstiger oder ungünstiger, sodass offensichtlich ein systematischer Einfluss beim Einbau vorliegt. Deshalb wurde die Dübellage über den Querschnitt der 20 Fugen am Anfang des Deckenloses einer genaueren Betrachtung unterzogen (Schräglage in Bild 20). Die gleichsinnige Abweichung an einzelnen Positionen im Querschnitt geht besonders deutlich aus der Abweichung der Höhenlage im Querschnitt hervor, in Bild 21 am Anfang der Messstrecke und auch in Bild 21 am Ende der Messstrecke.

| Anteil der Dübel, bezogen auf die Anzahl gemessener Dübel (5758) | Berücksichtigung der Toleranzerweiterung | Abweichung der Höhenlage dz | Verschiebung dy | Schräglage s |
|---|--|-----------------------------|-----------------|--------------|
| Dimension | | % | % | % |
| Anteil mit Nichteinhalten der Anforderung nach ZTV Beton-StB | keine | 27 | 42 | 32 |
| Anteil mit Nichteinhalten der Anforderung nach ZTV Beton mit Neu-Toleranz | Neu-Toleranz nach Tabelle 2 | 20 | 32 | 18 |
| Anteil mit Nichteinhalten der Anforderung nach ZTV Beton mit Vorschlag Toleranz | Vorschlag Toleranz nach Tabelle 2 | 13 | 15 | 32 |

Tab. 4: Anteil der Dübel außerhalb der Anforderungen, bezogen auf die Anzahl gemessener Dübel, Strecke 2005-1 siehe Bild 19 und Tabelle 8

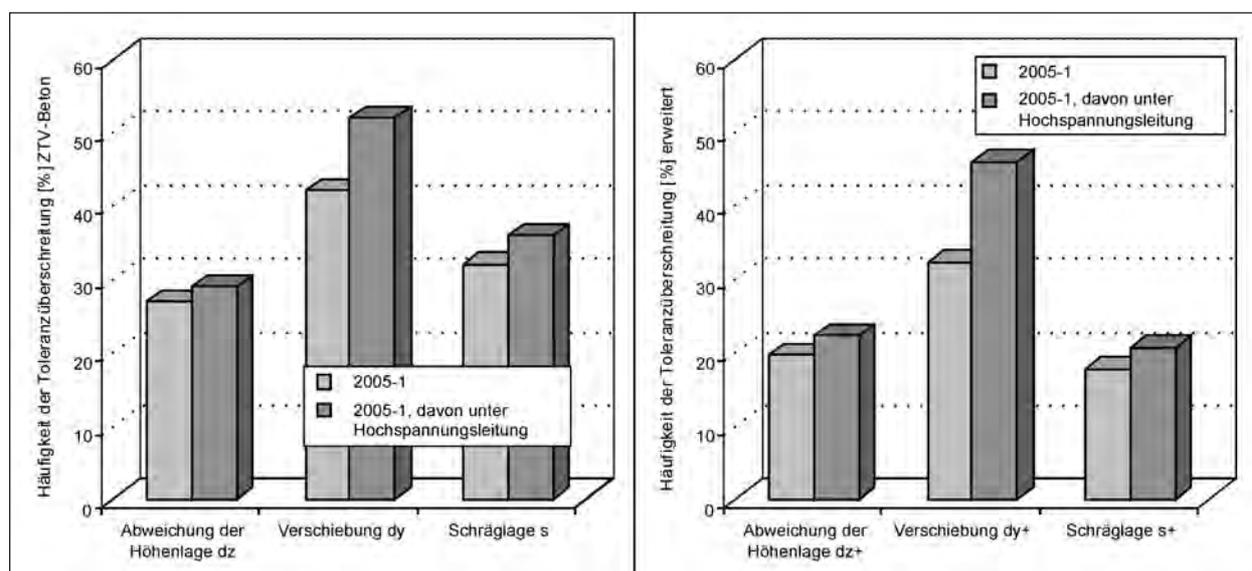


Bild 4: Vergleich des Anteils mit Nichteinhalten der Anforderung nach ZTV Beton-StB der gesamten Strecke 2005-1 (134 Fugen, hellgrau) und des Anteils im Bereich einer Hochspannungsleitung (16 Fugen, dunkelgrau); linkes Bild für Toleranzen nach ZTV Beton und rechtes Bild incl. Gerätetoleranzen

Diese systematische Abweichung erstreckt sich also über das gesamte Deckenlos 2005-1. Eine Korrektur beim Dübelsetzen wurde offensichtlich nicht vorgenommen.

4.4 Einfluss einer Hochspannungsleitung

Bei der Strecke 2005-1 wurde vom Betreiber des Dübellagemessgerätes darauf hingewiesen, dass im Bereich einer Hochspannungsleitung auf eine Länge von 850 m die gemessenen Dübellagen durch das Störsignal nicht oder nur mit unbekannter Genauigkeit ausgewertet werden konnten. Die Höhenlage und die Schräglage waren in diesem Bereich bei Toleranzen nach ZTV Beton um 7 % (dz) bis 24 % (dy) größer als im Durchschnitt des

gesamten Deckenloses, unter Berücksichtigung der Gerätetoleranzen verdoppelt sich dies auf 13 % bis 42 %, vergleiche Bild 4.

Die Vergrößerung der Schräglage im Bereich der Hochspannung ist insbesondere auf eine Vergrößerung der vertikalen Schräglage zurückzuführen, wie sie i. d. R. durch Anker bewirkt wird.

5 Ergebnisse von Dübellagemessungen 2008

5.1 Messstrecke 2008-1

Bei dieser Messstrecke wurden Messungen der Dübellage in 3 Messabschnitten an insgesamt 27 Fugen über den gesamten Querschnitt vorgenom-

men. Die Häufigkeitsverteilung für einen Abschnitt (Bild 22) zeigt, dass bzgl. der Schräglage ein gutes Ergebnis erzielt wurde. Bezüglich der Höhenlage liegen die Dübel im 1. und 2. Fahrstreifen relativ gleichmäßig in der Tiefe, allerdings im zweiten Fahrstreifen zu tief (Bild 26).

Die Störung durch die Anker in der Längsfuge dieser Messstrecke wird unter Kapitel 5.4 behandelt.

5.2 Messstrecke 2008-2

Von den zwei Messabschnitten der Mess-Strecke 2008-2 sind in Bild 27 bis Bild 30 die Häufigkeitsverteilung aller Dübellagen sowie die Tiefenlage der Dübel über den Querschnitt des ersten Messabschnittes dargestellt. Daraus ist Folgendes zu ersehen:

- Die Dübel haben nur eine geringe Abweichung (2 %) von der zulässigen Höhenlage, ausschließlich verursacht durch die große Tiefe des ersten Dübels im Standstreifen (Bild 30).
- Die Dübel sind in Längsrichtung sehr gut ausgerichtet und der Fugenschnitt sehr gut zugeordnet.
- Einige Ausreißer der Dübellage im Bereich der beiden Längsscheinfugen sind offensichtlich bedingt durch das Mess- und Auswerteverfahren (Bild 29), siehe Kapitel 5.4.
- Die Schräglage hat die häufigsten Überschreitungen (Bild 27). Diese rühren meist von einer zu großen vertikalen Schräglage.

5.3 Messstrecke 2008-3

Messabschnitt 2008-3 wird unter Kapitel 7 besprochen. Bereits bei den ersten Messungen im Abschnitt M1 bis M3 wurden sehr gute Ergebnisse der Dübellage erreicht, wie Bild 32 für die Häufigkeitsverteilung und die Diagramme der Querschnitte im Bild 34 bis Bild 36 zeigen. Eine zusätzliche Verbesserung der Dübellage konnte durch Maßnahmen erzielt werden, die unter Kapitel 7 beschrieben sind.

5.4 Einfluss der Anker in der Längsfuge

Abweichungen bei allen Messwerten im Bereich der Längsscheinfuge (Bild 25) sind auf das Mess-

| Messabschnitt | Überschreitung der Toleranz [%] | | |
|--|---------------------------------|----|----|
| | dz | dy | s |
| 2008-1 M1 mit allen Dübeln | 46 | 23 | 14 |
| 2008-1 M1, ausgewertet ohne je 2 Dübel an den 2 LF | 45 | 19 | 10 |

Tab. 5: Änderung der Toleranzüberschreitung durch Weglassen der Messwerte von je 2 Dübeln im Längsfugenbereich

verfahren, das von Ankern in der Längsfuge beeinflusst werden kann, zurückzuführen. Im ersten Schritt der Auswertung wurde dies nicht berücksichtigt. In einem zweiten Schritt der Auswertung wurden die Messwerte von je 2 Dübeln im Bereich der zwei Längsfugen weggelassen.

Tabelle 5 und Bild 5 zeigen, dass die Toleranzüberschreitungen etwas geringer werden, wenn die 2 Dübel zu beiden Seiten der Längsfuge nicht berücksichtigt werden. Allerdings ändert sich damit die Aussage zur Dübellage nur unwesentlich.

Die Längsfugenanker wirken sich besonders bei der Bauweise mit STSuB oder bei Längspressfugen aus, da hier 5 Anker pro Platte vorzusehen sind, d. h., bei gleicher Verteilung der Anker beträgt der Ankerabstand von der Querscheinfuge 0,5 m. Dieser Einfluss wurde in einem Prüfstandsversuch nachgewiesen [4, 5, 7].

5.5 Messergebnisse unterschiedlicher Messgerätee Betreiber

In 3 Messabschnitten konnten zusätzlich zu den Messungen des Prüfamtes die Ergebnisse der Messungen von anderen Betreibern des Messgerätes herangezogen werden, die an den gleichen Fugen unabhängig voneinander gemessen wurden (siehe Ringversuch in [4]). Diese Daten wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber angefordert. In Bild 6 sind exemplarisch die Differenzen der Messwerte des Betreibers 1 zum Messwert des Prüfamtes über den Querschnitt von 5 Fugen aufgetragen. Daraus ist zu ersehen, dass beim Betreiber 2 die Dübel scheinbar höher liegen gegenüber der Messung des Prüfamtes.

In Bild 37 bis Bild 49 sind für die 3 Messstrecken die Differenzen bei zwei Betreibern bezüglich der abweichenden Höhenlage, der Schräglage, der Verschiebung, des Versatzes und die abweichende

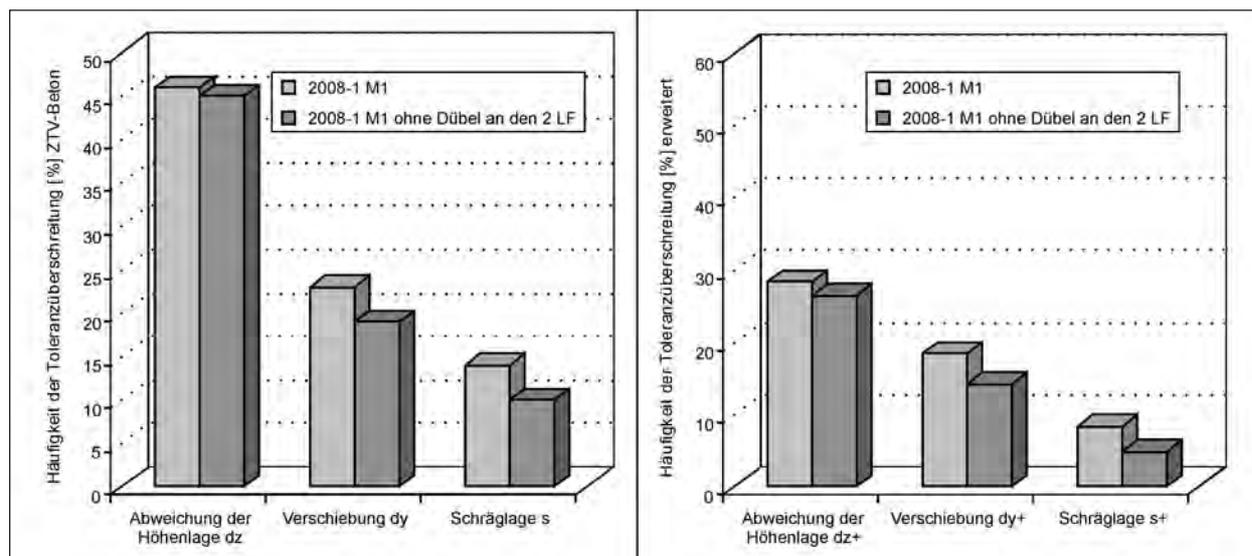


Bild 5: Vergleich des Anteils mit Toleranzüberschreitung; Auswertung aller Dübel (dunkelgrau) und ohne je 2 Dübel im Längsfugenbereich St/F1 und F1/F2 (hellgrau); linkes Bild für Toleranzen nach ZTV Beton und rechtes Bild incl. Neu-Toleranz

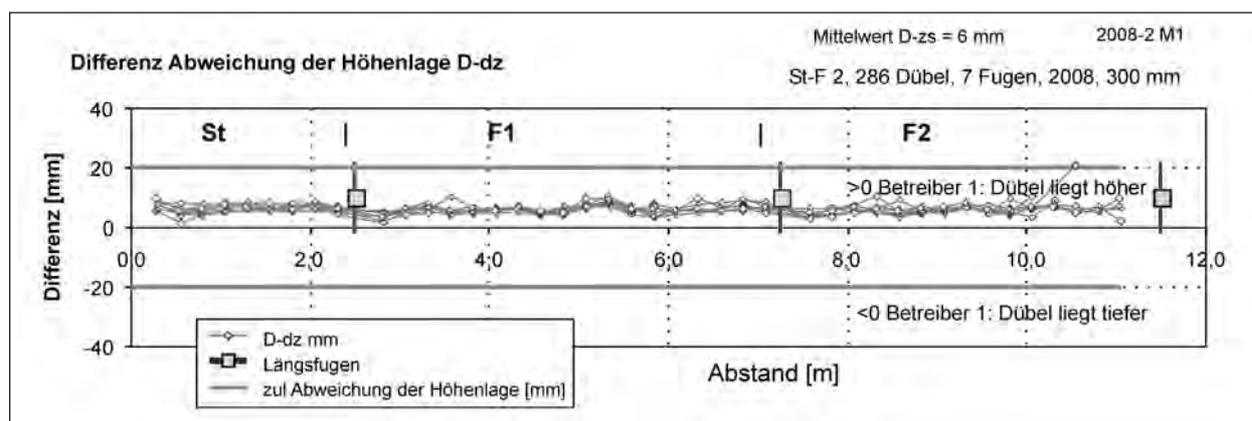


Bild 6: Differenz der Tiefenlage D-dz im Querschnitt von 5 Fugen: Messwert der TUM (Prüfamt) minus Messwert Betreiber 1 beträgt im Mittel 6 mm

| Mess-Strecke | 2. Betreiber | Differenz D [mm] zwischen zwei Betreibern | | | |
|--------------|--------------|---|------|-----|------|
| | | D-dz | D-dy | D-s | D-dx |
| 2008-2 M1 | B1 | +6 | +3 | +4 | +18 |
| 2008-1 M1 | B1 | +3 | +19 | -2 | 0 |

Tab. 6: Differenz der Messwerte der TUM (Prüfamt) minus Betreiber, Mittelwert über den Querschnitt mehrerer Fugen

Höhenlage direkt für einen ausgewählten Querschnitt aufgetragen, wobei bei gleicher Charakteristik der einzelnen Tiefenlage der Dübel die Übereinstimmung der untersuchten Fuge geprüft werden kann. In den Bildern sind neben der grafischen Darstellung der Differenzen auch die Mittelwerte der Differenzen angegeben. Diese sind in der Tabelle 6 zusammengestellt. Die Unterschiede bei der Verschiebung und beim Versatz können auf unterschiedliche Ausrichtung des aufgelegten Schienensystems zurückgeführt werden. Bei der Differenz der

Schräglage und der abweichenden Höhenlage dürfte es sich um systematische Fehler eines oder der beiden betriebenen Messgeräte handeln, wie dies bereits beim Ringversuch festgestellt wurde [4, 7].

5.6 Einfluss der Höhe der Setzgabeln des Dübelsetzers

In zwei Messabschnitten wurde die Position der Dübelsetzer im unbelasteten Zustand gegenüber einer

Spannschnur, die zwischen 1. und letzter Dübelsetzgabel gespannt wurde, gemessen, um ein Bild von den Maßhaltigkeiten zu bekommen, soweit dies möglich ist. Diese Werte wurden in Bild 52, Bild 55 (Messung der BAST, Ref. S3) und Bild 56 grafisch über den Querschnitt aufgetragen. Weiterhin wurde zum Vergleich die Tiefenlage der Dübel, ebenfalls bezogen auf die Position des ersten und letzten Dübels, aufgetragen. In beiden Bildern ist eine sehr schwache Abhängigkeit zu erkennen. Das Diagramm in Bild 53 lässt ebenfalls einen sehr geringen Einfluss erkennen. Dies sollte durch weitere Untersuchungen überprüft und vertieft werden.

5.7 Einfluss der Position der Rüttler

In einem Messabschnitt wurde geprüft, ob der Abstand der Dübel von den T-Rüttlern, über die die Rüttelenergie des Oberbetons nach dem Dübelsetzen eingetragen wird, einen Einfluss hat. Dazu wurde im Bild 52 einerseits die Position der Mitte des 450 mm langen T-Rüttlers über den Fertigungsquerschnitt aufgetragen, andererseits die von einer Geraden abweichende Höhenlage der Dübel dieses Querschnitts. Insbesondere im 2. Fahrstreifen F2 ist die Höhenlage der Dübel alternierend.

Im Bild 54 wurde die Abweichung der Höhenlage vom Reziprokwert des Abstands in 3. Potenz aufgetragen. Dabei wurde die Summe gebildet, da mehrere Rüttler einen Dübel beeinflussen. Die 3. Potenz wurde gewählt entsprechend der Volu-

menänderung bei Änderung des Abstandes bzw. Radius. Es ergibt sich keine eindeutige Abhängigkeit, jedoch scheinen, wie anzunehmen, bei geringerem Abstand der Dübel von den Rüttlern (kleinerer Summenwert des Reziprokwertes) die Dübel höher zu liegen als bei größerem Abstand.

6 Bewertung bei Vergrößerung der Toleranz

Beispielhaft wurde die Auswirkung der Erweiterung der Toleranz (Neu-Toleranz) untersucht, die in Tabelle 2 angegeben ist. Bereits unter Kapitel 4.3 und Tabelle 4 wurde für einen Messabschnitt untersucht, wie sich eine Vergrößerung der Toleranz nach Tabelle 2 auf die Messergebnisse der Dübelhöhe auswirkt. In Bild 7 ist als Säulendiagramm die Häufigkeit der Toleranzüberschreitung nach dieser Auswertung aufgetragen. Gegenüber den Toleranzen nach ZTV Beton (Bild 3) ergeben sich geringere Überschreitungen.

Im Einzelnen ist die Reduzierung der Toleranzüberschreitung durch die Vergrößerung der Toleranzen im Bild 8 für alle untersuchten Strecken als Prozentwert aufgetragen. Bildet man einen Mittelwert über diese Reduzierung, ergeben sich die in Tabelle 7 angegebenen Reduktionswerte. Dies bedeutet, dass eine Vergrößerung der Toleranz von 6, 8 bzw. 4 mm eine Reduzierung der Toleranzüberschreitung im Mittel der Strecken um etwa die Hälfte bedeutet.

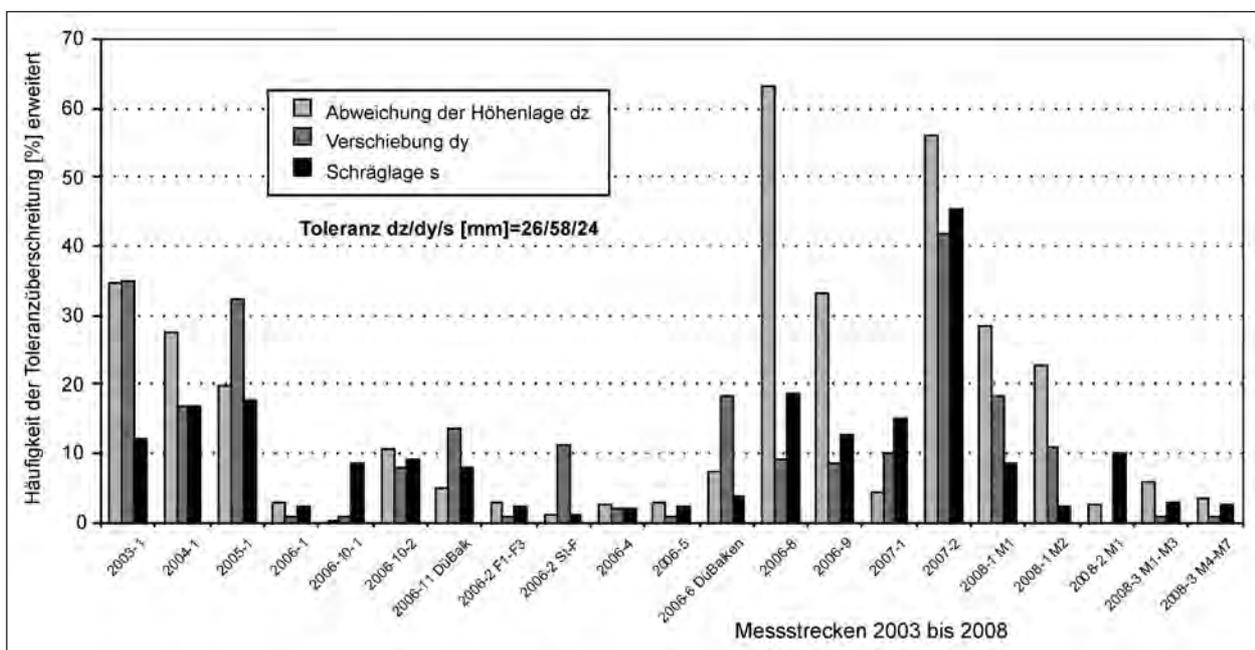


Bild 7: Diagramm der Häufigkeit der Toleranzüberschreitung nach ZTV Beton mit Neu-Toleranz für die untersuchten Strecken

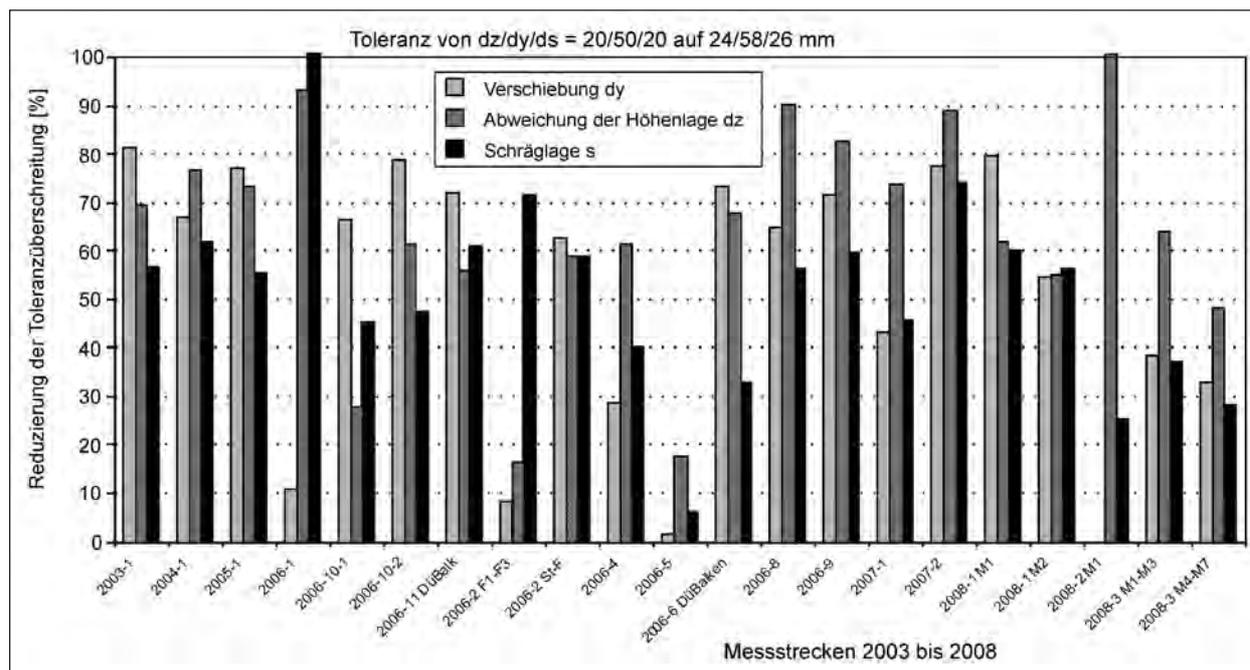


Bild 8: Reduzierung der Toleranzüberschreitung bei Vergrößerung der Toleranz von $dz/dy/ds = 20/50/20$ auf $24/58/26$ mm (Vorschlag in Tabelle 2) für die untersuchten Strecken (Bild 3 und Bild 7)

| Messwert | Dübellage | | |
|--|-----------|---------|---------|
| | dz | dy | s |
| Vergrößerung der Toleranz (Neu-Toleranz) [mm] | 20 → 26 | 20 → 24 | 50 → 58 |
| Änderung der Toleranz [mm] | 6 | 4 | 8 |
| Reduktion der Toleranzüberschreitung [%] bei Toleranzänderung (Neu-Toleranz) | 65 | 57 | 55 |

Tab. 7: Reduzierung der Toleranzüberschreitung bei Vergrößerung der Toleranz, Mittelwerte von 21 Mess-Strecken

D. h., viele Dübel weisen eine nur geringe Überschreitung der Toleranz auf, was auch der Verlauf der Häufigkeitsverteilung in den Bildern 7 und 8 zeigt. Bei anderen Strecken hat dies nur eine geringe Auswirkung.

Aufgrund von Laboruntersuchungen [9] und der vorangegangenen Forschungsarbeit [4] ist eine Toleranzerweiterung einschließlich Messfehler insbesondere in der Höhenlage dz und Verschiebung dy möglich. Es kann eine abweichende Höhenlage nach unten von 35 mm einschließlich Messfehler ohne Auswirkung auf die Querkraftübertragung zugelassen werden. Dementsprechend könnte die abweichende Höhenlage von 20 mm nach oben (wie bisher) und 35 mm nach unten angesetzt werden. Eine zulässige Verschiebung dy der Dübel von ± 80 mm einschließlich Messfehler ist möglich, da nach Laborversuchen bei einer minimalen Einbindetiefe von 170 mm die Querkraft sicher übertragen werden kann.

Die Auswirkung der vorstehend beschriebenen möglichen Toleranzen ist in Bild 24 und Bild 28 für

zwei Messstrecken aus dem Jahr 2008 grafisch dargestellt. Daraus ist die Abnahme der Häufigkeit der Toleranzüberschreitung bei Vergrößerung der Toleranz, ausgehend von den Toleranzen nach ZTV Beton, aufgetragen. Die Häufigkeit der Toleranzüberschreitung nach den oben beschriebenen Kriterien ist durch einen Kreis gekennzeichnet. Hierbei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Messstrecken. Während bei Messstrecke 2008-1 M1 die Überschreitung der Toleranz von z erheblich von 46 auf 4 % abnimmt, ist bei Messstrecke 2008-2 M1 nur eine geringe Auswirkung zu ersehen, da die Tiefenlage der Dübel bereits sehr gut war, ebenso bei der Verschiebung dy .

Eine Toleranzerweiterung hat demnach bei den einzelnen Strecken je nach Häufigkeitsverteilung sehr unterschiedliche Auswirkungen.

7 Verbesserung der Dübellage

Im Messabschnitt M3 der Messstrecke 2008-3 wurde insbesondere bei den äußeren Dübel eine zu

tiefe Lage der Dübel festgestellt (Bild 9), ansonsten befanden sich die Dübel zu 91 % innerhalb der Toleranzen, berechnet für sämtliche Dübel.

| Mess-Strecke | Überschreitung der Toleranz [%] | | |
|--------------|---------------------------------|----|---|
| | dz | dy | s |
| 2008-3 M1-M3 | 9 | 8 | 2 |
| 2008-3 M4-M7 | 7 | 9 | 2 |

Tab. 8: Verbesserung der Toleranzüberschreitung nach ZTV Beton durch Maßnahmen an den Rüttlern und der Rüttelenergie, Messstrecke 2008-3

Wegen dieser Erkenntnis wurde vom Deckenhersteller veranlasst, dass die äußeren Rüttler ausgetauscht und in der Leistung reduziert wurden, so dass sich ein geringerer Energieeintrag ergab. Die Verbesserung der Lage der Dübel zeigen Bild 10 sowie Bild 34 und Bild 36. Die vertikale Position der Dübel in Bild 35 entspricht der der übrigen Dübel. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse aufgetragen. Bei etwa gleicher Ausrichtung der Dübel wurde die Höhenlage der Dübel erheblich verbessert, so dass insgesamt ein sehr gutes Ergebnis der Dübellage erzielt wurde.

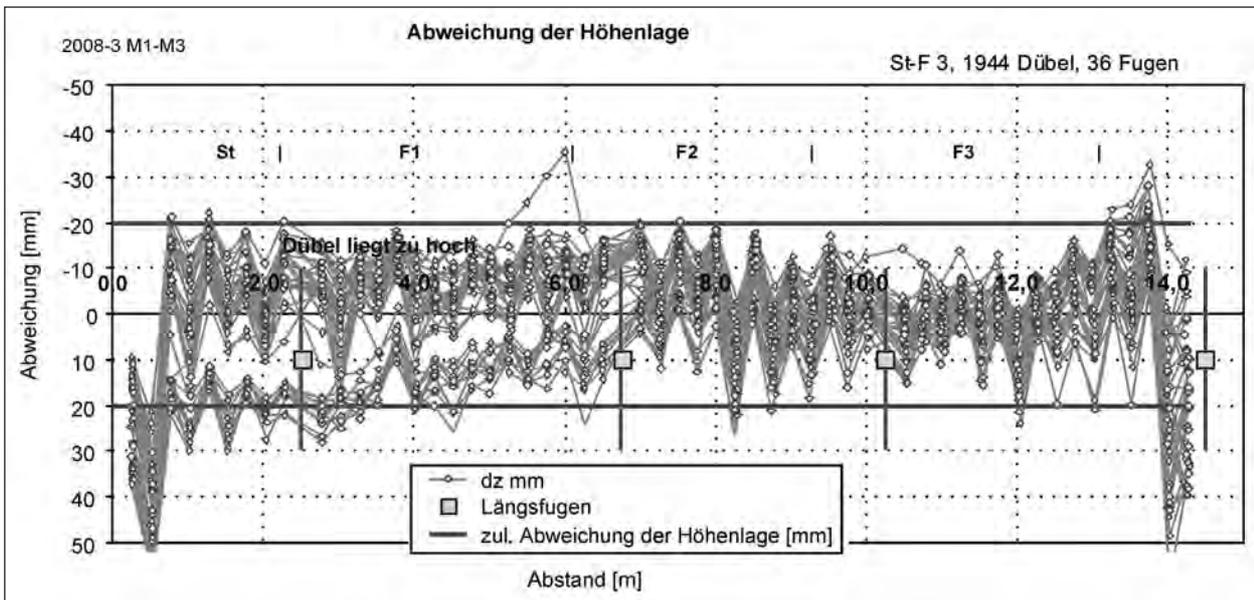


Bild 9: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 15 Fugen 2008-3 in drei Messabschnitten M1-M3 vor der Maßnahme

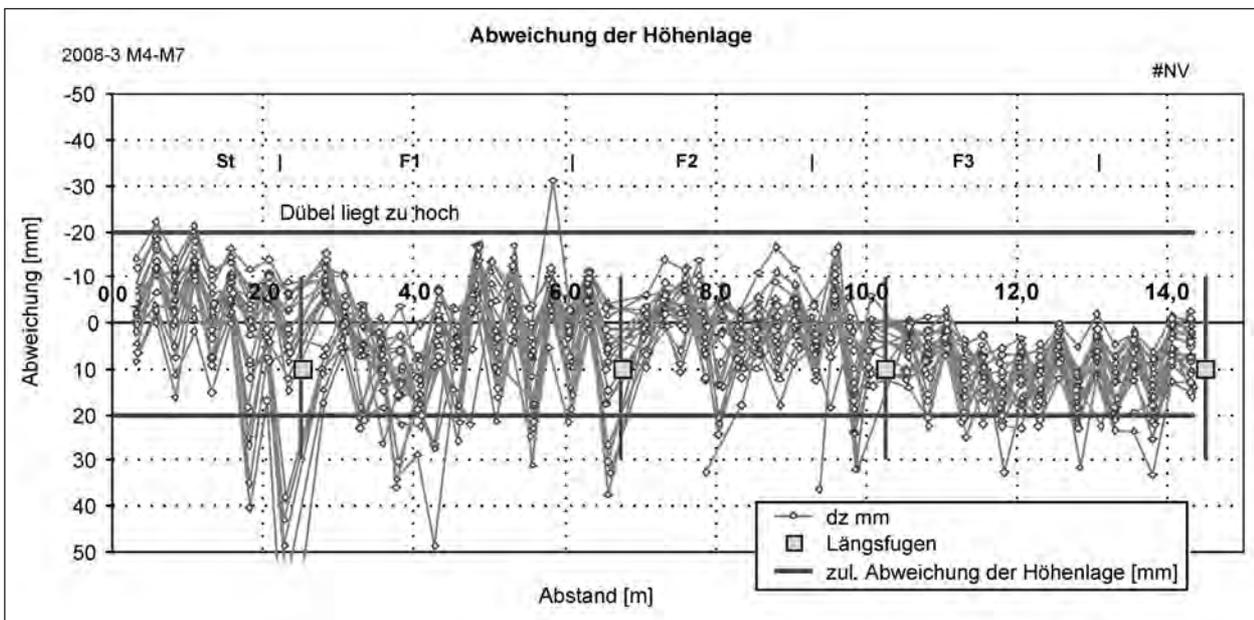


Bild 10: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 20 Fugen 2008-3 in vier Messabschnitten M4-M7 nach Verbesserung der äußeren Rüttler

Durch frühzeitige Kontrolle der Dübellage und entsprechende maschinentechnische Korrekturen beim Dübelsetzen können z. B. die in Bild 20 bis Bild 22 gezeigten Abweichungen reduziert werden.

Weiterhin kann bei einer sorgfältigen Zuordnung des Querscheinfugenschnittes zur Lage der Dübel eine wesentliche Verbesserung von d_y erzielt werden.

Die Messungen im Jahr 2008 zeigen, dass die Lagegenauigkeit der Dübel z. T. weiter verbessert werden kann, andererseits konnten bezüglich der Höhenlage und der Verschiebung in Längsrichtung bereits hervorragende Ergebnisse erzielt werden.

Von den Baufirmen sollten bei ungünstigen Dübellagen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Optimierung des Dübeleinbaus und der Betonzusammensetzung betreffen.

8 Zusammenfassung

8.1 Allgemeines

Die in stark belasteten Betonfahrbahnen in den Querfugen einzubauenden, kunststoffbeschichteten Dübel dienen der Sicherung der Höhenlage benachbarter Platten und gewährleisten die Querkraftübertragung von Platte zu Platte. Größere Lageabweichungen und zu geringe Betonüberdeckung können zu einer geringeren Querkraftübertragung, zu Schäden an der Betondecke und bei geringer Rissöffnung zu Paketreißen und außerplanmäßigen Rissen führen.

Im Technischen Regelwerk für Betonfahrbahnen sind die Anforderungen an die Lage der Dübel (Standarddübel $\varnothing 25$ mm/500 mm) bezüglich

- Höhenlage d_z mit Toleranz 20 mm,
- Schräglage s mit Toleranz 20 mm und
- Verschiebung in Längsrichtung d_y mit Toleranz 50 mm

enthalten. Die einheitliche Durchführung und Auswertung von Messungen zum Nachweis der Lage von Dübeln und Ankern sind im Arbeitspapier Nr. 67 beschrieben. Im Rahmen einer Forschungsarbeit zur Dübellage wurden erste Untersuchungen zur Messgenauigkeit, Vergleich der Betreiber in einem Ringversuch durchgeführt und Häufigkeitsverteilungen von ersten Messungen ermittelt und bewertet.

In den ZTV Beton-StB 07 sind erstmals Prüfungen an der fertig gestellten Betonfahrbahn bezüglich der Dübellage der fertigen Betondecke als Eigenüberwachungsprüfung vorgesehen. Nach einer Fußnote mit Hinweis auf die nicht bekannten Mess-toleranzen „... sind die so ermittelten Ergebnisse nicht geeignet, Vorbehalte im Rahmen der Abnahme zu erklären“. In dieser neuen Situation sollte im Rahmen dieser Forschungsarbeit die Lagegenauigkeit der Dübel in den vergangenen Jahren anhand ausgewählter Messabschnitte überprüft und jüngste Ergebnisse der Messungen nach ZTV Beton-StB 07 ausgewertet werden.

Ziel der Forschungsarbeit ist, die Qualität des Dübeleinbaus weiter zu verbessern und eine Basis für die Einführung von vertraglichen Schlussfolgerungen zu schaffen.

8.2 Versuchsdurchführung

Insgesamt wurden 21 Strecken mit 889 Fugen und 40.794 Dübeln ausgewertet, die mit unterschiedlichen Einbauverfahren und Dübelsetzgeräten 2003 bis 2007 hergestellt wurden. 2008 wurden zusätzlich eigene Messungen durchgeführt, sodass Messwerte anderer Betreiber verglichen werden konnten.

Die Messungen der Dübellage wurden ausschließlich mit einem Messgerät durchgeführt, das auf dem Pulsinduktionsverfahren beruht. Das Messgerät wird dabei über ein nicht magnetisches Schienensystem, das über die zu messende Querscheinfuge gelegt wird, gezogen. Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgt mit einem speziellen Auswerteprogramm. Die Messwerte werden entsprechend den Vorgaben des FGSV-Arbeitspapiers 67 in Tabellen abgelegt. Die Tabellen einzelner Fugen wurden zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Die dargestellten Häufigkeiten ergeben ein Bild über die Überschreitung der Messtoleranzen. Weiterhin kann über sämtliche Messquerschnitte die Lage der Dübel bezüglich Höhenlage, Schräglage und Längsverschiebung dargestellt werden, um eine übersichtliche visuelle Beurteilung abgeben zu können.

8.3 Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Messdaten zeigten eine sehr unterschiedliche Qualität der Lage der Dübel. Der prozentuale Anteil der Toleranzüberschreitungen hatte

große Spannen von 1 bis 70 %. Aus den Jahren 2006 und 2008 liegen bereits hervorragende Ergebnisse der Dübellage vor, während bei anderen Abschnitten wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielt wurden. Soweit bekannt, waren trotz der Überschreitungen der festgelegten Toleranzen keine Schäden vorhanden. Dies zeigt, dass in den derzeitigen Anforderungen der ZTV Beton-StB eine ausreichende Sicherheitsreserve enthalten ist.

Die Auswertung der Toleranzüberschreitungen wurde entsprechend den Toleranzen nach den ZTV Beton-StB vorgenommen. Im Rahmen einer beispielhaften, erweiterten statistischen Auswertung wurde eine Erweiterung der Toleranzen von $dz/dy/s = 20/50/20$ mm auf $dz/dy/s = 24/58/26$ mm (Neutoleranz) untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass im Mittel über alle Versuchsstrecken die Toleranzüberschreitung für alle 3 Messgrößen auf etwa die Hälfte reduziert wird. D. h., viele Dübel weisen nur eine geringe Überschreitung der Toleranz auf, was bereits aus dem Verlauf der Häufigkeitsverteilungen zu erkennen war. Bei anderen Strecken hat die Toleranzerweiterung geringe Auswirkungen.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden verschiedene Einflüsse auf die Dübellage untersucht, die Auswirkung auf die Messergebnisse haben und ggf. zu Fehlern führen können.

Der vom Betreiber vermerkte Bereich einer als Störsignal bezeichneten Hochspannungsleitung wurde mit der übrigen Strecke verglichen. Die Dübellagen waren in diesem Bereich bei Toleranzen nach ZTV Beton um 7 % (dz) bzw 24 % (dy) größer als im Durchschnitt des gesamten Deckenloses, unter Berücksichtigung einer erweiterten Toleranz verdoppelte sich dies auf 13 % bis 42 %.

Größere Abweichungen bei allen Messwerten im Bereich der Längsscheinfuge sind auf das Messverfahren, das von Anker in der Längsfuge beeinflusst werden kann, zurückzuführen. Eine vergleichende Auswertung der Dübellage zeigte, dass die Toleranzüberschreitungen etwas geringer werden, wenn die 2 Dübel zu beiden Seiten der Längsfuge nicht berücksichtigt werden. Allerdings änderte sich damit die Aussage zur Qualität der Dübellage unwesentlich.

Differenzen bei je zwei Betreibern bezüglich der Dübellage wurden bei 3 Strecken ermittelt. Die Unterschiede bei der Verschiebung und beim Versatz können auf unterschiedliche Ausrichtung des aufgelegten Schienensystems zurückgeführt werden.

Bei der Differenz der Schräglage und der abweichenden Höhenlage dürfte es sich um systematische Fehler eines oder der beiden betriebenen Messgeräte handeln, wie dies bereits beim Ringversuch festgestellt wurde [4].

Die Position der Dübelsetzer im unbelasteten Zustand gegenüber einer Spannschnur, die zwischen erster und letzter Dübelsetzgabel gespannt wurde, hatte einen sehr geringen Einfluss auf die Tiefenlage der Dübel. Dies sollte durch weitere Untersuchungen überprüft und vertieft werden.

Der Abstand der Dübel von den T-Rüttlern, über die die Rüttelenergie in den Oberbeton nach dem Dübelsetzen eingetragen wird, hatte bei guter Tiefenlage der Dübel einen geringen Einfluss auf Unterschiede der Tiefenlage, wie eine zweidimensionale Auswertung der räumlichen Verhältnisse zeigte.

Bei einer Messstrecke wurde anhand der vorliegenden Messdaten ein geringerer Energieeintrag über die Rüttler im Bereich der äußeren, zu tief liegenden Dübel vorgenommen. Durch diese Maßnahme konnte ein hervorragendes Ergebnis der Dübellage erzielt werden.

8.4 Folgerungen für die Praxis

Durch die frühzeitige Kontrolle der Dübellage und entsprechende maschinentechnische Korrekturen beim Dübelsetzen lässt sich eine gute Dübellage erreichen, bei der auch die Toleranzen nach der ZTV Beton-StB eingehalten werden. Eine sorgfältige Zuordnung des Querscheinfugenschnittes zur Lage der eingerüttelten Dübel kann eine wesentliche Verbesserung der Verschiebung bewirken. Weiterhin ist auf eine gleich bleibende Betonqualität, Steifigkeit und Betonzusammensetzung sowie Einbaugeschwindigkeit des Fertigers zu achten, was nicht nur zu einer Verbesserung der Qualität des Fahrbahnbetons, sondern auch der Dübellage führt. Von den Baufirmen muss darauf geachtet werden, dass bei ungünstigen Dübellagen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Optimierung des Dübeleinbaus und ggf. der Betonzusammensetzung betreffen.

Aufgrund von Laboruntersuchungen und der vorangegangenen Forschungsarbeit ist eine Toleranzerweiterung einschließlich Messfehler insbesondere in der Höhenlage dz und Verschiebung dy möglich. Es kann eine abweichende Höhenlage nach unten

von 35 mm einschließlich Messfehler ohne Auswirkung auf die Querkraftübertragung zugelassen werden. Dementsprechend könnte die abweichende Höhenlage von 20 mm nach oben (wie bisher) und 35 mm nach unten angesetzt werden. Eine zulässige Verschiebung dy der Dübel von ± 80 mm einschließlich Messfehler ist möglich, da nach Laborversuchen bei einer minimalen Einbindetiefe von 170 mm die Querkraft sicher übertragen werden kann. Die vorstehend beschriebenen möglichen Toleranzerweiterungen hatten, wie zwei zusätzliche Untersuchungen zeigten, sehr unterschiedliche Auswirkung auf die Anzahl/Reduzierung der Überschreitungen.

9 Ergänzende grafische Darstellungen

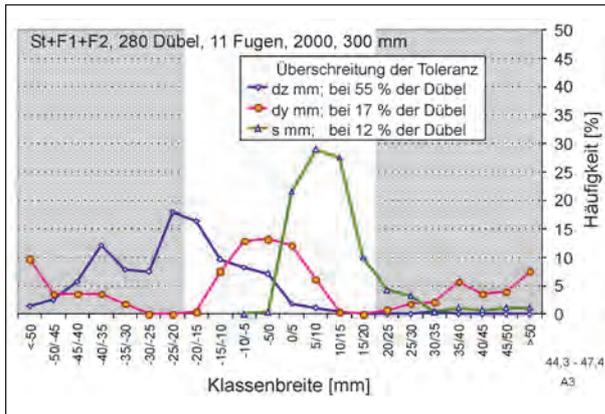


Bild 11: BAB mit 30 cm einlagiger Betondecke auf STSuB, 2000

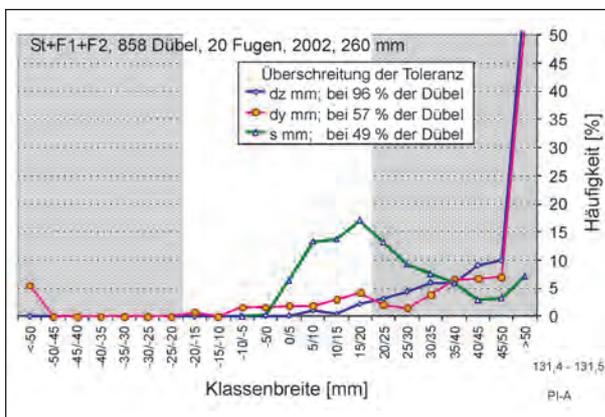


Bild 12: BAB mit 26 cm zweischichtiger Betondecke auf HGT bei 11,50 m Einbaubreite, 2000, hier gingen Dübel bis zur Oberseite der Betonfahrbahn

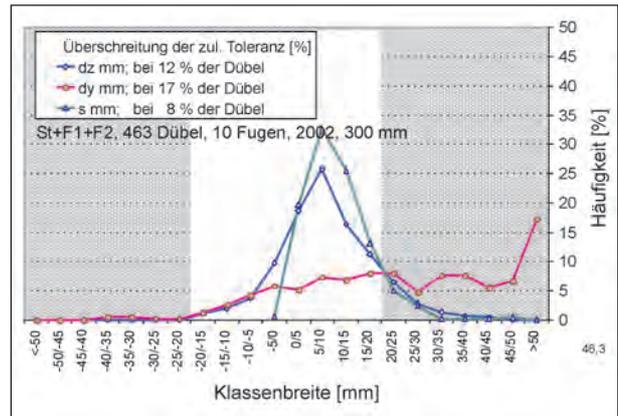


Bild 13: BAB mit 30 cm zweischichtiger Betondecke auf STSuB; 2002

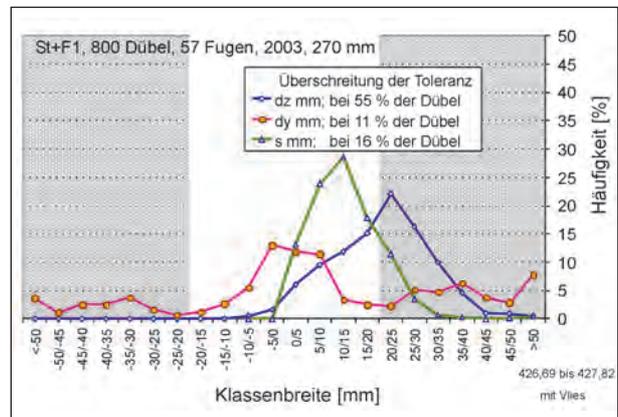


Bild 14: BAB mit 26 cm Betondecke auf Geotextil und HGT; 2003

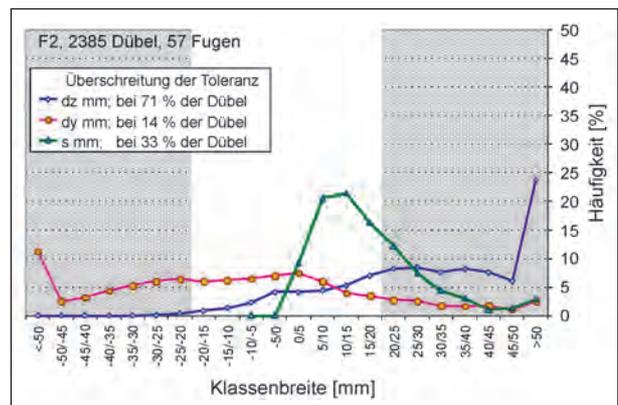


Bild 15: BAB mit 27 cm zweischichtiger Betondecke, 2006

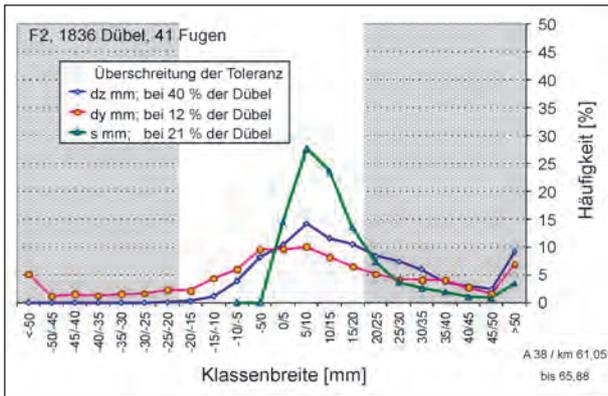


Bild 16: BAB mit 27 cm Betondecke, 2006

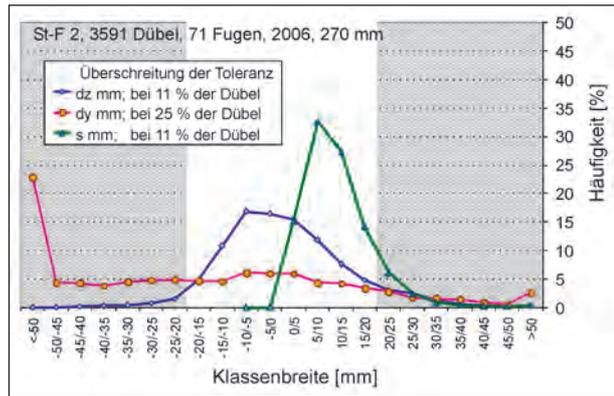


Bild 18: BAB mit 270 mm Betondecke auf Geotextil (?) einschichtig, zweilagig, 2006

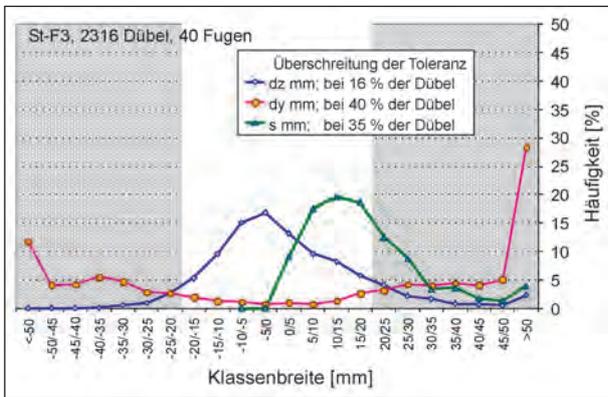


Bild 17: BAB mit 26 cm Betondecke, 2006

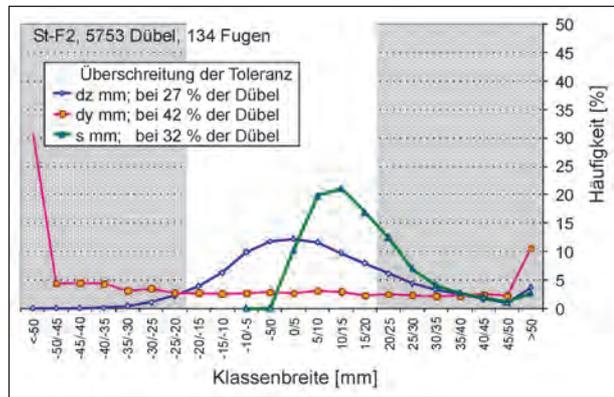


Bild 19: BAB mit 26 cm einschichtiger zweilagiger Betondecke auf 20 cm gekerbter HGT, 2005

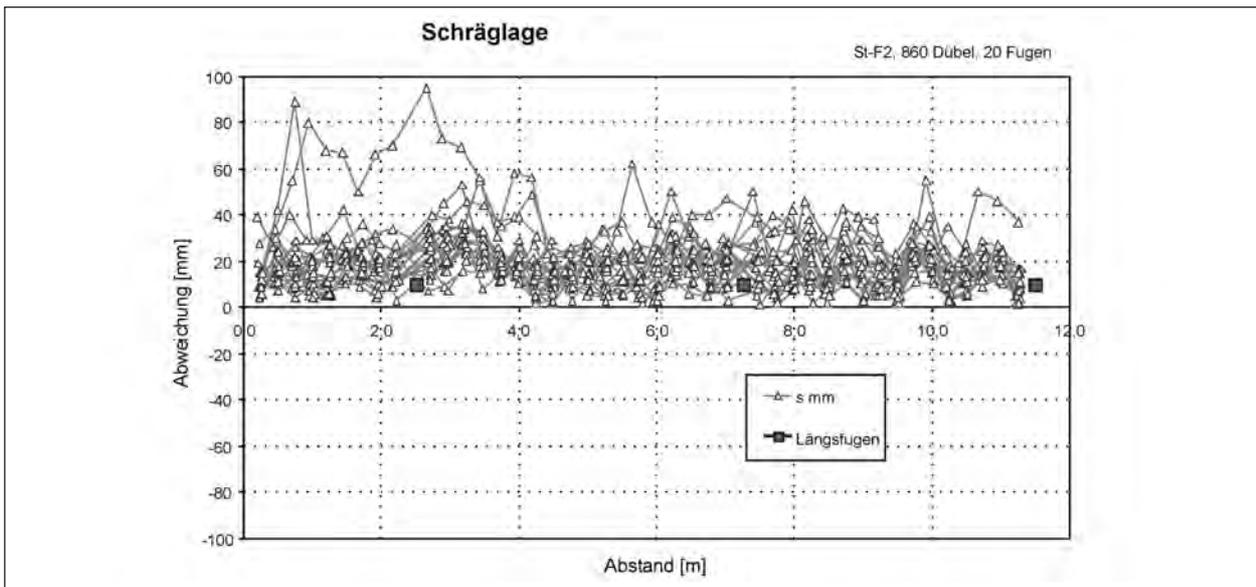


Bild 20: BAB 1a mit 26 cm einschichtiger zweilagiger Betondecke, 2005

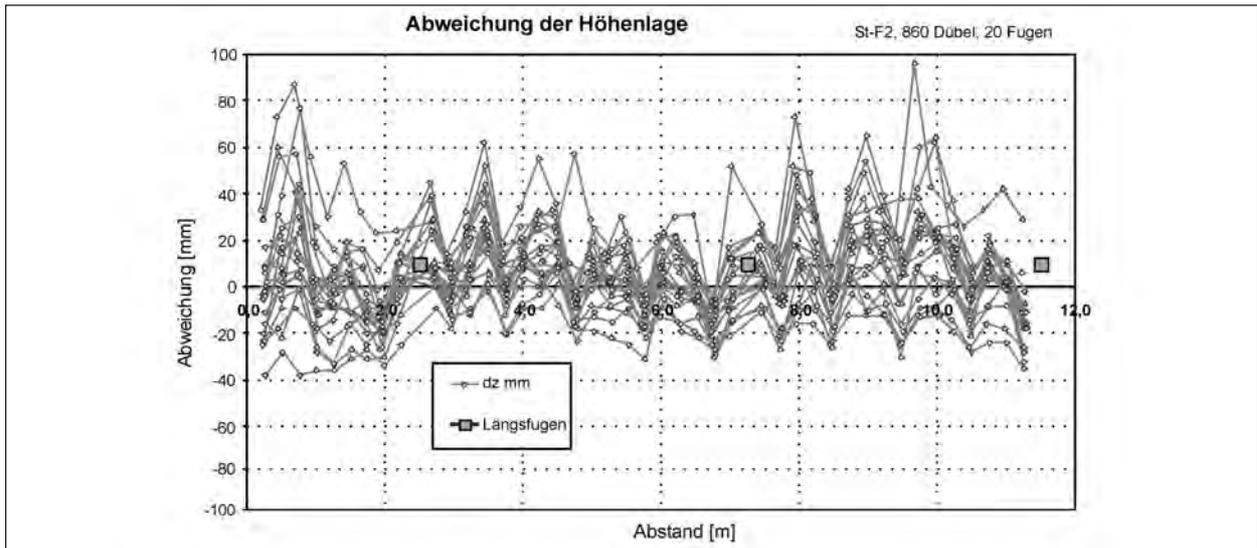


Bild 21: BAB mit 26 cm einschichtiger zweilagiger Betondecke 2005, Anfang der Messstrecke

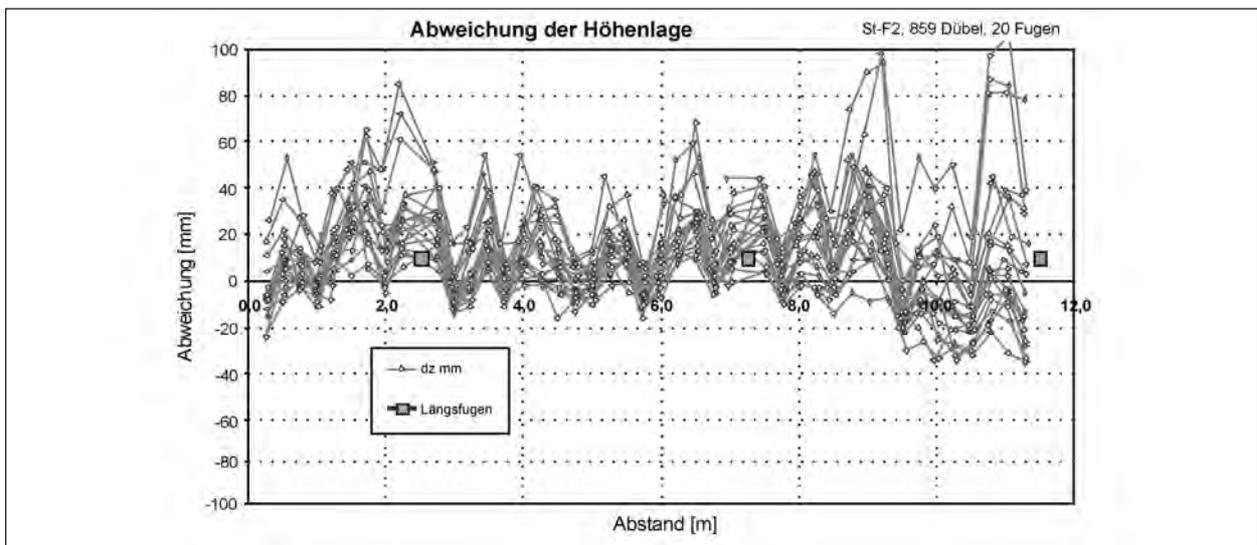


Bild 22: BAB mit 26 cm einschichtiger zweilagiger Betondecke 2005, Ende der Messstrecke

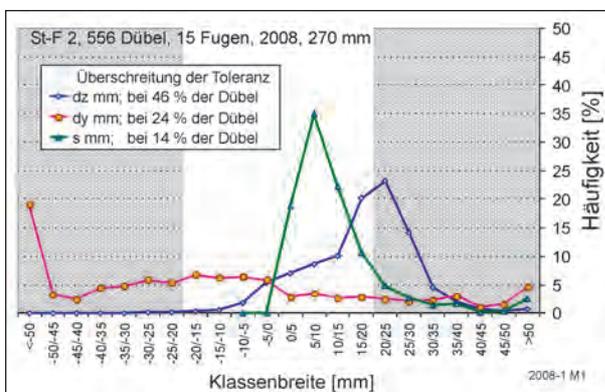


Bild 23: Häufigkeitsverteilung der Lage-Messgrößen der Dübel und Überschreitung der Toleranzen für Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008-1

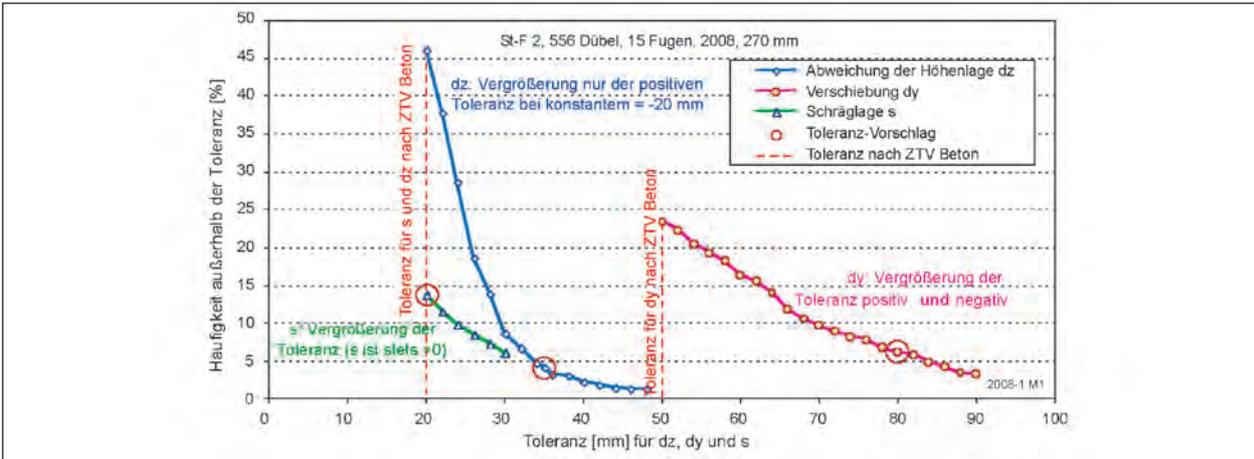


Bild 24: Häufigkeit der außerhalb der Toleranz liegenden Lage-Messgrößen der Dübel in Abhängigkeit von der Toleranz, Messabschnitt 1 2008-1

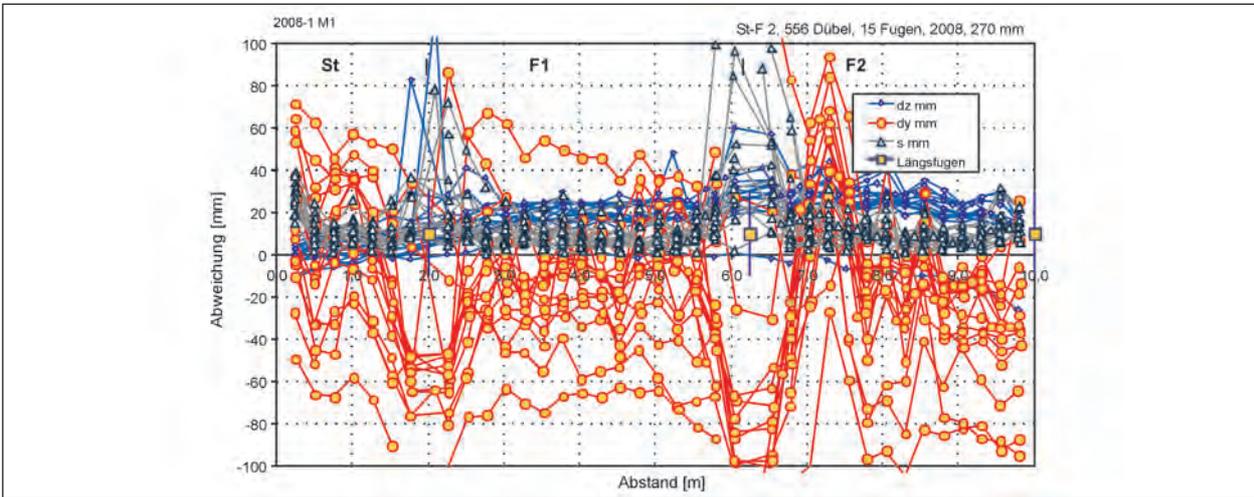


Bild 25: Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s im Querschnitt von 15 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008-1

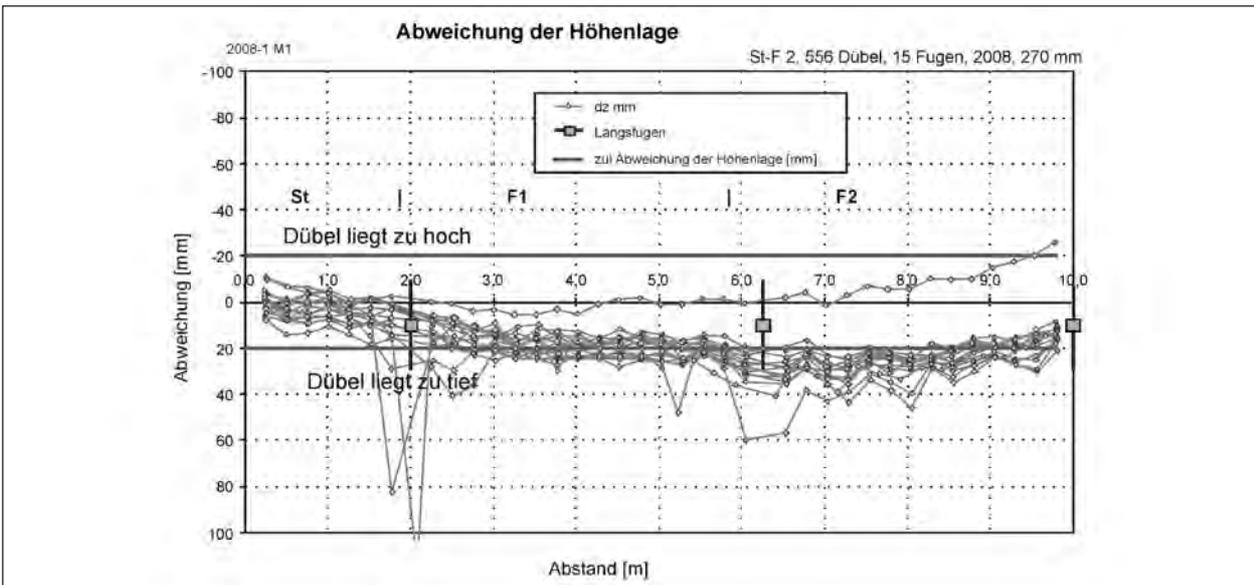


Bild 26: Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s im Querschnitt von 15 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008-1

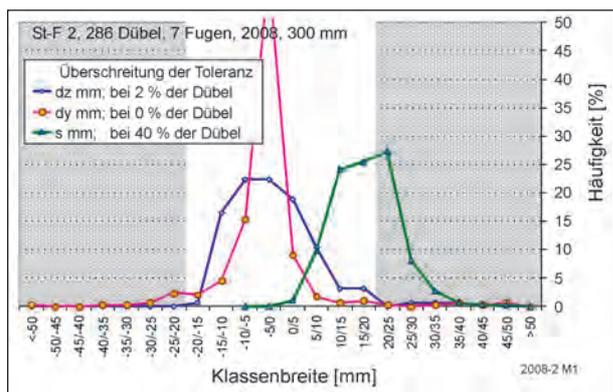


Bild 27: Häufigkeitsverteilung der Lage-Messgrößen der Dübel und Überschreitung der Toleranzen für Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

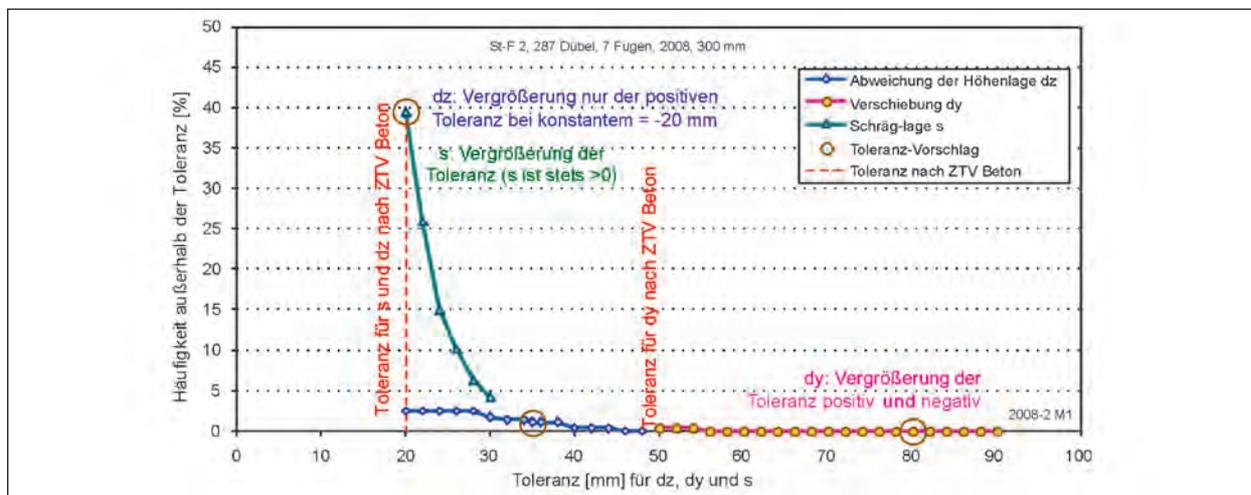


Bild 28: Häufigkeit der außerhalb der Toleranz liegenden Lage-Messgrößen der Dübel in Abhängigkeit von der Toleranz, Messabschnitt 1 2008-2

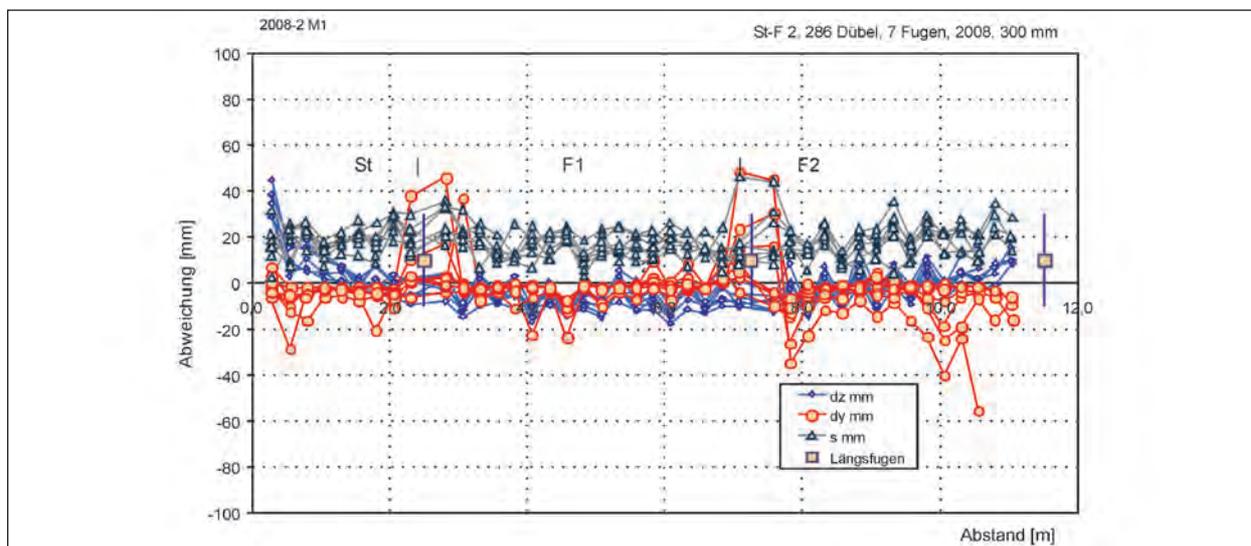


Bild 29: Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s im Querschnitt von 7 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

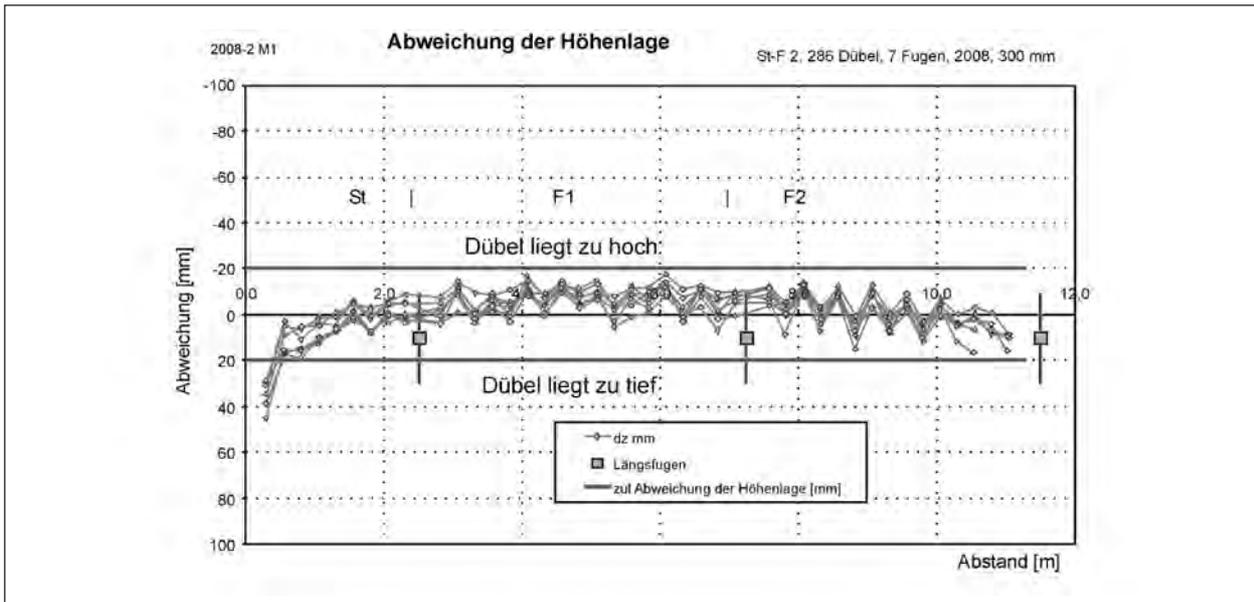


Bild 30: Abweichung der Höhenlage dz von 7 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen, 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

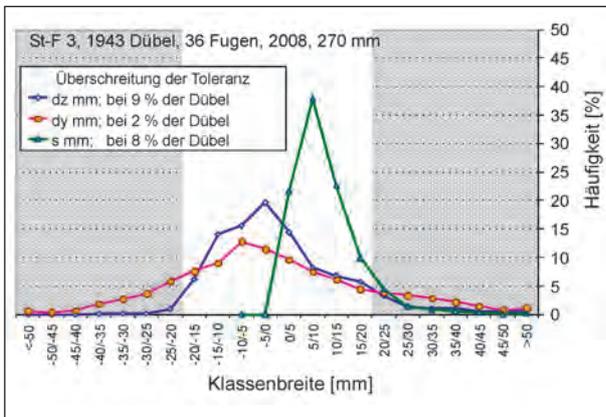


Bild 31: Häufigkeitsverteilung der Lage-Messgrößen der Dübel und Überschreitung der Toleranzen für Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 3 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3

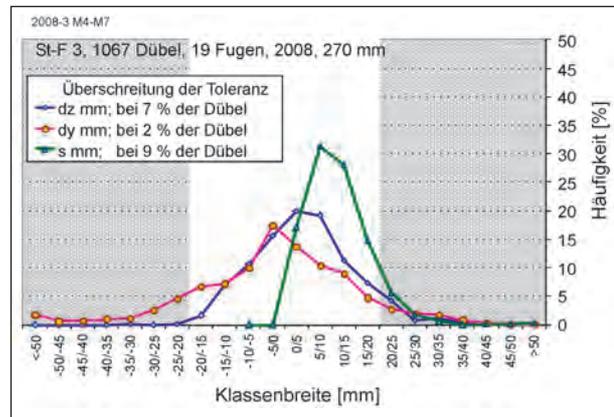


Bild 32: Häufigkeitsverteilung der Lage-Messgrößen der Dübel und Überschreitung der Toleranzen für Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 4-7 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3, nach Verbesserung der äußeren Rüttler

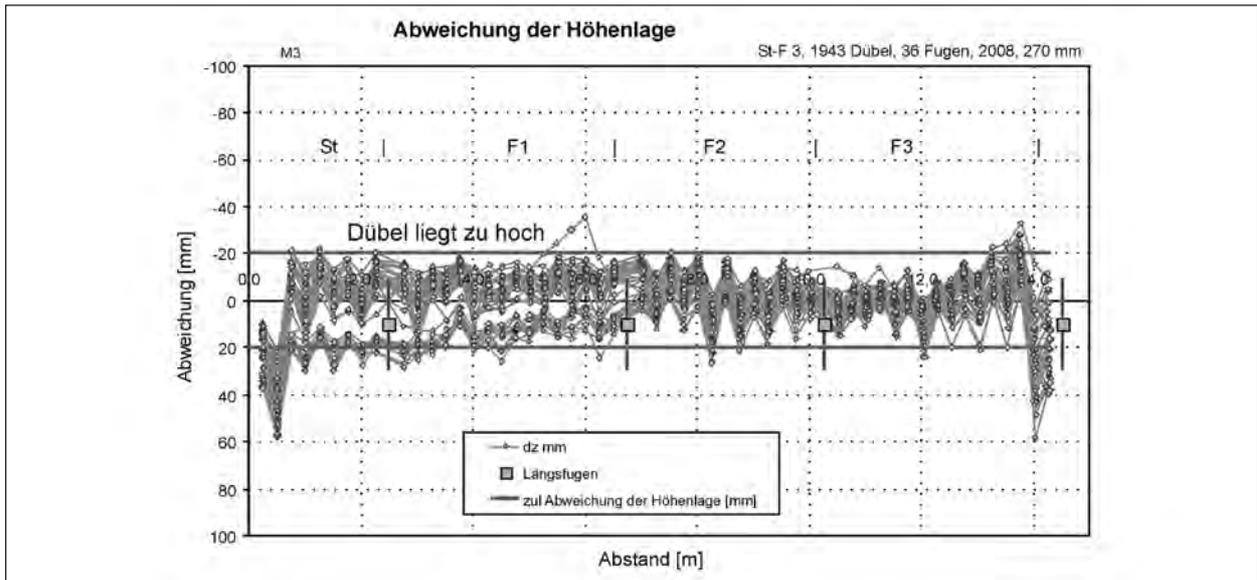


Bild 33: Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s im Querschnitt von 15 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 3 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3

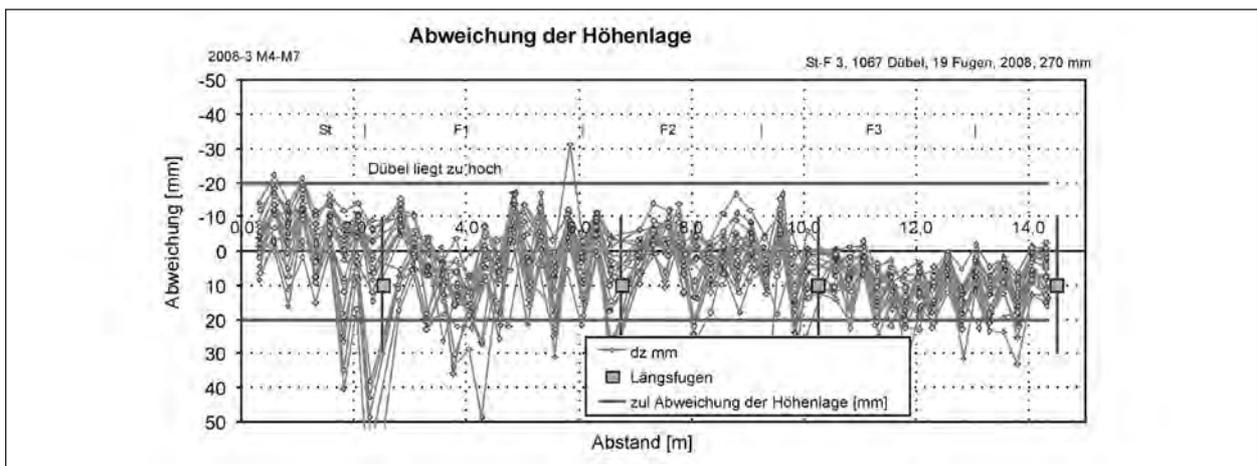


Bild 34: Abweichung der Höhenlage dz, im Querschnitt von 20 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 4-7 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 2008-3 nach Verbesserung der äußeren Rüttler

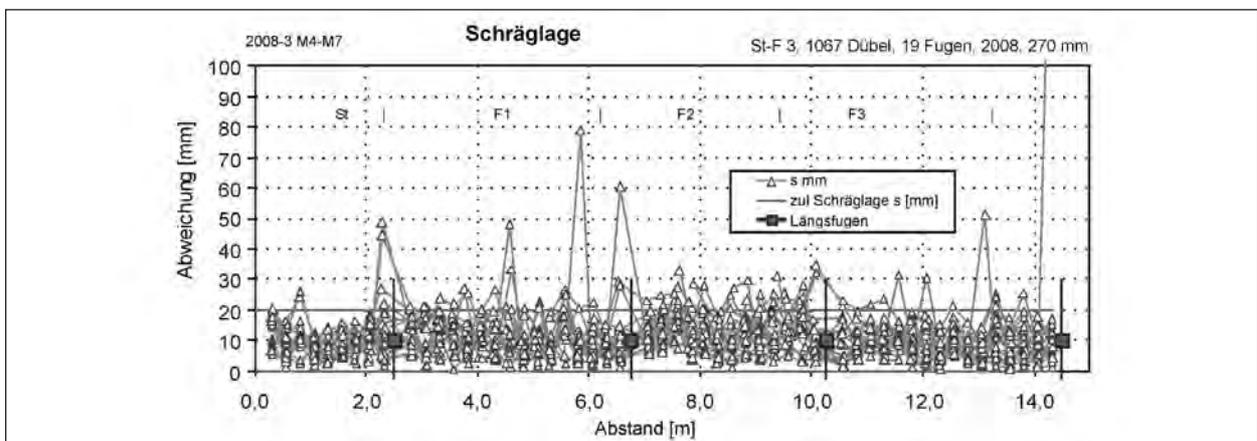


Bild 35: Abweichung der Schräglage s im Querschnitt von 20 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 4-7 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3, nach Verbesserung der äußeren Rüttler

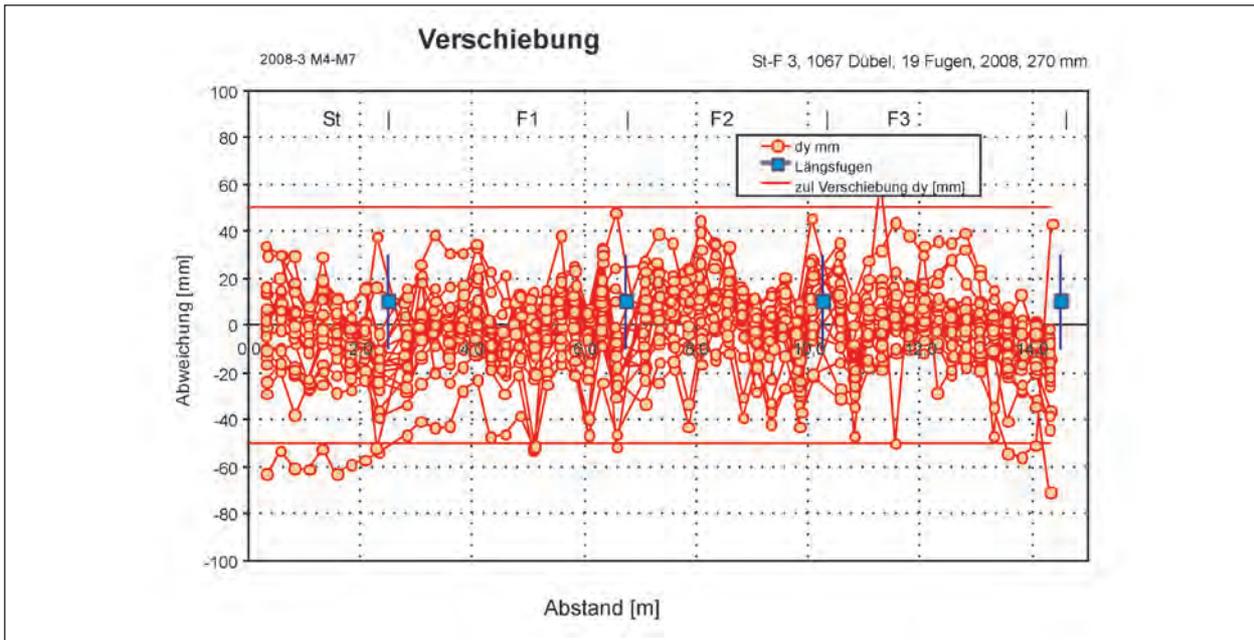


Bild 36: Abweichung der Verschiebung dy im Querschnitt von 15 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3, nach Verbesserung der äußeren Rüttler

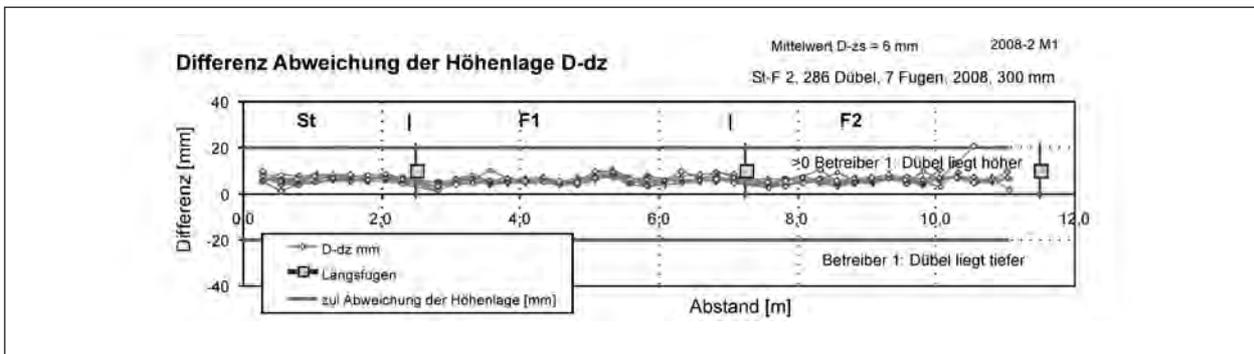


Bild 37: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Abweichung der Höhenlage D-dz im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

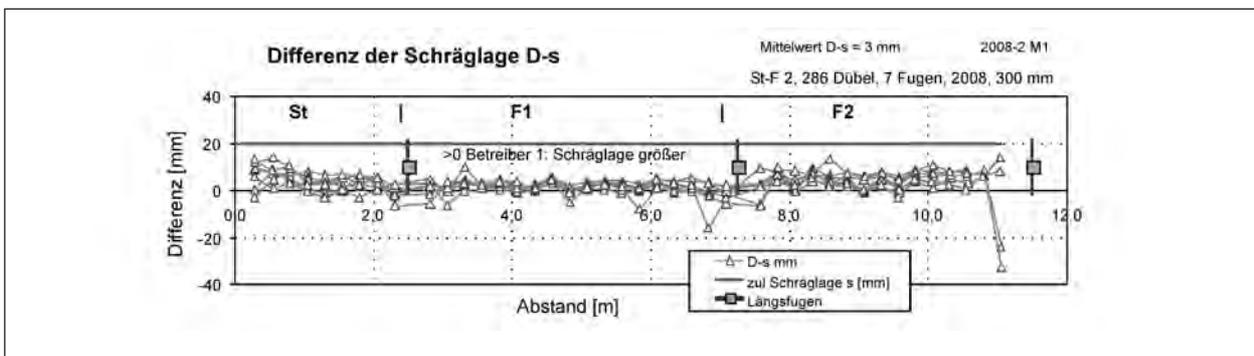


Bild 38: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Schräglage D-s im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

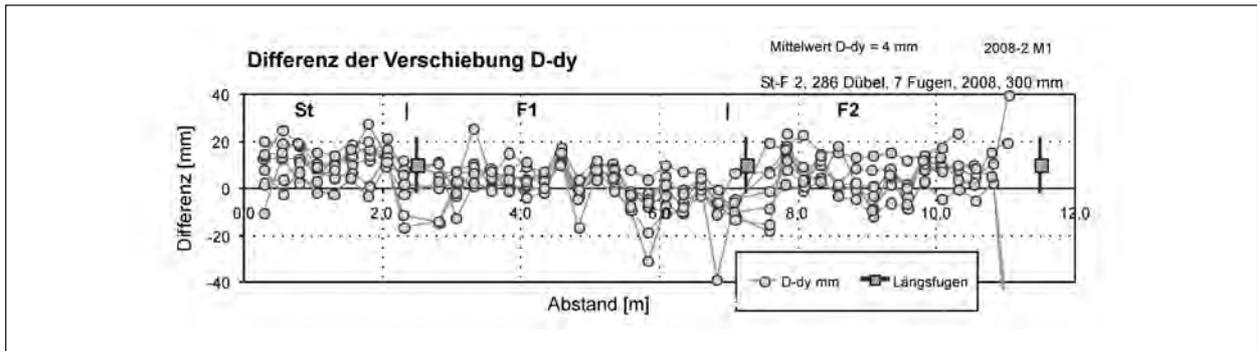


Bild 39: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Verschiebung D-dy im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

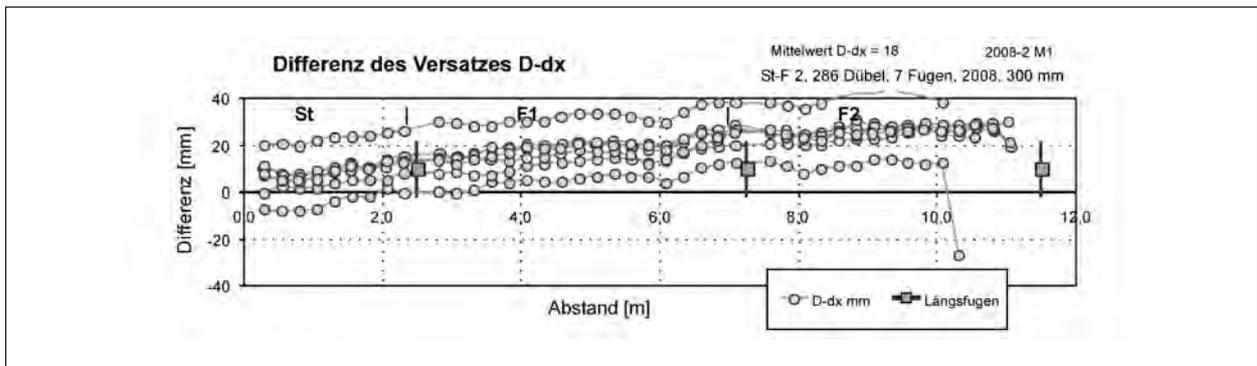


Bild 40: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Versatz D-dx im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

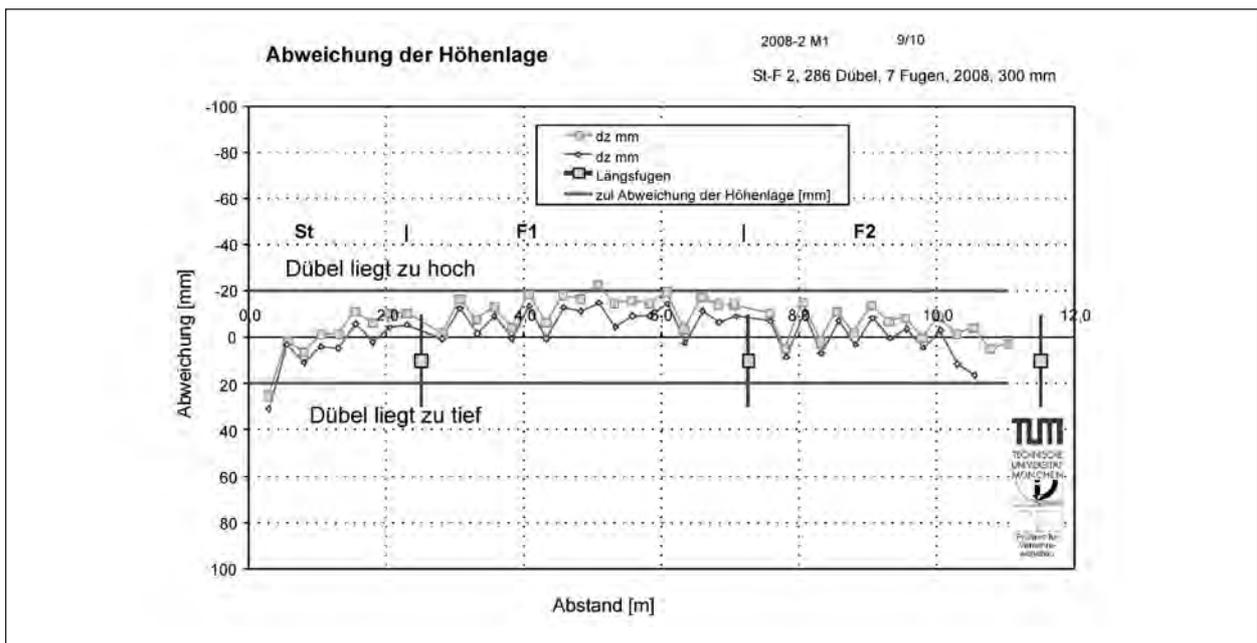


Bild 41: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 1 Fuge (Pulsinduktionsverfahren), Messwerte der TUM und Betreiber 1; Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

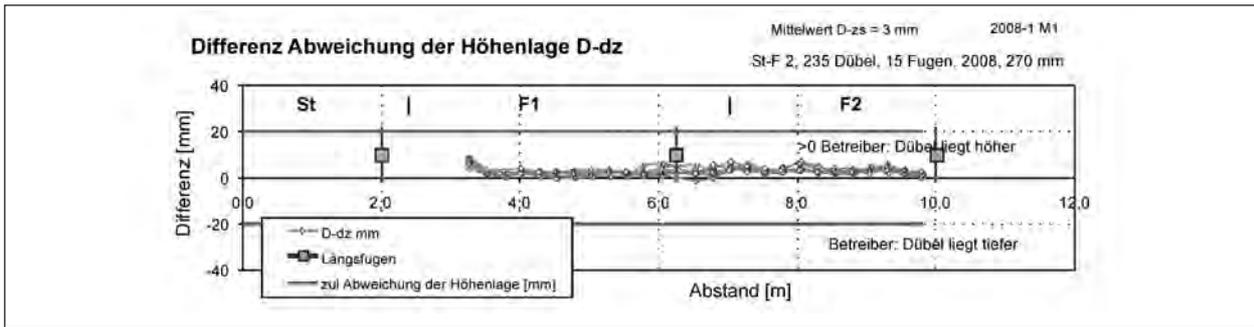


Bild 42: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 2 (MagnaNorm); Abweichung der Höhenlage D-dz im Querschnitt F1 und F2 von 9 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008-2

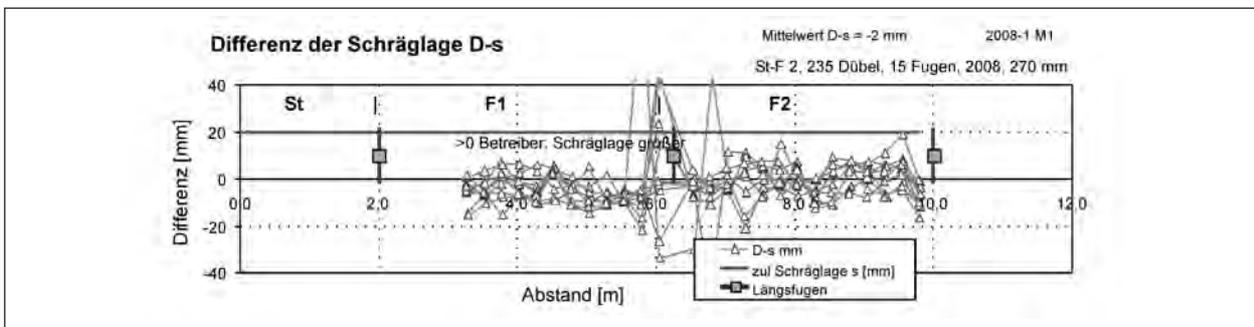


Bild 43: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 2 (MagnaNorm); Schräglage D-s im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008

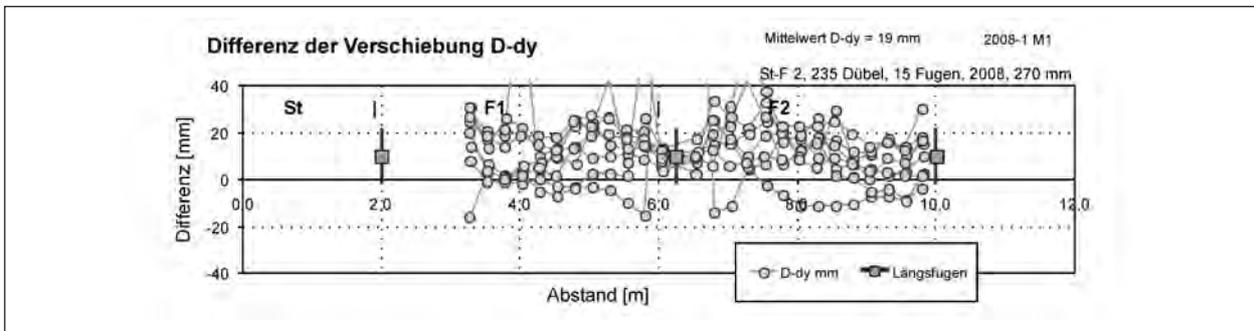


Bild 44: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 2 (MagnaNorm); Verschiebung D-dy im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008

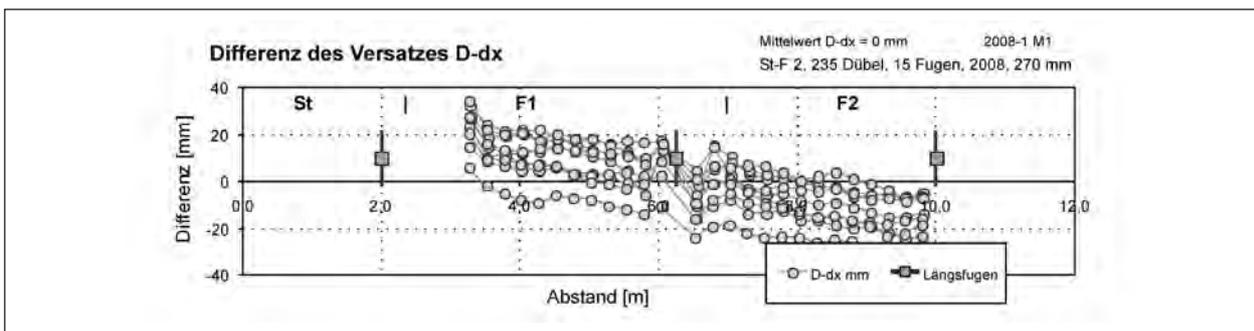


Bild 45: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber (MagnaNorm); Versatz D-dx im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008

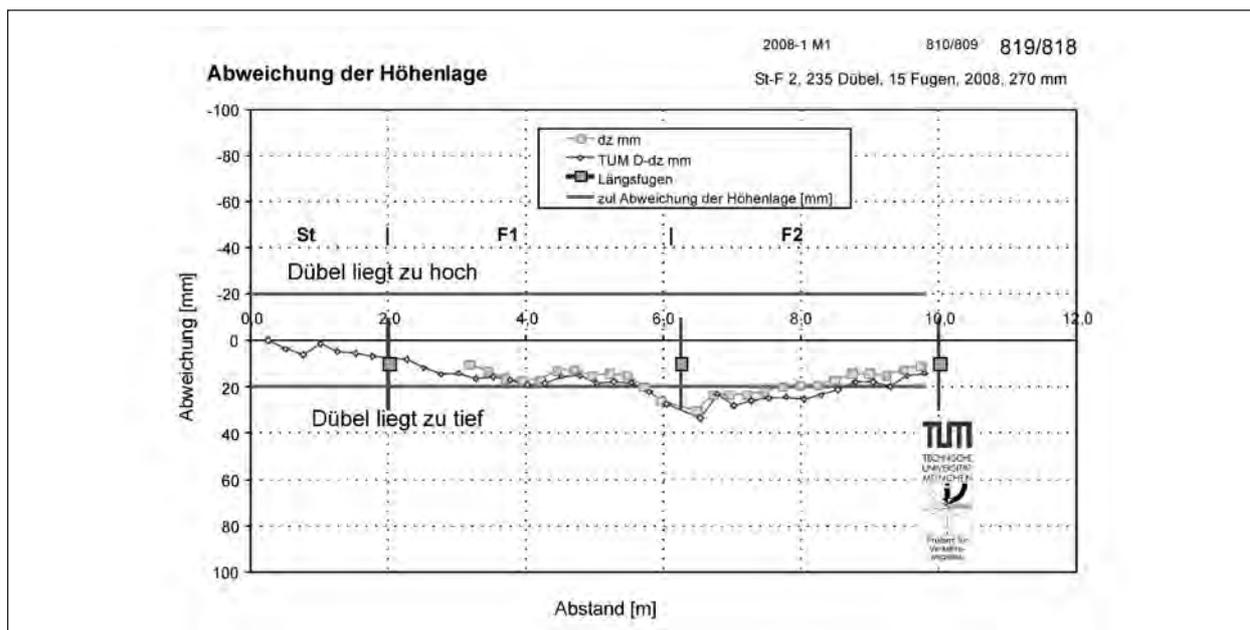


Bild 46: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 1 Fuge (Pulsinduktionsverfahren), Messwerte der TUM und Betreiber 2 (MagnoNorm); Messabschnitt 1 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 10,00 m Einbaubreite, 2008

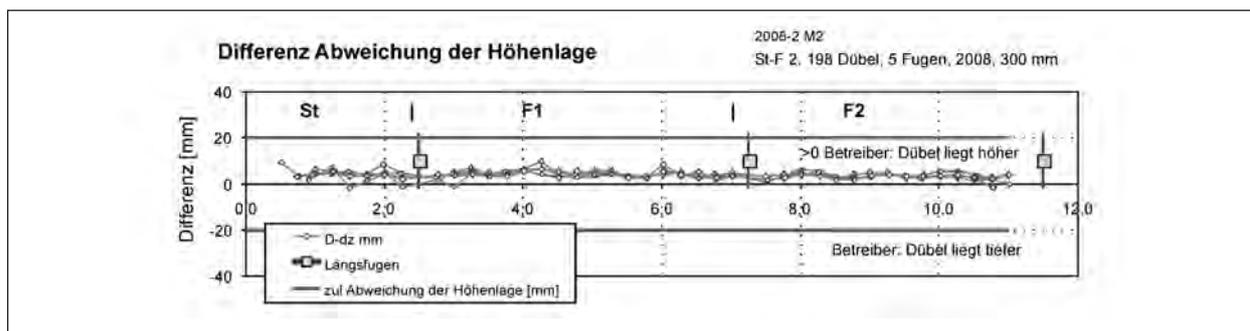


Bild 47: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Abweichung der Höhenlage D-dz im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 2 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

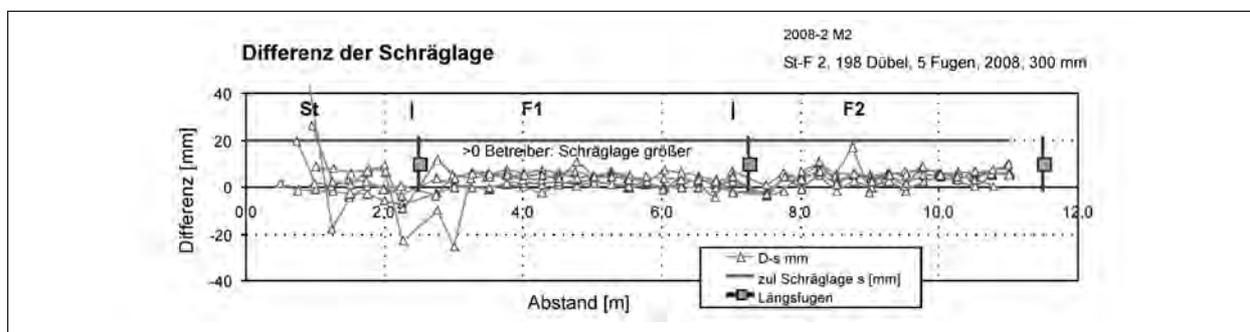


Bild 48: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Schräglage D-s im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 2 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

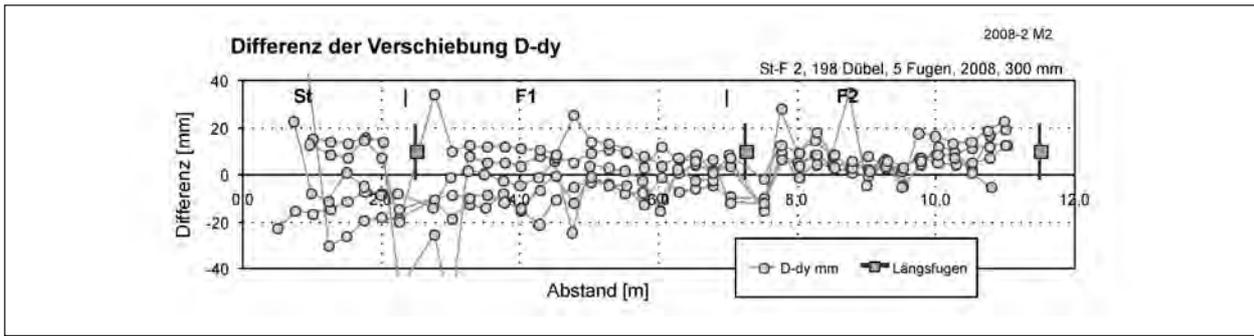


Bild 49: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Verschiebung D-dy im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 2 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

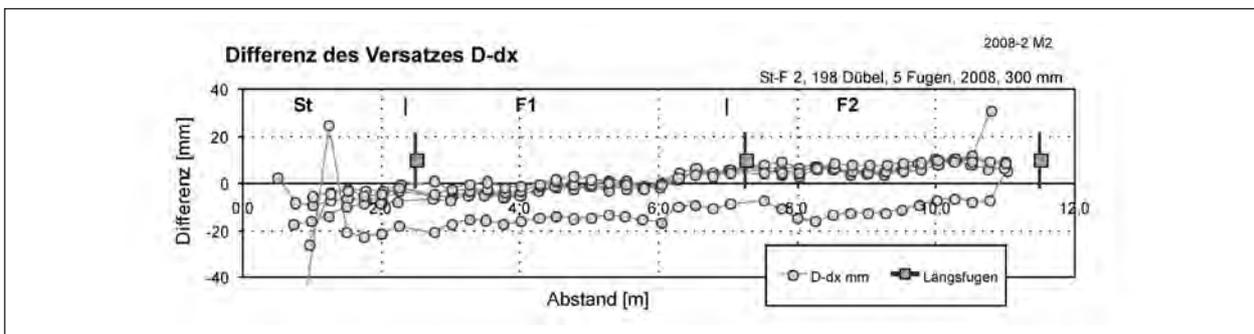


Bild 50: Differenz der Messwerte der TUM minus Betreiber 1; Versatz D-dx im Querschnitt von 5 Fugen (Pulsinduktionsverfahren), Messabschnitt 2 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

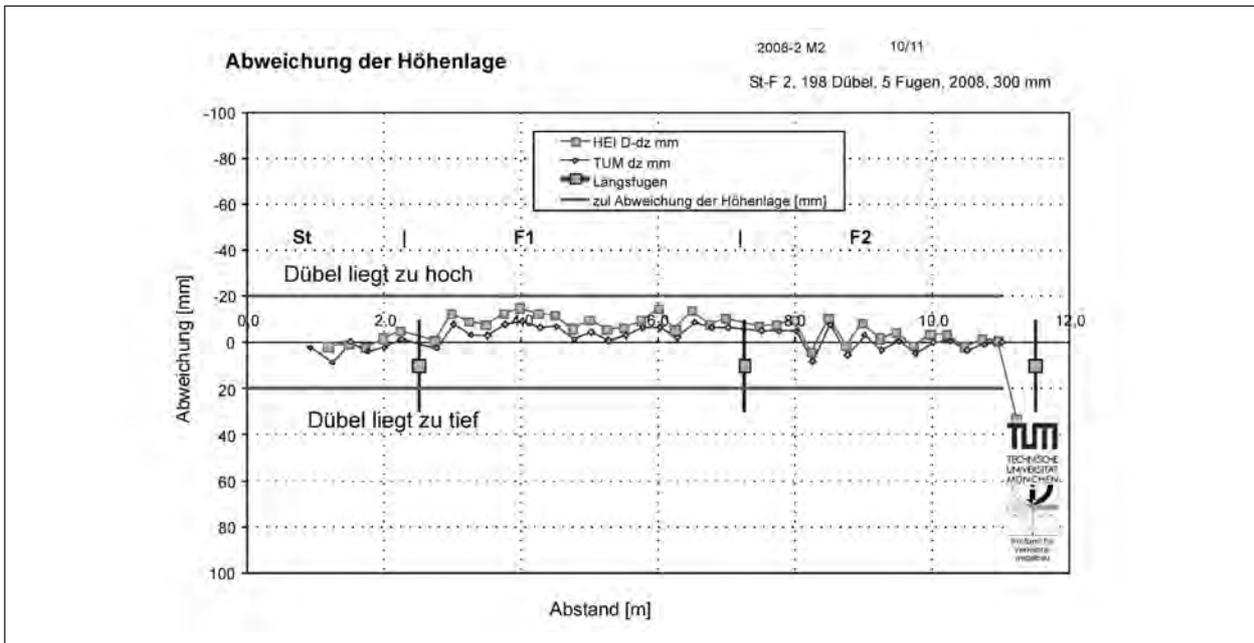


Bild 51: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 1 Fuge (Pulsinduktionsverfahren), Messwerte der TUM und Betreiber 1; Messabschnitt 2 incl. Ausreißer an den Längsfugen; 30 cm zweischichtige Betondecke auf STSuB bei 11,50 m Einbaubreite, 2008-2

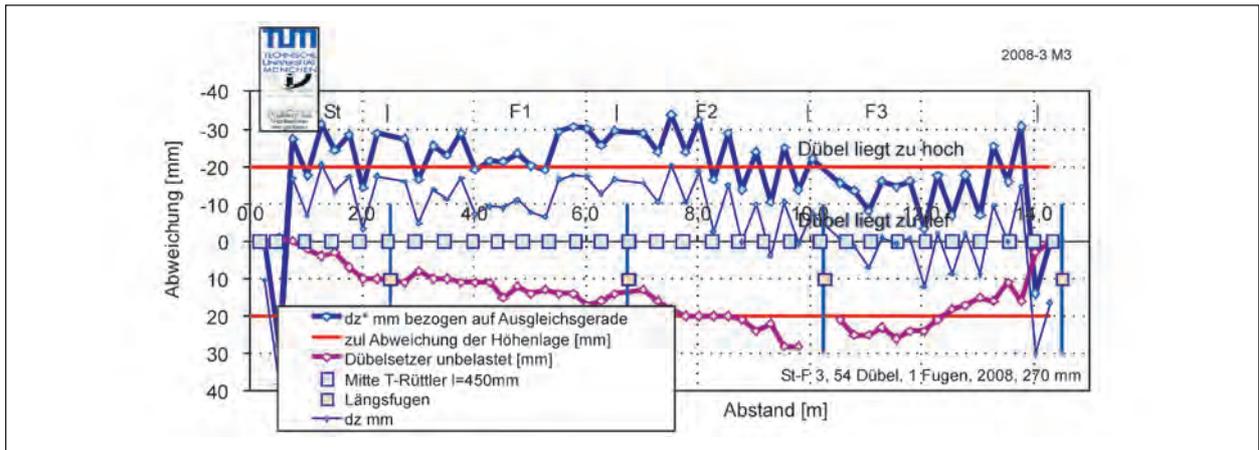


Bild 52: Abweichung der Höhenlage dz der Dübel im Querschnitt (Pulsinduktionsverfahren), Höhenlage der unbelasteten Dübelsetzungen sowie Anordnung der T-Rüttler; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3

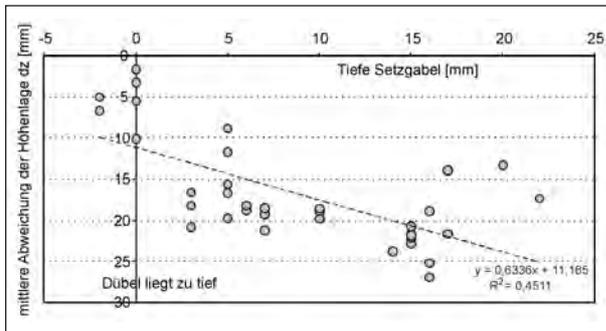


Bild 53: Zusammenhang Höhenlage der Dübel und Tiefe der Setzgabel; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3

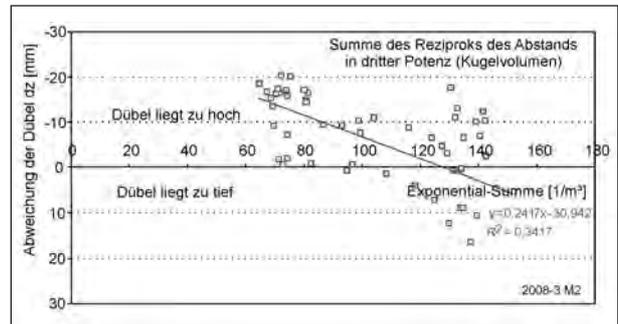


Bild 54: Einfluss der Höhenlage der Dübel in Abhängigkeit vom Abstand der T-Rüttler mit Berechnungsansatz einer Summe des Reziproks des Abstands in dritter Potenz (Kugelvolumen); 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-3 M2

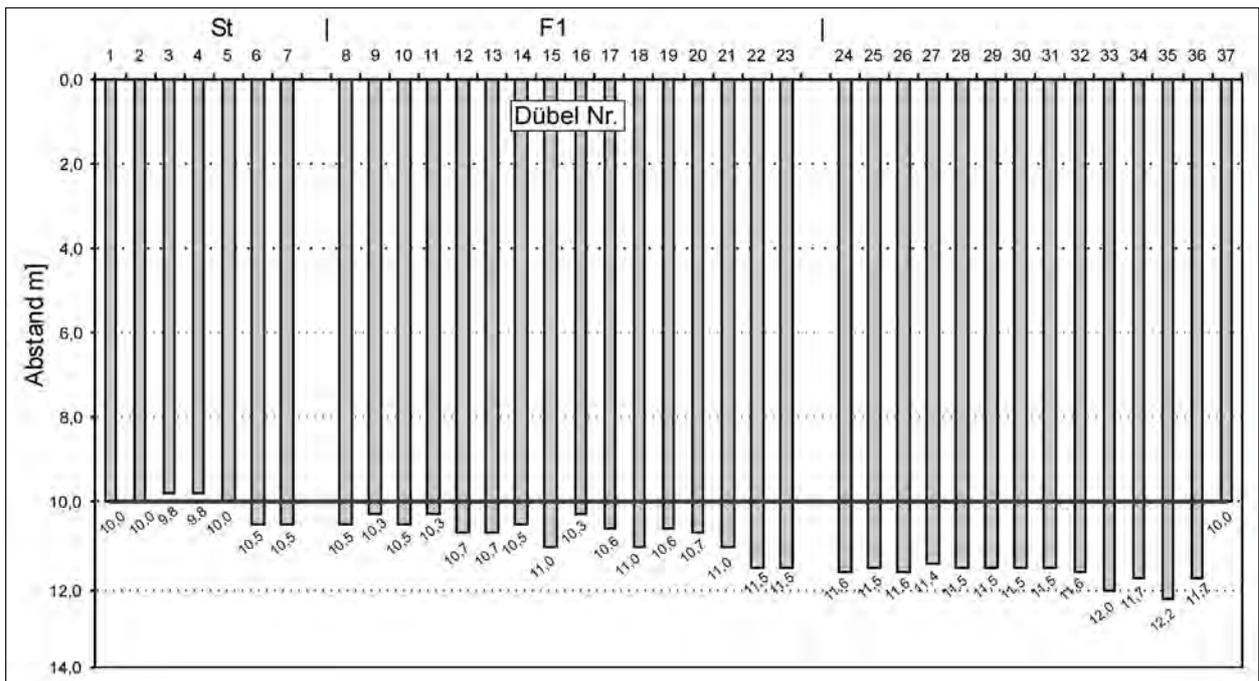


Bild 55: Höhenlage der unbelasteten Dübelsetzungen, bezogen auf eine Gerade 10 cm über der ersten und letzten Dübelsetzunge; 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008; Quelle: BAST, Referat S3

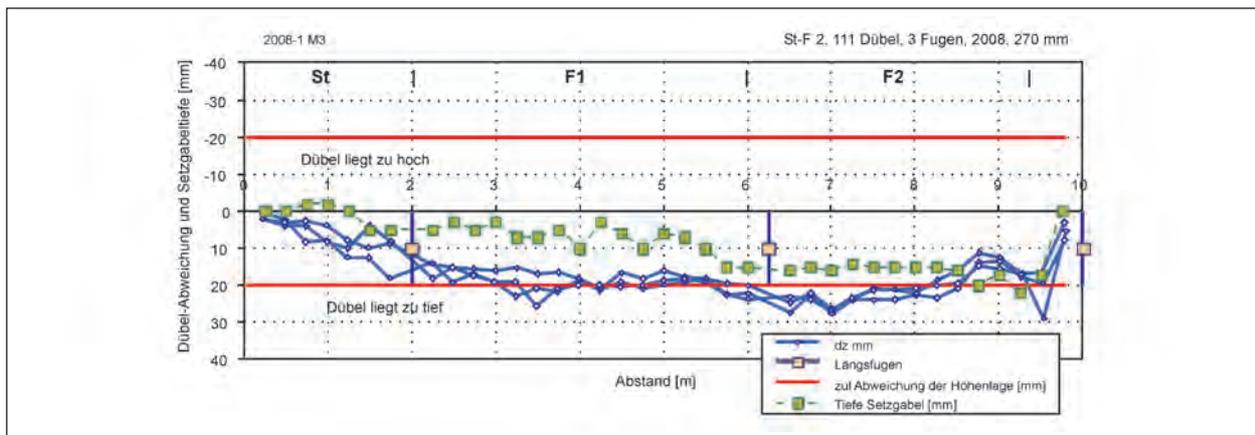


Bild 55: Höhenlage der unbelasteten Dübelsetzzangen, bezogen auf eine Gerade, ausgehend von der ersten und letzten Dübelsetzzange; Abweichung der Höhenlage dz der Dübel im Querschnitt (Pulsinduktionsverfahren), Höhenlage der unbelasteten Dübelsetzzangen (Quelle: BAST, Referat S3); 27 cm zweischichtige Betondecke auf Vlies auf HGT bei 14,25 m Einbaubreite, 2008-2

10 Literatur

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen (Herausgeber): „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton“, ZTV Beton-StB 07, Ausgabe 2007; FGSV-Verlag, Köln
- [2] DIN EN 13877-3 „Fahrbahnbefestigungen aus Beton – Teil 3: Anforderungen an Dübel für Fahrbahnbefestigungen aus Beton“. Deutsche Fassung EN 13877-3:2004, Ausgabe:2005-02. Beuth Verlag, Berlin
- [3] Arbeitskreis 8.2.2 „Prüfvorschrift Dübelortung“: FGSV-Arbeitspapier Nr. 67 Prüfung der Lagebestimmung von Dübeln und Ankern in Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2006. FGSV-Verlag, Köln
- [4] LEYKAUF, G.; BIRMANN, D.: Untersuchungen zur Optimierung eines Messverfahrens zur Bestimmung der Dübellage in Fahrbahndecken aus Beton; Forschungsbericht Nr. 2185 vom 01.09.2005; FE-Nr. 08.163/2000/LRB; unveröffentlicht
- [5] LEYKAUF, G.; BIRMANN, D.: Untersuchungen zur Optimierung eines Messverfahrens zur Bestimmung der Dübellage in Fahrbahndecken aus Beton; Informationen – Forschung in Straßen- und Verkehrswesen – Teil Straßenbau und Straßenverkehrstechnik IV – 80. Lieferung, Juli 2006, S. 8-84 bis 8-89. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln
- [6] BIRMANN, D.; NOSKE, E.: Zerstörungsfreie Ermittlung der Dübel- und Ankerlage. Betonstraßentagung 2003, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe Betonstraßen, H. 26, Hrsg.: FGSV, Köln. Kirschbaum-Verlag, Bonn, 2004, S. 68-73; tis Tiefbau-Ingenieurbau-Straßenbau (2004) H. 9, S. 30-35
- [7] BIRMANN, D.: Messung und Auswirkung der Lage von Dübel und Ankern in Betonfahrbahnen – neue zerstörungsfreie Messverfahren; Beton 56 (2006) Heft 11, S. 510-514
- [8] BIRMANN, D.: Measurement and effect of dowel bars alignment in concrete pavements; 10th International Symposium on Concrete Roads 2006, Brüssel, paper III.003
- [9] FREUDENSTEIN, S.: Untersuchungen über den Einfluss reduzierter Dübeleinbindelängen auf die Wirksamkeit der Fugenkonstruktion bei Betonstraßen. Mitteilungen des Prüfamtes für Bau von Landverkehrswegen der Technischen Universität München, Heft 75, 2001

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Straßenbau“

1996

- S 11: Der Einfluß der Textur auf Reifen/Fahrbahngeräusch und Rollwiderstand – Untersuchungen im Prüfstand Fahrzeug/Fahrbahn
Ullrich, Glaeser, Sander, Chudalla, Hasskelo, Löffler, Sievert € 15,00
- S 12: Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen – Projektgruppe „Lärmindernde Straßendecken“ € 10,00
- S 13: Qualität von mineralischen Straßenbaustoffen
Tabbert € 16,50

1997

- S 14: 35. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 16,50
- S 15: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus Temperaturdehnungen
Eisenmann, Lechner € 12,50
- S 16: Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Straßenbaumaßnahmen im Lande Brandenburg
Schnüll, Handke, Seitz € 22,00

1998

- S 17: Restnutzungsdauer von Asphaltsschichten – Prüfung der Grundlagen zu ihrer Berechnung
Wolf, Schickl € 13,00
- S 18: 2. Erfahrungsaustausch über rechnergestütztes Straßenerhaltungsmanagement € 14,50
- S 19: Einfluß der Bruchflächigkeit von Edelsplitten auf die Standfestigkeit von Asphalten
Teil 1: Literaturoauswertung
Beckedahl, Nösler, Straube
- Teil 2: Einfluß des Rundkornanteils auf die Scherfestigkeit von Gesteinskörnungen
Diel € 16,50

1999

- S 20: 36. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 14,00
- S 21: Walzbeton: Ergebnisse aus neuester Forschung und langjähriger Praxis – Kompendium
Birmann, Burger, Weingart, Westermann
- Teil 1: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (1)
Schmidt, Bohlmann, Vogel, Westermann
- Teil 2: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (2)
Weingart, Dreßler
- Teil 3: Messungen an einer Versuchsstrecke mit Walzbeton-Tragschicht an der B54 bei Stein-Neukirch
Eisenmann, Birmann
- Teil 4: Temperaturdehnung, Schichtenverbund, vertikaler Dichteverlauf und Ebenheit von Walzbeton
Burger € 17,00

2000

- S 22: 3. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Nutzen der systematischen Straßenerhaltung € 19,50
- S 23: Prüfen von Gesteinskörnungen für das Bauwesen
Ballmann, Collins, Delalande, Mishellany, v. d. Elshout, Sym € 10,50

2001

- S 24: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Konsolidationsverfahren -
Teil 1: Vergleichende Betrachtung von Konsolidationsverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund
Teil 2: Erfahrungsberichte über ausgeführte Straßenbauprojekte auf wenig tragfähigem Untergrund unter Verwendung von Konsolidationsverfahren
Koch € 17,50
- S 25: 37. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 16,50

2002

- S 26: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Aufgeständerte Gründungsplaster
Rogner, Stelter € 14,00
- S 27: Neue Methoden für die Mustergleichheitsprüfung von Markierungsstoffen – Neuentwicklung im Rahmen der Einführung der ZTV-M 02
Killing, Hirsch, Boubaker, Krotmann € 11,50
- S 28: Rechtsfragen der Bundesauftragsverwaltung bei Bundesfernstraßen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 25./26. September 2000 in Saarbrücken € 13,00
- S 29: Nichtverkehrliche Straßennutzung – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 24./25. September 2001 in Saarbrücken € 13,50

2003

- S 30: 4. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Workshop Straßenerhaltung mit System – € 19,50
- S 31: Arbeitsanleitung für den Einsatz des Georadars zur Gewinnung von Bestandsdaten des Fahrbahnaufbaues
Golkowski € 13,50
- S 32: Straßenbaufinanzierung und -verwaltung in neuen Formen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 23. und 24. September 2002 in Saarbrücken € 13,50
- S 33: 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 17,50
- S 34: Untersuchungen zum Einsatz von EPS-Hartschaumstoffen beim Bau von Straßendämmen
Hillmann, Koch, Wolf € 14,00

2004

- S 35: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund – Bodenersatzverfahren
Grundhoff, Kahl € 17,50
- S 36: Umsetzung und Vollzug von EG-Richtlinien im Straßenrecht – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 22. und 23. September 2003 in Saarbrücken € 13,50

S 37: Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“
Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr“ € 16,50

2005

S 38: Beschleunigung und Verzögerung im Straßenbau – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen am 27./28. September 2004 in Saarbrücken € 16,50

S 39: Optimierung des Triaxialversuchs zur Bewertung des Verformungswiderstandes von Asphalt
Renken, Büchler € 16,00

S 40: 39. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 17,50

S 41: Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Bodenkontakt – Untersuchungen von ausgegrabenen Proben
Schröder € 13,50

S 42: Veränderung von PmB nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren – Veränderungen der Eigenschaften von polymer-modifizierten Bitumen nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren und nach Rückgewinnung aus Asphalt
Wörner, Metz € 17,50

S 43: Eignung frostempfindlicher Böden für die Behandlung mit Kalk
Krajewski, Kuhl € 14,00

S 44: 30 Jahre Erfahrungen mit Straßen auf wenig tragfähigem Untergrund
Bürger, Blossfeld, Blume, Hillmann € 21,50

2006

S 45: Stoffmodelle zur Voraussage des Verformungswiderstandes und Ermüdungsverhaltens von Asphaltbefestigungen
Leutner, Lorenzl, Schmoeckel, Donath, Bald, Grätz, Riedl, Möller, Oeser, Wellner, Werkmeister, Leykauf, Simon € 21,00

S 46: Analyse vorliegender messtechnischer Zustandsdaten und Erweiterung der Bewertungsparameter für Innerortsstraßen
Steinauer, Ueckermann, Maerschalk € 21,00

S 47: Rahmenbedingungen für DSR-Messungen an Bitumen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Hase, Oelkers € 24,50

S 48: Verdichtbarkeit von Asphaltmischgut unter Einsatz des Walzsektor-Verdichtungsgerätes
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Wörner, Bönisch, Schmalz, Bösel € 15,50

2007

S 49: Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbauweise
Ripke € 12,50

S 50: Finanzierung des Fernstraßenbaus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitsausschusses "Straßenrecht" der FGSV am 25./26. September 2006 in Tecklenburg-Leeden € 15,50

S 51: Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Straßenmarkierungsfolien
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Killing, Hirsch € 14,50

S 52: Statistische Analyse der Bitumenqualität aufgrund von Erhebungen in den Jahren 2000 bis 2005
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Hirsch € 16,00

2008

S 53: Straßenrecht und Föderalismus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 24./25. September 2007 in Bonn € 15,50

S 54: Entwicklung langlebiger dünner Deckschichten aus Beton
Silwa, Roßbach, Wenzl € 12,50

S 55: Dicke Betondecke auf Schichten ohne Bindemittel (SoB/STSuB)
Leykauf, Birmann, Weller € 13,50

2009

S 56: Vergangenheit und Zukunft der deutschen Straßenverwaltung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 22./23. September 2008 in Bonn € 14,00

S 57: Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offenporiger Asphaltbauweisen
Ripke € 13,50

S 58: Entwicklung und Untersuchung von langlebigen Deckschichten aus Asphalt
Ludwig € 15,50

S 59: Bestimmung des adhäsiven Potentials von Bitumen und Gesteinsoberflächen mit Hilfe der Kontaktwinkelmessmethode
Hirsch, Friemel-Göttlich € 16,00

2010

S 60: Die Zukunftsfähigkeit der Planfeststellung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 21./22. September 2009 in Bonn € 15,50

S 61: Modell zur straßenbautechnischen Analyse der durch den Schwerverkehr induzierten Beanspruchung des BAB-Netzes
Wolf, Fielenbach € 16,50

S 62: 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 18,50

S 63: Vergleichsuntersuchungen zum Frosthebungsversuch an kalkbehandelten Böden, RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten
Blume € 16,00

S 64: Griffigkeitsprognose an offenporigen Asphalten (OPA) Teil 1: Bestandsaufnahme an vorhandenen Strecken
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Rohleder, Kunz, Wasser, Pullwitt, Müller, Ripke, Zöller, Pöppel-Decker € 23,00

S 65: Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus
Freudenstein, Birmann € 14,00

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.