

# Anhang zu:

## **Bestimmung von Kenndaten zur sicheren Charakterisierung von Fugenvergussmassen**

von

Rolf Breitenbücher  
Frederik Buckenhüskes

Ruhr-Universität Bochum  
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften  
Lehrstuhl für Baustofftechnik

Martin Radenberg  
Dominik Twer

Ruhr-Universität Bochum  
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften  
Lehrstuhl für Verkehrswegebau

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 177**

**bast**

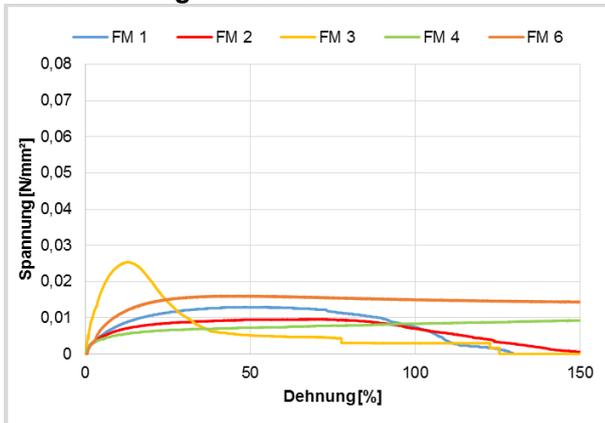
|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Anhang</b>  | <b>3</b> |
| 1.1      | Ergänzende Ergebnisse der modifizierten Systemprüfungen  | 3        |
| 1.1.1    | Modifizierte Systemprüfungen im Referenzzustand  | 3        |
| 1.1.2    | Modifizierte Systemprüfungen im künstlich gealterten Zustand                                     | 4        |
| 1.1.3    | Vergleich der zusätzlich untersuchten Fugenmasse FM8   | 6        |
| 1.1.4    | Übersicht Spannungmaxima und erreichte Dehnung bei 80 % des Spannungsmaximums im abfallenden Ast | 8        |
| 1.2      | Fotodokumentation der in situ-Zustandserfassung zu Abschnitt 2.5.2                               | 10       |
| 1.3      | Fotodokumentation der Fugensanierung der Erprobungsstrecke BAB A23                               | 16       |
| 1.4      | Ergänzende Messwerte zum Zeitpunkt der Fugensanierung der BAB A23                                | 17       |
| 1.5      | Ergänzende Messwerte zur Dokumentation des Fugenzustandes während der Nutzungsdauer              | 20       |
| 1.5.1    | Temperaturdokumentation  | 20       |
| 1.5.2    | Dichtheitsprüfungen  | 21       |
| 1.5.3    | Höhenlage der Fugenmasse unterhalb der Fahrbahnoberkante   | 22       |
| 1.5.4    | Vertikale Plattenlage  | 23       |
| 1.6      | Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung  | 25       |
| 1.6.1    | Testfeld 1.1 (April 2017 bis März 2018)  | 25       |
| 1.6.2    | Testfeld 1.2 (April 2017 bis März 2018)  | 26       |
| 1.6.3    | Testfeld 2.1 (April 2017 bis März 2018)  | 27       |
| 1.6.4    | Testfeld 2.2 (April 2017 bis März 2018)  | 28       |

# 1 Anhang

## 1.1 Ergänzende Ergebnisse der modifizierten Systemprüfungen

### 1.1.1 Modifizierte Systemprüfungen im Referenzzustand

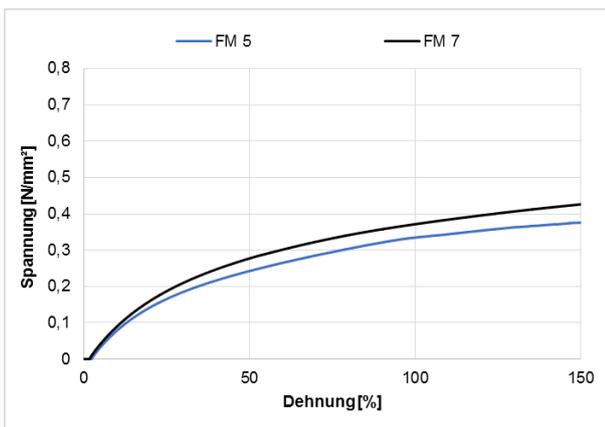
#### Statischer Zugversuch bei +20 °C



**Bild 199:** Spannungsentwicklung im statischen Zugversuch der heiß verarbeitbaren Fugenmassen bei +20 °C

| Fugenmasse    | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|---------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]           | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| FM1 (Typ N1)  | 0,013                | 48,0                           |
| FM2 (Typ N2)  | 0,010                | 64,9                           |
| FM3 (Typ N2)  | 0,025                | 12,6                           |
| FM4 (Typ N2)  | 0,010                | 164,5                          |
| FM6 (Typ N2+) | 0,016                | 40,9                           |

**Tab. 112:** Ergebnisse der statischen Zugversuche der heiß verarbeitbaren Fugenmassen bei +20 °C



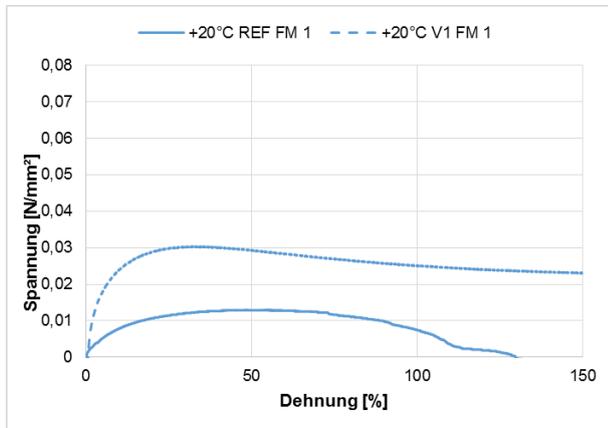
**Bild 200:** Spannungsentwicklung im statischen Zugversuch der kalt verarbeitbaren Fugenmassen bei +20 °C

| Fugenmasse   | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|--------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]          | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| FM5 (KI. 25) | 0,39                 | 186,2                          |
| FM7 (KI. 35) | 0,44                 | 171,4                          |

**Tab. 113:** Ergebnisse der statischen Zugversuche der kalt verarbeitbaren Fugenmassen bei +20 °C

## 1.1.2 Modifizierte Systemprüfungen im künstlich gealterten Zustand

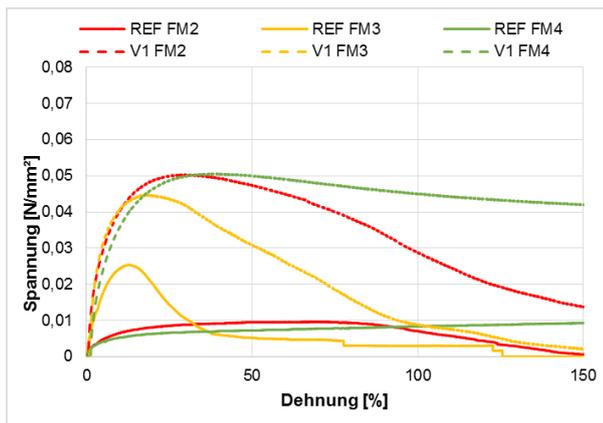
### Statischer Zugversuch bei +20 °C



**Bild 201:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM1 (Typ N1) REF und V1 im statischen Zugversuch und bei +20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM1    | 0,013                | 47,96                          |
| V1 FM1     | 0,030                | 32,13                          |

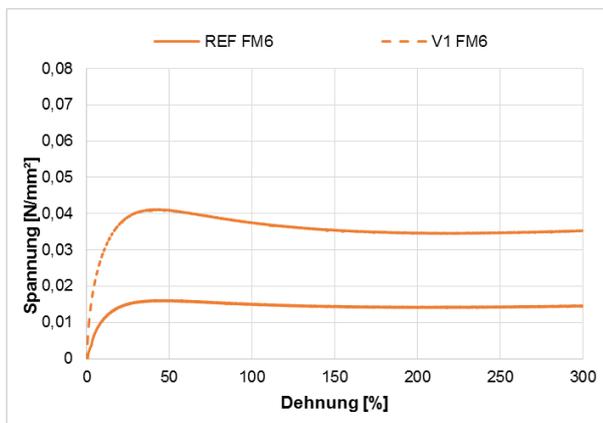
**Tab. 114:** Ergebnisse des statischen Zugversuchs FM1 (Typ N1) REF und V1 bei +20 °C



**Bild 202:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmassen FM1-4 (Typ N2) REF und V1 im statischen Zugversuch und bei +20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM2    | 0,01                 | 64,92                          |
| V1 FM2     | 0,05                 | 29,90                          |
| REF FM3    | 0,03                 | 12,56                          |
| V1 FM3     | 0,05                 | 17,19                          |
| REF FM4    | 0,01                 | 164,49                         |
| V1 FM4     | 0,05                 | 39,37                          |

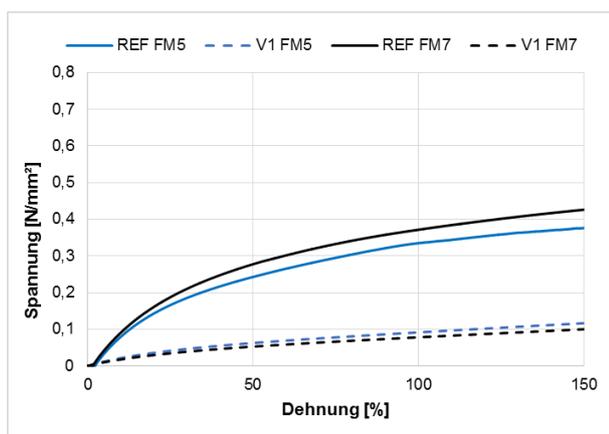
**Tab. 115:** Ergebnisse des statischen Zugversuchs FM2-4 (Typ N2) REF und V1 bei +20 °C



**Bild 203:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM6 (Typ N2+) V1 im statischen Zugversuch bei +20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM6    | 0,02                 | 40,94                          |
| V1 FM6     | 0,04                 | 43,72                          |

**Tab. 116:** Ergebnisse des statischen Zugversuchs FM6 (Typ N2+) REF und V1 bei +20 °C

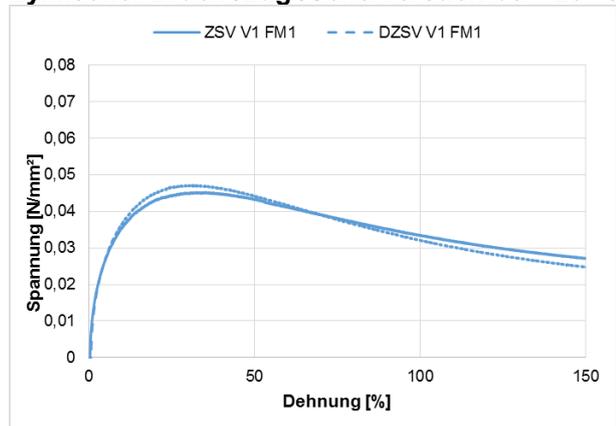


**Bild 204:** Spannungsentwicklung der kalt verarbeitbaren Fugenmasse FM5 (Klasse 25) und FM7 (Klasse 35) V1 im statischen Zugversuch bei +20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM5    | 0,39                 | 186,2                          |
| V1 FM5     | 0,18                 | 299,9                          |
| REF FM7    | 0,44                 | 171,4                          |
| V1 FM7     | 0,16                 | 299,8                          |

**Tab. 117:** Ergebnisse des statischen Zugversuchs FM5 (Klasse 25) und FM7 (Klasse 35) REF und V1 bei +20 °C

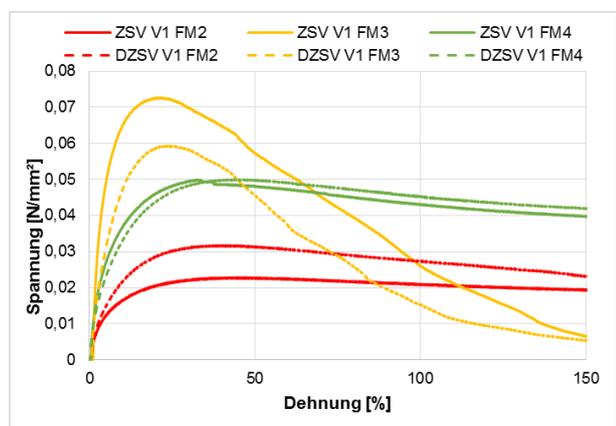
### Zyklischer Druck-/Zug-/Scherversuch bei +20 °C



**Bild 205:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM1 (Typ N1) V1 im statischen Zug-/Scherversuch und DSZV bei +20 °C

| Fugenmasse  | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| ZSV V1 FM1  | 0,05                 | 35,3                           |
| DZSV V1 FM1 | 0,05                 | 32,0                           |

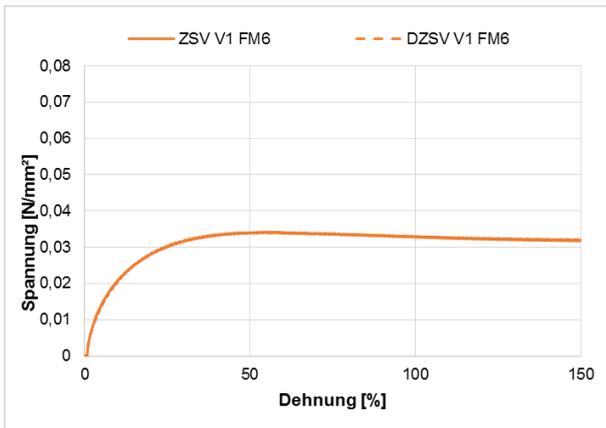
**Tab. 118:** Ergebnisse des statischen Zug-/Scherversuch und DZSV FM1 (Typ N1) V1 bei +20 °C



**Bild 206:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmassen FM2-4 (Typ N2) V1 im ZSV und DZSV bei +20 °C

| Fugenmasse  | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| ZSV V1 FM2  | 0,02                 | 44,5                           |
| DZSV V1 FM2 | 0,03                 | 40,2                           |
| ZSV V1 FM3  | 0,07                 | 21,8                           |
| DZSV V1 FM3 | 0,06                 | 24,6                           |
| ZSV V1 FM4  | 0,05                 | 32,4                           |
| DZSV V1 FM4 | 0,05                 | 45,3                           |

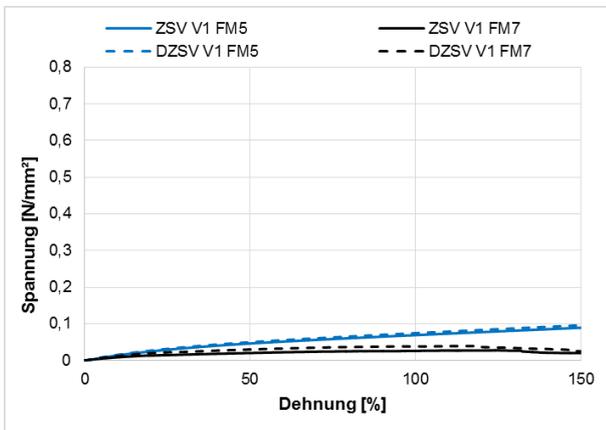
**Tab. 119:** Ergebnisse des ZSV und DZSV FM2-4 (Typ N2) V1 bei +20 °C



**Bild 207:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM6 (Typ N2+) V1 im ZSV und DZSV bei +20 °C

| Fugenmasse  | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| ZSV V1 FM6  | 0,03                 | 54,6                           |
| DZSV V1 FM6 | 0,03                 | 58,5                           |

**Tab. 120:** Ergebnisse des ZSV FM6 (Typ N2+) REF und V1 bei +20 °C



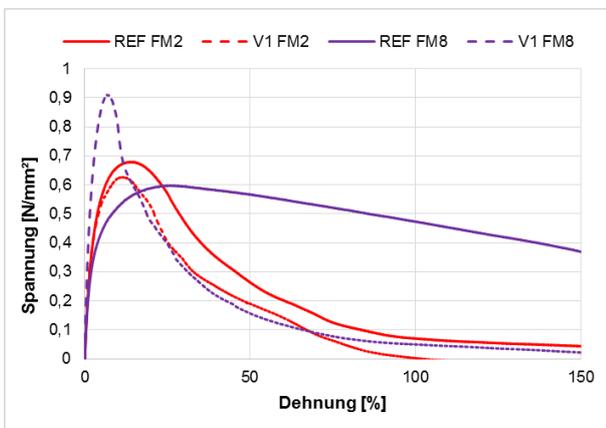
**Bild 208:** Spannungsentwicklung der kalt verarbeitbaren Fugenmasse FM5 (Klasse 25) und FM7 (Klasse 35) V1 im ZSV und DZSV bei +20 °C

| Fugenmasse  | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| ZSV V1 FM5  | 0,15                 | 300,0                          |
| DZSV V1 FM5 | 0,16                 | 300,0                          |
| ZSV V1 FM7  | 0,03                 | 124,2                          |
| DZSV V1 FM7 | 0,04                 | 115,7                          |

**Tab. 121:** Ergebnisse des ZSV und DZSV FM5 (Klasse 25) und FM7 (Klasse 35) REF und V1 bei +20 °C

### 1.1.3 Vergleich der zusätzlich untersuchten Fugenmasse FM8

#### Statischer Zugversuch bei -20 °C

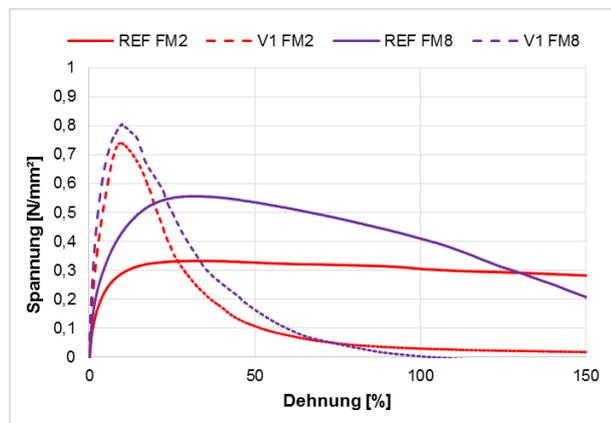


**Bild 209:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM2 und FM8 REF und V1 im statischen Zugversuch bei -20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM2    | 0,68                 | 13,7                           |
| V1 FM2     | 0,63                 | 11,8                           |
| REF FM8    | 0,60                 | 26,0                           |
| V1 FM8     | 0,91                 | 6,8                            |

**Tab. 122:** Ergebnisse des statischen Zugversuchs FM2 und FM8 REF und V1 bei -20 °C

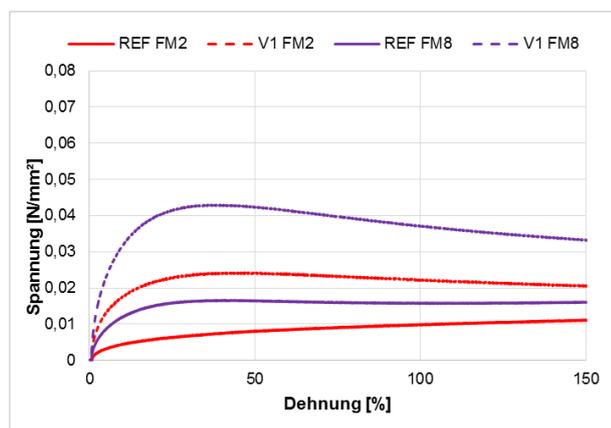
## Statischer Zug-/Scherversuch bei -20 °C und +20 °C



**Bild 210:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM2 und FM8 REF und V1 im statischen Zug-/Scherversuch bei -20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM2    | 0,33                 | 33,7                           |
| V1 FM2     | 0,74                 | 9,8                            |
| REF FM8    | 0,56                 | 30,9                           |
| V1 FM8     | 0,81                 | 10,0                           |

**Tab. 123:** Ergebnisse des statischen Zug-/Scherversuchs FM2 und FM8 REF und V1 bei -20 °C

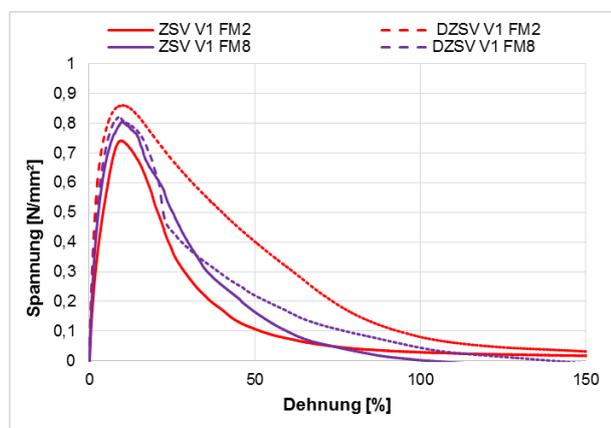


**Bild 211:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM2 und FM8 REF und V1 im statischen Zug-/Scherversuch bei +20 °C

| Fugenmasse | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]        | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| REF FM2    | 0,01                 | 299,9                          |
| V1 FM2     | 0,02                 | 44,5                           |
| REF FM8    | 0,02                 | 299,8                          |
| V1 FM8     | 0,04                 | 37,9                           |

**Tab. 124:** Ergebnisse des statischen Zug-/Scherversuchs FM2 und FM8 REF und V1 bei +20 °C

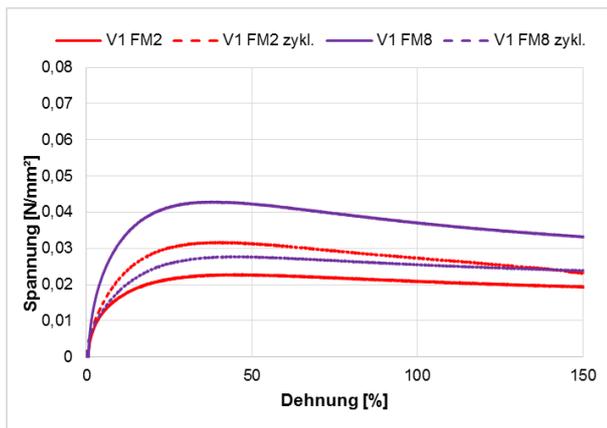
## Zyklischer Druck-Zug-/Scherversuch bei -20 °C



**Bild 212:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM2 und FM8 REF und V1 im zyklischen Druck-/Zug-/Scherversuch bei -20 °C

| Fugenmasse  | $\sigma_{\max}$      | $\epsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|-------------|----------------------|--------------------------------|
| [-]         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                            |
| ZSV V1 FM2  | 0,74                 | 9,8                            |
| DZSV V1 FM2 | 0,86                 | 10,2                           |
| ZSV V1 FM8  | 0,81                 | 10,0                           |
| DZSV V1 FM8 | 0,82                 | 9,0                            |

**Tab. 125:** Ergebnisse des zyklischen Druck-/Zug-/Scherversuchs FM2 und FM8 REF und V1 bei -20 °C



**Bild 213:** Spannungsentwicklung der heiß verarbeitbaren Fugenmasse FM2 und FM8 REF und V1 im statischen Zug-/Scherversuch bei +20 °C

| Fugenmasse   | $\sigma_{\max}$      | $\varepsilon$ bei $\sigma_{\max}$ |
|--------------|----------------------|-----------------------------------|
| [-]          | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]                               |
| V1 FM2       | 0,02                 | 44,5                              |
| V1 FM2 zykl. | 0,03                 | 40,2                              |
| V1 FM8       | 0,04                 | 37,9                              |
| V1 FM8 zykl. | 0,03                 | 47,0                              |

**Tab. 126:** Ergebnisse des zyklischen Druck-/Zug-/Scherversuchs FM2 und FM8 REF und V1 bei +20 °C

#### 1.1.4 Übersicht Spannungsmaxima und erreichte Dehnung bei 80 % des Spannungsmaximums im abfallenden Ast

| Referenzzustand | Maximalspannung [N/mm <sup>2</sup> ] |            |             |           |            |             |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|                 | ZV +20 °C                            | ZSV +20 °C | DZSV +20 °C | ZV -20 °C | ZSV -20 °C | DZSV -20 °C |
| FM1 (Typ N1)    | 0,013                                | 0,064      | 0,026       | 0,94      | 0,24       | 0,25        |
| FM2 (Typ N2)    | 0,010                                | 0,014      | 0,014       | 0,68      | 0,33       | 0,38        |
| FM3 (Typ N2)    | 0,025                                | 0,041      | 0,024       | 0,49      | 0,69       | 0,28        |
| FM4 (Typ N2)    | 0,009                                | 0,019      | 0,012       | 0,54      | 0,38       | 0,52        |
| FM5 (Kl. 25)    | 0,389                                | 0,322      | 0,290       | 0,35      | 0,41       | 0,32        |
| FM6 (Typ N2+)   | 0,016                                | 0,017      | 0,016       | 0,27      | 0,26       | 0,35        |
| FM7 (Kl. 35)    | 0,438                                | 0,418      | 0,368       | 0,57      | 0,37       | 0,50        |
| FM8 (Typ N2)    | -                                    | 0,019      | 0,019       | 0,60      | 0,56       | 0,62        |

**Tab. 127:** Übersicht der erreichten Maximalspannung [N/mm<sup>2</sup>] im Referenzzustand

| künstl. Alterung | Maximalspannung [N/mm <sup>2</sup> ] |            |             |           |            |             |
|------------------|--------------------------------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|                  | ZV +20 °C                            | ZSV +20 °C | DZSV +20 °C | ZV -20 °C | ZSV -20 °C | DZSV -20 °C |
| FM1 (Typ N1)     | 0,030                                | 0,045      | 0,047       | 0,97      | 0,77       | 0,78        |
| FM2 (Typ N2)     | 0,050                                | 0,024      | 0,032       | 0,63      | 0,70       | 0,48        |
| FM3 (Typ N2)     | 0,045                                | 0,077      | 0,059       | 0,97      | 0,67       | 1,44        |
| FM4 (Typ N2)     | 0,051                                | 0,050      | 0,050       | 0,75      | 0,91       | 1,17        |
| FM5 (Kl. 25)     | 0,183                                | 0,146      | 0,156       | 0,23      | 0,19       | 0,17        |
| FM6 (Typ N2+)    | 0,041                                | 0,034      | 0,034       | 0,50      | 0,38       | 0,42        |
| FM7 (Kl. 35)     | 0,156                                | 0,028      | 0,040       | 0,17      | 0,06       | 0,18        |
| FM8 (Typ N2)     | -                                    | 0,043      | 0,028       | 0,91      | 0,81       | 0,82        |

**Tab. 128:** Übersicht der erreichten Maximalspannung [N/mm<sup>2</sup>] nach künstlicher Alterung

| Referenzzustand | Dehnung bei 80% der Maximalspannung |               |                |               |               |                |
|-----------------|-------------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                 | ZV<br>+20 °C,                       | ZSV<br>+20 °C | DZSV<br>+20 °C | ZV<br>-20 °C, | ZSV<br>-20 °C | DZSV<br>-20 °C |
| FM1 (Typ N1)    | 87,1                                | 300,0         | 93,2           | 5,9           | 300,0         | 300,0          |
| FM2 (Typ N2)    | 96,3                                | 300,0         | 300,0          | 26,3          | 176,7         | 117,6          |
| FM3 (Typ N2)    | 19,9                                | 46,5          | 41,4           | 5,3           | 52,4          | 17,3           |
| FM4 (Typ N2)    | 174,6                               | 300,0         | 300,0          | 49,2          | 139,5         | 51,9           |
| FM5 (Kl. 25)    | 197,5                               | 126,7         | 165,6          | 300,0         | 128,9         | 174,7          |
| FM6 (Typ N2+)   | 300,0                               | 300,0         | 300,0          | 125,4         | 125,4         | 108,3          |
| FM7 (Kl. 35)    | 196,8                               | 215,7         | 300,0          | 224,3         | 205,8         | 214,3          |
| FM8 (Typ N2)    | -                                   | 300,0         | 300,0          | 97,3          | 88,0          | 62,0           |

Tab. 129: Übersicht der erreichten Dehnung bei 80% der Maximalspannung im abfallenden Ast im Referenzzustand

| künstl. Alterung | Dehnung bei 80% der Maximalspannung |               |                |              |               |                |
|------------------|-------------------------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|----------------|
|                  | ZV<br>+20 °C,                       | ZSV<br>+20 °C | DZSV<br>+20 °C | ZV<br>-20 °C | ZSV<br>-20 °C | DZSV<br>-20 °C |
| FM1 (Typ N1)     | 122,7                               | 84,5          | 75,0           | 143,2        | 36,4          | 8,1            |
| FM2 (Typ N2)     | 74,2                                | 203,8         | 124,5          | 21,1         | 17,9          | 65,0           |
| FM3 (Typ N2)     | 40,1                                | 48,8          | 47,5           | 6,5          | 12,7          | 14,4           |
| FM4 (Typ N2)     | 195,1                               | 145,3         | 210,6          | 42,2         | 18,2          | 7,2            |
| FM5 (Kl. 25)     | 300,0                               | 300,0         | 300,0          | 284,8        | 295,9         | 300,0          |
| FM6 (Typ N2+)    | 300,0                               | 300,0         | 300,0          | 88,3         | 166,6         | 145,2          |
| FM7 (Kl. 35)     | 300,0                               | 137,4         | 138,8          | 280,8        | 258,0         | 278,0          |
| FM8 (Typ N2)     | -                                   | 132,5         | 238,9          | 10,9         | 18,7          | 19,6           |

Tab. 130: Übersicht der erreichten Dehnung bei 80% der Maximalspannung im abfallenden Ast nach künstlicher Alterung

## 1.2 Fotodokumentation der in situ-Zustandserfassung zu Abschnitt 2.5.2

|     | KM    | Zustand der Fuge  | Fugenspaltbreite<br>Lufttemperatur | Alter der Fugenmasse |
|-----|-------|---|------------------------------------|----------------------|
| A24 | 50,5  | -teilw. Flankenablösung<br>-oberflächlich versprödet<br>-im SS überdrückt<br>-stellenweise Grasbewuchs  | ≈ 10 mm<br>18°C                    | 5 Jahre              |
| A24 | 48,0  | -teilw. Über-und Unterverguss<br>-oberflächlich versprödet<br>-überwiegend dicht  | ≈ 9 mm<br>20°C                     | 5 Jahre              |
| A27 | 57,2  | -wenig Über-/ Unterverguss<br>-wenig oberflächlich versprödet<br>-überwiegend dicht   | ≈ 10-12 mm<br>17°C                 | 4 Jahre              |
| A30 | 9,7   | -punktuell Flankenablösung<br>-teilw. Absackung<br>-oberflächlich wenig versprödet<br>-teilw. undicht<br>-im SS überdrückt<br>-stellenweise Grasbewuchs | ≈ 9 mm<br>26°C                     | 4 Jahre              |
| A7  | 185,1 | -oberflächlich versprödet<br>-teilw. im SS überdrückt   | ≈ 10 mm<br>18°C                    | 2 Jahre              |

Tab. 131: Übersicht der Zustandserfassung der Fugensysteme verschiedener Autobahnabschnitte

**A24 FR Hamburg KM 50,5****Bild 214:** Grasbewuchs an den Fugenflanken (A24)**Bild 215:** Flankenablösung (A24)

**A24 FR Hamburg KM 48,0**



**Bild 216:** Oberflächlich versprödete Fugenmasse (A24)



**Bild 217:** Ausgefahrene Fugenmasse (A24)

**A27 FR Cuxhaven KM 57,5****Bild 218:** Dichte Fuge (A27)**Bild 219:** Intakte Fuge ohne Schaden (A27)

## A30 FR FR Bad Oeynhausen KM 9,7



**Bild 220:** links: abgesackte Fugenmasse (A30); rechts: überdrückte Fugenmasse im Standstreifen (A30)

**A7 FR Flensburg KM 181,0****Bild 221:** Oberflächlich versprödete Fugenmasse (A7)**Bild 222:** Herausgelöste Fugenmasse (A7)

### 1.3 Fotodokumentation der Fugensanierung der Erprobungsstrecke BAB A23



**Bild 223:** Entfernen der Fugenprofile



**Bild 224:** Nachschneiden der Längsscheinfugen



**Bild 225:** Nachschneiden der Querscheinfugen



**Bild 226:** Anfasen der Querscheinfugen



**Bild 227:** Reinigung mit rotierender Drahtbürste



**Bild 228:** Einbringen der Unterfüllschnur



**Bild 229:** Applizieren des Voranstrichs



**Bild 230:** Einbau kalt verarbeitbare Fugenmasse (FM7)



**Bild 231:** Einbau kalt verarbeitbare Fugenmasse (FM7) - Detail



**Bild 232:** Einbau heiß verarbeitbare Fugenmasse (FM6)



**Bild 233:** Einbau heiß verarbeitbare Fugenmasse (FM6) - Detail

#### 1.4 Ergänzende Messwerte zum Zeitpunkt der Fugensanierung der BAB A23

| Messstelle | SS und 1. FS          |                                     | 2. FS      |                            |
|------------|-----------------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|
|            | Datum                 | Witterung                           | Datum      | Witterung                  |
| MS 1       | 23. und<br>24.07.2016 | bewölkt / sonnig                    | 26.07.2016 | bewölkt                    |
| MS 2       | 24. und<br>25.07.2016 | sonnig / bewölkt                    | 26.07.2016 | sonnig / teilweise bewölkt |
| MS 3       | 25.07.                | bewölkt                             | 26.07.2016 | sonnig / teilweise bewölkt |
| MS 4       | 25.07.                | bewölkt / regnerisch /<br>gewittrig | 26.07.2016 | sonnig / teilweise bewölkt |
| MS 5       | -                     | -                                   | -          | -                          |
| MS 6       | -                     | -                                   | -          | -                          |

**Tab. 132:** Witterungsverhältnisse zum Zeitpunkt des Fugenvergusses der heiß verarbeitbaren Fugenmasse (FM6) – Testfeld 2.1 und 2.2

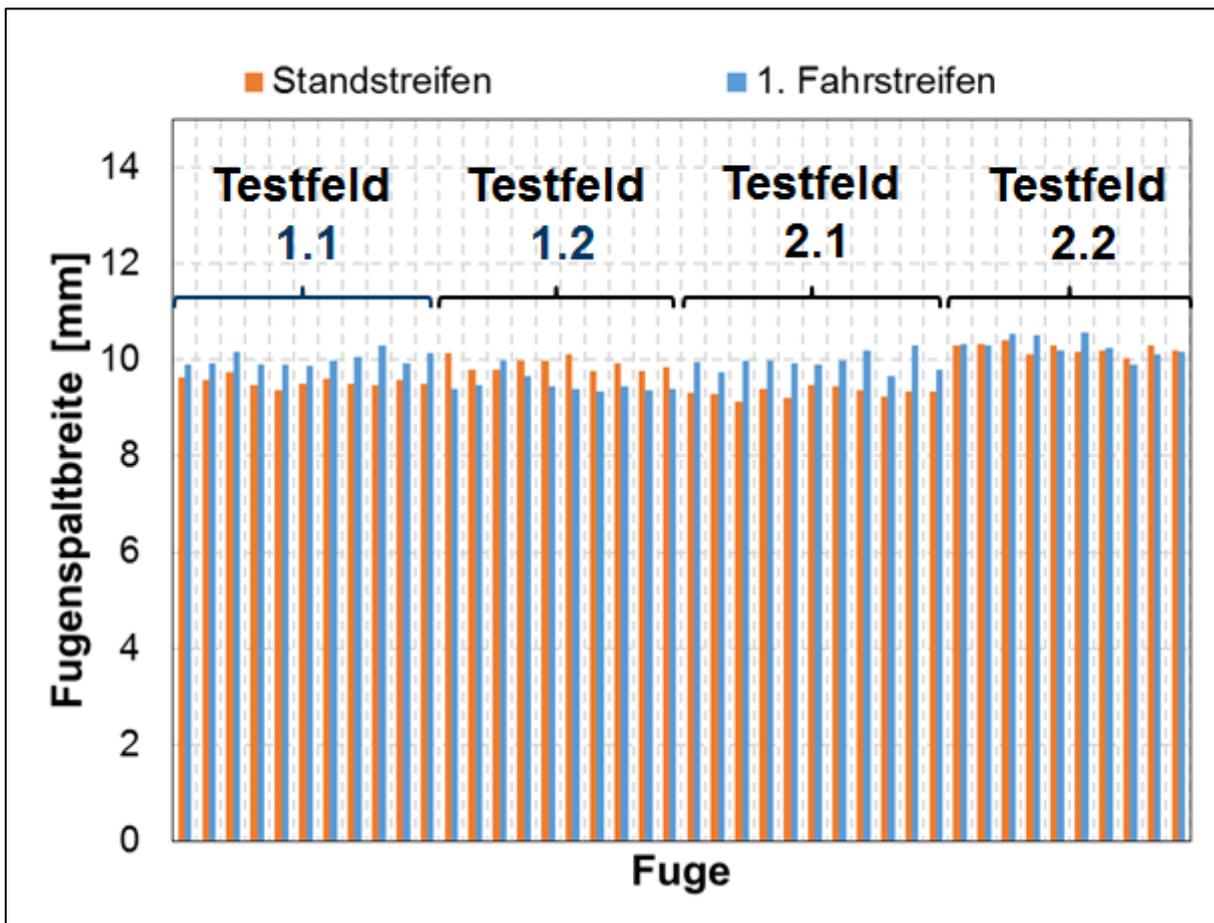


Bild 234: Fugenspaltbreiten zum Zeitpunkt der Initialmessungen am 05. und 06.07.2016

| Leistung                 | Datum              | Lufttemperatur [°C] |      | Luftfeuchtigkeit [%] |      | Oberflächentemperatur [°C] |      |
|--------------------------|--------------------|---------------------|------|----------------------|------|----------------------------|------|
|                          |                    | Min                 | Max  | Min                  | Max  | Min                        | Max  |
| Applikation Voranstrich  | 23. bis 26.07.2016 | 26,4                | 36,0 | 28,0                 | 55,0 | 29,9                       | 38,9 |
| Fugeneinbau SS und 1. FS | 23. bis 25.07.2016 | 27,8                | 36,4 | 29,0                 | 52,0 | 29,9                       | 40,3 |
| Fugeneinbau 2. FS        | 26.07.2016         | 26,9                | 26,9 | 41,0                 | 41,0 | 40,3                       | 40,3 |

Tab. 133: Temperaturen zum Zeitpunkt des Fugenvergusses der heiß verarbeitbaren Fugenmasse (FM6) – Testfeld 2.1 und 2.2

| Messstelle | Ablüfzeit Voranstrich | Anzahl der Vergusslagen | Absackungen im Fugenkreuz  | Blasenbildung  |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|
| MS 1       | >90 min               | 1                       | vermehrt und Rillenbildung | selten         |
| MS 2       | >60 min               | 1                       | vermehrt und Rillenbildung | vereinzelt     |
| MS 3       | >60 min               | 1                       | überwiegend Rillenbildung  | vermehrt in LF |
| MS 4       | >60 min               | 1                       | vermehrt und Rillenbildung | vermehrt       |
| MS 5       | -                     | -                       | -                          | -              |
| MS 6       | -                     | -                       | -                          | -              |

Tab. 134: Einbaurandbedingungen der heiß verarbeitbaren Fugenmasse (FM6) – Testfeld 2.1 und 2.2

| Messstelle | SS und 1. FS |                            | 2. FS      |                            |
|------------|--------------|----------------------------|------------|----------------------------|
|            | Datum        | Witterung                  | Datum      | Witterung                  |
| MS 1       | 04.07.2016   | bewölkt / kurze Schauer    | 20.07.2016 | sonnig                     |
| MS 2       | 04.07.2016   | überwiegend bewölkt        | 20.07.2016 | sonnig                     |
| MS 3       | 04.07.2016   | sonnig / teilweise bewölkt | 20.07.2016 | sonnig                     |
| MS 4       | 07.07.2016   | sonnig / teilweise bewölkt | 27.07.2016 | bewölkt / teilweise sonnig |
| MS 5       | 07.07.2016   | sonnig / teilweise bewölkt | 27.07.2016 | bewölkt / teilweise sonnig |
| MS 6       | 07.07.2016   | bewölkt                    | 27.07.2016 | bewölkt / teilweise sonnig |

Tab. 135: Witterungsverhältnisse zum Zeitpunkt des Fugenvergusses der kalt verarbeitbaren Fugenmasse (FM7) – Testfeld 1.1 und 1.2

| Leistung                 | Datum                        | Lufttemperatur [°C] |      | Luftfeuchtigkeit [%] |      | Oberflächentemperatur [°C] |      |
|--------------------------|------------------------------|---------------------|------|----------------------|------|----------------------------|------|
|                          |                              | Min                 | Max  | Min                  | Max  | Min                        | Max  |
| Applikation Voranstrich  | 04., 07., 20. und 27.07.2016 | 21,3                | 31,2 | 31,0                 | 56,0 | 18,6                       | 33,4 |
| Fugeneinbau SS und 1. FS | 04. und 07.07.2016           | 19,9                | 30,3 | 30,0                 | 64,0 | 22,4                       | 32,9 |
| Fugeneinbau 2. FS        | 26.07.2016                   | 28,4                | 36,2 | 31,0                 | 49,0 | 33,4                       | 40,3 |

Tab. 136: Temperaturen zum Zeitpunkt des Fugenvergusses der kalt verarbeitbaren Fugenmasse (FM7) – Testfeld 1.1 und 1.2

| Messstelle | Ablüßzeit Voranstrich | Anzahl der Vergusslagen | Absackungen im Fugenkreuz | Blasenbildung    |
|------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|
| MS 1       | 45-60 min             | 1                       | keine                     | keine            |
| MS 2       | >45 min               | 1                       | keine                     | vereinzelt       |
| MS 3       | >45 min               | 1                       | keine                     | vereinzelt       |
| MS 4       | >15 min               | 1                       | keine                     | vermehrt im 2.FS |
| MS 5       | >15 min               | 1                       | keine                     | vermehrt im 2.FS |
| MS 6       | >15 min               | 1                       | keine                     | vermehrt im 2.FS |

Tab. 137: Einbaurandbedingungen der kalt verarbeitbaren Fugenmasse (FM7) – Testfeld 1.1 und 1.2

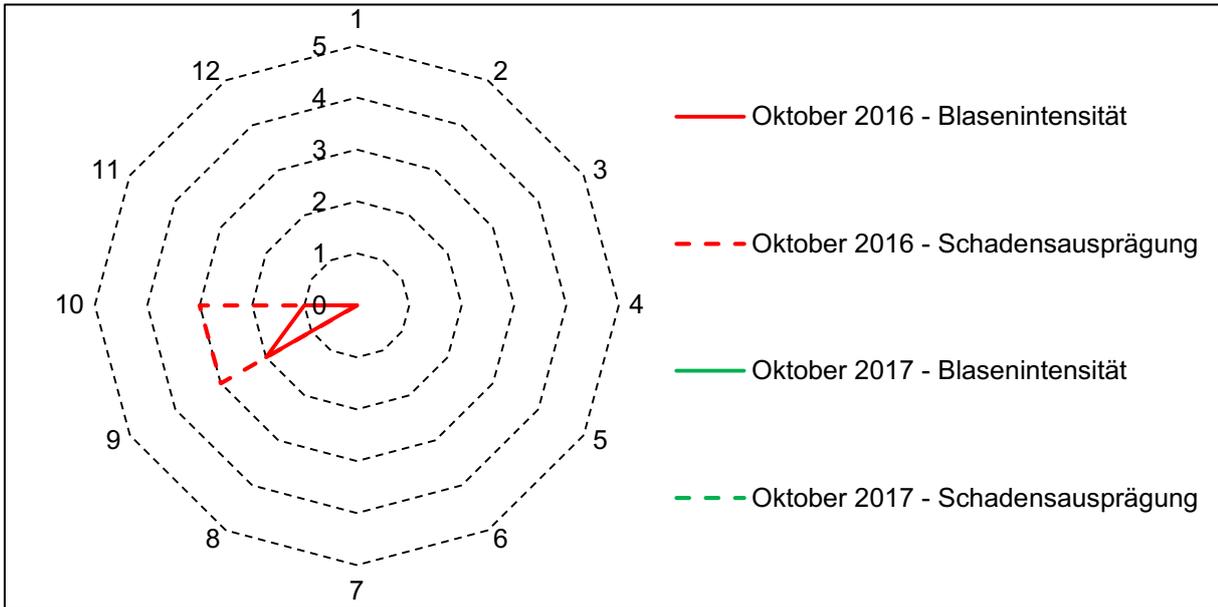
## 1.5 Ergänzende Messwerte zur Dokumentation des Fugenzustandes während der Nutzungsdauer

### 1.5.1 Temperaturdokumentation

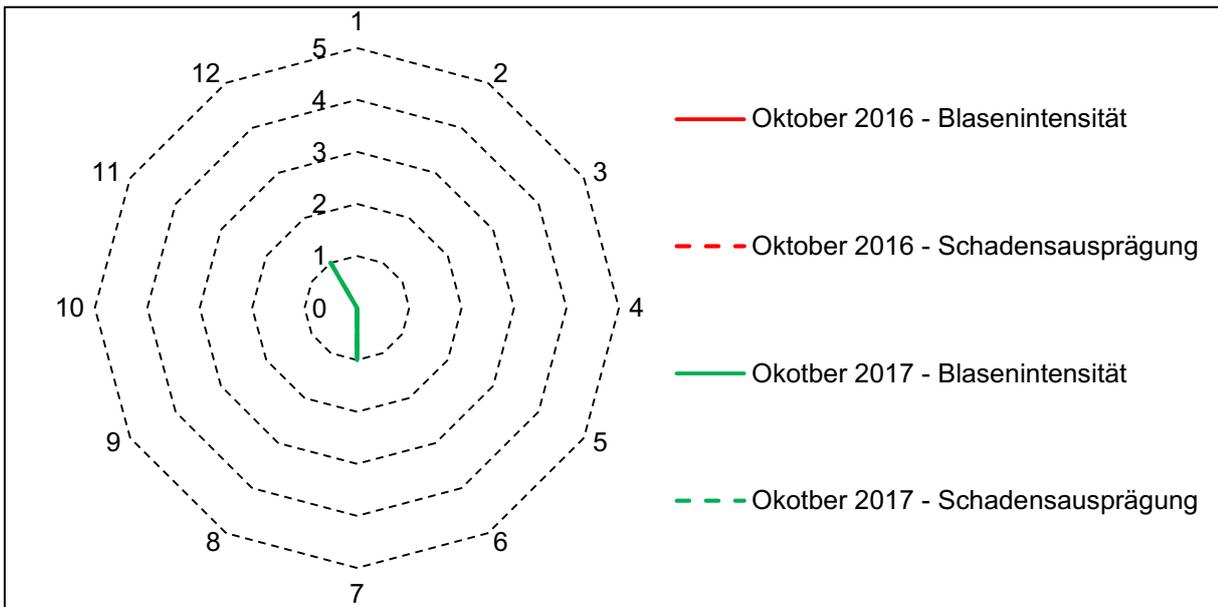
| Temperatur/<br>Feuchtigkeit                                | Luft-<br>feuchtigkeit | Luft-<br>temperatur | Beton-<br>temperatur | ca. 3 cm<br>unter FOK | ca. 13 cm<br>unter FOK | ca. 21 cm<br>unter FOK |
|--|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|  | [%]                   | [°C]                | [°C]                 | [°C]                  | [°C]                   | [°C]                   |
| <b>1. Begutachtung (19./20.10.2016)</b>                    |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 64                    | 10,7 - 12,1         | 9,2 - 10,3           | 8,9                   | 7,3                    | 4,3                    |
| Testfeld 1.2   | 74                    | 11,3 - 11,7         | 10,7 - 12,6          | 10,4                  | 10,0                   | 9,2                    |
| Testfeld 2.1   | 82                    | 12,2 - 14,8         | 10,5 - 14,8          | 8,3                   | 7,7                    | 7,1                    |
| Testfeld 2.2   | 85                    | 9,1 - 9,5           | 8,7 - 9,5            | 8,2                   | 7,9                    | 6,2                    |
| <b>2. Begutachtung (25./26.01.2017)</b>                    |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 46                    | -3,6 - -1,6         | -0,4 - 0,7           | 0,4                   | -0,3                   | -2,2                   |
| Testfeld 1.2   | 77                    | -0,4                | 0,6 - 1,3            | 0,3                   | 0,8                    | 1,6                    |
| Testfeld 2.1   | 73                    | 1,2                 | -0,8 - 2,7           | 0,3                   | -0,2                   | -0,8                   |
| Testfeld 2.2   | 81                    | -1,2                | -1,0 - -0,2          | -0,8                  | -1,6                   | -2,2                   |
| <b>3. Begutachtung (26./27.04.2017)</b>                    |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 58                    | 8,1 - 12,1          | 7,5 - 11,1           | 9,7                   | 7,7                    | 8,6                    |
| Testfeld 1.2   | 56                    | 8,9 - 12,6          | 11,7 - 13,6          | 12,8                  | 10,8                   | 9,6                    |
| Testfeld 2.1   | 76                    | 9,3 - 10,0          | 9,5 - 14,0           | 9,7                   | 8,8                    | 7,6                    |
| Testfeld 2.2   | 75                    | 9,1                 | 3,0 - 7,6            | 7,4                   | 5,9                    | 5,7                    |
| <b>4. Begutachtung (26./27.07.2017) – Bohrkernentnahme</b> |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 62                    | 17,8 - 21,0         | 18,6 - 28,6          | 18,5                  | 17,8                   | 18,0                   |
| Testfeld 1.2   | 38                    | 23,2 - 28,9         | 30,0 - 34,5          | 32,4                  | 28,1                   | 24,0                   |
| Testfeld 2.1   | -                     | 21,6 - 22,4         | 22,0 - 29,4          | 21,9                  | 21,3                   | 21,4                   |
| Testfeld 2.2   | 75                    | 18,4 - 23,2         | 18,2 - 19,9          | 19,9                  | 20,6                   | 20,2                   |
| <b>5. Begutachtung (25./26.10.2017)</b>                    |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | -                     | 13,3 - 13,6         | 12,6 - 13,8          | 14,0                  | 13,9                   | 14,0                   |
| Testfeld 1.2   | 81                    | 15,1 - 15,3         | 14,5 - 15,6          | 14,8                  | 14,4                   | 14,1                   |
| Testfeld 2.1   | 80                    | 12,9 - 13,7         | 9,6 - 14,3           | 10,4                  | 11,2                   | 10,6                   |
| Testfeld 2.2   | 85                    | 9,5 - 13,1          | 10,4 - 12,3          | 12,0                  | 11,7                   | 11,6                   |
| <b>6. Begutachtung (10./11.01.2018)</b>                    |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 67                    | -0,4 - 1,1          | 1,4 - 2,5            | 0,7                   | 0,9                    | 0,9                    |
| Testfeld 1.2   | 74                    | 4,4 - 5,7           | 3,0 - 5,0            | 2,8                   | 2,0                    | 1,0                    |
| Testfeld 2.1   | 77                    | 1,5 - 1,9           | 3,4 - 3,8            | 1,7                   | 1,6                    | 1,8                    |
| Testfeld 2.2   | 81                    | -0,9 - -0,2         | -0,5 - 0,3           | 0,4                   | 1,2                    | 0,9                    |
| <b>7. Begutachtung (06.03./07.03.2018)</b>                 |                       |                     |                      |                       |                        |                        |
| Testfeld 1.1   | 54                    | 0,0 - 1,0           | 0,5 - 1,0            | -0,3                  | -0,1                   | -0,1                   |
| Testfeld 1.2   | 70                    | 2,4 - 7,2           | 5,3 - 7,6            | 5,5                   | 3,6                    | 1,3                    |
| Testfeld 2.1   | 74                    | 0,7 - 1,3           | 1,5 - 2,5            | 0,2                   | -0,2                   | -0,5                   |
| Testfeld 2.2   | 55                    | 5,5 - 6,6           | 7,5 - 12,1           | 12,0                  | 8,0                    | 4,8                    |

Tab. 138: Temperaturen zum Zeitpunkt der Begutachtungen im Zeitraum Oktober 2016 bis März 2018

### 1.5.2 Dichtheitsprüfungen



**Bild 235:** Beurteilung der Dichtheit des Fugensystems von Testfeld 1.2 (FM7)



**Bild 236:** Beurteilung der Dichtheit des Fugensystems von Testfeld 2.2 (FM6)

1.5.3 Höhenlage der Fugenmasse unterhalb der Fahrbahnoberkante

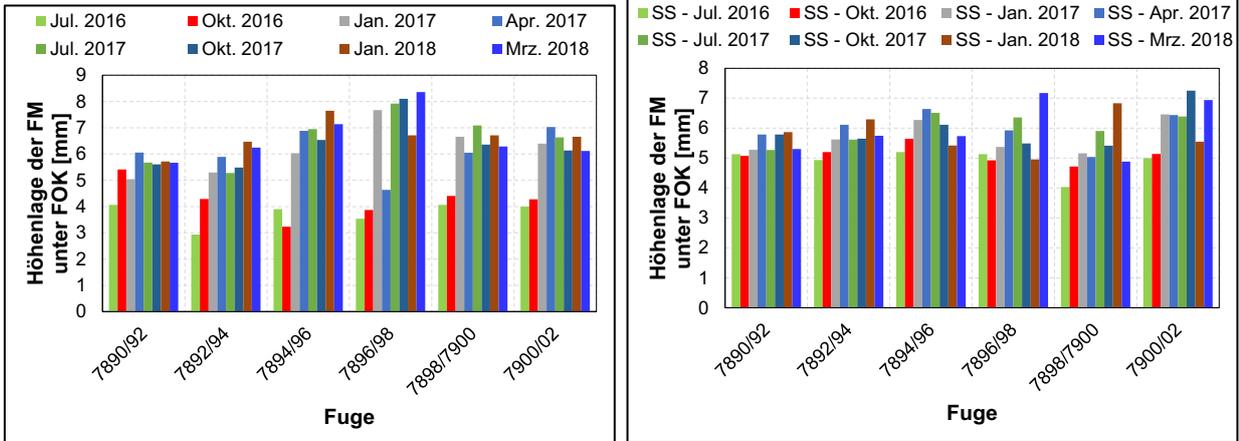


Bild 237: Höhenlage der Fugenmasse unterhalb der Fahrbahnoberkante, Testfeld 1.2; links:1. Fahrstreifen; rechts: Standstreifen

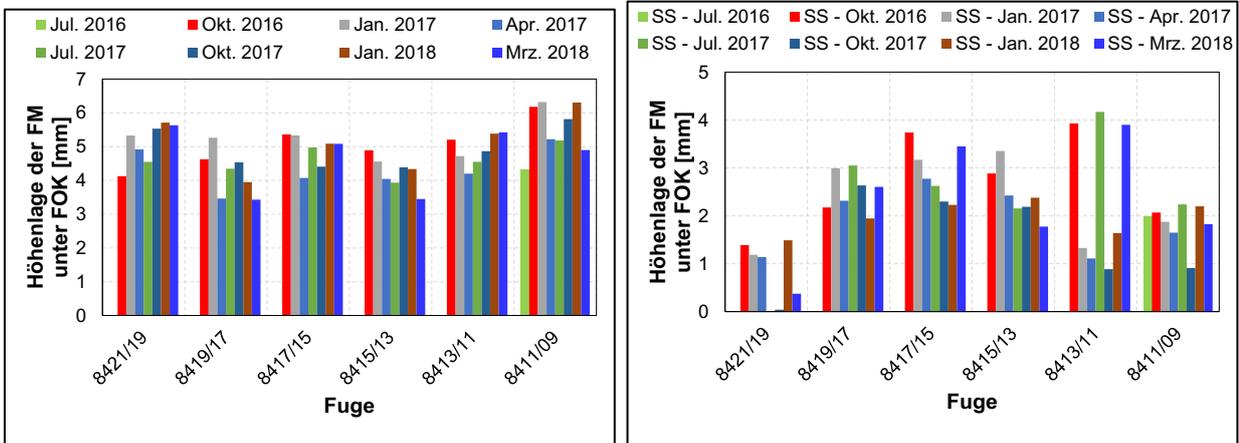


Bild 238: Höhenlage der Fugenmasse unterhalb der Fahrbahnoberkante, Testfeld 2.1; links:1. Fahrstreifen; rechts: Standstreifen

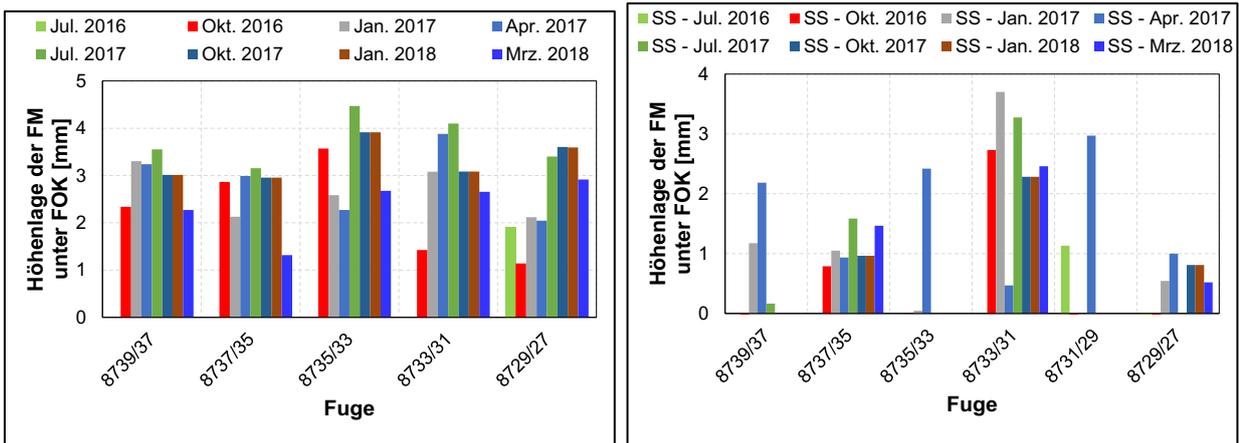


Bild 239: Höhenlage der Fugenmasse unterhalb der Fahrbahnoberkante, Testfeld 2.2; links:1. Fahrstreifen; rechts: Standstreifen

## 1.5.4 Vertikale Plattenlage

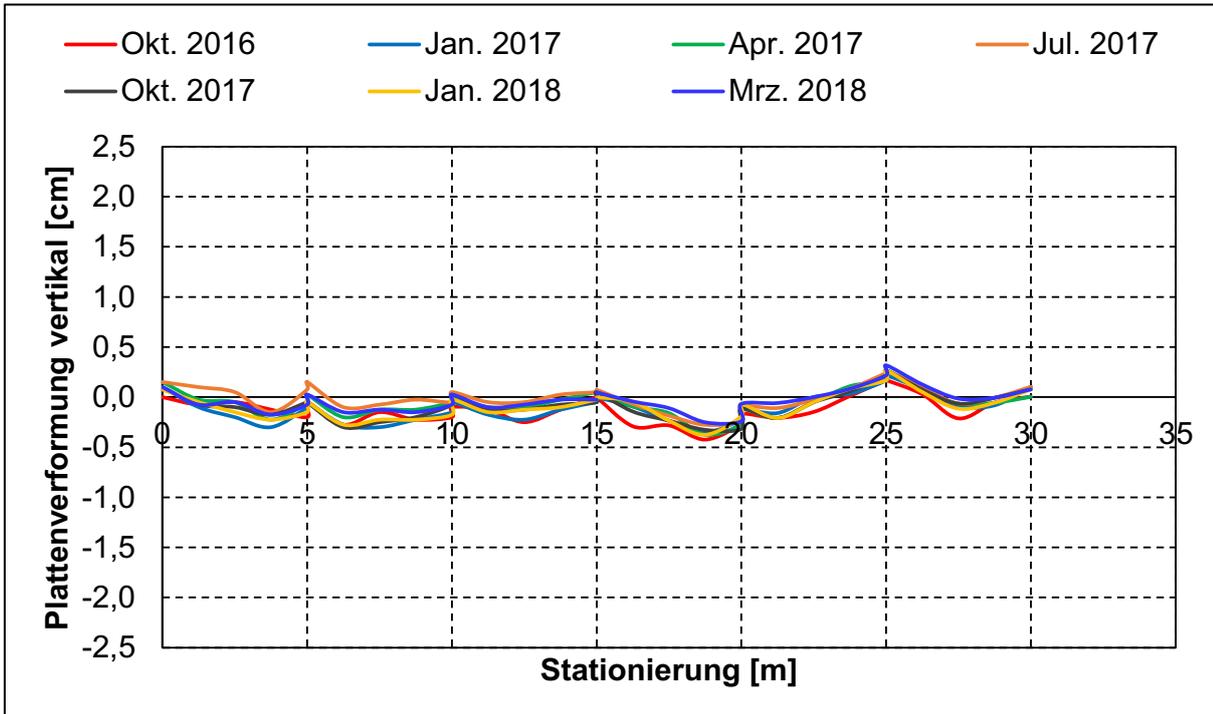


Bild 240: Vertikale Plattenlage Testfeld 1.2 von Oktober 2016 bis März 2018

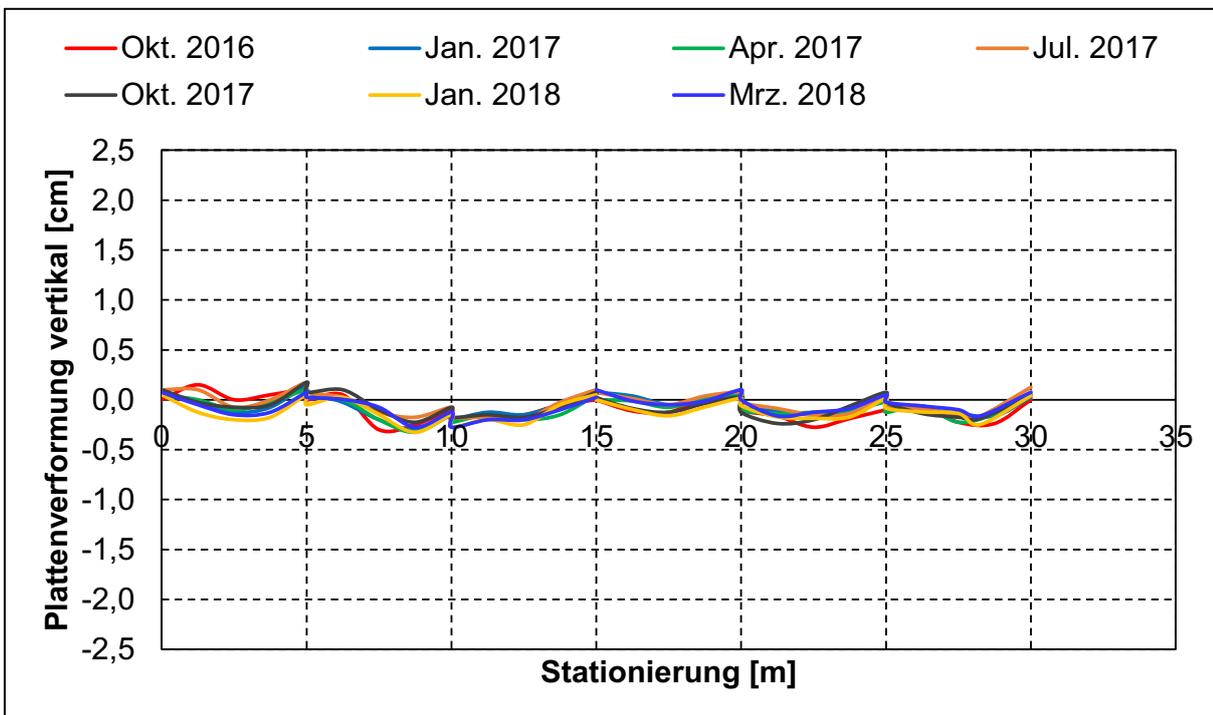


Bild 241: Vertikale Plattenlage Testfeld 2.1 von Oktober 2016 bis März 2018

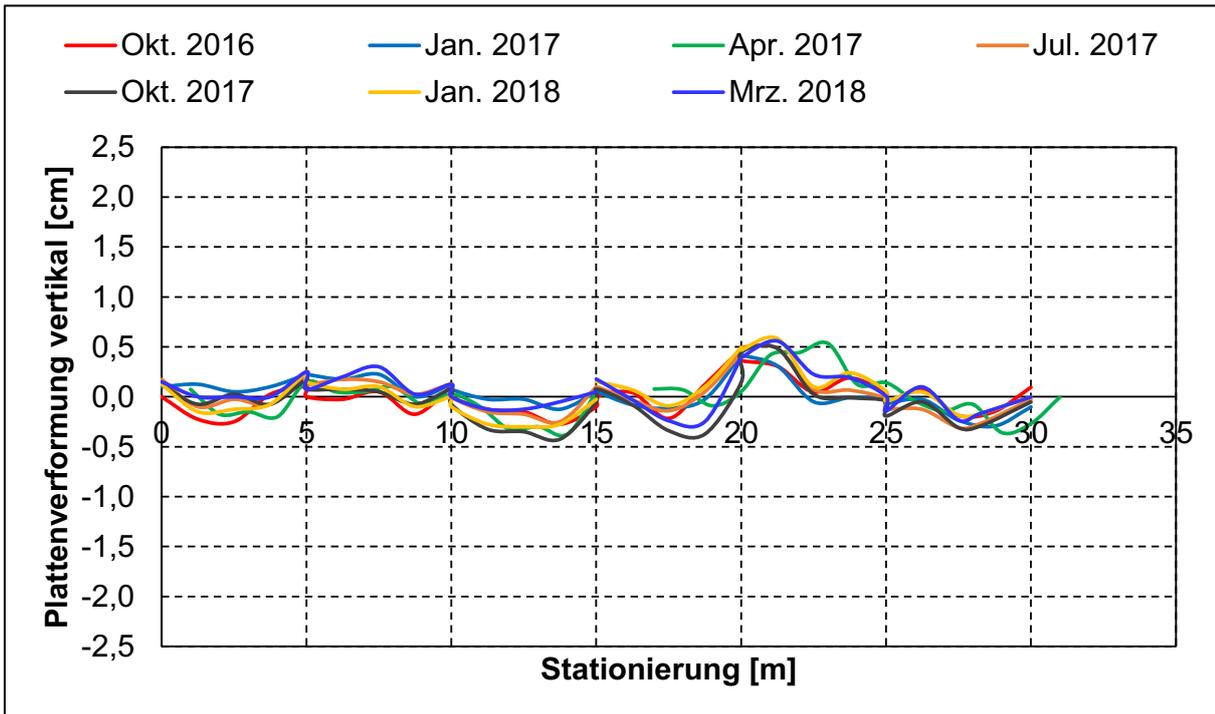


Bild 242: Vertikale Plattenlage Testfeld 2.2 von Oktober 2016 bis März 2018



Bild 243: Beispiel für vertikale Unebenheiten in Testfeld 2.2 bei Stationierung rd. 20 m

## 1.6 Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung

### 1.6.1 Testfeld 1.1 (April 2017 bis März 2018)

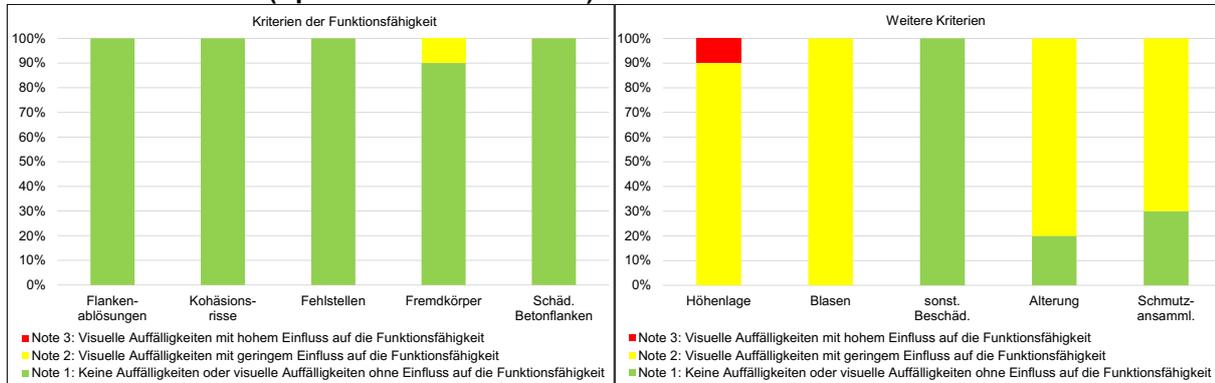


Bild 244: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.1 - April 2017

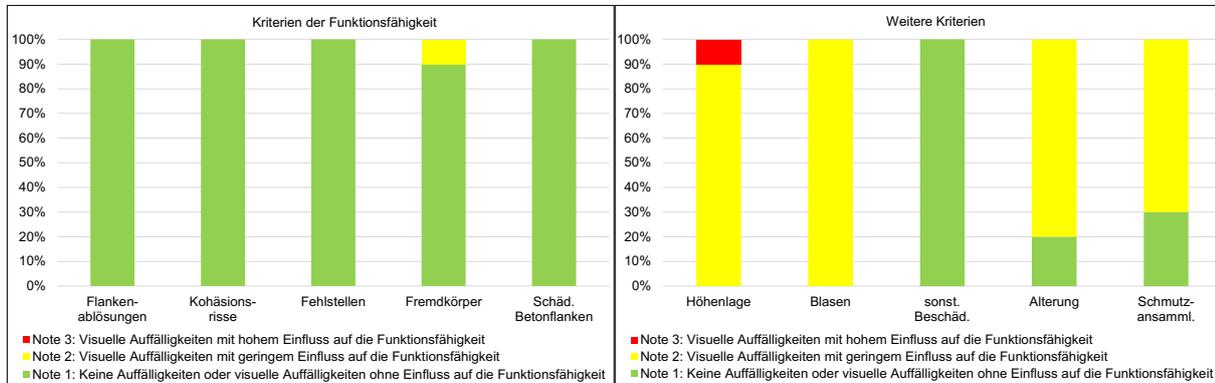


Bild 245: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.1 - Juli 2017

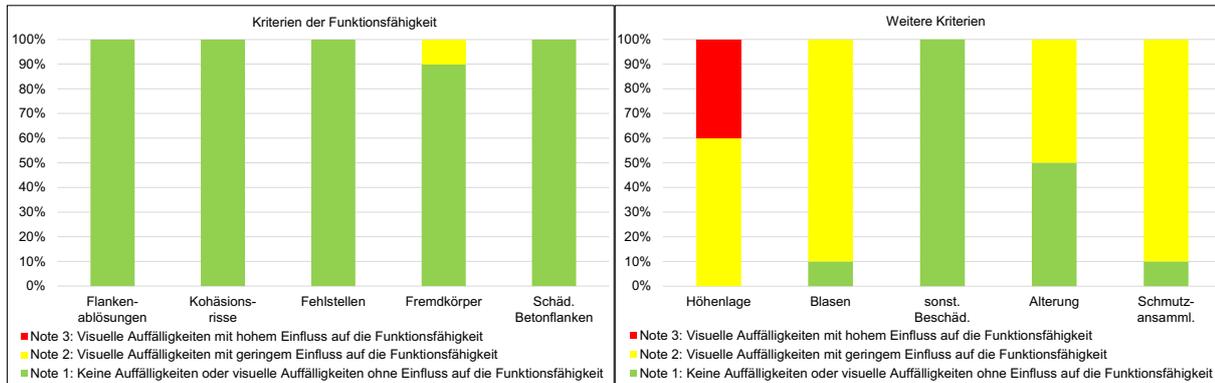


Bild 246: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.1 - Oktober 2017

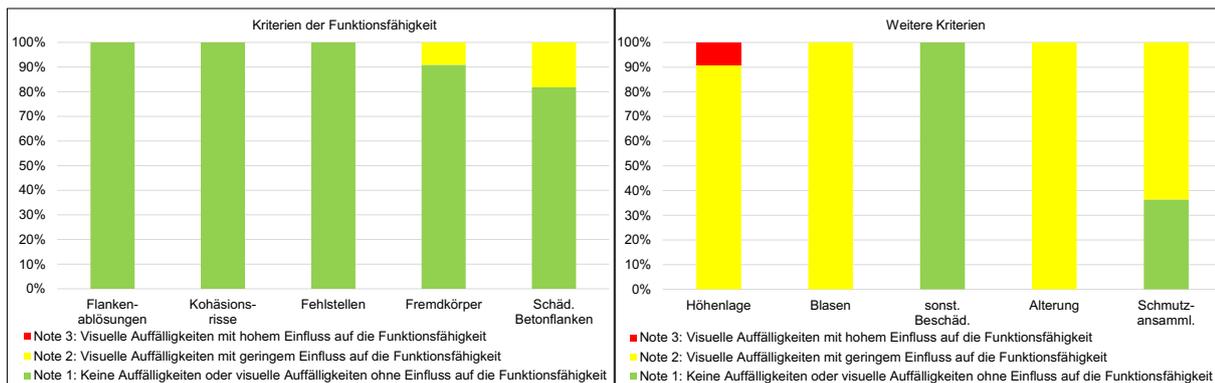


Bild 247: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.1 - Januar 2018

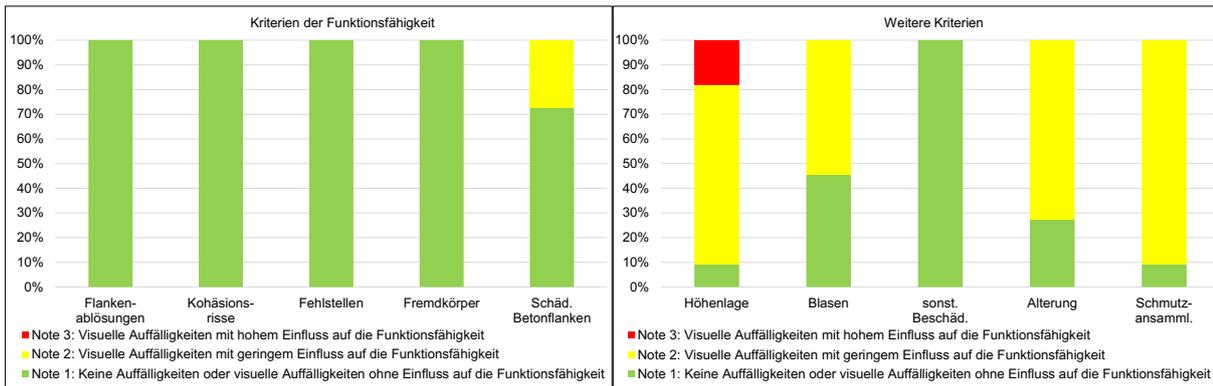


Bild 248: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.1 - März 2018

1.6.2 Testfeld 1.2 (April 2017 bis März 2018)

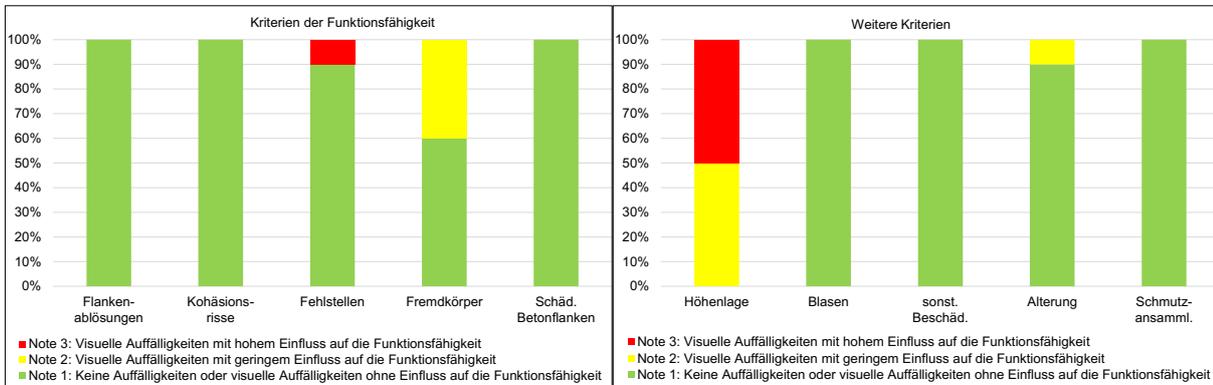


Bild 249: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.2 - April 2017

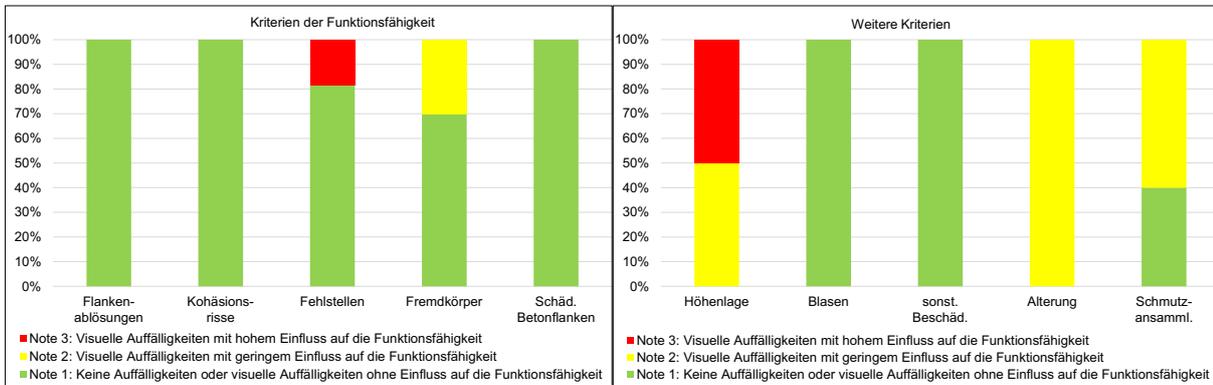


Bild 250: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.2 - Juli 2017

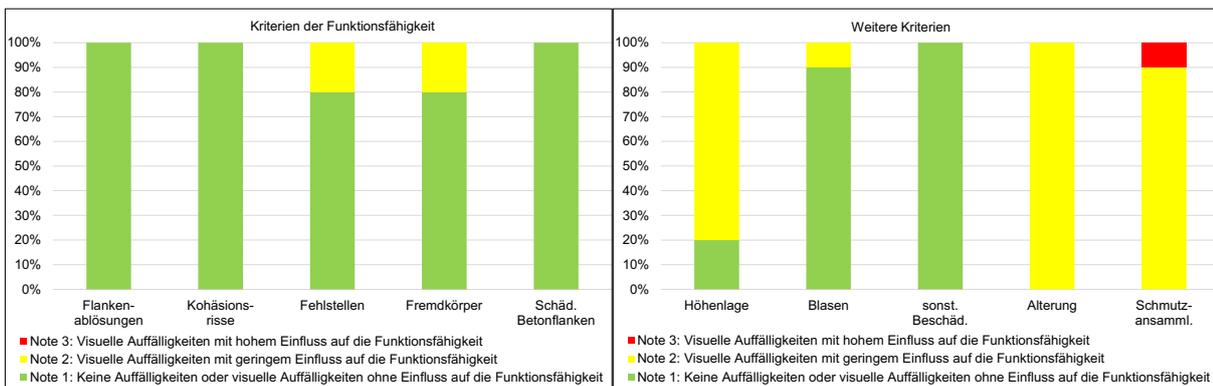


Bild 251: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.2 - Oktober 2017

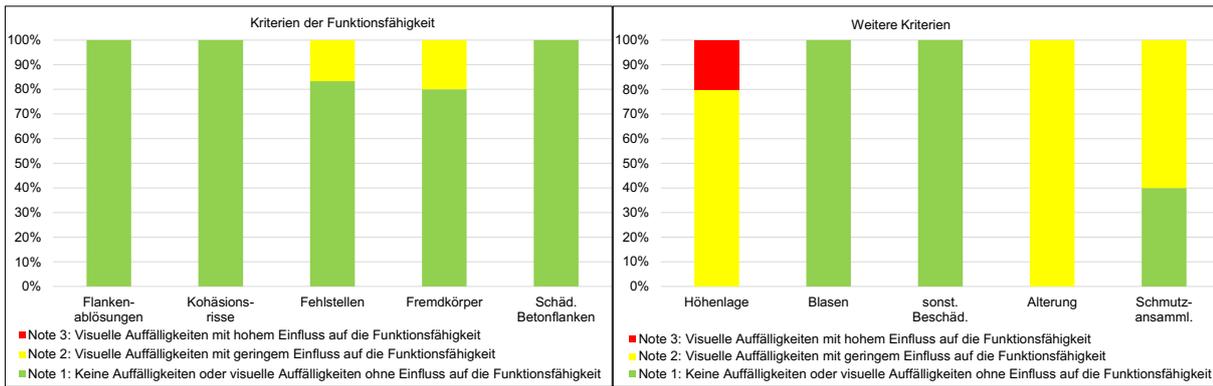


Bild 252: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.2 - Januar 2018

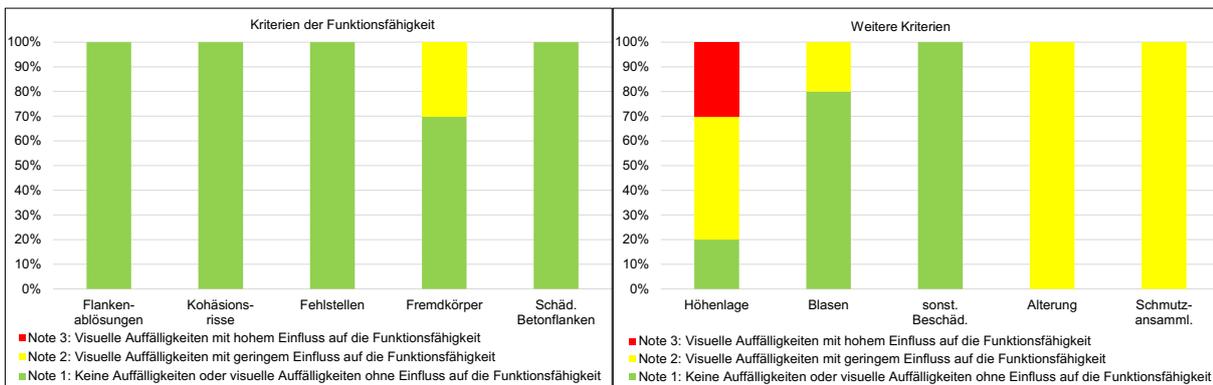


Bild 253: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 1.2 - März 2018

1.6.3 Testfeld 2.1 (April 2017 bis März 2018)

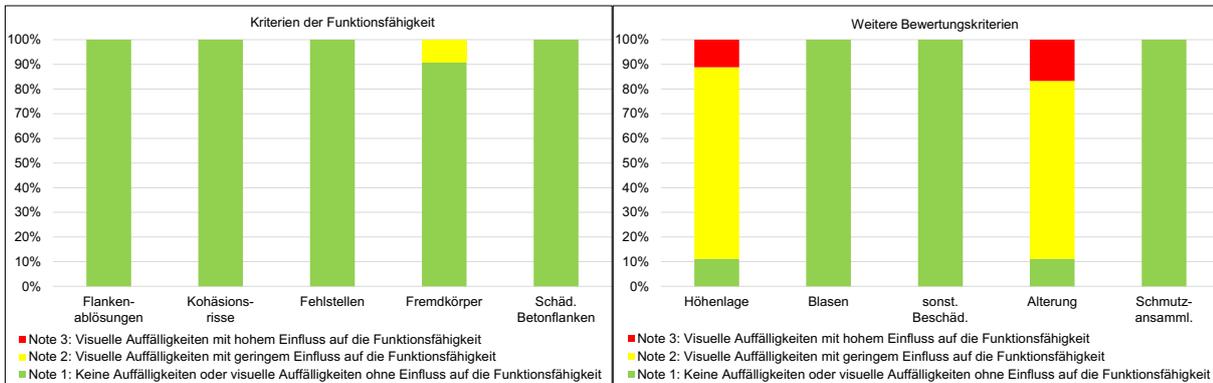


Bild 254: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.1 - April 2017

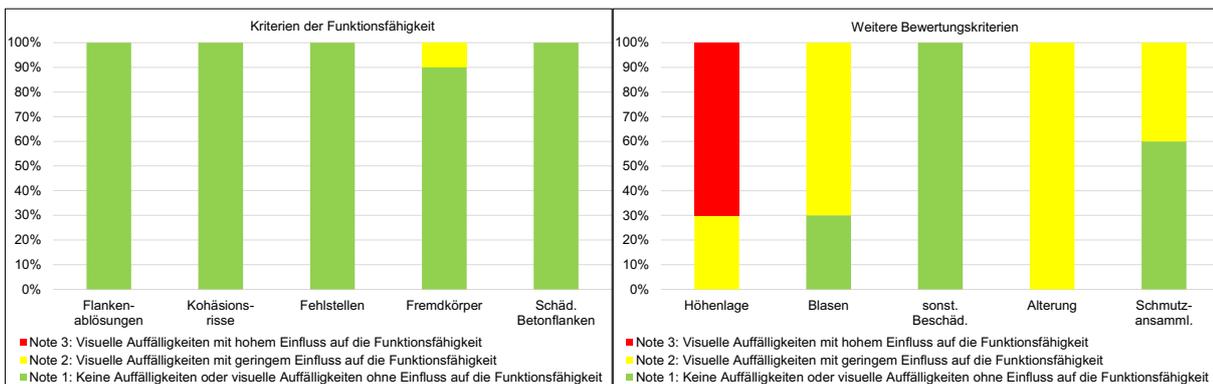


Bild 255: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.1 - Juli 2017

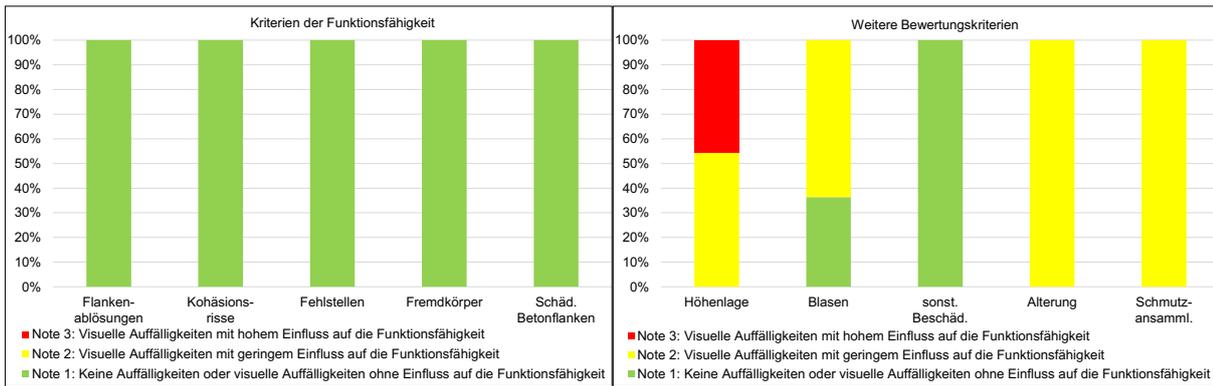


Bild 256: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.1 - Oktober 2017

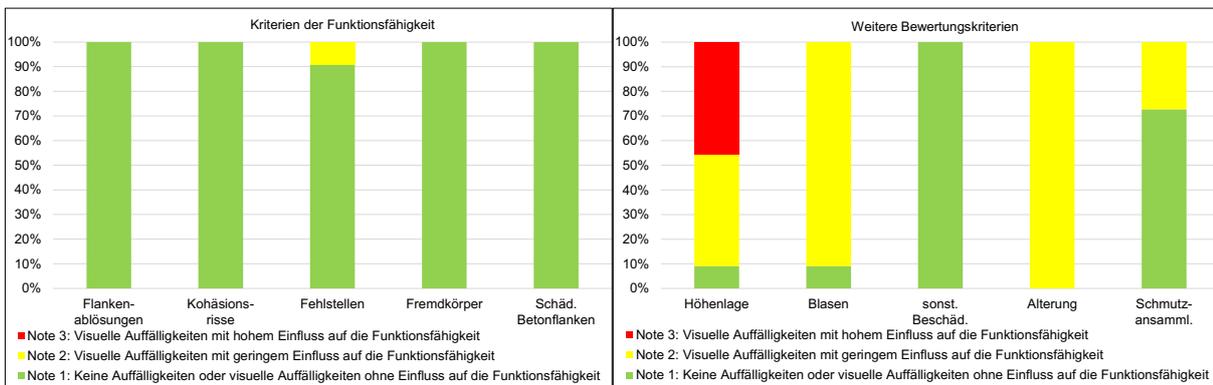


Bild 257: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.1 - Januar 2018

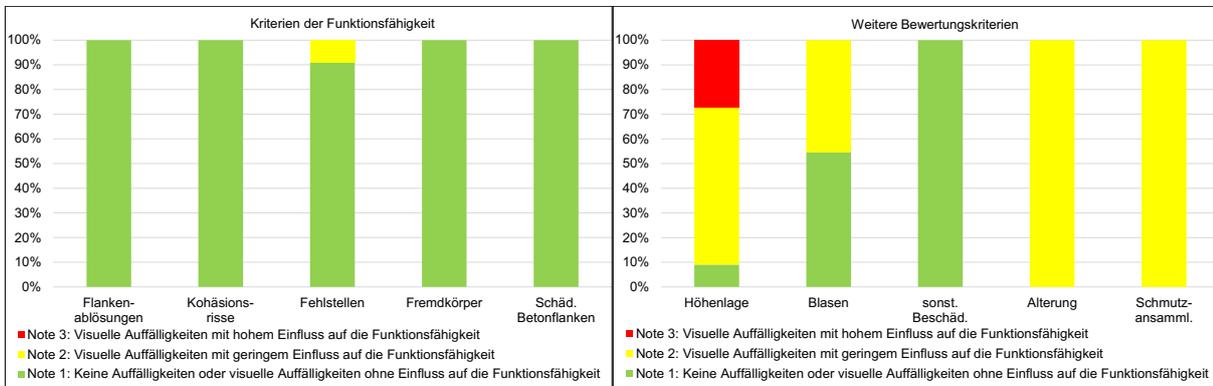


Bild 258: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.1 - März 2018

1.6.4 Testfeld 2.2 (April 2017 bis März 2018)

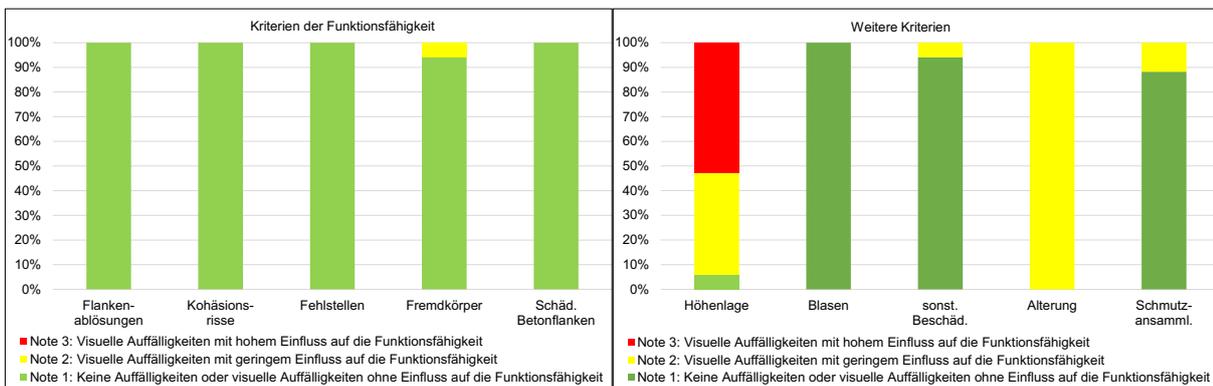


Bild 259: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.2 - April 2017

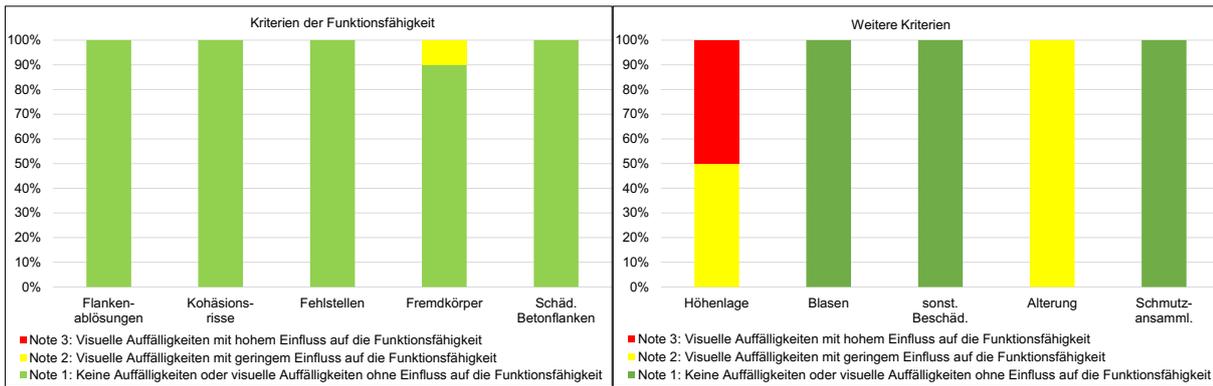


Bild 260: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.2 - Juli 2017

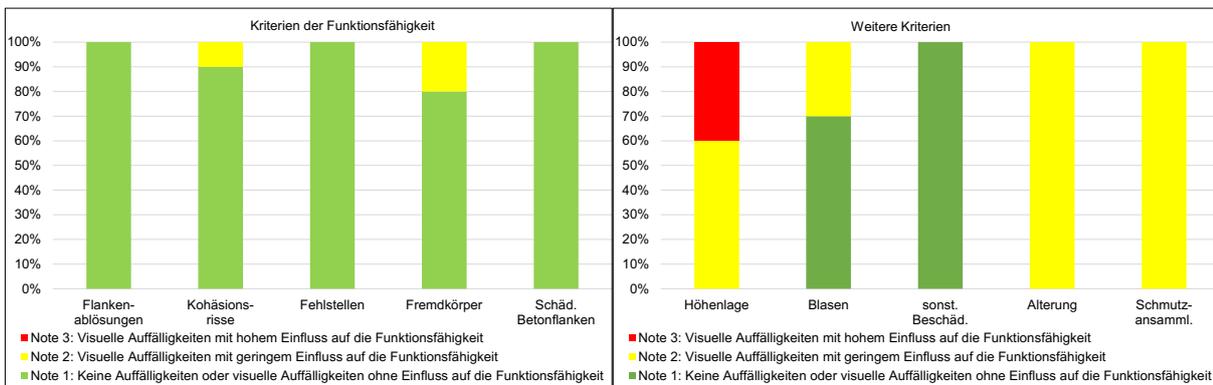


Bild 261: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.2 - Oktober 2017

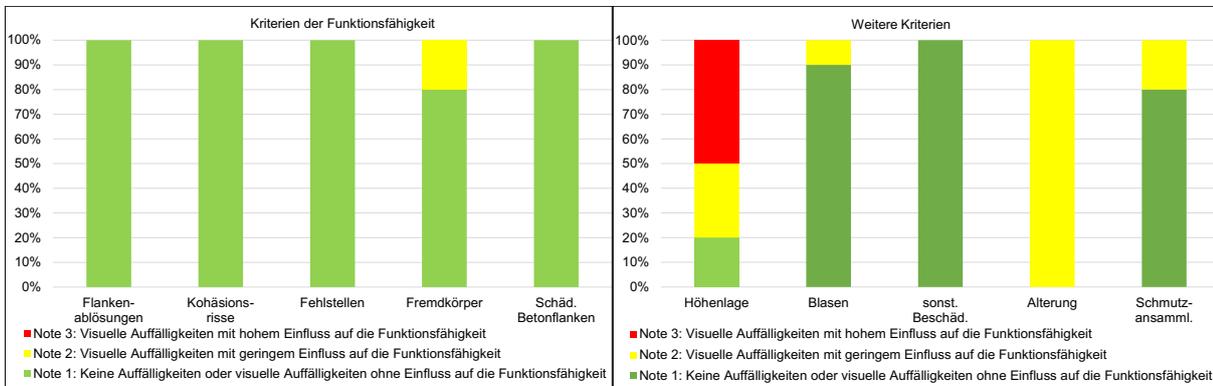


Bild 262: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.2 - Januar 2018

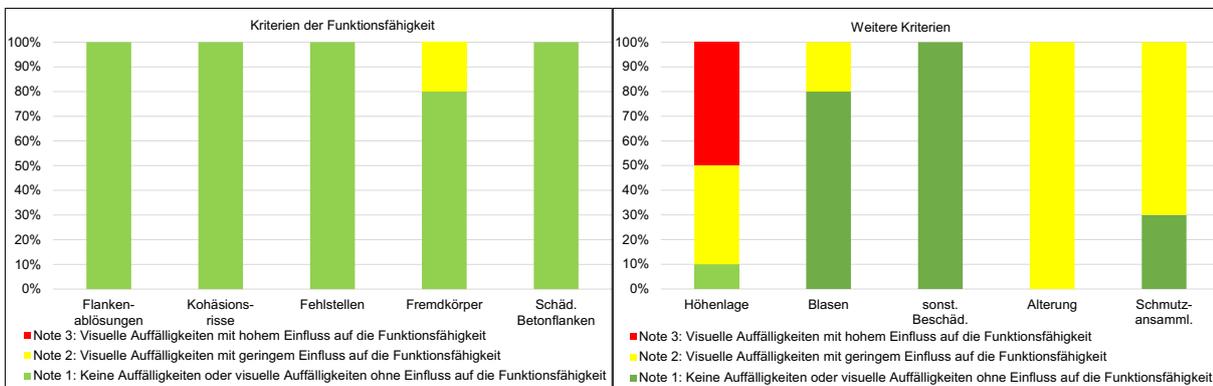


Bild 263: Grafische Darstellung der visuellen Zustandserfassung - Testfeld 2.2 - März 2018