

# Monatsbericht März 2023

## Fahrbahnlabor

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Auftraggeber:</b>          | Schweizerische Eidgenossenschaft; Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV), CH-3003 Bern.<br>Das BAFU und das BAV sind Ämter des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) |
| <b>Auftragnehmer</b>          | Müller-BBM Rail Technologies GmbH<br>Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5<br>82152 Planegg<br><a href="http://www.MuellerBBM-Rail.com">www.MuellerBBM-Rail.com</a>  |
| <b>Autor/Autorin:</b>         | Nathan Isert, Stefan Lutzenberger  |
| <b>Begleitung BAFU / BAV:</b> | Franz Kuster, Fredy Fischer<br>Robert Attinger, Christoph Dürig  |
| <b>Hinweis:</b>               | Dieser Bericht wurde im Auftrag der Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV) verfasst. Für den Inhalt ist alleine der Auftragnehmer verantwortlich.   |
| <b>Version:</b>               | V2<br>Datengrundlage: Datenbank V3   |
| <b>Datum</b>                  | 15.2.2024  |

## 1. Status Fahrbahnlabor

Bauliche Maßnahmen an der Strecke:

- Stopfen der Messquerschnitte 2\_3 und des Referenzquerschnittes zwischen dem 23.3.2023 und dem 25.3.2023

Betriebsausfälle:

- Außerbetriebnahme der Stationen aufgrund des Stopfens vom 24.3.2023 0:00 bis 5.5.2023 24:00.

Ausgefallene Sensoren:

- Keine

Unterhaltsarbeiten und Sensorwechsel:

- Keine

Anpassungen der Datensicherung und -auswertung:

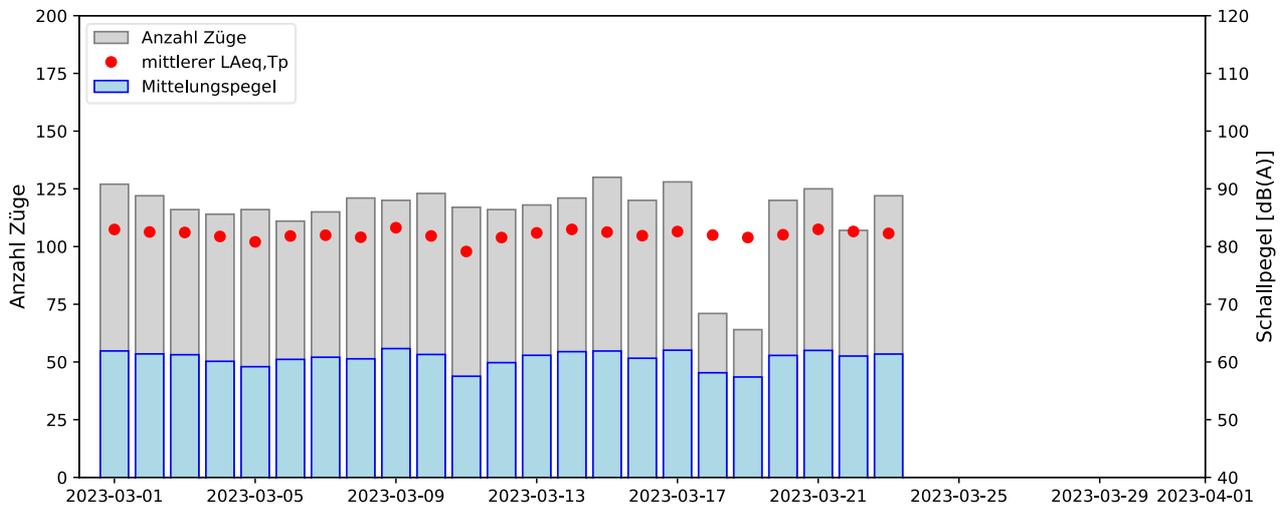
- Keine

Monatliches gespeichertes Datenvolumen:

- 357 GB

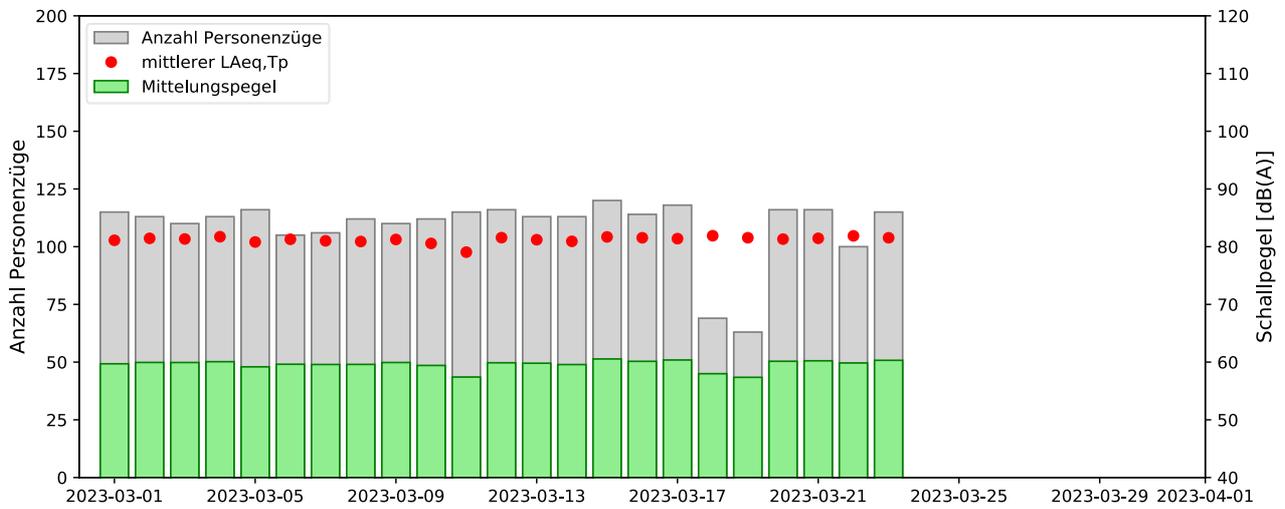
## 2. Messdaten

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



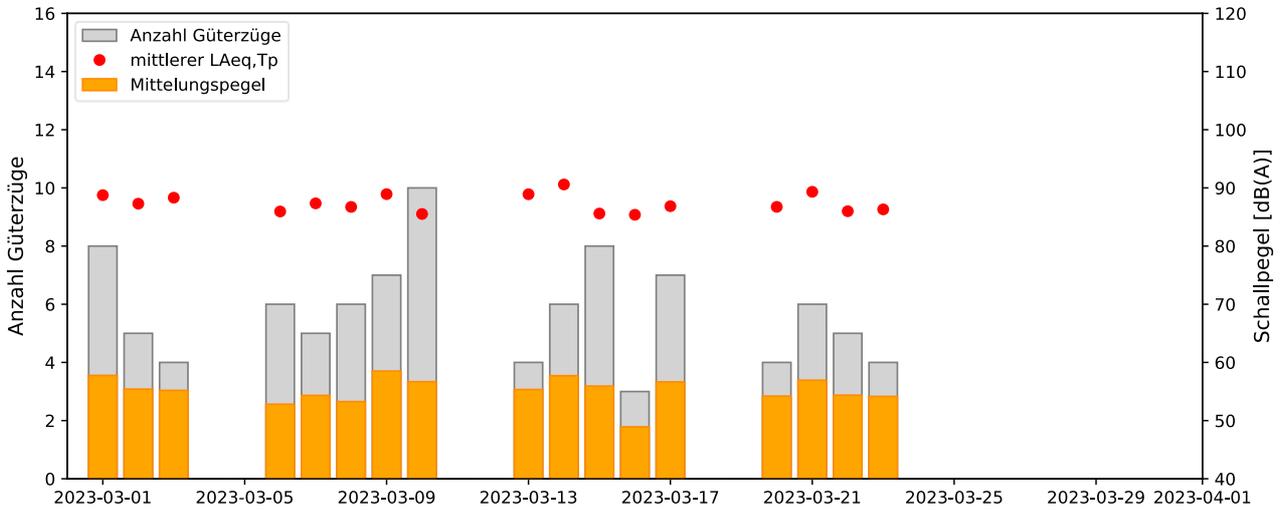
| Datum        | Ort        | Anzahl Züge | Anzahl Personenzüge | Anzahl Güterzüge | Anzahl Dienstzüge | mittlerer LAeq,Tp | Mittelungspegel |
|--------------|------------|-------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 01.03.2023   | REF        | 127         | 115                 | 8                | 4                 | 83                | 61,9            |
| 02.03.2023   | REF        | 122         | 113                 | 5                | 4                 | 82,5              | 61,4            |
| 03.03.2023   | REF        | 116         | 110                 | 4                | 2                 | 82,4              | 61,3            |
| 04.03.2023   | REF        | 114         | 113                 | 0                | 1                 | 81,8              | 60,1            |
| 05.03.2023   | REF        | 116         | 116                 | 0                | 0                 | 80,8              | 59,2            |
| 06.03.2023   | REF        | 111         | 105                 | 6                | 0                 | 81,8              | 60,5            |
| 07.03.2023   | REF        | 115         | 106                 | 5                | 4                 | 82                | 60,8            |
| 08.03.2023   | REF        | 121         | 112                 | 6                | 3                 | 81,6              | 60,5            |
| 09.03.2023   | REF        | 120         | 110                 | 7                | 3                 | 83,3              | 62,3            |
| 10.03.2023   | REF        | 123         | 112                 | 10               | 1                 | 81,8              | 61,3            |
| 11.03.2023   | REF        | 117         | 115                 | 0                | 2                 | 79,1              | 57,5            |
| 12.03.2023   | REF        | 116         | 116                 | 0                | 0                 | 81,6              | 59,9            |
| 13.03.2023   | REF        | 118         | 113                 | 4                | 1                 | 82,4              | 61,2            |
| 14.03.2023   | REF        | 121         | 113                 | 6                | 2                 | 83                | 61,8            |
| 15.03.2023   | REF        | 130         | 120                 | 8                | 2                 | 82,5              | 61,9            |
| 16.03.2023   | REF        | 120         | 114                 | 3                | 3                 | 81,9              | 60,6            |
| 17.03.2023   | REF        | 128         | 118                 | 7                | 3                 | 82,6              | 62              |
| 18.03.2023   | REF        | 71          | 69                  | 0                | 2                 | 82                | 58,1            |
| 19.03.2023   | REF        | 64          | 63                  | 0                | 1                 | 81,6              | 57,4            |
| 20.03.2023   | REF        | 120         | 116                 | 4                | 0                 | 82                | 61,1            |
| 21.03.2023   | REF        | 125         | 116                 | 6                | 3                 | 83                | 62              |
| 22.03.2023   | REF        | 107         | 100                 | 5                | 2                 | 82,6              | 61              |
| 23.03.2023   | REF        | 122         | 115                 | 4                | 3                 | 82,3              | 61,4            |
| 24.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 25.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 26.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 27.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 28.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 29.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 30.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| 31.03.2023   |            |             |                     |                  |                   |                   |                 |
| <b>Monat</b> | <b>REF</b> | <b>2644</b> | <b>2500</b>         | <b>98</b>        | <b>46</b>         | <b>82,2</b>       | <b>60,9</b>     |

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



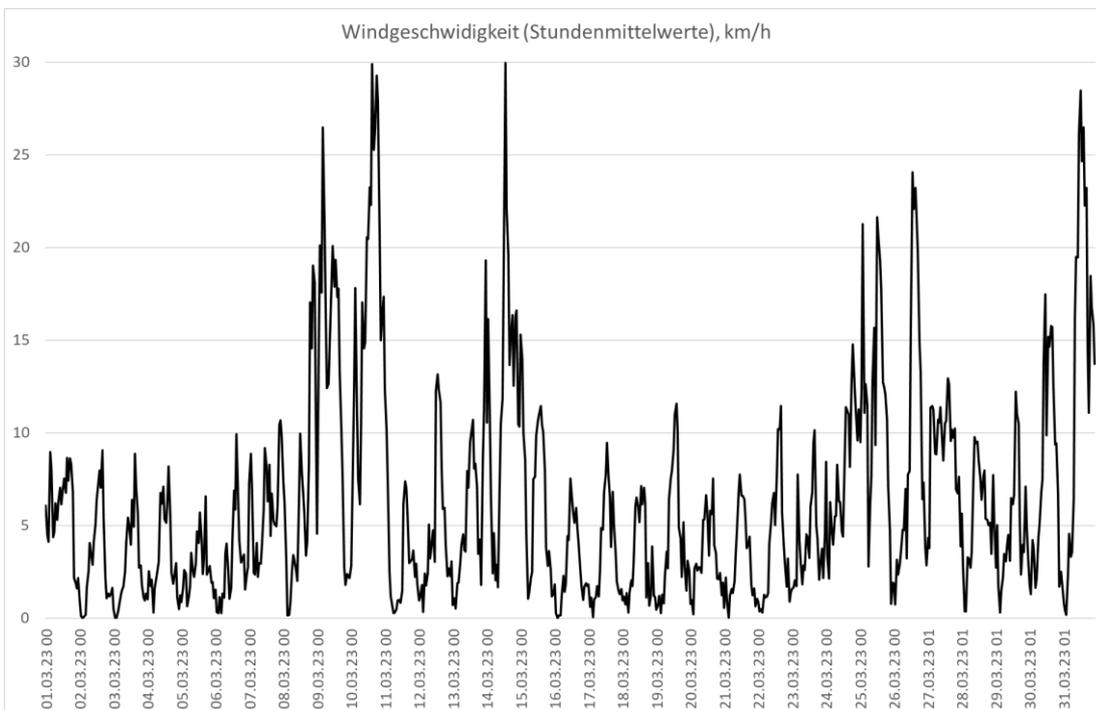
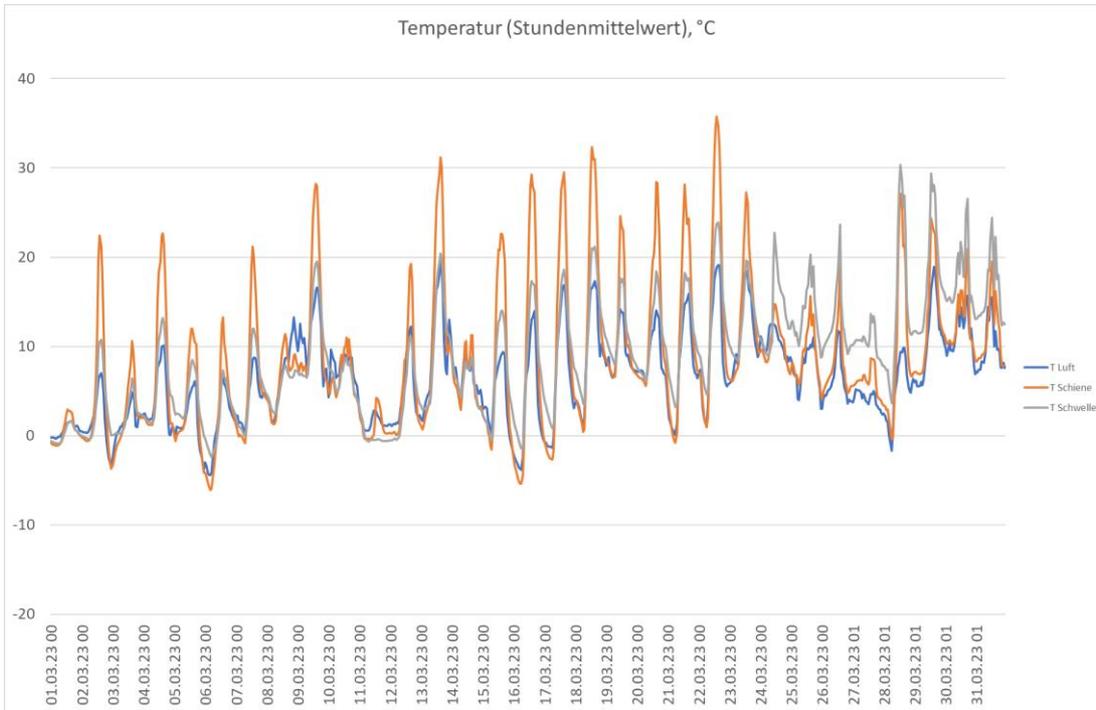
| Datum        | Ort        | Anzahl Personenzüge | mittlere Geschwindigkeit | mittlere Länge | mittlere Achszahl | mittlerer LAeq,Tp | Mittelungspegel |
|--------------|------------|---------------------|--------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 01.03.2023   | REF        | 115                 | 111,7                    | 155,1          | 22,6              | 81,1              | 59,7            |
| 02.03.2023   | REF        | 113                 | 112,4                    | 151,9          | 22,3              | 81,4              | 59,9            |
| 03.03.2023   | REF        | 110                 | 112,6                    | 163,8          | 23,9              | 81,3              | 59,9            |
| 04.03.2023   | REF        | 113                 | 112,2                    | 146,9          | 21,6              | 81,7              | 60,1            |
| 05.03.2023   | REF        | 116                 | 110,5                    | 141,8          | 20,8              | 80,8              | 59,2            |
| 06.03.2023   | REF        | 105                 | 112,4                    | 159,5          | 23,4              | 81,3              | 59,6            |
| 07.03.2023   | REF        | 106                 | 110,5                    | 159,3          | 23,3              | 81                | 59,6            |
| 08.03.2023   | REF        | 112                 | 111,5                    | 161,2          | 23,6              | 80,9              | 59,6            |
| 09.03.2023   | REF        | 110                 | 111,9                    | 162,1          | 23,7              | 81,2              | 59,9            |
| 10.03.2023   | REF        | 112                 | 110,3                    | 160,6          | 23,4              | 80,6              | 59,4            |
| 11.03.2023   | REF        | 115                 | 111,5                    | 143,5          | 20,9              | 79,1              | 57,4            |
| 12.03.2023   | REF        | 116                 | 111,3                    | 142,6          | 21                | 81,6              | 59,9            |
| 13.03.2023   | REF        | 113                 | 113,9                    | 160,9          | 23,5              | 81,2              | 59,8            |
| 14.03.2023   | REF        | 113                 | 112,4                    | 159,9          | 23,4              | 80,9              | 59,6            |
| 15.03.2023   | REF        | 120                 | 111,3                    | 155,3          | 22,7              | 81,7              | 60,5            |
| 16.03.2023   | REF        | 114                 | 113                      | 156,9          | 23                | 81,5              | 60,1            |
| 17.03.2023   | REF        | 118                 | 109,9                    | 160,5          | 23,3              | 81,4              | 60,4            |
| 18.03.2023   | REF        | 69                  | 112,6                    | 146,6          | 22,3              | 81,9              | 58              |
| 19.03.2023   | REF        | 63                  | 108,7                    | 143,9          | 22,1              | 81,5              | 57,4            |
| 20.03.2023   | REF        | 116                 | 110,4                    | 159,1          | 23,3              | 81,3              | 60,1            |
| 21.03.2023   | REF        | 116                 | 111                      | 157,4          | 23                | 81,4              | 60,2            |
| 22.03.2023   | REF        | 100                 | 112,6                    | 151,6          | 21,9              | 81,9              | 59,9            |
| 23.03.2023   | REF        | 115                 | 111,8                    | 158,3          | 23,1              | 81,5              | 60,3            |
| 24.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 25.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 26.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 27.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 28.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 29.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 30.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| 31.03.2023   |            |                     |                          |                |                   |                   |                 |
| <b>Monat</b> | <b>REF</b> | <b>2500</b>         | <b>111,6</b>             | <b>155</b>     | <b>22,7</b>       | <b>81,3</b>       | <b>59,7</b>     |

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



| Datum        | Ort        | Anzahl Güterzüge | mittlere Geschwindigkeit | mittlere Länge | mittlere Achszahl | mittlerer LAeqTp | Mittelungspegel |
|--------------|------------|------------------|--------------------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 01.03.2023   | REF        | 8                | 90,7                     | 205,5          | 48,8              | 88,8             | 57,8            |
| 02.03.2023   | REF        | 5                | 85,6                     | 257,9          | 56,4              | 87,3             | 55,4            |
| 03.03.2023   | REF        | 4                | 86,1                     | 246,1          | 67,5              | 88,3             | 55,2            |
| 04.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 05.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 06.03.2023   | REF        | 6                | 90,5                     | 165,7          | 32,7              | 85,9             | 52,8            |
| 07.03.2023   | REF        | 5                | 82,4                     | 181,9          | 39,2              | 87,3             | 54,3            |
| 08.03.2023   | REF        | 6                | 94,3                     | 168,5          | 33                | 86,7             | 53,3            |
| 09.03.2023   | REF        | 7                | 86,2                     | 248,1          | 59,7              | 88,9             | 58,5            |
| 10.03.2023   | REF        | 10               | 83,8                     | 236,7          | 55,8              | 85,5             | 56,7            |
| 11.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 12.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 13.03.2023   | REF        | 4                | 92,6                     | 240,5          | 48                | 88,9             | 55,3            |
| 14.03.2023   | REF        | 6                | 90,1                     | 187,2          | 44                | 90,6             | 57,7            |
| 15.03.2023   | REF        | 8                | 79,3                     | 236,6          | 56                | 85,6             | 55,9            |
| 16.03.2023   | REF        | 3                | 90,6                     | 160,6          | 26                | 85,4             | 48,9            |
| 17.03.2023   | REF        | 7                | 81                       | 245,9          | 57,4              | 86,9             | 56,7            |
| 18.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 19.03.2023   | REF        | 0                |                          |                |                   |                  | 0               |
| 20.03.2023   | REF        | 4                | 88,6                     | 287,8          | 65                | 86,7             | 54,2            |
| 21.03.2023   | REF        | 6                | 94,7                     | 218,6          | 51,3              | 89,3             | 56,9            |
| 22.03.2023   | REF        | 5                | 86                       | 259,2          | 59,6              | 86               | 54,4            |
| 23.03.2023   | REF        | 4                | 74,3                     | 259,2          | 68,5              | 86,3             | 54,2            |
| 24.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 25.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 26.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 27.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 28.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 29.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 30.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| 31.03.2023   | REF        |                  |                          |                |                   |                  |                 |
| <b>Monat</b> | <b>REF</b> | <b>98</b>        | <b>86,7</b>              | <b>223,6</b>   | <b>51,3</b>       | <b>87,5</b>      | <b>54,4</b>     |

### 3. Wetterdaten



## Anhang: Messgrößen

### Vorbeifahrtexpositionspegel $TEL$

A-bewerteter Schallpegel einer einzelnen Zugvorbeifahrt als energetischer Mittelwert über die Schallereignisdauer  $T$  normiert auf die Vorbeifahrtzeit  $T_p$ .

$$TEL = 10 \log \left( \frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

Mit

$p_A(t)$  = A-bewerteter Schalldruck, [Pa]

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (Bezugsschalldruck), [Pa]

$T_p = T_2 - T_1$  = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges der zum Zeitpunkt  $T_1$  auf Höhe des Messquerschnitts einfährt und zum Zeitpunkt  $T_2$  diesen wieder verlässt, [s]

$T$  = Zeitintervall, das startet, wenn der geglättete Schalldruckpegel (A-bewerteter Schalldruckpegel geglättet als Funktion über die Zeit beispielsweise mit der Zeitgewichtung F („fast“) oder als Mittelwert über eine Zeitdauer, z.B. 100 ms) zum letzten mal 10 dB unterhalb des Schalldruckpegels liegt der vorherrscht wenn der Zug in den Messquerschnitt einfährt und endet, wenn der geglättete Schalldruckpegel das erste Mal wieder 10 dB unter den Wert fällt der vorherrscht wenn der Zug gerade den Messquerschnitt verlässt. [s]

### A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel der Vorbeifahrt $L_{Aeq,Tp}$

Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel  $L_{Aeq,Tp}$  entspricht dem, über die Messdauer  $T_p$  (Vorbeifahrtzeit) energetisch gemittelten A-bewerteten Schalldruckpegel nachfolgender Gleichung:

$$L_{Aeq,Tp} = 10 \log \left( \frac{1}{T_p} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (2)$$

mit

$p_A(t)$  = A-bewerteter Schalldruck, [Pa]

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (Bezugsschalldruck), [Pa]

$T_p = T_2 - T_1$  = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]

### Schallexpositionspegel *SEL*

Der Schallexpositionspegel *SEL* bezieht die akustische Schallenergie auf eine Sekunde. Er wird für die Berechnung des Mittelungspegel verwendet und hat die nachstehende Beziehung mit dem Vorbeifahrtexpositionspegel *TEL*:

$$SEL = TEL - 10 \log (T_0 / T_p) \quad (3)$$

mit

$$T_0 = 1 \text{ [s]}$$

$$T_p = T_2 - T_1 = \text{geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]}$$

### Mittelungspegel

A-bewerteter Schalldruckpegel gemittelt über die Messung einer gegebenen Zeit. Berechnung aus Summe aller Zugfahrten in einer Periode pro Zugkategorie, pro Messstelle nach:

$$\text{Mittelungspegel} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum 10^{\frac{SEL}{10}} \right) - A1 \quad (4)$$

mit

$$A1 = 10 \cdot \log_{10}(n \cdot 24 \cdot 3600) \text{ für 24 Stundenperiode}$$

*SEL* (siehe Gleichung 3) aus den Rohdaten

*n* = Anzahl der Tage im Betrachtungszeitraum

### Mittlerer Vorbeifahrtpegel $L_{Aeq, Tp}$

Gemittelter (energetisch) Schallpegel aus den A-bewerteten äquivalenten Schalldruckpegeln der einzelnen Zugvorbeifahrten im Betrachtungszeitraum (Tag/Monat/Jahr)

Berechnung pro Periode, pro Zugkategorie, pro Tag bzw. pro Monat, pro Jahr, pro Messstelle:

$$\text{mittlerer } L_{Aeq, Tp} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum T_p \cdot 10^{\frac{L_{Aeq, Tp}}{10}} \right) + 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{\sum T_p} \right) \quad (5)$$

mit

$$T_p = \text{geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]}$$

$L_{Aeq, Tp}$  (siehe Gleichung 2) berechnet aus Rohdaten