

# E DIN EN 14067-5:2020-11 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2020-10-23

**Bahnanwendungen - Aerodynamik - Teil 5: Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik im Tunnel; Deutsche und Englische Fassung prEN 14067-5:2020**

**Railway applications - Aerodynamics - Part 5: Requirements and assessment procedures for aerodynamics in tunnels; German and English version prEN 14067-5:2020**

---

| <b>Inhalt</b>                                                                                                    | <b>Seite</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Europäisches Vorwort.....                                                                                        | 5            |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                                                         | 6            |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                   | 6            |
| 3 Begriffe .....                                                                                                 | 6            |
| 4 Symbole und Abkürzungen .....                                                                                  | 8            |
| 5 Anforderungen an Lokomotiven und Personenzüge .....                                                            | 13           |
| 5.1 Begrenzung der Druckänderung im Tunnel.....                                                                  | 13           |
| 5.1.1 Allgemeines.....                                                                                           | 13           |
| 5.1.2 Anforderungen.....                                                                                         | 14           |
| 5.1.3 Vollständige Konformitätsbewertung.....                                                                    | 15           |
| 5.1.4 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....                                                                   | 15           |
| 5.2 Begrenzung des Druckgradienten bei Einfahrt in den Tunnel (betreffend Erzeugung von Mikrodruckwellen).....   | 17           |
| 5.2.1 Allgemeines.....                                                                                           | 17           |
| 5.2.2 Anforderungen.....                                                                                         | 18           |
| 5.2.3 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....                                                                   | 19           |
| 5.3 Festigkeit gegenüber aerodynamischen Lasten.....                                                             | 20           |
| 5.3.1 Allgemeines.....                                                                                           | 20           |
| 5.3.2 Anforderungen.....                                                                                         | 21           |
| 5.3.3 Bewertung außergewöhnlicher Belastungen .....                                                              | 26           |
| 5.3.4 Bemessung der Ermüdungslast .....                                                                          | 27           |
| 5.3.5 Bemessung im Fall von Änderungen.....                                                                      | 27           |
| 6 Anforderungen an die Infrastruktur.....                                                                        | 28           |
| 6.1 Begrenzung der Druckänderungen in Tunneln zur Erfüllung des Gesundheitskriteriums.....                       | 28           |
| 6.1.1 Allgemeines.....                                                                                           | 28           |
| 6.1.2 Anforderungen.....                                                                                         | 28           |
| 6.1.3 Vollständige Konformitätsbewertung.....                                                                    | 30           |
| 6.1.4 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....                                                                   | 31           |
| 6.2 Begrenzung des Druckgradienten bei Einfahrt in den Tunnel (in Bezug auf die Mikrodruckwellenerzeugung) ..... | 31           |
| 6.2.1 Allgemeines.....                                                                                           | 31           |
| 6.2.2 Referenzfall .....                                                                                         | 31           |
| 6.2.3 Anforderungen.....                                                                                         | 32           |
| 6.2.4 Bewertung .....                                                                                            | 32           |
| 6.3 Weitere Aspekte der Tunnelgestaltung .....                                                                   | 32           |
| 6.3.1 Allgemeines.....                                                                                           | 32           |
| 6.3.2 Druckkomfort.....                                                                                          | 32           |
| 6.3.3 Druckbelastung von Anlagen.....                                                                            | 33           |
| 6.3.4 Induzierte Luftströmungen.....                                                                             | 34           |
| 6.3.5 Fahrwiderstand .....                                                                                       | 34           |

|                       |                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3.6                 | Kontaktkräfte zwischen Stromabnehmer und Oberleitung.....                                                                                           | 34 |
| 6.3.7                 | Lüftung.....                                                                                                                                        | 35 |
| 6.3.8                 | Arbeitssicherheit.....                                                                                                                              | 35 |
| 6.3.9                 | Belastung von Fahrzeugen im Mischverkehr .....                                                                                                      | 35 |
| 6.4                   | Zusätzliche Aspekte für unterirdische Bahnhöfe .....                                                                                                | 36 |
| 6.4.1                 | Druckänderungen .....                                                                                                                               | 36 |
| 6.4.2                 | Induzierte Luftströmungen.....                                                                                                                      | 36 |
| 6.4.3                 | Spezifischer Lastfall für Bahnsteigbarrieresysteme aufgrund durchfahrender Züge.....                                                                | 36 |
| 7                     | Verfahren und Prüfverfahren .....                                                                                                                   | 37 |
| 7.1                   | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 37 |
| 7.2                   | Verfahren zur Bestimmung von Druckänderungen in Tunneln .....                                                                                       | 38 |
| 7.2.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 38 |
| 7.2.2                 | Messungen im Maßstab 1 : 1 an festen Orten in einem Tunnel.....                                                                                     | 39 |
| 7.2.3                 | Messgeräte.....                                                                                                                                     | 41 |
| 7.2.4                 | Messungen im Maßstab 1 : 1 an der Außenseite des Zugs .....                                                                                         | 43 |
| 7.2.5                 | Näherungsgleichungen.....                                                                                                                           | 44 |
| 7.2.6                 | Bewertung durch numerische Simulation .....                                                                                                         | 45 |
| 7.2.7                 | Messungen im reduzierten Maßstab an festen Orten in einem Tunnel .....                                                                              | 46 |
| 7.3                   | Bewertung der maximalen Druckänderung (Fahrzeugreferenzfall) .....                                                                                  | 46 |
| 7.3.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 46 |
| 7.3.2                 | Transfer der Messwerte durch einen Faktor (Ansatz 1).....                                                                                           | 47 |
| 7.3.3                 | Transfer der Messwerte auf der Grundlage von A.3.3 (Ansatz 2) .....                                                                                 | 47 |
| 7.3.4                 | Transfer durch Simulation (Ansatz 3).....                                                                                                           | 48 |
| 7.3.5                 | Bewertung des zeitlichen Druckverlaufs .....                                                                                                        | 49 |
| 7.3.6                 | Bewertungsgrößen und Vergleich.....                                                                                                                 | 53 |
| 7.4                   | Bewertung der maximalen Druckänderungen (Infrastrukturreferenzfall) .....                                                                           | 53 |
| 7.4.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 53 |
| 7.4.2                 | Bewertungsverfahren .....                                                                                                                           | 54 |
| 7.5                   | Bewertung des Druckgradienten eines in einen Tunnel einfahrenden Zugs<br>(Fahrzeugreferenzfall, betreffend die Erzeugung von Mikrodruckwellen)..... | 55 |
| 7.5.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 55 |
| 7.5.2                 | Bewertung durch Simulationen.....                                                                                                                   | 55 |
| 7.5.3                 | Bewertung durch Prüfung im Modellmaßstab mit beweglichen Modellen.....                                                                              | 56 |
| 7.6                   | Bewertung von Mikrodruckwellen (Infrastrukturreferenzfall).....                                                                                     | 56 |
| 7.6.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 56 |
| 7.6.2                 | Bewertung durch numerische Simulationen .....                                                                                                       | 57 |
| 7.6.3                 | Bewertung durch Prüfung beweglicher Modelle im reduzierten Maßstab.....                                                                             | 59 |
| 7.7                   | Bewertung der aerodynamischen Belastung .....                                                                                                       | 61 |
| 7.7.1                 | Bewertung der Belastung durch Starkwind .....                                                                                                       | 61 |
| 7.7.2                 | Bewertung von Vorbeifahrten auf offener Strecke .....                                                                                               | 61 |
| 7.7.3                 | Bewertung außergewöhnlicher transienter Lasten in Tunneln .....                                                                                     | 63 |
| 7.7.4                 | Bewertung von Ermüdungslasten.....                                                                                                                  | 66 |
| 7.7.5                 | Bestimmung der schadensäquivalenten Belastungsamplitude für das Szenario .....                                                                      | 69 |
| 7.7.6                 | Dokumentation .....                                                                                                                                 | 69 |
| 7.7.7                 | Vereinfachte Lastfälle .....                                                                                                                        | 70 |
| 7.8                   | Bewertung der Druckdichtigkeit .....                                                                                                                | 71 |
| 7.8.1                 | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 71 |
| 7.8.2                 | Dynamische Druckdichtigkeit.....                                                                                                                    | 72 |
| 7.8.3                 | Äquivalente Leckagefläche.....                                                                                                                      | 72 |
| 7.8.4                 | Prüfverfahren .....                                                                                                                                 | 73 |
| 7.8.5                 | Dynamische Prüfungen .....                                                                                                                          | 75 |
| Anhang A (informativ) | Näherungsgleichungen .....                                                                                                                          | 77 |
| A.1                   | Allgemeines.....                                                                                                                                    | 77 |
| A.2                   | SNCF-Ansatz .....                                                                                                                                   | 77 |
| A.2.1                 | Einfahrt des Zugkopfes.....                                                                                                                         | 77 |
| A.2.2                 | Einfahrt des Hauptteils des Zugs.....                                                                                                               | 77 |
| A.2.3                 | Einfahrt des Zughecks.....                                                                                                                          | 78 |

|                                                                                                                                               |                                                                                                  |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.3                                                                                                                                           | Ansatz der TU Wien .....                                                                         | 78 |
| A.3.1                                                                                                                                         | Allgemeines .....                                                                                | 78 |
| A.3.2                                                                                                                                         | Symbole .....                                                                                    | 78 |
| A.3.3                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_N$ .....                                                                | 79 |
| A.3.4                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_{fr}$ .....                                                             | 80 |
| A.3.5                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_T$ .....                                                                | 81 |
| A.3.6                                                                                                                                         | Berechnung des Widerstandsbeiwerts $C_{x,tu}$ .....                                              | 82 |
| A.4                                                                                                                                           | GB-Ansatz unter Vernachlässigung der Änderung der Luftdichte und der Schallgeschwindigkeit ..... | 84 |
| A.4.1                                                                                                                                         | Allgemeines .....                                                                                | 84 |
| A.4.2                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_N$ .....                                                                | 84 |
| A.4.3                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_{fr}$ .....                                                             | 84 |
| A.4.4                                                                                                                                         | Berechnung von $\Delta p_T$ .....                                                                | 85 |
| Anhang B (informativ) Kriterien für den Druckkomfort .....                                                                                    |                                                                                                  | 86 |
| B.1                                                                                                                                           | Allgemeines .....                                                                                | 86 |
| B.2                                                                                                                                           | Nicht druckdichte Züge (allgemein $\tau_{dyn} < 0,5 \text{ s}$ ) .....                           | 86 |
| B.3                                                                                                                                           | Druckdichte Züge (allgemein $\tau_{dyn} > 0,5 \text{ s}$ ) .....                                 | 86 |
| Anhang C (informativ) Mikrodruckwelle .....                                                                                                   |                                                                                                  | 88 |
| C.1                                                                                                                                           | Allgemeines .....                                                                                | 88 |
| C.2                                                                                                                                           | Entstehung der Welle .....                                                                       | 88 |
| C.3                                                                                                                                           | Wellenausbreitung .....                                                                          | 89 |
| C.4                                                                                                                                           | Wellenabstrahlung .....                                                                          | 89 |
| Anhang D (informativ) Druckbelastung entgegenkommender nicht druckdichter Züge .....                                                          |                                                                                                  | 91 |
| Anhang E (informativ) Validierungsfälle für die Bewertung aerodynamischer Lasten .....                                                        |                                                                                                  | 94 |
| E.1                                                                                                                                           | Allgemeines .....                                                                                | 94 |
| E.2                                                                                                                                           | Validierungsverfahren .....                                                                      | 94 |
| Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2016/797/EU ..... |                                                                                                  | 96 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                       |                                                                                                  | 98 |