

# DIN EN 14067-5:2023-03 (D)

## Bahnanwendungen - Aerodynamik - Teil 5: Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik im Tunnel; Deutsche Fassung EN 14067-5:2021 + AC:2023

---

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen .....	6
3 Begriffe .....	6
4 Symbole und Abkürzungen .....	8
5 Anforderungen an Lokomotiven und Personenzüge .....	14
5.1 Begrenzung der Druckänderung im Tunnel.....	14
5.1.1 Allgemeines.....	14
5.1.2 Anforderungen.....	14
5.1.3 Vollständige Konformitätsbewertung.....	15
5.1.4 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....	16
5.2 Begrenzung des Druckgradienten bei Einfahrt in den Tunnel (hinsichtlich Erzeugung von Mikrodruckwellen) .....	18
5.2.1 Allgemeines.....	18
5.2.2 Anforderungen.....	18
5.2.3 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....	20
5.3 Festigkeit gegenüber aerodynamischen Lasten.....	21
5.3.1 Allgemeines.....	21
5.3.2 Anforderungen.....	22
5.3.3 Bestimmung außergewöhnlicher Belastungen .....	28
5.3.4 Bestimmung der Ermüdungslast.....	29
5.3.5 Bewertung im Fall von Änderungen.....	29
6 Anforderungen an die Infrastruktur.....	30
6.1 Begrenzung der Druckänderungen in Tunneln zur Erfüllung des Gesundheitskriteriums.....	30
6.1.1 Allgemeines.....	30
6.1.2 Anforderungen.....	30
6.1.3 Vollständige Konformitätsbewertung.....	32
6.1.4 Vereinfachte Konformitätsbewertung .....	33
6.2 Begrenzung des Druckgradienten bei Einfahrt in den Tunnel (in Bezug auf die Mikrodruckwellenerzeugung) .....	33
6.2.1 Allgemeines.....	33
6.2.2 Referenzfall .....	33
6.2.3 Anforderungen.....	34
6.2.4 Bewertung .....	34
6.3 Weitere Aspekte der Tunnelgestaltung .....	34
6.3.1 Allgemeines.....	34
6.3.2 Druckkomfort.....	34
6.3.3 Drucklasten auf Einbauten.....	35
6.3.4 Induzierte Luftströmungen.....	36
6.3.5 Fahrwiderstand .....	36
6.3.6 Kontaktkräfte zwischen Stromabnehmer und Oberleitung.....	37
6.3.7 Lüftung.....	37
6.3.8 Arbeitssicherheit.....	37
6.3.9 Lasten auf Fahrzeuge im Mischverkehr .....	37
6.4 Zusätzliche Aspekte für unterirdische Personenverkehrsanlagen .....	38

6.4.1	Druckänderungen .....	38
6.4.2	Induzierte Luftströmungen.....	38
6.4.3	Spezifischer Lastfall für Bahnsteig-Barriersysteme aufgrund durchfahrender Züge .....	38
7	Prüf- und Nachweisverfahren .....	39
7.1	Allgemeines.....	39
7.2	Verfahren zur Bestimmung von Druckänderungen in Tunneln .....	40
7.2.1	Allgemeines.....	40
7.2.2	Messungen im Maßstab 1 : 1 an festen Orten in einem Tunnel.....	41
7.2.3	Messgeräte.....	43
7.2.4	Messungen im Maßstab 1 : 1 an der Außenseite des Zugs .....	45
7.2.5	Näherungsgleichungen.....	46
7.2.6	Bewertung durch numerische Simulation .....	47
7.2.7	Messungen im reduzierten Maßstab an festen Orten in einem Tunnel .....	48
7.3	Bewertung der maximalen Druckänderung (Fahrzeugreferenzfall) .....	48
7.3.1	Allgemeines.....	48
7.3.2	Transfer der Messwerte durch einen Faktor (Ansatz 1) .....	48
7.3.3	Transfer der Messwerte auf der Grundlage von A.3.3 (Ansatz 2) .....	49
7.3.4	Transfer durch Simulation (Ansatz 3).....	50
7.3.5	Bewertung des zeitlichen Druckverlaufs .....	51
7.3.6	Bewertungsgrößen und Vergleich.....	55
7.4	Bewertung der maximalen Druckänderungen (Infrastrukturreferenzfall) .....	56
7.4.1	Allgemeines.....	56
7.4.2	Bewertungsverfahren.....	56
7.5	Bewertung des Druckgradienten eines in einen Tunnel einfahrenden Zugs (Fahrzeugreferenzfall, hinsichtlich der Erzeugung von Mikrodruckwellen).....	58
7.5.1	Allgemeines.....	58
7.5.2	Bewertung durch Simulationen.....	58
7.5.3	Bewertung durch Prüfung im Modellmaßstab mit beweglichen Modellen.....	59
7.6	Bewertung von Mikrodruckwellen (Infrastrukturreferenzfall).....	59
7.6.1	Allgemeines.....	59
7.6.2	Bewertung durch numerische Simulationen .....	60
7.6.3	Bewertung durch Prüfung im Modellmaßstab mit beweglichen Modellen.....	62
7.7	Bewertung der aerodynamischen Lasten.....	64
7.7.1	Bewertung der Belastung durch Starkwind .....	64
7.7.2	Bewertung von Vorbeifahrten auf offener Strecke für Ermüdungsbewertungen.....	65
7.7.3	Bewertung transienter Lasten in Tunneln.....	66
7.7.4	Bewertung von Ermüdungslasten.....	69
7.7.5	Bestimmung der schadensäquivalenten Lastamplitude für ein Betriebsszenario.....	72
7.7.6	Dokumentation .....	72
7.7.7	Vereinfachte Lastfälle .....	73
7.8	Bewertung der Druckdichtigkeit .....	74
7.8.1	Allgemeines.....	74
7.8.2	Dynamische Druckdichtigkeit.....	75
7.8.3	Äquivalente Leckagefläche.....	76
7.8.4	Prüfverfahren.....	76
7.8.5	Dynamische Prüfungen .....	79
Anhang A (informativ) Näherungsgleichungen .....		81
A.1	Allgemeines.....	81
A.2	SNCF-Ansatz .....	81
A.2.1	Einfahrt des Zugkopfes.....	81
A.2.2	Einfahrt des Zugkörpers .....	81
A.2.3	Einfahrt des Zughecks.....	82
A.3	Ansatz der TU Wien .....	82
A.3.1	Allgemeines.....	82
A.3.2	Symbole .....	82
A.3.3	Berechnung von $\Delta p_N$ .....	83

A.3.4	Berechnung von $\Delta p_{fr}$ .....	84
A.3.5	Berechnung von $\Delta p_T$ .....	85
A.3.6	Berechnung des Widerstandsbeiwerts $C_{x,tu}$ .....	86
A.4	GB-Ansatz unter Vernachlässigung der Änderung der Luftdichte und der Schallgeschwindigkeit .....	88
A.4.1	Allgemeines.....	88
A.4.2	Berechnung von $\Delta p_N$ .....	89
A.4.3	Berechnung von $\Delta p_{fr}$ .....	89
A.4.4	Berechnung von $\Delta p_T$ .....	89
Anhang B (informativ) Kriterien für den Druckkomfort .....		90
B.1	Allgemeines.....	90
B.2	Nicht druckdichte Züge (allgemein $\tau_{dyn} < 0,5$ s).....	90
B.3	Druckdichte Züge (allgemein $\tau_{dyn} > 0,5$ s).....	90
Anhang C (informativ) Mikrodruckwelle .....		91
C.1	Allgemeines.....	91
C.2	Erzeugung von Kompressionswellen.....	91
C.3	Ausbreitung der Kompressionswelle .....	92
C.4	Mikrodruckwellenabstrahlung.....	92
Anhang D (informativ) Lasten für nicht druckdichte Züge bei Zugbegegnungen .....		94
Anhang E (informativ) Validierungsfälle für die Bewertung aerodynamischer Lasten.....		97
E.1	Allgemeines.....	97
E.2	Validierungsverfahren .....	97
Literaturhinweise .....		99