

DIN EN 14531-2

ICS 45.060.01

Ersatz für
DIN EN 14531-6:2009-12

**Bahnanwendungen –
Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und
der Feststellbremsung –
Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge;
Deutsche Fassung EN 14531-2:2015**

Railway applications –

Methods for calculation of stopping and slowing distances and immobilisation braking –

Part 2: Step by step calculations for train sets or single vehicles;

German version EN 14531-2:2015

Applications ferroviaires –

Méthodes de calcul des distances d'arrêt, de ralentissement et d'immobilisation –

Partie 2: Calcul pas à pas pour des compositions de trains ou véhicules isolés;

Version allemande EN 14531-2:2015

Gesamtumfang 37 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14531-2:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-03 AA „Bremse“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14531-6:2009-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung des Vorwortes aufgrund der Integration der angedachten Teile 2 bis 5 und des bestehenden Teil 6;
- b) Aktualisierung von normativen Verweisungen (Abschnitt 2);
- c) Überarbeitung der Abschnitte 3, 4, 5 und 6 und Integration der angedachten Teile 2 bis 5 und des bestehenden Teil 6;
- d) Überarbeitung von Anhang A und Anhang B;
- e) Entfernen von Anhang C und Anhang D;
- f) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14531-6: 2009-12

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und
Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung —
Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände
oder Einzelfahrzeuge**

Railway applications —
Methods for calculation of stopping and slowing
distances and immobilization braking —
Part 2: Step by step calculations for train sets
or single vehicles

Applications ferroviaires —
Méthodes de calcul des distances d'arrêt, de
ralentissement et d'immobilisation —
Partie 2: Calcul pas à pas pour des compositions
de trains ou véhicules isolés

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Juni 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Symbole und Indizes	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Indizes	7
4 Allgemeiner Algorithmus zur Durchführung einer schrittweisen Berechnung	8
5 Berechnung von Anhalte- und Verzögerungsbremswegen	9
5.1 Genauigkeit der Eingangswerte	9
5.2 Allgemeine Eigenschaften	9
5.2.1 Allgemeines	9
5.2.2 Rollwiderstand des Zugs	9
5.3 Eigenschaften der Bremseinrichtungen	10
5.3.1 Allgemeines	10
5.3.2 Eigenschaften von Reibbremseinrichtungen	10
5.3.3 Eigenschaften anderer Bremseinrichtungen	10
5.3.4 Zeitabhängige Merkmale jeder Bremseinrichtung	10
5.3.5 Überlagerungskonzept	10
5.4 Ausgangs- und Betriebsbedingungen	10
5.4.1 Durchschnittliche Streckenneigung	10
5.4.2 Ausgangsgeschwindigkeit	10
5.4.3 Verfügbarer Kraftschlusswert	11
5.4.4 Höhe der Bremsanforderung	11
5.4.5 Anzahl der verfügbaren Arten von Bremseinrichtungen	11
5.4.6 Berechnung von eingeschränkten Bedingungen	11
5.5 Teilen und Aufteilen der erreichten Bremskräfte	11
5.6 Gesamt-Verzögerungskraft auf der Zugebene	11
5.7 Zeitschrittberechnung	11
5.7.1 Allgemeines	11
5.7.2 Zeitintegration	12
5.8 Zeitberechnungen	13
5.8.1 Verzögerungszeit (t)	13
5.8.2 Anhaltezeit (t)	14
5.8.3 Resultierende wegabhängige äquivalente Ansprechzeit (t_e)	14
5.9 Wegberechnungen	14
5.9.1 Allgemeines	14
5.9.2 Verzögerungsbremsweg (s)	14
5.9.3 Anhalteweg (s)	14
5.9.4 Äquivalenter ungebremster Weg (s_0)	15
5.10 Verzögerungsberechnungen	15
5.10.1 Allgemeines	15
5.10.2 Durch jede Bremskraft verursachte Verzögerung (a_j)	15

5.10.3	Wegabhängige äquivalente (mittlere) Verzögerung (a_e)	15
5.11	Weitere Berechnungen.....	16
5.11.1	Bremsenergie.....	16
5.11.2	Erforderlicher Kraftschluss je Radsatz ($\tau_{req,ax}$)	16
5.11.3	Maximale Bremsleistung jeder Bremseinrichtung.....	17
6	Berechnung der Feststellbremse.....	17
Anhang A (normativ) Ablaufdiagramm der dynamischen Berechnungen.....		18
Anhang B (informativ) Beispiele für Bremsweg- sowie weitere dynamische Berechnungen		19
B.1	Allgemeines	19
B.1.1	Beispiele für die Zugkonfiguration	19
B.1.2	Fahrzeug- und Zugeigenschaften.....	20
B.1.3	Eigenschaften der Bremseinrichtungen	21
B.1.4	Überlagerungskonzept.....	23
B.1.5	Ausgangs- und Betriebsbedingungen	23
B.1.6	Daten der Räder.....	24
B.2	Berechnungsergebnisse.....	25
B.2.1	Bremskraft der einzelnen auf den Radsatz bezogenen Bremseinrichtung	25
B.2.2	Gesamtbremskraft je Bremseinrichtung und Zugwiderstand.....	26
B.2.3	Anhalteweg	27
B.2.4	Anhaltezeit.....	27
B.2.5	Resultierende äquivalente Ansprechzeit	28
B.2.6	Wegabhängige äquivalente (mittlere) Verzögerung.....	28
B.2.7	Verzögerungen	28
B.2.8	Erforderlicher Kraftschluss.....	29
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....		31
Literaturhinweise.....		35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 14531-2:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2016 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 14531-6:2009.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Normenreihe EN 14531, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung* besteht aus den nachstehend aufgeführten Teilen:

— *Teil 1: Allgemeine Algorithmen*

— *Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge*

Diese beiden Teile sind eng miteinander verbunden und sollten bei der Durchführung der schrittweisen Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege im Zusammenhang berücksichtigt werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Europäische Norm beschreibt ein gemeinsames Berechnungsverfahren für das Eisenbahnwesen. Sie beschreibt allgemeine Algorithmen unter Verwendung der schrittweisen Berechnung für die Auslegung und Bewertung von Bremseinrichtungen und Bremsleistungen für alle Arten von Zugverbänden und Einzelfahrzeugen. Darüber hinaus stellen diese Algorithmen eine Möglichkeit dar, die Ergebnisse anderer Leistungsberechnungsverfahren miteinander zu vergleichen.

Die Normenreihe EN 14531 sollte ursprünglich sechs Teile enthalten, die die zu verwendenden Berechnungsverfahren bei der Durchführung von Berechnungen der Bremsleistung von verschiedenen Schienenfahrzeugen behandeln, und den Titel „EN 14531, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung*“ tragen. Im Folgenden sind diese sechs Teile aufgeführt:

- *Teil 1: Allgemeine Algorithmen für Einzelfahrzeuge und Fahrzeugverbände unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten;*
- *Teil 2: Anwendung für einzelne Güterwagen;*
- *Teil 3: Anwendung für den öffentlichen Nahverkehr (LRVs und D- und E- MUs);*
- *Teil 4: Anwendung für einzelne Reisezugwagen;*
- *Teil 5: Anwendung für Lokomotive;*
- *Teil 6: Anwendung für Hochgeschwindigkeitszüge.*

EN 14531-1 wurde ursprünglich 2005 veröffentlicht und durch EN 14531-6 ergänzt, die 2009 veröffentlicht wurde.

Danach wurde beschlossen, dass eine gemeinsame Methodik für die Teile 2 bis 5 verwendet werden könnte und diese sollte in einer überarbeiteten Version von Teil 1 und Teil 6 mit dem Titel „*Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge*“ enthalten sein.

Auf EN 14531-1:2005 und EN 14531-6:2009 wird in den aktuellen Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) (Güterwagen und Lokomotiven und Personenzüge) verwiesen. Die Tabellen in Anhang ZA enthalten die Äquivalenz der Abschnitte der ursprünglichen Normenreihe EN 14531 bis zu den Abschnitten dieser Ausgabe der EN 14531-1 und EN 14531-2, auf die in der TSI verwiesen wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt das schrittweise Berechnungsverfahren der Bremsleistung unter Verwendung der Zeitschrittintegration, das für alle Arten von Zugverbänden, Einheiten oder Einzelfahrzeugen, einschließlich Hochgeschwindigkeitsfahrzeugen, Lokomotiven, Reisezugwagen, konventionellen Fahrzeugen und Güterwagen angewendet werden darf.

Diese Europäische Norm legt keine Leistungsanforderungen fest. Sie ermöglicht die Berechnung der verschiedenen Leistungsmerkmale: Anhalte- oder Verzögerungsbremswege, Kraftschlussanforderungen, Berechnungen von Kräften usw.

Diese Europäische Norm ermöglicht die Überprüfung mittels Berechnung der Anforderungen für das Anhalte- und Verzögerungsbremsvermögen für Hochgeschwindigkeitszüge und konventionelle Züge, die auf Hochgeschwindigkeits- und konventionellen Strecken verkehren. Dieses Verfahren darf ebenfalls für die genauere Untersuchung des Anhalte- und Verzögerungsbremsvermögens zu jeder Konstruktions- bzw. Überprüfungsphase herangezogen werden.

Das in dieser Norm vorgeschlagene Verfahren basiert auf einem Algorithmus zur numerischen Zeitintegration. Die Norm erklärt ein einfaches numerisches Integrationsschema, um ein nützliches und direktes Beispiel des vorgeschlagenen Verfahrens bereitzustellen. Es bestehen andere Algorithmen zur numerischen Zeitintegration, vor allem genauere, die jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm liegen.

Wenn solche Berechnungsverfahren verwendet werden, muss deren Genauigkeitsgrad der vorliegenden Europäischen Norm entsprechen.

Diese Europäische Norm enthält ebenfalls Beispiele von Wegberechnungen und anderen dynamischen Berechnungen, siehe Anhang B.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 14067-4, *Bahnanwendungen — Aerodynamik — Teil 4: Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik auf offener Strecke*

EN 14478, *Bahnanwendungen — Bremsen — Oberbegriffe*

EN 14531-1, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 1: Allgemeine Algorithmen für Einzelfahrzeuge und Fahrzeugverbände unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten*

3 Begriffe, Symbole und Indizes

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 14478, EN 14531-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

schrittweise Berechnung

numerisches Verfahren mit begrenzten Zeitschritten

3.2 Symbole und Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole in Tabelle 1 und Indizes in Tabelle 2.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	m^2
a	Verzögerung	m/s^2
D	Raddurchmesser	m
F	Kraft	N
F_B	Bremskraft	N
ε	Zulässige Abweichung von v_{fin} die zur Beendigung der Zeitschrittberechnung verwendet wird	m/s
g_n	Normfallbeschleunigung = $9,806\,65\,\text{m/s}^2$ (siehe ISO 80000-3)	m/s^2
i	Neigung (steigende Neigung ist positiv; z. B. für eine Neigung von 5 ‰, $i = 0,005$)	-
i_C	Zylinderübersetzung	-
i_{rig}	Gestängeübersetzung	-
i_{tra}	Getriebeübersetzung	-
m	Masse	kg
n	Anzahl	-
p	Druck	Pa
P	Leistung der Bremseinrichtung	W
r	Radius	m
s	Weg	m
t	Zeit	s
W_b	Energie umgewandelt durch die Bremseinrichtung	J
τ	Kraftschlusswert	-
μ	Reibwert (Bremsbelag oder Bremsklotz)	-
η	Wirkungsgrad	-

Tabelle 2 — Allgemeine Indizes

Indizes	Bedeutung
a_x	Radsatz
a	verfügbar
B	Bremse/Bremsen
BED	Bremskraft der elektrodynamischen Bremse
C	Zylinder/Einheit
dyn	dynamisch
fin	end-
e	Ersatz
ext	extern
i	Bremseinrichtung
j	Zeitschritt
max	maximum
n	nominal
Ra	Rollwiderstand des Zugs
req	erforderlich
rig	Gestänge
rot	rotierend
st	statisch
tra	Getriebe
0 oder 1	Ausgangs-/Anfangs-/Eingangs-

4 Allgemeiner Algorithmus zur Durchführung einer schrittweisen Berechnung

Die Berechnung wird als Flussdiagramm wie in Bild A.1 dargestellt.

Der Algorithmus verwendet Momentanwerte, die schrittweise berechnet werden. Die numerische Integration muss auf Zeitschritte bezogen sein (siehe 5.7).

Der Inhalt von jedem Algorithmus, die jeweiligen Definitionen der Ausgangswerte sowie die verschiedenen Abschnitte der Berechnung sind in Abschnitt 5 beschrieben.

5 Berechnung von Anhalte- und Verzögerungsbremswegen

5.1 Genauigkeit der Eingangswerte

Die Genauigkeit der hier beschriebenen Berechnungen hängt unmittelbar von der Genauigkeit der Eingangswerte ab.

Die Genauigkeit der Eingangswerte muss in Bezug auf den Zweck der Berechnung relevant sein und es muss nachvollziehbar sein, auf welche Weise diese Werte ermittelt wurden, z. B. durch Plausibilitätsbetrachtungen, Versuchsergebnisse, Herstellerinformationen usw. Begleitende Berechnungen oder Versuchsberichte (bzw. Auszüge aus diesen Dokumenten) sollten der Berechnung beigelegt werden, sofern zutreffend.

Charakteristische Kurven der Eigenschaften einer Bremseinrichtung, z. B. einer elektrodynamischen Bremse, können mittels Berechnungen oder Versuchen bestimmt werden. Die Werte können in Tabellenform dargestellt werden.

5.2 Allgemeine Eigenschaften

5.2.1 Allgemeines

Beschreibungen der allgemeinen Merkmale, wie z. B. Zugverband, Zugmasse, statische und äquivalente rotierende Masse, dynamische Masse und Raddurchmesser sind in EN 14531-1 enthalten, falls nicht nachstehend anderweitig angegeben.

5.2.2 Rollwiderstand des Zugs

Der Rollwiderstand des Zugs ist Bestandteil der Verzögerungskraft des Zugs, der sich durch die Zugzusammenstellung ergibt; diese wird in EN 14067-4 als „Laufwiderstand“ bezeichnet, verwendet jedoch Momentanwerte in der Formel:

$$F_{Ra} = A + B \cdot v + C \cdot v^2 \quad (1)$$

Dabei ist

F_{Ra} Momentanwert des Rollwiderstands des Zugs, in N;

v Momentangeschwindigkeit des Fahrzeugs, in m/s;

A geschwindigkeitsunabhängiger Beiwert des Zugs; in EN 14067-4 als C_1 bezeichnet, in N;

B Beiwert des Zugs proportional zur Geschwindigkeit; in EN 14067-4 als C_2 bezeichnet, in $\frac{\text{N}}{(\text{m/s})}$

C Beiwert des Luftwiderstands; in EN 14067-4 als C_3 bezeichnet, in $\frac{\text{N}}{(\text{m/s})^2}$.

ANMERKUNG Für eine erste Berechnung darf der in EN 14531-1 beschriebene mittlere Rollwiderstand des Zugs verwendet werden.

5.3 Eigenschaften der Bremseinrichtungen

5.3.1 Allgemeines

Das Ergebnis dieses Abschnitts ergibt die von jeder Bremseinrichtung in Bezug auf die Schiene erzeugte Bremskraft.

EN 14531-1 enthält eine grundlegende Beschreibung von Bremseinrichtungen und Einheiten.

5.3.2 Eigenschaften von Reibbremseinrichtungen

EN 14531-1 enthält eine grundlegende Beschreibung von Klotz- und Scheibenbremseinrichtungen sowie die dynamischen und statischen Reibwerte des Bremsklotzes und Bremsbelages, zusammen mit der Berechnung der Bremskräfte der Klotz- und Scheibenbremse.

5.3.3 Eigenschaften anderer Bremseinrichtungen

EN 14531-1 enthält eine grundlegende Beschreibung von elektrodynamischen Bremsen, hydrodynamischen Bremsen, Magnetschienenbremsen und Wirbelstrombremsen, zusammen mit der Berechnung der entsprechenden Bremskräfte.

5.3.4 Zeitabhängige Merkmale jeder Bremseinrichtung

5.3.4.1 Ableitung von Merkmalen

In der schrittweisen Berechnung kann ein Momentanwert durch Multiplikation der Nennbremskraft mit einem dimensionslosen Faktor ausgedrückt werden, wie in 5.7 angegeben. Beispielsweise kann das Ansprechverhalten einer Bremseinrichtung mit diesen dimensionslosen Faktoren als ein zeitabhängiges Merkmal berücksichtigt werden.

5.3.4.2 Generierung von Eingabedaten

Die zeitabhängigen Merkmale, die nach 5.3.4.1 berechnet werden, können direkt verwendet oder in einen Näherungswert umgewandelt werden, z. B. eine lineare Beschreibung (siehe Anhang B).

5.3.5 Überlagerungskonzept

Ein typisches Überlagerungskonzept ist in EN 14531-1 beschrieben.

5.4 Ausgangs- und Betriebsbedingungen

5.4.1 Durchschnittliche Streckenneigung

Im Allgemeinen beruhen Berechnungen des Bremsleistungsvermögens auf der Annahme einer geraden und ebenen Strecke; EN 14531-1 enthält Erläuterungen und Formeln zum Bremsen in einer Neigung.

5.4.2 Ausgangsgeschwindigkeit

Für Auslegungszwecke, und sofern nicht anders angegeben, sollten die Berechnungen mindestens ausgehend von der maximalen Auslegungsgeschwindigkeit vorgenommen werden.