

DIN EN 15302:2009-07 (D)

Bahnanwendungen - Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Konizität; Deutsche Fassung EN 15302:2008

Inhalt	Seite
Vorwort	9
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Symbole.....	13
4 Grundlagen zur Bestimmung der äquivalenten Konizität.....	14
4.1 Integration der Radsatzbewegungsgleichung eines konischen Profils	14
4.2 Bestimmung der Wellenlänge eines konischen Profils.....	15
4.3 Definition der äquivalenten Konizität für nichtlineare Profile.....	16
5 Beschreibung des Referenzverfahrens.....	16
5.1 Allgemeine Grundlagen	16
5.2 Ermittlung der Rad- bzw. Schienenprofile	17
5.2.1 Messgrundlagen	17
5.2.2 Genauigkeit des Messsystems	17
5.3 Bestimmung der Δr -Rollradiendifferenz.....	17
5.4 Bestimmung der äquivalenten Konizität.....	18
6 Vergleichsberechnung.....	18
6.1 Übersicht	18
6.2 Validierung des Berechnungsverfahrens	18
Anhang A (informativ) Beispiel für die Darstellung der Funktion Δr und der Konizität.....	20
Anhang B (informativ) Beispiel für das Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Konizität durch Integration der nichtlinearen Differentialgleichung.....	21
B.1 Grundsatz.....	21
B.2 Verfahrensschritte.....	24
B.3 Besonderheiten	25
Anhang C (informativ) Beispiel für das Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Konizität durch lineare Regression der Funktion Δr	27
C.1 Grundsätze	27
C.2 Verfahrensschritte.....	27
C.3 Besonderheiten	28
Anhang D (normativ) Referenzprofile.....	29
D.1 Rad A	29
D.1.1 Kurvenverlauf	29
D.1.2 Analytische Definition.....	29
D.1.3 Kartesische Koordinaten.....	30
D.2 Rad B	31
D.2.1 Kurvenverlauf	31
D.2.2 Analytische Definition.....	31
D.2.3 Kartesische Koordinaten.....	32
D.3 Rad H	33
D.3.1 Kurvenverlauf	33
D.3.2 Analytische Definition.....	33
D.3.3 Kartesische Koordinaten.....	34
D.4 Rad I.....	35
D.4.1 Kurvenverlauf	35

D.4.2	Analytische Definition	35
D.4.3	Kartesische Koordinaten	36
D.5	Schiene A.....	37
D.5.1	Kurvenverlauf.....	37
D.5.2	Analytische Definition	37
D.5.3	Kartesische Koordinaten	38
Anhang E (normativ) Ergebnisse der Berechnungen mit Referenzprofilen		39
E.1	Rad A / Schiene A	40
E.1.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	40
E.1.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	41
E.1.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	42
E.1.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	43
E.2	Rad B / Schiene A	44
E.2.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	44
E.2.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	45
E.2.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	46
E.2.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	47
E.3	Rad H / Schiene A	48
E.3.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	48
E.3.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	49
E.3.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	50
E.3.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	51
E.4	Rad I / Schiene A.....	52
E.4.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	52
E.4.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	53
E.4.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	54
E.4.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	55
E.5	Geändertes Rad A (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A.....	56
E.5.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	56
E.5.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	57
E.5.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	58
E.5.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	59
E.6	Geändertes Rad B (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A.....	60
E.6.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	60
E.6.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	61
E.6.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	62
E.6.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	63
E.7	Geändertes Rad H (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A.....	64
E.7.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	64
E.7.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	65
E.7.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	66
E.7.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	67
E.8	Geändertes Rad I (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A.....	68
E.8.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	68
E.8.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	69
E.8.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	70
E.8.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	71
E.9	(Rechtes Rad A – Linkes Rad B) / Schiene A.....	72
E.9.1	Kurvenverlauf der Funktionen Δr , $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte	72
E.9.2	Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis	73
E.9.3	Numerische Werte für die Funktion Δr	74
E.9.4	Numerische Werte für die Funktion $\tan\gamma_e$	75
Anhang F (normativ) Toleranzen für die äquivalente Konizität		76
F.1	Rad A / Schiene.....	77
F.1.1	Kurvenverlauf.....	77

F.1.2	Numerische Werte	78
F.2	Rad B / Schiene A	80
F.2.1	Kurvenverlauf	80
F.2.2	Numerische Werte	81
F.3	Rad H / Schiene A	83
F.3.1	Kurvenverlauf	83
F.3.2	Numerische Werte	84
F.4	Rad I / Schiene A	86
F.4.1	Kurvenverlauf	86
F.4.2	Numerische Werte	87
F.5	Geändertes Rad A (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A	89
F.5.1	Kurvenverlauf	89
F.5.2	Numerische Werte	90
F.6	Geändertes Rad B (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A	92
F.6.1	Kurvenverlauf	92
F.6.2	Numerische Werte	93
F.7	Geändertes Rad H (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A	95
F.7.1	Kurvenverlauf	95
F.7.2	Numerische Werte	96
F.8	Geändertes Rad I (-2 mm Durchmesser des linken Rades) / Schiene A	98
F.8.1	Kurvenverlauf	98
F.8.2	Numerische Werte	99
F.9	(Rechtes Rad A – linkes Rad B) / Schiene A	101
F.9.1	Kurvenverlauf	101
F.9.2	Numerische Werte	102
Anhang G (informativ) Beispiele für Rechenergebnisse mit Fehlereinfügung		104
G.1	Rad A / Schiene A – Zufallsfehler in mm	104
G.2	Rad A / Schiene A – Zufallsfehler in mm	105
G.3	Rad A / Schiene A – Zufallsfehler in mm	106
G.4	Rad A / Schiene A – Rasterfehler in mm	107
G.5	Rad A / Schiene A – Rasterfehler in mm	108
G.6	Rad A / Schiene A – Rasterfehler in mm	109
G.7	Rad H / Schiene A – Zufallsfehler in mm	110
Anhang H (informativ) Richtlinie für Anwendung von Störungen		111
H.1	Rasterfeld-Störung	111
H.2	Zufallsfehler	113
Anhang I (informativ) Anwendungsleitfaden		115
Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 96/48/EG einschließlich Änderungsrichtlinie 2004/50/EG		117
Literaturhinweise		119

Bilder

Bild 1	— Vergleichsverfahren, Schritt 1	10
Bild 2	— Vergleichsverfahren, Schritt 2	11
Bild 3	— Vergleichsverfahren, Schritt 3	12
Bild 4	— Maße am Radsatz	14
Bild 5	— $y = f(x)$ Funktion	15
Bild A.1	— Funktionen $\Delta r = f(y)$ und $\tan \gamma_e = f(y)$	20
Bild B.1	— Darstellung von dx, dy	21
Bild B.2	— Darstellung von $ds, d\Psi$	21

Bild B.3 — Darstellung von r_1, r_2, e	22
Bild B.4 — Merkmal $\Delta r = f(y)$ mit negativer Steigung	25
Bild B.5 — Berechnung des Integrals $\int \Delta r dy$	25
Bild B.6 — Bestimmung von y_{em} , Berechnung von $\int \Delta r dy$ und Bestimmung von \hat{y}	26
Bild B.7 — Bestimmung der Funktionen $y_{emin} = f(\hat{y})$ und $y_{emax} = f(\hat{y})$	26
Bild B.8 — Bestimmung der Konstanten C	26
Bild D.1 — Rad A	29
Bild D.2 — Rad B	31
Bild D.3 — Rad H	33
Bild D.4 — Rad I	35
Bild D.5 — Schiene A	37
Bild E.1a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Rad A / Schiene A	40
Bild E.1b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Rad A / Schiene A	41
Bild E.2a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Rad B / Schiene A	44
Bild E.2b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Rad B / Schiene A	45
Bild E.3a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Rad H / Schiene A	48
Bild E.3b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Rad H / Schiene A	49
Bild E.4a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Rad I / Schiene A	52
Bild E.4b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Rad I / Schiene A	53
Bild E.5a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Geändertes Rad A / Schiene A	56
Bild E.5b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Geändertes Rad A / Schiene A	57
Bild E.6a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Geändertes Rad B / Schiene A	60
Bild E.6b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Geändertes Rad B / Schiene A	61
Bild E.7a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Geändertes Rad H / Schiene A	64
Bild E.7b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Geändertes Rad H / Schiene A	65
Bild E.8a — Kurvenverlauf der Funktionen $\Delta r, \tan \gamma_a, \tan \gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — Geändertes Rad I / Schiene A	68
Bild E.8b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — Geändertes Rad I / Schiene A	69

Bild E.9a — Kurvenverlauf der Funktionen Δr, $\tan\gamma_a$, $\tan\gamma_e$ und Darstellung der Kontaktpunkte — (Rechtes Rad A – Linkes Rad B) / Schiene A	72
Bild E.9b — Darstellung der kinematischen Bewegungskurven des Radsatzes im Gleis — (Rechtes Rad A – Linkes Rad B) / Schiene A	73
Bild F.1 — Kurvenverlauf Rad A / Schiene A.....	77
Bild F.2 — Kurvenverlauf Rad B / Schiene A.....	80
Bild F.3 — Kurvenverlauf Rad H / Schiene A.....	83
Bild F.4 — Kurvenverlauf Rad I / Schiene A	86
Bild F.5 — Kurvenverlauf geändertes Rad A / Schiene A	89
Bild F.6 — Kurvenverlauf geändertes Rad B / Schiene A	92
Bild F.7 — Kurvenverlauf geändertes Rad H / Schiene A	95
Bild F.8 — Kurvenverlauf geändertes Rad I / Schiene A.....	98
Bild F.9 — Kurvenverlauf (rechtes Rad A — linkes Rad B) / Schiene A.....	101
Bild G.1 — Rad A / Schiene A — Zufallsfehler in mm.....	104
Bild G.2 — Rad A / Schiene A — Zufallsfehler in mm.....	105
Bild G.3 — Rad A / Schiene A — Zufallsfehler in mm.....	106
Bild G.4 — Rad A / Schiene A — Rasterfehler in mm	107
Bild G.5 — Rad A / Schiene A — Rasterfehler in mm	108
Bild G.6 — Rad A / Schiene A — Rasterfehler in mm	109
Bild G.7 — Rad H / Schiene A — Zufallsfehler in mm.....	110
Bild H.1 — Transformation des Punktes $P(x, y)$ auf ein Gitter mit Gitterweiten Δy, Δz	111
Bild H.2 — Gittertransformation mit einem Gitterabstand von 0,5 mm	112
Bild H.3 — Variation des Gitterursprungs	112
Bild H.4 — 50 Varianten des Gitterursprungs	113
Bild H.5 — Zufallsfehler von Messpunkten.....	114

Tabellen

Tabelle D.1 — Radprofil: R-UIC 519-A — Rechtes Rad	30
Tabelle D.2 — Radprofil: R-UIC 519-B — Rechtes Rad	32
Tabelle D.3 — Radprofil: R-UIC 519-H — Rechtes Rad	34
Tabelle D.4 — Radprofil: R-UIC 519-I — Rechtes Rad.....	36
Tabelle D.5 — Schienenprofil: S-UIC 519-A — Rechte Schiene	38
Tabelle E.1a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-A — Schiennenprofil: S-UIC 519-A.....	42
Tabelle E.1b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-A — Schiennenprofil: S-UIC 519-A.....	43
Tabelle E.2a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A.....	46
Tabelle E.2b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A.....	47
Tabelle E.3a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-H — Schiennenprofil: S-UIC 519-A.....	50

Tabelle E.3b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-H — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	51
Tabelle E.4a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-I — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	54
Tabelle E.4b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-I — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	55
Tabelle E.5a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-A — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	58
Tabelle E.5b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-A — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	59
Tabelle E.6a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	62
Tabelle E.6b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	63
Tabelle E.7a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-H — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	66
Tabelle E.7b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-H — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	67
Tabelle E.8a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-I — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	70
Tabelle E.8b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-I — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	71
Tabelle E.9a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: rechtes Rad R-UIC519-A / linkes Rad R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	74
Tabelle E.9b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: rechtes Rad R-UIC 519-A / linkes Rad R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	75
Tabelle F.1 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-A — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	78
Tabelle F.2 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	81
Tabelle F.3 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-H — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	84
Tabelle F.4 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-I — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	87
Tabelle F.5 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-A — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	90
Tabelle F.6 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-B — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	93
Tabelle F.7 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-H — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	96
Tabelle F.8 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-I — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	99
Tabelle F.9 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: Rechtes Rad R-UIC 519-A / Linkes Rad R-UIC 519-B — Schiennenprofil: S-UIC 519-A	102
Tabelle I.1 — Kombination von Profilen und deren Anwendungen	116
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Richtlinien: Richtlinie 96/48/EG des Rates vom 23. Juli 1996 über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems Richtlinie 96/48/EG ändert Richtlinie 2004/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004	118