

# 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 $\Delta r$ -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 $\Delta r$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta r$ .....	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 $\Delta r = f(v)$ und $\tan \gamma_e = f(v)$ .....	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 $\Delta r$ , $\tan\gamma_a$ , $\tan\gamma_e$ 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 $\Delta y$ , $\Delta z$ .....	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 — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	42
Tabelle E.1b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-A — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	43
Tabelle E.2a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-B — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	46
Tabelle E.2b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-B — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	47
Tabelle E.3a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-H — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	50

Tabelle E.3b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-H — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	51
Tabelle E.4a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Radprofil: R-UIC 519-I — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	54
Tabelle E.4b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Radprofil: R-UIC 519-I — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	55
Tabelle E.5a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-A — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	58
Tabelle E.5b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-A — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	59
Tabelle E.6a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-B — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	62
Tabelle E.6b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-B — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	63
Tabelle E.7a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-H — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	66
Tabelle E.7b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-H — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	67
Tabelle E.8a — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: $\Delta r = f(y)$ — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-I — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	70
Tabelle E.8b — Rad-/Schiene-Kontaktgeometrie: Konizität — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Radprofil: R-UIC 519-I — Schienenprofil: 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 — Schienenprofil: 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 — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	75
Tabelle F.1 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-A — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	78
Tabelle F.2 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-B — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	81
Tabelle F.3 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-H — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	84
Tabelle F.4 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-I — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	87
Tabelle F.5 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-A — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	90
Tabelle F.6 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-B — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	93
Tabelle F.7 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-H — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	96
Tabelle F.8 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: R-UIC 519-I — Durchmesserdiffferenz von 2 mm — Schienenprofil: S-UIC 519-A .....	99
Tabelle F.9 — Vergleichsberechnungen: Toleranzen — Radprofil: Rechtes Rad R-UIC 519-A / Linkes Rad R-UIC 519-B — Schienenprofil: 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