

Deutsche Bahn AG
DB Systemtechnik
T.TZF *.* Simulation Strukturmechanik
* Fahrtechnik
Pionierstraße *
D – * Minden
Berechnung * Windkennkurven * * Stufe-* Verfahren
Dokument: *-P-* T.TZF95-UN-*
WODAN-TP5-V0-T01
Datum: *.*.*
Durchführung: Deutsche Bahn AG
DB Systemtechnik
Simulation Strukturmechanik
* Fahrtechnik (T.TZF95.*)
Pionierstraße *
* Minden
* Ergebnisse * * * * * Bericht * Gegenstände * Sachverhalte.
Dieser Bericht * * * * Genehmigung * DB Systemtechnik, T.TZF *.* Simulation Strukturmechanik
* Fahrtechnik * DB AG * * * * *.

-P--T.TZF99-UN- Seite * * *

Inhaltsverzeichnis

* Angaben *

Auftrag.....

*

* Stufe-*

Verfahren.....

*

*

Gleichungssystem.....

*

**

Kinematik.....

*

**

Kräfte.....

*

**

Kinetik.....

*

* Berechnung *

Rad-Schiene-Kräfte.....

*

* Berechnung *

Windkennkurven.....

*

*

Unterschriften.....

*

*

Anhang.....

*

* Angaben * Auftrag

Bearbeiter: Dr.-Ing. Rolf Naumann

Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik

Simulation Strukturfestigkeit * Fahrtechnik (T.TZF * *)

Pionierstrasse *

* Minden

Auftraggeber: -

Verteiler: T.TZF99.*, T.TZF17

Seiten: *

WODAN-TP9-V4-T5

.-P--T.TZF99-UN- Seite * * *

* Stufe-* Verfahren

Für * Berechnung * Windkennkurven * * Stufe-* Verfahren * * * * -

* Modell *. Dabei * * * * Seitenwind * Effekte * Para-

* *. In * Bericht * * * Beschreibung * Verfahrens * -

*. * * Auswertung * Gleichungen * * * * Plattformen

* *. Hierfür * * Formelmanipulationsprogramme (*. B. Matlab,

Maple) * Mehrkörpersystemprogramme (*. B. SIMPACK, Adams) * * . * Modell

* Berechnung * Windkennkurven * * * Körpern/Massen, * Wagenkasten (WK), * -

* * * Drehgestell (DG5 *. DG6) * * * Körper ** Radsätze *

Drehgestells (RS5 *. RS6). * Aufstellung * Kräfte/Momentensumme * * * Körper

* * * * * Lage * Körper *, * Gleichungssystem. * Lösungsvek-

* * Gleichungssystems * * Gleichgewichtslage * Modells.

* Gleichungssystem

* * Kinematik

* * Koordinatensystem I * * Ursprung, * * -Achse * * Fahrtrichtung * Fahr-

* , * * -Achse * Fahrtrichtung * * * * -Achse * * . * Schienenoberkante

* * * Höhe

* = * . .

S4

SOK

* Fahrtrichtung * *

*

*

Abbildung *.*: Ausrichtung * * Koordinatensystems (Inertialsystem)

* Lage * Körpers * * * Lagevektor

[]

* = * , * , * , * , * , * T

Ki Ki Ki Ki Ki Ki Ki

*

* Wagenkasten WK * * Freiheitsgrade, * * * - * * -Richtung, * , * * Drehfrei-

WK WK

* * * Achsen, * , * , * .

WK WK WK

* Drehgestelle DGi * * * Freiheitsgrade, * * * - * * -Richtung * * . *

DGi DGi

* * Drehfreiheitsgrad * * * -Achse * .

DGi

* Radsatzkörper RSi * *.

WODAN-TP9-V4-T5

.-P--T.TZF99-UN- Seite * * *
 Somit * * System * * Freiheitsgrade, * * Lagevektor * Systems
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* \mathbf{T}$$

 WK WK WK WK WK DG5 DG5 DG5 DG6 DG6
 * *
 Mit * * Drehzapfenabstand * * * * * Körper * * Lage-
 *.
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* \mathbf{T}$$
,
 WK WK WK WK WK WK
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* 4\mathbf{T}$$
,
 DG5 DG5 DG5 DG5
 []

$${}^* = - {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* 4\mathbf{T}$$
,
 DG6 DG6 DG6 DG6
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* 4\mathbf{T}$$
,
 RS5
 []

$${}^* = - {}^*, {}^*, {}^*, {}^*, {}^* 4\mathbf{T}$$
.
 RS6
 * Drehmatrix * Körpers Ki * * Koordinatensystem | * *
 () () ()

$${}^* = {}^* ; {}^* = {}^* ; {}^* = {}^*$$

 *
 Ki Ki Ki
 () () ()

$${}^* = {}^* ; {}^* = {}^* ; {}^* = {}^*$$

 Ki Ki Ki
 * * *:

$$\left[\begin{array}{c} {}^* ({}^* : {}^*) * - {}^* ({}^* : {}^*) * * \\ | \\ {}^* = {}^* ({}^* : {}^*) * + {}^* ({}^* : {}^*) * ({}^* : {}^*) * * ({}^* : {}^*) * - {}^* ({}^* : {}^*) * ({}^* : {}^*) * - {}^* ({}^* : {}^*) * ; \\ | \mathbf{K}_i | \\ | \begin{array}{c} {}^* ({}^* : {}^*) * - {}^* ({}^* : {}^*) * ({}^* : {}^*) * * ({}^* : {}^*) * + {}^* ({}^* : {}^*) * ({}^* : {}^*) * * ({}^* : {}^*) * | \end{array} \right]$$

 Für * Drehmatrix * Kj * Ki * *

$${}^* = {}^* \mathbf{T} ({}^* : {}^*)$$

 KiKj IKi IKj
 Jeder Körper Ki * * * Koordinatensystem. In * Ausgangslage * * *
 Koordinatensystem * * Orientierung * * * Koordinatensystem.
 * Lage * Schwerpunkts * * Körper Ki * * * Vektor * *. * Vektor
 CKi,Ki
 * * Lage * * Koordinatensystem * Körpers Ki.
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^* \mathbf{T}$$
,
 CWK,WK *,WK *,WK *,WK *,WK
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^* \mathbf{T}$$

 CDGi,DGi *,DGi *,DG
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, {}^* \mathbf{T} ;$$

 CRSi,RSi *
 * Lage * Primärfederung * * Radsatz RSi * * * * Vektoren *:
 []

$${}^* = {}^*, {}^*, - {}^* \mathbf{T} * * \text{ Primärfeder } *,$$

 *,RSi * *
 []

$${}^* = {}^*, - {}^*, - {}^* \mathbf{T} * * \text{ Primärfeder } *;$$

 *,RSi * *
 * Lage * Primärfederung * * Drehgestell DGi * * * * Vektoren *-
 *:

[]
* = *, -, * T ** Primärfeder *,
*, DGi **

[]
* = *, -, * T ** Primärfeder *;
*, DGi **

WODAN-TP9-V4-T5

.-P--T.TZF99-UN- Seite * * *
 * Lage * Sekundärfederung * * Drehgestell DGi * * * * Vektoren *-
 *:
 []
 * = * , * , * T * * Sekundärfeder *,
 *, DGi * *
 []
 * = * , - * , * T * * Sekundärfeder *;
 *, DGi * *
 * Lage * Sekundärfederung * * Wagenkasten * * * * Vektoren *-
 *:
 []
 * = * , * , * T * * Sekundärfeder *, Drehgestell *,
 *, WK * *
 []
 * = * , - * , * T * * Sekundärfeder *, Drehgestell *,
 *, WK * *
 []
 * = - * , * , * T * * Sekundärfeder *, Drehgestell *,
 *, WK * *
 []
 * = - * , - * , * T * * Sekundärfeder *, Drehgestell *,
 *, WK * *
 * Auslenkungen * Primärfedern */* * * * Gleichung *, Mes-
 * * Auslenkungen * Referenzsystem * Rsi
 (())
 * = * T (*,:) * * : * - * : * - * + * (*,:) *
 /, IRSi DGi RSi */*, RSi RSiDGi */*, DGi
 Analog * * * Sekundärfedern * Messung * Referenzsystem * Dgi
 (())
 * = * T (*,:) * * : * - * : * - * + * (*,:) *
 /, IDGi WK DGi */*, DGi DGiWK */*, WK
 * Verdrehwinkel
*
* Wankstützen * DG5 * DG6 * * * Rücktransformation *
* *
Drehmatrizen * .
DGiWK
* * Kräfte
* Federkräfte * Primär- * Sekundärfeder * * * Auslenkungen * *.
[][]
() (()) (()) (())
* = * , * , * T = * * = * * * , * * * , * * * T
* , * , * , * , * , * , * , * , * , * , * , *
Da * Relativbewegungen * -Richtung * * * * Längskräfte
* = *;
* *
* * - * - Komponenten * Kräfte * * * * Kraft-Weg-Verläufen
* Federstufen * . * Kraft-Weg-Verläufe * * Steifigkeiten * Primär- * Sekun-
* * * * Federstufen * Anschläge *. In Vertikalrichtung *
* * Federelement * Parameter * * * * Kräfte * Ausgangszustand *-
* ,
* .
Für * Moment * * Wankstütze *:
[]
* = * (*,:) * , * , 4T
* , * , * , * , *
WODAN-TP9-V4-T5

-P--T.TZF99-UN- Seite * * *

()
() ()
* * + * * (*:*) *
Q = - *, RSi *, RSi *
*, RSi *(*:*) *
*

()
* *
Q = - *, RSi - Q
*, RSi * *, RSi

* ()
SY = - * *
RSi * *, RSi

* Berechnung * Windkennkurven
Für * Berechnung * Windkennkurven * * * Windgeschwindigkeiten * Gleich-
* * *. * Kriterium * * * Windgeschwindigkeit * *

Erreichen * * Entlastung * *% * * Radaufstandskraft (*%-Q).

*
Folgende Vorgehensweise * * Berechnung * Windkennwerte * *:
*.) „Nominelle Kräfte“: Bestimmung * Parameter * , * * * = * * Gleichungssystem *.
* *
* ,

Fahrgeschwindigkeit, Windgeschwindigkeit * Querbeschleunigung * * * *!
*.) Berechnung * Radaufstandskraft Q * * Ausgangslage * = *, Qsoll = * . ** Q
* *

*.) * Schleife *
*.) * Schleife *
*.) Startwert * * = /*
*.) GGW * (Gleichungssystem *), * * * Zustand Q *
*.) Wenn Genauigkeit * Q * , * *, * * * Wind- * Q-
Werten *

*.) Windkennkurven *
WODAN-TP9-V4-T5

.-P--T.TZF99-UN- Seite * * *
 * * Drehzapfenabstand
 * , * , * Schwerpunktkoordinaten * Körpers Ki
 * ,Ki * ,Ki * ,Ki
 * Rollradius Radsatz
 *
 * * Basis Primärfederung (*)
 *
 * * Basis Sekundärfederung (*)
 *
 * Höhe Sekundärfederung (*)
 *
 =./* Erdbeschleunigung
 * Querbeschleunigung
 * Masse * Körpers Ki
 Ki
 * Laufkreisabstand
 * *. Verschiebung Kontaktpunkt * * Rad * Richtung Spurkranz
 W
 * * Fläche (* *)
 * * Länge (* *)
 *
 Luftdichte * , * /*
 * * Kraftbeiwerte * * * -, * -, * -Richtung
 *
 * * Momentenbeiwerte * * * -, * -, * -Achse
 *

Schreibweisen:

Matrizen: Großbuchstaben, *, *;

Vektoren: Kleinbuchstaben, *, *.

Komponente * Vektors: *(*), * = *, *, *; *(*) = *, *(*) = *, *(*) = *

* * *.

Teilbereich * Vektors: *(*: *), * = *, *, * ≠ *; *(*: *) = [*(*), ..., *(*)] T;
 WODAN-TP9-V4-T5