

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 * * * * *.

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


```
[ ]
* = *, *, - * 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

```

Für * Windkräfte * * Abhängigkeit * * Fahrzeug- * Windgeschwindigkeit:

* ()

$$* = (* \cdot *) * (* \cdot *) * (* \cdot *) * (* \cdot *) * *, * = *, *, *$$

Wi,WK * *

* ()

$$* = (* \cdot *) * (* \cdot *) * (* \cdot *) * (* \cdot *) * (* \cdot *) * *, * = *, *, *$$

Wi,WK * *

*

F

*

W

*

Abbildung *.*: Resultierende Windgeschwindigkeit

*

* * Koeffizienten * * * Anströmwinkel * * * In-

* * * * Verfügung * Punkten *. * * * * Windge-

* * Fahrzeug * * * * Fahrzeuggeschwindigkeit * * * Windgeschwindig-

F

* * *. * Anströmwinkel * * Winkel * Windgeschwindigkeit * Fahrzeugge-

W

*. Bei * Windrichtung * Grad * Trasse * * * Windgeschwindig-

*

* * * Anströmwinkel * * *: * = * + * , * = * W

F W *

F

*. * Kinetik

Für * Körper * Modells * * Kraft- * Momentensumme * * * Referenzsystem

* Körpers *. * Darstellung * Kraft- * Momentenvektors * * * Koordi-

* l.

Massenkräfte * * Körper Ki:

[]

$$* = * (* \cdot *) * *, * T ,$$

*,Ki Ki

$$* = * \cdot * \cdot$$

*,Ki CKi * ,Ki

Federkräfte * * Wagenkasten WK:

()

*

$$* = * (* \cdot *) * T (* \cdot *) \sum - * - * \dots * * * *$$

*,WK IWK DGWK * *, *, *

* = *

(()) (())

$$(* \cdot * T (* \cdot *) - * + * \cdot * T (* \cdot *) - *)$$

$$* = * (* \cdot *) \sum * | *,WK DGiWK *, *,WK DGiWK *, * |$$

*,WK IWK | () |

$$* = * (+ * T (* \cdot *) - *)$$

DGiWK * *

WODAN-TP9-V4-T5

Federkräfte * * Drehgestelle DGi:

()

$$* = * \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} * T \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} - * - * + * + *$$

*,DGi IDGi RSiDGi *,*,*,*,*,*,*

() ()

$$\begin{pmatrix} * \cdot * T \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} - * + * \cdot * T \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} - * \end{pmatrix}$$

$$* = * \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} \mid *,DGi RSiDGi *,*,DGi RSiDGi *,* \mid$$

$$*,DGi IDGi \mid + * \cdot * + * \cdot * + * \cdot * + * \cdot * + * \mid$$

$$\left(*,DGi *,*,DGi *,*,*,*,*,*,*,*,* \right)$$

Federkräfte * * Radsätze RSi:

()

$$* = * \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} * + *$$

*,RSi IRSi *,*,*,*

()

$$* = * \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix} * \cdot * + * \cdot * + * \cdot * + * \cdot *$$

*,RSi IRSi *,RSi *,*,RSi *,*,*,*,*,*,*,*

Kräftesumme * * Körper Ki:

$$* = * + *$$

*,Ki *,Ki *,Ki

$$* = * + *$$

*,Ki *,Ki *,Ki

Auf * Wagenkasten * * * Windkräfte:

$$* = * + * + *$$

*,Wk *,WK *,WK Wi,WK

$$* = * + * + *$$

*,Ki *,Ki *,Ki Wi,WK

Für * * Gleichungssystem * * Kraft- *. Momentenrichtungen *, * *-

* * * Körper * * Freiheitsgrad *. Damit * * * Gesamtsystem:

[()]

* * *

$$\begin{pmatrix} \cdot \end{pmatrix} \mid *,WK \begin{pmatrix} \cdot \end{pmatrix} \mid$$

$$F = F * = \mid * * \cdot * \mid = *$$

$$\mid *,DG5 \begin{pmatrix} \cdot \end{pmatrix} \mid$$

* * *

[]

*,DG6

* Berechnung * Rad-Schiene-Kräfte

Aus * Kräfte-/Momentensumme */* * * * Rad-Schiene-Kräfte * * Radsatz

*,RSi *,RSi

RSi *

* * Basis * * * Radaufstandskräfte * * * * Laufkreisabstand

*

$$* = * \cdot *$$

* * * Verschiebung * Kontaktpunktes * * Rad * Richtung Spurkranz

$$* = * \cdot *$$

W

*

$$* = * - * \cdot$$

* W

Damit * * * Radaufstandskräfte * * Radsatzführungskraft (Kräfte * * Radsatz!,

* * *, * Körper * RS *) *:

WODAN-TP9-V4-T5

()
 () ()
 * * + * * (* . *) *
 $Q = - \cdot ,RSi \cdot ,RSi \cdot$
 $\cdot ,RSi \cdot (* . *) \cdot$
 *

()
 * *
 $Q = - \cdot ,RSi - Q$
 $\cdot ,RSi \cdot \cdot ,RSi$
 * ()
 $SY = - \cdot \cdot$
 $RSi \cdot \cdot ,RSi$

* Berechnung * Windkennkurven
 Für * Berechnung * Windkennkurven * * * Windgeschwindigkeiten * Gleich-
 * * * . * Kriterium * * * Windgeschwindigkeit * *
 Erreichen * * Entlastung * % * * Radaufstandskraft (%-Q).
 *

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

Fahrgeschwindigkeit, Windgeschwindigkeit * Querschleunigung * * * * *!
 *.) Berechnung * Radaufstandskraft Q * * Ausgangslage * = * , $Q_{soll} = \cdot \cdot \cdot Q$
 * *

*.) * 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

* Querschleunigung

* 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