

Ergänzung der Ziffer 11.12 zum Kommentar Nr. 3 zur EBV vom November 1984 für die Berechnung der Komponente EV4

1. Einleitung

Gemäss Kommentar 3 zu EBV sind die vertikalen Verschiebungen eines Fahrzeuges in der Grenzlinie der festen Anlagen nicht miteingerechnet. Aus diesem Grund ist in Ziffer 11.12 (S. 145 – 146) eine Komponente *EV4* definiert, welche die vertikalen Verschiebungen infolge quasistatischer Neigung, Unsymmetrien oder Nickbewegungen in der Bezugslinie berücksichtigt. Es gibt aber keine Vorgaben, wie diese Verschiebungen in der Einschränkungsberechnung berechnet werden müssen. Weiter werden allfällige Ausfederungen des Fahrzeuges im Kommentar 3 EBV nicht betrachtet. Der nachfolgend beschriebene Ansatz soll eine klare und einheitliche Berechnung dieser vertikalen Verschiebung ermöglichen.

2. Verwendete Bezeichnungen

Die untenstehenden Bezeichnungen stammen aus den Ziffer 1.3 des Kommentar 3 zur EBV (S. 11 – 15) und werden zur Übersicht nochmals erläutert.

h_c	[mm]	tatsächliche Höhe des Wankpols
a	[m]	Abstand der Endachsen bzw. Drehzapfen
n_i	[m]	Abstand des betrachteten Fahrzeugquerschnittes « <i>i</i> » vom nächstgelegenen Drehzapfen bzw. Endachse
$EV2_i$	[mm]	statische Einsenkungen durch Eigengewicht und Zuladung (Einfederung) am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> »
$EV3_i$	[mm]	grösste zulässige Abnützung der Räder und anderer Fahrzeugteile am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> »
$EV4_i$	[mm]	Vertikale Verschiebungen infolge quasistatischer Neigungen, Unsymmetrien bzw. Nickbewegungen am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> »
b_i	[mm]	halbe Breite der Begrenzung der Fahrzeuge und Ladungen am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> »
h_i	[mm]	Höhe der Begrenzung der Fahrzeuge und Ladungen am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> »
α	[°]	Wankwinkel des Fahrzeugkastens (diese Bezeichnung ist neu und im Kommentar 3 zur EBV unter Ziffer 1.3 nicht enthalten)
$h_{i_{oB}}$	[mm]	Höhe der Begrenzung der Fahrzeuge und Ladungen am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> » welche im oberer Bereich massgebend ist (diese Bezeichnung ist neu und im Kommentar 3 zur EBV unter Ziffer 1.3 nicht enthalten)
$h_{i_{uB}}$	[mm]	Höhe der Begrenzung der Fahrzeuge und Ladungen am betrachteten Querschnitt « <i>i</i> » welche im unterer Bereich massgebend ist (diese Bezeichnung ist neu und im Kommentar 3 zur EBV unter Ziffer 1.3 nicht enthalten)

3. Bisherigen Ansatz vom BAV

Die theoretisch maximal mögliche senkrechte Verschiebung infolge von einem gleichzeitigen Wanken und Nicken eines Fahrzeuges wird mit folgender Formel berechnet:

$$EV4_i = |h_i - h_c| \cdot (\cos(\alpha) - 1) + b_i \cdot \sin(\alpha) + EV2_i \cdot \frac{n_i}{a}$$

Der Wert des Winkels « α » ist der maximal mögliche Wankwinkel in [°] des Fahrzeugkastens. Die Definition des Wankwinkels befindet sich im Kommentar 3 zur EBV unter Beilage 1.4 (S. 19) und ist als «Winkel 2» bezeichnet.

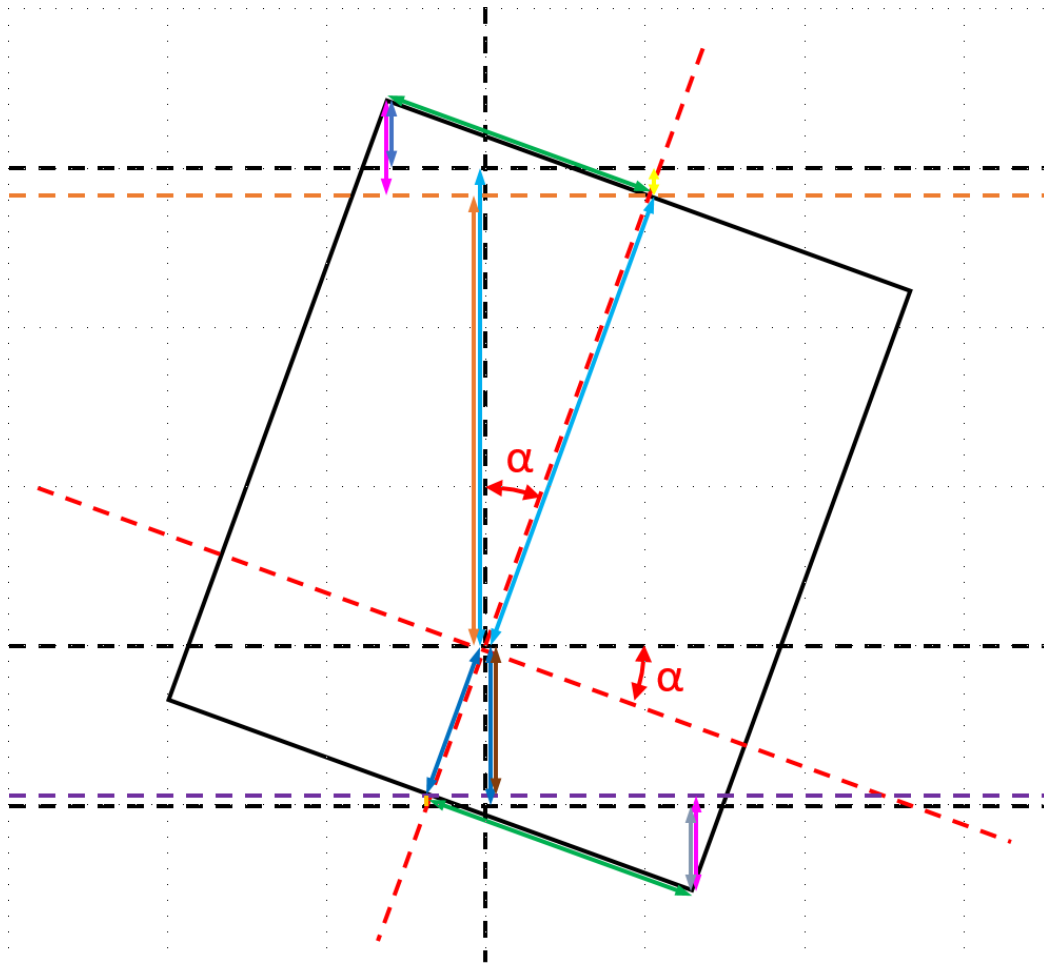


Figure 1: Wanken des Fahrzeugkastens

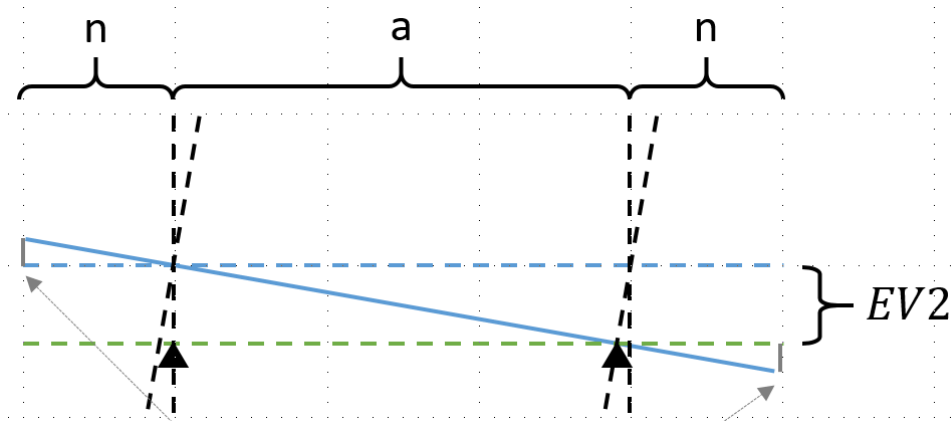


Figure 2: Nicken des Fahrzeugkastens

$$EV4_i = |h_i - h_c| \cdot (\cos(\alpha) - 1) + b_i \cdot \sin(\alpha) + EV2_i \cdot \frac{n_i}{a}$$

Gleichung 1: Berechnung der gleichzeitigen Wanken und Nicken des Fahrzeugkastens

Dieser Ansatz ist aber sehr konservativ, da ein gleichzeitiges Wanken und Nicken eines Fahrzeuges im Betrieb sehr unwahrscheinlich ist. Somit wurde ein neuer Ansatz für die Berechnung von $EV4$ formuliert (siehe Ziff. 4).

4. Neuer Ansatz des BAV

Mit dem neuen Ansatz für die Berechnung von $EV4$, ist der Grundsatz, dass man das Wanken und das Nicken eines Fahrzeuges separat betrachtet. Der jeweils ungünstigere Wert ist für den oberen sowie für den unteren Bereich zu berücksichtigen.

Der Gültigkeitsbereich der Formeln entlang des Fahrzeugkastens sind in der folgenden Tabelle angegeben:

	beim Wanken	beim Nicken
Gültigkeitsbereich der Formeln entlang des Fahrzeugkastens	Überall gültig	Gültig nur in den Überhängen (ausserhalb der Endachsen resp. Drehzapfen)

4.1. Verschiebung im oberer Bereich

Es ist zu prüfen ob die grösste Verschiebung beim Wanken oder beim Nicken stattfindet.

	Wanken	Nicken
Oberer Bereich:	$\text{Max} \left\{ h_{i,OB} - h_c \cdot (\cos(\alpha) - 1) + b_i \cdot \sin(\alpha) \right.$	$\left. \begin{array}{l} \text{entweder} \\ EV2_i \cdot \frac{n_i}{a} \\ \text{oder} \\ \mathbf{10\ mm} \\ \text{pro Federstufe} \end{array} \right\}$

Im oberen Bereich kann gemäss der Norm SN EN 15273-2+A1:2017¹, Ziffer A.3.4.2.2, ein Pauschalwert von 10 mm pro Federstufe für die Ausfederung eingesetzt werden. Dieser Wert dient als Alternative zu der geometrischen Berechnung der vertikalen Verschiebung des Fahrzeugkastens beim Nicken. Es ist jeweils fallweise zu entscheiden, ob die geometrische Berechnung oder der Pauschalwert angewendet werden muss. Entscheidend ist dabei vor allem die Konstruktion der Fahrwerke.

¹ SN EN 15273-2+A1 :2017 Bahnanwendungen – Begrenzungslinien – Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien

4.2. Verschiebung im unterer Bereich

Im ersten Schritt ist zu prüfen ob die grösste Verschiebung beim Wanken oder beim Nicken stattfindet.

	Wanken	Nicken
Unterer Bereich:	$\text{Max} \left\{ h_{i_{uB}} - h_c \cdot (\cos(\alpha) - 1) + b_i \cdot \sin(\alpha) \quad ; \quad EV2_i \cdot \left(1 + \frac{n_i}{a}\right) \right\}$	

In einem zweiten Schritt, ist die gleichmässige Einfederung des Fahrzeugkastens, welche schon in $EV2$ berücksichtigt ist, zu berücksichtigen. $EV2$ soll in der gesamten Vertikalverschiebung EV nicht zweimal eingerechnet werden. Somit beinhaltet $EV4$ nur die Differenz der Verschiebung infolge des Wankens oder Nickens des Fahrzeugkastens gegenüber $EV2$.

Prüfung	EV4 im unteren Bereich
Wenn das Wanken massgebend ist,	dann $EV4_i = \text{Max}(\text{Wanken}) - EV2_i$
Wenn das Nicken massgebend ist,	dann $EV4_i = EV2_i \cdot \frac{n_i}{a}$

4.3. Bemerkungen zu EV2

Folgende Bemerkungen zu $EV2$ sind zu erwähnen:

- 1) Gemäss Kommentar 3 zur EBV Ziffer 11.12 (S. 146), ist $EV2$ nur im unteren Bereich zu berücksichtigen (siehe auch Beilage 1.3 im Kommentar 3 zur EBV auf Seite 18). Dabei muss sowohl eine gleichmässige wie auch eine einseitige Einfederung überprüft werden. Die einseitige Einfederung kommt aber einem Nicken des Fahrzeuges gleich, welches aber nicht nur im unteren Bereich ein Einfluss hat, sondern auch im oberen Bereich. Somit fehlt, per Definition, die Betrachtung im oberen Bereich. Aus diesem Grund ist festzuhalten, dass $EV2$ nur eine gleichmässige Einfederung berücksichtigt und das Nicken im $EV4$ eingerechnet werden muss. Dieselbe Bemerkung gilt sinngemäss ebenfalls für $EV3$.
- 2) Je nach Fahrzeugkonstruktion können zwei unterschiedliche Drehgestelltypen unter dem gleichen Fahrzeugkasten eingesetzt werden. In diesem Fall ist zu beachten, dass die Einfederung $EV2$ vom einen Fahrwerk zum anderen abweichen kann. Dieselbe Bemerkung gilt sinngemäss ebenfalls für $EV3$.

03.11.2020, BAV Christian De Pover