

# Crash-Analyse

## Beschreibung der Kriterien

*Version 2.4.1*

Arbeitskreis Messdatenverarbeitung Fahrzeugsicherheit MDVFS, Arbeitsgruppe  
Algorithmen:

D. Cichos, bast; M. Otto, TÜV Rheinland; S. Zölsch, National Instruments; S.  
Clausnitzer, bast; D. Vetter, IAT; G. Pfeiffer, Porsche in Zusammenarbeit mit der Task  
Force ISO TS 13499 (ISO-MME)

Emeritus: D. de Vogel, Ford; O. Schaar, Delphi

Diese Dokumentation ist unter folgender Adresse erhältlich:

**[www.mdvfs.de](http://www.mdvfs.de)**

Bundesanstalt für Straßenwesen, Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach,

Tel.: +49 (0)2204 / 43658, Fax: +49 (0)2204 / 43687

Diese Dokumentation wurde mit größter Sorgfalt erarbeitet. Für Hinweise auf Fehler oder neue  
Verfahren bzw. Gesetze sind wir dankbar. Für fehlerhafte oder unrichtige Angaben übernehmen  
wir keine Haftung.

© 1995-2017 Arbeitskreis Messdatenverarbeitung Fahrzeugsicherheit. Alle Rechte vorbehalten.

# Inhaltsverzeichnis

---

## Kapitel 1

### Crash-Analyse-Kriterien

Erläuterungen zur ISO TS 13499 .....	1-1
--------------------------------------	-----

## Kapitel 2

### Beschreibung der Kopfkriterien

HIC .....	2-2
HAC .....	2-4
HIC(d) .....	2-5
HPC .....	2-6
HCD .....	2-8
BrIC .....	2-10

## Kapitel 3

### Beschreibung der Halskriterien

MOC .....	3-2
MTO .....	3-5
Verweildauer .....	3-8
NIC (front impact ECE) .....	3-10
NIC (front impact EuroNCAP) .....	3-12
NIC (front impact FMVSS) .....	3-15
NIC (IIHS) .....	3-17
Nij .....	3-19
T1max (rear impact EuroNCAP) .....	3-22
NIC (rear impact) .....	3-23
NIC (rear impact EuroNCAP) .....	3-25
Nkm .....	3-27
LNL .....	3-29

## Kapitel 4

### Beschreibung der Brustkriterien

VC .....	4-2
THPC .....	4-5
TTI(d) .....	4-6
ThAC .....	4-8
CTI .....	4-9
ThCC oder TCC .....	4-11
RDC .....	4-12
CDR (TWG) .....	4-14
Chest Deflection .....	4-17

## Kapitel 5

### Beschreibung der Kriterien für die unteren Extremitäten

APF .....	5-2
PSPF .....	5-3
FFC (ECE) .....	5-4
FFC (EuroNCAP) .....	5-6
FFC (IIHS) .....	5-8
TI .....	5-10
TCFC .....	5-15

## Kapitel 6

### Beschreibung weiterer Kriterien

Xms .....	6-2
Xg .....	6-5
Acomp .....	6-6
Pulse Test .....	6-8
ASI .....	6-14
THIV .....	6-15
Gillis-Index .....	6-16
NCAP .....	6-17
EuroNCAP .....	6-19
SI .....	6-20
Integration .....	6-21
Differentiation .....	6-22
CFC-Filter .....	6-23
FIR 100-Filter .....	6-26

## Kapitel 7

### Gesetze und Richtlinien

Grenzwerte .....	7-3
------------------	-----

# Crash-Analyse-Kriterien

Im Folgenden finden Sie die Beschreibungen der Crash-Analyse-Kriterien des Arbeitskreis Messdatenverarbeitung Fahrzeugsicherheit, Arbeitsgruppe Algorithmen. Die Reihenfolge, in der die Crash-Analyse-Kriterien beschrieben werden, folgt dem Aufbau des menschlichen Körpers.

Die Beschreibung eines Kriteriums besteht aus der Erläuterung des Namens, der Angabe der mathematischen Berechnung, der Beschreibung der Eingangsgrößen, der Kodierung nach ISO TS 13499 und der Auflistung der mit dem Algorithmus verbundenen Gesetze und Vorschriften.



**Hinweis** Allen Beschreibungen liegt eine SAE J1733 konforme Signalpolarität (Sign convention) zu Grunde.

## Erläuterungen zur ISO TS 13499

Die ISO TS 13499 beschreibt ein einfaches Austauschformat für multimediale Daten aus Fahrzeugsicherheits-Tests. Beschrieben sind neben der Daten-Ablagestruktur auch die Codierung von Messkanälen sowie deren Attribute in den Kanalbeschreibungen. In der aktuellen Version ist es weiterhin möglich, neben den Messkanälen auch die in dieser Dokumentation aufgeführten Kriterienwerte zu codieren.

## Dokumente

Die ISO TS 13499 ist in verschiedene Einzeldokumente aufgeteilt, deren Bedeutung und Bezugsquellen die folgende Tabelle auflistet.

**Tabelle 1-1.** Einzeldokumente der ISO TS 13499 (\*RED - Related Electronic Document)

Dokument/Version	Inhalt	Bezugsquellen	Kosten
ISO TS 13499	Main Document	<a href="http://www.iso.org">www.iso.org</a>	Kostenpflichtig
RED*A	Examples and hints	<a href="http://standards.iso.org/iso">http://standards.iso.org/iso</a>	Kostenfrei
RED B	Channel codes		
RED C	Figures		
RED D	NHTSA Compatibility		
RED E	Calculated Channels		

## Codes

Das oben aufgeführte Dokument RED B beschreibt die in dieser Dokumentation verwendeten Kanal-Codierungen. Sie können die Kanal-Codierungen als kostenlose Datenbank von [standards.iso.org](http://standards.iso.org) herunterladen.

**Abbildung 1-1.** Hauptmenü der ISO TS 13499-Datenbank im Internet

**frmMain**

**Main Menu**

ISO/TS 13499 - RED B : 2003(E)  
ISO/TC 22/SC 12/WG 3  
Secretariat: AFNOR

Version 1.3.5  
Data 13.10.2003  
System 2.3 21.05.2002

Sample Code -> **1 1 NECK UP 00 H3 MO X B**

Form Selection ->

	TO	PO	ML		F1		F2		F3		PD		DI		EC	
Code Position ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Test Object

Position

Transducer Main Location

Fine Location 1

Fine Location 2

Fine Location 3

Dimension

Direction

Filter Class

Exit ISO-MME

Print ISO TS 13499 - RED B (Codes)

Print ISO TS 13499 - RED C (Figures)

System

---

# Beschreibung der Kopfkriterien

Folgende Kopfkriterien werden in diesem Kapitel beschrieben:

*HIC* — Head Injury Criterion

*HAC* — Head Acceptability Criterion

*HIC(d)* — Performance Criterion

*HPC* — Head Performance Criterion

*HCD* — Head Contact Duration

*BrIC* — Rotational Brain Injury Criterion

# HIC

---

HIC ist die Abkürzung für Head Injury Criterion.

## Beschreibung

Der HIC-Wert ist der normierte maximale Integralwert der Kopfbeschleunigung. Die Dauer des korrespondierenden Zeitintervalls ist:

- HIC: unbeschränkt
- HIC36: höchstens 36 ms
- HIC15: höchstens 15 ms

## Mathematische Berechnung

Der HIC-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$HIC = \sup_{t_1, t_2} \left\{ \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right)^{2.5} (t_2 - t_1) \right\}$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Mit der resultierenden Beschleunigung  $a$  des Schwerpunktes des Kopfes in Einheiten der Erdbeschleunigung ( $1 \, g = 9,81 \, \text{m/s}^2$ ). Für Tests gemäß TRIAS wird für die Erdbeschleunigung ( $1 \, g = 9,80 \, \text{m/s}^2$ ) angenommen.  $t_1$  und  $t_2$  sind diejenigen Zeitpunkte während des Aufpralls, für die der HIC-Wert maximal wird. Die gemessenen Zeiten sind in Sekunden anzugeben.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfbeschleunigung ( $a_x, a_y, a_z$ ) werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

Für die Bestimmung der Eingangsgrößen nach ECE-R 80 werden die Messwerte der Kopfbeschleunigung ( $a_x, a_y, a_z$ ) nach CFC 600 gefiltert.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den HIC wie folgt:

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X A** : Head Acceleration X, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Y A** : Head Acceleration Y, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Z A** : Head Acceleration Z, CFC 1000



? ? **HEAD 00 00 ?? AC X B** : Head Acceleration X, CFC 600, (ECE R80)

? ? **HEAD 00 00 ?? AC Y B** : Head Acceleration Y, CFC 600, (ECE R80)

? ? **HEAD 00 00 ?? AC Z B** : Head Acceleration Z, CFC 600, (ECE R80)

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 208, S6.2
- SAE J2052, 3.2
- SAE J1727, 6.1
- ISO/TC22/SC12/WG3 N 282 Issued 1990-03-16
- ADR69/00, 5.3.1
- ECE-R 80, Anlage 4, 1
- ECE-R 22, 7.3.2.5
- EuroNCAP, Front Impact, 10, 10.1
- EuroNCAP, Side Impact, 10, 10.1
- EuroNCAP, Pole Side Impact, 10, 10.1
- EuroNCAP, Assessment Protocol, 5
- EuroNCAP, Pedestrian Testing Protocol, 10.2
- TRIAS 47, Frontal Impact, 2-6
- TRIAS 63, Pedestrian Impact, 2.4
- ISO-MME, Red E (Calculated Value Codes and Channels)

# HAC

HAC ist die Abkürzung für Head Acceptability Criterion.



**Achtung** Die Berechnungsvorschrift in der ECE-R 80 ist veraltet. In der aktuellen ECE-Version wird stattdessen der HIC verwendet (siehe [HIC](#)).

## Beschreibung

Der HAC-Wert ist der normierte maximale Integralwert der Kopfbeschleunigung.

## Mathematische Berechnung

Der HAC-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$HAC = \sup_{t_1, t_2} \left\{ \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right)^{2.5} (t_2 - t_1) \right\}$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Mit der resultierenden Beschleunigung  $a$  des Schwerpunktes des Kopfes in Einheiten der Erdbeschleunigung ( $1 \, g = 9,81 \, \text{m/s}^2$ ).  $t_1$  und  $t_2$  sind diejenigen Zeitpunkte während des Aufpralls, für die der HAC-Wert maximal wird. Gemessene Zeiten sind in Sekunden anzugeben.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfbeschleunigung ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den HAC wie folgt:

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X B** : Head Acceleration X, CFC 600

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Y B** : Head Acceleration Y, CFC 600

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Z B** : Head Acceleration Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 80, 5.2.2.1.1
- ECE-R 80, Annex 7, 1.1
- Richtlinie 74/408/EWG, Anhang III Anlage 4, 1.1

# HIC(d)

---

HIC(d) ist die Bezeichnung für das Performance Criterion.

## Beschreibung

Der HIC(d)-Wert ist der gewichtete normierte maximale Integralwert der Kopfbeschleunigung und wird aus dem HIC36-Wert berechnet.

## Mathematische Berechnung

Der HIC(d)-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$HIC(d) = 0.75446 \cdot HIC36 + 166.4$$

mit  $HIC36$  HIC 36-Wert (siehe [HIC](#))

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfbeschleunigung (ax, ay, az) werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den HIC(d) wie folgt:

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X A** : Head Acceleration X, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Y A** : Head Acceleration Y, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Z A** : Head Acceleration Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 201, S7
- FMVSS 201 U, Page 4
- NHTSA 49 CFR 571[Docket No. 92-28; Notice8], [RIN No. 2127-AG07]; S7
- NHTSA 49 CFR 571,572,589[Docket No. 92-28; Notice7], [RIN No. 2127-AB85]; S7
- SAE J1727, 6.2

# HPC

---

HPC ist die Abkürzung für Head Performance Criterion (Kriterium der Kopfbelastung).

## Beschreibung

Der HPC-Wert ist der normierte maximale Integralwert der Kopfbeschleunigung.

Der HPC-Wert ist identisch dem HIC-Wert (siehe [HIC](#)).

## Mathematische Berechnung

Der HPC-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$HPC = \sup_{t_1, t_2} \left\{ \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right)^{2.5} (t_2 - t_1) \right\}$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Mit der resultierenden Beschleunigung  $a$  des Schwerpunktes des Kopfes in Einheiten der Erdbeschleunigung ( $1 \, g = 9,81 \, \text{m/s}^2$ ).

### Frontal-, Seitenaufprall

Wenn kein Kopfkontakt stattgefunden hat, gilt dieses Kriterium als erfüllt.

Wenn der Beginn der Kopfberührung zufriedenstellend bestimmt werden kann, sind  $t_1$  und  $t_2$  die beiden in Sekunden ausgedrückten Zeitpunkte, die einen Zeitraum zwischen dem Beginn der Kopfberührung und dem Ende der Aufzeichnung begrenzen, bei dem HPC36 (max. 36ms) maximal wird.

Wenn der Beginn der Kopfberührung nicht bestimmt werden kann, sind  $t_1$  und  $t_2$  die beiden in Sekunden ausgedrückten Zeitpunkte, die einen Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Ende der Aufzeichnung begrenzen, bei dem HPC36 maximal wird.

### Fußgängerschutz

Die Dauer des korrespondierenden Zeitintervalls beträgt höchstens 15 ms (HPC15).

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfbeschleunigung ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den HPC wie folgt:

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X A** : Head Acceleration X, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Y A** : Head Acceleration Y, CFC 1000

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC Z A** : Head Acceleration Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.1
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 1.2
- Richtlinie 2003/102/EG
- Richtlinie 2004/90/EG, 2.10
- ECE-R 94, Anhang 4, 1.2
- ECE-R 95, 5.2.1.1
- ECE-R 95, Anhang 4, Anlage 1, 1.
- EuroNCAP Pedestrian Testing Protocol
- EEVC AG 17 Fussgängersicherheit, Terms of Refrence 2002

# HCD

HCD ist die Abkürzung für Head Contact Duration.

## Beschreibung

Der HCD-Wert ist der normierte maximale Integralwert der Kopfbeschleunigung während Kopfkontaktintervallen. Die Kontaktintervalle werden mit Hilfe der resultierenden Kontaktkraft (berechnet aus Nackenkraft des oberen Necktransducers, Kopfbeschleunigung und Kopfmasse) bestimmt.

## Mathematische Berechnung

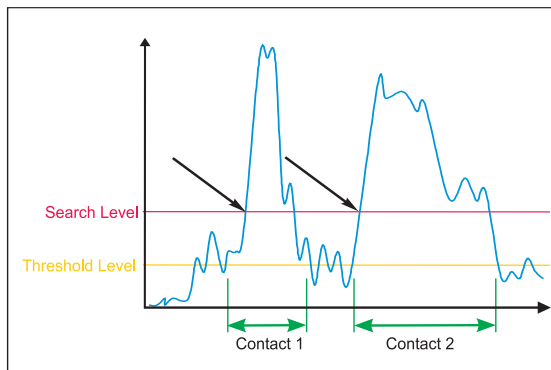
Zur Bestimmung der Kontaktintervalle muss zunächst die resultierende Kontaktkraft  $F$  berechnet werden.

$$F = \sqrt{(m \cdot a_x - F_x)^2 + (m \cdot a_y - F_y)^2 + (m \cdot a_z - F_z)^2}$$

mit	$m$	Masse des Kopfes
	$a_i$	Kopfbeschleunigung in i-Richtung
	$F_i$	obere Nackenkraft in i-Richtung

Kontaktintervalle sind alle Intervalle, in denen ein unterer Schwellwert (Threshold Level = 200 N) andauernd überschritten wird, und eine untere Vertrauensschwelle (Search Level = 500 N) mindestens einmal überschritten wird, wie folgende Abbildung zeigt.

**Abbildung 2-1. Kontaktintervalle**



Für jedes Kontaktintervall  $K_j$  wird der HIC-Wert  $HIC_j$  berechnet.

$$K_j = t_j^{beg}; t_j^{end}$$

$$HIC_j = HIC(t_1, t_2); \quad t_j^{beg} \leq t_1 < t_2 \leq t_j^{end}$$

mit  $t_j^{beg}$  Anfangszeitpunkt des Kontaktintervalls  $K_j$   
 $t_j^{end}$  Endzeitpunkt des Kontaktintervalls  $K_j$

Der HCD-Wert ist dann der maximale HIC-Wert aus allen Kontaktintervallen.

$$HCD = \max_j \{HIC_j\}$$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfbeschleunigung ( $a_x, a_y, a_z$ ) und der Nackenkräfte ( $F_x, F_y, F_z$ ) werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den HCD wie folgt:

? ? **HEAD** 00 ?? ?? **AC X A** : Head Acceleration X, CFC 1000  
 ? ? **HEAD** 00 ?? ?? **AC Y A** : Head Acceleration Y, CFC 1000  
 ? ? **HEAD** 00 ?? ?? **AC Z A** : Head Acceleration Z, CFC 1000  
 ? ? **NECK UP** ?? ?? **FO X A** : Upper Neck Force X, CFC 1000  
 ? ? **NECK UP** ?? ?? **FO Y A** : Upper Neck Force Y, CFC 1000  
 ? ? **NECK UP** ?? ?? **FO Z A** : Upper Neck Force Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J2052, 3.3
- SAE J2052, 5
- ISO/TC22/SC12/WG3 N 282 (Issued 1990-03-16)
- TRANS/SC1/WP29/GRSP/R.48/Rev.1, page 19, Annex 4, Appendix 1

# BrIC

---

BrIC ist die Abkürzung für Rotational Brain Injury Criterion.

## Beschreibung

Der BrIC-Wert schätzt das Verletzungsrisiko des Gehirns aufgrund von Drehbewegungen des Schädels ab.

## Mathematische Berechnung

Zur Bestimmung des BrIC-Werts werden die maximalen Geschwindigkeiten des Kopfes für jede Richtung durch den zugehörigen kritischen Wert dividiert und anschließend addiert. Mit der Annäherung des BrIC-Werts an den Wert 1 steigt das Verletzungsrisiko.

$$BrIC = \sqrt{\left(\frac{\max(|\omega_x|)}{\omega_{xC}}\right)^2 + \left(\frac{\max(|\omega_y|)}{\omega_{yC}}\right)^2 + \left(\frac{\max(|\omega_z|)}{\omega_{zC}}\right)^2}$$

mit	$\omega_{[x,y,z]}$	Kopfwinkelgeschwindigkeit in x-, y- und z-Richtung
	$\max( \omega_{[x,y,z]} )$	Betrag der maximalen Kopfwinkelgeschwindigkeit in x-, y- und z-Richtung
	$\omega_{[x,y,z]C}$	Kritischer Wert der Kopfwinkelgeschwindigkeit in x-, y- und z-Richtung $\omega_{xC} = 66.25 \text{ [rad/s]}$ $\omega_{yC} = 56.45 \text{ [rad/s]}$ $\omega_{zC} = 42.87 \text{ [rad/s]}$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kopfwinkelgeschwindigkeit ( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ ) werden nach CFC 60 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den BRIC wie folgt:

- ? ? **HEAD 00** ?? ?? **AV X D**: Head Angular Velocity X, CFC 60
- ? ? **HEAD 00** ?? ?? **AV Y D**: Head Angular Velocity Y, CFC 60
- ? ? **HEAD 00** ?? ?? **AV Z D**: Head Angular Velocity Z, CFC 60



## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Takhoumts, 2013
- NHTSA, Draft 2013-11-15



# Beschreibung der Halskriterien

Folgende Halskriterien für einen Frontal- und einen Heckaufprall werden in diesem Kapitel beschrieben:

## Frontalaufprall:

*MOC* — Total Moment about Occipital condyle

*MTO* — Total Moment (Lower Neck)

*Verweildauer* — Dauer der Überschreitung einer unteren Schwelle

*NIC (front impact ECE)* — Neck Injury Criterion

*NIC (front impact EuroNCAP)* — Neck Injury Criterion

*NIC (front impact FMVSS)* — Neck Injury Criterion

*NIC (IIHS)* — Neck Injury Criterion

*Nij* — Normalized Neck Injury Criterion

## Heckaufprall:

*T1max (rear impact EuroNCAP)* — Spine Injury Criterion

*NIC (rear impact)* — Neck Injury Criterion

*NIC (rear impact EuroNCAP)* — Neck Injury Criterion

*Nkm* — Neck Criterion rear impact

*LNL* — Lower Neck Load Index

# MOC

MOC ist die Abkürzung für Total Moment about Occipital Condyle.

## Beschreibung

Das Kriterium des Total Moment berechnet das Gesamtmoment bezogen auf die Momentenmessstelle.

## Mathematische Berechnung

Der Total Moment Moc-Wert für die Upper-Load-Cell berechnet sich nach SAE J1727 und SAE J1733 wie folgt:

$$M_{OCy} = M_y - (D \cdot F_x)$$

$$M_{OCx} = M_x + (D \cdot F_y)$$

mit	$MOC_i$	Total-Moment in i-Richtung [Nm]
	$F_i$	Nackenkraft in i-Richtung [N]
	$M_i$	Nackenmoment in i-Richtung [Nm]
	$D$	Abstand zwischen der Achse des Kraftaufnehmers und der Achse der Condyle

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kräfte und Momente werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Diese Filterung gilt unabhängig von den in SAE J211 definierten Filterklassen für Kräfte (siehe beispielsweise FMVSS 208 S6.6(1)).

Die folgende Tabelle listet die Hebelarme der Upper-Load-Cell für die Berechnung nach SAE J1727 in Abhängigkeit vom Dummytyp auf.

**Tabelle 3-1.** Hebelarme der Upper-Load-Cell

Dummytyp	Kraftzelle Typ Denton;FTSS;MSC	Axiale Richtungen	D[m]
Hybrid III; male 95%	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
Hybrid III; male 50%	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
	2062	3	0,008763

**Tabelle 3-1.** Hebelarme der Upper-Load-Cell (Fortsetzung)

Dummytyp	Kraftzelle Typ Denton;FTSS;MSC	Axiale Richtungen	D[m]
Hybrid III; female 5%	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
Hybrid III; 10-year	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
Hybrid III; 6-year	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
Hybrid III; 3-year	3303; IF-234; 560G/6ULN	6	0
Crabi 12; 18 Monate	2554; IF-954; 585G/6ULN	6	0,005842
TNO P1,5	2554; IF-954; 585G/6ULN	6	0,0247
Crabi 6 Monate	2554; IF-954; 585G/6ULN	6	0,0102
TNO P 3/4; P3	2331; IF-212, IF-235; 5583G/3ULN	3	0
	2587; IF-212, IF-235; 558G/6UN	6	0
ES-2	1485	3	0
	4085, IF-240; 5552G/6UN	6	0,02
TNO Q-Series	3715, IF-217; 5563G/6LN	6	0
SID-IIs	1716; IF-2564, IF-205, IF-207, IF-242; 555B/6UN	6	0,01778
BioRID	2062	3	0,008763
	4949	6	0,01778
	2564	3	0,01778
	4985	3	0,01778
WORLD SID 50%	W50-71000	6	0,0195
WORLD SID 5%	W50-71000	6	0,0195

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den MOC wie folgt:

? ? **NECK UP 00 ?? MO X B** : Upper Neck Moment X, CFC 600

? ? **NECK UP 00 ?? MO Y B** : Upper Neck Moment Y, CFC 600

? ? **NECK UP 00 ?? FO X B** : Upper Neck Force X, CFC 600

? ? **NECK UP 00 ?? FO Y B** : Upper Neck Force Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J1727,6.5
- SAE J1733
- Denton Sign Convention for Load Cells (S.A.E. J-211)

# MTO

---

MTO ist die Abkürzung für Total Moment und gilt für den Lower Neck.

## Beschreibung

Das Kriterium des Total Moment berechnet das Gesamtmoment bezogen auf die Momentenmessstelle.

## Mathematische Berechnung

Der Total Moment MTO-Wert für die Lower-Load-Cell berechnet sich nach SAE J1733 wie folgt:

$$M_{TOx} = M_x - (D_z \cdot F_y)$$

$$M_{TOy} = M_y + (D_z \cdot F_x) + (D_x \cdot F_z)$$

$$M_{TOz} = M_z - (D_x \cdot F_y)$$

mit	$M_{TOi}$	Moment in i-Richtung [Nm]
	$F_i$	Nackenkraft in i-Richtung [N]
	$M_i$	Nackenmoment in i-Richtung [Nm]
	$D$	Abstand zwischen der Achse des Kraftaufnehmers und der Achse der Condyle

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kräfte und Momente werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Diese Filterung gilt unabhängig von den in SAE J211 definierten Filterklassen für Kräfte (siehe beispielsweise FMVSS 208 S6.6(1)).

Die folgende Tabelle listet die Hebelarme  $D_x$  und  $D_z$  der Lower-Load-Cell für die Berechnung nach SAE J1733 in Abhängigkeit vom Dummytyp auf.

**Tabelle 3-2.** Hebelarme Dx und Dz der Lower-Load-Cell

Dummytyp	KraftzelleTyp Denton; FTSS	D <sub>x</sub> [m]	D <sub>z</sub> [m]
Hybrid III; male 95%	1794; IF-210, IF-219	0,0508	0,028575
	4894		
Hybrid III; male 50%	1794; IF-210, IF-219		
	4894		
Hybrid III; female 5%	1794; IF-211, IF-228, IF-238	0,04445	0,028575
	4541		
Hybrid III; 10-year	5124	0	0,0188
Hybrid III; 6-year	1794; IF-222	0,03175	0,0237236
Hybrid III; 3-year	3303	0	0,0168
CRABI 6,12,18,TNO, P1 1/2	2554LN; IF-954	0	0,0127
TNO Q1, Q3, Q6	3715	0	0
SID-IIs	1794; IF-255	0,04445	0,0254
	3166		
SID HIII	5294	0	0,0127
THOR 50%	2357	0	0,0254
THOR 5%	2357	0	0,0191
	4366		
EuroSID-1	4365; IF-221	0	0,022
	3300		
ES-2	- ; IF-221	0,04445	0,028575
BioRID	1794	0,0508	0,0254
BioRID 2	5580	0	0
BioSID	1794	0,0508	0,0254
WORLD SID	W50-1700	0	0,0145



**Hinweis** Für die verstellbaren Kraftzellen 2992, 3471 und 3717 sind spezielle Formeln zu verwenden. Weitere Informationen finden Sie in der Publikation *Denton Sign Convention for Load Cells (SAE J211) ( 27AUG02 )*.





**Hinweis** Lower Neck Load Cell of BioRID; 1794, validated in dynamic testing  
[LNL](#) .

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den MTO wie folgt:

? ? **NECK LO 00 ?? MO X B** : Lower Neck Moment X, CFC 600

? ? **NECK LO 00 ?? MO Y B** : Lower Neck Moment Y, CFC 600

? ? **NECK LO 00 ?? MO Z B** : Lower Neck Moment Z, CFC 600

? ? **NECK LO 00 ?? FO X B** : Lower Neck Force X, CFC 600

? ? **NECK LO 00 ?? FO Y B** : Lower Neck Force Y, CFC 600

? ? **NECK LO 00 ?? FO Z B** : Lower Neck Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J1727,6.6
- SAE J1733
- Denton Sign Convention for Load Cells (SAE J211)

# Verweildauer

## Time-Dependent Loading Criteria

### Beschreibung

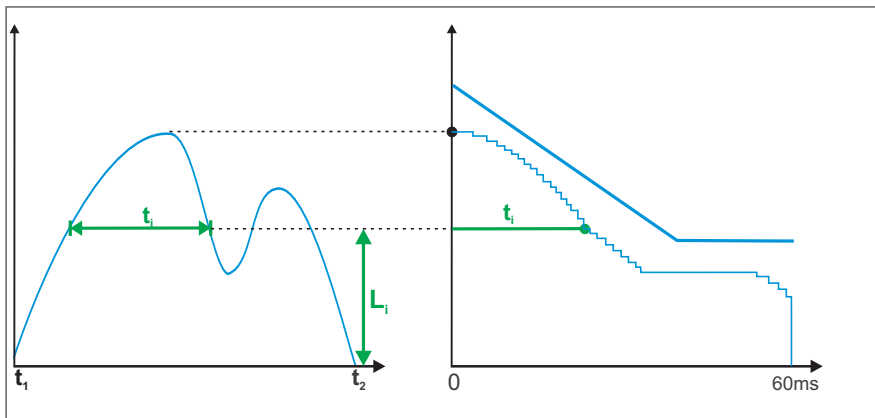
Die Verweildauer beschreibt das maximale Zeitintervall, für welches der Messwert eines Signals eine bestimmte untere Schwelle überschritten hat. Der gesuchte Wert wird entweder aus dem zusammenhängenden Zeitintervall (kontinuierliche Berechnung) oder aus der Summe aller Zeitintervalle (kumulative Berechnung) ermittelt.

### Mathematische Berechnung

#### Kontinuierliche Berechnung (SAE)

Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen dem Messwert des Signals (z. B. der einwirkenden Kraft) und seiner korrespondierenden Verweildauer wird die zeitabhängige "load criterion curve" ermittelt, die die folgende Abbildung zeigt.

**Abbildung 3-1.** Zeitabhängige Load Criterion Curve



1. Auf der Ordinate werden die Schwellwerte, auf der Abszisse die Verweildauern aufgetragen
2. Dem größten Schwellwert wird der maximale Messwert und die Verweildauer Null zugewiesen.
3. In einer Matrix mit zwei Spalten und 101 Zeilen werden in der ersten Spalte alle Schwellwerte beginnend mit dem Maximalwert gespeichert. Jeder nachfolgende Schwellwert in dieser Spalte entspricht seinem Vorgänger abzüglich des Quotienten, gebildet aus Maximalwertes geteilt durch 100. Dem Schwellwert der letzten Zeile wird Null zugewiesen.

4. Für jeden Schwellwert der ersten Spalte wird das größte zusammenhängende Zeitintervall, für welches dieser vom Messsignal überschritten wird, bestimmt. Das Zeitintervall wird mittels linearer Interpolation ermittelt und gerundet auf Millisekunden in der zweiten Spalte eingetragen.
5. Jede Zeile der so entstandenen Matrix beschreibt ein Wertepaar (Punkt) aus Schwellwert und Verweildauer - die "load criterion curve" - die in einem Koordinatensystem (criterion graph) aufgetragen und so mit der Verletzungsgrenze (injury assessment boundary) verglichen werden kann. Es werden nur Verweildauern berücksichtigt, die weniger als 60 ms betragen.
6. Zum Vergleich der "load criterion curve" mit der Verletzungsgrenze wird für jedes Wertepaar das Verhältnis von Schwellwert (load criterion value) zu Grenzwert (injury assessment boundary value) gebildet und mit 100 multipliziert. Der größte so ermittelte Wert ist der "injury assessment reference"-Wert und wird im Koordinatensystem eingetragen.

## Kumulative Berechnung (EuroNCAP)

Die Berechnung der kumulierten Werte kann bei konstanten Abtastraten auf dem folgenden Algorithmus basieren:

1. Werte absteigend sortieren
2. Wert nach (sortierten) x Millisekunden ist der gesuchte y-Wert

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J1727, 6.10
- EuroNCAP, Front Impact, 10.2.2

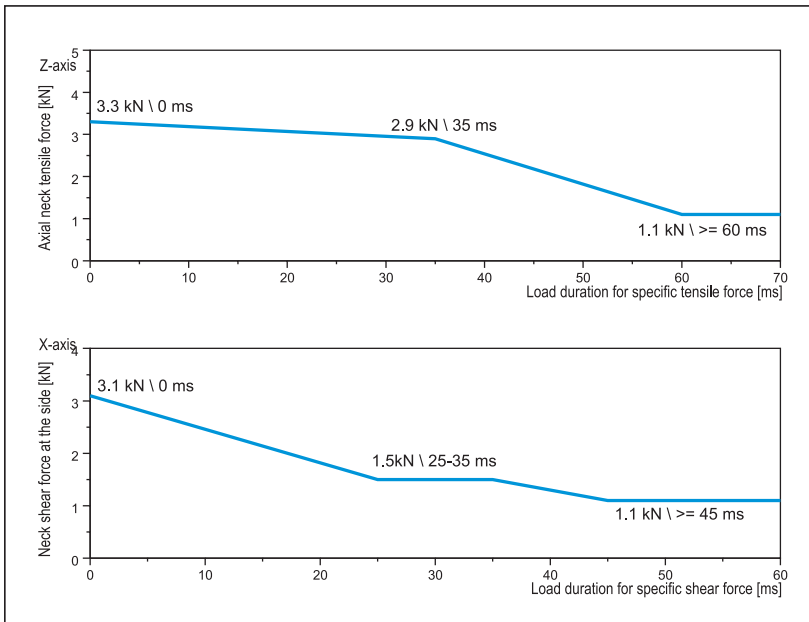
# NIC (front impact ECE)

NIC ist die Abkürzung für Neck Injury Criterion.

## Beschreibung

Die Kriterien der Nackenverletzung am Hybrid III 50% Dummy sind durch die axiale Zugkraft  $F_z(+)$  und die Scherkräfte am Übergang Kopf/Nacken  $F_x(+)$  ausgedrückt in kN sowie durch die Dauer dieser Kräfte in ms bestimmt. Die folgende Abbildung stellt diese Kräfte dar.

**Abbildung 3-2. Nackenverletzung am Hybrid III 50% Dummy**



## Mathematische Berechnung

Für alle oben genannten Signale wird die kontinuierliche Verweildauer berechnet und mit den entsprechenden Grenzwerten verglichen (siehe [Verweildauer](#)).

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Kraft  $F_z$  und der längsseitigen Scherkraft  $F_x$  werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (front impact ECE) wie folgt:

? ? **NECK UP 00 ?? FO X A** : (+)pos. Upper Neck Force X, CFC 1000

? ? **NECK UP 00 ?? FO Z A** : Upper Neck Force Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.2
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 2
- ECE-R 94, 5.2.1.2
- ECE-R 94, Anhang 4, 2
- SAE J1733

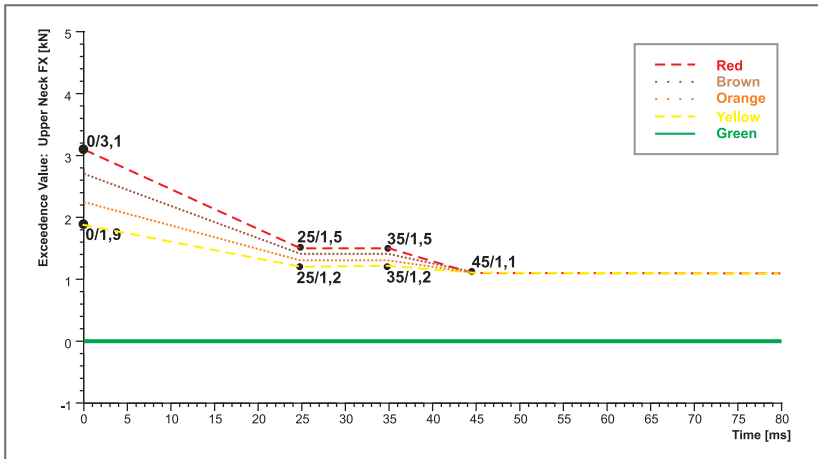
# NIC (front impact EuroNCAP)

NIC ist die Abkürzung für Neck Injury Criterion.

## Beschreibung

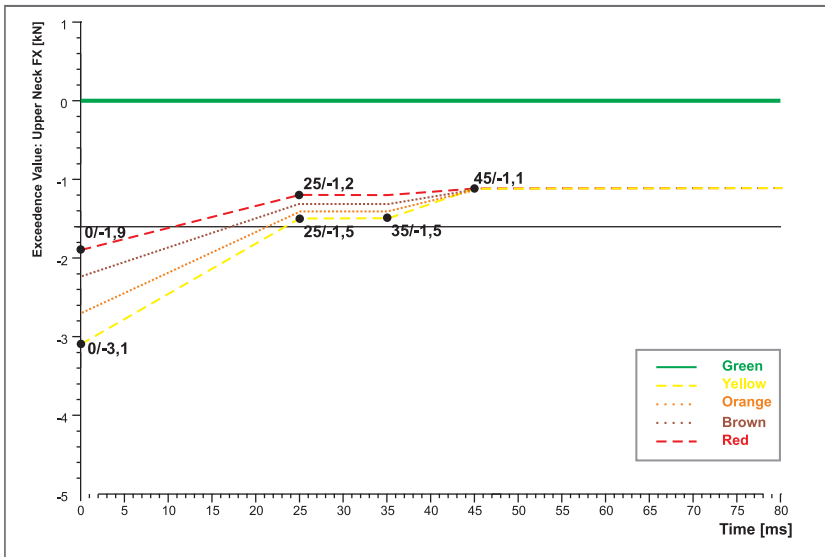
Die Kriterien der Nackenverletzung sind durch die axiale Zugkraft  $F_z(+)$ , und die Scherkräfte am Übergang Kopf/Nacken  $F_x(+)$  und  $F_x(-)$ , ausgedrückt in kN, sowie durch die Dauer dieser Kräfte in ms bestimmt. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen diese Kräfte.

**Abbildung 3-3.** Nackenverletzung durch Scherkräfte  $F_x(+)$

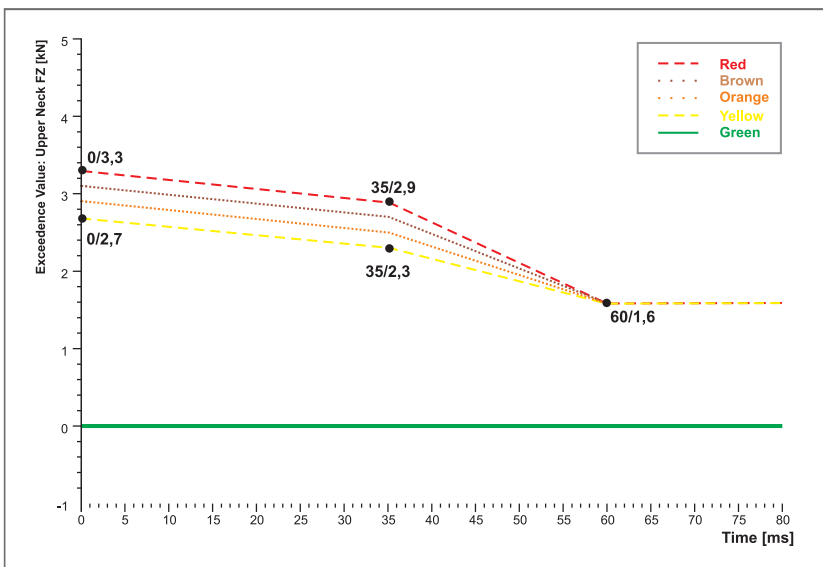


**Hinweis** Die Zwischenlinien werden aus den Grenzwerten *Lower Limit* und *Upper Limit* durch lineare Teilung ermittelt.

**Abbildung 3-4. Nackenverletzung durch Scherkräfte  $F_x(-)$**



**Abbildung 3-5. Nackenverletzung durch axiale Zugkraft  $F_z(+)$**



## Mathematische Berechnung

Für alle oben genannten Signale wird die kumulative Verweildauer berechnet und mit den entsprechenden Grenzwerten verglichen (siehe [Verweildauer](#)).

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Kraft  $F_z$  und der längsseitigen Scherkraft  $F_x$  werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (front impact EuroNCAP) wie folgt:

? ? **NECK UP 00 ?? FO X A** : Upper Neck Force X, CFC 1000

? ? **NECK UP 00 ?? FO Z A** : Upper Neck Force Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- EuroNCAP, Frontal Impact, 10.2
- SAE J1733
- EuroNCAP, Assessment Protocol and Biomechanical Limits



# NIC (front impact FMVSS)

NIC ist die Abkürzung für Neck Injury Criterion.

## Beschreibung

NIC ist das Kriterium der Nackenverletzung. Bestandteile des NIC sind (a) das Kriterium des Normalized Neck Injury Criterion (*Nij*) und (b) das Kriterium der Grenzwertüberwachungen (Peak tension und Peak compression).

## Mathematische Berechnung

Siehe *Nij*

Die folgende Tabelle gibt die einzuhaltenden Grenzwerte in Abhängigkeit vom Dummytyp an.

**Abbildung 3-6.** Einzuhaltende Grenzwerte

Position	Dummy Type	Fz [N] Peak Tension	Fz [N] Peak Compression
In position	Hybrid III; male 50%	4170	-4000
	Hybrid III; female 5%	2620	-2520
	Hybrid III; 6-year	1490	-1820
	Hybrid III; 3-year	1130	-1380
	CRABI; 12 months	780	-960
Out of position	Hybrid III; female 5%	2070	-2520

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte für die Grenzwertüberwachung werden nach CFC 600 gefiltert (siehe *CFC-Filter*).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (front impact FMVSS) wie folgt:

? ? **NECK UP 00 ?? FO Z B** : Upper Neck Force Z, CFC 600

? ? **NECK UP 00 ?? MO Y A** : Upper Neck Moment Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 208 (Mai 2000), S6.6 (b)(c); (HyIII-50%)
- FMVSS 208 (Mai 2000), S15.3.6 (b)(c); (HyIII-5%)
- FMVSS 208 (Mai 2000), S19.4.4 (b)(c); (HyIII-12M)
- FMVSS 208 (Mai 2000), S21.5.5 (b)(c); (HyIII-3-year)
- FMVSS 208 (Mai 2000), S23.5.5 (b)(c); (HyIII-6-year)
- FMVSS 208 (Mai 2000), S25.4 (b)(c); (HyIII-5% Out of position)

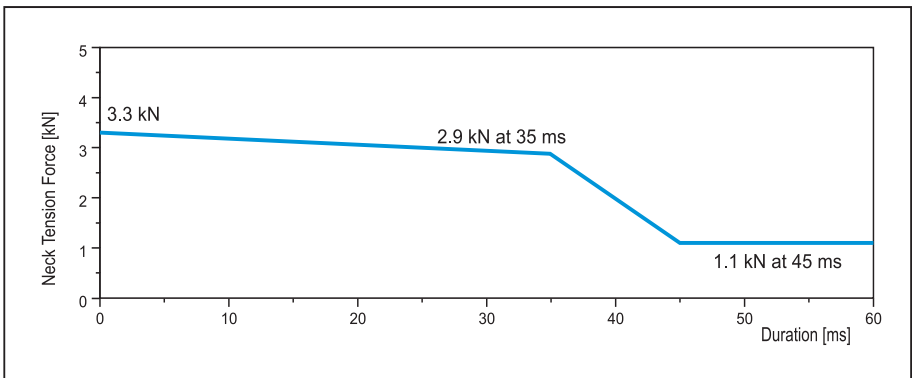
# NIC (IIHS)

Diese Beschreibung des Neck Injury Criterion (NIC) stammt aus den Guidelines for Rating Injury Measures des Insurance Institute for Highway Safety (IIHS).

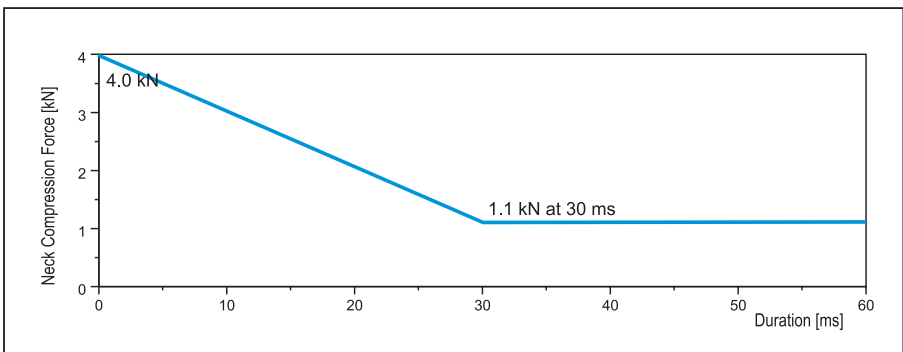
## Beschreibung

Die Kriterien der Nackenverletzung am Hybrid III 50% Dummy sind durch die axiale Zugkraft  $F_z$  (+) und die Scherkräfte am Übergang Kopf/Nacken  $F_x$  (+) ausgedrückt in kN sowie durch die Dauer dieser Kräfte in ms bestimmt. Die folgenden Abbildungen stellen diese Kräfte dar. Die Kurven stellen die Grenze des Good Rating dar: Werte unterhalb der Kurven werden als gut und oberhalb der Kurven als akzeptabel gewertet.

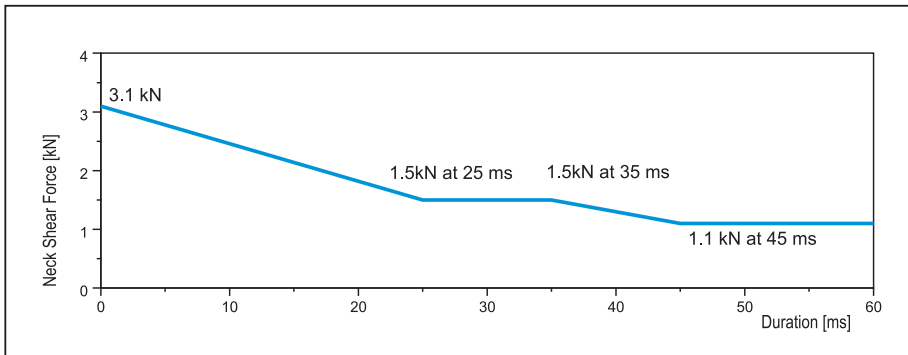
**Abbildung 3-7.** Force Duration Corridor for Neck Tension Force



**Abbildung 3-8.** Force Duration Corridor for Neck Compression Force



**Abbildung 3-9.** Force Duration Corridor for Neck Shear Force



## Mathematische Berechnung

Für alle oben genannten Signale wird die kontinuierliche Verweildauer berechnet und mit den entsprechenden Grenzwerten verglichen (siehe [Verweildauer](#)).

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Kraft  $F_z$  und der längsseitigen Scherkraft  $F_x$  werden nach CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (IIHS) wie folgt:

- ? ? **NECK UP 00 ?? FO X A** : (+)pos. Upper Neck Force X, CFC 1000
- ? ? **NECK UP 00 ?? FO X A** : (-)neg. Upper Neck Force X, CFC 1000
- ? ? **NECK UP 00 ?? FO Z A** : Upper Neck Force Z, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- IIHS, Frontal Offset Crashworthiness Evaluation, Head and Neck, Figure 1-3
- SAE J1727 6.10

# Nij

Nij ist die Abkürzung für Normalized Neck Injury Criterion und entspricht den 4 Nackenkriterien (Neck Injury Predictor) NTE (tension-extension), NTF (tension-flexion), NCE (compression-extension), NCF (compression-flexion).

## Beschreibung

Die Kriterien der Nackenverletzung sind durch die axiale Druckkraft, die axiale Zugkraft und die Scherkräfte am Übergang Kopf/Nacken, ausgedrückt in kN, sowie durch die Dauer dieser Kräfte in ms bestimmt. Das Kriterium des Nackenbiegemoments wird durch das Biegemoment, ausgedrückt in Nm, um eine laterale Achse am Übergang Kopf/Nacken bestimmt und aufgezeichnet.

## Mathematische Berechnung

Der  $N_{ij}$ -Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$Nij = \frac{F_z}{F_{zc}} + \frac{M_{OCy}}{M_{yc}}$$

- mit
- $F_z$

Kraft am Übergang Kopf/Nacken
- $F_{zc}$
- Kritische Kraft
- $M_{OCy}$
- Total Moment (siehe [MOC](#))
- $M_{yc}$
- Kritisches Moment

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Zugkraft und Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Die Berechnung des Total Moment erfolgt entsprechend [MOC](#).

Bei Berechnung der Kriterien sind bestimmte Kräfte und Momente auf Null zu setzen. Es handelt sich dabei um eine UND-Bedingung, d.h., wenn einer der beiden Summanden Null wird, wird die Bedingung ebenfalls Null. Die folgende Tabelle listet die Abhängigkeiten zwischen Kräfte und Momente auf.

Tabelle 3-3. Abhängigkeiten zwischen Kräfte und Momente

Kriterium Nij	Kräfte	Momente
N <sub>CF</sub>	Compression (Druckkraft) F<0	Flexion (Vorwärtsbeugung) M>0
N <sub>CE</sub>		Extension (rückwärtige Streckung) M<0

**Tabelle 3-3.** Abhängigkeiten zwischen Kräfte und Momente (Fortsetzung)

Kriterium Nij	Kräfte	Momente
N <sub>TF</sub>	Tension (Zugkraft) F>0	Flexion (Vorwärtsbeugung) M>0
N <sub>TE</sub>		Extension (rückwärtige Streckung) M<0

Die folgende Tabelle gibt für den “in position test” die kritischen Kräfte F<sub>zc</sub> und Momente M<sub>yc</sub> in Abhängigkeit vom Dummytyp an.

**Tabelle 3-4.** Kritische Kräfte und Momente für “in position test”

Dummy Type	F <sub>zc</sub> [N] Tension	F <sub>zc</sub> [N]* Compression	M <sub>yc</sub> [Nm] Flexion	M <sub>yc</sub> [Nm]* Extension
Hybrid III; male 50%	6806	-6160	310	-135
Hybrid III; female 5%	4287	- 3880	155	- 67

\*Die negativen Vorzeichen von F<sub>zc</sub> und M<sub>yc</sub> ergeben positive Nij-Werte (Signalpolarität gem. SAE J211 und SAE J1733).

Die folgende Tabelle gibt für den “out of position test” die kritischen Kräfte F<sub>zc</sub> und Momente M<sub>yc</sub> in Abhängigkeit vom Dummytyp an.

**Tabelle 3-5.** Kritische Kräfte und Momente für “out of position test”

Dummy Type	F <sub>zc</sub> [N] Tension	F <sub>zc</sub> [N]* Compression	M <sub>yc</sub> [Nm] Flexion	M <sub>yc</sub> [Nm]* Extension
Hybrid III; female 5%	3880	-3880	155	-61
Hybrid III; 6-year	2800	-2800	93	-37
Hybrid III; 3-year	2120	-2120	68	-27
Hybrid III; 12 months	1460	-1460	43	-17

\*Die negativen Vorzeichen von F<sub>zc</sub> und M<sub>yc</sub> ergeben positive Nij-Werte (Signalpolarität gem. SAE J211 und SAE J1733).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIJ wie folgt:

? ? NECK UP 00 ?? FO Z B : Upper Neck Force Z, CFC 600

? ? NECK UP 00 ?? MO Y B : Upper Neck Moment Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 208 (Mai 2000), S6.6
- FMVSS 208 (Mai 2000), S15.3.6
- FMVSS 208 (Mai 2000), S19.4.4
- FMVSS 208 (Mai 2000), S21.5.5
- FMVSS 208 (Mai 2000), S23.5.5
- SAE J1727, 6.7

## Veröffentlichungen:

- Supplement: Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems-II; Rolf Eppinger, Emily Sun, Shashi Kuppa (NTBRC) and Roger Saul (VRTC); March 2000 NHTSA

# T1max (rear impact EuroNCAP)

---

T1max ist die maximale mittlere Beschleunigung des ersten Brustwirbels.

## Beschreibung

Das Kriterium T1max bei einem Heckaufprall ist durch die mittlere Beschleunigung zwischen der linken und rechten Beschleunigung des ersten Brustwirbels bestimmt.

## Mathematische Berechnung

Der T1max-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$Tl_{\max} = \underset{T-HRC_{(end)}}{Max} \quad Tl(t)$$

$$Tl(t) = \frac{Tl_{\text{left}}(t) + Tl_{\text{right}}(t)}{2}$$

mit	$Tl_{\text{left}}(t)$	Beschleunigung linksseitig des ersten Brustwirbels
	$Tl_{\text{right}}(t)$	Beschleunigung rechtsseitig des ersten Brustwirbels

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der T1-Beschleunigungen werden nach CFC 60 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Der T1max-Wert bestimmt und dokumentiert den Maximalwert der T1-Beschleunigung eines Intervalls von  $t_0$  nach Start der Schlittenbeschleunigung und  $T-HRC_{(end)}$ . Der  $T-HRC_{(end)}$ -Wert ist der Endwert des Kontaktintervalls.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den T1max wie folgt:

? ? **THSP 01 LE BR AC X D** : Thoracic Spine left Acceleration X, CFC 60

? ? **THSP 01 RI BR AC X D** : Thoracic Spine right Acceleration X, CFC 60

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- EuroNCAP, The Dynamic Assessment of Car Seats for Neck Injury Protection Testing Protocol, 12.2



# NIC (rear impact)

NIC ist die Abkürzung für Neck Injury Criterion.

## Beschreibung

Das Kriterium der Nackenverletzung bei einem Heckaufprall ist durch die relative Beschleunigung zwischen der unteren und oberen Nackenbeschleunigung ausgedrückt in  $\text{m/s}^2$  und der relativen Geschwindigkeit in  $\text{m/s}$  bestimmt.

## Mathematische Berechnung

Der NIC-Wert (dimensionslos) berechnet sich nach folgender Formel:

$$NIC = a_{relative} \cdot 0.2 + v_{relative}^2$$

mit:

$$a_{relative} = a_x^{Tl} - a_x^{Head}$$

$$v_{relative} = \int a_{relative}$$

und	$a_x^{Tl}$	Beschleunigung in x-Richtung des ersten Brustkorbwirbels in $[\text{m/s}^2]$
	$a_x^{Head}$	Beschleunigung in x-Richtung gemessen in der Höhe des c.o.g. of the head $[\text{m/s}^2]$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigungen werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Der  $NIC_{max}$ -Wert bestimmt und dokumentiert den Maximalwert des NICs innerhalb eines Intervalls von 150 ms nach Start der Schlittenbeschleunigung. Wenn der Kopf nach Kontakt mit der Kopfstütze die Richtung der relativen Bewegung zu einem Zeitpunkt innerhalb des 150 ms-Zeitintervalls ändert, soll dieser Zeitpunkt das NIC-Intervall für die Bestimmung des  $NIC_{max}$ -Wert begrenzen.



**Hinweis** Das Ergebnis der NIC-Berechnung ergibt einen dimensionslosen Wert.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (rear impact) wie folgt:

? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X C** : Head Acceleration X, CFC 180

? ? **SPIN** 01 00 ?? **AC X C** : Spine Acceleration X, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

Es handelt sich um ein in der Forschung befindliches Verletzungskriterium.

### Veröffentlichungen:

- A SLED TESTS PROCEDURE PROPOSAL TO EVALUATE THE RISK OF NECK INJURY IN LOW SPEED REAR IMPACTS USING A NEW NECK INJURY CRITERION (NIC); Paper no. 98-S7-O-07; Ola Boström, Yngve Håland, Rikard Fredriksson, Autoliv Research Sweden, Mats Y Svensson Hugo Mellander, Chalmers University of Technology Sweden; 16 th ESV Conference; June 1-4, 1998 Windsor Canada
- EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF THE NECK INJURY CRITERION (NIC) IN REAR END IMPACTS ON THE BASIS OF HUMAN SUBJECT TESTS; A.Eichberger, H. Steffan, B.Geigl, M.Svensson, O. Boström, P.E. Leinzinger, M.Darok; IRCOBI Conference – Göteborg, September 1998
- Proposal for the ISO/TC22N2071, ISO/TC22/SC10 (Collision Test Procedures): TEST PROCEDURE FOR THE EVALUATION OF THE INJURY RISK TO THE CERVICAL SPINE IN A LOW SPEED REAR END IMPACT; M. Muser, H. Zellmer, F. Walz, W. Hell, K. Langwieder, K. Steiner, H. Steffan; Rear end impact test procedure, working draft 5, 05/2001
- SAE J1727, 6.8

# NIC (rear impact EuroNCAP)

NIC ist die Abkürzung für Neck Injury Criterion.

## Beschreibung

Das Kriterium der Nackenverletzung bei einem Heckaufprall ist durch die relative Beschleunigung zwischen der unteren und oberen Nackenbeschleunigung ausgedrückt in  $\text{m/s}^2$  und der relativen Geschwindigkeit in  $\text{m/s}$  bestimmt.

## Mathematische Berechnung

Der NIC-Wert (dimensionslos) berechnet sich nach folgender Formel:

$$NIC_{max} = \underset{T-HRC(end)}{Max} [NIC(t)]$$

$$NIC(t) = 0.2 \gamma_x^{rel}(t) + [V_x^{rel}(t)]^2$$

$$\gamma_x^{rel} = \gamma_x^{T1} - \gamma_x^{Head}$$

$$V_x^{rel} = \int_0^t \gamma_x^{rel}(\tau) d\tau$$

mit	$\gamma_x^{rel}$	Relative Beschleunigung zwischen Kopf und dem ersten Brustwirbel T1 in $[\text{m/s}^2]$
	$\gamma_x^{T1}$	Beschleunigung in x-Richtung gemessen am ersten Brustwirbel T1 in $[\text{m/s}^2]$
	$\gamma_x^{Head}$	Beschleunigung in x-Richtung gemessen am Kopf in $[\text{m/s}^2]$
	$V_x^{rel}(t)$	Relative Geschwindigkeit zwischen Kopf und dem ersten Brustwirbel T1 in $[\text{m/s}]$
	$NIC(t)$	Kanal des Nackenkriteriums
	$NIC_{max}$	Maximales Nackenkriterium
	$T-HRC_{(end)}$	Ende des Kontaktintervalls - Head Restrain Contact Time

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigungen werden nach CFC 180 gefiltert (siehe *CFC-Filter*). Der  $NIC_{max}$ -Wert bestimmt und dokumentiert den Maximalwert des NICs innerhalb eines Intervalls von  $t_0$  nach Start der Schlittenbeschleunigung und  $T-HRC_{(end)}$ . Der  $T-HRC_{(end)}$ -Wert ist der Endwert des Kontaktintervalls.



**Hinweis** Das Ergebnis der NIC-Berechnung ergibt einen dimensionslosen Wert.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NIC (rear impact) wie folgt:

? ? **THSP 01 AV BR AC X D** : Thoracic spine average acceleration X, CFC 60

? ? **T1XA AV SI BR AC X D** : *T1max (rear impact EuroNCAP)* selected interval, CFC 60

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- EuroNCAP, The Dynamic Assessment of Car Seats for Neck Injury Protection Testing Protocol, 12.5

# Nkm

Nkm entspricht den 4 Nackenkriterien  $N_{fa}$  (flexion-anterior),  $N_{ea}$  (extension-anterior),  $N_{fp}$  (flexion-posterior) und  $N_{ep}$  (extension-posterior).

## Beschreibung

Die Kriterien der Nackenverletzung für den Heckaufprall werden durch die Addition der normierten Scherkräfte  $F_x$  und der normierten korrigierten Biegemomente (siehe [MOC](#)) berechnet.

## Mathematische Berechnung

Der Nkm-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$Nkm(t) = \frac{F_x(t)}{F_{int}} + \frac{M_{OCy}(t)}{M_{int}}$$

mit	$F_x$	Kraft am Übergang Kopf/Nacken
	$F_{int}$	Kopfbeschleunigung in i-Richtung
	$F_i$	Kritische Kraft
	$M_{OCy}$	Total Moment (siehe <a href="#">MOC</a> )
	$M_{int}$	Kritisches Moment

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Zugkraft werden nach CFC 600 gefiltert. Die Messwerte des Biegemoments und der längsseitigen Scherkraft werden ebenfalls nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

Bei Berechnung der Kriterien sind bestimmte Kräfte und Momente auf Null zu setzen. Es handelt sich dabei um eine UND-Bedingung, d.h., wenn einer der beiden Summanden Null wird, wird die Bedingung ebenfalls Null. Die folgende Tabelle listet die Abhängigkeiten zwischen Kräfte und Momente auf.

**Tabelle 3-6.** Kräfte und Momente

Kriterium $N_{km}$	Kräfte	Momente
$N_{fa}$	anterior (Kopf rückwärts, Rumpf vorwärts) $F_x > 0$	Flexion (Vorwärtsbeugung) $M_y > 0$
$N_{ea}$		Extension (rückwärtige Streckung) $M_y < 0$

**Tabelle 3-6.** Kräfte und Momente (Fortsetzung)

Kriterium $N_{km}$	Kräfte	Momente
$N_{fp}$	posterior (Kopf vorwärts, Rumpf rückwärts) $F_x < 0$	Flexion (Vorwärtsbeugung) $M_y > 0$
$N_{ep}$		Extension (rückwärtige Streckung) $M_y < 0$

Die folgende Tabelle listet die kritischen Kräfte  $F_{int}$  und Momente  $M_{int}$  für den Dummytyp Hybrid III; male 50% auf.

**Tabelle 3-7.** Kräfte und Momente für Hybrid III

Moment	Kraft
Positive Shear $F_{int}$	845 N
Negative Shear* $F_{int}$	-845 N
Flexion $M_{int}$	88,1 Nm
Extension* $M_{int}$	-47,5 Nm

\* Die negativen Vorzeichen von  $F_{int}$  und  $M_{int}$  ergeben positive Nkm-Werte (Signalpolarität gem., SAE J211 und SAE J1733).

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Arbeitsgruppe für Unfallmechanik [www.agu.ch](http://www.agu.ch)

## Veröffentlichungen

- A NEW NECK INJURY CRITERION CANDIDATE FOR REAR-END COLLISIONS TAKING INTO ACCOUNT SHEAR FORCES AND BENDING MOMENTS (Schmitt, Muser, Niederer) ESV Conference 2001, Amsterdam NL

# LNL

LNL ist die Abkürzung für Lower Neck Load-Index.

## Beschreibung

Das Risiko eines Schadens für die untere Halswirbelsäule beim Heckaufprall ist am größten, wenn die Kräfte und Momente gleichzeitig wirken.

## Mathematische Berechnung

Der LNL-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$LNL-index(t) = \frac{\sqrt{My_{lower}(t)^2 + Mx_{lower}(t)^2}}{C_{moment}} + \frac{\sqrt{Fx_{lower}(t)^2 + Fy_{lower}(t)^2}}{C_{shear}} + \left| \frac{Fz_{lower}(t)}{C_{tension}} \right|$$

mit	$My_{lower}$	Moment in y-Richtung
	$Mx_{lower}$	Moment in x-Richtung
	$C_{moment}$	Kritisches Moment
	$Fx_{lower}$	Kraft in x-Richtung
	$Fy_{lower}$	Kraft in y-Richtung
	$C_{shear}$	Kritische Kraft
	$Fz_{lower}$	Kraft in z-Richtung
	$C_{tension}$	Kritische Kraft



**Hinweis** Die Formel hat Gültigkeit für die Lower Neck Load-Cell des RID2 und Hybrid III.

- Das Ergebnis  $My$  ist beim Hybrid III mit den Kraftzellen Denton 1794, FMVSS IF-210 und IF-219, MSC 4894 mit folgender Formel zu korrigieren.

$$My_{lowercorrected} = My_{lower} + (0.028575 \cdot Fx_{lower}) + (0.0508 \cdot Fz_{lower})$$

- Das Moment  $My$  darf beim RID2 nicht korrigiert werden.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Kräfte und Momente werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)). Diese Filterung gilt unabhängig von den in SAEJ211 definierten Filterklassen. (Vergleiche FMVSS208 unter Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften von [Nij](#)).

Die folgende Tabelle listet die kritischen Kräfte und Momente für den Dummytyp RID2 auf.

**Tabelle 3-8. Kräfte und Momente für RID2**

Moment	Kraft
$C_{\text{moment}}$	15 [Nm]
$C_{\text{shear}}$	250 [N]
$C_{\text{tension}}$	900 [N]

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den LNL wie folgt:

- ? ? **NECKLO 00 H3 FO X B** : Neck low H3-50th force X, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 H3 FO Y B** : Neck low H3-50th force Y, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 H3 FO Z B** : Neck low H3-50th force Z, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 H3 MO X B** : Neck low H3-50th moment X, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 H3 MO Y B** : Neck low H3-50th moment Y, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 R2 FO X B** : Neck low RID2 force X, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 R2 FO Y B** : Neck low RID2 force Y, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 R2 FO Z B** : Neck low RID2 force Z, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 R2 MO X B** : Neck low RID2 moment X, CFC 600
- ? ? **NECKLO 00 R2 MO Y B** : Neck low RID2 moment Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J1727, 6.9
- SAE J1733
- Denton Sign Convention for Load Cells
- AN EVALUATION OF EXISTING AND PROPOSED INJURY CRITERIA WITH VARIOUS DUMMIES TO DETERMINE THEIR ABILITY TO PREDICT THE LEVELS OF SOFT TISSUE NECK INJURY SEEN IN REAL WORLD ACCIDENTS; Frank Heitplatz et al; ESV Conference 2003



---

# Beschreibung der Brustkriterien

Folgende Brustkriterien werden beschrieben:

- *VC* — Viscous Criterion (Eindrucksgeschwindigkeit)
- *THPC* — Thorax Performance Criterion
- *TTI(d)* — Thoracic Trauma Index (Thorax Trauma Index)
- *ThAC* — Thorax Acceptability Criterion
- *CTI* — Combined Thoracic Index
- *ThCC oder TCC* — Thoracic Compression Criterion
- *RDC* — Rib Deflection Criterion
- *CDR (TWG)* — Chest Deflection (Compression) Rate bei Seitenaufprall
- *Chest Deflection* — Chest Deflection (Compression) bei Frontalaufprall

# VC

VC ist die Abkürzung für Viscous Criterion (Eindrückgeschwindigkeit), auch als Soft Tissue Criterion (Kriterium der Weichteilbelastung) bezeichnet.

## Beschreibung

VC ist ein Verletzungskriterium für den Brustbereich. Der VC-Wert [m/s] ist das Maximum der Eindrückung des momentanen Produkts aus der Thoraxdeformationsgeschwindigkeit und der Thoraxdeformation. Beide Größen werden durch die Messung der Rippeneindrückung (Seitenaufprall) oder der Brustbeineindrückung (Frontalaufprall) bestimmt.



**Hinweis** Bei der Berechnung ist ausschließlich die Eindrückung zu berücksichtigen.

## Mathematische Berechnung

Der VC-Wert berechnet sich nach folgenden Formeln:

Nach ECE-R94, ECE-R95 und EuroNCAP (Frontal und Seitenaufprall)

$$VC = Scaling\ factor \cdot \frac{Y_{CFC180}}{Defkonst} \cdot \frac{dY_{CFC180}}{dt}$$

Nach SAE J1727 (Frontalaufprall)

$$VC = Scaling\ factor \cdot \frac{Y_{CFC600}}{Defkonst} \cdot \frac{dY_{CFC600}}{dt}$$

mit	$Y$	Thoraxdeformation [m]
	$dY_{CFCxxx}/dt$	Deformationsgeschwindigkeit
	$Scaling\ factor$	Skalierungsfaktor (siehe Bestimmung der Eingangsgrößen)
	$Defkonst$	Dummykonstante, d.h. Tiefe bzw. Breite des halben Brustkorbs [mm] (siehe Bestimmung der Eingangsgrößen)

Die Deformationsgeschwindigkeit berechnet sich nach ECE-R94:

$$\frac{dY[t]_{CFC180}}{dt} = V[t] = \frac{8(Y[t+\Delta t]-Y[t-\Delta t])-(Y[t+2\Delta t]-Y[t-2\Delta t])}{12\Delta t}$$

mit  $\Delta t$  Zeitintervall zwischen den einzelnen Messungen in Sekunden



**Hinweis** Im Bedarfsfall kann die Brust- bzw. Rippen-Eindrückung/Geschwindigkeit auch über die Differenz gegenüberliegender Beschleunigungssignale durch Integration berechnet werden. Diese Vorgehensweise entspricht keiner der aufgeführten Gesetze und Richtlinien.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Angaben zur Filterung der Eingangsgrößen entnehmen Sie der Mathematischen Berechnung.

Die folgende Tabelle gibt den Skalierungsfaktor und die Deformationskonstante (Dummykonstanten) abhängig vom Dummytyp nach SAE J1727 and H.J. Mertz an.

**Tabelle 4-1.** Skalierungsfaktor und Deformationskonstante

Dummytyp	Skalierungsfaktor	Deformationskonstante [mm]
Hybrid III; male 95%	1,3	254
Hybrid III; male 50%	1,3	229
Hybrid III; female 5%	1,3	187
Hybrid III; 10 years	1,3	166
Hybrid III; 6 years	1,3	143
Hybrid III; 3 years	1,3	122
BioSID	1,0	175
EuroSID-1	1,0	140
ES-2	1,0	140
SID-IIs	1,0	138

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den VC wie folgt:

? ? **CHST** ?? 00 ?? **DS X B** : Frontal Impact DS, Chest Displacement X, CFC 600

? ? **SPIN** ?? 00 ?? **AC X ?** : Frontal Impact AC, Spinal Acceleration X

- ? ? **STRN** ?? 00 ?? **AC X** ? : Frontal Impact AC; Sternum Acceleration X
- ? ? **RIBS** ?? **UP** ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Upper Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS** ?? **MI** ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Middle Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS** ?? **LO** ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Lower Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **TRRI** ?? 01 ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Thorax Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **TRRI** ?? 02 ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Thorax Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **TRRI** ?? 03 ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Thorax Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **ABRI** ?? 01 ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Abdominal Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **ABRI** ?? 02 ?? **DS Y C** : Side Impact DS, Abdominal Rib Displacement Y, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R94, Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.5
- ECE-R94, Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 6.1-6.2
- ECE-R94, 5.2.1.4
- ECE-R94, Anhang 4, 3.2
- ECE-R94, Anhang 4, 6
- ECE-R95, 5.2.1.2 b)
- ECE-R95, Anhang 4, Anlage 1, 2.2
- ECE-R95, Anhang 4, Anlage 2
- Richtlinie 96/27 EG Anhang 2, 3.2.1.2 b)
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 1, 2.2
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 2
- SAE J211, 9.4.3
- SAE J1727, 6.12.1.3
- SAE J1727, 6.12.2
- EuroNCAP, Front Impact, 10.3
- EuroNCAP, Side Impact, 10.3
- H.J. Mertz, Injury Risk Assessments Based on Dummy Responses

# THPC

---

THPC ist die Abkürzung für Thorax Performance Criterion.

## Beschreibung

THPC ist das Kriterium der Brustkorbbelastung im Falle eines Seitenaufpralls. Bestandteile des THPC sind das Kriterium der Durchbiegung der Rippen (RDC) und das Kriterium der Weichteilbelastung (VC).

## Mathematische Berechnung

Siehe [RDC](#) und [VC](#).

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Siehe [RDC](#) und [VC](#).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den THPC wie folgt:

? ? **VCCR** ?? ?? ?? **VE Y X** : Viscous Criterion, Velocity Y

? ? **RDCR** ?? ?? ?? **DS Y X** : Rib Deflection Criterion, Displacement Y

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R95, 5.2.1.2
- ECE-R95, Anhang 4, Anlage 1, 2
- Richtlinie 96/27 EG Anhang 2, 3.2.1.2
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 1, 2
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 2

# TTI(d)

TTI(d) ist die Abkürzung für Thoracic Trauma Index (Thorax Trauma Index).

## Beschreibung

Der Thorax-Trauma-Index stellt ein Verletzungskriterium für den Brustbereich im Falle eines Seitenaufpralls dar. Der TTI(d) ist der Mittelwert aus der lateralen Maximalbeschleunigung der unteren Wirbelsäule (12. Wirbelsäulensegment) und dem größeren Wert der Maximalbeschleunigung der oberen (8.) bzw. unteren (4.) Rippe.

## Mathematische Berechnung

Der TTI-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$TTI(d) = \frac{A(max. rib) + A(lwr. spine)}{2}$$

$$A(max. rib) = \max \{ A(upr. rib), A(lwr. rib) \}$$

mit	$A(upr. rib)$	Maximalbeschleunigung der oberen Rippe; [g]
	$A(lwr. rib)$	Maximalbeschleunigung der unteren Rippe; [g]
	$A(max. rib)$	Maximum von $A(upr. rib)$ und $A(lwr. rib)$ ; [g]
	$A(lwr. spine)$	Maximalbeschleunigung der unteren Wirbelsäule; [g]

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Vorverarbeitung der Beschleunigungsdaten der einzelnen Sensoren (siehe [CFC-Filter](#)):

1. Filtern mit CFC 180
2. Reduzieren der Abtastrate auf 1600 Hz
3. Entfernen des Gleichanteils (remove bias)
4. Filtern mit FIR 100
5. Übertragen der reduzierten Abtastrate auf die Originalabtastrate (oversampling, nur SAE)

Die Beschleunigungswerte müssen aufgrund der Vorzeichenregeln in SAE J1733 positive absolute Maximalwerte aufweisen. Wenn Versuchsdaten mit negativen abs. Maximalwerten ausgewertet werden sollen, müssen die Messdaten zuerst invertiert werden.

Die Berechnung sollte auf den Original-Messdaten und nicht auf ausgeschnittenen Daten erfolgen, da die Digitalen Filter sonst unterschiedliche Einschwingverhalten zeigen.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den TTI(d) wie folgt:

? ? **RIBS** ?? **UP** ?? **AC Y C** : Upper Ribs Acceleration Y, CFC 180

? ? **RIBS** ?? **LO** ?? **AC Y C** : Lower Ribs Acceleration Y, CFC 180

? ? **SPIN 12** ?? **SI AC Y C** : Spinal Acceleration Y, CFC 180

? ? **SPIN 12** ?? **E1 AC Y C** : Spinal Acceleration Y, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 214, S5.1
- FMVSS 214, S6.13.5
- SAE J1727, 6.13

# ThAC

---

ThAC ist die Abkürzung für Thorax Acceptability Criterion.

## Beschreibung

Dieses Kriterium ist bestimmt durch den Absolutwert der Beschleunigung ausgedrückt in Einheiten der Erdbeschleunigung und der Beschleunigungsdauer ausgedrückt in Millisekunden [ms].

## Mathematische Berechnung

Siehe *Xms*.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Der Messwert der Beschleunigung wird nach CFC 180 gefiltert (siehe *CFC-Filter*).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den ThAC wie folgt:

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC X C** : Chest Acceleration X, CFC 180

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Y C** : Chest Acceleration Y, CFC 180

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Z C** : Chest Acceleration Z, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R80, Anlage 1, 1.1.2.1.2
- ECE-R80, Anlage 4, 2



# CTI

CTI ist die Abkürzung für Combined Thoracic Index.

## Beschreibung

Der Combined Thoracic Index stellt ein Verletzungskriterium für den Brustbereich im Falle eines Frontalaufpralls dar. Der CTI ist der bewertete 3 ms-Wert aus der resultierenden Beschleunigung des Rückgrats und der Durchbiegung der Brust.

## Mathematische Berechnung

Der CIT-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$CTI = \left( \frac{A_{max}}{A_{int}} \right) + \left( \frac{D_{max}}{D_{int}} \right)$$

mit	$A_{max}$	3 ms-Wert (single Peak) der resultierenden Beschleunigung des Rückgrats [g]
	$A_{int}$	Kritische 3 ms-Werte [g]
	$D_{max}$	Durchbiegung der Brust [mm]
	$D_{int}$	Kritische Durchbiegung [mm]

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigung werden nach CFC 180 und die Messwerte der Verlagerung nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

Die folgende Tabelle gibt den kritischen 3 ms  $A_{int}$  und die kritische Durchbiegung  $D_{int}$  in Abhängigkeit vom Dummytyp an.

**Tabelle 4-2.** Kritische 3 ms  $A_{int}$  und kritische Durchbiegung  $D_{int}$

Dummy Type	$A_{int}$ [g]	$D_{int}$ [mm]
Hybrid III; male 50%	85	102
Hybrid III; female 5%	85	83
Hybrid III; 6-year	85	63
Hybrid III; 3-year	70	57
CRABI 12 Monate	55	49

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den CTI wie folgt:

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC X C** : Chest Acceleration X,CFC 180

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Y C** : Chest Acceleration Y,CFC 180

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Z C** : Chest Acceleration Z,CFC 180

? ? **CHST** ?? ?? ?? **DS X B** : Chest Displacement X,CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften



**Hinweis** Dieses Kriterium ist nicht in die endgültige Normung übernommen worden!

- FMVSS 208 proposal (September 1998), S6.6
- FMVSS 208 proposal (September 1998), S15.3
- FMVSS 208 proposal (September 1998), S19.4
- FMVSS 208 proposal (September 1998), S21.5
- FMVSS 208 proposal (September 1998), S23.5

# ThCC oder TCC

---

ThCC oder TCC ist die Abkürzung für Thoracic Compression Criterion.

## Beschreibung

ThCC ist das Kriterium der Brustkorbeindrückung zwischen dem Brustbein und der Wirbelsäule und wird durch den absoluten Wert der Brustkorbverformung, ausgedrückt in Millimetern [mm], bestimmt.

## Mathematische Berechnung

---

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Brustkorbverformung werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den ThCC/ TCC wie folgt:

? ? **CHST** ?? ?? ?? **DS X C** : Chest Displacement X, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R94, 5.2.1.4
- ECE-R94, Anhang 4, 3
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.4
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 3.1



**Hinweis** In den deutschsprachigen Richtlinien war dieses Kriterium mit TCC bezeichnet worden, während es in den englischsprachigen Richtlinien mit ThCC bezeichnet wird.

# RDC

---

RDC ist die Abkürzung für Rib Deflection Criterion.

## Beschreibung

RDC ist das Kriterium der Durchbiegung der Rippen, ausgedrückt in Millimetern [mm], bei einem Seitenaufprall.

## Mathematische Berechnung

---

### Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Rippendurchbiegung werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

### ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den RDC wie folgt:

- ? ? **HEAD** 00 00 ?? **AC X C** : Head Acceleration X, CFC 180
- ? ? **RIBS LE UP** ?? **DS Y C** : Upper Left Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS LE MI** ?? **DS Y C** : Middle Left Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS LE LO** ?? **DS Y C** : Lower Left Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS RI UP** ?? **DS Y C** : Upper Right Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS RI MI** ?? **DS Y C** : Middle Right Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **RIBS RI LO** ?? **DS Y C** : Lower Right Ribs Displacement Y, CFC 180
- ? ? **CHRI RI UP** ?? **DS Y C** : Upper Right Chest Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **CHRI RI MI** ?? **DS Y C** : Middle Right Chest Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **CHRI RI LO** ?? **DS Y C** : Lower Right Chest Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **ABRI RI UP** ?? **DS Y C** : Upper Right Abdominal Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **ABRI RI MI** ?? **DS Y C** : Middle Right Abdominal Rib Displacement Y, CFC 180
- ? ? **ABRI RI LO** ?? **DS Y C** : Lower Right Abdominal Rib Displacement Y, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R95, 5.2.1.2 a)
- ECE-R95, Anhang 4, Anlage 1, 2.1
- Richtlinie 96/27 EG Anhang 2, 3.2.1.2. a)
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 1, 2.1

# CDR (TWG)

---

CDR ist die Abkürzung für Chest Deflection (Compression) Rate der Technical Working Group (TWG).

## Beschreibung

CDR ist das Kriterium der Kompressionsgeschwindigkeit der Brust, welches mit folgenden zwei Verfahren bestimmt werden kann:

- Durch Differentiation des Weges der Eindrückung des Sternum (Frontal Dummies, Eindrückung vorwärts und rückwärts) oder der Rippen (SID IIs, seitliche Eindrückung).
- Durch Integration der Beschleunigungsdifferenz zwischen dem Sternum (Frontal Dummies) oder den Rippen (SID IIs) und der Wirbelsäule.

Theoretisch sollten diese Methoden die gleiche Lösung ergeben. Es ist aber festgestellt worden, dass die Messwerte des Potentiometers, das für die Messung der Eindrückung eingesetzt wird, unter den vorgenannten Bedingungen von den tatsächlichen Messdaten abweichen und Rauschsignale enthalten können. Beide Bedingungen können Fehler bei der Differenzierung der Kompressionrate erzeugen.

Die TWG hat zugestimmt, dass jede Methode verwendet werden kann, um die Brusteindrückungsrate zu berechnen, empfiehlt aber, dass das Ergebnis durch die Integrationsmethode überprüft werden soll, wenn die Differentiationsmethode verwendet wird. Nachfolgend wird das empfohlene Verfahren für die Berechnung der Brusteindrückung durch Integration beschrieben.

## Mathematische Berechnung

### 1. Berechnung der Brust-Eindrückung (Kompression) als Funktion der Zeit:

Diese Methode verwendet die Beschleunigungsdaten der Wirbelsäule, der Rippen oder des Sternums und die Daten der Potentiometereindrückung der Rippen oder des Sternums.

- a. Es ist sicherzustellen, dass alle Daten der SAE-Vorzeichenregelung entsprechen.
- b. Die Beschleunigungsdaten sind nach SAE CFC 1000 zu filtern.
- c. Die Daten der Eindrückung (deflection) von Brust oder Rippe sind nach SAE CFC 600 zu filtern.
- d. Festlegen des Aufprallkontaktes (Time  $T_0$ ) – Zeitpunkt des ersten Kontaktes des Dummies mit dem Airbag:
  - Festlegen der Zeit ( $T_{5\%}$ ), wenn die Sternum- oder die Rippenbeschleunigung einen Wert erreicht, der 5% des Spitzenwertes beim Impact mit dem Airbag erreicht.
  - Untersuchen des abfallenden Sternum- oder Rippenbeschleunigungssignals von  $T_{5\%}$  bis zu der Zeit, wo das Beschleunigungssignal das Vorzeichen wechselt. Diese Zeit ist  $T_0$  für alle Messungen.
- e. Ermittlung der Zeit der maximalen Eindrückung  $T_{\max D}$ :

Von den Sternum- oder Rippeneindrückungen ist die Zeit der höchsten Eindrückung zu bestimmen. Bei Signalen mit mehreren Peaks ist der Zeitpunkt des Peaks mit der höchsten Eindrückung festzuhalten.

- f. Von jedem Zeit-Schritt ist der Wert der x-Richtung der Wirbelsäulenbeschleunigung vom x-Wert der Sternumbeschleunigung (Frontal Dummies) oder der y-Wert der Wirbelsäulenbeschleunigung vom y-Wert der Rippenbeschleunigung (SID IIs) abzuziehen. Die resultierende Differenz der Beschleunigungen über die Zeit ist AD(t) (Acceleration differencies in Abhängigkeit von der Zeit). Wenn die Beschleunigung in g gemessen wird, ist die Einheit in m/s<sup>2</sup> durch Multiplikation mit 9,81 zu verwenden.
- g. Setze AD(t)=0, wenn  $t \leq T_0$ . Die neue Funktion wird als AD<sub>0(t)</sub> bezeichnet.
- h. Definiere N als Anzahl von time increments zwischen T<sub>maxD</sub> und T<sub>0</sub>. Dann ist  $DT = (T_{\max D} - T_0)/N$  das time increment in Sekunden. Integriere die Differenzbeschleunigung (AD<sub>0(t)</sub>), um die compression rate CR(t) in m/s, in Abhängigkeit von der Zeit in Sekunden, zu erhalten.

$$CR(t_m) = S \left( \frac{AD_{0(t_i)} + AD_{0(t_{i-1})}}{2} \right) \Delta t$$

mit	$i$	1,2,... m
	$m$	Ganze Zahl zwischen 1 und N
	$CR(t_0)=0$	für $m = 0$
	$CR(t_N)$	Wenn $m = N$ ist, ist CR(t <sub>N</sub> ) der Wert der compression rate bei T <sub>maxD</sub> .

## 2. Überprüfung der Genauigkeit der compression rate:

Die compression rate ist dann genau ermittelt, wenn CR(t) Null bei  $t = t_{\max D}$  wird.

- a. Von den Integrationsdaten des Punktes 1.h wird die compression rate gesucht, die mit T<sub>maxD</sub> korrespondiert. Dieser Wert wird als ValueB bezeichnet.
- b. Wenn der absolute Wert von ValueB ≤ 0,1 m/s ist, dann ist die compression rate nach Punkt 1.h. verwendbar und die maximale compression rate CR(t)<sub>max</sub> ist der maximale Wert von CR(t). Wenn der absolute Wert von ValueB > 0,1 m/s ist, dann ist der Fehler beim Integrationsprozeß zu groß.

Deshalb ist dann, um die Genauigkeit der Berechnung zu verbessern, nach Punkt 3 und 4 vorzugehen.

## 3. Berechnung des Korrekturfaktors (ValueC):

- a. Berechnung des Zeitintervalls zwischen dem ersten Airbagkontakt und dem Maximum der Eindrückung. Dieses Intervall wird als ValueA bezeichnet.

Dann ist ValueA = T<sub>maxD</sub> - T<sub>0</sub>.

- b. Dividieren von ValueB durch ValueA, um ValueC zu erhalten. ValueC hat die Einheit  $\text{m/s}^2$  und hat das gleiche Vorzeichen wie ValueB.
4. Anwendung des Korrekturfaktors auf die Sternum und Rippenbeschleunigungen:
  - a. Subtrahieren des ValueC von den gefilterten Sternum- oder Rippendaten bei jedem Zeit-Schritt, beginnend mit  $T_0$  und endend mit  $T_{\text{maxD}}$ . Wenn die Beschleunigungsdaten die Einheit g haben, muss ValueC in  $\text{m/s}^2$  konvertiert werden, d.h., vor der Anwendung ist eine Division mit 9,81 vorzunehmen. Die Prozedur folgt der SAE-Vorzeichenregelung.
  - b. Rückkehr zu Punkt 1.f. mit Wiederholung der Berechnung der deflection rate (compression) als Funktion der Zeit und dem Genauigkeitscheck.
5. Das Genauigkeit-Kriterium nach Punkt 2.b. wird nach jeder Iteration gemacht um festzustellen, ob das Korrektur-Verfahren richtig durchgeführt wurde.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte für Brust- oder Rippenverlagerungen werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

Die gemessenen Beschleunigungen für Brust, Sternum, Wirbelsäule und Rippe werden in Übereinstimmung mit CFC 1000 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den CDR wie folgt:

- ? ? **CHST** 00 00 ?? **DS X B** : Frontal, Chest Displacement X, CFC 600
- ? ? **TRRI** ?? ?? **S2 DS Y B** : Side, Thorax Rib Displacement Y, CFC 600
- ? ? **ABRI** ?? ?? **S2 DS Y B** : Side, Abdominal Rib Displacement Y, CFC 600
- ? ? **CHST** 00 00 ?? **AC X A** : Frontal, Chest Acceleration X, CFC 1000
- ? ? **STRN** 00 00 ?? **AC X A** : Frontal, Sternum Acceleration X, CFC 1000
- ? ? **THSP** ?? ?? **S2 AC Y A** : Side, Thoracic Spine Acceleration Y, CFC 1000
- ? ? **ABSP** ?? ?? **S2 AC Y A** : Side, Abdominal Spine Acceleration Y, CFC 1000

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Side Airbag, Out of Position, Technical Working Group (TWG), First Revision July 2003, Appendix B
- SAE J211, Dec 2003



# Chest Deflection

---

Chest Deflection ist das Kriterium für die Durchbiegung der Rippen.

## Beschreibung

Chest Deflection ist das Kriterium für die Durchbiegung der Rippen, ausgedrückt in Millimetern [mm], bei einem Frontalaufprall.

## Mathematische Berechnung

---

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Rippendurchbiegung werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für die Chest Deflection wie folgt:

- 1 1 RIBS LE UP HF DS Y B** : Ribs displacement Y, CFC 600
- 1 1 RIBS LE UP H3 DS Y C** : Ribs displacement Y, CFC 180
- 1 1 RIBS LE UP E1 DS Y C** : Ribs displacement Y, CFC 180
- 1 1 RIBS LE UP E2 DS Y C** : Ribs displacement Y, CFC 180

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 208, S. 6.4 (a), (b)
- FMVSS 208, S. 15.3.4
- FMVSS 208, S. 21.5.4
- FMVSS 208, S. 23.5.4



---

# Beschreibung der Kriterien für die unteren Extremitäten

Folgende Kriterien für die unteren Extremitäten werden in diesem Kapitel beschrieben:

*APF* — Abdominal Peak Force

*PSPF* — Pubic Symphysis Peak Force

*FFC (ECE)* — Femur Force Criterion

*FFC (EuroNCAP)* — Femur Force Criterion

*FFC (IIHS)* — Femur Force Criterion

*TI* — Tibia-Index

*TCFC* — Tibia Compression Force Criterion

# APF

---

APF ist die Abkürzung für Abdominal Peak Force. Es ist ein Kriterium der europäischen Gesetzgebung beim Seitenaufprall.

## Beschreibung

APF ist das Kriterium der maximalen seitlichen Bauchbelastung. Es ist der Höchstwert der Summe der drei Kräfte [kN], die von Messwertaufnehmern an der Aufprallseite gemessen werden.

## Mathematische Berechnung

$$APF = \max |F_{yFront} + F_{yMiddle} + F_{yRear}|$$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Bauchbelastung werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den APF wie folgt:

? ? **ABDO** ?? **FR** ?? **FO Y B** : Front Abdomen Force Y, CFC 600

? ? **ABDO** ?? **MI** ?? **FO Y B** : Middle Abdomen Force Y, CFC 600

? ? **ABDO** ?? **RE** ?? **FO Y B** : Rear Abdomen Force Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 95, 5.2.1.4
- ECE-R 95, Anhang 4, Anlage 1, 3
- Richtlinie 96/27 EG Anhang 2, 3.2.1.4
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 1, 3

# PSPF

---

PSPF ist die Abkürzung für Pubic Symphysis Peak Force.

## Beschreibung

PSPF ist das Kriterium der Beckenbelastung bei einem Seitenaufprall und wird durch die maximale Belastung der Schambeinfuge, ausgedrückt in kN bestimmt.

## Mathematische Berechnung

---

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beckenbelastung werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den PSPF wie folgt:

**?? PUBC ?? ?? ?? FO Y B** : Pubic Force Y, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 95, 5.2.1.3
- ECE-R 95, Anhang 4, Anlage 1, 4
- Richtlinie 96/27 EG Anhang 2, 3.2.1.3
- Richtlinie 96/27 EG Anlage 1, Nachtrag 1, 4

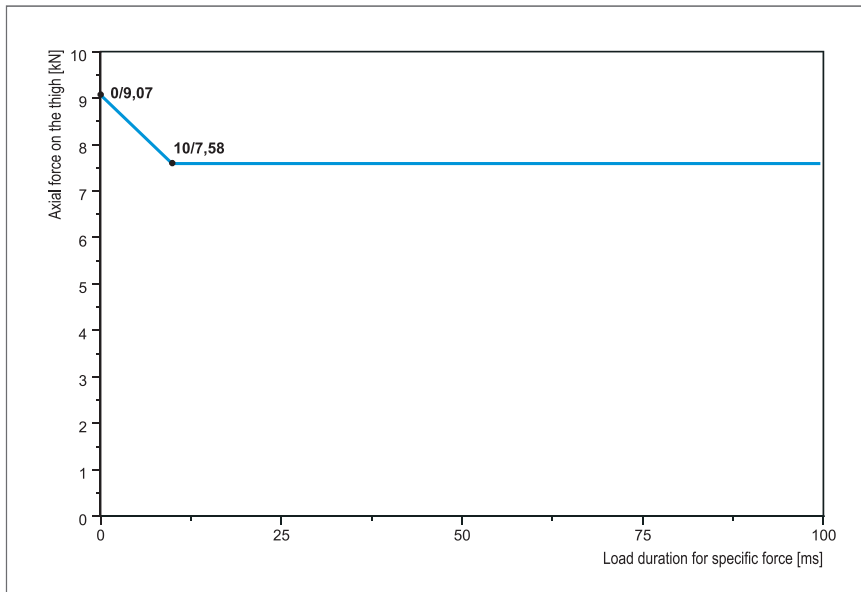
## FFC (ECE)

FFC ist die Abkürzung für Femur Force Criterion.

### Beschreibung

FFC ist das Kriterium der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft  $F_z(-)$  und wird durch die in kN ausgedrückte Druckbeanspruchung, die auf jeden Oberschenkel der Prüfpuppe axial übertragen wird, sowie die Einwirkdauer der Druckkraft in Millisekunden [ms] bestimmt.

**Abbildung 5-1.** Dauer und Stärke der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft



### Mathematische Berechnung

Siehe [Verweildauer](#).



**Hinweis** Die Berechnung der Verweildauer erfolgt vorzugsweise kumulativ (siehe [FFC \(EuroNCAP\)](#)).

### Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den FFC (ECE) wie folgt:

? ? **FEMR LE** ?? ?? **FO Z B** : Left Femur Force Z, CFC 600

? ? **FEMR RI** ?? ?? **FO Z B** : Right Femur Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 94, 5.2.1.6
- ECE-R 94, Anhang 4, 4
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.6
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 4.1

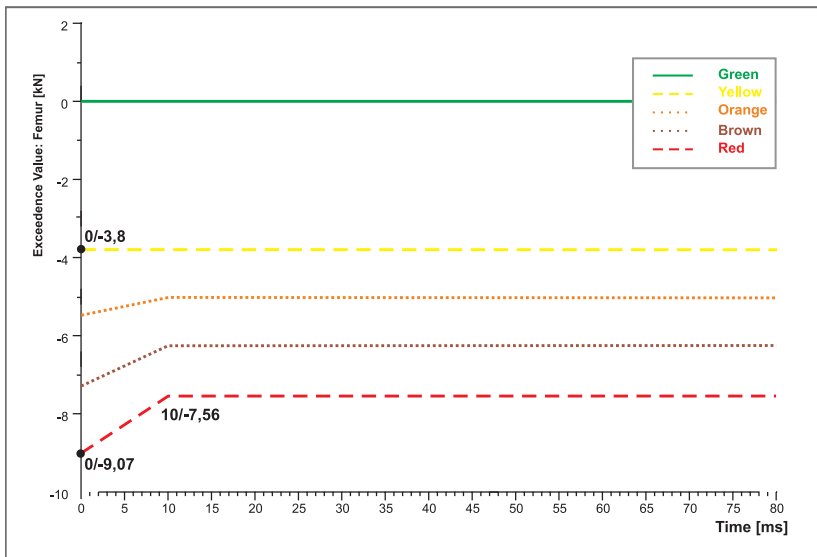
# FFC (EuroNCAP)

FFC ist die Abkürzung für Femur Force Criterion.

## Beschreibung

FFC ist das Kriterium der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft  $F_z(-)$  und wird durch die in kN ausgedrückte Druckbeanspruchung, die auf jeden Oberschenkel der Prüfpuppe axial übertragen wird, sowie die Einwirkdauer der Druckkraft in Millisekunden [ms] bestimmt.

**Abbildung 5-2.** Druckbeanspruchung und Dauer der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft



**Hinweis** Die Zwischenlinien werden aus den Grenzwerten *Lower* und *Upper Limit* durch lineare Teilung ermittelt.

## Mathematische Berechnung

Siehe [Verweildauer](#).



**Hinweis** Die Berechnung der Verweildauer erfolgt kumulativ!

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).



## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den FFC (EuroNCAP) wie folgt:

? ? **FEMR LE** ?? ?? **FO Z B** : Left Femur Force Z, CFC 600

? ? **FEMR RI** ?? ?? **FO Z B** : Right Femur Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- EuroNCAP, Frontal Impact Testing Protocol, Version 5.0; October 2009

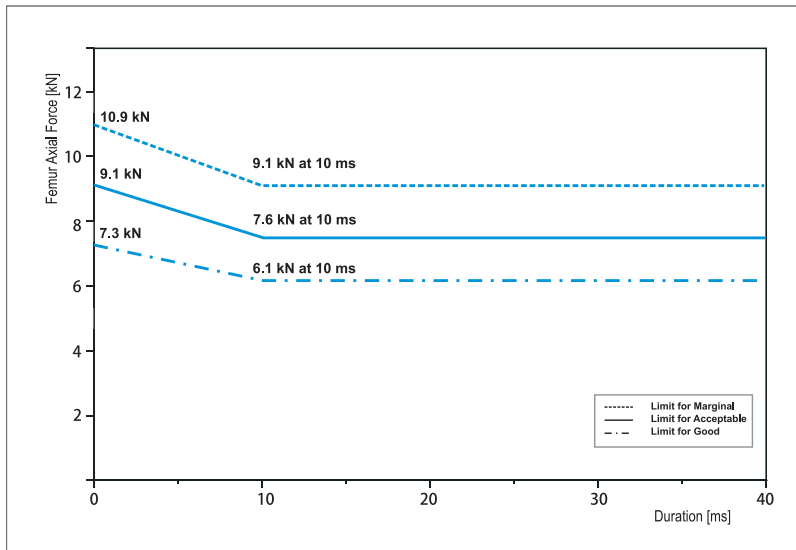
## FFC (IIHS)

Diese Beschreibung des Femur Force Criterion (FFC) stammt aus den Guidelines for Rating Injury Measures des Insurance Institute for Highway Safety (IIHS).

### Beschreibung

FFC ist das Kriterium der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft  $F_z(-)$  und wird durch die in kN ausgedrückte Druckbeanspruchung, die auf jeden Oberschenkel der Prüfpuppe axial übertragen wird, sowie die Einwirkdauer der Druckkraft in Millisekunden [ms] bestimmt.

**Abbildung 5-3.** Druckbeanspruchung und Dauer der auf den Oberschenkel wirkenden Kraft



### Mathematische Berechnung

Die Berechnung der Verweildauer erfolgt kontinuierlich (siehe [Verweildauer](#)).

### Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den FFC (IIHS) wie folgt:

? ? **FEMR LE** ?? ?? **FO Z B** : Left Femur Force Z, CFC 600

? ? **FEMR RI** ?? ?? **FO Z B** : Right Femur Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- IIHS, Frontal Offset Crashworthiness Evaluation, Figure 4
- SAE J1727

# TI

TI ist die Abkürzung für den Tibia-Index.

## Beschreibung

Der Tibia-Index stellt ein Verletzungskriterium für den Unterschenkelbereich dar. Dabei werden die Biegemomente um die x- und y-Achse sowie die axiale Druckkraft in z-Richtung am oberen oder unteren Ende der Tibia berücksichtigt. Wenn ein "single-moment transducer" eingesetzt wird, ist für die Berechnung der absolut gemessene Wert gültig. Bei zwei vorhandenen Richtungen ist das resultierende Moment zu berechnen und einzusetzen.

## Mathematische Berechnung

Die Berechnung des TI-Werts beruht auf dem folgenden Ausdruck.

$$TI = \left| \frac{M_R}{(M_C)_R} \right| + \left| \frac{F_Z}{(F_C)_Z} \right|$$

$$M_R = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

mit	$M_x$	Biegemoment [Nm] um die x-Achse
	$M_y$	Biegemoment [Nm] um die y-Achse
	$(M_C)_R$	Kritisches Biegemoment, siehe die folgende Tabelle
	$F_z$	Axiale Druckkraft [kN] in z-Richtung
	$(F_C)_z$	Kritische Druckkraft in z-Richtung, siehe die folgende Tabelle

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Biegemomente und der axialen Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).



**Hinweis** Für die Berechnung sind nur die axialen Druckkräfte zu verwenden. Die Zugkräfte müssen auf den Wert 0 gesetzt werden.

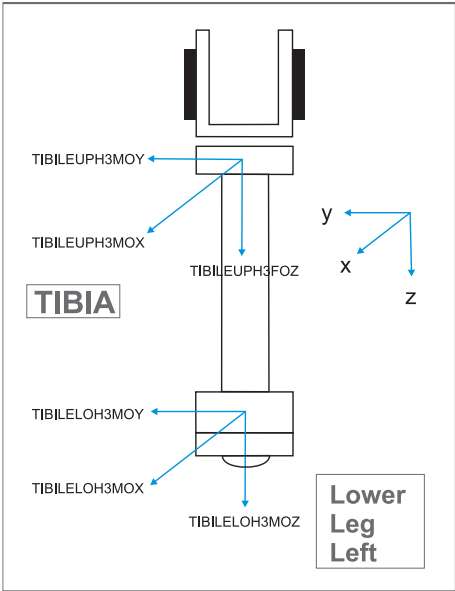
Die folgende Tabelle gibt das kritische Biegemoment und die kritische Druckkraft abhängig vom Dummytyp nach SAE J1727, 3.11 an.

**Tabelle 5-1.** Kritische Biegemoment und kritische Druckkraft

Dummytyp	Kritisches Biegemoment [Nm]	Kritische Druckkraft [kN]
Hybrid III; male 95%	307,0	44,2
Hybrid III; male 50%	225,0	35,9
Hybrid III; female 5%	115,0	22,9

Die folgende Abbildung stellt die möglichen Kräfte und Momente eines Unterschenkels (hier immer am Beispiel eines Hybrid III-Dummys, linker Unterschenkel) zur Berechnung des Tibia-Index dar.

**Abbildung 5-4.** Möglichen Kräfte und Momente eines Unterschenkels



mit	<b>TIBILEUPH3MOX</b>	Biegemoment um die x-Achse, obere Tibia
	<b>TIBILEUPH3MOY</b>	Biegemoment um die y-Achse, obere Tibia
	<b>TIBILEUPH3FOX</b>	Axiale Scherkraft in x-Richtung, obere Tibia
	<b>TIBILEUPH3FOY</b>	Axiale Scherkraft in y-Richtung, obere Tibia
	<b>TIBILEUPH3FOZ</b>	Axiale Druckkraft in z-Richtung, obere Tibia
	<b>TIBILELOH3MOX</b>	Biegemoment um die x-Achse, untere Tibia

<b>TIBILELOH3M0Y</b>	Biegemoment um die y-Achse, untere Tibia
<b>TIBILELOH3F0X</b>	Axiale Scherkraft in x-Richtung, untere Tibia
<b>TIBILELOH3F0Y</b>	Axiale Scherkraft in y-Richtung, untere Tibia
<b>TIBILELOH3F0Z</b>	Axiale Druckkraft in z-Richtung, untere Tibia

Die folgende Tabelle listet die Unterschiede der Berechnung des oberen bzw. unteren Tibia-Index mit einem 5-kanaligen und einem 6-kanaligen Unterschenkel auf.

**Tabelle 5-2.** 5-/6-kanalige Berechnung des oberen bzw. unteren Tibia-Index

	5-kanaliger Unterschenkel	6-kanaliger Unterschenkel
Messgrößen	<b>TIBILEUPH3M0X</b> <b>TIBILEUPH3M0Y</b> <b>TIBILELOH3F0X</b> oder <b>TIBILELOH3F0Y</b> <b>TIBILELOH3F0Z</b> <b>TIBILELOH3M0X</b> oder <b>TIBILELOH3M0Y</b>	<b>TIBILEUPH3F0Z</b> <b>TIBILEUPH3M0X</b> <b>TIBILEUPH3M0Y</b> <b>TIBILELOH3F0Z</b> <b>TIBILELOH3M0X</b> <b>TIBILELOH3M0Y</b>
<b>Obere Tibia</b>		
Resultierendes Moment	5-kanalig: $M_R = \sqrt{(\text{TIBILEUPH3M0X})^2 + (\text{TIBILEUPH3M0Y})^2}$ 6-kanalig: $M_R = \sqrt{(\text{TIBILEUPH3M0X})^2 + (\text{TIBILEUPH3M0Y})^2}$	
Axiale Druckkraft	<b>Fz=TIBILELOH3FOZ</b>	<b>Fz=TIBILEUPH3FOZ</b>
<b>Untere Tibia</b>		
Resultierendes Moment	<b>M<sub>R</sub> =   TIBILELOH3MOX  </b> oder <b>M<sub>R</sub>=  TIBILELOH3MOY  </b>	$M_R = \sqrt{(\text{TIBILELOH3M0X})^2 + (\text{TIBILELOH3M0Y})^2}$
Axiale Druckkraft	<b>F<sub>z</sub>=TIBILELOH3FOZ</b>	<b>F<sub>z</sub>=TIBILELOH3FOZ</b>

Die folgende Tabelle listet die Unterschiede der Berechnung des oberen bzw. unteren Tibia-Index mit zwei unterschiedlichen 8-kanaligen Unterschenkeln auf.

**Tabelle 5-3.** 8-kanalige Berechnung des oberen bzw. unteren Tibia-Index

	8-kanaliger Unterschenkel	8-kanaliger Unterschenkel
Messgrößen	<b>TIBILEUPH3FOX</b> <b>TIBILEUPH3F0Z</b> <b>TIBILEUPH3M0X</b> <b>TIBILEUPH3M0Y</b> <b>TIBILELOH3FOX</b> <b>TIBILELOH3F0Z</b> <b>TIBILELOH3M0X</b> <b>TIBILELOH3M0Y</b>	<b>TIBILEUPH3FOX</b> <b>TIBILEUPH3F0Z</b> <b>TIBILEUPH3M0X</b> <b>TIBILEUPH3M0Y</b> <b>TIBILELOH3FOX</b> <b>TIBILELOH3F0Y</b> <b>TIBILELOH3M0X</b> <b>TIBILELOH3M0Y</b>
<b>Obere Tibia</b>		
Resultierendes Moment	$M_R = \sqrt{(\text{TIBILEUPH3M0X})^2 + (\text{TIBILEUPH3M0Y})^2}$ $M_R = \sqrt{(\text{TIBILEUPH3M0X})^2 + (\text{TIBILEUPH3M0Y})^2}$	
Axiale Druckkraft	<b>F<sub>z</sub></b> = <b>TIBILEUPH3FOZ</b>	<b>F<sub>z</sub></b> = <b>TIBILEUPH3FOZ</b>
<b>Untere Tibia</b>		
Resultierendes Moment	$M_R = \sqrt{(\text{TIBILELOH3M0X})^2 + (\text{TIBILELOH3M0Y})^2}$ $M_R = \sqrt{(\text{TIBILELOH3M0X})^2 + (\text{TIBILELOH3M0Y})^2}$	
Axiale Druckkraft	<b>F<sub>z</sub></b> = <b>TIBILELOH3FOZ</b>	<b>F<sub>z</sub></b> = <b>TIBILEUPH3FOZ</b>

Die axiale Druckkraft  $F_z$  in z-Richtung kann entsprechend Anhang 4, 5.2 in der oberen oder unteren Tibia gemessen werden.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den TI wie folgt:

? ? **TIBI** ?? ?? ?? **MO X B** : Tibia Moment X, CFC 600

? ? **TIBI** ?? ?? ?? **MO Y B** : Tibia Moment Y, CFC 600

? ? **TIBI** ?? ?? ?? **FO Z B** : Tibia Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R94, 5.2.1.8
- ECE-R94, Anhang 4, 5.2
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.8
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 5.2
- SAE J1727, 3.11
- SAE J211, Table 1
- EuroNCAP, Front Impact, 10.6



# TCFC

---

TCFC ist die Abkürzung für Tibia Compression Force Criterion.

## Beschreibung

TCFC ist das Kriterium der Unterschenkelbelastung und entspricht der Druckkraft  $F_z$ , ausgedrückt in kN, die axial auf jede Tibia der Prüfpuppe übertragen wird (siehe [TI](#)).

## Mathematische Berechnung

---

### Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der axialen Druckkraft werden nach CFC 600 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

### ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den TCFC wie folgt:

**? ? TIBI ?? ?? ?? FO Z B** : Tibia Force Z, CFC 600

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 94, 5.2.1.7
- ECE-R 94, Anhang 4, 5.1
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, 3.2.1.7
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 5.1
- EuroNCAP, Frontal Impact, 5



---

# Beschreibung weiterer Kriterien

Folgende weitere Crash-Kriterien werden in diesem Kapitel beschrieben:

*Xms* — Verallgemeinerung des 3ms-Werts

*Xg* — Zeitspanne mit einer Beschleunigung größer  $x_g$

*Acomp* — Average Acceleration During Compression Phase

*Pulse Test* — Verzögerungskorridor für Schlittentests

*ASI* — Acceleration Severity Index

*THIV* — Theoretical Head Impact Velocity

*Gillis-Index* — Kennzahl zur Beurteilung der Sicherheit eines Fahrzeugs bei einem Frontalaufprall

*NCAP* — New Car Assessment Program

*EuroNCAP* — European New Car Assessment Program

*SI* — Severity Index (Schwerefaktor)

*Integration* — Verwendete Integrationsverfahren

*Differentiation* — Verwendete Differentiationsverfahren

*CFC-Filter* — Channel Frequency Class

*FIR 100-Filter* — Finite Impulse Response

# Xms

Xms ist eine Verallgemeinerung des 3 ms-Werts.

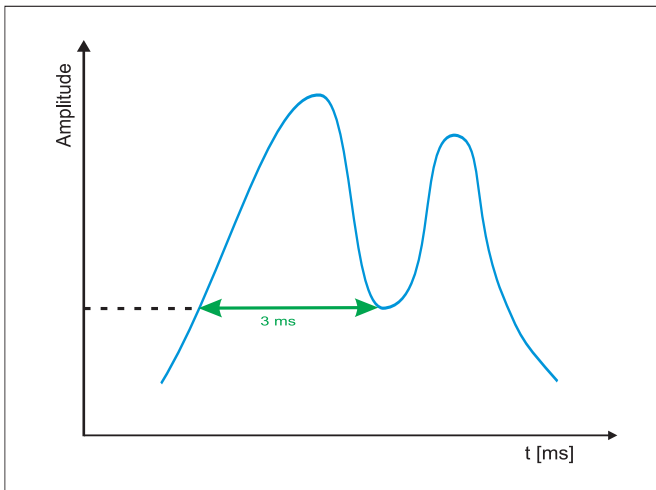
## Beschreibung

Der Xms-Wert ist die größte Amplitude eines Messsignals, das x Millisekunden vorliegt. Der Xms-Wert wird entweder zusammenhängend/kontinuierlich (single peak, SAE) oder zusammengesetzt/kumulativ (multiple peaks, ECE-R 94, FMVSS) bestimmt. Bei der kumulativen Berechnung werden nicht zusammenhängende Zeitanteile des Messsignals addiert, bis x Millisekunden erreicht werden.

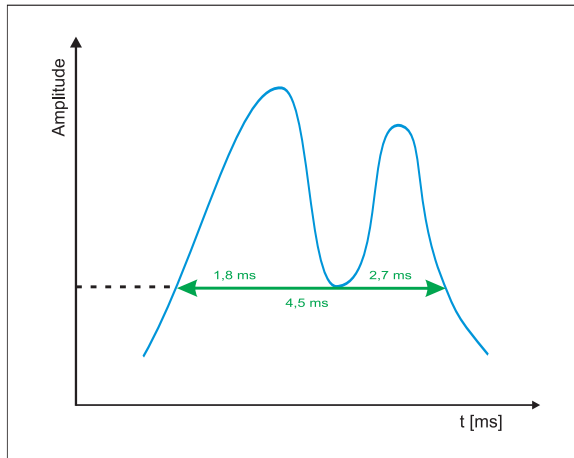
## Mathematische Berechnung

Die Berechnung des Xms-Werts kann über einen Peak, wie die erste und zweite Abbildung zeigen, oder über mehrere Peaks, wie die dritte Abbildung zeigt, erfolgen.

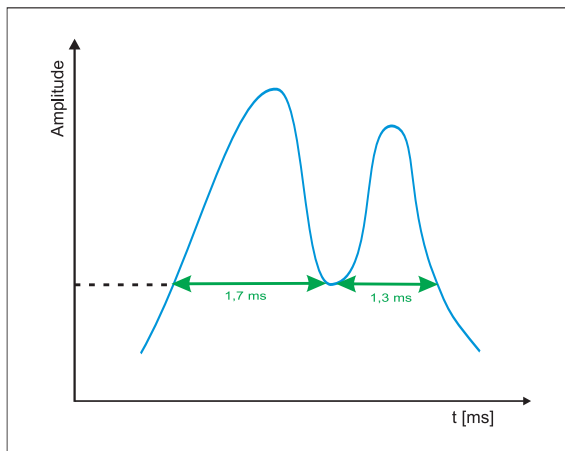
**Abbildung 6-1.** Berechnung des Xms-Werts über einen Peak



Für den in der zweiten Abbildung dargestellten Sonderfall kann sich eine Gesamtzeit  $>x$  Millisekunden ergeben.

**Abbildung 6-2.** Berechnung des Xms-Werts über einen Peak mit  $t > x$ 

Da die SAE eine Zeitspanne von **mindestens**  $x$  Millisekunden fordert, ist die entsprechende Gesamtzeit anzugeben, wie in der dritten Abbildung von 4,5 ms.

**Abbildung 6-3.** Berechnung des Xms-Werts über mehrere Peaks mit  $t_{min} = x$ 

Die Berechnung des kumulierten Xms-Werts in der dritten Abbildung kann bei konstanten Abtastraten auf dem folgenden Algorithmus basieren:

1. Beschleunigungswerte absteigend sortieren
2. Beschleunigungswert nach (sortierten)  $x$  Millisekunden ist der gesuchte Xms-Wert

Bei der Berechnung nach ECE–R 94 ist die Rückprallbewegung des Kopfes nicht zu berücksichtigen.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte sind entsprechend der in den Gesetzen vorgeschriebenen Filterklassen zu filtern.

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den Xms wie folgt:

? ? ???? ?? ?? ?? **AC** ? ? : Acceleration

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Richtlinie 96/79/EG, Anhang 2, 3.2.1.1
- ECE–R 94, Anhang 3, 5.2.1
- ECE–R 94, Anhang 4, 1.3
- ECE–R 80, Anlage 4, 2.1
- ECE–R 44, 7.1.4.2.1
- ECE–R 44, 7.1.4.2.2
- ECE–R 12, 5.3
- ECE–R 17, 5.1.3.1
- ECE–R 25, Anhang 6, 2
- FMVSS 208 (Mai 2000), S15.3.3
- FMVSS 208 (Mai 2000), S19.4.3
- FMVSS 208 (Mai 2000), S21.5.3
- FMVSS 208 (Mai 2000), S23.5.3
- SAE J1727, 5.3
- SAE J1727, 6.11
- ADR69/00, 5.3.2
- NHTSA 49 CFR 571[Docket No. 92-28; Notice8],[RIN No. 2127-AG07]; S5.1 (b)
- NHTSA 49 CFR 571,572,589[Docket No. 92-28; Notice7],[RIN No. 2127-AB85]; S5.1 (b)
- EURO NCAP, Front Impact, 10, 10.1
- EURO NCAP, Side Impact, 10, 10.1
- EURO NCAP, Pole Side Impact, 10, 10.1
- EURO NCAP, Assessment Protocol , 5
- Formula One Technical Regulation, 16.2

# Xg

---

## Beschreibung

Der Xg-Wert ist die Zeitspanne, für die eine Beschleunigung größer als X[g] war.

## Mathematische Berechnung

Der Xg-Wert wird entweder zusammenhängend/kontinuierlich (single Peak) oder zusammengesetzt/kumulativ (multiple Peaks) bestimmt und entspricht der Zeitspanne, für die die Beschleunigung größer als X[g] war.

Bei der kumulativen Berechnung werden nicht zusammenhängende Zeitspannen, für die die Beschleunigung größer als X[g] war, aufaddiert.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

### ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den Xg wie folgt:

? ? ???? ?? ?? ?? **AC** ? ? : Acceleration

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 12, 5.3
- ECE-R 17, 5.1.3.1
- ECE-R 24
- ECE-R 96, 3.2.1.1
- ADR69/00, 5.3.2

# Acomp

Acomp ist die Abkürzung für Average Acceleration During Compression Phase.

## Beschreibung

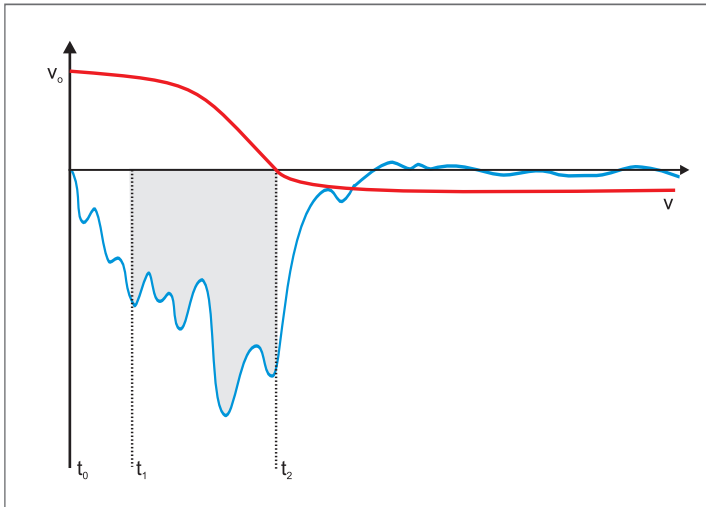
Beim Frontalaufprall ist für die Fahrzeugbeschleunigung in x-Richtung die mittlere Beschleunigung während der Verformungsphase zu berechnen.

## Mathematische Berechnung

Die Berechnung erfolgt in den folgenden Schritten:

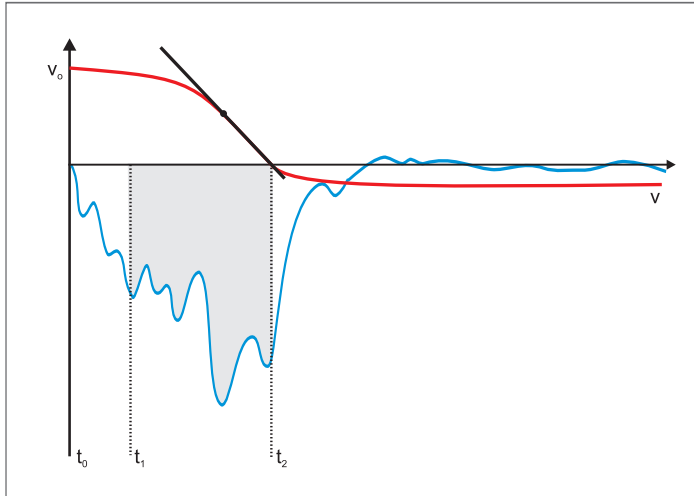
1. Integration der Beschleunigung mit Anfangsgeschwindigkeit
2. Festlegung des ersten Zeitpunktes  $t_1$

**Abbildung 6-4.** Variante 1: Ermittlung eines Schnittpunktes  $t_2$  der ermittelten Geschwindigkeit mit der Abszisse (Zeitachse)





**Abbildung 6-5. Variante 2: Ermittlung des Wendepunktes der ermittelten Geschwindigkeit.**  
 (Der Wendepunkt ist durch das erste Maximum der Beschleunigung bestimmt).  
 Anschließend wird der Schnittpunkt  $t_2$  der Tangente mit Abszisse (Zeitachse) ermittelt



3. Das Beschleunigungssignal wird mit CFC 60 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).
4. Zwischen dem vorgegebenen Zeitpunkt  $t_1$  und dem ermittelten Zeitpunkt  $t_2$  wird die mittlere Beschleunigung des mit CFC 60 gefilterten Signals ermittelt.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigung werden nach CFC 60 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den Acomp wie folgt:

? ? ???? ?? ?? ?? **AC X D** : Acceleration X, CFC 60

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Firmenstandards

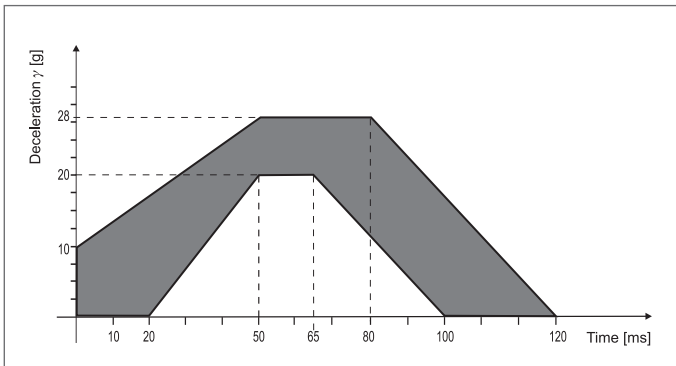
# Pulse Test

Der Pulse Test prüft den Verzögerungskorridor für Schlittentests (Deceleration corridor for Trolley).

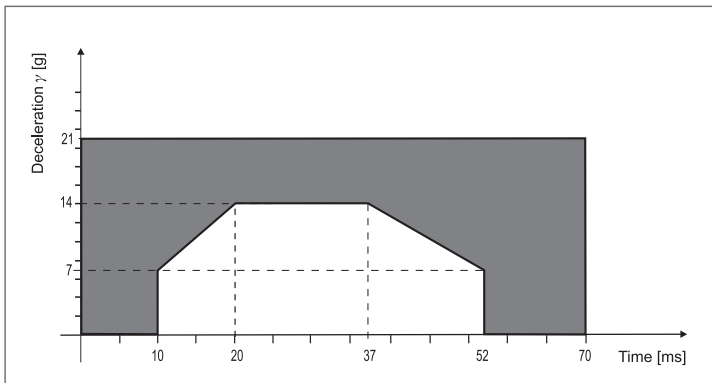
## Beschreibung

Bei Schlittentests ist zu überprüfen, ob eine gemessene Beschleunigung sich innerhalb eines, wie in den folgenden Abbildungen gezeigten, vorgegeben Korridors befindet.

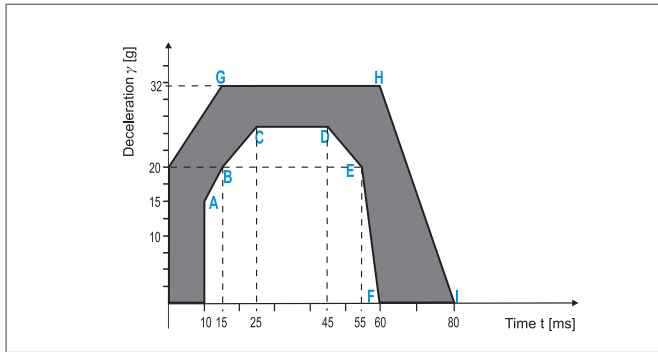
**Abbildung 6-6.** Korridor für ECE-R 44; Annex 7; Appendix 1



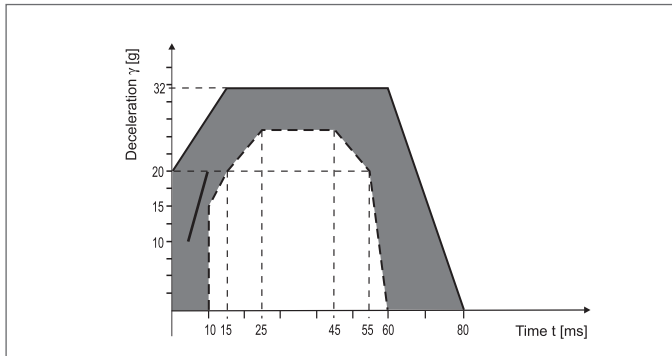
**Abbildung 6-7.** Korridor für ECE-R 44; Annex 7; Appendix 2



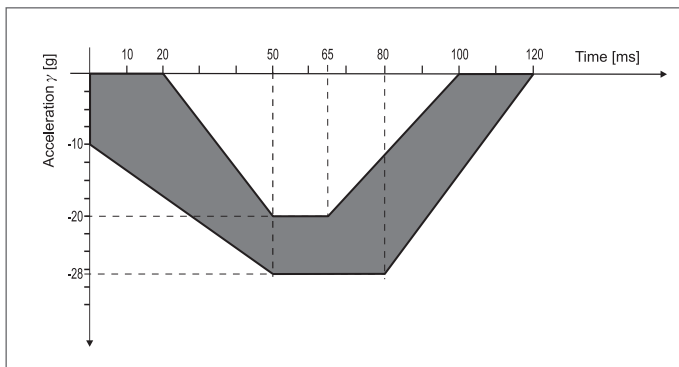
**Abbildung 6-8.** Korridor für ECE-R 16



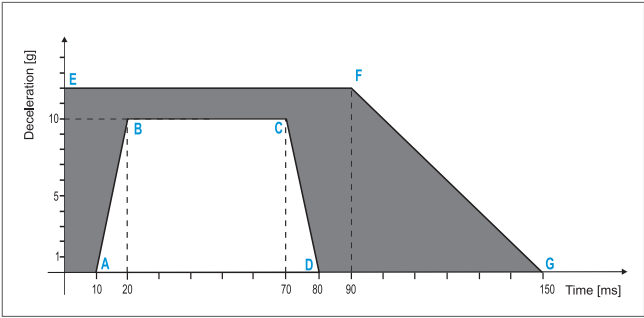
**Abbildung 6-9.** Korridor für ECE-R 16: Beschreibung der Verzögerungs- oder Beschleunigungskurve des Prüfschlitts als Funktion der Zeit nach ECE-R 16, Anhang 8



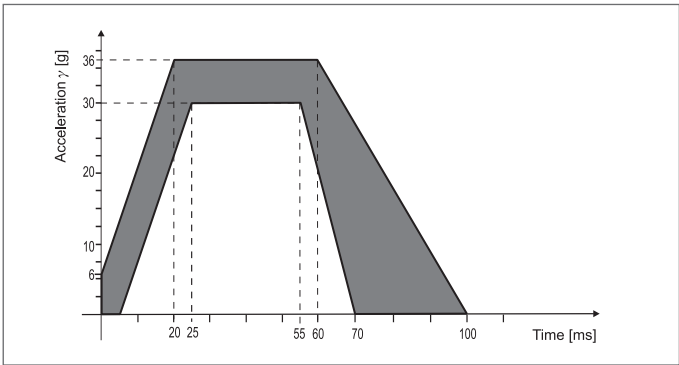
**Abbildung 6-10.** Korridor für ECE-R 17; 6.3.1



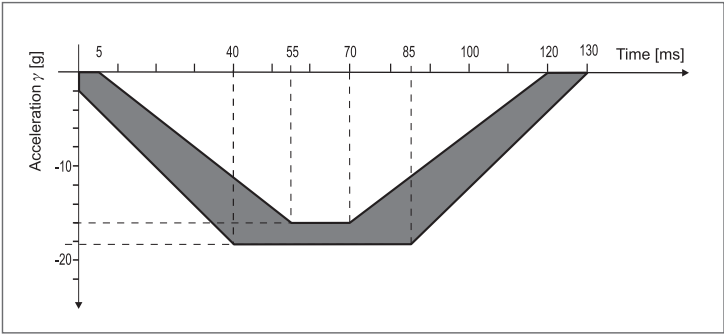
**Abbildung 6-11.** Korridor für ECE–R 80; Annex 4; Figure 1



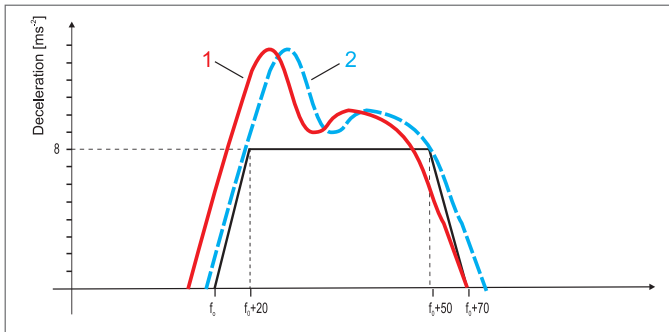
**Abbildung 6-12.** Korridor für FMVSS 206; Figure 5



**Abbildung 6-13.** Korridor für FMVSS 208; S13.1; Figure 6

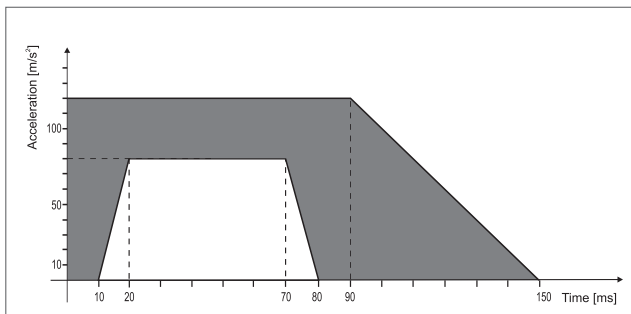


**Abbildung 6-14.** Beschleunigungsimpuls des Prüfschlittens nach EN 1789 und DIN 75302, Bild 4

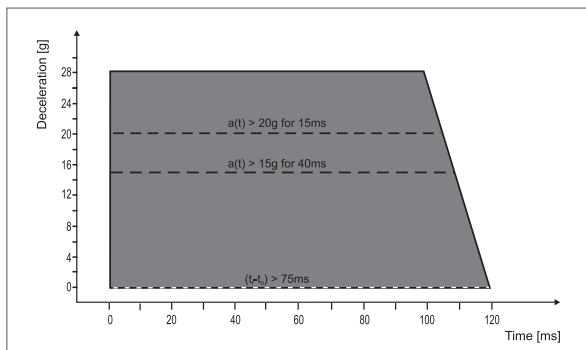


(1) Messkurve aufgenommen während des Tests, (2) Möglichkeit der Verschiebung der Kurve. Das Beispiel zeigt die Messaufnahme einer bestandenen Prüfung

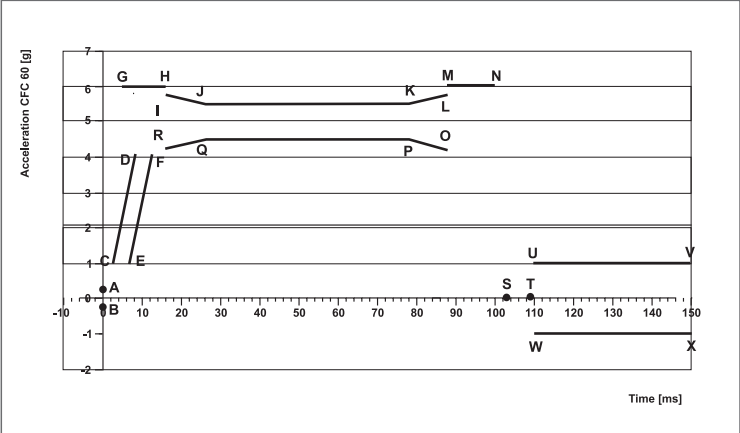
**Abbildung 6-15.** Beschleunigungsimpuls nach EN 1789: 1999, Figure 7



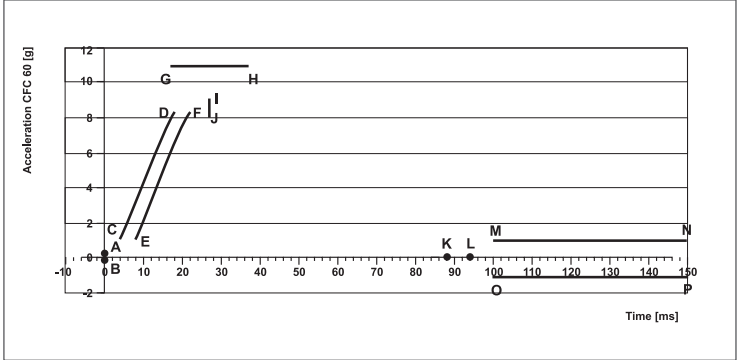
**Abbildung 6-16.** Beschleunigung/Verzögerungsanforderungen für den  $(48_0^{+2})$  km/h delta V Impact Test nach ISO 7176-19:2001(E)



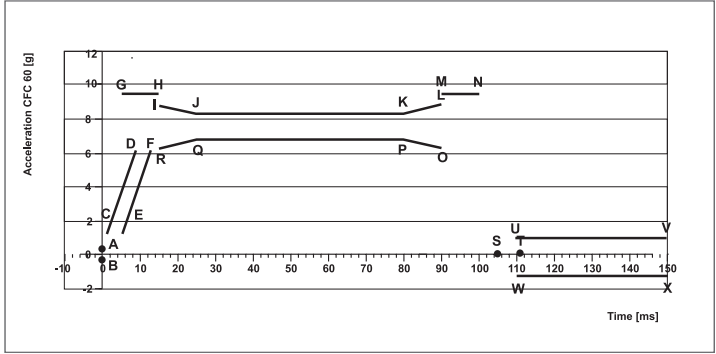
**Abbildung 6-17.** Low Severity Pulse Corridors nach EuroNCAP, Appendix IV, Figure 17



**Abbildung 6-18.** Medium Severity Pulse Corridors nach EuroNCAP, Appendix IV, Figure 18



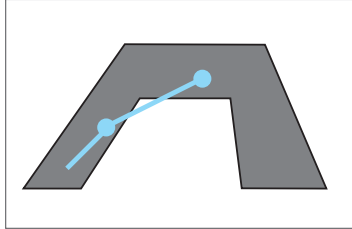
**Abbildung 6-19.** High Severity Pulse Corridors nach EuroNCAP, Appendix IV, Figure 19



## Mathematische Berechnung

Es darf nicht nur getestet werden, ob alle Punkte innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegen, sondern auch ob Verbindungsgeraden zwischen zwei Punkten den vorgegebenen Bereich verlassen. Wie die folgende Abbildung zeigt, müssen Punkte und deren Verbindungslinien innerhalb des Korridors liegen.

**Abbildung 6-20.** Punkte und Verbindungslinien müssen innerhalb des Korridors liegen



**Hinweis** Entsprechend DIN 75302 kann die Messkurve (1) zum bestehenden Test auch verschoben werden (2), um die Prüfung zu bestehen.

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigung werden nach CFC 60 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 11; 3.5.1
- ECE-R 16; Annex 8
- ECE R17
- ECE-R 44; Annex 7
- ECE-R 80; Annex 4; Figure 1
- EN 1789
- DIN 75302
- FMVSS 208; S13.1
- FMVSS 213
- EuroNCAP Whiplash
- SAE AS 8049, Appendix A
- ISO 7862, Annex A – Annex C

# ASI

---

ASI ist die Abkürzung für Acceleration Severity Index.

## Beschreibung

Der ASI-Index ist ein Maß für die Verletzungen während eines Aufpralls durch die Bewegung einer Person in einem Fahrzeug mit einem Gurtsicherheitsystem.

## Mathematische Berechnung

Der ASI-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$ASI = \left[ \left( \frac{\bar{a}_x}{\hat{a}_x} \right)^2 + \left( \frac{\bar{a}_y}{\hat{a}_y} \right)^2 + \left( \frac{\bar{a}_z}{\hat{a}_z} \right)^2 \right]^{0.5}$$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigung werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- DIN-EN 1317-1, 8.1.1



# THIV

---

THIV ist die Abkürzung für Theoretical Head Impact Velocity.

## Beschreibung

Das THIV-Konzept wurde für die Abschätzung von Verletzungen von Insassen in Fahrzeugen mit Gurtsicherheitssystemen nach einer Kollision entwickelt.

## Mathematische Berechnung

Der THIV-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$THIV = \left[ V_x^2(T) + V_y^2(T) \right]^{0.5}$$

mit  $V_x(T) = \dot{x}_b(T)$

und  $V_y(T) = \dot{y}_b(T)$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Die Messwerte der Beschleunigung werden nach CFC 180 gefiltert (siehe [CFC-Filter](#)).

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- DIN-EN 1317-1, 8.1.2

# Gillis-Index

---

## Beschreibung

Der Gillis-Index ist eine Kennzahl zur Beurteilung der Sicherheit eines Fahrzeugs bei einem Frontalaufprall. Zur Berechnung des Gillis-Index werden die Beschleunigungsmessstellen des Kopfes und der Brust, sowie die Oberschenkelkräfte jeweils von Fahrer und Beifahrer herangezogen.

## Mathematische Berechnung

1. Berechne den HIC-Wert und den HIC36-Wert für Fahrer und Beifahrer.
2. Bestimme die 3 ms-Werte der resultierenden Brustbeschleunigung für Fahrer und Beifahrer.
3. Bestimme die absoluten Maxima der Oberschenkelkräfte von Fahrer und Beifahrer.

Der Gillis-Index berechnet sich nach folgender Formel:

$$G = HIC^F + \frac{D^F}{9.80665} \cdot 16.7 \cdot \frac{3}{4} + \frac{F^{F,l} + F^{F,r}}{4.448232} \cdot 0.44 \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \left( HIC^B + \frac{D^B}{9.80665} \cdot 16.7 \cdot \frac{3}{4} + \frac{F^{B,l} + F^{B,r}}{4.448232} \cdot 0.44 \cdot \frac{1}{4} \right)$$

Der Gillis-Index für 36 Millisekunden berechnet sich nach folgender Formel:

$$G36 = HIC36^F + \frac{D^F}{9.80665} \cdot 16.7 \cdot \frac{3}{4} + \frac{F^{F,l} + F^{F,r}}{4.448232} \cdot 0.44 \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \left( HIC36^B + \frac{D^B}{9.80665} \cdot 16.7 \cdot \frac{3}{4} + \frac{F^{B,l} + F^{B,r}}{4.448232} \cdot 0.44 \cdot \frac{1}{4} \right)$$

mit	<i>Indizes</i>	<i>F</i> —Fahrer, <i>B</i> —Beifahrer, <i>l</i> —links, <i>r</i> —rechts
	<i>HIC</i>	HIC-Wert
	<i>HIC36</i>	HIC36-Wert
	<i>F</i>	Absolute Maxima der Oberschenkelkräfte

## Bestimmung der Eingangsgrößen

Siehe *HIC* und *Xms*.

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

---

# NCAP

NCAP ist die Abkürzung für New Car Assessment Program.

## Beschreibung

Zur Bewertung von Versuchsergebnissen werden die Wahrscheinlichkeiten von Kopf- und Brustverletzungen nach Mertz (GM) und Prasad (Ford) herangezogen.

## Mathematische Berechnung

Die Wahrscheinlichkeit von Kopfverletzungen berechnet sich nach folgender Formel:

$$P_{head} = \left( 1 + \exp(5.02 - (0.00351 \cdot HIC36)) \right)^{-1}$$

mit  $HIC36$  HIC36-Wert

Die Wahrscheinlichkeit von Brustverletzungen berechnet sich nach folgender Formel:

$$P_{chest} = \left( 1 + \exp(5.55 - (0.0693 \cdot a_{chest, 3ms})) \right)^{-1}$$

mit  $a_{chest, 3ms}$  3 ms-Wert der Brustbeschleunigung

Treten Kopf- und Brustverletzungen gleichzeitig auf, so wird eine kombinierte Wahrscheinlichkeit nach folgender Formel berechnet:

$$P_{combined} = P_{head} + P_{chest} - (P_{head} \cdot P_{chest})$$

Mit dieser ermittelten Wahrscheinlichkeit von  $P_{combined}$  werden die nachstehenden Klassifizierungen vorgenommen:

**Tabelle 6-1. Klassifizierungen**

$P_{combined} \leq 0,10$	★★★★★
$0,10 < P_{combined} \leq 0,20$	★★★★
$0,20 < P_{combined} \leq 0,35$	★★★
$0,35 < P_{combined} \leq 0,45$	★★
$P_{combined} \geq 0,45$	★

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

### ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den NCAP wie folgt:

? ? **HEAD** ?? ?? ?? **AC X A** : Head Acceleration X

? ? **HEAD** ?? ?? ?? **AC Y A** : Head Acceleration Y

? ? **HEAD** ?? ?? ?? **AC Z A** : Head Acceleration Z

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC X A** : Chest Acceleration X

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Y A** : Chest Acceleration Y

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC Z A** : Chest Acceleration Z

### Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- Weitere Informationen finden Sie unter folgender Internetadresse [www.nhtsa.dot.gov](http://www.nhtsa.dot.gov)

# EuroNCAP

EuroNCAP ist die Abkürzung für European New Car Assessment Program.

## Beschreibung

Für die Bewertung der Fahrzeuge werden Punkte vergeben, die in Sternen umgesetzt, dem Verbraucher die Güte der Sicherheit vermitteln. Dazu werden folgende Fahrzeugtests durchgeführt:

- Frontal Impact
- Side Impact
- Pole Side Impact
- Pedestrian Test

## Mathematische Berechnung

Durch ein von EuroNCAP herausgegebenes Spreadsheets werden für die ermittelten Werte Punkte vergeben.

**Tabelle 6-2.** Punktebewertung

33 – 40 points	★★★★★
25 – 32 points	★★★★
17 – 24 points	★★★
9 – 16 points	★★
1 – 8 points	★
0 points	

## Bestimmung der Eingangsgrößen

—

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- European New Car Assessment Programme
- Weitere Informationen finden Sie unter folgender Internetadresse [www.euroncap.com](http://www.euroncap.com)

# SI

---

SI ist die Abkürzung für Severity Index (Schwerefaktor).

## Beschreibung

Der SI-Wert dient der Beurteilung der Gefahr einer Brustverletzung (veraltet, ähnlich HIC {Kopfverletzung}). Grundlage dieses Verfahrens bildet die Wayne-State-Erträglichkeitskurve (Curve of Human Tolerance) des menschlichen Kopfes.

## Mathematische Berechnung

Der inkrementelle SI-Wert berechnet sich nach folgender Formel:

$$SI_j^{inc} = \frac{1}{1000} N \sum_{i=N_{(j-1)}-1}^{N_j} 0.5 \cdot (A_i^{2.5} + A_{i+1}^{2.5})$$

mit	$j$	$j=1,2, \dots T$
	$T$	Länge des Datensatzes
	$N$	Werte pro ms
	$A$	i-ter Wert des Beschleunigungssignals

Der kumulative SI-Wert berechnet sich nach folgenden Formeln:

$$SI_1^{cum} = SI_1^{inc}$$
$$SI_j^{cum} = SI_{j-1}^{cum} + SI_j^{inc}$$

mit  $j = 2,3, \dots T$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

### ISO TS 13499 Code

Der ISO-Code beschreibt die Eingangskanäle für den SI wie folgt:

? ? **CHST** ?? ?? ?? **AC X** : Chest Acceleration X

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J885

# Integration

---

## Beschreibung

Es sind all diejenigen numerischen Integrationsverfahren (Differentiationsverfahren) geeignet, die bei einer Integration mit anschließender Differentiation oder einer Differentiation mit einer anschließenden Integration die Ausgangsdaten zurückliefern.

## Mathematische Berechnung

---

## Bestimmung der Eingangsgrößen



**Hinweis** Beachten Sie, dass Verfahren zur numerischen Integration falsche Ergebnisse liefern, wenn die Daten einen Offset enthalten.

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J1727, 5.1.1

# Differentiation

---

## Beschreibung

Es sind all diejenigen numerischen Differentiationsverfahren (Integrationsverfahren) geeignet, die bei einer Integration mit anschließender Differentiation bzw. einer Differentiation mit einer anschließenden Integration die Ausgangsdaten zurückliefern.

## Mathematische Berechnung

Das Differentiationsverfahren nach ECE-R 94 lautet (siehe [VC](#)).

$$\frac{d}{dt} y[t] = V[t] = \frac{8 \cdot (Y[t + \Delta t] - Y[t - \Delta t]) - (Y[t + 2 \Delta t] - Y[t - 2 \Delta t])}{12 \Delta t}$$

mit  $\Delta t$  Zeitintervall zwischen den einzelnen Messungen in Sekunden

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- ECE-R 94, Anhang 4, 6.2
- Richtlinie 96/79/EG, Anhang II, Anlage 2, 6.2
- SAE J1727, 5.1.2
- SAE J1727, 5.1.3



# CFC-Filter

CFC ist die Abkürzung für Channel Frequency Class.

## Beschreibung

Die CFC-Filter sind analoge oder digitale Filter. Die Filter können phasenlos oder phasenbehaftet sein. Die folgende Tabelle listet die gängigen Filtertypen auf.

**Tabelle 6-3.** Beschreibung der Filtertypen

Filtertyp	Filterparameter	Filterwerte
CFC 60	3 dB-Grenzfrequenz	100 Hz
	Sperrdämpfung	–30 dB
	Abtastfrequenz	mindestens 600 Hz
CFC 180	3 dB-Grenzfrequenz	300 Hz
	Sperrdämpfung	–30 dB
	Abtastfrequenz	mindestens 1800 Hz
CFC 600	3 dB-Grenzfrequenz	1000 Hz
	Sperrdämpfung	–40 dB
	Abtastfrequenz	mindestens 6 kHz
CFC 1000	3 dB-Grenzfrequenz	1650 Hz
	Sperrdämpfung	–40 dB
	Abtastfrequenz	mindestens 10 kHz

## Mathematische Berechnung

Als digitales Filter dient nach SAE J211 ein 4-poliger Butterworth-Tiefpass mit linearer Phase und speziellen Anfangsbedingungen.

Die Filtersequenz wird durch folgende Differenzengleichung beschrieben:

$$Y[t]=a_0 X[t]+a_1 X[t-1]+a_2 X[t-2]+b_1 Y[t-1]+b_2 Y[t-2]$$

Die Filterkonstanten berechnen sich nach folgenden Formeln:

$$\omega_d = 2\pi \cdot CFC \cdot 2.0775$$

$$\omega_a = \frac{\sin \omega_d \frac{T}{2}}{\cos \omega_d \frac{T}{2}}$$

$$a_0 = \frac{\omega_a^2}{1 + \sqrt{2}\omega_a + \omega_a^2}$$

$$a_1 = 2a_0$$

$$a_2 = a_0$$

$$b_1 = \frac{-2(\omega_a^2 - 1)}{1 + \sqrt{2}\omega_a + \omega_a^2}$$

$$b_2 = \frac{-1 + \sqrt{2}\omega_a - \omega_a^2}{1 + \sqrt{2}\omega_a + \omega_a^2}$$

mit	$X[t]$	Eingangsdatenfolge
	$Y[t]$	Gefilterte Ausgangsdatenfolge
	$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2$	Filterkonstanten in Abhängigkeit von CFC
	$T$	Abtastrate in Sekunden

Die Differenzengleichung beschreibt ein zweipoliges Filter. Zur Realisierung eines vierpoligen Filters müssen die Daten das zweipolige Filter zweimal durchlaufen: einmal vorwärts und einmal rückwärts, um Phasenverschiebungen zu vermeiden.



**Hinweis** Die Filterkonstante  $\omega_d$  wird im Beispielcode der ISO 6487 abweichend von SAE J211 berechnet:

$$\omega_d = 2\pi \cdot CFC \cdot 1.25 \cdot \frac{5}{3}$$

$$\omega_d = 2\pi \cdot CFC \cdot 2.083\bar{3}$$

## Bestimmung der Eingangsgrößen

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- SAE J211, 8.4.1
- ISO 6487, 4.5
- ISO 6487, 5.8

# FIR 100-Filter

---

FIR ist die Abkürzung für Finite Impulse Response.

## Beschreibung

FIR-Filter sind digitale Filter.

## Mathematische Berechnung

Filtercharakteristik nach FMVSS 214, S6.13.5.4

- Durchlassfrequenz (passband frequency): 100 Hz
- Grenzfrequenz (stopband frequency): 189 Hz
- Sperrdämpfung (stopband gain): -50 dB
- Welligkeit (Passband ripple): 0,0225 dB

NHTSA-Algorithmus zu FIR 100:

- CFC 180 phasenlos
- Subsampling auf 1600 Hz
- wahlweise Entfernung des Gleichanteils
- FIR-Filter entsprechend Filtercharakteristik FMVSS 214
- Oversampling auf Originalabtastrate

## Bestimmung der Eingangsgrößen

---

## Bezüge zu Gesetzen und Vorschriften

- FMVSS 214, S6.13.5.4
- SAE J1727, 6.13

---

# Gesetze und Richtlinien

## Europäische Gesetzgebung

- ECE-R 80
- ECE-R 94
- Richtlinie 96/79/EG
- ECE-R 95
- Richtlinie 96/27/EG
- Richtlinie 2004/90/EG
- ECE-R 17
- EEVC AG 17

## Amerikanische Gesetzgebung

### Federal Motor Vehicle Safety Standard (49 CFR Part 571)

- FMVSS 201
- FMVSS 208
- FMVSS 213
- FMVSS 214

Aktuelle amerikanische Gesetze sind auch im Internet verfügbar:  
[www.gpoaccess.gov/cfr](http://www.gpoaccess.gov/cfr)

## Japanische Gesetzgebung

- TRIAS 47
- TRIAS 63

## Normen und Richtlinien

- SAE J1727
- SAE J1733
- SAE J2052
- SAE J211
- ISO 6487
- ISO TS 13499, [standards.iso.org/iso/13499](http://standards.iso.org/iso/13499), [www.iso-mme.org/forum](http://www.iso-mme.org/forum)

- DIN 75302
- EN 1789
- EuroNCAP; European New Car Assessment Programme,  
[www.euroncap.com/content/test\\_procedures/introduction.php](http://www.euroncap.com/content/test_procedures/introduction.php)
- Robert A. Denton, Sign Conventions for Load Cells (S.A.E. J-211) Rev. 27AUG02

# Grenzwerte

Die folgende Tabelle vergleicht die Kriterien verschiedener Testarten miteinander.

Art	Amerika	Europa	Weitere Verfahren								
	FMVSS208	FMVSS214	NCAP	ECE-R 94 96/79/EG	ECE-R 95 96/27/EG	Euro NCAP	Euro NCAP	Euro NCAP	Euro NCAP	ADAC	AMuS
	Frontal-Impact	Side-Impact	Frontal / Side-Impact	Frontal-ODB	Side-ODB	Frontal-Impact	Side-Impact	Side-Pole	Frontal / Side-Impact		Frontal / Side-Impact
Gültigkeit	NPRM 12.5.00	NPRM 18.9.98	1972	ab 1998	ab 1998	ab 2003	ab 2003	ab 2003			
Geschwindigkeit	56/48 km/h	54 km/h	56/61 km/h	56 km/h	50 km/h	64 km/h	50 km/h	29 km/h carrier	60 km/h		55 km/h
Hindernis	Starre Bar.	Bew.Def. Bar	Starre/Def. Bar.	Def.Bar.	Bew.Def.Bar.	Def.Bar.	Bew.Def. Bar.	Pole			
Überdeckung	100%	—	100%/ —	40%		40%	—	—	40%		50%
Anprallwinkel	0×	27×	0×	0×	90×	0×	90×	90×	0°		90°
Testgewicht	—	1368 kg	—/ 1368 kg	Plus Zuladung	950 kg	Plus Zuladung	950 kg	—	Plus Gepäck		950 kg
Rückhaltesyst.	passiv		aktiv	x	x	x	x	x	x	x	x
INSASSEN											

Art	Amerika	Europa	Weitere Ver- fahren								
	FMVSS208	FMVSS214	NCAP	ECE-R 94 96/79/EG	ECE-R 95 96/27/EG	Euro NCAP	Euro NCAP	Euro NCAP	Euro NCAP	ADAC	AMuS
	Frontal- Impact	Side- Impact	Frontal/ Side- Impact	Frontal- ODB	Side-ODB	Frontal- Impact	Side- Impact	Side- Pole	Frontal / Side- Impact	Frontal / Side- Impact	Frontal / Side- Impact
Fahrer	IIII 5, 50, 95%	US-SID; Spez.	IIII-50% US-SID	IIII-50 %	Euro-SID	IIII-50 %	Euro-SID ES-2 ab 11/ 02	Euro-SID ES-2 ab 11/ 02	IIII-50%/ Eurosid	50%/ Eurosid	
Beifahrer	IIII 5, 50, 95%	—	—	IIII-50%	—	IIII-50%	—	—	IIII-50%/ Eurosid	50%/ Eurosid	
Pos. 4 - Hinter Fahrer	IIII 12m, 3 year, 6 year	—	—	—	—	P3	P11/2	—	—	—	
Pos. 6 - Hinter Beifahrer	IIII 12m, 3 year, 6 year	—	—	—	—	P11/2	P3	—	—	—	
Temperatur (Messzeit)	20,55- 22,22°C	18,89- 25,56°C	—	19-22°C	18-26°C	19-22°C (≥5h)	18-26°C (≥5h)	18-26°C (≥5h)	—	—	
SCHUTZKRITERIEN <sup>1)</sup>											
HIC, HPC	≤<1000 (HIC36) ≤<700 (HIC15)		≤<1000	≤<1000	≤<1000	≤<1000 (HIC36) <sup>2)</sup>	≤<1000 (HIC36)	≤<1000 (HIC36)	≤<1000	≤<1000	≤<1000



Art	Amerika	Europa	Weitere Verfahren	ECE-R 94 96/79/EG	ECE-R 95 96/27/EG	Euro NCAP Frontal-Impact	Euro NCAP Side-Impact	Euro NCAP Side-Pole	ADAC	AMuS
	FMVSS2 08	FMVSS2 14	NCAP	Frontal-Impact	Side-ODB	Frontal-Impact	Side-Impact	Side-Pole	Frontal / Side-Impact	Frontal / Side-Impact
Head Res 3 ms	—	—	—	$\leq 80g$	—	$\leq 80g^{(1)}$	—	$\leq 80g$	$\leq 80g$	$\leq 80g$
Head vert. 3 ms	—	—	—	—	—	$\leq 20g$	—	—	—	—
Neck - Flex/Extens.	190/57 Nm	—	—	MOC, Fz	—	MOC, Fz	—	—	—	—
Thorax T1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thorax T12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ribs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ChestRes 3 ms	$\leq 60g$	—	$\leq 60g$ / —	$\leq 60g$	—	$\leq 60g$	—	—	$\leq 60g$	$\leq 60g$
Chest vert. 3 ms	—	—	—	—	—	$\leq 30g$	—	—	—	—
Chest Eindr.	$\leq 76,2$ mm	—	$\leq 76,2$ mm	$\leq 50$ mm	$\leq 42,0$ mm	$\leq 50$ mm	$\leq 42,0$ mm	—	$\leq 50$ / $\leq 42$ mm	$\leq 50$ / $\leq 42$ mm
VC	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	—	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup> / —	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	—	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>	$\leq 1,0$ ms <sup>-1</sup>
TTI	—	85/90g	85/90g	—	—	—	—	—	—	—
Abdomen	—	—	—	—	2,5 kN	—	2,5 kN	—	2,5 kN	2,5 kN

Art	Amerika	Europa	Weitere Ver-fahren	ECE-R 94 96/79/EG	ECE-R 95 96/27/EG	Euro NCAP	Euro NCAP	Euro NCAP	ADAC	AMuS
	FMVSS2 08	FMVSS2 14	NCAP	Frontal- ODB	Side-ODB	Frontal- Impact	Side- Impact	Side- Pole	Frontal / Side- Impact	Frontal / Side- Impact
	Frontal- Impact	Side- Impact	Frontal / Side- Impact							
Pelvis	—	130g	130g	—	—	—	—	—	—	—
Pubic Symphysis	—	—	—	—	=<6 kN	—	=<6 kN	—	=<6 kN	=<6 kN
Femur	10 kN	—	=<10 kN	Kraft/Zeit	—	Kraft/Zeit	—	—	Kraft/Zeit	Kraft/Zeit
Knie	—	—	—	15 mm	—	15 mm	—	—	15 mm	15 mm
Unterschenkel	—	—	—	=< 8 kN	—	=< 8 kN	—	—	=< 8 kN	=< 8 kN
Tibia Index	—	—	—	=<1,3	—	=<1,3	—	—	=<1,3	=<1,3

1) Kinder sind mit anderen Schutzkriterien versehen.

2) Je nach Fahrzeugausstattung oder Kopfkontakt kann es andere Grenzwerte geben.