

Deskriptoren: Strassenverkehrssicherheit, Oberbau, Strasse, Sicherheitseinrichtung, Leitplanke, Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Anprallprüfung

Descripteurs: Sécurité routière, chaussée, route, dispositif de sécurité, glissière de sécurité, définition, spécification, essai, essais de choc

**Rückhaltesysteme an Strassen - Teil 1:  
Terminologie und allgemeine Kriterien für  
Prüfverfahren**

**Dispositifs de retenue routiers - Partie 1:  
Terminologie et dispositions générales pour  
les méthodes d'essais**

Road restraint systems - Part 1: Terminology and general criteria for test methods

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. März 1998 angenommen. Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Die Europäischen Normen bestehen in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in die Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 5 mars 1998. Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.



Europäisches Komitee für Normung  
Comité européen de la normalisation  
European Committee for Standardization  
Secrétariat Central: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

**Vorwort**

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 226 "Strassenausstattungen" erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

**Avant-propos**

La présente norme européenne a été élaborée par le Comité Technique CEN/TC 226 "Equipements de la route" dont le secrétariat est tenu par l'AFNOR.

Diese Europäische Norm besteht aus den folgenden Teilen unter dem Haupttitel "Rückhaltesysteme an Straßen":

- Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren
- Teil 2: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutzeinrichtungen
- Teil 3: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anpralldämpfer

Die folgenden Teile sind noch nicht verfügbar, jedoch in Vorbereitung:

- Teil 4: Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs-, End- und Übergangsstücke von Schutzeinrichtungen
- Teil 5: Kriterien für die Dauerhaftigkeit und Konformitätsbewertung
- Teil 6: Fussgängerrückhaltesysteme

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm enthalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 1998 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Sous le titre générique "Dispositifs de retenue routiers", la norme européenne comporte les parties suivantes:

- Partie 1: Terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essais
- Partie 2: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité
- Partie 3: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les atténuateurs de chocs

Les parties qui suivent ne sont pas encore disponibles mais sont en cours de préparation:

- Partie 4: Critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les extrémités et raccordements des barrières de sécurité
- Partie 5: Critère de durabilité et évaluation de la conformité
- Partie 6: Dispositif de retenue routier pour les piétons

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 1998, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 1998.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux de pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

## Einleitung

Um die Sicherheit von Strassen zu verbessern und aufrechtzuerhalten, erfordert der Entwurf von sicheren Strassen in bestimmten Bereichen oder an ausgewählten Punkten die Errichtung von Systemen, die Fahrzeuge und Fussgänger von gefährlichen Zonen oder Bereichen zurückhalten. Die in dieser Norm bezeichneten Rückhaltesystemen an Strassen werden nach festgelegten Aufhaltestufen bemessen, um von der Fahrbahn abkommende Fahrzeuge zurückhalten sowie Fussgänger und andere Strassenbenutzer zu leiten.

Ziel dieser Norm ist die Bereitstellung eines Verfahrens, um nationale Normen und Regelungen, die gegenwärtig in den Mitgliedsstaaten gelten, in einer gemeinsamen Europäi-schen Norm harmonisieren zu können.

Es steht eine Vielzahl von Rückhaltesystemen zur Verfügung; ihre Eigenschaften unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer Funktion als auch ihres tatsächlichen Einsatzes. Die Europäische Normung erfordert eine gemeinsame Terminologie als geeignete Basis der Verständigung über Bemessung, Leistungsanforderung, Herstellung und Errichtung von verschiedenen Rückhaltesystemen an Strassen.

Die Norm gibt zulässige Toleranzen für Anprallprüfungen sowie Leistungskriterien für Fahrzeuge an, die erfüllt werden müssen, um eine Zulassung zu erreichen. Die in den Prüfbericht aufgenommene Festlegung für die Bemessung von Rückhaltesystemen an Strassen sollte die Strassenbedingungen vor Ort angeben, an denen das Rückhaltesystem errichtet werden sollte.

Der in der Norm bezeichnete Leistungsbereich der Rückhaltesysteme ermöglicht den nationalen und örtlichen Behörden, die einzusetzende Leistungsklasse zu erkennen und festzulegen.

Der Bereich möglicher Anprallvorgänge eines Fahrzeugs an ein an einer Strasse errichtetes Rückhaltesystem ist bezüglich der Geschwindigkeit, des Anprallwinkels, des Fahrzeugverhaltens und anderer Fahrzeug- und Strassenbedingungen sehr gross. Deshalb können Anprallvorgänge vor Ort erheblich von den festgelegten Prüfbedingungen abweichen. Bei einer entsprechenden Umsetzung der Norm sollten jedoch diejenigen Eigenschaften eines betreffenden Rückhaltesystems an Strassen festgelegt werden, die wahrscheinlich die höchste Sicherheit erzielen und diejenigen Merkmale zurückgewiesen werden, die nicht annehmbar sind.

Es wird empfohlen, diese Norm nach Ablauf von fünf Jahren oder nach Fertigstellung einer vorgeschlagenen Reihe von Anprall-Gültigkeitsprüfungen zu überarbeiten.

### 1. Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Definitionen der wesentlichen Begriffe für Fahrzeug- und Fussgänger-Rückhaltesysteme an Strassen für alle Teile dieser Norm fest. Sie enthält auch die allgemeinen Kriterien für Prüfverfahren.

Die informativen Anhänge B und C enthalten Angaben zur kinetischen Anprallenergie und zur Fahrzeugbeschleunigung.

## Introduction

Afin de maintenir et d'améliorer la sécurité routière, la conception des routes requiert sur certaines sections ou en des points particuliers l'installation de dispositifs pour empêcher les véhicules et les piétons de pénétrer dans des zones dangereuses. Les dispositifs de retenue concernés par cette norme sont conçus pour des niveaux de performance définis et ont pour objet de retenir les véhicules, de rediriger les véhicules en détresse et d'assurer le guidage des piétons et autres usagers de la route.

L'objectif de la présente norme est de fournir une procédure par laquelle les réglementations et normes nationales actuellement en vigueur dans les états membres peuvent être harmonisées sous forme d'une européenne commune.

Plusieurs types de dispositifs peuvent être utilisés; ils diffèrent les uns des autres par leur fonction et leurs sites d'implantation. La normalisation européenne requiert une terminologie commune afin de faciliter la communication et permettre une bonne compréhension en terme de conception, de performance, de fabrication et de mise en œuvre des différents dispositifs de retenue.

La présente norme définit les tolérances pour les essais d'impact et les critères de performance des véhicules qui doivent être satisfaits pour obtenir l'agrément. La spécification technique pour les dispositifs de retenue introduite dans le rapport d'essai devrait identifier les conditions d'implantation dans lesquelles on devrait installer ce dispositif.

Les différents niveaux de performance des barrières de sécurité donnés dans cette norme permettent aux autorités nationales et locales de préciser la classe de performance à utiliser.

La diversité de chocs possibles des véhicules sur un dispositif de retenue est extrêmement grande en terme de vitesse, d'angle, de type de véhicule, de comportement du véhicule et d'autres paramètres liés au véhicule et à la route. Par conséquent, les chocs réels constatés sur le terrain peuvent différer considérablement des conditions d'essai normalisées. Cependant, l'application convenable de la norme devrait permettre, pour un nouveau dispositif, d'identifier les caractéristiques susceptibles d'apporter une sécurité maximale et de rejeter celles qui sont inacceptables.

Il est recommandé de réviser la présente norme dans un délai de cinq ans ou après la réalisation d'une série d'essais de validation.

### 1. Domaine d'application

Cette partie de la présente norme européenne définit les principaux termes utilisés pour les dispositifs routiers de retenue des véhicules et des piétons dans toutes les parties de la norme. Elle spécifie également les dispositions générales des méthodes d'essai.

Les annexes informatives B et C donnent des informations sur l'énergie cinétique et l'accélération du véhicule.

**2. Normative Verweisungen**

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder spätere Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderungen oder Überarbeitungen eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikationen.

- EN 1317-2 Rückhaltesysteme an Strassen - Teil 2: Schutzeinrichtungen - Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anfahrprüfungen und Prüfverfahren
- prEN 1317-3 Rückhaltesysteme an Strassen - Teil 3: Anpralldämpfer - Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anfahrprüfungen und Prüfverfahren

**3. Abkürzungen**

- ASI Index für die Schwere der Beschleunigung (Acceleration Severty Index)
- THIV Theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (Theoretical Head Impact Velocity)
- PHD Kopfverzögerung nach dem Anprall (Post-Impact Head deceleration)
- OIV Insassen-Anprallgeschwindigkeit (Occupant Impact Velocity)
- ORA Insassen-Anhalteverzögerung (Occupant Ridedown Acceleration)
- VCDI Index der Verformung des Cockpits (Vehicle Cockpit Deformation Index)
- VIDI Index der Verformung des Fahrzeuginnern (Vehicle Interior Deformation Index)

**4. Terminologie der Rückhaltesysteme an Strassen**

Die Systemtypen sind in Bild 1 dargestellt:

**2. Références normatives**

Cette norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

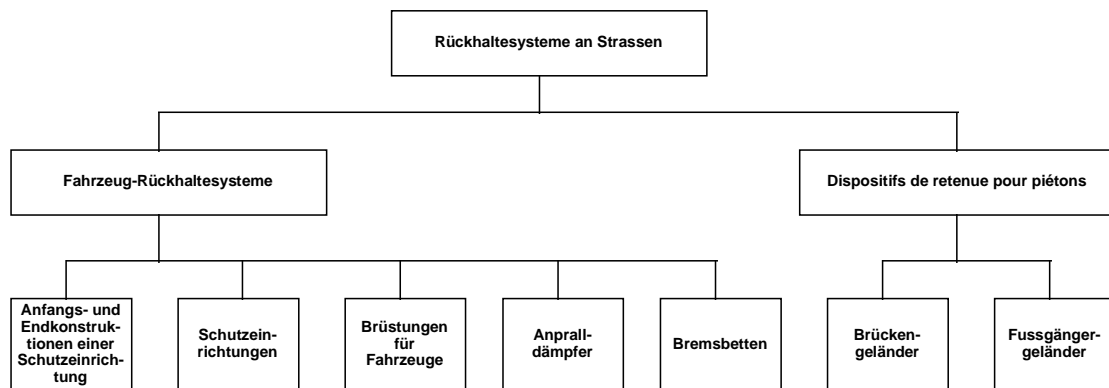
- EN 1317-2 Dispositifs de retenue routiers - Partie 2: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité
- prEN 1317-3 Dispositifs de retenue routiers - Partie 3: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essais pour les atténuateurs de chocs

**3. Abréviations**

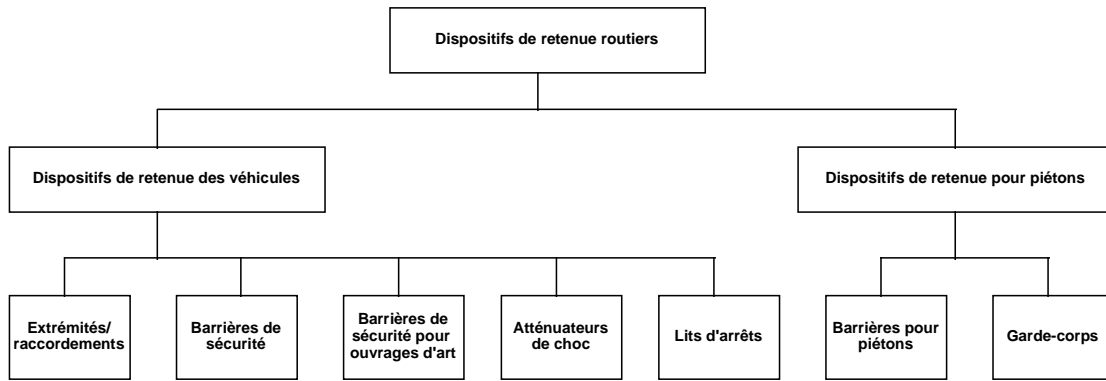
- ASI Indice de sévérité de l'accélération (Acceleration Severty Index)
- THIV Vitesse d'impact théorique de la tête (Theoretical Head Impact Velocity)
- PHD Décélération de la tête après impact (Post-Impact Head Deceleration)
- OIV Vitesse d'impact des occupants (Occupant Impact Velocity)
- ORA Accélération des occupants vers le bas (Occupant Ridedown Acceleration)
- VCDI Indice de déformation de l'habitacle du véhicule (Vehicle Cockpit Deformation Index)
- VIDI Indice de déformation intérieure du véhicule (Vehicle Interior Deformation Index)

**4. Terminologie relative aux dispositifs routiers de retenue**

Les différents types de dispositifs se répartissent comme indiqué dans la figure 1:



**Bild 1: Systemtypen**



**Figure 1: Types des dispositifs**

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

#### 4.1 Rückhaltesysteme an Strassen

Allgemeine Bezeichnung für ein Fahrzeug- und Fußgänger-Rückhaltesystem an Strassen

#### 4.2 Fahrzeug-Rückhaltesystem

Ein an einer Strasse errichtetes System, das in bestimmtem Umfang ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug aufhält.

#### 4.3 Schutzeinrichtung

Ein Fahrzeug-Rückhaltesystem, das längsseits einer Strasse oder im Mittelstreifen errichtet wird.

#### 4.4 Dauerhafte Schutzeinrichtung

Eine Schutzeinrichtung, die an einer Strasse dauerhaft errichtet wird.

#### 4.5 Vorübergehende Schutzeinrichtung

Eine Schutzeinrichtung, die leicht entfernt werden kann und bei Strassenarbeiten, in Notfällen oder ähnlichen Situationen verwendet wird.

#### 4.6 Verformbare Schutzeinrichtung

Eine Schutzeinrichtung, die sich bei einem Fahrzeuganprall verformt und dauerhaft verformt bleiben kann.

#### 4.7 Starre Schutzeinrichtung

Eine Schutzeinrichtung, die bei einem Fahrzeuganprall eine vernachlässigbare Verformung erfährt.

#### 4.8 Einseitige Schutzeinrichtung

Eine Schutzeinrichtung, die nur für einen einseitigen Anprall gestaltet ist.

#### 4.9 Doppelseitige Schutzeinrichtungen

Eine Schutzeinrichtung, die für einen Anprall an beiden Seiten gestaltet ist.

#### 4.10 Anfangs- und Endkonstruktion

Die Abschlussverankerung einer Schutzeinrichtung.

Pour les besoins de la présente norme les définitions suivantes s'appliquent:

#### 4.1 Dispositif routier de retenue

Terme général désignant les dispositifs de retenue de véhicules et les dispositifs de retenue pour piétons utilisés sur les routes.

#### 4.2 Dispositif de retenue des véhicules

Dispositif installé sur les routes pour fournir un niveau de retenue pour un véhicule en détresse.

#### 4.3 Barrière de sécurité

Dispositif de retenue des véhicules installé en accotement ou en terre-plein central des routes.

#### 4.4 Barrière de sécurité permanente

Barrière de sécurité installée de façon permanente sur une route.

#### 4.5 Barrière de sécurité temporaire

Barrière de sécurité facilement démontable utilisée en cas de travaux, d'urgence ou de situation similaire.

#### 4.6 Barrière de sécurité souple

Barrière de sécurité qui se déforme lors d'un choc de véhicule et qui peut conserver une déformation après le choc.

#### 4.7 Barrière de sécurité rigide

Barrière de sécurité qui présente une déflexion négligeable lors d'un choc de véhicule.

#### 4.8 Barrière de sécurité simple

Barrière de sécurité conçue pour n'être heurtée que d'un seul côté.

#### 4.9 Barrière de sécurité double

Barrière de sécurité conçue pour être heurtée de chaque côté.

#### 4.10 Extrémité

Ancrage des origines ou des fins des barrières de sécurité.

**4.11 Anfangskonstruktion in Fahrtrichtung**

Der Abschlussbereich am dem Verkehrsstrom entgegen-gerichteten Ende einer Schutzeinrichtung.

**4.12 Endkonstruktion in Fahrtrichtung**

Der Abschlussbereich am Ende einer Schutzeinrichtung in Verkehrsstromrichtung.

**4.13 Übergangsstück**

Verbindung zweier Schutzeinrichtungen verschiedener Konstruktion und/oder Eigenschaft.

**4.14 Brüstung für Fahrzeuge**

Eine Schutzeinrichtung, die am Rand einer Brücke oder an einer Stützmauer oder einer vergleichbaren Konstruktion errichtet wird, an der sich ein plötzlicher Geländeabfall befindet, und die zusätzliche Schutz- und Rückhalte-einrichtungen für Fussgänger oder andere Strassenbenutzer beinhalten kann.

**4.15 Anpralldämpfer**

Eine Vorrichtung zur Energieaufnahme eines Fahrzeugs an Strassen, die vor einem festen Gegenstand eingebaut ist

**4.16 Abweisender Anpralldämpfer**

Ein Anpralldämpfer, der für das Aufhalten und Abweisen eines anprallenden Fahrzeugs gestaltet ist.

**4.17 Nichtabweisender Anpralldämpfer**

Ein Anpralldämpfer, der für das Aufhalten und Auffangen eines Fahrzeugs gestaltet ist.

**4.18 Bremsbett**

Eine an eine Strasse angrenzende Fläche, die mit besonderem Material angefüllt ist, um von der Fahrbahn abkommende Fahrzeuge abzubremsen und zum Stillstand zu bringen.

**4.19 Fussgänger -Rückhaltesystem**

Ein System, das errichtet wird, um Fussgänger zurückhalten und zu leiten.

**4.20 Brückengeländer**

Ein Fussgänger- oder für "andere Strassenbenutzer" errichtetes Rückhaltesystem entlang einer Brücke oder ähnlichen Konstruktion, das nicht als Fahrzeug - Rückhaltesystem dient.

**4.21 Fussgängergeländer**

Ein Rückhaltesystem für Fussgänger oder "andere Strassenbenutzer" längsseits des Randes eines Fusswegs oder -pfads, das Fussgänger oder andere Strassenbenutzer davon abhalten soll, eine Fahrbahn oder andere, möglicherweise gefährliche Flächen zu betreten oder zu überqueren.

ANMERKUNG: Als Vorkehrung für "andere Strassenbenutzer" gelten Vorkehrungen insbesondere für Reiter, Radfahrer und Vieh.

**5. Festlegung für Fahrzeuge unter Prüfbedingungen**

Festlegung für Fahrzeuge unter Prüfbedingungen sind in Tabelle 1 angegeben.

**4.11 Extrémité d'origine de file**

Extrémité située en début d'une file de barrières de sécurité.

**4.12 Extrémité de fin de file**

Extrémité située en fin d'une file de barrières de sécurité.

**4.13 Raccordement**

Raccordement de deux barrières de sécurité de conceptions ou de performances différentes.

**4.14 Barrière pour ouvrage d'art**

Barrière de sécurité installée sur un pont ou sur un mur de soutènement ou sur une autre structure semblable qui peut comprendre un dispositif complémentaire pour la retenue des piétons ou autres usagers.

**4.15 Atténuateur de choc**

Dipositif d'absorption d'énergie installé devant un obstacle rigide pour diminuer la sévérité d'un choc.

**4.16 Atténuateur de choc redirectif**

Atténuateur de choc conçu pour retenir et rediriger un véhicule qui le heurte.

**4.17 Atténuateur de choc non redirectif**

Atténuateur de choc conçu pour retenir et immobiliser un véhicule qui le heurte.

**4.18 Lit d'arrêt**

Aire adjacente à la route remplie d'un matériau adapté pour ralentir et arrêter des véhicules en détresse.

**4.19 Dispositif de retenue pour piétons**

Système installé pour retenir et guider les piétons.

**4.20 Garde-corps**

Dispositif de retenue pour piétons ou autres usagers installé en bordure de pont, sur un mur de soutènement ou une structure similaire, non conçu pour la retenue des véhicules.

**4.21 Barrière pour piétons**

Dispositif de retenue pour piétons ou autres usagers en bordure de voie piétonne ou de trottoir pour empêcher qu'ils passent sur la route ou sur une autre aire qui pourrait être dangereuse.

NOTE: Le terme "autres usagers" englobe entre autre les cavaliers, les cyclistes et le bétail.

**5. Spécifications des véhicules d'essai**

Les spécifications des véhicules d'essai sont stipulées dans le tableau 1.

Tabelle 1: Festlegung für Fahrzeuge

<b>Masse</b> <b>kg</b>								
Fahrzeugmasse (1)	825 ±40	1300 ±65	1500 ±75	10000 ±300	13000 ±400	16000 ±500	30000 ±900	38000 ±1100
Einschliesslich Höchstballast (2)	100	160	180	-	-	-	-	-
Dummy	75	-	-	-	-	-	-	-
Gesamtprüfmasse	900 ±40	1300 ±65	1500 ±75	10000 ±300	13000 ±400	16000 ±500	30000 ±900	38000 ±1100
<b>Masse</b> <b>m</b>								
(Grenzabweichung ±15%)								
Radspur (vorne und hinten)	1,35	1,40	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Radradius (unbelastet)	-	-	-	0,46	0,52	0,52	0,55	0,55
Radstand (zwischen den äussersten Achsen)	-	-	-	4,60	6,50	5,90	6,70	11,25
Anzahl der Achsen	1S+1 (3)	1S+1	1S+1	1S+1	1S+1	1S+1/2	2S+2	1S+3/4
Bodenfreiheit der vorderen Stossstange, gemessen am Ende	-	-	-	0,58	-	0,58	0,58	0,58
<b>Lage des Schwerpunkts</b> <b>m</b>								
(Grenzabweichung ± 10%)								
Längsabstand (4) von der Vorderachse (CGX) ± 10%	0,90	1,10	1,24	2,70	3,80	3,10	4,14	6,20
Seitlicher Abstand vom Fahrzeug (CGY)	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10
Höhe über dem Boden (CCZ):								
Fahrzeugmasse (± 10%)	0,49	0,53	0,53	-	-	-	-	-
Last (+ 15 % - 5 %)	-	-	-	1,50	1,40	1,60	1,90	1,90
<b>Fahrzeugart</b>	PKW	PKW	PKW	LKW ohne Anhänger	Bus	LKW ohne Anhänger	LKW ohne Anhänger	Sattelzug
(1) Incluant charge pour les poids lourds. (2) Incluant l'équipement de mesure et d'enregistrement. (3) S: Essieu directeur. (4) Masse du véhicule.								

Tableau 1: Spécification des véhicules

<b>Masse</b> <b>kg</b>								
Masse du véhicule (1)	825 ±40	1300 ±65	1500 ±75	10000 ±300	13000 ±400	16000 ±500	30000 ±900	38000 ±1100
Lest maximal inclus (2)	100	160	180	-	-	-	-	-
Mannequin	75	-	-	-	-	-	-	-
Masse totale d'essai	900 ±40	1300 ±65	1500 ±75	10000 ±300	13000 ±400	16000 ±500	30000 ±900	38000 ±1100
<b>Dimensions</b> <b>m</b>								
(écart limite ± 15%)								
Trace de roue (avant et arrière)	1,35	1,40	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Rayon des roues (sans charge)	-	-	-	0,46	0,52	0,52	0,55	0,55
Empattement (entre essieux extrêmes)	-	-	-	4,60	6,50	5,90	6,70	11,25
Nombre d'essieux	1S+1 (3)	1S+1	1S+1	1S+1	1S+1	1S+1/2	2S+2	1S+3/4
Garde au sol mesurée au coin du parechoc avant	-	-	-	0,58	-	0,58	0,58	0,58
<b>Emplacement du centre de gravité</b> <b>m</b>								
(écart limite ± 10%)								
Distance longitudinale par rapport à l'essieu avant (CGX) ± 10%	0,90	1,10	1,24	2,70	3,80	3,10	4,14	6,20
Distance latérale (4) par rapport à la ligne centrale du véhicule (CGY)	± 0,07	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10
Hauteur au-dessus du sol (GCZ):								
Masse du véhicule (± 10%)	0,49	0,53	0,53	-	-	-	-	-
Chargement (+15%- 5%)	-	-	-	1,50	1,40	1,60	1,90	1,90
<b>Type de véhicule</b>	Véhicule de tourisme	Véhicule de tourisme	Véhicule de tourisme	Poids lourd non-articulé	Bus	Poids non-articulé	Poids lourd	Poids lourd articulé
(1) Incluant charge pour les poids lourds. (2) Incluant l'équipement de mesure et d'enregistrement. (3) S: Essieu directeur. (4) Masse du véhicule.								

**6. Messung des Indexes für die Schwere der Beschleunigung (ASI)**

**6.1 Die Berechnung des ASI**

Der Index für die Schwere der Beschleunigung ASI ist eine Funktion der Zeit und wird nach Gleichung (1) berechnet:

$$ASI(t) = \left[ (\bar{ax} / \hat{ax})^2 + (\bar{ay} / \hat{ay})^2 + (\bar{az} / \hat{az})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Dabei sind  $\hat{ax}$ ,  $\hat{ay}$  und  $\hat{az}$  Grenzwerte für die Komponenten der Beschleunigung entlang der Körperachsen x, y und z sind:  $\bar{ax}$ ,  $\bar{ay}$  und  $\bar{az}$  sind die Komponenten der Beschleunigung eines gewählten Punktes P des Fahrzeugs, die nach dem Verfahren der gleitenden Durchschnittsbildung über das Zeitintervall  $\delta = 50$  ms gebildet werden, so dass

$$\begin{aligned} \bar{ax} &= \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ax \, dt ; \\ \bar{ay} &= \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ay \, dt ; \bar{az} = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} az \, dt ; \end{aligned} \quad (2)$$

Der ASI - Index soll ein Mass für die Heftigkeit der Fahrzeugbewegung während des Anpralls angeben, die auf eine Person wirkt, die in der Nähe des Punktes P sitzt.

Der Durchschnitt in Gleichung (2) ist in Wirklichkeit ein "Tiefpassfilter", der die Tatsache berücksichtigt, dass Fahrzeugbeschleunigungen auf den Körper des Insassen durch relativ weiche Berührungen übertragen werden können, welche die höchsten Frequenzen nicht übersteigen können.

**6. Mesure de l'indice de sévérité de l'accélération (ASI)**

**6.1 Calcul de l'indice ASI**

L'indice de sévérité de l'accélération ASI est une fonction du temps, calculée selon l'équation (1):

$$ASI(t) = \left[ (\bar{ax} / \hat{ax})^2 + (\bar{ay} / \hat{ay})^2 + (\bar{az} / \hat{az})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

où:

$\hat{ax}$ ,  $\hat{ay}$  et  $\hat{az}$  sont les valeurs limites pour les composantes de l'accélération le long des axes de la carrosserie x, y et z, et  $\bar{ax}$ ,  $\bar{ay}$  et  $\bar{az}$  sont les composantes de l'accélération d'un point sélectionné P du véhicule, moyenne établie sur un intervalle de temps mobile  $\delta = 50$  ms, de façon telle que:

$$\begin{aligned} \bar{ax} &= \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ax \, dt ; \\ \bar{ay} &= \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ay \, dt ; \bar{az} = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} az \, dt ; \end{aligned} \quad (2)$$

L'indice ASI permet d'évaluer la sévérité du choc pendant le déplacement du véhicule pour une personne assise à proximité du point P.

Les valeurs indiquées à l'équation (2) sont des moyennes filtrées, tenant compte du fait que les accélérations du véhicule sont transmises au corps de l'occupant par l'intermédiaire de contacts relativement mous qui ne peuvent pas laisser passer les fréquences les plus élevées.



Gleichung (1) ist die einfachstmögliche Gleichung der Wechselbeziehungen mit den drei Variablen x, y und z; wenn zwei der Komponenten der Fahrzeugbeschleunigung Null betragen, erreichen der ASI - Index seinen Grenzwert 1, wenn die dritte Komponente ihre Grenzbeschleunigung erreicht; wenn jedoch zwei oder drei Komponenten nicht Null betragen, kann der ASI - Index 1 betragen, auch wenn die einzelnen Komponenten wesentlich unter den relevanten Grenzwerten liegen.

Als Grenzbeschleunigungen gelten die Werte, unterhalb derer das Risiko für die Insassen sehr gering ist (nur geringe Verletzungen).

Für angeschnallte Insassen gelten die allgemein angewandten Grenzbeschleunigungen:

$$\hat{a}_x = 12g, \hat{a}_y = 9g, \hat{a}_z = 10g, \quad (3)$$

Dabei ist:

$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$  der Bezugswert für die Beschleunigung.

Nach Gleichung (1) ist der ASI - Index eine dimensionslose Grösse, die eine Skalarfunktion der Zeit und im allgemeinen des gewählten Fahrzeugpunkts ist und nur positive Werte annimmt. Je höher der ASI - Index über 1 liegt, desto höher ist das Sicherheitsrisiko für die Insassen an diesem Punkt; deshalb wird der bei einer Kollision erreichte Höchstwert des ASI als eindeutiger Wert der Schwere angenommen, oder

$$\text{ASI} = \max [\text{ASI} (t)] \quad (4)$$

## 6.2 Fahrzeuginstrumentierung

Die Fahrzeugbeschleunigung ist an einem einzigen Punkt (P) des Fahrzeugkörpers in der Nähe des Massenschwerpunkts des Fahrzeugs zu messen. Ferner sind drei Beschleunigungsaufnehmer (oder ein dreiaxialer Aufnehmer) erforderlich.

Die Erfahrung zeigt jedoch, dass aufgrund von physikalischen Zwängungen die tatsächliche Anordnung des Beschleunigungsmessgeräts einige Zentimeter neben dem Massenschwerpunkt erfolgen kann; dadurch können erheblich Unterschiede zwischen den gemessenen Beschleunigungen und denen am Massenschwerpunkt aufgrund von Winkelbewegungen auftreten. In diesen Fällen ist ein zweiter dreiaxialer Aufnehmer entlang der Längsachse aufzu stellen.

Bei langen Fahrzeugen kann die Beschleunigung vor allem wegen der Gierbewegung vom vorderen zum hinteren Teil des Fahrzeugs erheblich variieren. Bei der Kollision eines Busses mit einem Seitenschutz wird deshalb empfohlen, den ASI an zwei Punkten ( $P_1$  und  $P_2$ ) zu beurteilen, die der extremen vorderwärtigen und rückwärtigen Position der Insassen entsprechen: als direkteste Möglichkeit zur Messung gilt hierbei die Anordnung von zwei dreiaxialen Aufnehmern genau an diesen Stellen.

Wenn ein vollständiger Satz von Messwandlern eingebaut wurde, um die sechs Bewegungsfreiheitsgrade des Fahrzeugs aufzuzeichnen, kann alternativ der gesamte Bereich der Fahrzeugbeschleunigung berechnet werden, und der ASI kann an jedem Punkt auf einfachste Weise ermittelt werden.

Die Aufnehmer, Filter und Aufzeichnungskanäle müssen der in EN 1317-2 und prEN 1317-3 festgelegten Frequenzklasse entsprechen.

L'équation (1) représente l'expression la plus simple possible de l'interaction entre les trois variables x, y et z: si deux composantes quelconques de l'accélération du véhicule sont nulles, ASI atteint sa valeur limite de 1 quand la troisième composante atteint son accélération limite; mais quand deux ou les trois composantes ne sont pas nulles, ASI peut être égal à 1 avec la composante unique bien en dessous des limites correspondantes.

Les accélérations limites sont interprétées comme étant les valeurs en dessous desquelles le risque pour le passager est très faible (blessures légères s'il y a lieu).

Pour les passagers bouclant leurs ceintures de sécurité, les accélérations limites généralement utilisées sont:

$$\hat{a}_x = 12g, \hat{a}_y = 9g, \hat{a}_z = 10g, \quad (3)$$

où:

$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$  est la référence pour l'accélération.

Avec l'équation (1), l'ASI est une grandeur sans dimension et qui est une fonction scalaire du temps et, de façon générale, du point du véhicule sélectionné, n'ayant que des valeurs positives. Plus l'ASI dépasse l'unité, plus le risque pour l'occupant à ce point dépasse les limites de sécurité; par conséquent, la valeur maximale atteinte par l'ASI dans une collision est supposée être une mesure simple de la sévérité, c'est à dire:

$$\text{ASI} = \max [\text{ASI} (t)] \quad (4)$$

## 6.2 Instrumentation du véhicule

L'accélération du véhicule doit être mesurée en un point (P) de la carrosserie du véhicule proche du centre de gravité du véhicule; trois capteurs d'accélération sont alors nécessaires (ou un capteur à trois axes).

L'expérience montre cependant que, du fait des contraintes physiques, l'emplacement réel de l'ensemble des accéléromètres peut être décalé de plusieurs centimètres du centre de gravité. Des différences sensibles peuvent alors se produire entre les accélérations mesurées et celles au centre de gravité, du fait des déplacements angulaires. Dans ce cas, un second ensemble d'accéléromètres à trois axes doit être placé le long de l'axe longitudinal.

Sur les longs véhicules, l'accélération peut varier considérablement de l'avant à l'arrière, principalement du fait du mouvement de lacet. Par exemple, pour un car heurtant une barrière de sécurité, il est recommandé d'évaluer l'ASI en deux points ( $P_1$  et  $P_2$ ), correspondant aux positions de passager de l'extrême avant et de l'extrême arrière: la façon la plus directe de faire cela consiste à placer deux capteurs d'accélération à trois axes dans ces positions.

Il existe une autre possibilité: si un ensemble complet de capteurs est installé pour enregistrer les 6 degrés de liberté de mouvement du véhicule, le champ d'accélération complet du véhicule peut être calculé et ensuite l'indice de sévérité ASI peut facilement être évalué en tout point.

Les capteurs, filtres et canaux d'enregistrement doivent être conformes à la classe de fréquence spécifiée dans l'EN 1317-2 et le prEN 1317-3.

**6.3 Zusammenfassung des Verfahrens zur Berechnung des ASI**

a) Die Messungen der drei Komponenten der Fahrzeugbeschleunigung sind mit den beschriebenen Geräten aufzuzeichnen. Im allgemeinen werden solche Messungen als Magnetaufzeichnungen in Form von drei Reihen aus N Nummern, die bei einer bestimmten Proberate S (Proben je Sekunde) entnommen wurden, aufbewahrt.

Für drei derartige Messreihen:

$$^1a_x, ^2a_x, \dots, ^{k-1}a_x, ^ka_x, ^{k+1}a_x, \dots, Na_x$$

$$^1a_y, ^2a_y, \dots, ^{k-1}a_y, ^ka_y, ^{k+1}a_y, \dots, Na_y$$

$$^1a_z, ^2a_z, \dots, ^{k-1}a_z, ^ka_z, ^{k+1}a_z, \dots, Na_z$$

Ist die Schwerkraftbeschleunigung g die Masseinheit.

b) Die Anzahl m der Proben ist im Mittelbildungsfenster  $\delta = 0,05$  s zu finden:  
 $m = \text{INT}(\delta * S) = \text{INT}(0,05 * S)$ , wobei INT (R) die in bezug auf R nächste ganze Zahl ist. Z.B. ist bei S = 500 Proben/s, m = 25.

c) Die Durchschnittsbeschleunigung ( $\bar{a}$ ) sind wie folgt zu berechnen:

$$^k\bar{a}_x = \frac{1}{m} ({}^ka_x + {}^{k+1}a_x + {}^{k+2}a_x + \dots + {}^{k+m}a_x) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_x$$

$$^k\bar{a}_y = \frac{1}{m} ({}^ka_y + {}^{k+1}a_y + {}^{k+2}a_y + \dots + {}^{k+m}a_y) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_y$$

$$^k\bar{a}_z = \frac{1}{m} ({}^ka_z + {}^{k+1}a_z + {}^{k+2}a_z + \dots + {}^{k+m}a_z) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_z$$

(5), (6), (7)

d) Der ASI ist als Höchstwert der Reihen für  $k_{\text{ASI}}$  zu finden.

$$^k \text{ASI} = \left[ \left( {}^k\bar{a}_x / 12 \right)^2 + \left( {}^k\bar{a}_y / 9 \right)^2 + \left( {}^k\bar{a}_z / 10 \right)^2 \right]^{1/2} \tag{8}$$

e) Der ASI ist als Höchstwert der Reihen für  $k_{\text{ASI}}$  zu finden.

**6.3 Résumé de la procédure de calcul de l'indice ASI**

a) Enregistrer les mesures de trois composantes de l'accélération du véhicule avec l'instrumentation prescrite. En général, ces mesures sont mémorisées sur un support magnétique, sous forme de trois séries de nombres N, échantillonnées à une certaine vitesse d'échantillonnage S (échantillons / seconde).

Pour ces trois séries de mesures:

$$^1a_x, ^2a_x, \dots, ^{k-1}a_x, ^ka_x, ^{k+1}a_x, \dots, Na_x$$

$$^1a_y, ^2a_y, \dots, ^{k-1}a_y, ^ka_y, ^{k+1}a_y, \dots, Na_y$$

$$^1a_z, ^2a_z, \dots, ^{k-1}a_z, ^ka_z, ^{k+1}a_z, \dots, Na_z$$

L'accélération due à la pesanteur g est l'unité de mesure.

b) Trouver le nombre m d'échantillons dans la fenêtre d'intégration  $\delta = 0,05$  s:  
 $m = \text{INT}(\delta * S) = \text{INT}(0,05 * S)$ , où INT(R) est le nombre entier le plus proche de R. Par exemple, si S = 500 échantillons par seconde, m = 25.

c) Calculer les accélérations moyennes ( $\bar{a}$ ):

$$^k\bar{a}_x = \frac{1}{m} ({}^ka_x + {}^{k+1}a_x + {}^{k+2}a_x + \dots + {}^{k+m}a_x) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_x$$

$$^k\bar{a}_y = \frac{1}{m} ({}^ka_y + {}^{k+1}a_y + {}^{k+2}a_y + \dots + {}^{k+m}a_y) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_y$$

$$^k\bar{a}_z = \frac{1}{m} ({}^ka_z + {}^{k+1}a_z + {}^{k+2}a_z + \dots + {}^{k+m}a_z) = \frac{1}{m} \sum_{j=k}^{k+m} j a_z$$

(5), (6), (7)

d) Calculer l'indice ASI en fonction du temps (1):

$$^k \text{ASI} = \left[ \left( {}^k\bar{a}_x / 12 \right)^2 + \left( {}^k\bar{a}_y / 9 \right)^2 + \left( {}^k\bar{a}_z / 10 \right)^2 \right]^{1/2} \tag{8}$$

e) Trouver l'indice ASI maximal pour la série du  $^k\text{ASI}$ .

**7. Messung der theoretischen Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (THIV) und der Kopfverzögerung nach dem Anprall (PHD)****7.1 Allgemeines**

Die theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (THIV) wurde entwickelt, um die Anprallheftigkeit von Insassen in Fahrzeugen nachzuweisen, die mit einem Fahrzeug - Rückhaltesystem kollidieren. Als Insasse wird hierbei ein frei bewegliches Objekt (Kopf) angesehen, das bei Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit während der Berührung mit einem Fahrzeug - Rückhaltesystem seine freie Bewegung solange beibehält, bis es eine Oberfläche im Fahrzeuginnern berührt. Die theoretische Kopf-Anprallgeschwindigkeit wird als ein Mass für die Anprallheftigkeit des Fahrzeugs auf das Fahrzeug-Rückhaltesystem.

Es wird vorausgesetzt, dass der Kopf während der verbleibenden Anpralldauer mit der Oberfläche in Berührung bleibt. Hierbei unterliegt er während der verbleibenden Berührungsdauer denselben Beschleunigungsstufen wie das Fahrzeug (Kopfverzögerung nach dem Anprall PHD).

**7.2 Theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes (THIV)****7.2.1 Allgemeines**

Es kann angenommen werden, dass zu Beginn der Berührung des Fahrzeugs mit dem Fahrzeug-Rückhaltesystem sowohl das Fahrzeug als auch der theoretische Kopf dieselbe Horizontalgeschwindigkeit  $V_0$  aufweisen, wobei sich das Fahrzeug ausschliesslich translational bewegt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das Fahrzeug während des Anpralls nur in der horizontalen Ebene bewegt, da hohe Neigungs- und Rollbewegungen oder vertikale Bewegungen nicht von vorrangiger Bedeutung sind, sofern sich das Fahrzeug nicht überschlägt. Dieser extreme Vorgang braucht nicht berücksichtigt zu werden, da in diesem Fall die Entscheidung zur Zurückweisung des geprüften Systems anhand von visueller Beobachtung oder photographischen Aufzeichnung erfolgt.

**7. Mesure de la vitesse d'impact théorique de la tête (THIV) et de la décélération de la tête après impact (PHD)****7.1 Généralités**

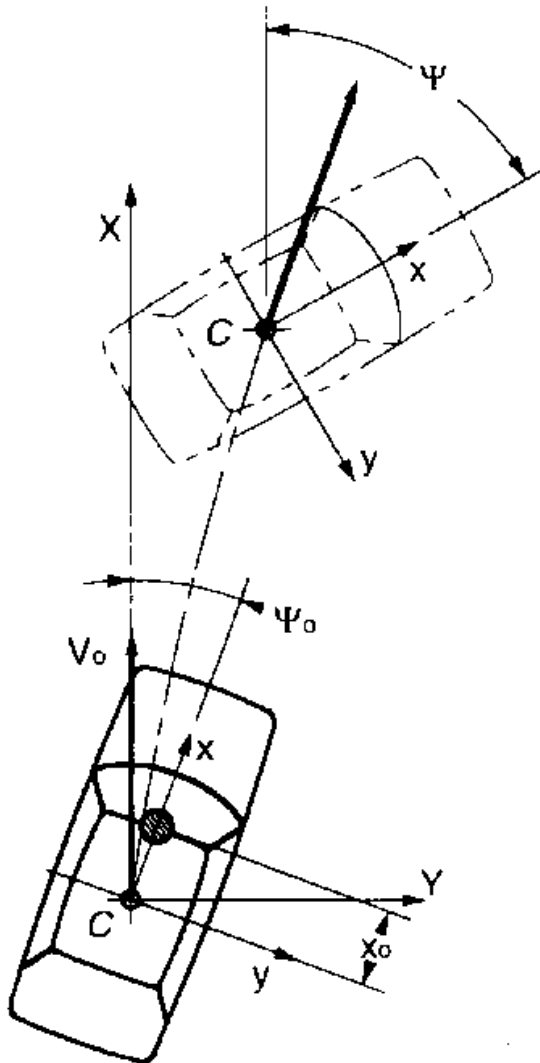
Le concept de vitesse d'impact de la tête théorique (THIV) a été développé pour estimer la sévérité de l'impact des occupants pour les véhicules impliqués dans des collisions avec des dispositifs de retenue. L'occupant est considéré comme étant un objet se déplaçant librement (tête) qui, lorsque le véhicule modifie sa vitesse pendant le contact avec le dispositif de retenue, continue à se déplacer jusqu'à ce qu'il heurte une surface à l'intérieur du véhicule. La grandeur de la vitesse de l'impact de la tête théorique est considérée comme étant une mesure de la sévérité du choc entre le véhicule et le dispositif de retenue.

La tête est supposée rester au contact avec la surface pendant le reste de la période d'impact. Ce faisant, elle éprouve les mêmes niveaux d'accélération que le véhicule pendant la période de contact restante (décélération de la tête après impact - PHD).

**7.2 Vitesse d'impact théorique de la tête (THIV)****7.2.1 Généralités**

On peut supposer qu'au début du contact véhicule - système de retenue, le véhicule et la tête théorique ont la même vitesse horizontale  $V_0$ , le déplacement du véhicule étant une translation pure.

Pendant l'impact, on suppose que le véhicule ne se déplace que dans le plan horizontal, car niveaux élevés de lacet, de roulis ou de mouvement vertical n'ont pas une importance essentielle, à moins que le véhicule ne se retourne. Ce cas extrême n'a pas à être envisagé car, dans ce cas, la décision de rejeter le système sera prise sur la base de l'observation visuelle ou de l'enregistrement photographique.



● Tête théorique

**Bild 2: Bezugssystem für das Fahrzeug und die Bodenhöhe**

**Figure 2: Référentiels du véhicule et du sol**

Die beiden Bezugssysteme werden verwendet, wie in Bild 2 angegeben.

Deux référentiels sont utilisés, comme indiqué à la figure 2:

- Bei einem Inertialsystem von  $Cxy$  ist  $x$  die Längs- und  $y$  die Querrichtung; der Ursprung  $C$  ist ein Punkt des Fahrzeugs nahe am, jedoch nicht notwendigerweise übereinstimmend mit dem Schwerpunkt, an dem zwei Beschleunigungsmessgeräte und ein Gierwinkelsensor angebracht werden.  $\ddot{x}_c$  und  $\ddot{y}_c$  sind die Beschleunigungsmessgeräten aufgezeichnet werden und  $\dot{\psi}$  ist der Gierwinkel (in Radiant pro Sekunde), der vom Sensor aufgezeichnet wird ( $\ddot{x}$  positiv vorwärts,  $\ddot{y}$  positiv zur rechten Seite und  $\dot{\psi}$  positiv im Uhrzeigersinn von oben gesehen).
- Ein Bodenbezugssystem  $OXY$ , horizontal, mit der  $X$ -Achse ausgerichtet an der Geschwindigkeit  $V_0$  und dem Ursprung  $O$  in Übereinstimmung mit dem Fahrzeugausgangspunkt  $C$ .  $X_c(t)$ ,  $Y_c(t)$  sind die Koordinaten des Fahrzeugbezugpunktes  $C$  in bezug auf die Bodenhöhe, während  $X_b(t)$ ,  $Y_b(t)$  die Koordinaten des theoretischen Kopfes in bezug auf die Bodenhöhe sind (siehe Bild 3).

- Un référentiel véhicule  $Cxy$ ,  $x$  étant l'axe longitudinal et  $y$  l'axe transversal; l'origine  $C$  est le point du véhicule proche du centre de gravité mais ne coïncidant pas nécessairement avec celui-ci où deux accéléromètres et un capteur de vitesse de lacet sont installés. Soient  $\ddot{x}_c$  and  $\ddot{y}_c$  et les accélérations du point  $C$  (en  $m/s^2$ ), respectivement le long axes  $x$  et  $y$  du véhicule, enregistrés à partir des deux accéléromètres et  $\dot{\psi}$  la vitesse de lacet (en radians par seconde), enregistrée à partir du capteur ( $\ddot{x}$  en avant positif,  $\ddot{y}$  positif vers le côté droit et  $\dot{\psi}$  positif dans le sens horaire en regardant par dessus);
- Un référentiel sol  $OXY$ , horizontal, avec l'axe  $X$  aligné sur la vitesse  $V_0$  et l'origine  $O$  coïncidant avec la position initiale du point de référence  $C$ .  $X_c(t)$ ,  $Y_c(t)$  sont les coordonnées par rapport au sol du point  $C$  du véhicule, alors que  $X_b(t)$ ,  $Y_b(t)$  sont les coordonnées par rapport au sol de la tête théorique (figure 3).

Anhand der in diesem Abschnitt angegebenen Definitionen und der vereinfachten Hypothese sind die Fahrzeug- und theoretischen Kopfbewegungen nach 7.2.2 bis 7.2.6 zu berechnen.

**7.2.2 Fahrzeugbewegung**

Anfangsbedingungen zur Zeit t = 0

$$\begin{cases} X_C = 0 & Y_C = 0 & \psi = \psi_0 \\ \dot{X}_C = V_0 & \dot{Y}_C = 0 & \dot{\psi} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Der Gierwinkel  $\psi$  ist anhand der Aufzeichnungen einer geeigneten Overhead-Kamera zu messen oder durch Intergration des Gierwinkels  $\psi$  oder andere geeignete Mittel zu berechnen:

$$\psi(t) = \int_0^t \dot{\psi} dt + \psi_0 ; \quad (10)$$

danach wird aus den Komponenten der Fahrzeugbeschleunigung im Bodenbezugssystem:

$$\begin{cases} \ddot{X}_c = \ddot{x}_c \cos \psi - \ddot{y}_c \sin \psi \\ \ddot{Y}_c = \ddot{x}_c \sin \psi + \ddot{y}_c \cos \psi \end{cases} \quad (11)$$

die Fahrzeuggeschwindigkeit und -lage durch Integration berechnet:

$$\begin{cases} \dot{X}_c = \Delta \dot{X} + V_0 & \Delta \dot{X}_c = \int_0^t \ddot{X}_c dt \\ \dot{Y}_c = \Delta \dot{Y}_c & \Delta \dot{Y}_c = \int_0^t \ddot{Y}_c dt \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} X_C = \int_0^t \Delta \dot{X}_c dt + V_0 t \\ Y_C = \int_0^t \Delta \dot{Y}_c dt \end{cases} \quad (13)$$

**7.2.3 Theoretische Kopfbewegung relativ zum Boden**

Anfangsbedingung zur Zeit t = 0,

$$(14)$$

Bei gleichbleibender Bewegung des theoretischen Kopfes folgt:

$$(15)$$

**7.2.4 Theoretische Kopfbewegung relativ zum Fahrzeug**

Die Fahrzeugkomponenten der relativen Geschwindigkeit des theoretischen Kopfes sind:

$$(16)$$

Die Koordinaten des theoretischen Kopfes in bezug auf den Fahrzeugrahmen können durch folgende Gleichungen berechnet werden:

$$\text{wobei} \quad (17)$$

Avec les définitions et l'hypothèse de simplification indiquées ci-dessus, le mouvement du véhicule et de la tête théorique doit être calculé conformément à 7.2.2 à 7.2.6.

**7.2.2 Mouvement du véhicule**

Conditions initiales au moment t = 0:

$$\begin{cases} X_C = 0 & Y_C = 0 & \psi = \psi_0 \\ \dot{X}_C = V_0 & \dot{Y}_C = 0 & \dot{\psi} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

L'angle de lacet  $\psi$  doit être mesuré a partir de l'enregistrement d'une caméra ou par intégration de la vitesse de lacet  $\dot{\psi}$  ou tout autre moyen qui soit convenable:

$$\psi(t) = \int_0^t \dot{\psi} dt + \psi_0 ; \quad (10)$$

ensuite, à partir des composantes de l'accélération du véhicule dans le référentiel sol:

$$\begin{cases} \ddot{X}_c = \ddot{x}_c \cos \psi - \ddot{y}_c \sin \psi \\ \ddot{Y}_c = \ddot{x}_c \sin \psi + \ddot{y}_c \cos \psi \end{cases} \quad (11)$$

la vitesse du véhicule et son mouvement sont calculés par intégration:

$$\begin{cases} \dot{X}_c = \Delta \dot{X} + V_0 & \Delta \dot{X}_c = \int_0^t \ddot{X}_c dt \\ \dot{Y}_c = \Delta \dot{Y}_c & \Delta \dot{Y}_c = \int_0^t \ddot{Y}_c dt \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} X_C = \int_0^t \Delta \dot{X}_c dt + V_0 t \\ Y_C = \int_0^t \Delta \dot{Y}_c dt \end{cases} \quad (13)$$

**7.2.3 Mouvement de la tête théorique par rapport au sol**

Conditions initiales au moment t = 0:

$$(14)$$

Ensuite, si la tête théorique continue son mouvement uniforme:

$$(15)$$

**7.2.4 Mouvement de la tête théorique par rapport au véhicule**

Les composantes par rapport au véhicule de la vitesse relative de la tête théorique sont:

$$(16)$$

Les coordonnées de la tête théorique par rapport au référentiel du véhicule peuvent être calculées selon les formules suivantes:

$$\text{où} \quad (17)$$

7.2.5 Flugzeit

Es wird angenommen, dass die fiktiven Anprallflächen innerhalb des Fahrzeugs eben und rechtwinklig zu den x- und y- Achsen des Fahrzeugs verlaufen (siehe Bild 3). Die Abstände dieser Fläche von der ursprünglichen Kopfposition (Flugwege) sind  $D_x$  vorwärts und  $D_y$  nach beiden Seiten.

7.2.5 Phase jusqu'au contact

Les surfaces d'impact fictif à l'intérieur du véhicule sont supposées être plates et perpendiculaires aux axes x et y du véhicule (voir figure 3). Les distances entre ces surfaces et la position d'origine de la tête (distance libre) sont  $D_x$  vers l'avant et  $D_y$  latéralement sur les deux côtés.

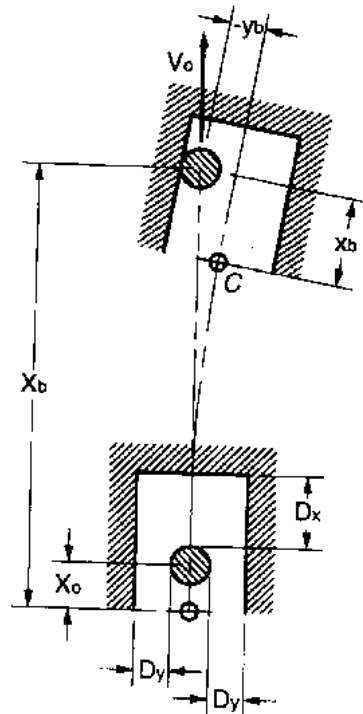


Bild 3: Anprall des theoretischen Kopfes auf der linken Seite

Figure 3: Impact de la tête théorique sur le côté gauche

Die Flugzeit des theoretischen Kopfes ist die Anprallzeit auf eine der drei fiktiven Flächen in Bild 3, d.h. die kürzeste Zeit T, wenn eine der folgende drei Gleichwertigkeiten erfüllt ist:

(18)

Die Normwerte der Flugwege sind:

Le temps de parcours de la distance libre de la tête théorique donne l'instant de l'impact contre l'une des trois surfaces fictives à la figure 3, c'est-à-dire la durée T la plus courte quand l'une des trois égalités suivantes est satisfaite:

(18)

Les valeurs normales de la distance libre sont:

7.2.6 Grösse der theoretischen Anprallgeschwindigkeit des Kopfes

Die theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes ist schliesslich die relative Geschwindigkeit zur Zeit T, d.

(19)

Der THIV ist in Kilometer je Stunde anzugeben.

7.2.6 Valeur de THIV

La vitesse d'impact de la tête théorique est la vitesse relative au moment T, c'est-à-dire:

(19)

THIV doit être exprimé en km/h.

7.3 Kopfverzögerung nach dem Anprall

Die Kopfverzögerung nach dem Anprall (PHD) ist der Höchstwert der resultierenden Beschleunigungen des Punkts C, der nach dem 10 ms Durchschnitt der gemessenen Komponenten  $\ddot{x}_c$  und  $\ddot{y}_c$  berechnet wird. Wenn  $\langle \ddot{x}_c \rangle$  und  $\langle \ddot{y}_c \rangle$  solche Durchschnittskomponenten sind, folgt:

$$PHD = \text{MAX} \left( \langle \ddot{x}_c \rangle^2 + \langle \ddot{y}_c \rangle^2 \right)^{1/2} \text{ für } t > T \quad (20)$$

7.3 Décélération de la tête après impact

La décélération de la tête après impact (PHD) est la valeur maximale de la résultante de l'accélération au point C, calculée à partir des moyennes sur 10 ms des composants  $\ddot{x}_c$  et  $\ddot{y}_c$  mesurés. Si  $\langle \ddot{x}_c \rangle$  et  $\langle \ddot{y}_c \rangle$  sont des composantes moyennes calculées, alors:

$$PHD = \text{MAX} \left( \langle \ddot{x}_c \rangle^2 + \langle \ddot{y}_c \rangle^2 \right)^{1/2} \text{ pour } tT \quad (20)$$

Der PHD ist in einem Vielfachen von g anzugeben \*).

$$(\text{*)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

**7.4 Fahrzeuginstrumentierung**

Das Fahrzeug sollte mit einem Beschleunigungsmesser für die Messung in Längsrichtung (vorwärts), einem für die seitliche Richtung und einem Winkelgeschwindigkeitssensor ausgestattet sein. Die drei Sensoren sollten auf einem gemeinsamen Block montiert und im Punkt C nahe des Fahrzeugschwerpunkts angeordnet werden.

Der Gierwinkel ist anhand von photographischen Aufzeichnungen oder durch Integration des Gierwinkels oder durch andere Mittel mit einer zulässigen Abweichung von ± 4° zu messen. Das Probenahmeintervall darf nicht mehr als 50 ms betragen.

Die Aufnehmer, Filter und Aufzeichnungskanäle müssen der in EN 1317-2 und prEN 1317-3 festgelegten Frequenzklasse entsprechen.

Es wird die Verwendung eines Berührungsanzeigers empfohlen, um den Moment der ersten Berührung des Fahrzeugs mit dem Fahrzeug - Rückhaltesystem anzuzeigen.

**7.5 Zusammenfassung des Verfahrens zur Berechnung von THIV und PHD**

- a) Die Fahrzeugbeschleunigung und der Gierwinkel sind aufzuzeichnen und in digitaler Form mit der Proberate S zu speichern; als Angaben in den drei Aufzeichnungsdateien gelten  ${}^k\ddot{x}_C$ ,  ${}^k\ddot{y}_C$  und  ${}^k\dot{\psi}$  ( $k = 1, 2, \dots, N$ ). Der Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Daten in der Aufzeichnungsdatei ist  $h = {}^k t - {}^{k-1} t = 1/S$ . Z.B. ist bei  $S = 500$  Proben/s,  $h = 2$  ms.
- b) Zwischen den gemessenen Werten des Gierwinkels ist linear zu interpolieren, um die Werte  ${}^k\psi$  zu erzielen, oder der Gierwinkel ist alternativ nach der periodischen Gleichung (aus Gleichung (2)) zu interpolieren:

$$\begin{aligned} {}^1\psi &= \psi_0; {}^2\psi = {}^1\psi + h \frac{{}^1\dot{\psi} + {}^2\dot{\psi}}{2}; \\ &\dots; {}^{k+1}\psi = {}^k\psi + h \frac{{}^k\dot{\psi} + {}^{k+1}\dot{\psi}}{2} \end{aligned} \quad (21)$$

- c) Die Fahrzeugbeschleunigung ist im Bodenbezugssystem mit Gleichung (3) zu berechnen:

$$\begin{aligned} {}^k\ddot{X}_C &= {}^k\ddot{x}_C \cos^k \psi - {}^k\ddot{y}_C \sin^k \psi \\ {}^k\ddot{Y}_C &= {}^k\ddot{x}_C \sin^k \psi + {}^k\ddot{y}_C \cos^k \psi \end{aligned} \quad (22)$$

- d) Die Fahrzeugbeschleunigung ist im Bodenbezugssystem mit den Gleichungen (4) und (9) zu integrieren:

$$\begin{cases} {}^1\Delta\dot{X}_C = 0; & {}^{k+1}\Delta\dot{X}_C = {}^k\Delta\dot{X}_C + h \frac{{}^k\ddot{X}_C + {}^{k+1}\ddot{X}_C}{2} \\ {}^1\Delta\dot{Y}_C = 0; & {}^{k+1}\Delta\dot{Y}_C = {}^k\Delta\dot{Y}_C + h \frac{{}^k\ddot{Y}_C + {}^{k+1}\ddot{Y}_C}{2} \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} {}^1\Delta X_b = X_0; & {}^{k+1}\Delta X_C = {}^k\Delta X_C - h \frac{{}^k\Delta\dot{X}_C + {}^{k+1}\Delta\dot{X}_C}{2} \\ {}^1\Delta Y_C = 0; & {}^{k+1}\Delta Y_C = {}^k\Delta Y_C - h \frac{{}^k\Delta\dot{Y}_C + {}^{k+1}\Delta\dot{Y}_C}{2} \end{cases} \quad (24)$$

PHD doit être exprimé en nombre de g<sup>(\*)</sup>.

$$(\text{*)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

**7.4 Instrumentation du véhicule**

Il convient que le véhicule soit équipé d'un accéléromètre pour la mesure dans le sens longitudinal (vers l'avant), d'un accéléromètre pour le sens latéral (vers les côtés) et d'un capteur de vitesse angulaire. Il convient que les trois détecteurs soient montés sur un bloc commun et placés au point C près du centre de gravité du véhicule.

L'angle de lacet doit être mesuré avec une tolérance de ± 4 degrés, directement à partir des photos ou en intégrant la vitesse de lacet ou par un autre moyen. L'intervalle d'échantillonnage ne doit pas dépasser 50 ms.

Les capteurs, filtres et canaux d'enregistrement doivent être conformes à la classe de fréquence spécifiée dans l'EN 1317-2 et le prEN 1317-3.

Un indicateur d'événements est recommandé pour signaler le moment du premier contact entre le véhicule et le dispositif de retenue.

**7.5 Résumé de la procédure pour calculer THIV et PHD**

- a) Enregistrer les accélérations du véhicule et la vitesse de lacet, et mémoriser sous forme numérique au taux d'échantillonnage S; introduire les données dans les trois fichiers d'enregistrement soit et  ${}^k\psi$  ( $k = 1, 2, \dots, N$ ). L'intervalle entre deux données successives dans le fichier d'enregistrement est  $h = {}^k t - {}^{k-1} t = 1/S$ . Par exemple, si  $S = 500$  échantillons/s,  $h = 2$  ms.
- b) Effectuer une interpolation linéaire entre les valeurs mesurées de l'angle de lacet pour obtenir les valeurs  ${}^k\psi$ , ou bien intégrer la vitesse de lacet par la formule récurrente (à partir de l'équation (2)):

$$\begin{aligned} {}^1\psi &= \psi_0; {}^2\psi = {}^1\psi + h \frac{{}^1\dot{\psi} + {}^2\dot{\psi}}{2}; \\ &\dots; {}^{k+1}\psi = {}^k\psi + h \frac{{}^k\dot{\psi} + {}^{k+1}\dot{\psi}}{2} \end{aligned} \quad (21)$$

- c) Calculer l'accélération du véhicule dans le référentiel sol (équation (3)):

$$\begin{aligned} {}^k\ddot{X}_C &= {}^k\ddot{x}_C \cos^k \psi - {}^k\ddot{y}_C \sin^k \psi \\ {}^k\ddot{Y}_C &= {}^k\ddot{x}_C \sin^k \psi + {}^k\ddot{y}_C \cos^k \psi \end{aligned} \quad (22)$$

- d) Intégrer l'accélération du véhicule dans le référentiel sol, équations (4), (9):

$$\begin{cases} {}^1\Delta\dot{X}_C = 0; & {}^{k+1}\Delta\dot{X}_C = {}^k\Delta\dot{X}_C + h \frac{{}^k\ddot{X}_C + {}^{k+1}\ddot{X}_C}{2} \\ {}^1\Delta\dot{Y}_C = 0; & {}^{k+1}\Delta\dot{Y}_C = {}^k\Delta\dot{Y}_C + h \frac{{}^k\ddot{Y}_C + {}^{k+1}\ddot{Y}_C}{2} \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} {}^1\Delta X_b = X_0; & {}^{k+1}\Delta X_C = {}^k\Delta X_C - h \frac{{}^k\Delta\dot{X}_C + {}^{k+1}\Delta\dot{X}_C}{2} \\ {}^1\Delta Y_C = 0; & {}^{k+1}\Delta Y_C = {}^k\Delta Y_C - h \frac{{}^k\Delta\dot{Y}_C + {}^{k+1}\Delta\dot{Y}_C}{2} \end{cases} \quad (24)$$

e) Die relative Position und relative Geschwindigkeit des theoretischen Kopfes sind als Funktionen der Zeit mit den Gleichungen (8), (9) wie folgt zu berechnen:

$$\begin{cases} {}^k x_b(t) = {}^k \Delta X_b \cos^k \psi + {}^k \Delta Y_b \sin^k \psi \\ {}^k y_b(t) = -{}^k \Delta X_b \sin^k \psi + {}^k \Delta Y_b \cos^k \psi \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} {}^k v_x = -{}^k \Delta \dot{X}_c \cos^k \psi - {}^k \Delta \dot{Y}_c \sin^k \psi + {}^k Y_b {}^k \dot{\psi} \\ {}^k v_y = -{}^k \Delta \dot{X}_c \sin^k \psi + {}^k \Delta \dot{Y}_c \cos^k \psi - {}^k X_b {}^k \dot{\psi} \end{cases} \quad (26)$$

f) Der Mindestwert für j ist aus einer der folgenden drei Gleichwertigkeiten zu berechnen:

$${}^i x_b = D_x + X_O ; \text{ ou } {}^i y_b = D_y ; {}^i y_b = -D_y \quad (27)$$

g) Berechne:

$$\text{THIV} = \left[ {}^i v_x^2 + {}^i v_y^2 \right]^{1/2} \quad (28)$$

h) Berechne den 10 ms Durchschnitt  $\langle k_{\ddot{x}_c} \rangle$  und  $\langle k_{\ddot{y}_c} \rangle$

i) Die resultierende Fahrzeugbeschleunigung ( $k_A$ ) in g ist als Funktion der Zeit zu berechnen:

$$k_A = \frac{1}{g} \left( \langle k_{\ddot{x}_c}^2 \rangle + \langle k_{\ddot{y}_c}^2 \rangle \right)^{1/2} \quad (29)$$

### 7.6 Verfahren zur Berechnung von OIV und ORA

Das oben angegebene Verfahren kann zur Berechnung der Anprallgeschwindigkeit der Insassen (OIV) und der Anhalteverzögerung der Insassen (ORA) vereinfacht werden, indem Schritt 2 ausgelassen und stets  $\psi = 0$  angenommen wird.

### 8. Ausgleich bei Verlagerung der Instrumentierung vom Fahrzeugschwerpunkt

Fahrzeugbeschleunigungen werden für den Nachweis von Prüfergebnissen anhand des ASI, THIV und des Flugweg-Modells verwendet.

Dies erfordert die Aufstellung einer Reihe von Beschleunigungsmessgeräten im oder nahe des Fahrzeugschwerpunktes. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass dies aufgrund von physikalischen Zwängungen innerhalb des Fahrzeugs nicht immer möglich ist. Deshalb darf die tatsächliche Anordnung der Beschleunigungsmessgeräte einige Zentimeter neben dem Massenschwerpunkt erfolgen; dadurch können erhebliche Unterschiede zwischen den gemessenen Beschleunigungen und denen am Massenschwerpunkt aufgrund von Winkelbewegungen auftreten.

Diese Unterschiede können durch die Verwendung von zusätzlichen Geräten auf ein Minimum beschränkt werden. Es wird deshalb empfohlen, zusätzlich zu der ursprünglichen Reihe von dreiaxialen Aufnehmern eine zweite Reihe von dreiaxialen Aufnehmern entlang der x-Achse (Längsachse), wie in Bild 2 dargestellt, aufzustellen.

Nach Bild 4 gilt für einen Punkt P auf der x-Achse in einem Abstand x in Vorwärtsrichtung vom Schwerpunkt:

$$(30)$$

e) Calculer la position relative et la vitesse relative de la tête théorique en fonction du temps, équations (8), (9):

$$\begin{cases} {}^k x_b(t) = {}^k \Delta X_b \cos^k \psi + {}^k \Delta Y_b \sin^k \psi \\ {}^k y_b(t) = -{}^k \Delta X_b \sin^k \psi + {}^k \Delta Y_b \cos^k \psi \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} {}^k v_x = -{}^k \Delta \dot{X}_c \cos^k \psi - {}^k \Delta \dot{Y}_c \sin^k \psi + {}^k Y_b {}^k \dot{\psi} \\ {}^k v_y = -{}^k \Delta \dot{X}_c \sin^k \psi + {}^k \Delta \dot{Y}_c \cos^k \psi - {}^k X_b {}^k \dot{\psi} \end{cases} \quad (26)$$

f) Trouver la valeur minimale de j pour laquelle l'une des trois équations:

$${}^i x_b = D_x + X_O ; \text{ ou } {}^i y_b = D_y ; {}^i y_b = -D_y \quad (27)$$

est satisfaite.

g) Calculer:

$$\text{THIV} = \left[ {}^i v_x^2 + {}^i v_y^2 \right]^{1/2} \quad (28)$$

h) Calculer la moyenne de 10 ms  $\langle k_{\ddot{x}_c} \rangle$  et  $\langle k_{\ddot{y}_c} \rangle$

i) Calculer l'accélération résultante ( $k_A$ ) du véhicule en g en fonction du temps

$$k_A = \frac{1}{g} \left( \langle k_{\ddot{x}_c}^2 \rangle + \langle k_{\ddot{y}_c}^2 \rangle \right)^{1/2} \quad (29)$$

### 7.6 Procédure de calcul de OIV et ORA

La procédure ci-dessus peut être simplifiée pour calculer la vitesse d'impact de l'occupant (OIV) et l'accélération résiduelle de l'occupant (ORA), en omettant l'opération 2 et en considérant toujours  $\psi = 0$ .

### 8. Compensation de l'écart entre la position réelle des capteurs et le centre de gravité du véhicule

Les accélérations du véhicule sont utilisées dans l'appréciation des résultats d'essai par l'intermédiaire de l'ASI, du THIV et du modèle dans l'espace de fléau.

Ceci exige qu'un ensemble d'accéléromètres soit placé au centre de gravité du véhicule ou près de celui-ci. Cependant, l'expérience montre que ceci ne peut pas toujours être réalisé, du fait de contraintes physiques à l'intérieur du véhicule. Il en résulte que l'emplacement réel de l'ensemble des accéléromètres peut être décalé de plusieurs centimètres par rapport au centre de gravité; suivant le décalage, des différences notables peuvent alors être enregistrées entre les accélérations au point de mesure et au centre de gravité, du fait de déplacements angulaires.

Ces différences peuvent être réduites à un minimum grâce à l'utilisation d'un matériel complémentaire. Par conséquent, en plus de l'ensemble triaxial de base d'accéléromètres, il est recommandé de placer un second ensemble triaxial le long de l'axe x (longitudinal), comme le représente la figure 2.

En se référant à la figure 4, pour un point P situé le long de l'axe x à une distance x en avant du centre de gravité:

$$(30)$$



Dabei ist:

die Beschleunigung des Punktes P in Längsrichtung und vertikaler Richtungen;

die Beschleunigung des Schwerpunktes in Längsrichtung, seitlicher Richtung und vertikaler Richtung;

Nick- und Gierwinkel  
Nick- und Gierbeschleunigung;

où:

le,

sont les accélérations longitudinale, latérale et verticale du point P;

le,

sont les accélérations longitudinale, latérale et verticale du centre de gravité;

et

sont les vitesses de tangage et de lacet;  
sont les accélérations de tangage de lacet.

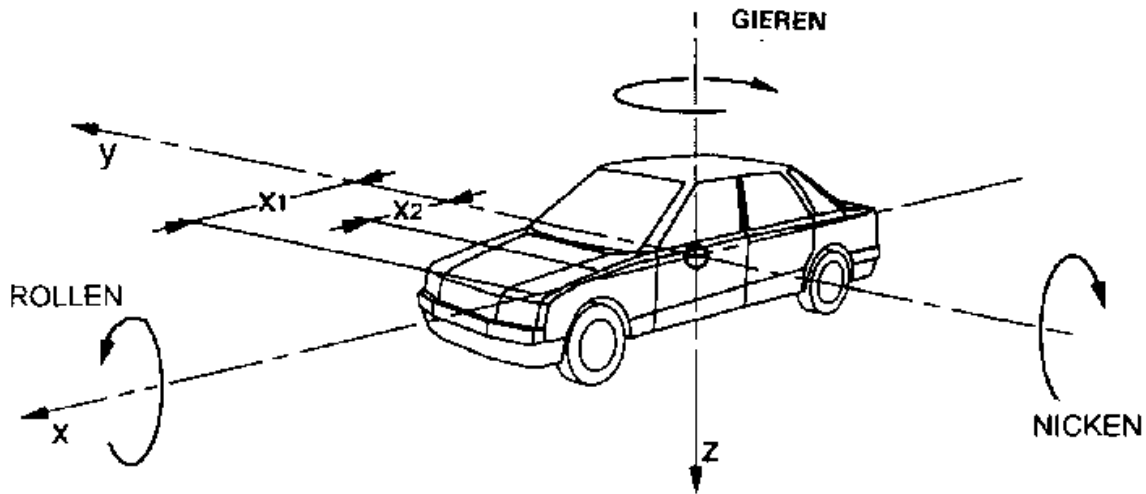


Bild 4: Positive Richtung und Beschleunigungsmesstelle

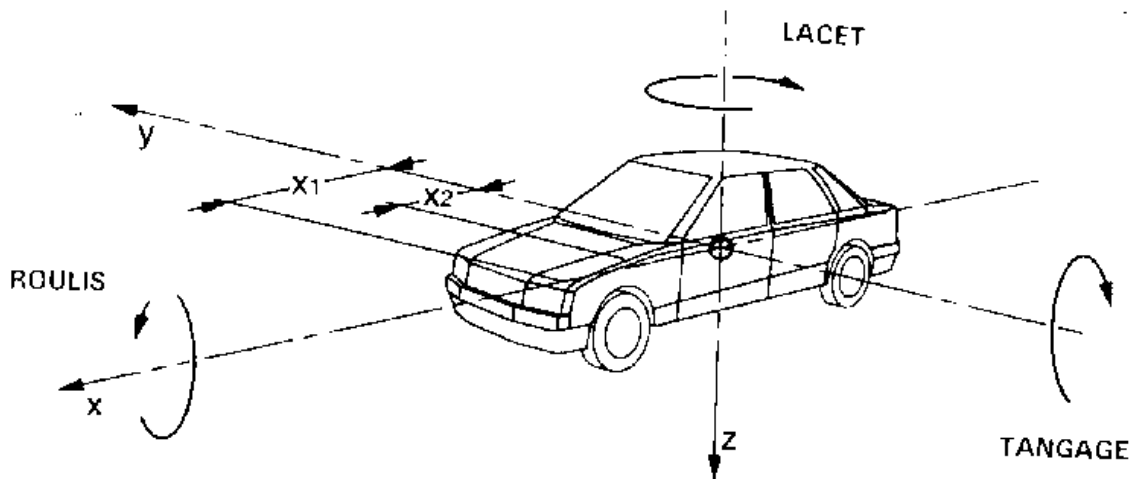


Figure 4: Sens positif conventionnel et emplacement des accéléromètres

Somit werden die Beschleunigungen der Punkte P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> in Bild 4 wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} a_{x1} &= a_{xc} \\ a_{x2} &= a_{xc} \\ \\ a_{y1} &= a_{yc} \\ a_{y2} &= a_{yc} \\ \\ a_{z1} &= a_{zc} \\ a_{z2} &= a_{zc} \end{aligned} \tag{31}$$

Ainsi, les accélérations des point P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> de la figure 4 sont données par:

$$\begin{aligned} a_{x1} &= a_{xc} \\ a_{x2} &= a_{xc} \\ \\ a_{y1} &= a_{yc} \\ a_{y2} &= a_{yc} \\ \\ a_{z1} &= a_{zc} \\ a_{z2} &= a_{zc} \end{aligned} \tag{31}$$

Nach Gleichung (2) können die Beschleunigungen des Schwerpunktes wie folgt berechnet werden:

(32)

**9. Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben in der angegebenen Reihenfolge enthalten:

**a) Prüfstelle**

Name  
 Anschrift  
 Telefonnummer  
 Faxnummer  
 Prüfort

**b) Nummer des Prüfberichts**

**c) Auftraggeber**

Name  
 Anschrift  
 Telefonnummer  
 Faxnummer

**d) Prüfgegenstand**

Datum des Empfangs  
 Prüfdatum  
 Name des Prüfgegenstands  
 Zeichnung in Anlage Nr.

**e) Durchführung der Prüfung**

**1) Prüfmethode**

Soll-Anprallgeschwindigkeit in Kilometer je Stunde  
 Soll-Anprallwinkel in Grad  
 Soll-Prüfmasse des Fahrzeugs in Kilogramm

**2) Einrichtungen**

Detaillierte Beschreibung der zu prüfenden Einrichtung  
 Zeichnung der Prüfanlage einschliesslich Endverankerungen in Anlage Nr.  
 Photographien in Anlage Nr.  
 Länge in Meter  
 Eine geeignete Beschreibung der Bestandteile von Fahrzeug-Rückhaltesystemen für Fussgängergeländer aus Pfosten und Schutzplankenteilen.

- Schutzplankenteil
- Schutzplankenlänge in Meter
- Pfostenmaterial
- Pfostenmasse in Meter
- Pfosteneinbettung in Meter
- Pfostenabstand in Meter
- Bodenart und Zustand

A partir de l'équation (2), les accélérations du centre de gravité peuvent être calculées comme suit:

(32)

**9. Rapport d'essai**

Le rapport d'essai doit comporter les informations suivantes dans l'ordre indiqué:

**a) Laboratoire d'essai**

Nom  
 Adresse  
 Numéro de téléphone  
 Numéro de télécopie  
 Emplacement du site d'essai

**b) Numéro de rapport**

**c) Client**

Nom  
 Adresse  
 Numéro de téléphone  
 Numéro de télécopie

**d) Objet essayé**

Date de réception  
 Date de l'essai  
 Nom de l'objet essayé  
 Dessin dans l'annexe N°

**e) Mode opératoire**

**1) Type d'essai**

Vitesse d'impact recherché en kilomètre par heure  
 Angle d'impact recherché en degré  
 Masse du véhicule recherché en kilogramme

**2) Installation**

Description détaillée de l'installation essayée  
 Dessin du site d'essai en annexe N°, incluant les fins d'ancrage  
 Photographies en annexe N°  
 Longueur en mètre  
 Une description appropriée des composants du dispositif de retenue du véhicule pour une barrière comportant des montants et des poutres:

- Élément de poutre
- Longueur de poutre en mètre
- Matière du montant
- Dimensions du montant en mètre
- Encastrement des montants en mètre
- Espacement des montants en mètre
- Type et état du sol

**3) Fahrzeug**

Fahrzeugtyp  
 Baujahr  
 Fahrzeug Identifikationsnummer  
 Prüfmasse in Kilogramm  
 Ballast, Anordnung und Masse  
 Dummy, falls vorhanden  
 Prüfmasse des Fahrzeugs in Kilogramm  
 Masse und Eigenschaften des Fahrzeugs in Anlage  
 Nr.  
 Lage des Schwerpunkts  
 Photographien in Anlage Nr.

**f) Ergebnisse**

Nummer der Prüfung  
 Datum  
 Wetterbedingungen bei der Prüfung  
 Allgemeine Beschreibung der Prüffolge

**1) Prüfgegenstand**

Maximale dynamische Verformung in Meter  
 Wirkungsbereich in Meter  
 Maximale bleibende Verformung in Meter  
 Länge der Berührung in Meter  
 Anprallpunkt:  
 Wesentliche Teile gebrochen oder gelöst (ja/nein)  
 Beschreibung der Schäden des Prüfgegenstands  
 Bodenverankerungen entsprechen der erwarteten  
 Funktion (ja/nein/nicht anwendbar)  
 Photographien des Prüfgegenstands in der Anlage  
 Zeichnung des Prüfgegenstands in der Anlage  
 \*) Messungen der Verankerungskräfte in Newton  
 \*) Graphische Darstellung der Kräfte beigelegt.

**2) Fahrzeug**

Anprallgeschwindigkeit in Kilometer je Stunde  
 %-Differenz zur Sollgeschwindigkeit in Prozent  
 Anprallwinkel in Grad  
 %-Differenz zum Sollwinkel in Grad  
 Innerhalb der Grenzabweichungen (ja/nein)  
 \*) Abprallgeschwindigkeit in Kilometer je Stunde  
 \*) Abprallwinkel in Grad  
 \*) Rückprallweg in Meter  
 Fahrzeug durchbricht die Schutzeinrichtung (ja/nein)  
 Fahrzeug überquert die Schutzeinrichtung (ja/nein)  
 Fahrzeug innerhalb der "Box" (ja/nein)  
 Fahrzeug überschlägt sich innerhalb des Prüfbereichs  
 (ja/nein)  
 Allgemeine Beschreibung der Fahrzeugbewegung  
 Index der Verformung des Cockpits VCDI (Anhang A)  
 Wesentliche Fahrzeugteile gelöst  
 Photographien des Fahrzeugs in Anlage Nr.

\*) bezeichnet eine freigestellte Angabe.

**3) Nachweis der Anprallheftigkeit**

Index für die Schwere der Beschleunigung ASI  
 Theoretische Anprallgeschwindigkeit des Kopfes THIV  
 und Kopfverzögerung nach dem Anprall PHD  
 Flugweg in Meter  
 Flugzeit in Millisekunden  
 THIV in Kilometer je Stunde  
 PHD in g

**3) Véhicule**

Modèle  
 Année du modèle  
 Numéro d'identification du véhicule, VIN  
 Masse du véhicule en kilogramme  
 Lest, position et masse  
 Mannequin (s'il y a lieu)  
 Masse totale d'essai en kilogramme  
 Dimensions et caractéristiques du véhicule en annexe  
 N°  
 Position du centre de gravité  
 Photographies en annexe

**f) Résultats**

N° d'essai  
 Date  
 Conditions climatiques lors de l'essai  
 Description générale de la séquence d'essai

**1) Objet essayé**

Déflexion dynamique maximale en mètre  
 Largeur de travail en mètre  
 Déflexion permanente maximale mètre  
 Longueur de contact en mètre  
 Point d'impact  
 Pièces majeures rompues ou détachées (Oui/Non)  
 Description des dommages subis par l'objet essayé  
 Les ancrages au sol correspondent aux niveaux prévus  
 (Oui/Non applicable)  
 Photographies de l'objet essayé dans l'annexe  
 \*) Mesures de l'effort sur l'ancrage dans N  
 \*) Graphiques des efforts dans l'annexe

**2) Véhicule**

Vitesse d'impact en kilomètre par heure  
 Différence en pourcentage par rapport à la vitesse vi-  
 sée en pourcentage  
 Angle d'impact en degré  
 Différence en pourcentage par rapport à l'angle visé en  
 degré  
 Dans les limites de tolérance ? (Oui/Non)  
 \*) Vitesse de sortie en kilomètre par heure  
 \*) Angle de sortie en degré  
 \*) Distance de rebond en mètre  
 Le véhicule brise la barrière (Oui/Non)  
 Le véhicule franchit la barrière (Oui/Non)  
 Le véhicule reste à l'intérieur de la "boîte" (Oui/Non)  
 Le véhicule se retourne dans la zone d'essai (Oui/Non)  
 Description générale de la trajectoire du véhicule  
 Indice VCDI de déformation de l'habitacle du véhicule  
 (voir annexe A)  
 Partie majeure du véhicule détachée (Oui/Non)  
 Photographies du véhicule à l'annexe N°

\*) L'astérisque indique des informations sur option.

**3) Appréciation de la sévérité de choc**

Indice de sévérité de l'accélération, ASI  
 Vitesse d'impact théorique de la tête, THIV et décélé-  
 ration de la tête après l'impact, PHD  
 Distance tête-obstacle en mètre  
 Durée du déplacement en milliseconde  
 THIV en kilomètre par heure  
 PHD en g

\*) Insassen-Anprallgeschwindigkeit OIV  
vorwärts in Meter je Sekunde  
seitwärts in Meter je Sekunde  
Anhalteverzögerung des Insassen  
vorwärts in *g*  
seitwärts in *g*

Graphische Darstellung der Beschleunigung in Anlage  
Nr.

**g) Allgemeine Festlegungen**

Die in diesem Prüfbericht angegebenen Prüfergebnisse  
gelten nur für die geprüften Gegenstände.

Dieser Prüfbericht darf nur vollständig vervielfältigt wer-  
den, es sei denn, das Prüflaboratorium hat seine schriftli-  
che Einwilligung gegeben.

**h) Genehmigung**

Datum  
Unterschrift  
Titel  
Name

\*) Vitesse d'impact des occupants, OIV  
Vers l'avant mètre par seconde:  
Latérale en mètre par seconde  
Accélération des occupants vers le bas  
Vers l'avant en *g*  
Latérale en *g*

Graphiques d'accélération dans l'annexe N°

**g) Déclarations générales**

Les résultats d'essai dans ce rapport ne concernent que  
les objet essayés.

Le présent rapport ne peut pas être reproduit autrement  
qu'en totalité, sauf avec l'accord écrit préalable du labo-  
ratoire émetteur.

**h) Approbation du rapport**

Date  
Signature  
Titre  
Nom

**Anhang A (normativ)**

Index für die Fahrzeugkabinenverformung (VCDI)

**A.1 Verformung**

Der Index für die Fahrzeugkabinenverformung (VCDI) beruht auf dem Verformungsindex des Fahrzeuginnern (VIDI), der im Rahmen verschiedener internationaler Sitzungen von 1970 bis 1971 entwickelt wurde.

Dieser Index bezeichnet sowohl die Stelle als auch das Ausmass der Verformung des Cockpits. Er besteht aus zwei Buchstaben plus 7 Zahlen in folgender Anordnung:

XXabcdefg

Ziel dieses Index ist die Angabe der Verformung des Fahrzeuginnern in Form einer genormten Beschreibung, um die Anprallschwere zu verdeutlichen.

Es ist empfohlen, die Distanzen mit einem Genauigkeitsgrad von  $\pm 0,02$  m.

**A.2 Verformungstelle**

Die Verformungstelle in der Fahrzeugkabine wird durch die beiden ersten Buchstaben wie in Bild A.1 angegeben.

**Annexe A (normative)**

Indice de déformation de l'habitacle du véhicule (VCDI)

**A.1 Déformation**

L'indice de déformation de l'habitacle du véhicule (VCDI) provient de l'indice de déformation intérieure du véhicule (VIDI), qui a été mis au point au cours de différentes réunions internationales en 1970 et 1971.

Cet indice désigne l'emplacement et l'importance de la déformation de l'habitacle. Il se compose de deux caractères alphabétiques plus sept caractères numériques, sous la forme:

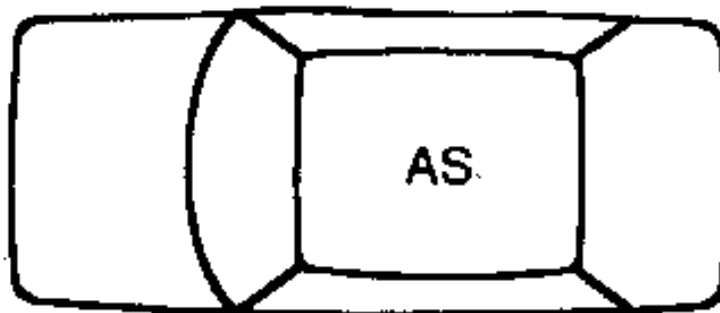
XXabcdefg

Le but de cet indice est de donner une description normalisée de la déformation de l'habitacle de véhicule, afin de mieux comprendre la sévérité de l'impact.

Il est conseillé de mesurer les distances avec un degré de précision de  $\pm 0,02$  m.

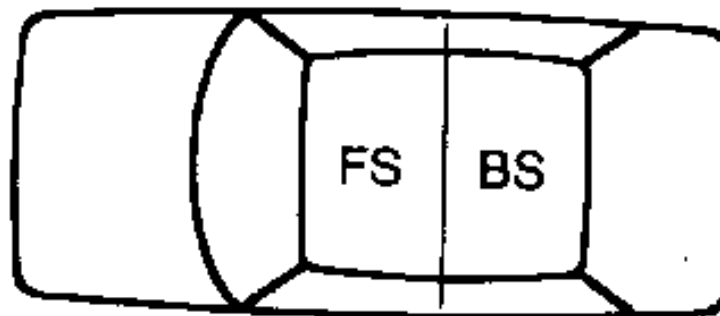
**A.2 Emplacement de la déformation**

L'emplacement de la déformation de l'habitacle est indiqué par les deux premiers caractères alphabétiques XX, comme indiqué dans la figure A.1.



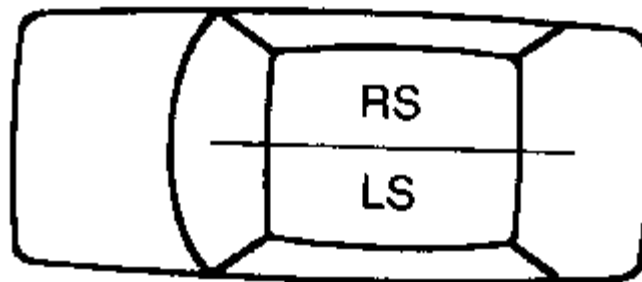
Alle Sitze: XX = AS

Tous les sièges : XX = AS



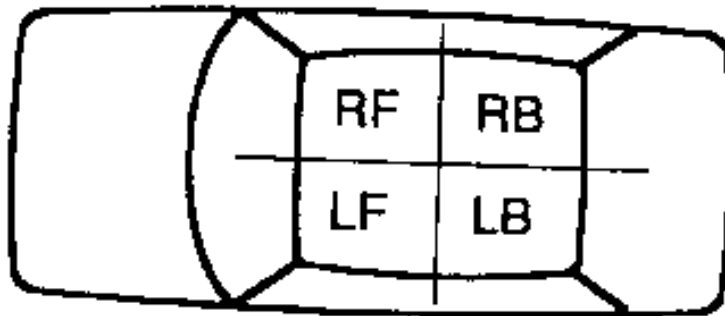
Vordersitze: XX = FS  
Rücksitze: XX = BS

Sièges avant: XX = FS  
Sièges arrières: XX = BS



Rechte Sitze: XX = RS  
Linke Sitze: XX = LS

Sièges à droite : XX = RS  
Sièges à gauche: XX = LS



Rechte Vorderseite: XX = RF  
Rechte Rückseite: XX = RB  
Linke Vorderseite: XX = LF  
Linke Rückseite: XX = LB

Avant droit : XX = RF  
Arrière droit : XX = RB  
Avant gauche : XX = LF  
Arrière gauche : XX = LB

**Bild A.1: Verformungstelle in der Fahrzeugkabine**

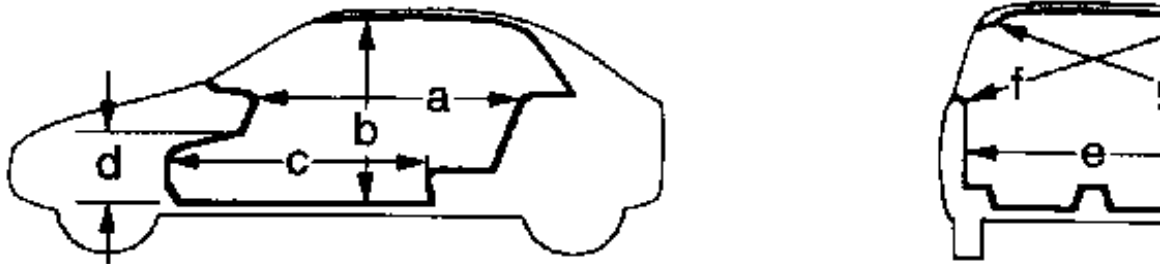
**Figure A.1: Emplacement de la déformation de l'habitacle**

**A.3 Ausmass der Verformung**

Die 7 Masse a, b, c, d, e, f und g bezeichnen den Prozentsatz der Verringerung von sieben Innenmassen (Bild A.2):

**A.3 Importance de la déformation**

Les sept sous-indices a, b, c, d, e, f, et g indiquent le pourcentage de réduction des sept cotes intérieures (figure A.2):



- a Abstand zwischen dem Armaturenbrett und dem oberen Ende des Rücksitzes
- b Abstand zwischen dem Fahrzeugdach und dem Fahrzeugboden
- c Abstand zwischen dem Rücksitz und der Motorabdeckung
- d Abstand zwischen der Unterseite des Armaturenbrettes und dem Fahrzeugboden
- e Innenbreite
- f Abstand zwischen der Unterkante des rechten Fensters und der Oberkante des linken Fensters
- g Abstand zwischen der Unterkante des linken Fensters und der Oberkante des rechten Fensters

- a distance entre le tableau de bord et le haut du siège arrière
- b distance entre le toit et le plancher
- c distance entre le siège arrière et la cloison moteur
- d distance entre la partie basse du tableau de bord et le plancher
- e largeur intérieure
- f distance entre le bord inférieur de la fenêtre droite et le bord supérieure de la fenêtre gauche
- g distance entre le bord inférieure de la fenêtre gauche et le bord supérieure de la fenêtre droite.

**Bild A.2: Innenmasse**

Der Wert für jeden der 7 numerischen Masse ist anhand der folgenden Skala zu bestimmen:

- 0 wenn die Verringerung weniger als 3 % beträgt
- 1 wenn die Verringerung mehr als 3 % und weniger als oder gleich 10 % beträgt
- 2 wenn die Verringerung mehr als 10 % beträgt

Wenn einige der Verringerungen mehr als 10 % betragen, sind photographische Beschreibungen der verformten Teile beizufügen.

**A.4 Beispiele**

Wenn ein Seitenanprall auf die rechte Seite e und f um 14 % und g um 7 % für die rechten Sitze verringert und die Verringerung aller übrigen Masse unter 3 % beträgt, lautet der VCDI-Index: RS0000221.

Wenn ein Frontalaufprall den Abstand a um 8 % und c um 12 % auf dem rechten Vordersitz verringert und alle anderen Verringerungen weniger als 3 % betragen, lautet der VCDI-Index: RF1020000.

**Figure A.2: Dimensions intérieures**

La valeur de chacun des sept sous-indices numériques doit être déterminée par l'échelle suivante:

- 0 si la réduction est inférieure à 3%;
- 1 si la réduction est supérieure à 3% et inférieure ou égale à 10%;
- 2 si la réduction est supérieure à 10%.

Lorsqu'une des réductions dépasse 10%, la description photographique des parties déformées doit être incluse.

**A.4 Exemples**

Lorsqu'un choc latéral sur le côté droit réduit e et f de 14 % et g de 7 % pour les sièges de droite, la réduction des dimensions restantes étant inférieure à 3 %, l'indice VCDI sera de: RS0000221.

Si à la suite d'un choc frontal, la distance a été réduite de 8% et c de 12 % au niveau du siège, toutes les autres réductions restant inférieures à 3 %, l'indice VCDI sera: RF1020000.

**Anhang B (informativ)**

Kinetische Anprallenergie und theoretische Durchschnittskraft

**B.1 Durchschnittskraft aufgrund der Kinematik**

In der ersten Phase einer Kollision gegen eine Schutzeinrichtung sollte die Komponente der Geschwindigkeit des Fahrzeugschwerpunktes rechtwinklig zur Schutzeinrichtung um ihren Anfangswert

$$(B.1)$$

auf Null sinken; wenn  $S_n$  und  $\bar{a}_n$  die Verschiebungen bzw. die Durchschnittsbeschleunigung des Fahrzeugschwerpunktes rechtwinklig zur Schutzeinrichtung sind, ist in der ersten Phase

$$(B.2)$$

und adie auf die Masse  $M$  des Fahrzeugs wirkende Durchschnittskraft während dieser Phase beträgt:

$$\bar{F} = M\bar{a}_n = \frac{MV_n^2}{2S_n} \quad (B.3)$$

**B.2 Durchschnittskraft aufgrund eines Energieausgleichs**

Das gleiche Ergebnis kann durch einen einfachen Energieausgleich erzielt werden. In der Tat sollte die seitliche kinetische Energie des Fahrzeugs während der ersten Phase des Anpralls

$$T = \frac{MV_n^2}{2} \quad (B.4)$$

durch die Arbeit  $W_n = \bar{F}S_n$  der auf den Fahrzeugschwerpunkt wirkenden seitlichen Kraft ausgeglichen werden; daraus folgt:

$$\frac{MV_n^2}{2} = \bar{F}S_n, \text{ wobei: } \bar{F} = \frac{MV_n^2}{2S_n} \quad (B.5)$$

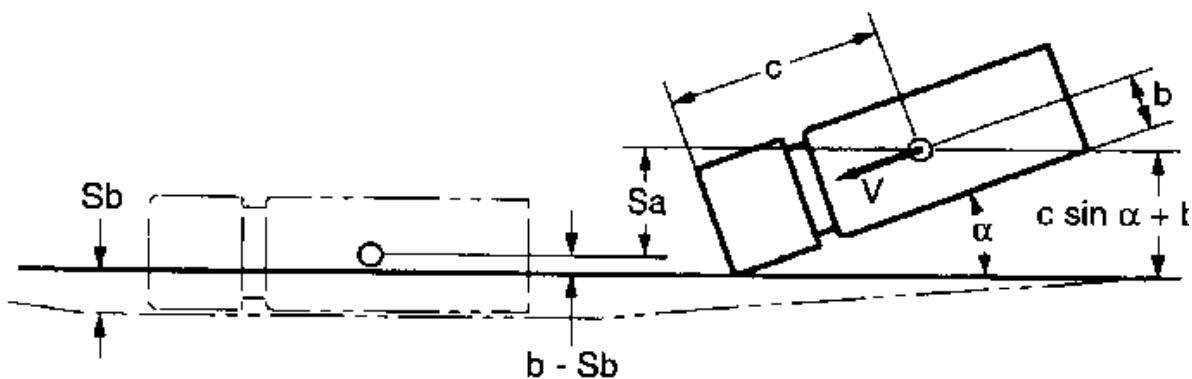


Bild B.1: Verlagerung des Schwerpunktes

**Annexe B (informative)**

Energie cinétique et force moyenne théorique du choc

**B.1 Force moyenne déterminée à partir de la cinématique**

Dans la première partie d'une collision efficace contre une glissière de sécurité, la composante de la vitesse du centre de gravité du véhicule, perpendiculaire à la glissière, devrait décroître de sa valeur initiale:

$$(B.1)$$

jusqu'à 0; si  $S_n$  et  $\bar{a}_n$  sont, respectivement, le déplacement et l'accélération moyenne du centre de gravité du véhicule dans le sens perpendiculaire à la glissière, il est facile de reconnaître que, dans la première phase:

$$(B.2)$$

et en conséquence, la force moyenne agissant sur la masse  $M$  du véhicule pendant la même phase est:

$$\bar{F} = M\bar{a}_n = \frac{MV_n^2}{2S_n} \quad (B.3)$$

**B.2 Force moyenne déterminée à partir d'un bilan énergétique**

Le même résultat peut être obtenu à partir d'un simple bilan énergétique. En fait, pendant la première phase du choc, l'énergie cinétique latérale du véhicule:

$$T = \frac{MV_n^2}{2} \quad (B.4)$$

devrait être équilibrée par le travail  $W_n = \bar{F}S_n$  de la force latérale agissant sur le centre de gravité du véhicule, donc: d'où

$$\frac{MV_n^2}{2} = \bar{F}S_n, \text{ d'où: } \bar{F} = \frac{MV_n^2}{2S_n} \quad (B.5)$$

Figure B.1: Déplacement du centre de gravité



**B.3 Durchschnittskraft als Funktion der Verschiebung der Schutzeinrichtung**

Unter Bezug auf Bild B.1 beträgt der vom Massenschwerpunkt zurückgelegte Weg  $S_n$  ungefähr:

(B.6)

wobei  $S_b$  die maximale dynamische Verformung der dem Verkehr zugekehrten Seite der Schutzeinrichtung ist (es sollte  $S_b$  die Summe aus Schutzeinrichtungsdurchbiegung und einem Teil des Fahrzeugverformens sein).

Durch Kombination der vorherigen Gleichung kann die Durchschnittskraft schliesslich wie folgt ausgedrückt werden:

(B.7)

Die Kraft  $\bar{F}$  gibt die Grössenordnung der Wechselwirkung zwischen Fahrzeug und Schutzeinrichtung während des Anpralls an; sie ist nützlich für eine erste Beurteilung der auf die Schutzeinrichtungsverankerungen wirkenden Gesamtkraft und der Schwere für das anprallende Fahrzeug.

$\bar{F}$  ist eine bezüglich der seitlichen Verschiebung gemittelte Kraft, d.h.:

(B.8)

Theoretische und praktische Nachweise zeigen, dass ein signifikanter Höchstwert der Kraft  $F(s)$ , der als Mass der Höchsteinwirkung auf Schutzeinrichtungsverankerungen anzusehen ist, um das 2,5fache höher ist als  $\bar{F}$ .

**B.4 Beispiele**

Die Tabelle B.1 gibt die nach Gleichung (B.4) berechneten kinetischen Energien an, die zu den festgelegten Leistungsklassen gehören, sowie die nach Gleichung (B.7) berechneten Durchschnittskräfte für einige Beispielwerte für Schutzeinrichtungsverschiebungen.

**Tabelle B.1: Aufhaltestufen**

Aufhaltestufe	Kinetische Energie (kJ)	Durchbiegung auf der dem Verkehr zugekehrten Seite					
		m					
		0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Durchschnittskraft							
kN							
T1	6,2	16,8	9,3	5,8	4,2	3,3	2,7
T2	21,5	36,5	24,2	16,7	12,7	10,3	8,6
T3	36,6	46,7	33,8	24,7	19,4	16,0	13,6
N1	43,3	59,2	42,0	30,3	23,7	19,4	16,5
N2	81,9	112,0	79,4	57,2	44,7	36,7	31,1
H1	126,6	93,6	76,6	61,7	51,6	44,4	38,9
H2	287,5	133,0	116,8	100,4	88,1	78,5	70,8
H3	462,1	266,4	227,1	189,8	163,0	142,9	127,1
H4a	572,0	311,3	267,6	225,4	194,7	171,4	153,1
H4b	724,6	269,1	242,1	213,6	191,1	172,8	157,8

**B.3 Force moyenne déterminée en fonction du déplacement de la glissière de sécurité**

En se référant à la figure B.1, la distance  $S_n$  parcourue par le centre de gravité est approximativement:

(B.6)

dans laquelle  $S_b$  est la déformation dynamique maximale de la face côté circulation de la glissière de sécurité (plus précisément,  $S_b$  devrait être la somme de la déformation de la barrière plus une partie du froissement du véhicule).

Ensuite, en combinant les expressions précédentes, la force moyenne peut éventuellement être exprimée sous la forme:

(B.7)

La force  $\bar{F}$  donne l'ordre de grandeur de l'interaction entre le véhicule et la barrière pendant le choc; elle est utile pour une première évaluation de la force totale agissant sur les ancrages de barrière et de la sévérité pour le véhicule en collision.

$\bar{F}$  est une force moyenne par rapport au déplacement latéral, c'est-à-dire:

(B.8)

La démonstration théorique et expérimentale montre que, fréquemment, la valeur maximale de la force  $F(s)$  devant être considérée comme une mesure de l'action maximale sur les ancrages des glissières, est 2,5 fois supérieure à  $\bar{F}$ .

**B.4 Exemples**

Le tableau B.1 indique les énergies cinétiques calculées avec l'équation (B.4), correspondant aux classes de performance spécifiées, ainsi qu'avec les forces moyennes calculées avec (B.7) pour certaines valeurs d'exemple de déplacement de glissière de sécurité.

Tableau B.1: Capacité de retenue

Niveau de retenue	Energie cinétique kJ	Déformation de la face tournée vers le trafic					
		m					
		0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
		Force moyenne					
		kN					
T1	6,2	16,8	9,3	5,8	4,2	3,3	2,7
T2	21,5	36,5	24,2	16,7	12,7	10,3	8,6
T3	36,6	46,7	33,8	24,7	19,4	16,0	13,6
N1	43,3	59,2	42,0	30,3	23,7	19,4	16,5
N2	81,9	112,0	79,4	57,2	44,7	36,7	31,1
H1	126,6	93,6	76,6	61,7	51,6	44,4	38,9
H2	287,5	133,0	116,8	100,4	88,1	78,5	70,8
H3	462,1	266,4	227,1	189,8	163,0	142,9	127,1
H4a	572,0	311,3	267,6	225,4	194,7	171,4	153,1
H4b	724,6	269,1	242,1	213,6	191,1	172,8	157,8

**Anhang C (informativ)**

**Fahrzeugbeschleunigung - Messung und Berechnungsverfahren**

**C.1 Einleitung**

Während eines Anpralls kann die Beschleunigung eines Fahrzeugs von einem zu einem anderen Fahrzeugpunkt aufgrund von Winkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen erheblich variieren. Folglich kann es sein, dass die Messung an einem einzigen Punkt nicht ausreicht, um das vollständige Beschleunigungsfeld innerhalb eines Fahrzeugs zu bestimmen.

Im allgemeinen gibt es während einer Kollision einen Innenbereich eines Fahrzeugs, der mehr oder weniger starr bleibt, abgesehen von Aufbauschwingungen, die ausgefiltert werden, wenn der beschriebene 60 Hz-Filter angewandt wird.

In diesem Anhang werden zwei Verfahren zur Bestimmung der vollständigen Beschleunigung eines Fahrzeugs, das als starrer Körper angesehen wird, zu einer bestimmten Zeit beschrieben; die Messungen werden zu dieser Zeit durchgeführt. Die Sensoren für diese Messungen sollten an ortsfesten Punkten an den Stellen des Fahrzeugs angebracht werden, die ein starres Verhalten aufweisen.

Die Kenntnis der vollständigen Beschleunigung kann für die Berechnung der Beschleunigung an verschiedenen Punkten des Fahrzeugs oder für die Nachstellung des Fahrzeugs durch Integration erforderlich sein.

**C. 2 Accélération dans un corps rigide**

Die Beschleunigung  $a_p$  eines beliebigen Punktes P eines starren Körpers kann als vektorielle Darstellung wie folgt ausgedrückt werden:

$$a_p = a_c + \omega \times R + \omega \times (\omega \times R) \quad (C.1)$$

Dabei ist:

$$a_p \equiv \begin{Bmatrix} p^a_x \\ p^a_y \\ p^a_z \end{Bmatrix} \text{ die Beschleunigung des allgemeinen Punktes P}$$

$$a_c \equiv \begin{Bmatrix} c^a_x \\ c^a_y \\ c^a_z \end{Bmatrix} \text{ die Beschleunigung eines Datumpunktes C;}$$

$$\omega \equiv \begin{Bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{Bmatrix} \text{ die Winkelgeschwindigkeit des starren Körpers}$$

$R = P-C$  ist der Radiusvektor von Punkt C nach Punkt P;

Alternativ kann Gleichung (C.1) auch wie folgt angegeben werden:

$$a_p = a_c + \dot{\omega} \wedge R + (\omega R) \dot{\omega} - (\omega \dot{\omega}) R \quad (C.2)$$

wobei der Punkt das Skalarprodukt bezeichnet; der Punkt (') bezeichnet die zeitbezogene Ableitung und das Symbol  $\wedge$  das Vektorprodukt.

**Annexe C (informative)**

**Accélération du véhicule - Méthodes de mesure et de calcul**

**C.1 Introduction**

Pendant un impact, l'accélération d'un véhicule peut varier sensiblement d'un point à un autre du véhicule lui-même, du fait des vitesses angulaires et des accélérations angulaires. Donc, une mesure prise en un point unique peut ne pas être suffisante pour déterminer le champ d'accélération complet à l'intérieur du véhicule.

Généralement, pendant une collision, une partie interne du véhicule reste plus ou moins rigide, en dehors des vibrations structurelles qui sont filtrées quand le filtre prescrit de 60 Hz est appliqué.

Le présente annexe propose deux méthodes pour déterminer l'accélération complète du véhicule, considéré comme un corps rigide, à un instant donné, à partir des mesures prises au même instant. Il convient que les capteurs pour ces mesures soient montés en des zones rigides de la partie de la structure du véhicule qui se comporte de façon rigide.

On peut avoir besoin de la connaissance de l'accélération complète pour calculer l'accélération de différents points du véhicule, ou pour reconstruire le parcours du véhicule par intégration.

**C. 2 Accélération dans un corps rigide**

L'accélération  $a_p$  d'un point quelconque P d'un corps rigide, en notation vectorielle, peut être exprimée sous la forme:

$$a_p = a_c + \omega \times R + \omega \times (\omega \times R) \quad (C.1)$$

où

$$a_p \equiv \begin{Bmatrix} p^a_x \\ p^a_y \\ p^a_z \end{Bmatrix} \text{ est l'accélération du point générique P;}$$

$$a_c \equiv \begin{Bmatrix} c^a_x \\ c^a_y \\ c^a_z \end{Bmatrix} \text{ est l'accélération du point de référence C;}$$

$$\omega \equiv \begin{Bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{Bmatrix} \text{ est la vitesse angulaire du corps rigide;}$$

$R = P-C$  est le vecteur radial à partir du point C jusqu'au point P;

L'équation (C.1) peut également être mise sous la forme:

$$a_p = a_c + \dot{\omega} \wedge R + (\omega R) \dot{\omega} - (\omega \dot{\omega}) R \quad (C.2)$$

où le point représente le produit scalaire, le point (') la dérivation par rapport au temps et le symbole  $\wedge$  le produit vectoriel.

Für die Ermittlung der Beschleunigung  $a_P$  eines beliebigen Punktes P eines starren Körpers zu einer bestimmten Zeit t sollten ferner die Position R des besagten Punktes sowie 9 kinematische Parameter bekannt sein, d.h. die drei Komponenten von  $c_a$ , die drei Komponenten wie  $\dot{\omega}$ , wobei für alle dieselbe Zeit t gilt.

**C.3 Messung durch 12 lineare Aufnehmer**

Die als Matrix dargestellte Gleichung (C.1) kann wie folgt ausgedrückt werden:

(C.3)

Dabei ist:

$$[A] = \begin{bmatrix} -\omega_y^2 - \omega_z^2 & \omega_x \omega_y - \dot{\omega}_z & \omega_x \omega_z + \dot{\omega}_y \\ \omega_x \omega_y + \dot{\omega}_z & -\omega_x^2 - \omega_z^2 & \omega_y \omega_z - \dot{\omega}_x \\ \omega_x \omega_z - \dot{\omega}_y & \omega_y \omega_z + \dot{\omega}_x & -\omega_x^2 - \omega_y^2 \end{bmatrix} \quad (C.4)$$

Anstelle 9 kinematischen Parameter kann es einfacher sein 2 Parameter wie folgt als unbekannt anzunehmen, d.h. die drei Komponenten von  $c_a$  und alle 9 Elemente des Matrix [A].

Drei lineare Beschleunigungsmessgeräte, die an den Fahrzeugachsen x, y und z ausgerichtet sind, werden auf einem einzigen Block in Punkt C montiert (dies kann jeder geeignete Punkt sein) und in jedem von drei anderen geeigneten Punkten  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  und  ${}_3P$ . Für die 4 Punkte ist es wichtig, dass sie nicht in derselben Ebene liegen. Diese 12 Beschleunigungsmessgeräte geben das Mass für  $\{c_a\}$  plus die Beschleunigungen für  $\{{}_1a\}$ ,  $\{{}_2a\}$  und  $\{{}_3a\}$  der drei bekannten Punkte  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  und  ${}_3P$  an.

Für jeden Punkt  ${}_iP$  kann Gleichung (C.4) wie folgt ausgedrückt werden:

(C.5)

Dabei ist:

$$\{{}_i\Delta a\} = \{{}_i a\} - \{c_a\} \quad (C.6)$$

Durch Einführung der Matrizen (3 x 3):

$$[\Delta a] = [{}_1\Delta a \ {}_2\Delta a \ {}_3\Delta a] [R] = [{}_1R \ {}_2R \ {}_3R] \quad (C.7)$$

können die drei Matrixgleichungen (C.6) wie folgt kurzgefasst ausgedrückt werden:

$$[\Delta a] = [A][R] \quad (C.8)$$

Dies kann einfach gelöst werden, indem die unbekannte Matrix [A] wie folgt erzielt wird:

$$[A] = [\Delta a][R]^{-1}, \text{ oder } [A]^t = [R]^{-T} [\Delta a]^T \quad (C.9)$$

Lösung (C.9) ist nur möglich, wenn die Matrix [R] nicht singular ist, und dies erfordert, dass die 4 Punkte  ${}_cP$ ,  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  und  ${}_3P$  nicht in einer Ebene liegen.

Die Winkelbeschleunigung kann einfacherweise anhand des nichtsymmetrischen Teils der Matrix [A] ermittelt werden:

$$\frac{1}{2}[A] - \frac{1}{2}[A]^T = \begin{bmatrix} 0 & -\dot{\omega}_x & \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z & 0 & -\dot{\omega}_x \\ -\dot{\omega}_y & \dot{\omega}_x & 0 \end{bmatrix} \quad (C.10)$$

Ensuite, pour connaître l'accélération  $a_P$  d'un point quelconque P d'un corps rigide à un instant donné t, on a besoin de connaître la position R dudit point et 9 paramètres cinématiques, à savoir les trois composantes de  $c_a$ , les trois composantes de  $\dot{\omega}$ , toutes au même instant t.

**C.3 Mesure par douze capteurs linéaires**

L'équation (C.1), en notation matricielle, peut également s'écrire sous la forme:

(C.3)

où:

$$[A] = \begin{bmatrix} -\omega_y^2 - \omega_z^2 & \omega_x \omega_y - \dot{\omega}_z & \omega_x \omega_z + \dot{\omega}_y \\ \omega_x \omega_y + \dot{\omega}_z & -\omega_x^2 - \omega_z^2 & \omega_y \omega_z - \dot{\omega}_x \\ \omega_x \omega_z - \dot{\omega}_y & \omega_y \omega_z + \dot{\omega}_x & -\omega_x^2 - \omega_y^2 \end{bmatrix} \quad (C.4)$$

Au lieu de 9 paramètres cinématiques, il peut être plus facile de prendre comme inconnue 12 paramètres, c'est-à-dire les trois composantes de  $c_a$  et la totalité des 9 éléments de la matrice [A], comme suit.

Trois accéléromètres linéaires, alignés sur les axes du véhicule x,y et z sont montés sur un bloc unique au point C (qui peut être tout point quelconque approprié) et en trois autres points  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  et  ${}_3P$  appropriés. Les quatres points ne devraient pas se situer dans le même plan. Ces 12 accéléromètres donnent la mesure de  $\{c_a\}$  plus les accélérations,  $\{{}_1a\}$ ,  $\{{}_2a\}$  et  $\{{}_3a\}$  des trois points connus  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  et  ${}_3P$ .

Pour chaque point  ${}_iP$ , l'équation (C.4) peut être mise sous la forme:

(C.5)

où:

$$\{{}_i\Delta a\} = \{{}_i a\} - \{c_a\} \quad (C.6)$$

En introduisant les matrices (3 x 3):

$$[\Delta a] = [{}_1\Delta a \ {}_2\Delta a \ {}_3\Delta a] [R] = [{}_1R \ {}_2R \ {}_3R] \quad (C.7)$$

les trois équations matricielles (C.6) peuvent être synthétiquement sous la forme:

$$[\Delta a] = [A][R] \quad (C.8)$$

qui peut être facilement résolue pour donner la matrice inconnue [A] telle que:

$$[A] = [\Delta a][R]^{-1}, \text{ ou } [A]^t = [R]^{-T} [\Delta a]^T \quad (C.9)$$

La solution (C.9) n'est possible que si la matrice [R] n'est pas singulière et ceci nécessite que les 4 points  ${}_cP$ ,  ${}_1P$ ,  ${}_2P$  et  ${}_3P$  ne se situent pas dans un même plan.

L'accélération angulaire peut facilement être obtenue à partir de la partie asymétrique de la matrice [A]:

$$\frac{1}{2}[A] - \frac{1}{2}[A]^T = \begin{bmatrix} 0 & -\dot{\omega}_x & \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z & 0 & -\dot{\omega}_x \\ -\dot{\omega}_y & \dot{\omega}_x & 0 \end{bmatrix} \quad (C.10)$$

Die Komponenten der Winkelgeschwindigkeiten können hingegen weder eindeutig noch genau anhand des symmetrischen Teils der Matrix [A] ermittelt werden. Deshalb wird dieses Verfahren für die Rekonstruktion des Flugweges nicht empfohlen, obwohl es ein sehr direktes Verfahren für die Berechnung der Beschleunigung eines beliebigen Fahrzeugpunktes darstellt.

Wenn die Beschleunigung  $\{c_a\}$  und die Matrix [A] bekannt sind, kann die Beschleunigung eines beliebigen Punktes P des Fahrzeugs einfacherweise nach Gleichung (C.3) bestimmt werden.

**C.4 Messung durch 6 lineare Aufnehmer und 3 Winkel­aufnehmer**

Dieses Verfahren erfordert 6 lineare Aufnehmer sowie drei Winkel­aufnehmer. Drei lineare Beschleunigungsmessgeräte und die Winkelgeschwindigkeitssensoren werden auf einem einzigen Block im Datumspunkt C montiert. Die drei linearen Beschleunigungsmessgeräte und die 3 Winkelgeschwindigkeits-Aufnehmer werden an den Fahrzeugachsen x, y und z ausgerichtet.

Dies ermöglicht eine direkte Messung von  $c_a$  et  $\omega$ ; somit sind nur noch drei Unbekannte zu bestimmen, d.h. die Komponenten von  $\dot{\omega}$ . Dies kann durch Hinzufügen von drei linearen Aufnehmern wie folgt durchgeführt werden.

Einer der drei letzteren Aufnehmer ist in Punkt  $iP$  in Richtung des Einheitsvektors  $i_n$  ( $i = 1, 2, 3$ ) anzuordnen; nach Skalarmultiplikation mit  $i_n$  ergibt sich aus Gleichung (C.2).

$$i_m \dot{\omega} = p_i \tag{C.11}$$

Dabei ist:

$iR = iP - C$  der Lagefaktor von Punkt  $iP$

$$i_m = iR \wedge i_n$$

$$P_i = a_i - c_a i_n - (\omega_i R) \omega_i + (\omega \cdot \omega) R_i$$

- $a_i = a_i \cdot i_n$  die Messung des Sensors in Punkt  $iP$
- $c_a i_n = c_a \cdot i_n$  die Komponente von  $c_a$  in Richtung  $i_n$
- $\omega_i = \omega \cdot i_n$  die Komponente von  $\omega$  in Richtung von  $i_n$
- $R_i = R \cdot i_n$  die Komponente von  $R$  in Richtung von  $i_n$

Nach Zusammenfassung der Gleichungen in (C.11) für die Messungen der letzteren drei Aufnehmer ergibt sich folgende Gleichung:

$$[M] \{\dot{\omega}\} = \{p\} \tag{C.12}$$

Dabei ist:

$$[M] = \begin{bmatrix} 1^m_x & 1^m_y & 1^m_z \\ 2^m_x & 2^m_y & 2^m_z \\ 3^m_x & 3^m_y & 3^m_z \end{bmatrix}; \{\dot{\omega}\} = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix}; \{p\} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \tag{C.13}$$

Aus Gleichung (C.12) ergibt sich die Winkelbeschleunigung wie folgt:

$$\{\dot{\omega}\} = [M]^{-1} \{p\} \tag{C.14}$$

Diese Lösung ist nur möglich, wenn die Matrix [M] nicht singular ist, und dies erfordert, dass die Punkte  $iP$  und die Richtungen  $i_n$  ( $i = 1, 2, 3$ ) des Sensors sorgfältig ausgewählt werden.

Hiermit sind alle 9 kinematischen Parameter, d.h.  $\{c_a\}$ ,  $\{\omega\}$  und  $\{\dot{\omega}\}$ , bekannt. Sie können zur Berechnung der Beschleunigung eines beliebigen Punktes P des Fahrzeugs mit (C.1), (C.2), (C.3) oder zur Rekonstruktion des Fahrzeugweges mit einem geeigneten Verfahren verwendet werden.

Les composantes de la vitesse angulaire ne peuvent en revanche pas être obtenues exclusivement ni avec précision à partir de la partie asymétrique de la matrice [A]. Ainsi, cette méthode qui est très directe pour calculer l'accélération d'un point quelconque du véhicule, n'est-elle pas recommandée pour la reconstitution de parcours.

Quand l'accélération  $\{c_a\}$  et la matrice [A] sont connues, l'accélération d'un point quelconque P du véhicule peut facilement être déterminée au moyen de la formule (C.3).

**C.4 Mesure par six capteurs linéaires et trois capteurs angulaires**

Cette méthode exige 6 accéléromètres linéaires plus 3 transmetteurs de vitesse angulaire. Les 3 accéléromètres linéaires et les détecteurs de vitesse angulaire sont placés, sur un même bloc, au point de référence C. Les 3 accéléromètres linéaires et les 3 capteurs de vitesse angulaire sont orientés comme les axes x, y et z du véhicule.

Ceci donne une mesure directe de  $c_a$  et  $\omega$ ; ainsi, seules trois inconnues demeurent à déterminer, c'est-à-dire les composantes de  $\dot{\omega}$ . Celles-ci peuvent être obtenues en n'ajoutant que trois accéléromètres linéaires, comme suit.

Mettons l'un des trois derniers accéléromètres au point  $iP$  dans le sens du vecteur unité  $i_n$  ( $i = 1, 2, 3$ ); par multiplication scalaire par  $i_n$ , l'équation (C.2) prend la forme:

$$i_m \dot{\omega} = p_i \tag{C.11}$$

où

$iR = iP - C$  est le vecteur de position de  $iP$

$$i_m = iR \wedge i_n$$

$$P_i = a_i - c_a i_n - (\omega_i R) \omega_i + (\omega \cdot \omega) R_i$$

- $a_i = a_i \cdot i_n$  est la mesure à partir du détecteur au point  $iP$
- $c_a i_n = c_a \cdot i_n$  est la composante de  $c_a$  dans la direction de  $i_n$
- $\omega_i = \omega \cdot i_n$  est la composante de  $\omega$  dans la direction de  $i_n$
- $R_i = R \cdot i_n$  est la composante de  $R$  dans la direction de  $i_n$

En rassemblant les équations (C.11) pour les mesures des trois derniers transmetteurs, on obtient la forme définitive suivante:

$$[M] \{\dot{\omega}\} = \{p\} \tag{C.12}$$

où:

$$[M] = \begin{bmatrix} 1^m_x & 1^m_y & 1^m_z \\ 2^m_x & 2^m_y & 2^m_z \\ 3^m_x & 3^m_y & 3^m_z \end{bmatrix}; \{\dot{\omega}\} = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix}; \{p\} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \tag{C.13}$$

A partir de l'équation (C.12), l'accélération angulaire est trouvée sous la forme:

$$\{\dot{\omega}\} = [M]^{-1} \{p\} \tag{C.14}$$

Cette solution n'est possible que si la matrice [M] n'est pas singulière et ceci exige que les points  $iP$  et les orientations  $i_n$  ( $i = 1, 2, 3$ ) du capteur soient soigneusement sélectionnées.

Les neuf paramètres cinématiques, c'est-à-dire et  $\{\dot{\omega}\}$  sont connus. Ils peuvent être utilisés pour calculer l'accélération d'un point P quelconque du véhicule avec (C.1), (C.2) ou (C.3) ou pour reconstituer le parcours du véhicule par une procédure appropriée.

Eine Gute Wahl für die Position und die Richtung der Aufnehmer wird in den folgende Beispielen angegeben, wobei sich der Punkt C in der xz-Ebene (Symmetrieebene) nahe des Fahrzeugschwerpunkts befindet und die verbleibenden drei Beschleunigungsmesser in zwei Punkten symmetrisch zu xz-Ebene montiert werden. Andere gutgewählte Anordnungen sind ebenfalls möglich.

Un choix judicieux de la position et de l'orientation des capteurs est montré dans les exemples suivants, où le point C est dans le plan xz (plan de symétrie), près du centre de gravité du véhicule, et les trois accéléromètres restants sont montés en deux points, symétriques par rapport au plan xz. D'autres bons choix sont également possibles.

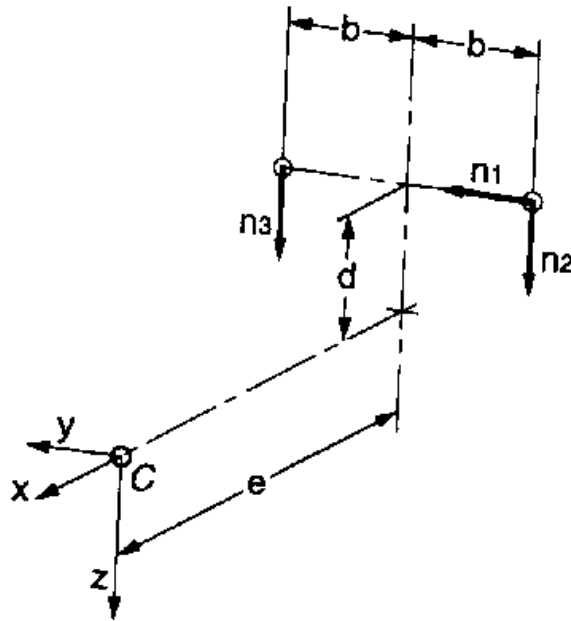


Bild C.1: Beispiel A

Figure C.1: Exemple A

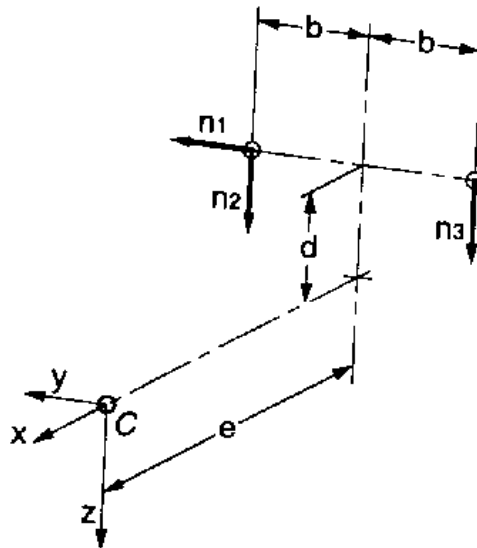


Bild C.2: Beispiel B

Figure C.2: Exemple B

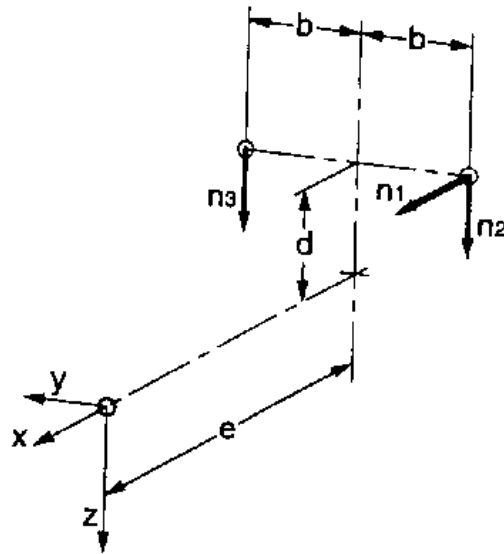


Bild C.3: Beispiel C

Figure C.3: Exemple C

### C.5 Bemerkungen

Das erste vorgeschlagene Verfahren erfordert nur lineare Beschleunigungsaufnehmer, dies jedoch in mehrfacher Anzahl; es ist ein direktes Verfahren zur Bestimmung der Beschleunigung eines beliebigen Punktes des Fahrzeugs.

Das zweite Verfahren, das eine Mindestanzahl von Aufnehmern (6 für lineare Beschleunigung und 3 für Winkelgeschwindigkeit) erfordert, ist für die Rekonstruktion des Fahrzeugweges geeigneter. Bezüglich der drei in den Bildern dargestellten Beispiele wird A für Kollisionen auf der rechten Fahrzeugseite, B für Kollisionen auf der linken Seite und C für Frontalkollisionen empfohlen.

In jedem Fall sollten beim Vergleich der beiden Verfahren auch die Genauigkeit und die Kosten für die einzelnen Aufnehmer berücksichtigt werden.

### C.5 Remarques

La première méthode proposée ne nécessite que des capteurs d'accélération linéaires, mais en nombre redondant; elle est directe pour l'évaluation de l'accélération d'un point quelconque dans le véhicule.

La seconde méthode, qui nécessite un nombre minimal de capteurs (6 pour l'accélération linéaire et 3 pour la vitesse angulaire), convient mieux quand une reconstitution du parcours est nécessaire. Parmi les trois dispositions montrées dans les exemples, A est principalement recommandé pour les collisions sur le côté droit, B pour les collisions sur le côté gauche et C pour les chocs frontaux.

En tout cas, dans la comparaison des deux méthodes, il convient de considérer également la précision et le coût des différents capteurs.