

Laden

PRAXISHANDBUCH

und

Sichern

**Beladung und
Ladungssicherung auf
dem Nutzfahrzeug**

**Band 1: Grundlagen
der Ladungssicherung**

Inhaltsverzeichnis

1	Ladungssicherung und Transportlogistik	1
1.1	Beitrag der Ladungssicherung zur Verkehrssicherheit	1
1.2	Stellung der Ladungssicherung in der Transportlogistik	2
1.2.1	Ladegut im Logistikkanal	2
1.2.2	Vorbereitung der Ladungssicherung	3
1.2.3	Beiträge der Ladungssicherung zur logistischen Dienstleistung Gütertransport	5
1.3	Zusammenhänge zwischen Ladungssicherung und Verpackungslogistik	6
1.3.1	Verpackung in der Logistik	6
1.3.2	Sicherungsgerechte Transportverpackung	7
1.3.3	Kennzeichnung und Markierung des Ladeguts	9
1.4	Begriffe und Abgrenzungen	10
1.4.1	Ladungssicherung	10
1.4.2	Ladegut, Ladung, Laden, Stauen	10
1.4.3	Anwendungsbereich des Handbuches	10
2	Verantwortlichkeit und Haftung bei der Ladungssicherung	11
2.1	Handelsrechtliche Pflichten und Haftung	11
2.1.1	Frachtvertrag	11
2.1.2	Haftung im Innenverhältnis	12
2.1.3	Speditionsvertrag	13
2.1.4	Allgemeine Geschäftsbedingungen	13
2.2	Gefahrgutvorschriften	15
2.3	Straßenverkehrsrecht	16
2.4	Strafrechtliche Aspekte	18
3	Physikalische Grundlagen der Ladungssicherung	20
3.1	Bewegungen des Ladeguts	20
3.2	Masse, Gewicht und Schwerpunkt des Ladeguts	21
3.2.1	Masse, Gewicht und Tragfähigkeit	21
3.2.2	Schwerpunkt eines Ladeguts	22
3.2.3	Gemeinsamer Schwerpunkt mehrerer Ladegüter	23
3.3	Abzusichernde Beschleunigungen	25

3.4	Kräfte und Momente am Ladegut	26
3.4.1	Benötigte Größen	26
3.4.2	Berechnung von Kräften und Momenten allgemein	26
3.4.3	Berechnung der Kräfte am Ladegut	27
3.4.4	Berechnung der Momente am Ladegut	29
3.4.5	Wirkung von Kräften und Momenten am Ladegut	30
3.5	Rutsch- und Kippgefährdung der Ladegüter	30
3.5.1	Regeln für die Rutsch- und Kippgefährdung	30
3.5.2	Rutschgefährdung eines Ladeguts	31
3.5.3	Kippgefährdung eines Ladeguts	31
3.5.4	Rutschgefährdung gestapelter Ladegüter	32
3.5.5	Kippgefährdung gestapelter Ladegüter	33
3.5.6	Rechenbeispiele für Rutsch- und Kippgefährdung gestapelter Güter	35
3.6	Erforderliche Haltekraft der Ladungssicherungen	36
3.6.1	Haltekraft allgemein	36
3.6.2	Haltekraft gegen Rutschen	36
3.6.3	Haltekraft gegen Kippen	37
4	Laden und Stauen	38
4.1	Ladezonen	38
4.1.1	Die Ladezone und ihre Funktion	38
4.1.2	Ladezonen mit oder ohne Laderampe	39
4.1.3	Ladebleche und Ladebrücken	40
4.1.4	Anfahrhilfen und Arretierungen für Lkw	41
4.2	Beladen und Entladen	42
4.2.1	Laden allgemein	42
4.2.2	Ladeverfahren	43
4.2.3	Ausgewählte Vorschriften und Hinweise für das Laden	44
4.2.4	Ladeausrüstungen auf Fahrzeugen	44
4.2.5	Flurverladung mit Staplern	45
4.2.6	Rampenverladung mit Staplern und Hubwagen	46
4.2.7	Stapeln in der zweiten Reihe	48
4.2.8	Arbeitssicherheit im Umgang mit Staplern und Hubwagen	49
4.2.9	Einsatzbereiche der Kranverladung	50
4.2.10	Arbeitssicherheit im Umgang mit Kranen	51
4.3	Stauen	52
4.3.1	Begriffsbestimmungen	52
4.3.2	Horizontale Ladungsverteilung	52
4.3.3	Vertikale Stauweise	54
4.3.4	Stauregeln	55
4.3.5	Stauplanung	56

4.4	Ladeverfahren und Fördermittel	57
4.5	Ausgewählte Flurförderzeuge	58
4.5.1	Begriffsbestimmungen und Einsatzmerkmale	58
4.5.2	Übliche Bauformen für die Be- und Entladung	60
4.5.3	Tragfähigkeit von Staplern und Hubwagen	61
4.5.4	Bauhöhe, Freihub und Hubhöhe von Staplern	62
4.5.5	Bedienung, Antrieb, Fahrwerk und Einsatzbereiche	63
4.5.6	Anbaugeräte für Stapler	65
4.6	Ausgewählte Krane	67
4.6.1	Krane für die Be- und Entladung von Fahrzeugen	67
4.6.2	Tragmittel	68
4.6.3	Lastaufnahmemittel	69
4.6.4	Anschlagmittel und Anschlagen von Ladegütern	70
5	Verfahren zur Ladungssicherung	72
5.1	Gliederung und Bewertung der Verfahren	72
5.2	Reibung hilft Ladung sichern	76
5.2.1	Bedeutung der Reibung für die Sicherung gegen Rutschen	76
5.2.2	Werte für den Gleitreibbeiwert μ	77
5.2.3	Bestimmung des Reibbeiwerts μ	78
5.2.4	Anwendung von rutschhemmendem Material (RHM)	79
5.2.5	Rationelle Ladungssicherung mit hohen Reibbeiwerten μ	80
5.3	Formschlüssig Stauen	81
5.3.1	Definition und Varianten für das Formschlüssig Stauen	81
5.3.2	Regeln für das Formschlüssig Stauen	82
5.3.3	Erforderliche Haltekraft der Laderaumbegrenzungen	82
5.3.4	Allgemeiner Rechengang für Formschlüssig Stauen	84
5.4	Festlegen	85
5.4.1	Definition und Varianten für das Festlegen	85
5.4.2	Nagelungen	85
5.4.3	Bodenhalterungen aus Metall	86
5.4.4	Berechnung von Keilen	87
5.5	Niederzurren	88
5.5.1	Definition und Elemente für das Niederzurren	88
5.5.2	Regeln für das Niederzurren	89
5.5.3	Berechnung des Niederzurrens als Rutschsicherung	90
5.5.4	Allgemeine Hinweise zur Berechnung von Zurrmitteln	91
5.5.5	Arbeitshilfe Niederzurren	92
5.5.6	Berechnung des Niederzurrens als Kippsicherung	93
5.5.7	Allgemeiner Rechengang für das Niederzurren	95

5.6	Direktzurren	96
5.6.1	Definition und Varianten für das Direktzurren	96
5.6.2	Elemente des Verfahrens Diagonalzurren	97
5.6.3	Regeln für das Diagonalzurren	98
5.6.4	Winkel und Kräfte am Zurrmittel beim Diagonalzurren	98
5.6.5	Berechnung des Diagonalzurrens als Rutschsicherung	99
5.6.6	Berechnung des Diagonalzurrens als Kippsicherung	100
5.6.7	Allgemeiner Rechengang für das Diagonalzurren	101
5.6.8	Übertragen der Berechnungen auf das Horizontalzurren	101
5.6.9	Übertragen der Berechnungen auf das Schrägzurren	102
5.6.10	Niederzurren und Diagonalzurren im Vergleich	102
5.6.11	Weitere Varianten für das Direktzurren: Umschlingen	104
5.7	Kombination von Verfahren der Ladungssicherung	106
5.7.1	Beispiele für die Kombination von Verfahren	106
5.7.2	Kombination von Formschlüssig Stauen und Festlegen mit Niederzurren	107
5.7.3	Kombination von Formschlüssig Stauen nach vorn und seitlich mit Umschlingen und Niederzurren	108
6	Hilfsmittel zur Ladungssicherung	112
6.1	Übersicht	112
6.2	Hilfsmittel für Formschlüssig Stauen	113
6.2.1	Füllmittel	113
6.2.2	Metallstreben	114
6.2.3	Trennwände	115
6.2.4	Balken für Ankerschienen	116
6.2.5	Wandbefestigungen	117
6.2.6	Netze und Planen	118
6.3	Hilfsmittel zum Festlegen	119
6.3.1	Rutschhemmendes Material	119
6.3.2	Zubehör für Lochschienen	120
6.3.3	Kanthölzer, Holzkeile	121
6.4	Zurrmittel und Zubehör	122
6.4.1	Übersicht über die Zurrmittel	122
6.4.2	Zurrgurte	122
6.4.3	Zurrketten	125
6.4.4	Zurrdrahtseile	127
6.4.5	Kantenschutzwinkel und Kantenschützer	128

7	Das geeignete Fahrzeug	129
7.1	Merkmale und Belastbarkeit	129
7.1.1	Merkmale des geeigneten Fahrzeugs	129
7.1.2	Nutzlast und Lastverteilungsplan	130
7.1.3	Belastbarkeit von Laderaumbegrenzungen	131
7.2	Einrichtungen zur Ladungssicherung	133
7.2.1	Übersicht	133
7.2.2	Stirn-, Seiten- und Rückwände	134
7.2.3	Rungen	137
7.2.4	Anker- und Lochschienen	138
7.2.5	Coilmulden	139
7.2.6	Zahn- und Keilleisten	141
7.2.7	Zurpunkte und Zurrschienen	142
7.2.8	Zurrwinden	143
7.3	Anregungen und Beispiele für Einrichtungen zur Ladungssicherung	144
7.3.1	Sattelanhänger für Papierrollen (hart gewickelt)	144
7.3.2	Sattelanhänger für Stahlerzeugnisse	145
7.3.3	Sattelanhänger für Kabeltrommeln	147
7.3.4	Sattelanhänger für Getränkekästen	148
8	Regeln für die Ladungssicherung	149
8.1	Ziel aller Ladungssicherung: Ladegüter dürfen sich nicht bewegen	149
8.2	Ladungssicherung soll effektiv und kostengünstig sein	149
8.3	Ladungssicherung klappt nur nach guter Vorbereitung	150
8.4	Praktikabel und sicher laden	150
8.5	Wichtige Voraussetzung für die Ladungssicherung: Das geeignete Fahrzeug	151
8.6	Für jedes Ladegut ist der Sicherungsbedarf zu klären	151
8.7	Reibung hilft Ladung sichern	152
8.8	Gut gestaut ist halb gesichert	152
8.9	Festlegen hält die Ladegüter	153
8.10	Niederzurren ist praktikabel, aber hat seine Grenzen	153
8.11	Direktzurren erzielt höchste Haltekräfte	154

9	Übungsaufgaben	155
9.1	Aufgabenstellungen	155
9.1.1	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3 – Physikalische Grundlagen der Ladungssicherung	155
9.1.2	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5 – Verfahren zur Ladungssicherung	157
9.2	Lösungen	159
9.2.1	Lösungen für die Übungsaufgaben zu Abschnitt 3 – Physikalische Grundlagen der Ladungssicherung	159
9.2.2	Lösungen für die Übungsaufgaben zu Abschnitt 5 – Verfahren zur Ladungssicherung	162
9.3	Varianten der Lastverteilung	165
10	Verzeichnisse	167
10.1	Quellen	167
10.2	Gesetze und berufsgenossenschaftliche Vorschriften	168
10.3	Normen	168
10.4	VDI-Richtlinien	169
10.5	Formelzeichen	170
10.6	Abkürzungen	171
10.7	Stichwörter	171
	Anhang	175
	Anhang A: Merkblatt zu Verantwortlichkeiten bei der Ladungssicherung	175

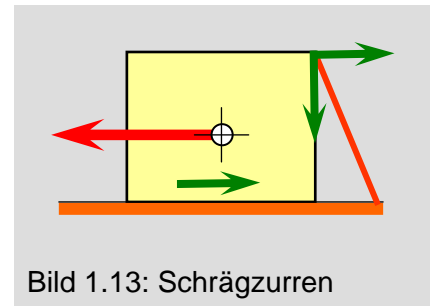
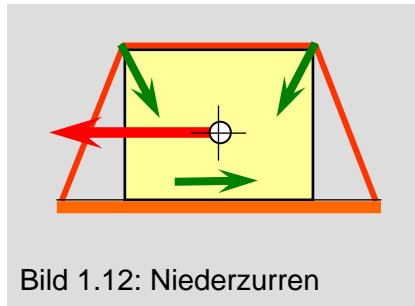
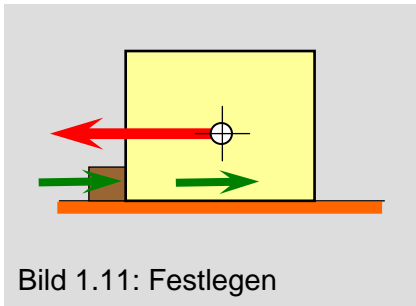


Bild 1.11: Festlegen

Bild 1.12: Niederzurren

Bild 1.13: Schrägzurren

1.3.3 Kennzeichnung und Markierung des Ladeguts

Kennzeichnung und Markierung haben den Zweck, für kommerzielle Abwicklung und Handhabung in der Distribution maßgebliche Eigenschaften des Ladeguts schnell erfassbar darzustellen und zu Sicherheit, Qualität und Effektivität im Gütertransport beizutragen.

Das Aufbringen von Kennzeichnungen und Markierungen liegt in der Zuständigkeit des Absenders. Verlader und Transporteur müssen auf Vollständigkeit, Eindeutigkeit, gute Erkennbarkeit und Dauerhaftigkeit der Kennzeichnung achten.

Die Kennzeichnungen sind auf zwei benachbarten Seiten anzubringen. Sie müssen mit den Versand- und Begleitpapieren übereinstimmen. Das Anordnungsschema der Kennzeichnungen nach [DIN 55402 – 2] zeigt Bild 1.14, ausgewählte Handhabungsmarkierungen nach [DIN 55402– 1] zeigt Bild 1.15.



Bild 1.15: Handhabungsmarkierungen nach DIN 55402 – 1

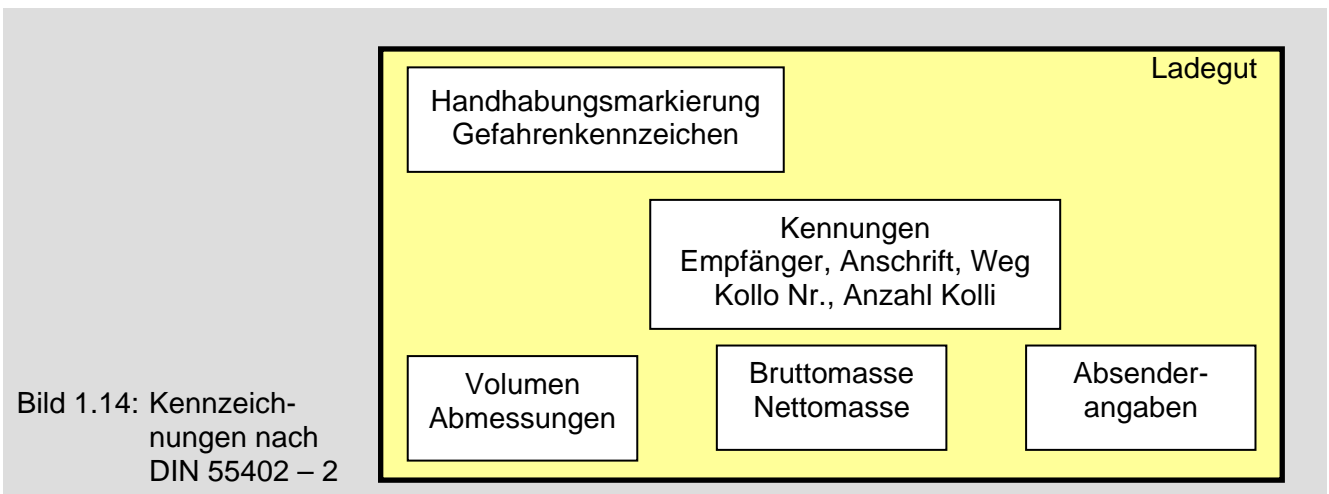


Bild 1.14: Kennzeichnungen nach DIN 55402 – 2

3 Physikalische Grundlagen der Ladungssicherung

3.1 Bewegungen des Ladeguts

Während der Fahrt eines beladenen Transportfahrzeuges entfalten sich an jedem Ladegut vielfältige Bewegungskräfte (Bild 3.1):

- a) Horizontalkräfte durch Anfahren, Beschleunigen und Bremsen – sie wirken nach vorn oder nach hinten;
- b) Horizontalkräfte durch Spurwechsel, Ausweichmanöver und Kurvenfahrt – sie wirken nach beiden Seiten;

Ihre Wirkungen werden für die Ladungssicherung berechnet.

- c) Vertikalkräfte durch Fahrbahnunebenheiten und Federung – sie wirken nach oben oder nach unten;

Windkräfte – sie wirken in wechselnde Richtungen.

Ihre Wirkungen werden nicht berechnet, sie sind aber zu beachten.

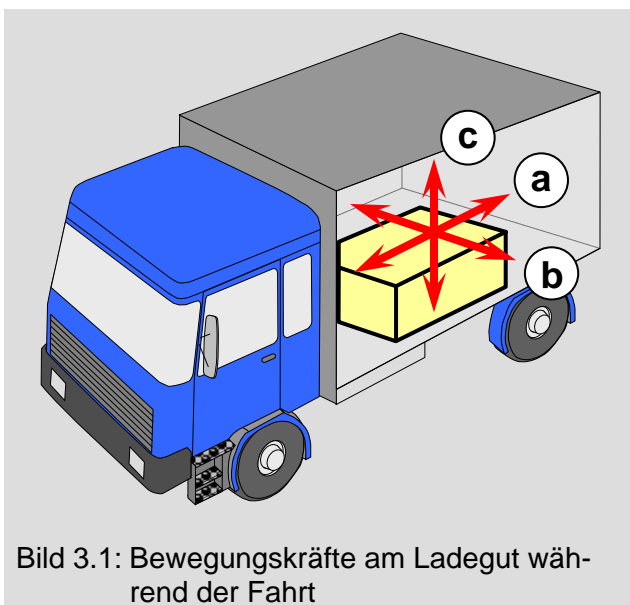


Bild 3.1: Bewegungskräfte am Ladegut während der Fahrt

Mit solchen Bewegungskräften ist während jeder Fahrt zu rechnen. Sie stellen folglich übliche Verkehrsbedingungen dar.

*Hinweis: Die Wirkung der Vertikalkräfte wird im Straßengüterverkehr mit dem **Gleitreibbeiwert** berücksichtigt. Im Kombinierten Ladungsverkehr Straße/Schiene dagegen sind die Vertikalkräfte rechnerisch zu berücksichtigen [1].*

Die horizontalen Bewegungskräfte versuchen nunmehr, beim Anfahren, Beschleunigen oder Bremsen eines Fahrzeugs, während eines Spurwechsels, eines Ausweichmanövers oder einer Kurvenfahrt die Ladegüter auf der Ladefläche zu bewegen, und zwar zum Rutschen, Kippen, Rollen oder Wandern zu bringen (Bild 3.2).

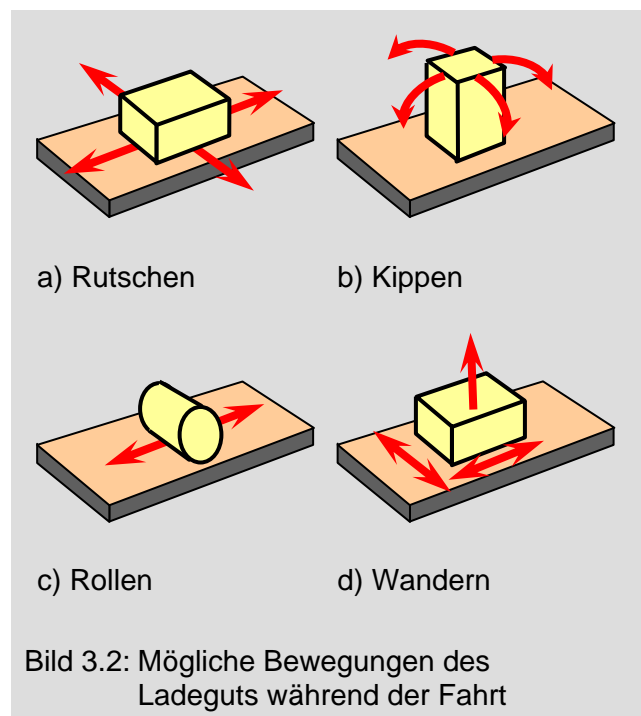


Bild 3.2: Mögliche Bewegungen des Ladeguts während der Fahrt

Die Bewegungsmöglichkeiten für Ladegüter entstehen durch Freiräume,

- weil Ladegüter maßlich nicht auf die Ladefläche abgestimmt sind,
- weil in Ladeeinheiten die Packstücke die Palettenfläche nicht ausfüllen,

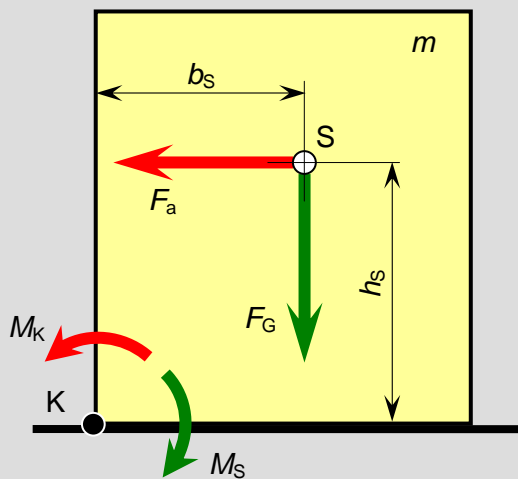
3.4.4 Berechnung der Momente am Ladegut

Die Bewegungskraft erzeugt als Kippkraft ein Kippmoment, das zum Kippen des Ladeguts führen kann. Ihr entgegen wirkt das von der Gewichtskraft erzeugte Standmoment.

Das **Kippmoment** M_K entsteht aus der Drehwirkung der Bewegungskraft F_a mit dem Hebelarm h_S um die Kippkante K (Bild 3.11):

$$M_K = F_a \cdot h_S \quad (\text{Gl. 3.15})$$

Das **Standmoment** M_S entsteht aus der Drehwirkung der Gewichtskraft F_G mit dem Hebelarm b_S ebenfalls um die Kippkante K (Bild 3.11):



F_a	Bewegungskraft
F_G	Gewichtskraft
M_K	Kippmoment
M_S	Standmoment
b_S	horizontaler Schwerpunktabstand
h_S	Schwerpunkthöhe
m	Gewicht des Ladeguts
K	Kippkante
S	Schwerpunkt

Bild 3.11: Momente am Ladegut

$$M_S = F_G \cdot b_S \quad (\text{Gl. 3.16})$$

Der Drehsinn der beiden Momente M_K und M_S ist entgegengesetzt, sie heben sich folglich ganz oder teilweise auf.

Zur **Kippkante K** eines Ladeguts wird jene Seitenlinie seiner Standfläche, über die das Ladegut beim Einleiten von horizontalen Bewegungskräften kippt oder kippen würde (Bild 3.12). Bei horizontalen Kräften in unterschiedlichen Richtungen werden verschiedene Seitenlinien zur Kippkante. Maßgebend für die Berechnung von Ladungssicherungen gegen Kippen ist der jeweilige horizontale Abstand b_S von der Kippkante sowie die Höhe h_S des Schwerpunktes.

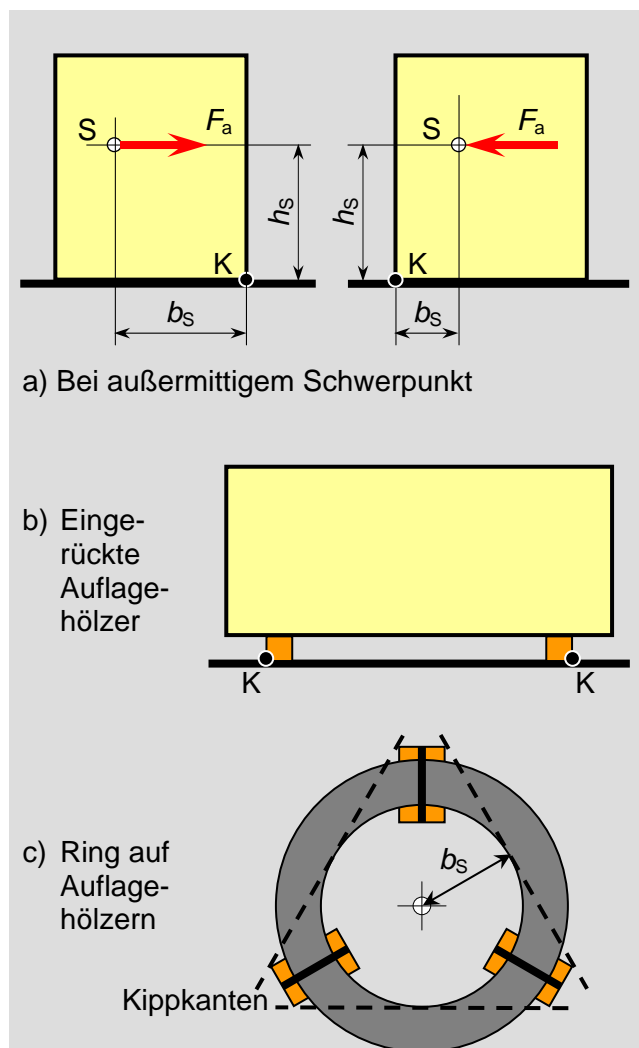
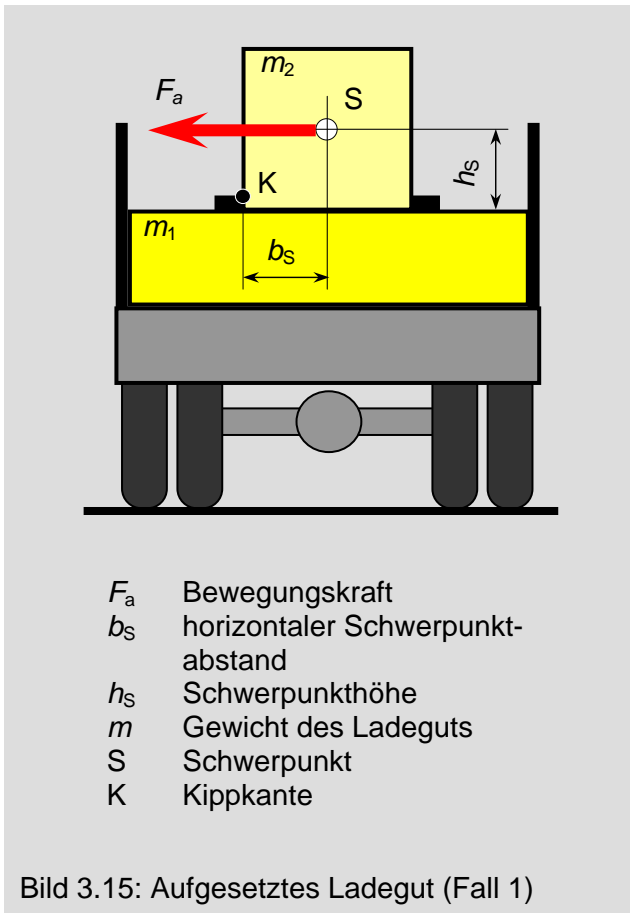


Bild 3.12: Lage der Kippkanten

Fall 1

Ein Ladegut m_2 steht – gegen Rutschen gesichert – auf einem augenscheinlich nicht kippgefährdeten Ladegut m_1 (Bild 3.15).



Das Ladegut m_2 verhält sich ebenso, als stünde es direkt auf der Ladefläche. Gemäß Abschn. 3.5.3 (Gl. 3.20) gilt:

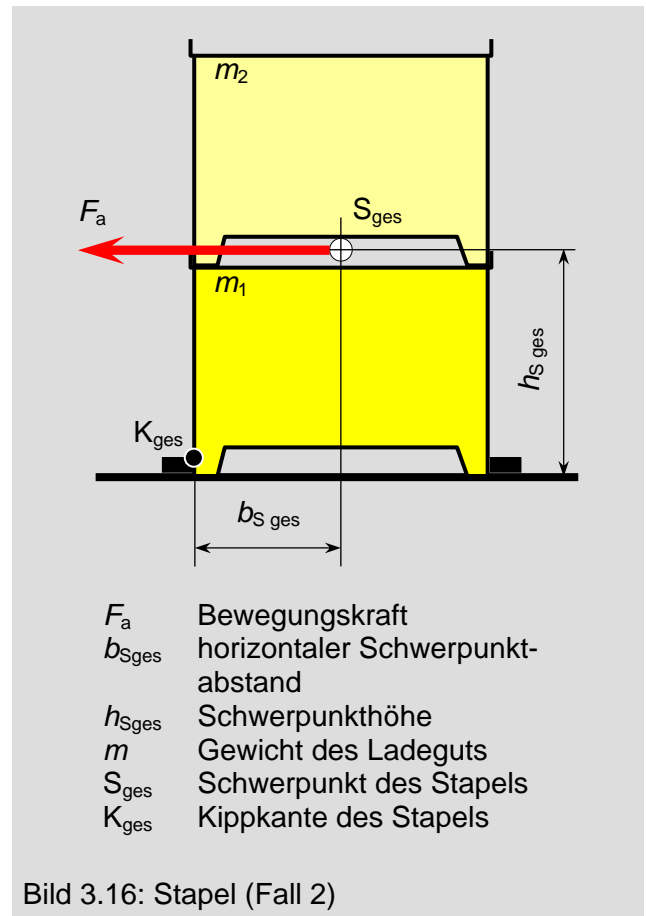
Das oben stehende Ladegut ist kippgefährdet, wenn

$$b_s/h_s < c.$$

Fall 2

Häufig werden gleichartige oder sehr ähnliche Ladegüter übereinander gestapelt, z. B. Kisten, palettierte oder paketierte Waren (Bild 3.16). Für einen solchen Stapel gilt:

Der Stapel kippt wie ein einziger Körper.



Der Stapel ist kippgefährdet, wenn

$$b_{S_{ges}}/h_{S_{ges}} < c.$$

Hierzu ermittelt man den gemeinsamen Schwerpunkt S_{ges} des Stapels wie in Abschn. 3.2.3 angegeben.

Für Stapel homogener Güter lässt sich eine einfache Aussage zur Kippgefährdung ableiten: Gegenüber dem 1-fachen Stapel (also der Aufstellung, siehe Abschn. 4.3.3) hat der 2-fache Stapel doppeltes Gewicht und doppelte Schwerpunkthöhe, also 4-faches Kippmoment; jedoch gleich bleibenden horizontalen Schwerpunktabstand, also nur doppeltes Standmoment. Die Kippgefährdung des 2-fachen Stapels ist daher doppelt so hoch wie die des 1-fachen Stapels. Oder allgemein (Tabelle 3.1):

Die Kippgefährdung eines homogenen Stapels wächst linear mit dem Stapelfaktor.

Stapelfaktor: Anzahl übereinander stehender Ladegüter (Tabelle 4.1).

Stapelhöhe: Senkrechtes Gesamtmaß übereinander gestellter Ladegüter (Bild 4.43). Sie ist ein wichtiges Kriterium für die Kippgefährdung eines Stapels (Abschn. 3.5.5).

4.3.4 Stauregeln

- Die Ladung ist so zu stauen und zu sichern, dass bei üblichen Verkehrsbedingungen die Gefährdung von Personen ausgeschlossen ist. [BGV D 29, § 37]
- Evtl. ist eine Reihenfolge der Be- und Entladung der Ladegüter vorgegeben und zu beachten.
- Nur unbeschädigte Versandstücke verladen.
- Ladegüter mit folgenden Eigenschaften dürfen nicht zusammen gestaut werden:
 - Stauberzeugende nicht zusammen mit staubempfindlichen Gütern,
 - flüssige nicht zusammen mit trockenen Gütern,
 - geruchserzeugende nicht zusammen mit geruchsempfindlichen Gütern,
- feuchtigkeitsabgebende nicht zusammen mit feuchtigkeitsempfindlichen Gütern,
- scharfkantige nicht zusammen mit weichen Gütern,
- bei Gefahrgütern Zusammenladeverbote beachten.
- Schwere Ladegüter nicht auf leichte Ladegüter stellen.
- Zulässiges Gesamtgewicht und Lastverteilungsplan des Fahrzeugs beachten.
- Formschlüssiges Ausfüllen der Ladefläche hat Vorrang vor dem Stapeln.
- Ladegüter müssen auch ohne Anschlagseile und angelegte Zurrmittel sicher stehen.
- Kippgefährdung insbesondere bei Gütern mit schmaler Standfläche und außermittigem Schwerpunkt beachten.
- Beladung von der vorderen Stirnwand her beginnen.
- Ladung ist so zu stauen, dass der Gesamtschwerpunkt der Ladung möglichst niedrig und über der Längsmittellinie des Fahrzeugs liegt.

Tabelle 4.1: Vertikale Stauweise und Stapelfaktor

Stapelbild				
Vertikale Stauweise	Aufstellung	Stapelung 2-fach	Stapelung 3-fach	Stapelung 4-fach
Stapelfaktor	1	2	3	4