

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und allgemeiner Überblick	1
1.1	Entwicklungsgeschichte	1
1.2	Begriffe und Bezeichnungen	2
1.2.1	Lagerung und Lager als Teil des Tragwerks	2
1.2.2	Abwälzen, Gleiten, Verformen	4
1.2.3	Lager, Gelenk, Pendel	6
1.2.4	Lagerbezeichnungen	7
1.3	Grundsätze zur Wahl der Lagerung	7
1.4	Auflagerbewegungen	9
1.4.1	Allgemeines	9
1.4.2	Verschiebungen infolge Temperatur	13
1.4.3	Verschiebungen infolge Vorspannen, Kriechen und Schwinden	14
1.4.4	Auflagerverschiebungen infolge äußerer Lasten	14
1.4.5	Auflagerdrehwinkel	15
1.5	Lagersymbole	17
1.6	Verdrehungswiderstand	17
1.6.1	Anfangsmoment	17
1.6.2	Rückstellmoment und Verdrehung	18
1.6.3	Weitere Abhängigkeiten	20
1.6.4	Einfluss der Horizontalkräfte	20
1.6.5	Auswirkung des Rückstellmomentes auf die Konstruktion	21
2	Bauwerk und Lagerungsplan	23
2.1	Allgemeines	23
2.2	Brücken	24
2.2.1	Einfluss der Brückenquerschnitte	24
2.2.2	Einfluss des Brückengrundrisses	27
2.2.2.1	Einfeldträger (orthogonal)	27
2.2.2.2	Einfeldträger (schief)	28
2.2.2.3	Zweifeldträger (orthogonal)	29
2.2.2.4	Zweifeldträger (schief)	30
2.2.2.5	Durchlaufträger (orthogonal)	30
2.2.2.6	Durchlaufträger (gekrümmt)	31
2.2.3	Lagerungsbeispiele	34
2.2.3.1	Einfeldträger (orthogonal)	34
2.2.3.2	Zweifeldträger (schief)	35
2.2.3.3	Durchlaufträger (orthogonal)	35
2.2.3.4	Durchlaufträger (gekrümmt)	36
2.2.4	Einfluss des Baugrundes	45
2.2.5	Von der Ausschreibung bis zum Einbau der Lager	46

3	Bauwerk und Lagerkräfte	49
3.1	Vom Gelenk zum Lager	49
3.2	Berechnung von Brücken	50
3.2.1	Allgemeines	50
3.2.2	Abtragung vertikaler Lasten	54
3.2.3	Abtragung horizontaler Lasten in Brückenlängsrichtung	56
3.2.4	Abtragung horizontaler Lasten in Brückenquerrichtung	58
3.2.5	Kräfte in Abhängigkeit von der Lagerart	59
3.2.6	Lagerbewegungen	61
3.2.7	Lagesicherheit	61
3.2.8	Sicherheitsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Lagereigenschaften	63
3.3	Einfluss der Lager auf die Stabilität der Bauwerke	67
3.3.1	Allgemeines	67
3.3.2	Rand- und Zwischenbedingungen für Lager	68
3.3.3	Knicklängen von Pfeilern	72
3.3.3.1	Allgemeines	72
3.3.3.2	Einzelpfeiler	73
3.3.3.3	Gerade Brücken mit beliebigen Pfeilern	73
3.3.3.4	Gerade Brücken mit nur zwei Pfeilertypen	76
3.3.3.5	Gerade Brücken mit Kipplagern	78
3.3.3.6	Gekrümmte Brücken	78
3.3.3.7	Elastische Einspannung, variable Biegesteifigkeit und Längskraft	79
3.3.4	Nachweis der Sicherheit am Gesamtsystem	80
3.4	Nachweis nach Theorie II. Ordnung	80
3.5	Schwingungsschutzmaßnahmen für Brücken	83
3.5.1	Dynamische Einwirkungen	83
3.5.1.1	Personeninduzierte Schwingungen	84
3.5.1.2	Dynamische Einwirkungen bei Erdbeben-Anregung	85
3.5.1.3	Windinduzierte Schwingungen	86
3.5.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Schwingungen	88
3.5.2.1	Schwingungsisolierung	89
3.5.2.2	Konstruktionselemente zur Schwingungsreduzierung	93
3.5.3	Projektbeispiel: Elastisches Lagerungssystem zum Schutz vor Schienenverkehrserschütterungen und Körperschall – Xizhimen Brücke, Peking, China	102
3.5.4	Projektbeispiel: Elastisches Lagerungssystem zum Schutz vor personeninduzierten Schwingungen – Südbrücke Oberhavel, Berlin, Deutschland	103
3.5.5	Projektbeispiel: Applikation diskreter Dämpfungselemente zum Erdbebenschutz – Flughafen-Brücke Sotchi, Russland	104
3.5.6	Projektbeispiel: Einbau von Tuned Mass Control Systemen zum Erdbebenschutz – Puente Oriente, Guadalajara, Mexiko	105

3.5.7	Projektbeispiel: Applikation von Schwingungstilgern zur Reduktion von wirbelinduzierten Schwingungen – Muiderbrug, Amsterdam, Holland	106
3.5.8	Projektbeispiel: Applikation von Schwingungstilgern zur Reduktion von fußgängerinduzierten Schwingungen – Millennium Bridge, London, Großbritannien	107
4	Lagerarten	109
4.1	Grundsätzliches	109
4.2	Werkstoffe – Allgemeine Konstruktions- und Bemessungsregeln	110
4.2.1	Werkstoffe	110
4.2.1.1	Stahlsorten für Bauteile	110
4.2.1.2	Verbindungsmittel für Schraubenverbindungen	111
4.2.1.3	Schweißen	114
4.2.2	Schnittgrößen und Freiheitsgrade	115
4.2.3	Bemessungsregeln	116
4.2.3.1	Lagerplatten	116
4.2.3.2	Schraubenverbindungen	116
4.2.3.3	Schweißverbindungen	119
4.2.3.4	Pressung in den Lagerfugen	120
4.2.3.5	Nachweis der Lagesicherheit	123
4.2.3.6	Konstruktive Hinweise zur Aufnahme der Horizontalkräfte in den Lagerfugen	124
4.2.3.7	Verankerung durch Kopfbolzendübel	126
4.2.3.8	Korrosionsschutz	128
4.3	Feste Lager	129
4.3.1	Allgemeines	129
4.3.2	Stahl-Punktkipplager	133
4.3.2.1	Werkstoffe und Konstruktion	133
4.3.2.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	135
4.3.3	Topflager	139
4.3.4	Kalottenlager	145
4.3.5	Feste Verformungslager	148
4.3.5.1	Vorbemerkung	148
4.3.5.2	Zapfenlager	148
4.3.5.3	Topf-Verformungslager	150
4.4	Gleitlager	152
4.4.1	Allgemeines	152
4.4.2	Gleitlagersystem	154
4.4.3	Bemessung der Lagerplatten	155
4.4.3.1	Gleitplatte und Gleitwerkstoffaufnahme	155
4.4.3.2	Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahme	158

4.4.4	Punktkippleitlager	161
4.4.4.1	Allgemeines	161
4.4.4.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	161
4.4.4.3	Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahme	162
4.4.4.4	Lastexzentritäten für den Nachweis der Beanspruchungen in der Gleitwerkstoff-Gleitfläche	164
4.4.5	Topfgleitlager	165
4.4.5.1	Allgemeines	165
4.4.5.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	166
4.4.5.3	Grundlagen zur Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahme	166
4.4.5.4	Lastexzentritäten für den Nachweis der Pressung in der Gleitwerkstoff-Gleitfläche	168
4.4.5.5	Lastexzentritäten für den Nachweis in der oberen und unteren Lagerfuge	169
4.4.6	Kalottenlager	169
4.4.6.1	Allgemeines	169
4.4.6.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	170
4.4.6.3	Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahmen	171
4.4.6.4	Lastexzentritäten für den Nachweis der Beanspruchungen in den Gleitwerkstoff-Gleitflächen	171
4.4.6.5	Lastexzentritäten für den Nachweis in der oberen und unteren Lagerfuge	172
4.4.6.6	Beanspruchung der Gleitwerkstoff-Führungsflächen	172
4.4.7	Verformungsgleitlager	172
4.4.7.1	Allgemeines	172
4.4.7.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	173
4.4.7.3	Grundlagen zur Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahme	174
4.4.7.4	Lastexzentritäten für den Nachweis der Pressung in der Gleitwerkstoff-Gleitfläche	176
4.4.7.5	Lastexzentritäten für den Nachweis in der oberen und unteren Lagerfuge	177
4.4.8	Elastomer-Gleitlager	177
4.4.8.1	Allgemeines	177
4.4.8.2	Konstruktions- und Bemessungsregeln	178
4.4.8.3	Bemessung der Gleitwerkstoffaufnahme	178
4.4.8.4	Lastexzentritäten für den Nachweis der Pressung in der Gleitwerkstoff-Gleitfläche	179
4.4.8.5	Lastexzentritäten für den Nachweis in der oberen und unteren Lagerfuge	179
4.5	Verformungslager	179
4.5.1	Aufbau und Herstellung	179
4.5.2	Physikalische Eigenschaften	180
4.5.2.1	Allgemeines	180
4.5.2.2	Gummielastizität	181
4.5.2.3	Schubmodul	183

4.5.2.4	Elastizitätsmodul und vertikale Verformung	186
4.5.2.5	Verdrehwiderstand	187
4.5.2.6	Mullins-Effekt	189
4.5.2.7	Stabilität	190
4.5.2.8	Thermische Eigenschaften	190
4.5.2.9	Kriechen und Relaxation	193
4.5.2.10	Haftreibung	194
4.5.3	Elastizitätstheoretische Spannungsermittlung	196
4.5.3.1	Allgemeines	196
4.5.3.2	Druckverformung	196
4.5.3.3	Auflagerverdrehung	199
4.5.3.4	Schubverformungen	201
4.5.3.5	Aufnahme der Schubspannungen – Beanspruchung der Bewehrung	202
4.5.4	Bemessung bewehrter Elastomerlager	203
5	Regelwerke/Normen	207
5.1	Allgemeine Situation	207
5.2	Die Europäische Lagernormreihe DIN EN 1337 – Lager im Bauwesen ...	208
5.2.1	DIN EN 1337-1: 2001-02 Lager im Bauwesen Teil 1: Allgemeine Regelungen	209
5.2.2	DIN EN 1337-2: 2004-07 Lager im Bauwesen Teil 2: Gleitteile	235
5.2.3	DIN EN 1337-3: 2005-07 Lager im Bauwesen Teil 3: Elastomerlager	255
5.2.4	DIN EN 1337-4: 2004-08 Lager im Bauwesen Teil 4: Rollenlager	280
5.2.5	DIN EN 1337-5: 2005-07 Lager im Bauwesen Teil 5: Topflager	282
5.2.6	DIN EN 1337-6: 2004-08 Lager im Bauwesen Teil 6: Kipplager	297
5.2.7	DIN EN 1337-7: 2004-08 Lager im Bauwesen Teil 7: Kalotten- und Zylinderlager mit PTFE	308
5.2.8	DIN EN 1337-8: 2008-01 Lager im Bauwesen Teil 8: Führungslager und Festhaltekonstruktionen	320
5.2.9	DIN EN 1337-9: 1998-04 Lager im Bauwesen Teil 9: Schutz	331
5.2.10	DIN EN 1337-10: 2003-11 Lager im Bauwesen Teil 10: Inspektion und Instandhaltung	335
5.2.11	DIN EN 1337-11: 1998-04 Lager im Bauwesen Teil 11: Transport, Zwischenlagerung und Einbau	349
5.3	Weitere Richtlinien	359
5.3.1	Allgemeines	359
5.3.2	Richtzeichnungen Lag	359
5.3.3	ZTV-ING	374

5.3.4	DIN-Fachbericht (FB) 101 Anhang O	374
5.3.5	Nationaler Anhang von DIN EN 1990:2010-12 Anhang NA.E Grundlegende Anforderungen an Lagersysteme von Brückentragwerken	374
6	Zulassungen	375
6.1	Einleitung	375
6.1.1	Vorgeschichte und derzeitige nationale Situation	375
6.1.2	Europäische Situation	376
6.1.3	Zulassungsbestand/Antragsteller	376
6.2	Ausstattungszulassungen	378
6.2.1	Vorbemerkung	378
6.2.2	Tabelle der Ausstattungszulassungen	380
6.2.3	Standardtext – Zulassungsgegenstand: Ausstattung von Brückenlagern, Besondere Bestimmungen	382
6.2.4	Anlagen	392
6.3	ETAs für Lager	399
6.3.1	Vorbemerkung	399
6.3.2	Übersicht	399
6.3.3	Standardtext	400
6.4	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ)	405
6.4.1	Vorbemerkung	405
6.4.2	Verformungsgleitlager – Besondere Bestimmungen (Auszug)	405
	Anlagen	420
6.4.3	Führungslager – Besondere Bestimmungen (Auszug)	424
	Anlagen	426
6.4.4	Topfgleitlager – Besondere Bestimmungen (Auszug)	429
	Anlagen	431
6.4.5	Kalotten- und Zylinderlager – Besondere Bestimmungen (Auszug)	435
	Anlagen	442
6.5	Schwingungsisolatoren	448
6.5.1	Vorbemerkung	448
6.5.2	Besondere Bestimmungen (Auszug ohne Anlagen 2 bis 8)	448
6.5.3	Anlagen	456
7	Wissenschaft und Forschung	459
7.1	Dissertationen	459
7.2	Forschungsberichte	482
7.2.1	Übersicht	482
7.2.2	Gleitlager	483
7.2.3	Elastomerlager	492
7.2.4	Lagerplatten	499

7.2.5	Reibung ohne Gleitwerkstoff	504
7.2.6	Bauteile und Bauwerke	508
7.2.7	Sonderfragen	514
7.3	Brückenlagertechnik in Deutschland / Die Geschichte einer technischen Revolution	522
7.3.1	Vorbemerkungen	522
7.3.2	Alte Technik	523
7.3.3	Elastomerlager	528
7.3.4	Vielrollenlager (Nadellager) und Kugellager	532
7.3.5	Topflager	533
7.3.6	Stahl-Beton-Lager	537
7.3.7	Ein-Rollen-Lager	539
7.3.8	Gleitlager	546
7.3.9	Kalottenlager	554
7.3.10	Verformungsgleitlager	557
7.3.11	Festhaltekonstruktionen	558
7.3.12	Die technischen Regeln (Normen und Zulassungen)	559
7.3.13	Zeittafel für die Geschichte	560
8	Literatur	563
8.1	Kurzkomentare zu einigen Veröffentlichungen	563
8.1.1	Allgemeines	563
8.1.2	Historisch interessantes Schrifttum	566
8.1.3	Versuchsberichte	568
8.1.4	Praktische Anwendungen	569
8.1.5	Berechnung, Statik	574
8.2	Zitierte Literaturstellen	579
9	Glossar	593
10	Stichwortverzeichnis	619