

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Federn und Federtechnik vom Altertum bis zur Neuzeit .....</b>	<b>3</b>
2.1	Federn und Federwerkstoffe im Altertum .....	3
2.1.1	Die Anfänge der Nutzung der Werkstoffelastizität .....	3
2.1.2	Erweiterungen des Federeinsatzes durch die Waffentechnik .....	3
2.2	Entwicklung der handwerklichen Federfertigung im Mittelalter....	5
2.2.1	Federanwendungen im Zeitraum des Mittelalters .....	5
2.2.2	Herstellung der Federn im Mittelalter .....	7
2.3	Entwicklungsgeschichte des Maschinenelements „Feder“ .....	8
2.3.1	Zum Begriff „Feder“ .....	8
2.3.2	Biegefedern .....	11
2.3.3	Verdrehfedern.....	11
2.3.4	Zug- und druckbeanspruchte Federn .....	12
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Federwerkstoffe und Halbzeugherstellung..</b>	<b>13</b>
3.1	Federwerkstoffe und die Entwicklung ihrer Herstellungstechniken .....	13
3.1.1	Überblick.....	13
3.1.2	Zur Entwicklung von Federstahl .....	13
3.1.2.1	Allgemeines.....	13
3.1.2.2	Patentierte Drähte .....	14
3.1.2.3	Vergütete Drähte .....	15
3.1.2.4	Federbänder .....	17
3.1.3	Entwicklung von Stählen für warmgeformte Federn.....	17
3.1.4	Entwicklung anderer Federwerkstoffe.....	23
3.2	Halbzeugherstellung für Federn .....	26
3.2.1	Entwicklung der Techniken zur Federdrahtherstellung.....	26
3.2.2	Entwicklung der Techniken zur Federbandherstellung .....	28
3.3	Wärmebehandlungsverfahren.....	29
3.3.1	Härt en und Anlassen härtbarer Stähle .....	29
3.3.2	Spannungsarmglühen (Anlassen) von Federn aus härtbaren Stahl- drähten .....	30
3.4	Verfahren zur Nachbehandlung der Federoberflächen.....	31
3.4.1	Kugelstrahlen .....	31

## VIII

3.4.2	Vorsetzen (Plastizierung).....	31
3.4.3	Korrosionsschutz kaltgeformter Federn.....	33
<b>4</b>	<b>Neuzeitliche Entwicklungen bei Federn und in der Federn-technik.....</b>	<b>35</b>
4.1	Federentwicklungen der Neuzeit .....	35
4.1.1	Biegebeanspruchte Federn (Biegefedern).....	35
4.1.1.1	Biegefedern aus Federband.....	35
4.1.1.2	Biegefedern aus Federdraht .....	36
4.1.1.3	Scheibenförmige Biegefedern (Tellerfedern) .....	37
4.1.1.4	Röhrs-Schraubentellerfeder .....	37
4.1.1.5	Biegefedern in Druckmessgeräten .....	38
4.1.2	Torsionsbeanspruchte Federn (Schraubenfedern).....	39
4.1.2.1	Allgemeines .....	39
4.1.2.2	Schraubendruckfedern .....	41
4.1.2.3	Schraubenzugfedern .....	42
4.1.2.4	Mehrdrahtschraubenfedern (Litzenfedern) .....	43
4.1.2.5	Drehstabfedern (Torsionsstabfedern).....	44
4.1.3	Zug- und druckbeanspruchte Feder (Ringfeder) .....	45
4.1.4	Fahrzeugfedern .....	45
4.1.4.1	Blattfedern .....	47
4.1.4.2	Schraubendruckfedern .....	51
4.1.4.3	Drehstabfedern .....	53
4.1.4.4	Stabilisatoren .....	55
4.1.4.5	Gummifedern .....	56
4.1.4.6	Gasfederungssysteme .....	57
4.1.4.7	Kunststofffedern .....	59
4.2	Verfahren und Einrichtungen für die Warmformgebung von Fahrzeugfedern.....	60
4.2.1	Vorfertigung .....	60
4.2.1.1	Blattfedernvorfertigung .....	60
4.2.1.2	Schraubenfedernvorfertigung .....	65
4.2.1.3	Drehstabfedern- und Stabilisatorenvorfertigung .....	68
4.2.2	Formgebung und Vergütung .....	68
4.2.2.1	Blattfedern .....	68
4.2.2.2	Schraubenfedern .....	73
4.2.2.3	Drehstabfedern und Stabilisatoren .....	80
4.2.3	Nachbehandlungen .....	80
4.2.3.1	Blattfedern .....	81
4.2.3.2	Schraubenfedern .....	85

4.2.3.3	Stabfederelemente .....	88
4.3	Maschinen und Einrichtungen für die Kaltformgebung .....	89
4.3.1	Maschinen für die Herstellung von Schraubenfedern.....	89
4.3.2	Maschinen für die Herstellung von Formfedern aus Draht und Band.....	92
4.4	Einrichtungen für Federprüfungen .....	93
<b>5</b>	<b>Die Entwicklung der Auslegungsrechnungen von Federn .....</b>	<b>95</b>
5.1	Die Elastizität der festen Stoffe.....	95
5.1.1	Werkstoffelastizität und Federfunktion .....	95
5.1.2	Zum Begriff der Elastizität fester Stoffe .....	95
5.2	Die Herausbildung der Elastizitätslehre .....	97
5.2.1	Anfänge der Elastizitätstheorie.....	97
5.2.2	Der weitere Ausbau der Elastizitätstheorie.....	98
5.3	Entwicklung von Theorie und Praxis der Festigkeitslehre .....	101
5.3.1	Auswirkungen des Bauwesens .....	101
5.3.2	Formulierung wesentlicher Grundsätze der Festigkeitslehre.....	103
5.3.3	Die Weiterentwicklung der Festigkeitslehre im 18. und 19. Jahrhundert .....	105
5.3.4	Die Frage nach den ertragbaren Werkstoffbeanspruchungen .....	109
5.4	Die Bach'sche Ära der Festigkeitslehre und der Maschinenelemente .....	111
5.4.1	Kennzeichnung der Technikentwicklung im 19. Jahrhundert ...	111
5.4.2	Maschinenlehre und Konstruktionstechnik .....	114
5.5	Zur Entwicklung der Federberechnung .....	122
5.5.1	Das Anliegen einer Federberechnung.....	122
5.5.2	Vorgeschichte und die Ansätze von <i>Reuleaux</i> 1857.....	123
5.5.3	Die Arbeiten von <i>Grashof</i> und <i>Bach</i> .....	126
5.5.4	Weiterentwicklung der Federberechnungen 1888 durch <i>Castiglano</i> .....	127
5.5.5	Von <i>Castiglano</i> bis <i>Gerolsky</i> – Publikationen zu Federproblemen (1888 – 1918) .....	129
5.5.6	Neue Federarten, ihre Berechnung und die Weiterentwicklung der Berechnung von Schraubenfedern Anfang des 20. Jahrhunderts .....	134
5.5.7	Beiträge von <i>Gross</i> und <i>Lehr</i> zur Federberechnung Mitte des 20. Jahrhunderts .....	138
5.5.8	Normen zur Berechnung von Federn.....	140
5.6	Die Entwicklung der Auslegungsrechnungen für Federn in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts bis zur Gegenwart .....	143

5.6.1	Einzelfederberechnungen .....	143
5.6.2	Schwingungsverhalten und Dauerschwingfestigkeit .....	145
5.6.3	Rechnerunterstützter Federentwurf (Rechnereinsatz in der Federtechnik) .....	148
5.7	Zusammenfassung .....	149
<b>6</b>	<b>Die Entwicklung der deutschen Normung für Federn .....</b>	<b>155</b>
6.1	Anfänge der deutschen Normung .....	155
6.1.1	Vorstufen .....	155
6.1.2	Die Gründung des Deutschen Normenausschusses .....	157
6.2	Der Arbeitsausschuss Federn .....	159
6.2.1	Gründung des Arbeitsausschusses Federn (AF) .....	159
6.2.2	Arbeitsprogramm des Arbeitsausschusses Federn .....	159
6.3	Ergebnisse der Normungsarbeit auf dem Gebiet der Federn .....	161
6.3.1	Die ersten Normen über Federn .....	161
6.3.2	Normen zu Federwerkstoffen und Halbzeugen .....	165
6.3.3	Normen für Blattfedern und Zubehör .....	165
6.4	Die deutsche Normungsarbeit in der Mitte des 20. Jahrhunderts .....	168
6.5	Europäische und internationale Normungsarbeit im VDFI .....	185
6.6	Technische Güte- und Lieferbedingungen (TGL) – DDR-Standards .....	189
6.7	Die Vorsitzenden (Obmänner) des Arbeitsausschusses Federn .....	194
6.8	Ausblick .....	195
6.8.1	Nutzen der Normung .....	195
6.8.2	Normung im Wandel .....	198
<b>7</b>	<b>Die Entwicklung der deutschen Federnindustrie .....</b>	<b>201</b>
7.1	Überblick .....	201
7.2	Die handwerklichen Quellen der Federherstellung .....	201
7.2.1	Das Schmiedehandwerk .....	201
7.2.2	Das Schlosserhandwerk und andere metallverarbeitenden Handwerke .....	202
7.2.3	Das Uhrmacherhandwerk .....	203
7.3	Ausgewählte Firmenchroniken als Beispiele für die Entwicklung der deutschen Federnindustrie .....	206
7.3.1	Metallerschmelzung und Schmiede .....	206
7.3.1.1	Brüninghaus in Verdohl .....	206
7.3.1.2	J. P. Gruuber in Hagen .....	207
7.3.1.3	Hoesch-Federn in Hagen .....	209

7.2.3	Drahtzieher und Drahtverarbeitung.....	211
7.3.2.1	Ahle Federn in Karlsthal.....	211
7.3.2.2	Scherdel GmbH in Marktredwitz.....	212
7.3.2.3	WAFIOS AG in Reutlingen.....	213
7.3.3	Schlosser und Maschinenbau.....	214
7.3.3.1	Johann Vitz GmbH & Co. KG in Velbert.....	214
7.3.3.2	Dr. Werner Röhrs KG in Sonthofen.....	214
7.3.4	Uhren- und Feinwerktechnik .....	216
7.3.4.1	Hugo Kern und Liebers GmbH & Co. KG in Schramberg .....	216
7.3.4.2	Gebr. Schmidt GmbH in Wuppertal.....	217
7.3.4.3	Federnfabrik Dietz GmbH in Neustadt .....	218
7.4	Verband der deutschen Federnindustrie (VDFI).....	219
7.5	Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Metallfedern und der Federntechnik.....	222
7.6	Zusammenfassung.....	233
<b>8</b>	<b>Literatur und wichtige Patente .....</b>	<b>235</b>
8.1	Literatur .....	235
8.2	Patente .....	262
8.3	Bildquellen .....	263
<b>Personenverzeichnis.....</b>	<b>265</b>	