

Inhalt

Vorwort	XIX	der frühen Jahre und ihre spätere Bedeutung als Kraftstoff	14
Zur Einführung	XX	2. Die frühen Maschinenöle – Vorerfahrungen und Produkte	14
1. Kapitel: VON DEN ANFÄNGEN BIS ZUM ENDE DES 19. JAHRHUNDERTS		2.1 Die natürlichen Öle und ihre Bedeutung als Schmiermittel	15
<u>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt</u>	1	2.2 Die mineralischen Öle – Anfänge als Schmierstoffe	16
1. Die politische und wirtschaftliche Situation in Deutschland – Allgemeiner Überblick	1	2.3 Ölimporte und Verarbeitung zu Schmierölen in Deutschland	16
2. Die Situation in der Luftfahrt in Deutschland und erster Einsatz von Betriebsstoffen	1	2.4 Schmierölfabriken in Deutschland 1860–1900	16
2.1 Erste Luftschiffe mit Motoren mit interner Verbrennung	1	2.5 Die Herstellung der Motorenöle in Deutschland	17
Weltweit erster Aufstieg eines Luftschiffs mit einem Benzinmotor	2	2.6 Eigenschaften und Kennzahlen der frühen Motoröle	17
2.2 Anfänge bei den Motoren mit Benzin als Kraftstoff	3	3. Qualitätssicherung von Betriebsstoffen – Voraussetzungen und erste Anfänge eines Prüfwesens	17
Die Anfänge von Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach	4	3.1 Vorarbeiten zu Prüfmethoden	18
Karl Benz in Mannheim – zweiter Schöpfer von Benzinmotoren	5	3.2 Erste Prüfmethoden zur Qualitätskontrolle von Mineralölprodukten	18
Rudolf Diesel und der Hochdruck-Verbrennungsmotor	5	Die Entflammbarkeit	18
		Die Dichte und das spezifische Gewicht	19
		Die Zähigkeit oder Viskosität von Ölen	21
		Die Messung des Kälteverhaltens	21
<u>Betriebsstoffe für Motoren mit interner Verbrennung</u>	6	3.3 Der Verband für Materialprüfungen in der Technik und seine Bedeutung für das Mineralölgebiet	22
1. Die Anfangsjahre bis 1900	6	Eine erste deutsche Prüfvorschrift für Maschinenöle	22
1.1 Die Ausgangsstoffe Erdöl und Kohle	6	4. Betriebsstoff-Forschung und Analytik – die Anfänge	22
1.2 Erste »Kraftstoffe« aus Kohle und Mineralöl	7	4.1 Carl Engler und die Mineralölforschung an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe	22
1.3 Vorerfahrungen mit »Kohlebenzin«	7	4.2 David Holde und die Ölanalytik	23
1.4 Die »Petroleum-Benzine«	8	<u>Die Mineralöl-Logistik in Deutschland in Deutschland – Anfänge und Jahre großer Innovationen</u>	24
1.5 Zu den Begriffen »Benzin« und »Naphta«	8	1. Der Übersee-Mineralöltransport	25
1.6 Herkunft der Rohöle – ihre Bedeutung für Aufbau und chemische Strukturen von Benzin	9	1.1 Der Übergang vom Fass- zum Vumentransport – der Beginn der Tankschiffahrt	25
1.7 Frühe Rohöl-Verarbeitung und Benzinfabriken in Deutschland	12		
1.8 Herstellung von Benzin aus Erdöl – erste Anlagen und Entwicklung bis zur Jahrhundertwende	13		
1.9 Die Petroleumfraktion als Hauptprodukt			

V

2. Löschen und Lagern der Mineralölprodukte – Probleme und Anfangsjahre an der Unterweser	26
2.1 Hamburg wird zum Hauptmineralölhafen in Deutschland	27
2.2 Mannheim als süddeutsches Zentrum für Mineralölhandel	28
2.3 Eine erste Konzentration der Mineralöl-Logistik	28
3. Mineralöl-Transport ins Binnenland	29
3.1 Der Wasserweg – vom Fasztransport zum Flusstanker	29
3.2 Der Beginn des Mineralöl-Transports auf der Schiene – vom Fass zum Kesselwagen	29
4. Mineralölverteilung zum Einzelhandel und den Betrieben	30
5. Der Vertrieb von Mineralölprodukten ab 1870	30
Literatur	31

2. Kapitel: DIE ZEIT VON 1900 BIS ZUM ERSTEN WELTKRIEG

Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt

1. Allgemeiner Überblick – Politische und wirtschaftliche Situation	33
2. Die Situation in der Luftfahrt in Deutschland	33
2.1 Weiterentwicklung und Einsatz von Luftschiffen	34
Die Luftschiffe des Grafen Zeppelin	34
Schütte-Lanz-Luftschiffe	34
Die Luftschiffe August von Parzevals	35
Luftschiffe Groß-Basenach	35
2.2 Die »DELAG« – die erste Luftverkehrs-gesellschaft der Welt	35
2.3 Die Pionierjahre und erste Erfolge deutscher Flugzeuge	36
2.4 Motoren für die Luftfahrt in Deutschland	37
Fortschritte bei den Luftschiffmotoren und deren Kraftstoffeinsatz	37
Flugmotoren bis zum Ersten Weltkrieg	38
Entwicklungen bei den Flugmotoren	38
Der 1. Deutsche Kaiser-Preis-Wettbewerb und die Jahre bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges	39
Weitere Preisträger und deren Einsatz in 1913/14	40

Diskussionen zu Verbesserungen und Verbräuchen	41
Zuverlässigkeit von Flugmotoren – ein wichtiges Kriterium	41
2.5 Luftfahrtaktivitäten im militärischen Bereich	41
<u>Die Betriebsstoffe – Situation und Fortschritte bis zum Ersten Weltkrieg</u>	42
1. Die Kraftstoffe – ihre Bedeutung für die Luftfahrt	42
1.1 Kraftstoffe auf Mineralölbasis	42
Erste Namen und Reklamen für Kraftstoffe	44
Benzinherstellung in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg	44
1.2 Erste Kraftstoffe auf Basis von Kohle	45
Benzol als möglicher Kraftstoff	46
Gewinnung, Verarbeitung und Vertrieb von Benzol	46
Das »Motorenbenzol« – Eigenschaften, Zusammensetzung und erste Anforderungen	47
Kraftstoffe durch Hydrierung von Kohle – erste Anfänge durch Friedrich Bergius	47
1.3 Alkohol als Kraftstoff – Die Anfänge	48
1.4 Kraftstoffaspekte im militärischen Bereich in Deutschland bis zum Ersten Weltkrieg	48
Erste militärische Qualitätsanforderungen an Kraftstoffe	48
Überlegungen, weitere Substanzen als Kraftstoffe einzusetzen	49
1.5 Verunreinigungen in Flugkraftstoffen und seine Folgen	49
2. Motorenöle in der deutschen Luftfahrt 1900 – 1914	49
2.1 Motorenöle auf Mineralölbasis	51
2.2 Das Rizinusöl und seine Bedeutung in der Luftfahrt	52
2.3 Eigenschaften und erste Anforderungen an Flugmotorenöle	52
3. Forschung und Entwicklung bei Luftfahrt-Betriebsstoffen	53
3.1 Forschungsarbeiten bei der Industrie	53
3.2 Forschungsarbeiten an den Technischen Hochschulen	53
Leo Ubbelohde und die moderne Mineralöl-wissenschaft	54
3.3 Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt – Gründung und erste Arbeiten	54

4. Prüfwesen und Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen

Die Mineralöl- und Betriebsstoff-Logistik

1. Der Übersee-Transport – Ausweitung und Technik	57
Erster Einsatz von Dieselmotoren für Übersee-Tankschiffe	57
2. Löschen und Lagern in Häfen und im Binnenland	57
2.1 Innovatives Löschen und Lagern in den deutschen Überseehäfen	58
3. Entwicklung des Binnen-Tankschiffahrt im Reichsgebiet	58
3.1 Die Binnen-Tankschiffahrt im Reichsgebiet bis 1914	58
3.2 Der Mineralöl- und Benzintransport auf der Schiene	59
3.3 Der Straßentransport von Mineralölprodukten	60
4. Bevorratung und Versorgung im militärischen Bereich	61
Literatur	62

3. Kapitel: DIE ZEIT DES ERSTEN WELT-KRIEGES 1914–1918

Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt

1. Allgemeiner Überblick – Die politische und militärische Situation	63
2. Die deutsche Luftfahrt während des Ersten Weltkrieges	64
2.1 Der militärische Bereich	64
Luftschiffe – Aufgaben und technische Veränderungen	64
Flugzeuge und deren Entwicklung	65
Motoren für Luftschiffe und Flugzeuge und deren Entwicklung	68
2.2 Der zivile Luftfahrtbereich	68

Die Flugbetriebsstoffe in Deutschland in den Kriegsjahren

Allgemeiner Überblick	69
1. Die Kraftstoffe für die Luftfahrt – Produkte und Anforderungen	70

1.1 Die Situation vom Beginn des Krieges bis Anfang 1917	70
Benzol als möglicher Flugkraftstoff	71
1.2 Die Kraftstoffsituation ab April 1917 bis Anfang 1918	71
1.3 Die Situation von Anfang 1918 bis zum Kriegsende	72
1.4 Qualitätsanforderungen und -sicherung bei Kraftstoffen	73
1.5 Weitere Arbeiten an synthetischen Kraftstoffen für die Luftfahrt	73
Eine erste technische Hydrieranlage	73
Der erste synthetische Flugkraftstoff durch Kohlehydrierung	74
1.6 Kraftstoffe und motorisches Klopfen – Die Anfänge	75
2. Die Öle für Flugmotoren im Kriege	75
2.1 Die Lage in den ersten Kriegsjahren	75
2.2 Die Lage bei den Flugmotorenölen ab 1917	76
2.3 Militärische Anforderungen an Flugmotorenöle	76
2.4 Situation und Veränderungen bei den Ölen für Umlaufflugmotoren	77
2.5 Engpass und Ersatz durch »Volltolöle«	77
3. Qualitätssicherung und Kontrolle bei Flugbetriebsstoffen	78
3.1 Situation bei den Prüfvorschriften für Kraftstoff	78
3.2 Prüfvorschriften für Flugmotorenöle	78
4. Forschung, Entwicklung und Erprobung von Betriebsstoffen für die Fliegertruppe während des Krieges – Allgemeiner Überblick	78
4.1 Arbeiten bei den Mineralölfirmen und Benzinfabriken	78
4.2 Arbeiten an Technischen Hochschulen und der Materialprüfanstalt in Berlin	79
4.3 Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt und die dort eingerichteten militärischen Stellen	79
4.4 Letzte Arbeiten und Auflösung der Flugzeugmeisterei	80
<u>Die Mineralöllogistik in der Zeit des Ersten Weltkrieges</u>	80
Allgemeiner Überblick	
1. Logistische Planung und Organisation für die Fliegertruppe	80
1.1 Flugzeugmeisterei und die MAK 8	81

2. Der Transport von Mineralöl und Produkten	82
2.1 Blockade des Überseetransports und deren Folgen	82
2.2 Flusstransport von Mineralöl und deren Produkten	82
2.3 Transport von Mineralöl und Betriebsstoffen auf der Schiene	82
2.4 Transport von Mineralölprodukten auf der Straße	83
3. Die Bevorratung und Tanklager	83
<u>Schlussbetrachtung zum Ersten Weltkrieg. Situation bei den Flugzeugen und Betriebsstoffen</u>	85
Literatur	
 4. Kapitel: DIE JAHRE DER WEIMARER REPUBLIK 1919–1933	
<u>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt</u>	87
1. Allgemeiner Überblick	87
2. Situation und Veränderungen in der deutschen Luftfahrt	87
2.1 Der militärische Bereich der deutschen Luftfahrt – Ende und geheimer Neuanfang	87
Erste Organisation einer neuen Fliegertruppe	88
Die geheime Ausbildung	89
2.2 Die Zivilluftfahrt – Beginn und erste Erfolge	89
Aufbau einer ersten staatlichen Organisation	90
Bildung eines Reichsausschusses für die Luftfahrt	90
Die IATA – erste internationale Luftverkehrsorganisation	90
Beginn und erste Erfolge des deutschen Luftverkehrs	90
Die »Einheitsgesellschaft« Deutsche Luft	
Hansa – Gründung und erste Erfolge	92
Kosten	92
Wiederaufnahme und erneut erfolgreicher Luftschiffverkehr	93
Motorflugsport – Neubeginn und erste Höhepunkte	93
2.3 Die deutsche Luftfahrtindustrie – Der Neuanfang	94
Flugzeuge für Verkehr und Sport	94
Luftschiffe – Bau für den Überseeverkehr	97
Motoren für die Luftfahrt mit Benzin als Kraftstoff	98

Dieselmotoren und ihre Bedeutung für die Luftfahrt	99
Erster Einsatz von Dieselflugmotoren zur Kraftstoffeinsparung bei der Luft Hansa	99
<u>Die Betriebsstoffe in der deutschen Luftfahrt 1919–1933</u>	100
1. Die Kraftstoffe – Produkte und Anforderungen	100
1.1 Kraftstoffe auf Mineralölbasis	101
Flugbenzin	101
Gasöl – Kraftstoff für Dieselflugmotoren	101
1.2 Kraftstoffe aus Kohle – Benzol erneut bedeutsam	101
1.3 Gemische, die bevorzugten Flugkraftstoff dieser Jahre	102
1.4 Synthetische Kraftstoffe – weitere erfolgreiche Arbeiten	103
Die Kohlehydrierung – von Bergius zum IG-Verfahren und in die Großtechnik	104
Benzin durch Totalsynthese nach »Fischer und Tropsch«	107
1.5 Anforderungen an Flugkraftstoffe – Erste Richtlinien und Vorschriften für die Verkehrsluftfahrt in Deutschland	108
Wirtschaftliche Forderungen	108
Erste technische Anforderungen für die Verkehrsluftfahrt	108
IATA und die Anforderungen an Flugkraftstoffe	110
1.6 Kraftstoffe und motorisches Klopfen – Erste Testmethoden und Antiklopfmittel	112
Ricardo – ein erster Prüfmotor und der Toluolwert	112
Anfänge zum Klopfverhalten von Kraftstoffen in den USA – Die Oktanzahlmethode und der CFR-Motor	113
Vorarbeiten und Anfänge in Deutschland	114
Erste Arbeiten zu Antiklopfmitteln in den USA und das Bleitetraäthyl	114
Erster Einsatz von Bleitetraäthyl in der Luftfahrt in Deutschland	115
2. Die Motorenöle in der deutschen Luftfahrt	115
2.1 Motorenöle auf Mineralölbasis	115
2.2 Motorenöle auf nativer Basis	116
Rizinusöl und deren Gemische weiterhin im Einsatz	116
Flugmotorenöle nach dem Voltol-Verfahren	116

2.3 Motorenöle auf Synthesebasis – die Anfänge in Ludwigshafen bei der BASF	117
2.4 Richtlinien und Anforderungen an Flugmotorenöle	117

3. Hydraulikflüssigkeiten in der deutschen Luftfahrt – die Anfänge 117

4. Weitere Arbeiten an Prüfverfahren zur Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen in der Luftfahrt 118

4.1 Arbeiten an Prüfmethoden für Flugkraftstoffen	118
4.2 Arbeiten an Prüfmethoden für Flugmotorenöle	118

5. Die Betriebsstoff-Forschung in Deutschland – der Neubeginn 119

5.1 Betriebsstoff-Forschung bei der Industrie	119
5.2 Forschung an den Technischen Hochschulen	119
5.3 Arbeiten bei der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft	120
5.4 Die Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt	120
Neuanfang und Organisation	120
Erste Betriebsstoffarbeiten bei der DVL nach dem Kriege	120

Betriebsstoff-Logistik in der Luftfahrt in Deutschland in den Jahren der Weimarer Republik 122

1. Der Transport 122

1.1 Der Überseetransport	122
1.2 Binnentankschiffahrt	122
1.3 Transport auf der Schiene	123
1.4 Transport auf der Strasse	124

2. Die Bevorratung 124

2.1 Großtanklager	124
2.2 Tanklager auf Flugplätzen	125

3. Die Flugzeugbetankung 126

3.1 Betankung auf Flugplätzen	126
3.2 Weltweit erste Betankung in der Luft	128

Literatur	129
-----------	-----

5. Kapitel: DAS 3. REICH – DIE FRIEDENS-JAHRE 1933–1939

Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt in Deutschland 131

1. Allgemeiner Überblick: Die neue Situation in Politik, Wirtschaft und Industrie 131

2. Die deutsche Luftfahrt – Situation, Veränderungen und Betriebsstoffaspekte 132

2.1 Hermann Göring und das neue Ministerium für die Luftfahrt 132

Das technische Amt des RLM und die Betriebsstoffe	134
---------------------------------------------------	-----

2.2 Der zivile Bereich – die Entwicklung in den Friedensjahren 135

Die kommerzielle Luftfahrt – Neues Fluggerät und Arbeiten zur Betriebsstoff einsparung	135
Die kommerzielle Luftschiffahrt – Eine letzte kurze Blüte	137
Der deutsche Flugsport – Weiterer Aufbau und Erfolge	138

2.3 Der militärische Bereich – »Enttarnung« und forcierter Ausbau 138

2.4 Die deutsche Luftfahrt-Industrie 1933–1939 138

Flugzeuge für den zivilen Bereich	138
Der Verkehrssektor	139
Flugzeuge für den Luftsport	139
Flugzeuge für den militärischen Einsatz	140
Neue Entwicklungen mit Kolbentriebwerken	140
Erste Flugzeuge mit innovativen Antrieben	141
Erstes Flugzeug mit Turbinenluftstrahltriebwerk	142
Erste Flugversuche mit Raketenantrieb	142

2.5 Die Motoren-Industrie 142

Weiterentwicklung von Otto- und Dieselflugmotoren	142
Entwicklung der Gasturbine als Flugantrieb	144
Raketen als Flugzeugantrieb und Starthilfen	144
Entwicklung von Starthilferaketen für Flugzeuge	145

2.6 Hydrauliksysteme in Flugzeugen 145

Die Betriebsstoffe in der deutschen Luftfahrt

1. Die Flugkraftstoffe – Gesamtsituation und Forderungen von Politik und Militär 146

Der Vierjahresplan und die Flugbetriebsstoffe 147

1.1 Kraftstoffe für Kolbenflugmotoren mit Fremdzündung 150

Iso-Oktan – Fliegergrundbenzine für Otto-Flugmotoren	150
Iso-Oktan – Die Produkte auf Mineralölbasis	151
Benzin-Benzolgemische und Benzin mit TEL-Zusatz	151
Neue Verfahren und Produktion	151
Die Kohlehydrierung und deren weiterer Ausbau	151

Der »Benzinvertrag« mit der I.G. Farbenwerke AG	152	5.1 Staatliche Neuordnung der Luftfahrtforschung durch das RLM	170
Ausbau der Leunawerke und der Flugbenzinvertrag	152	Neue Standesorganisationen in der Luftfahrt	170
Bau weiterer Hydrierwerke auf Basis von Braunkohle	153	Die Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen (ZWB)	170
Erste Hydrierung der Steinkohle zu Fliegergrundbenzin	153	5.2 Betriebsstoff-Forschung in Einrichtungen des Staates	171
Die Hydrierung von Rückstands-/Teerölen	154	Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt und ihre Betriebsstoffaktivitäten	171
Kraftstoffe durch Vollsynthese nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren	156	Schaffung eines ersten Institutes für Betriebsstoff-Forschung	172
1.2 Kraftstoffe für Dieselflugmotoren	157	Gründung der DFL und Aufbau von Arbeitsgebieten auf dem Raketensektor	174
Produkte auf Mineralölbasis	157	Die Abteilung für Sonderaufgaben und die Raketenantriebe	174
Syntheseprodukte gewinnen an Bedeutung	157	Die Abteilung Chemie und Gestaltung im Institut für Motorenforschung der DFL	174
1.3 Erste Hochleistungskraftstoffe für Flugmotoren in den USA und Anfänge in Deutschland	157	Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung	175
Die »Bleiempfindlichkeit« der Kraftstoffe	160	Forschungsarbeiten in den Hochschulinstituten	175
Bleitetraäthyl – der Produktionsprozess	160	5.3 Betriebsstoff-Forschung – der Industriebereich	176
Erste deutsche Produktionen von Bleitetraäthyl	160	Arbeiten an Flugbetriebsstoffen bei der Mineralöl-Industrie	176
2. Die Flugmotorenöle – Stand und weitere Entwicklung	162	Arbeiten bei der chemischen Industrie	177
2.1 Produkte auf Mineralölbasis	162	Forschung und Entwicklung bei I.G. Farben	177
2.2 Produkte und Verfahren auf Synthesebasis	163	Forschungsarbeiten an synthetischen Ölen bei den I.G. Farbenwerken AG	177
Die Äthylenöle	163	Forschungsarbeiten an synthetischen Ölen auf Esterbasis	179
Öle auf Basis von technischen Olefinen	164	Bereich »Technischer Prüfstand« bei der I.G. Farben in Oppau	179
Verfahren der I.G. Farben und der Ruhrchemie	164	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an synthetischen Ölen bei der Ruhr-Chemie AG in Oberhausen-Holten	180
Öle auf Basis von Estern	165	5.4 Erprobung von Betriebsstoffen für die Luftfahrt	180
3. Hydraulikflüssigkeiten in der deutschen Luftfahrt	165	Betriebsstoff-Erprobung im zivilen Bereich	180
3.1 Firmen, Produkte, Herstellung	165	Erprobungsstellen und Erprobung bei der Luftwaffe	181
3.2 Einsatz in Flugzeugtypen	166	Die Erprobungsstelle Rechlin	181
3.3 Sortenbereinigung und Eigenschaften	166	Die Erprobungsstelle Travemünde	181
4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen für die Luftfahrt	166	Die Versuchs- und Erprobungsstellen der Luftwaffe bei Neuhardenberg und in Peenemünde	181
4.1 Allgemeiner Überblick und Veränderung in den Zuständigkeiten	166	<u>Die Betriebsstoff-Logistik der deutschen Luftfahrt 1933–1939</u>	182
4.2 Prüfvorschriften für Betriebsstoffe ab 1934	166	Allgemeiner Überblick	182
4.3 Anforderungen und deren Vorschriften	167	Die veränderte Situation in den 30er Jahren	182
Erste Internationalisierung von Vorschriften im zivilen Bereich	167	Import und Logistik in den Anfangsjahren des 3. Reiches	182
Erste Vorschriften des RLM als technische Lieferbedingungen für die Luftwaffe	169		
4.4 Durchführung der Kontrollen zur Qualitätssicherung	169		
5. Forschung, Entwicklung und Erprobung von Betriebsstoffen für die Luftfahrt	169		

Import und Transport über die Meere	182	2.1 Der militärische Bereich	201
Der Import auf der Donau aus Osteuropa	183	2.2 Der zivile Bereich	202
1. Betriebsstoff-Logistik und Versorgung des zivilen Bereiches	183	2.3 Die deutsche Luftfahrtindustrie während des Krieges	204
1.1 Logistik und Tanklager im zivilen Bereich	183	Flugzeuge mit Kolbenantrieben	204
Der Flusstransport von Betriebsstoffen	183	Großflugzeuge für die Luftwaffe	205
Der Transport auf der Schiene	183	Erste Flugzeuge mit Strahltriebwerken	205
Der Transport auf der Strasse	184	Das erste Jagdflugzeug mit Raketenantrieb	206
Die Tanklager	185	Ein erstes unbemanntes Fluggerät	206
1.2 Die Betriebsstoffversorgung	185	2.4 Flugtriebwerksentwicklung während des Krieges	207
Die Verkehrsflugfahrt	185	Weiterentwicklung von Kolbenantrieben	207
Versorgung der Luftfahrtindustrie	186	Entwicklung und Bau von Turbinenstrahltriebwerken	208
2. Übergang der Betriebsstoffversorgung und Bevorratung in den militärischen Bereich – Gründung der Wirtschaftlichen Forschungsgesellschaft	186	Weiterentwicklung und Einsatz von Raketenantrieben	208
Die »WIFO« – Aufgaben und Organisation	186	<u>Die Betriebsstoffe in der deutschen Luftfahrt</u>	209
2.1 Tanklagerbau und -betrieb	186	1. Kraft- und Treibstoffe für Flugmotoren	210
Tanklager und deren Bau	188	1.1 Flugkraftstoffe für Kolbenantriebe	210
Das Untertagebau-Tanklager	188	Flugkraftstoffe und deren Verbrauch bei der Deutschen Luft Hansa während des Krieges	210
Erste unterirdische Flächentanklager in Einzelbauweise	189	Flugkraftstoffe und deren Bedarf bei der deutschen Luftwaffe	211
Erste Flächentanklager in Blockbauweise	191	Flugkraftstoffe auf Mineralölbasis – Situation und Veränderungen im Laufe des Krieges	212
Größtes unterirdisches Tanklager in Bremen-Farge gebaut	191	Produktion und Nutzung von Benzol als Kraftstoffkomponente	212
Das Großlager für Öle und Kraftstoffe im Kohnstein	192	Flugkraftstoff auf Synthesebasis – Ausbau der Industrie unter politischer und wehrwirtschaftlicher Einflussnahme	212
2.2 Aufbau des Transportwesens der WIFO	193	Die Kohlehydrierung – weiterer Ausbau und Einflussnahmen	213
Der Schienentransport	193	Kraftstoffproduktion nach Fischer-Tropsch während des Krieges	214
Der Schiffstransport im Binnenland	193	Die Hochleistungsflugkraftstoffe während des Krieges	214
3. Logistik und Versorgung der deutschen Luftwaffe	193	Iso-Oktane aus Abgasen der Hydrierwerke	215
3.1 Die Tanklager der Luftwaffe	193	Anlagen aus Abgasen von Kokereien	215
Tanklager auf Flugplätzen der Luftwaffe	195	Hochoktanige Benzine nach dem Alkylat-Verfahren	215
3.2 Das Betriebsstofftransportwesen der Luftwaffe	196	Die Aromatenkomponente für den Hochleistungsflugkraftstoff – Die HF- und DHD-Verfahren	216
Der Transport auf der Schiene: Die Ölvereine	196	1.2 Kraftstoffe für Dieselflugmotoren im Krieg	217
Tankkraftfahrzeuge der Luftwaffe	198	1.3 Treibstoffe/Brennstoffe für Turbinenluftstrahlantriebe	217
Literatur	199	1.4 Treibstoffe für Raketenantriebe	218
6. Kapitel: DAS 3. REICH – DIE KRIEGSJAHRE 1939–194		1.5 Zusatzstoffe zur Leistungssteigerung von Flugzeugen	220
<u>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt</u>	201		
1. Allgemeiner Überblick	201		
2. Die Luftfahrt in Deutschland während des Krieges	201		

<i>1.6 Die Kraftstoffsituation im letzten Kriegsjahr und die Luftoffensive der US- und Royal Air Force</i>	220	<i>Bauvorschriften für Flugmotoren (BVM)</i>	237
Das Mineralöl-Sicherungsprogramm – Eine letzte Hoffnung	221	5. Forschung, Entwicklung und Erprobung von Flugbetriebsstoffen während des Krieges	237
Die Hydrier-Denkschriften <i>Albert Speers</i> – Zerstörung der Treibstoff-Industrie durch die alliierte Bomber-Offensive	223	Arbeiten im Institut für Betriebsstoff-Forschung der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt im Kriege	238
Die Situation in den letzten Kriegswochen	226	Forschungsarbeiten an den Technischen Hochschulen	239
2. Die Flugmotorenöle – Stand und Veränderungen im Laufe des Krieges	226	Weitere staatliche Einrichtungen und deren Forschungsarbeiten	240
<i>2.1 Flugmotorenöle auf Mineralölbasis</i>	227	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Industrie	241
<i>2.2 Flugmotorenöle auf Synthesebasis</i>	228	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugkraftstoffen	241
Produktion von synthetischen Ölen auf Basis von Kohlenwasserstoffen	228	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Raketentreibstoffen	241
Ausbau der Äthylenölproduktion bei den I.G. Farben	228	Die staatliche Forschung bei Raketentreibstoffen	242
Die Erzeugung von Olefinölen	229	Arbeiten in der Industrie	243
Olefinölproduktion in Pölitz	230	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugmotorenölen	244
Olefinölproduktion bei der Rhenania-Ossag in Hamburg/Harburg	230	F- und E-Arbeiten an Zusatzstoffen	245
Olefinöle der Ruhr-Chemie im Werk Oberhausen-Holteln	230	<i>5.1 Arbeiten in den Erprobungsstellen der Luftwaffe</i>	245
<i>2.3 Flugmotorenöle aus Mischölproduktion</i>	230	Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle Rechlin und seine Arbeiten	245
<i>2.4 Einsatz der Flugmotorenöle in der deutschen Luftfahrt während des Krieges</i>	231	Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle See in Travemünde und seine Arbeiten	246
Flugmotorenöle bei der Deutschen Lufthansa	231	Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen der Luftfahrt	246
Flugmotorenöle bei der deutschen Luftwaffe	232	<u>Logistik der Flugbetriebsstoffe während des Krieges</u>	246
Motorenöle und Verfahren für den Kaltstart bei der deutschen Luftwaffe	233	Allgemeiner Überblick	246
Das Rechliner »Kaltstart-Verfahren«	233	1. Logistik und Versorgung des zivilen Bereiches während des Krieges	246
Entwicklung und Einsatz von »Kaltstartölen« für die Luftwaffe	234	Die Versorgung der Luftfahrt-Industrie mit Flugbetriebsstoffen	246
Motorenöle für Turboluftstrahl-Triebwerke der deutschen Luftwaffe	234	Versorgung der Deutschen Lufthansa	247
TL-Triebwerksöle auf Mineralölbasis	234	2. Logistik und Versorgung der deutschen Luftwaffe mit Betriebsstoffen während des Krieges	247
TL-Triebwerksöle auf Synthesebasis	235	Luftwaffeneigene Tanklager und Transportmittel während des Krieges	247
Zusatzstoffe für Flugmotorenöle der Luftwaffe	235	Die Tanklager und Logistik auf Flugplätzen der Luftwaffe während des Krieges	248
<i>2.5 Einsatz von Flugmotorenölen in der Industrie</i>	235	Der Transport der Luftwaffe auf Schiene und Straße	248
3. Flieger-Drucköle (Flugzeug-Hydraulikflüssigkeiten) während des Krieges	235	Der Schienentransport der »Ölvereine« im Krieg	248
4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen in der Luftfahrt während des Krieges	236	Transport auf der Straße und deren Fahrzeuge	248
<i>4.1. Technische Liefervorschriften des RLM für die Luftwaffe während des Krieges</i>	236		
Liefervorschriften für Kraft- und Treibstoffe	236		
<i>4.2 Liefervorschriften von Flugmotorenölen</i>	236		
<i>4.3 Prüfvorschriften für Betriebsstoffe in den</i>			

Die Betriebsstoff-Logistik während des Krieges	249
Die Tanklager und ihre Aufgaben während des Krieges	250
Die Großtanklager während des Krieges	250
Das Großlager im Kohnstein/Harz	251
Das Transportwesen der WIFO im Kohnstein/Harz	252
Das Transportwesen der WIFO im Kriege	252
Schienentransport der WIFO während des Krieges	252
Betriebsstoff-Flusstransporte	253
Erster Bau von Rohr-Fernleitungen für Mineralölprodukte	254

Das Kriegsende und die Folgen für die deutsche Luftfahrt und ihre Industrie der Betriebsstoffe

Literatur	256
-----------	-----

7. Kapitel: BETRIEBSSTOFFVERSORGUNG VOM KRIEGSENDE 1945 BIS ZUM NEUSTART DER DEUTSCHEN LUFTFAHRT 1955

Das Umfeld für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt

1. Situation der Luftfahrt in Deutschland nach Kriegsende

1.1 Militärischer und ziviler Flugverkehr in den Händen der alliierten Siegermächte

1.2 Deutsche Initiativen zum Wiederaufbau der zivilen Luftfahrt nach Gründung der BRD Deutschland

Büro Bongers und Luftag in Westdeutschland 260

Erste Aktivitäten im Triebwerkbau: 260

BMW Studiengesellschaft für Triebwerkbau 261

1.3 Luftfahrt in der sowjetischen Zone Deutschlands

VEB Lufthansa in Ostdeutschland 261

1.4 Die Lage der Produktionsstätten für die Betriebsstoffe im Nachkriegsdeutschland

Produktion der Luftfahrtbetriebsstoffe 263

Auswirkungen der Berlin-Blockade 1948/49 auf die Betriebsstoffversorgung 263

Betriebsstoffversorgung im Zivilbereich durch ausländische Mineralölfirmer 264

Die Betriebsstoffe für Flugzeugantriebe nach 1945

Allgemeiner Überblick	265
-----------------------	-----

1. Kraftstoffe für Luftfahrtantriebe

1.1 Flugbenzin

Arten und Anforderungen an US-amerikanische, britische und sowjetische Benzine 266

1.2 Flugturbinenkraftstoffe

Entwicklungsgeschichte der Flugturbinenkraftstoffe in den USA, in GB und der UdSSR, Zusammensetzung der Produkte 268

1.3 Situation der Mineralöl verarbeitenden Industrie 1945–1955 in Deutschland

Herkunft, Herstellverfahren und Firmen 272

Flugbenzinproduktion 273

Antiklopfmittel in Flugbenzinen 274

Produktion Flugturbinenkraftstoffe 274

2. Luftfahrt-Schmierstoffe

2.1 Flugmotorenöle

Arten und Anforderungen an US-amerikanische, brit. und sowjet. Flugmotorenöle 275

Problem Additivierung bei Motorölen 276

2.2 Flugtriebwerksöle

Geschichte der Entwicklung US-amerikanischer, englischer und sowjetischer Flugtriebwerksöle 277

Typen und Anforderungen der ersten synthetischen Triebwerksöle 279

2.3 Herkunft und Herstellungsverfahren der Triebwerksöle

3. Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt

3.1 Neuentwicklung synthetischer, schwer entflammbarer Hydraulikflüssigkeiten

3.2 Herkunft und Herstellverfahren der Hydraulikflüssigkeiten

4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen der Luftfahrt

4.1 Qualitätssicherung bei den Luftwaffen der Besatzungsmächte

Betriebsstoffspezifikationen bei der US Air Force 284

Betriebsstoffspezifikationen bei der britischen Royal Air Force 284

Betriebsstoffspezifikationen bei der sowjetischen Luftwaffe 285

4.2 Qualitätssicherung in der zivilen Luftfahrt

4.3 Prüfvorschriften und Kontrollen bei den Luftfahrtbetriebsstoffen

5. Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Betriebsstoffe ab 1945	286	1. Voraussetzung für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt	307
<u>Die Alliierten und das Forschungswissen Deutschlands aus dem 3. Reich</u>	286	Überblick über die politische und wirtschaftliche Lage in Deutschland	307
<i>5.1 Internationale Aktivitäten auf dem Gebiet der Betriebsstoffforschung</i>	287	Ziele der internationalen Luftfahrt	307
Entwicklungen auf dem Sektor Kraftstoffe	287	2. Die Situation der Luftfahrt in West- und Ostdeutschland	308
Alternative Flugkraftstoffe mit hohem Energieinhalt	287	Neubeginn der nationalen Luftfahrt in Deutschland	308
Entwicklungen auf dem Sektor synthetischer Schmieröle für die Luftfahrt	288	<i>2.1 Aufbau der militärischen Luftfahrt</i>	308
Entwicklungen auf dem Sektor Luftfahrt-hydrauliköle	288	Anfänge der militärischen Luftfahrt in der BRD – Übernahme von Fluggerät von den Alliierten Luftwaffen	308
<i>5.2 Deutsche Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Betriebsstoffe</i>	289	Anfänge der militärischen Luftfahrt in der DDR und Ausrüstung aus der UdSSR	209
Wiedergründung früherer Forschungsinstitute der Luftfahrt in Deutschland	289	<i>2.2 Wiederaufbau der zivilen Luftfahrt in Deutschland</i>	311
Gründung des »Institut für Flugtreib- und Schmierstoffe« in München	289	Aufbau der Lufthansa	311
Das Berliner Technisch-wissenschaftliche Büro für Motoren- und Treibstofftechnik des Volkskommissariats für den mittleren Maschinenbau der UdSSR	291	Allgemeine Luftfahrt (General Aviation) – Einstieg weiterer westdeutscher Luftfahrtgesellschaften	311
<u>Die Betriebsstoff-Logistik in Deutschland bis 1955</u>	292	VEB Deutsche Lufthansa der DDR	312
1. Wiederaufbau der Versorgungssysteme in Deutschland	292	<i>2.3 Die neue deutsche Luftfahrtindustrie ab 1955</i>	315
<i>1.1 Logistik Kraftstoffe der Alliierten Militärluftfahrt und der beginnenden zivilen Luftfahrt</i>	292	Situation in Westdeutschland	315
Beschaffung	292	Diverse nationale, zivile und militärische Flugzeugprojekte	315
Lagerung	292	Situation der Luftfahrtindustrie in der DDR – Das Kapitel »Verkehrsdüsenflugzeug 152« mit dem Triebwerk Pirna 014 in der DDR und Lizenzfertigung der Iljuschin Il-14 P	316
US-Tanklager Farge bei Bremen	292	<u>Die Betriebsstoffe für Flugzeugantriebe 1955–1965</u>	318
UK-Tanklager Schäferhof bei Nienburg	293	Allgemeiner Überblick	318
US-Tanklager Unterhausen bei Neuburg an der Donau	294	1. Flugkraftstoffe	319
Tanklager Unterpfaffenhofen bei München	294	Übergang vom Motoren- zum Flugturbinenantrieb	319
Transport, Aktion Kesselwagen der WIFO	295	<i>1.1 Flugbenzin</i>	319
Kraftstofftransport über die Binnenschifffahrt	297	Am Qualitätsmaximum	319
Tankfahrzeuge mit großem Fassungsvermögen	297	<i>1.2 Flugturbinenkraftstoffe</i>	319
Einführung von Hydrantanlagen an Flughäfen	298	Optimierung durch Zugabe von Additiven	319
<i>1.2 Logistik Schmierstoffe</i>	299	Ungeplante Entzündung des Kraftstoffes	320
<i>Anlagen 7.1 und 7.2</i>	300	Problem mit Filterblockaden in Triebwerken	320
Literatur	304	Korrosion durch schwefelhaltige Verbindungen	321
8. Kapitel: DIE BETRIEBSSTOFFENTWICKLUNG VON 1955 BIS 1965 – NEUBEGINN DER LUFTFAHRT IN DEUTSCHLAND		Korrosionsinhibitoren	322
		Kunststoffverträglichkeit	322
		<i>1.3 Flugkraftstoffproduktion in Deutschland von 1955 bis 1965</i>	322

Starke Zuwächse bei den Flugtriebwerk-		Forschungslabors der Betriebsstoffhersteller	337
kraftstoffen in der BRD	322	Betriebsstoffforschung in der DDR	338
Sechs neu eröffnete Raffinerien in der BRD	322	Forschungszentrum der Luftfahrtindustrie	
Produktion der Flugkraftstoffe in der DDR	323	Dresden	338
2. Flugschmierstoffe	323	Institut für Kraft-, Brenn- und Schmierstoffe,	
Übergang vom Kolbenmotor zum Flugturbinen-		TU Dresden	338
triebwerk	323	Ingenieurschule für Flugzeugbau Dresden	339
<i>2.1 Kolbenmotorenöle 1955–1965</i>	323	Militärische Forschungsstellen in der DDR	339
Qualitätsprodukt	323	Forschungsstelle für die Schmierstoffindustrie	
<i>2.2 Flugtriebwerköle</i>	324	VEB Mineralölwerk Lützkendorf bei Jena	339
Mineralöle im Flugtriebwerkeinsatz	324	<u>Die Luftfahrtbetriebsstoff-Logistik 1955–1965</u>	339
Syntheseöle im Einsatz in der BRD	324	1. Betriebsstoffversorgung und -vertrieb Bundes-	
Einteilung der Flugtriebwerköle in Viskositäts-		republik Deutschland	339
klassen	324	Beschaffung	339
Mineralöle weiterhin im Einsatz in den		Lagerung der Flugkraftstoffe	341
Luftstreitkräften der NVA	326	Transport	341
3. Hydraulikflüssigkeiten in der Luftfahrt		VTG und IVG – Logistikunternehmen für Betriebs-	
1955–1965	327	stoffe	342
4. Qualitätssicherung bei den Betriebsstoffen	327	Inbetriebnahme der NATO-Pipeline und Ausbau	
<i>4.1 Lieferbedingungen der Luftfahrtbetriebsstoffe</i>	327	des Pipeline-Netzes	342
Aufbau und Vorgehen bei der Luftwaffe ab		Einführung von Hydranten und Dispenser-Fahr-	
1955	327	zeugen	343
Normung der Luftfahrtbetriebsstoffe in der		2. Logistik der Luftfahrtbetriebsstoffe in der	
internationalen zivilen Luftfahrt	328	Deutschen Demokratischen Republik	345
<i>4.2 Qualitätsprüfungen</i>	329	Beschaffung, Lagerung und Transport	345
Materialprüfstelle der Bundeswehr, Erding	330	Zentraler Treib- und Schmierstoff-Dienst der	
Prüfamt für Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe		NVA	346
der LGA Bayern, München	331	Lagerung der Betriebsstoffe in der DDR	346
Weitere Prüfstellen und Organisationen	331	Literatur	347
5. Forschung und Entwicklung bei den		9. Kapitel: BETRIEBSSTOFFENTWICKLUNG	
Luftfahrtbetriebsstoffen	332	UND AUSBAU DER DEUTSCHEN LUFTFAHRT	
<i>5.1 Schwerpunkte der Betriebsstoffforschung im</i>		IN DEN JAHREN 1965–1979	
<i>Ausland</i>	332	1. Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebs-	
Flugbenzine/Flugtriebwerkskraftstoffe	332	stoffen	
Hochleistungskraftstoffe für den Überschallflug	332	Politische und wirtschaftliche Lage in Deutsch-	
Wasserstoff als alternativer Flugkraftstoff	334	land nach den Wirtschaftswunderjahren	349
Flugturbinenschmierstoffe	335	Die zwei Ölkrisen 1973 und 1979	349
Neuentwicklungen	335	2. Die Situation in der Luftfahrt in Deutschland	350
Strahlungsresistente Schmieröle	335	Die internationale Luftfahrt als Wachstums-	
Hydraulikflüssigkeiten	336	branche	350
Trend zu schwer- bzw. nicht entflammaren		Erste Versuche des zivilen Überschallfluges:	
Flüssigkeiten	336	Tupolew TU-144 und »Concorde«	351
<i>5.2 Luftfahrtforschung in Deutschland 1955–1965</i>	336	Raumfahrt als Konkurrenz zur Luftfahrt	352
Betriebsstoffforschung im wachsenden west-		<i>2.1 Ausbau der deutschen Luftfahrt in Ost und</i>	
deutschen Luftfahrtmarkt	337	<i>West</i>	352
DVL-Institut für Flugtreib- und Schmierstoffe,			
München	337		

Allgemeine Luftfahrt unter Kostendruck	353	Entwicklung und Einsatz eines verbesserten Mineralölproduktes bei den Luftwaffen	368
Militärische Luftfahrt in der BRD, Umstrukturierung der Luftwaffe entsprechend den Anforderungen der NATO	353	4. Qualitätssicherung bei den Luftfahrtbetriebsstoffen	369
Weiterentwicklung der Luftfahrt in der DDR	353	<i>4.1 Lieferbedingungen der Luftfahrtbetriebsstoffe</i>	370
2.2 Veränderungen in der Luftfahrtindustrie der BRD	355	Etablierung des Systems der Technischen Lieferbedingungen bei der Beschaffung der Betriebsstoffe der Luftwaffe	370
Erstes ziviles Düsenverkehrsflugzeug Fokker VFW 614 aus deutscher Fertigung und Entwicklung: Fokker VFW 614	355	Vorgehensweise bei der zivilen Luftfahrt	370
Militärisches Hubschrauber-Projekte aus deutscher Entwicklung,		<i>4.2 Internationale Standardisierung der Flugkraftstoffe</i>	370
Hubschrauberprojekt BO 105	355	<i>4.3 Qualitätsprüfungen</i>	370
Internationale Kooperationen beim Triebwerksbau, MTU-Einstieg ins zivile Triebwerksgeschäft	356	Prüfamt für Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe, Institut für Betriebsstofftechnik, Materialprüfstelle der Bundeswehr (MatPrSt)	371
2.3 Weiterentwicklung der Luftfahrtindustrie in der DDR	357	Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebe am Lehrstuhl für Maschinenelemente der TU München	372
<u>Die Betriebsstoffe in der Luftfahrt. Aktueller Stand und Fortschritte</u>	357	Qualitätsprüfung bei den Luftstreitkräften der DDR	372
Allgemeiner Überblick	357	5. Forschung und Entwicklung bei den Luftfahrtbetriebsstoffen	372
1. Flugkraftstoffe	358	<i>5.1 Internationale Forschungsaktivitäten</i>	372
Lage der Betriebstoffversorgung in Deutschland und die Auswirkungen der Ölkrise	358	Kraftstoffe, Forschungsziel Kraftstoffesparung und alternative Kraftstoffe bzw. Rohstoffquellen	372
Flugkraftstoffe im Wandel der Anforderungen	360	Triebwerksöle, Suche nach alternativen synthetischen Ölen	374
<i>1.1 Flugbenzin</i>	360	Forschung an synthetischen Triebwerksölen in der UdSSR	375
Ausnahmeregelung für Bleitetraethyl in der Luftfahrt	360	<i>5.2 Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe in der Bundesrepublik Deutschland</i>	375
<i>1.2 Flugtriebwerkskraftstoffe</i>	360	Neuorganisation der Luftfahrtforschung in der BRD	376
Ablösung von JP 4 durch JP 8 als Einheitskraftstoff	360	Institut für Flugtreib- und Schmierstoffe der DVL/DFVLR	376
Sonderkraftstoff JP 7	361	<i>5.3 Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe in der Deutschen Demokratischen Republik</i>	377
Kraftstoffe für den zivilen Überschallflug	361	Militärtechnisches Institut	377
Flugtriebwerkskraftstoffe in der DDR	362	»Anton Ackermann«, Königs Wusterhausen	377
<i>1.3 Flugkraftstoffproduktion in Deutschland</i>	362	Hochschule für Verkehrswesen in Dresden	378
Ausweitung der Produktion an Flugtriebwerkskraftstoffen	362	Akademie der Wissenschaften der DDR	378
2. Flugschmierstoffe	365	<u>Die Mineralöl- und Betriebsstoff-Logistik</u>	378
<i>2.1 Status und Marktveränderungen bei Kolbenmotorenölen</i>	365	1. Logistik/Versorgung	378
<i>2.2 Weiterentwicklungen bei den synthetischen Basisölen und Additiven der Flugturbinenöle</i>	366	Bevorratung von Flugkraftstoffen zur Verhinderung von Lieferengpässen	378
Flugtriebwerksöle für den zivilen Überschallflug	366		
Herstellung und Vertrieb der Flugtriebwerksöle	368		
3. Hydraulikflüssigkeiten	368		
Verbesserungen bei Skydrol-Produkten	368		

Transport, Inbetriebnahmen weiterer Pipelines in Europa	379	Fossile Energierohstoffe	399
Technische Verbesserungen zur Erhöhung der Kraftstoffqualität	379	Rohstoff Erdgas	400
Lagerung und Transport in der DDR	380	Synthetische Kraftstoffe	400
Literatur	382	GTL-Verfahren	400
		CTL-Verfahren	400
10. Kapitel: LUFTFAHRTBETRIEBSSTOFFE IN DEN JAHREN 1980 BIS 2010		Flugkraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	402
<u>Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen</u>	383	Biokraftstoffe der 2. Generation	403
1. Allgemeiner Überblick	383	Biokraftstoffe der 3. Generation	403
Politischer und wirtschaftlicher Wandel in Deutschland	383	Nichtfossile Energieträger als Flugbetriebsstoffe	405
Energiesituation in Deutschland ab 1980	383	Wasserstoff als Kraftstoff für Flugzeuge	405
2. Veränderungen bei der deutschen Luftfahrt	384	Elektrischer Antrieb von Flugzeugen	406
Wachstum der Luftfahrtbranche und die Folgen, Kraftstoffverfügbarkeit und Kosten	385	2. Flugschmierstoffe	408
Das Ende der DDR-Luftfahrtära 1990	387	Konzentration der Anbieter ab 1990	408
Maßnahmen zum Umweltschutz, Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs durch optimierte Flugzeug- und Triebwerkskonstruktionen	388	<i>2.1 Flugmotorenöle</i>	409
<u>Die Betriebsstoffe in der Luftfahrt – Neue Wege und Fortschritte</u>	389	Status und Veränderungen	409
Allgemeiner Überblick über die Luftfahrt	389	<i>2.2 Flugturbinenöle</i>	410
1. Flugkraftstoffe	390	Status und Neuentwicklungen	410
<i>1.1 Flugbenzin</i>	390	Alternative Triebwerköle, Esteröle bleiben Basis	412
Trend zur Ablösung der bleihaltigen Flugbenzine	390	Hersteller von Flugtriebwerkölen	414
<i>1.2 Flugturbinenkraftstoff</i>	391	3. Flughydraulikflüssigkeiten	414
Trend zum Einheitskraftstoff	392	Begrenzter Spielraum für alternative Produkte	414
Zulassung von Flugkraftstoffen aus synthetischen Kohlenwasserstoffen oder als Zusätze davon	393	4. Qualitätssicherung	415
Entwicklung von JP-8 + 100	393	Von der Lieferspezifikation zur Leistungsnorm	415
Stand bei den zugelassenen Additiven in Flugtriebwerkraftstoffen	394	Betriebsstoffspezifikationen im globalen Luftverkehr	415
Flugtriebwerkskraftstoffe der russischen bzw. DDR-Luftfahrt	394	Normung alternativer Flugkraftstoffe als Herausforderung	416
<i>1.3 Produktionssituation der Flugkraftstoffe in Deutschland</i>	396	Normung der Flugtriebwerköle nach spezifischen Anforderungen	416
<i>1.4 Alternative Energieträger</i>	398	Normung neuer Hydraulikflüssigkeiten	418
Aktueller Stand der Entwicklungsprojekte, Einschätzung für die Zukunft	398	Absicherung des Zulassungsvorgangs bei Luftfahrtbetriebsstoffen, Qualitätssicherstellung durch internationale Arbeitskreise militärischer oder ziviler Zusammenschlüsse	418
		Qualitätsprüfung von Flugkraftstoffen	419
		5. Weltweite Forschung und Entwicklung bei den Betriebsstoffen	420
		<i>5.1 Internationale Aktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe</i>	420
		Wissenschaftlich-technische Bestrebungen bei den Flugkraftstoffen	420
		Entwicklungsstand bei den Triebwerkschmierstoffen	422
		Weiterentwicklung Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt	423
		<i>5.2 Deutsche Beteiligung an Forschungsaktivitäten bei den Luftfahrtbetriebsstoffen</i>	423

Institut für Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe der DFVLR, Trennung der Aktivitäten Kraftstoffe und Schmierstoffe	423	<u>Die Logistik der Luftfahrtbetriebsstoffe bis 2010</u>	436
Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWEB), Zentrum der Prüfung und Freigabe von militärischen Luftfahrtbetriebsstoffen	425	Beschaffung der Betriebsstoffe	436
Universität der Bundeswehr München-Neubiberg, Testung und Prüfung von Luftfahrtbetriebsstoffen	428	Lagerung/Zentralisierung der Lagerhaltung im militärischen Bereich	438
MTU Aero Engines – Betriebsstoffaktivitäten	428	Transport der Betriebsstoffe	440
Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau, Lehrstuhl für Maschinenelemente, Technische Hochschule München, Testgeräteentwicklung für Öle	429	Literatur	444
Forschung Luftfahrtbetriebsstoffe in der DDR, Hochschule für Verkehrswesen in Dresden	429	AUSBLICK	447
6. Umweltschutz in der Luftfahrt	430	ANHANG – Technische Lieferbedingungen	449
Gesundheitsgefährdung durch Inhaltsstoffe in Luftfahrtbetriebsstoffe sowie deren Abbau- produkte	430	Flieger-Grundbenzin TL 147–153 (Beispiel für eine komplette TL)	449
Gesundheitsschutz	430	Anforderungen des RLM für Flugbenzine 1943	451
Gesundheitliche Gefährdung durch Flugbenzin und Flugkraftstoffe	431	Anforderungen an Kraftstoffe für Dieselmotoren	452
Gefährdung durch Flugmotorenöle	432	Anforderungen an Triebstoffe für TL-Triebwerke	453
Gefährdung durch Flugturbinenschmierstoffe	432	Anforderungen für den Kraftstoff E 1 und E 2	454
Umweltschutzaspekte bei den Luftfahrtbetriebsstoffen	433	Anforderungen für Anlasskraftstoffe	455
Reduzierung der Mengen an Treibhausgasen – Eingeleitete und zukünftig mögliche Gegenmaßnahmen	435	Anforderungen für Flugmotorenöle S 3 und V 2	456
		Anforderungen an synthetisches Flugmotorenöl SS 1631	457
		REGISTER	
		Personenregister	458
		Bildnachweis	459
		Ortsregister	460
		Sachregister	462
		DIE AUTOREN	466/467