

Inhalt

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

2. Löschen und Lagern der Mineralölprodukte – Probleme und Anfangsjahre an der Unterweser	26	Diskussionen zu Verbesserungen und Verbräuchen	41
<i>2.1 Hamburg wird zum Hauptmineralölhafen in Deutschland</i>	27	Zuverlässigkeit von Flugmotoren – ein wichtiges Kriterium	41
<i>2.2 Mannheim als süddeutsches Zentrum für Mineralölhandel</i>	28	2.5 Luftfahrtaktivitäten im militärischen Bereich	41
<i>2.3 Eine erste Konzentration der Mineralöl-Logistik</i>	28	<u>Die Betriebsstoffe – Situation und Fortschritte bis zum Ersten Weltkrieg</u>	42
3. Mineralöl-Transport ins Binnenland	29	1. Die Kraftstoffe – ihre Bedeutung für die Luftfahrt	42
<i>3.1 Der Wasserweg – vom Fasstransport zum Flusstanker</i>	29	<i>1.1 Kraftstoffe auf Mineralölbasis</i>	42
<i>3.2 Der Beginn des Mineralöl-Transports auf der Schiene – vom Fass zum Kesselwagen</i>	29	Erste Namen und Reklamen für Kraftstoffe Benzinerstellung in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg	44
4. Mineralölverteilung zum Einzelhandel und den Betrieben	30	<i>1.2 Erste Kraftstoffe auf Basis von Kohle Benzol als möglicher Kraftstoff</i>	45
5. Der Vertrieb von Mineralölprodukten ab 1870	30	Gewinnung, Verarbeitung und Vertrieb von Benzol	46
Literatur	31	Das »Motorenbenzol« – Eigenschaften, Zusammensetzung und erste Anforderungen Kraftstoffe durch Hydrierung von Kohle – erste Anfänge durch <i>Friedrich Bergius</i>	47
2. Kapitel: DIE ZEIT VON 1900 BIS ZUM ERSTEN WELTKRIEG		<i>1.3 Alkohol als Kraftstoff – Die Anfänge</i>	48
<u>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt</u>	33	<i>1.4 Kraftstoffaspekte im militärischen Bereich in Deutschland bis zum Ersten Weltkrieg</i>	48
1. Allgemeiner Überblick – Politische und wirtschaftliche Situation	33	Erste militärische Qualitätsanforderungen an Kraftstoffe	48
2. Die Situation in der Luftfahrt in Deutschland	33	Überlegungen, weitere Substanzen als Kraftstoffe einzusetzen	49
<i>2.1 Weiterentwicklung und Einsatz von Luftschiffen</i>	34	<i>1.5 Verunreinigungen in Flugkraftstoffen und seine Folgen</i>	49
Die Luftschiffe des <i>Grafen Zeppelin</i>	34	2. Motorenöle in der deutschen Luftfahrt 1900 – 1914	49
<i>Schütte-Lanz</i> -Luftschiffe	34	<i>2.1 Motorenöle auf Mineralölbasis</i>	51
Die Luftschiffe <i>August von Parzevals</i>	35	<i>2.2 Das Rizinusöl und seine Bedeutung in der Luftfahrt</i>	52
Luftschiffe <i>Groß-Basenach</i>	35	<i>2.3 Eigenschaften und erste Anforderungen an Flugmotorenöle</i>	52
<i>2.2 Die »DELAG« – die erste Luftverkehrsellschaft der Welt</i>	35	3. Forschung und Entwicklung bei Luftfahrt-Betriebsstoffen	53
<i>2.3 Die Pionierjahre und erste Erfolge deutscher Flugzeuge</i>	36	<i>3.1 Forschungsarbeiten bei der Industrie</i>	53
<i>2.4 Motoren für die Luftfahrt in Deutschland</i>	37	<i>3.2 Forschungsarbeiten an den Technischen Hochschulen</i>	53
Fortschritte bei den Luftschiffmotoren und deren Kraftstoffeinsatz	37	<i>Leo Ubbelohde</i> und die moderne Mineralölwissenschaft	54
Flugmotoren bis zum Ersten Weltkrieg	38	<i>3.3 Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt – Gründung und erste Arbeiten</i>	54
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		

4. Prüfwesen und Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen		
<i>Die Mineralöl- und Betriebsstoff-Logistik</i>		
1. Der Übersee-Transport – Ausweitung und Technik	57	
Erster Einsatz von Dieselmotoren für Übersee-Tankschiffe		
2. Löschen und Lagern in Häfen und im Binnenland	57	
<i>2.1 Innovatives Löschen und Lagern in den deutschen Überseehäfen</i>	58	
3. Entwicklung des Binnen-Tankschiffahrt im Reichsgebiet	58	
<i>3.1 Die Binnen-Tankschiffahrt im Reichsgebiet bis 1914</i>	58	
<i>3.2 Der Mineralöl- und Benzintransport auf der Schiene</i>	59	
<i>3.3 Der Straßentransport von Mineralölprodukten</i>	60	
4. Bevorratung und Versorgung im militärischen Bereich	61	
Literatur	62	
3. Kapitel: DIE ZEIT DES ERSTEN WELTKRIEGES 1914–1918		
<i>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt</i>	63	
1. Allgemeiner Überblick – Die politische und militärische Situation	63	
2. Die deutsche Luftfahrt während des Ersten Weltkrieges	64	
<i>2.1 Der militärische Bereich</i>	64	
Luftschiffe – Aufgaben und technische Veränderungen	64	
Flugzeuge und deren Entwicklung	65	
Motoren für Luftschiffe und Flugzeuge und deren Entwicklung	68	
<i>2.2 Der zivile Luftfahrtbereich</i>	68	
<i>Die Flugbetriebsstoffe in Deutschland in den Kriegsjahren</i>		
Allgemeiner Überblick	69	
1. Die Kraftstoffe für die Luftfahrt – Produkte und Anforderungen	70	
<i>1.1 Die Situation vom Beginn des Krieges bis Anfang 1917</i>		70
Benzol als möglicher Flugkraftstoff		71
<i>1.2 Die Kraftstoffsituation ab April 1917 bis Anfang 1918</i>		71
<i>1.3 Die Situation von Anfang 1918 bis zum Kriegsende</i>		72
<i>1.4 Qualitätsanforderungen und -sicherung bei Kraftstoffen</i>		73
<i>1.5 Weitere Arbeiten an synthetischen Kraftstoffen für die Luftfahrt</i>		73
Eine erste technische Hydrieranlage		73
Der erste synthetische Flugkraftstoff durch Kohlehydrierung		74
<i>1.6 Kraftstoffe und motorisches Klopfen – Die Anfänge</i>		75
2. Die Öle für Flugmotoren im Kriege		75
<i>2.1 Die Lage in den ersten Kriegsjahren</i>		75
<i>2.2 Die Lage bei den Flugmotorenölen ab 1917</i>		76
<i>2.3 Militärische Anforderungen an Flugmotorenöle</i>		76
<i>2.4 Situation und Veränderungen bei den Ölen für Umlaufflugmotoren</i>		77
<i>2.5 Engpass und Ersatz durch »Votolöle«</i>		77
3. Qualitätssicherung und Kontrolle bei Flugbetriebsstoffen		78
<i>3.1 Situation bei den Prüfvorschriften für Kraftstoff</i>		78
<i>3.2 Prüfvorschriften für Flugmotorenöle</i>		78
4. Forschung, Entwicklung und Erprobung von Betriebsstoffen für die Fliegertruppe während des Krieges – Allgemeiner Überblick		78
<i>4.1 Arbeiten bei den Mineralölfirmen und Benzinfabriken</i>		78
<i>4.2 Arbeiten an Technischen Hochschulen und der Materialprüfanstalt in Berlin</i>		79
<i>4.3 Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt und die dort eingerichteten militärischen Stellen</i>		79
<i>4.4 Letzte Arbeiten und Auflösung der Flugzeugmeisterei</i>		80
<i>Die Mineralöllogistik in der Zeit des Ersten Weltkrieges</i>		80
Allgemeiner Überblick		
1. Logistische Planung und Organisation für die Fliegertruppe		80
<i>1.1 Flugzeugmeisterei und die MAK 8</i>		81

2. Der Transport von Mineralöl und Produkten	82	Dieselmotoren und ihre Bedeutung für die Luftfahrt	99
2.1 Blockade des Überseetransports und deren Folgen	82	Erster Einsatz von Dieselflugmotoren zur Kraftstoffeinsparung bei der Luft Hansa	99
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.</u>			
<u>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		
<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 Benzin durch Totalsynthese nach »Fischer und Tropsch«	104		
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. Die deutsche Luftfahrt – Situation, Veränderungen und Betriebsstoffaspekte	132
2.4 Richtlinien und Anforderungen an Flugmotorenöle	117	2.1 Hermann Göring und das neue Ministerium für die Luftfahrt	132
3. Hydraulikflüssigkeiten in der deutschen Luftfahrt – die Anfänge	117	Das technische Amt des RLM und die Betriebsstoffe	134
4. Weitere Arbeiten an Prüfverfahren zur Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen in der Luftfahrt	118	2.2 Der zivile Bereich – die Entwicklung in den Friedensjahren	135
4.1 Arbeiten an Prüfmethoden für Flugkraftstoffen	118	Die kommerzielle Luftfahrt – Neues Fluggerät und Arbeiten zur Betriebsstoffeinsparung	135
4.2 Arbeiten an Prüfmethoden für Flugmotorenöle	118	Die kommerzielle Luftschaftsfahrt – Eine letzte kurze Blüte	137
5. Die Betriebsstoff-Forschung in Deutschland – der Neubeginn	119	Der deutsche Flugsport – Weiterer Aufbau und Erfolge	138
5.1 Betriebsstoff-Forschung bei der Industrie	119	2.3 Der militärische Bereich – »Enttarnung« und forciertter Ausbau	138
5.2 Forschung an den Technischen Hochschulen	119	2.4 Die deutsche Luftfahrt-Industrie 1933–1939	138
5.3 Arbeiten bei der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft	120	Flugzeuge für den zivilen Bereich	138
5.4 Die Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt	120	Der Verkehrssektor	139
Neuanfang und Organisation	120	Flugzeuge für den Luftsport	139
Erste Betriebsstoffarbeiten bei der DVL nach dem Kriege	120	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
<u>Betriebsstoff-Logistik in der Luftfahrt in Deutschland in den Jahren der Weimarer Republik</u>	<u>122</u>	2.5 Die Motoren-Industrie	142
1. Der Transport	122	Weiterentwicklung von Otto- und Dieselflugmotoren	142
1.1 Der Überseetransport	122	Entwicklung der Gasturbine als Flugantrieb	144
1.2 Binnentankschiffahrt	122	Raketen als Flugzeugantrieb und Starthilfen	144
1.3 Transport auf der Schiene	123	Entwicklung von Starthilferaketen für	
1.4 Transport auf der Strasse	124	Flugzeuge	145
2. Die Bevorratung	124	2.6 Hydrauliksysteme in Flugzeugen	145
2.1 Großtanklager	124	<u>Die Betriebsstoffe in der deutschen Luftfahrt</u>	
2.2 Tanklager auf Flugplätzen	125	1. Die Flugkraftstoffe – Gesamtsituation und Forderungen von Politik und Militär	146
3. Die Flugzeugbetankung	126	Der Vierjahresplan und die Flugbetriebsstoffe	147
3.1 Betankung auf Flugplätzen	126	1.1 Kraftstoffe für Kolbenflugmotoren mit Fremdzündung	150
3.2 Weltweit erste Betankung in der Luft	128	Iso-Oktan – Fliegergrundbenzine für Otto-Flugmotoren	150
Literatur	129	Iso-Oktan – Die Produkte auf Mineralölbasis	151
5. Kapitel: DAS 3. REICH – DIE FRIEDENS-JAHRE 1933–1939		Benzin-Benzolgemische und Benzin mit TEL-Zusatz	151
<u>Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt in Deutschland</u>	<u>131</u>	Neue Verfahren und Produktion	151
1. Allgemeiner Überblick: Die neue Situation in Politik, Wirtschaft und Industrie	131	Die Kohlehydrierung und deren weiterer Ausbau	151

Der »Benzinvertrag« mit der I.G. Farbenwerke AG	152	<i>5.1 Staatliche Neuordnung der Luftfahrtforschung durch das RLM</i>	170
Ausbau der Leunawerke und der Flugbenzinvertrag	152	Neue Standesorganisationen in der Luftfahrt	170
Bau weiterer Hydrierwerke auf Basis von Braunkohle	152	Die Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen (ZWB)	170
Erste Hydrierung der Steinkohle zu Fliegergrundbenzin	153	<i>5.2 Betriebsstoff-Forschung in Einrichtungen des Staates</i>	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 Kohleforschung	175
Die »Bleiempfindlichkeit« der Kraftstoffe	160	Forschungsarbeiten in den Hochschulinstituten	175
Bleitetraäthyl – der Produktionsprozess	160		
Erste deutsche Produktionen von Bleitetraäthyl	160		
2. Die Flugmotorenöle – Stand und weitere Entwicklung	162	5.3 Betriebsstoff-Forschung – der Industriebereich	176
2.1 Produkte auf Mineralölbasis	162	Arbeiten an Flugbetriebsstoffen bei der Mineralöl-Industrie	176
2.2 Produkte und Verfahren auf Synthesebasis	163	Arbeiten bei der chemischen Industrie	177
Die Äthylenöle	163	Forschung und Entwicklung bei I.G. Farben	177
Öle auf Basis von technischen Olefinen	164	Forschungsarbeiten an synthetischen Ölen bei den I.G. Farbenwerken AG	177
Verfahren der I.G. Farben und der Ruhrchemie	164	Forschungsarbeiten an synthetischen Ölen auf Esterbasis	179
Öle auf Basis von Estern	165	Bereich »Technischer Prüfstand« bei der I.G. Farben in Oppau	179
3. Hydraulikflüssigkeiten in der deutschen Luftfahrt	165	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an synthetischen Ölen bei der Ruhr-Chemie AG in Oberhausen-Holten	180
3.1 Firmen, Produkte, Herstellung	165		
3.2 Einsatz in Flugzeugtypen	166		
3.3 Sortenbereinigung und Eigenschaften	166		
4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen für die Luftfahrt	166	5.4 Erprobung von Betriebsstoffen für die Luftfahrt	180
4.1 Allgemeiner Überblick und Veränderung in den Zuständigkeiten	166	Betriebsstoff-Erprobung im zivilen Bereich	180
4.2 Prüfvorschriften für Betriebsstoffe ab 1934	166	Erprobungsstellen und Erprobung bei der Luftwaffe	181
4.3 Anforderungen und deren Vorschriften	167	Die Erprobungsstelle Rechlin	181
Erste Internationalisierung von Vorschriften im zivilen Bereich		Die Erprobungsstelle Travemünde	181
Erste Vorschriften des RLM als technische Lieferbedingungen für die Luftwaffe		Die Versuchs- und Erprobungsstellen der Luftwaffe bei Neuhardenberg und in Peenemünde	181
4.4 Durchführung der Kontrollen zur Qualitäts sicherung	169		
5. Forschung, Entwicklung und Erprobung von Betriebsstoffen für die Luftfahrt	169	<u>Die Betriebsstoff-Logistik der deutschen Luftfahrt 1933–1939</u>	182
		Allgemeiner Überblick	182
		Die veränderte Situation in den 30er Jahren	182
		Import und Logistik in den Anfangsjahren des 3. Reiches	182

Import und Transport über die Meere	182	<i>2.1 Der militärische Bereich</i>	201
Der Import auf der Donau aus Osteuropa	183	<i>2.2 Der zivile Bereich</i>	202
1. Betriebsstoff-Logistik und Versorgung des zivilen Bereiches	183	<i>2.3 Die deutsche Luftfahrtindustrie während des Krieges</i>	204
<i>1.1 Logistik und Tanklager im zivilen Bereich</i>	183	Flugzeuge mit Kolbentriebwerken	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 Jagdflugzeuge mit Raketenantrieb	206
Die Tanklager	185	Ein erstes unbemanntes Fluggerät	206
<i>1.2 Die Betriebsstoffversorgung</i>	185	<i>2.4 Flugtriebwerksentwicklung während des Krieges</i>	207
Die Verkehrsluftfahrt	185	Weiterentwicklung von Kolbentriebwerken	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 Raketentriebwerken	208
Die »WIFO« – Aufgaben und Organisation	186	<i>Die Betriebsstoffe in der deutschen Luftfahrt</i>	209
<i>2.1 Tanklagerbau und -betrieb</i>	186	1. Kraft- und Treibstoffe für Flugmotoren	210
Tanklager und deren Bau	188	<i>1.1 Flugkraftstoffe für Kolbentriebwerke</i>	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
<i>2.2 Aufbau des Transportwesens der WIFO</i>	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
<i>3.1 Die Tanklager der Luftwaffe</i>	193	Anlagen aus Abgasen von Kokereien	215
Tanklager auf Flugplätzen der Luftwaffe	195	Hochoktante Benzine nach dem Alkylat-Verfahren	215
<i>3.2 Das Betriebsstofftransportwesen der Luftwaffe</i>	196	Die Aromatenkomponente für den Hochleistungsflugkraftstoff – Die HF- und DHD-Verfahren	216
Der Transport auf der Schiene: Die Ölvereine	196	<i>1.2 Kraftstoffe für Dieselflugmotoren im Krieg</i>	217
Tankkraftfahrzeuge der Luftwaffe	198	<i>1.3 Treibstoffe/Brennstoffe für Turbinenluftstrahlantriebe</i>	217
Literatur	199	<i>1.4 Treibstoffe für Raketenantriebe</i>	218
6. Kapitel: DAS 3. REICH – DIE KRIEGSJAHRE 1939–1944		<i>1.5 Zusatzstoffe zur Leistungssteigerung von Flugzeugen</i>	220
<i>Situation und Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen in der deutschen Luftfahrt</i>	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 Albert Speers – 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
Weitere staatliche Einrichtungen und deren Forschungsarbeiten		Weitere staatliche Einrichtungen und deren Forschungsarbeiten	240
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Industrie		Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Industrie	241
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugkraftstoffen		Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugkraftstoffen	241
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Raketentreibstoffen		Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Raketentreibstoffen	241
Die staatliche Forschung bei Raketentreibstoffen		Die staatliche Forschung bei Raketentreibstoffen	242
Arbeiten in der Industrie		Arbeiten in der Industrie	243
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugmotorenölen		Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Flugmotorenölen	244
F- und E-Arbeiten an Zusatzstoffen		F- und E-Arbeiten an Zusatzstoffen	245
<i>5.1 Arbeiten in den Erprobungsstellen der Luftwaffe</i>	230	<i>5.1 Arbeiten in den Erprobungsstellen der Luftwaffe</i>	245
Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle Rechlin und seine Arbeiten		Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle Rechlin und seine Arbeiten	245
Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle See in Travemünde und seine Arbeiten		Das Betriebsstofflaboratorium der E-Stelle See in Travemünde und seine Arbeiten	246
Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen der Luftfahrt		Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen der Luftfahrt	246
<i>Logistik der Flugbetriebsstoffe während des Krieges</i>	233	<i>Logistik der Flugbetriebsstoffe während des Krieges</i>	246
Allgemeiner Überblick	234	Allgemeiner Überblick	246
1. Logistik und Versorgung des zivilen Bereiches während des Krieges	235	1. Logistik und Versorgung des zivilen Bereiches während des Krieges	246
Die Versorgung der Luftfahrt-Industrie mit Flugbetriebsstoffen		Die Versorgung der Luftfahrt-Industrie mit Flugbetriebsstoffen	246
Versorgung der Deutschen Lufthansa		Versorgung der Deutschen Lufthansa	247
2. Logistik und Versorgung der deutschen Luftwaffe mit Betriebsstoffen während des Krieges	236	2. Logistik und Versorgung der deutschen Luftwaffe mit Betriebsstoffen während des Krieges	247
Luftwaffeneigene Tanklager und Transportmittel während des Krieges		Luftwaffeneigene Tanklager und Transportmittel während des Krieges	247
Die Tanklager und Logistik auf Flugplätzen der Luftwaffe während des Krieges		Die Tanklager und Logistik auf Flugplätzen der Luftwaffe während des Krieges	248
Der Transport der Luftwaffe auf Schiene und Straße		Der Transport der Luftwaffe auf Schiene und Straße	248
Der Schienentransport der »Ölvereine« im Krieg		Der Schienentransport der »Ölvereine« im Krieg	248
Transport auf der Straße und deren Fahrzeuge		Transport auf der Straße und deren Fahrzeuge	248
3. Flieger-Drucköle (Flugzeug-Hydraulikflüssigkeiten) während des Krieges	235		
4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen in der Luftfahrt während des Krieges	236		
<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	1. Kraftstoffe für Luftfahrtantriebe	265
Die Tanklager und ihre Aufgaben während des Krieges	250	<i>1.1 Flugbenzin</i>	266
Die Großtanklager während des Krieges	250	Arten und Anforderungen an US-amerikanische, britische und sowjetische Benzine	266
Das Großlager im Kohnstein/Harz	251	<i>1.2 Flugturbinenkraftstoffe</i>	268
Das Transportwesen der WIFO im Kohnstein/Harz	251	Entwicklungsgeschichte der Flugturbinenkraftstoffe in den USA, in GB und der UdSSR, Zusammensetzung der Produkte	268
Das Transportwesen der WIFO im Kriege	252	<i>1.3 Situation der Mineralöl verarbeitenden Industrie 1945–1955 in Deutschland</i>	272
Schienentransport der WIFO während des Krieges	252	Herkunft, Herstellverfahren und Firmen	272
Betriebsstoff-Flusstransporte	253	Flugbenzinproduktion	273
Erster Bau von Rohr-Fernleitungen für Mineralölprodukte	254	Antiklopfmittel in Flugbenzin	274
<u>Das Kriegsende und die Folgen für die deutsche Luftfahrt und ihre Industrie der Betriebsstoffe</u>	255	Produktion Flugturbinenkraftstoffe	274
Literatur	256	2. Luftfahrt-Schmierstoffe	275
7. Kapitel: BETRIEBSSTOFFVERSORGUNG VOM KRIEGSENDE 1945 BIS ZUM NEUSTART DER DEUTSCHEN LUFTFAHRT 1955		<i>2.1 Flugmotorenöle</i>	275
<u>Das Umfeld für den Einsatz von Betriebsstoffen in der Luftfahrt</u>	259	Arten und Anforderungen an US-amerikanische, brit. und sowjet. Flugmotorenöle	275
1. Situation der Luftfahrt in Deutschland nach Kriegsende	259	Problem Additivierung bei Motorölen	276
<i>1.1 Militärischer und ziviler Flugverkehr in den Händen der alliierten Siegermächte</i>	260	<i>2.2 Flugtriebwerksöle</i>	277
<i>1.2 Deutsche Initiativen zum Wiederaufbau der zivilen Luftfahrt nach Gründung der BRD Deutschland</i>	260	Geschichte der Entwicklung US-amerikanischer, englischer und sowjetischer Flugtriebwerksöle	277
Büro Bongers und Lufttag in Westdeutschland	260	Typen und Anforderungen der ersten synthetischen Triebwerksöle	279
Erste Aktivitäten im Triebwerkbau: BMW Studiengesellschaft für Triebwerkbau	261	<i>2.3 Herkunft und Herstellungsverfahren der Triebwerksöle</i>	280
<i>1.3 Luftfahrt in der sowjetischen Zone Deutschlands</i>	261	3. Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt	281
VEB Lufthansa in Ostdeutschland	261	<i>3.1 Neuentwicklung synthetischer, schwer entflammbarer Hydraulikflüssigkeiten</i>	281
<i>1.4 Die Lage der Produktionsstätten für die Betriebsstoffe im Nachkriegsdeutschland</i>	262	<i>3.2 Herkunft und Herstellverfahren der Hydraulikflüssigkeiten</i>	283
Produktion der Luftfahrtbetriebsstoffe	263	4. Qualitätssicherung bei Betriebsstoffen der Luftfahrt	283
Auswirkungen der Berlin-Blockade 1948/49 auf die Betriebsstoffversorgung	263	<i>4.1 Qualitätssicherung bei den Luftwaffen der Besatzungsmächte</i>	283
Betriebsstoffversorgung im Zivilbereich durch ausländische Mineralölfirmen	264	Betriebsstoffspezifikationen bei der US Air Force	284
<u>Die Betriebsstoffe für Flugzeugantriebe nach 1945</u>	265	Betriebsstoffspezifikationen bei der britischen Royal Air Force	284
Allgemeiner Überblick	265	Betriebsstoffspezifikationen bei der sowjetischen Luftwaffe	285
		<i>4.2 Qualitätssicherung in der zivilen Luftfahrt</i>	285
		<i>4.3 Prüfvorschriften und Kontrollen bei den Luftfahrtbetriebsstoffen</i>	285

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

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

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
<i>2.2 Veränderungen in der Luftfahrtindustrie der BRD</i>	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, Hubschrauberprojekt BO 105	355	<i>4.2 Internationale Standardisierung der Flugkraftstoffe</i>	370
Internationale Kooperationen beim Triebwerksbau, MTU-Einstieg ins zivile Triebwerksgeschäft	356	<i>4.3 Qualitätsprüfungen</i>	370
<i>2.3 Weiterentwicklung der Luftfahrtindustrie in der DDR</i>	357	Prüfamt für Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe, Institut für Betriebsstofftechnik, Materialprüfstelle der Bundeswehr (MatPrSt)	371
<u>Die Betriebsstoffe in der Luftfahrt. Aktueller Stand und Fortschritte</u>	357	Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebe am Lehrstuhl für Maschinenelemente der TU München	372
Allgemeiner Überblick	357	Qualitätsprüfung bei den Luftstreitkräften der DDR	372
1. Flugkraftstoffe	358	5. Forschung und Entwicklung bei den Luftfahrtbetriebsstoffen	372
Lage der Betriebsstoffversorgung in Deutschland und die Auswirkungen der Ölkrise	358	<i>5.1 Internationale Forschungsaktivitäten</i>	372
Flugkraftstoffe im Wandel der Anforderungen	360	Kraftstoffe, Forschungsziel Kraftstoffeinsparung und alternative Kraftstoffe bzw. Rohstoffquellen	372
<i>1.1 Flugbenzin</i>	360	Triebwerksöle, Suche nach alternativen synthetischen Ölen	374
Ausnahmeregelung für Bleitetraethyl in der Luftfahrt	360	Forschung an synthetischen Triebwerksölen in der UdSSR	375
<i>1.2 Flugtriebwerkskraftstoffe</i>	360	<i>5.2 Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe in der Bundesrepublik Deutschland</i>	375
Ablösung von JP 4 durch JP 8 als Einheitskraftstoff	360	Neuorganisation der Luftfahrtforschung in der BRD	376
Sonderkraftstoff JP 7	361	Institut für Flugtreib- und Schmierstoffe der DVL/DFVLR	376
Kraftstoffe für den zivilen Überschallflug	361	<i>5.3 Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe in der Deutschen Demokratischen Republik</i>	377
Flugtriebwerkskraftstoffe in der DDR	362	Militärtechnisches Institut	
<i>1.3 Flugkraftstoffproduktion in Deutschland</i>	362	»Anton Ackermann«, Königs Wusterhausen	377
Ausweitung der Produktion an Flugtriebwerkskraftstoffen	362	Hochschule für Verkehrswesen in Dresden	378
2. Flugschmierstoffe	365	Akademie der Wissenschaften der DDR	378
<i>2.1 Status und Marktveränderungen bei Kolbenmotorenölen</i>	365	<u>Die Mineralöl- und Betriebsstoff-Logistik</u>	378
<i>2.2 Weiterentwicklungen bei den synthetischen Basisölen und Additiven der Flugturbinenöle</i>	366	1. Logistik/Versorgung	378
Flugtriebwerksöle für den zivilen Überschallflug	366	Bevorratung von Flugkraftstoffen zur Verhinderung von Lieferengpässen	378
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
		Flugkraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	402
		Biokraftstoffe der 2. Generation	403
		Biokraftstoffe der 3. Generation	403
		Nichtfossile Energieträger als Flugbetriebsstoffe	405
		Wasserstoff als Kraftstoff für Flugzeuge	405
		Elektrischer Antrieb von Flugzeugen	406
10. Kapitel: LUFTFAHRTBETRIEBSSTOFFE IN DEN JAHREN 1980 BIS 2010			
<u>Voraussetzungen für den Einsatz von Betriebsstoffen</u>	383	2. Flugschmierstoffe	408
1. Allgemeiner Überblick	383	Konzentration der Anbieter ab 1990	408
Politischer und wirtschaftlicher Wandel in Deutschland	383	2.1 Flugmotorenöle	409
Energiesituation in Deutschland ab 1980	383	Status und Veränderungen	409
2. Veränderungen bei der deutschen Luftfahrt	384	2.2 Flugturbinenöle	410
Wachstum der Luftfahrtbranche und die Folgen, Kraftstoffverfügbarkeit und Kosten	385	Status und Neuentwicklungen	410
Das Ende der DDR-Luftfahrtära 1990	387	Alternative Triebwerköl, Esteröle bleiben	
Maßnahmen zum Umweltschutz, Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs durch optimierte Flugzeug- und Triebwerkskonstruktionen	388	Basis	412
		Hersteller von Flugtriebwerkölen	414
<u>Die Betriebsstoffe in der Luftfahrt – Neue Wege und Fortschritte</u>	389	3. Flughydraulikflüssigkeiten	414
Allgemeiner Überblick über die Luftfahrt	389	Begrenzter Spielraum für alternative Produkte	414
1. Flugkraftstoffe	390	4. Qualitätssicherung	415
1.1 Flugbenzin	390	Von der Lieferspezifikation zur Leistungsnorm	415
Trend zur Ablösung der bleihaltigen Flugbenzine	390	Betriebsstoffspezifikationen im globalen Luftverkehr	415
1.2 Flugturbinenkraftstoff	391	Normung alternativer Flugkraftstoffe als Herausforderung	416
Trend zum Einheitskraftstoff	392	Normung der Flugtriebwerköl nach spezifischen Anforderungen	416
Zulassung von Flugkraftstoffen aus synthetischen Kohlenwasserstoffen oder als Zusätze davon	393	Normung neuer Hydraulikflüssigkeiten	418
Entwicklung von JP-8 + 100	393	Absicherung des Zulassungsvorgangs bei Luftfahrtbetriebsstoffen, Qualitätssicherstellung durch internationale Arbeitskreise militärischer oder ziviler Zusammenschlüsse	418
Stand bei den zugelassenen Additiven in Flugtriebwerkstoffen	394	Qualitätsprüfung von Flugkraftstoffen	419
Flugtriebwerkskraftstoffe der russischen bzw. DDR-Luftfahrt	394	5. Weltweite Forschung und Entwicklung bei den Betriebsstoffen	420
1.3 Produktionssituation der Flugkraftstoffe in Deutschland	396	<i>5.1 Internationale Aktivitäten auf dem Gebiet der Luftfahrtbetriebsstoffe</i>	420
1.4 Alternative Energieträger	398	Wissenschaftlich-technische Bestrebungen bei den Flugkraftstoffen	420
Aktueller Stand der Entwicklungsprojekte, Einschätzung für die Zukunft	398	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	<i>Die Logistik der Luftfahrtbetriebsstoffe bis 2010</i>	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 Getriebbau, 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 Abbauprodukte	430	Flieger-Grundbenzin TL 147–153 (Beispiel für eine komplette TL)	449
Gesundheitsschutz	430	Anforderungen des RLM für Flugbenzine	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