

## Luftverkehr und Energie

VON GÜNTHER BECHER, LOHMAR\*)

V.st.a ✓  
V.ps.a ✓

### 1. Zum Kontext des Energieproblems im Luftverkehr

Das Energieproblem, selbst wenn – wie im vorliegenden Fall – die Darstellung auf die Perspektive des international operierenden Luftverkehrs „eingengt“ wird, ist äußerst vielschichtig. Abhängigkeiten verschiedener Einflußfaktoren auf die Spezifika des Luftverkehrs sind von Wichtigkeit und daher in die Ausführungen einzubeziehen. Generell läßt sich folgendes feststellen:

- Das Energieproblem ist ein umfassendes Problem mit weltwirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen, betriebswirtschaftlichen als auch individualwirtschaftlichen Betrachtungsebenen. Darüber hinaus ist die Energiesituation natürlich nicht bloß ein ökonomisches, sondern in hohem Maße auch ein (macht-)politisches, ein technisches und ein ökologisches Problem<sup>1)</sup>.
- Die Analyse der Energiesituation und der Versuch, Prognosen für die Zukunft abzuleiten, erfordert die Einbeziehung aller z. Z. relevanten Energieträger; es ist erforderlich, Substitutionseffekte zwischen den einzelnen Energieträgern und dabei die verstärkte Erschließung regenerativer Energieformen zu berücksichtigen.
- Unternehmungen, die dem tertiären Wirtschaftssektor (Dienstleistung, Transport, Verkehr) zuzuordnen sind, können Energiekosten allenfalls über die Effizienz der eingesetzten Menge – und dies verbunden mit z. T. hohen Investitionen – sowie durch eine selektive, optimierende Einkaufs- und Lagerpolitik beeinflussen. Das wichtigste Datum, der Preis, muß als exogene Determinante – und damit als nicht beeinflussbar – hingenommen werden, insbesondere deswegen, weil derartige Unternehmen nicht selten auf kurzfristig nicht substituierbare Energieträger festgelegt sind; im Falle des Luftverkehrs beträgt die Abhängigkeit 100 % bezogen auf den Einsatz von Mineralölprodukten.
- Zwar läßt sich der Einfluß von Treib-/und Betriebsstoffkosten auf die Kostenstruktur einer Luftverkehrsgesellschaft ohne weiteres separieren, für eine Beurteilung der Gesamtsituation der Luftverkehrsgesellschaften und für eine Erörterung möglicher Reaktionsmaßnahmen reicht eine solche Betrachtung jedoch nicht aus;

*Anschrift des Verfassers:*

Dr. Günther Becher  
Mitglied des Vorstands  
der Deutsche Lufthansa AG  
Von-Gablenz-Str. 2–6  
5000 Köln 21

\*) Unter Mitarbeit von Herrn *Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Vieweg*, Alfter b. Bonn.  
– Die Ausarbeitung repräsentiert den Stand Dezember 1982.

1) Vgl. *Lantzke, U.*, Energiewirtschaft – Perspektiven aus internationaler Sicht, in: *Rationalisierung*, Heft 10/11, 1981, S. 248.

die Mineralölpreisentwicklung ist in einem Zusammenhang mit der weltwirtschaftlichen Situation, die sie beeinflusst und von der sie wiederum rückbeeinflusst wird, in concreto mit der z. Z. bestehenden, weltweiten Rezession und ihren Konsequenzen sowie mit den verkehrspolitischen Rahmenbedingungen zu sehen.

## 2. Die Energiesituation

### 2.1. Die Weltenergiesituation

Die Verfügbarkeitsbeschränkungen für Energie, die aus der Erschöpfung der geologischen Reserven resultieren, werden durch politische Restriktionen weiter verschärft. Die sich gegenwärtig vollziehende Neustrukturierung der Ölbezugswege<sup>2)</sup> fördert die Störanfälligkeit der internationalen Ölmärkte und verschärft tendenziell die politischen Verfügbarkeitsrestriktionen für Mineralöl. Energieprobleme – nicht bloß bezogen auf den Mineralölbereich – sind deshalb nicht nur ins Spannungsfeld der Politik geraten, sondern sie bestimmen zunehmend selbst die Motivationen und Strategien der internationalen Machtpolitik<sup>3)</sup>. Mithin reduziert sich die Kalkulierbarkeit der Einflüsse, und Ungewißheit charakterisiert die Situation<sup>4)</sup>.

#### 2.1.1. Die Energiesituation allgemein

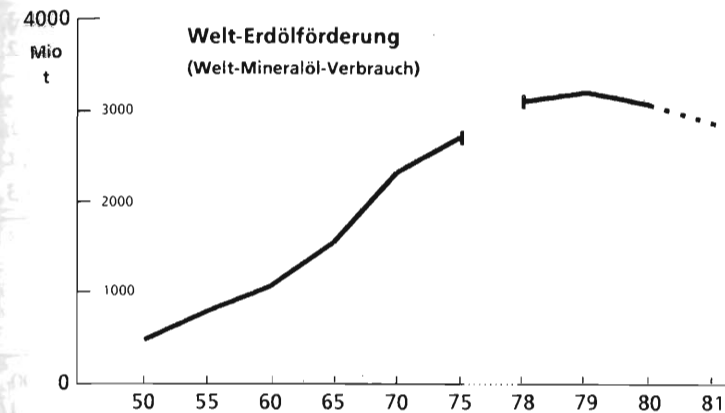
Von dem Gesamtweltenergieverbrauch 1979 in Höhe von ca. 8,8 Mrd. t SKE<sup>5)</sup> (ohne regenerative Energie und Atomenergie) entfielen auf die Energieträger Mineralöl 46 %, auf Kohle 34 % und auf Erdgas 20 %<sup>6)</sup>.

Die Erdölförderung der gesamten Welt betrug 1981 2,86 Mrd. t (1980: 3,06/1979: 3,19), davon förderten die OPEC-Länder 1,1 Mrd. t (1,3/1,4). Rund ein Drittel (27 %) der Weltölförderung von 0,8 Mrd. t (0,9/1,1) entfällt auf den Nahen Osten, 609 Mio. t (603/586) auf die UdSSR, 477 Mio. t (482/479) auf die USA und rund 225 Mio. t (298/319) auf die afrikanischen Länder. Dieser Fördermenge steht ein Weltmineral-

- 2) Vgl. Pobl, H. G., Der Ölmarkt im Strukturwandel unter besonderer Berücksichtigung verkehrswirtschaftlicher Aspekte, in: Willeke, R. (Hrsg.), Bedingungen nachhaltiger Energiesicherung für den Verkehr, Düsseldorf 1980, S. 92 f. Während die Regierungen der Förderländer in 1970 ca. 6 % Eigentum am Rohöl hatten, waren dies in 1979 ca. 55 %. In diesem Ausmaß ist das Eigentum der Ölgesellschaften zurückgegangen. Siehe außerdem Bénard, A., World Oil and Cold Reality, in: Harvard Business Review, Nov. – Dez. 1980, wieder abgedruckt in: The McKinsey Quarterly, Herbst 1981, S. 30–47, hier S. 43 ff.
- 3) Vgl. Seidenfus, H. St., Energiewirtschaftlicher Strukturwandel und die Zukunft des Verkehrs, in: Vorträge und Studien aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Heft 20, Göttingen 1980, S. 6.
- 4) Vgl. Schneider, H. K., Ungewisse Energie-Situation in Westeuropa, in: Gottlieb-Duttweiler Institut (Hrsg.), Kernenergie offen bilanziert. Brennpunkte (Bd. 4), Rüslikon-Zürich 1976, S. 24.
- 5) 1 SKE (Steinkohleeinheit) = Energiegehalt von 1 kg Steinkohle = 7000 Kcal = 0,69 kg Öl
- 6) Vgl. Bund, K., Die Energieversorgung der Bundesrepublik in den achtziger Jahren. Internationale Aspekte – nationale Folgerungen, in: Brecht, C. et al. (Hrsg.), Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie 1980/81, Essen, S. 8.

ölverbrauch von 2,93 Mrd. t (3,02/3,16) gegenüber, wovon alleine ca. 26,3 % (26,7/27,6) die USA verbrauchten<sup>7)</sup>.

Abb. 1: Welterdölförderung 1950 – 1981



Quelle: Mineralölwirtschaftsverband, Jahresbericht 1981, a.a.O.

Die Steigerungen der Förder- und Verbrauchsmengen haben sich seit Beginn der 70er Jahre ganz deutlich verringert. Kurzfristig greifende Sparmaßnahmen<sup>8)</sup> (ausgelöst durch die hohen Mineralölpreise) – und nicht zuletzt milde Winter – erklären diesen Trend. Ob und gegebenenfalls wie lange diese Tendenz andauern wird, steht dahin. Obwohl Energiepolitiker grundsätzlich nicht mehr von einem überraschungsfreien Szenario ausgehen können, ist es für die Orientierung bei der Konzeption energiepolitischer Maßnahmen unerlässlich, plausible Energieszenarien auch auf mittlere (bis zum Jahre 1990) und längere (bis zum Jahre 2000) Sicht zu entwerfen.

Mit Hilfe zweier Szenarien zeigt die IEA<sup>9)</sup> entsprechend der aktuellen Erkenntnisse folgende weitere Entwicklung auf<sup>10)</sup>:

- 7) Mineralölwirtschaftsverband e. V., Arbeitsgemeinschaft Erdöl-Gewinnung und -Verarbeitung, Jahresbericht 1981, Hamburg 1981, S. T60 und T62.
- 8) Vgl. Lantzke, U., Energiewirtschaft . . . , a. a. O., S. 247.
- 9) IEA = Internationale Energie-Agentur, Paris. Die IEA wurde 1974 von den Industrieländern als Antwort auf die Ölkrise gegründet und umfaßt außer Frankreich, Finnland und Island alle OECD-Staaten; das entspricht ca. 80 % des Weltprimärenergieverbrauchs bzw. 70 % des Welterdölverbrauchs (jeweils ohne Planwirtschaftsländer).
- 10) IEA, World Energy Outlook II, Paris 1982, S. 24 und 44. (Der World Energy Outlook I wurde 1977 von der IEA veröffentlicht). Siehe außerdem: Lantzke, U., Energiewirtschaft . . . , a. a. O., S. 248. Siehe ferner die umfassende Analyse der Energiesituation in Stobough, R., Yergin, D. (Hrsg.), Energie-Report der Harvard Business School, Gütersloh 1980.

Tabelle 1: Prämissen des World Energy Outlook 1982, IEA

	1980 – 1985	1985 – 2000
<i>Szenario I</i>		
Steigender Öl-Preis/weniger Wachstum		
Öl-Preis, real	- 3,3 %	+ 3,0 %
Wirtschaftliches Wachstum	+ 2,4 %	+ 2,7 %
<i>Szenario II</i>		
Konstanter Öl-Preis/großes Wachstum		
Öl-Preis, real	- 3,9 %	+/- 0 %
Wirtschaftliches Wachstum	+ 2,6 %	+ 3,2 %

Quelle: IEA, World Energy Outlook 1982

Tabelle 2: Welt-Energieszenarien, Entwicklung 1980 – 2000

	1980	1985	1990	2000
Nachfrage (in Mtoe <sup>11)</sup> )		I/II	I/II	I/II
Primärenergie	3812	3930–3969	4269–4472	5089–5806
Endenergie	2670	2710–2739	2900–3038	3299–3762
davon für Transport in %	28,3	ca. 28,2	ca. 27	ca. 25
Angebot (in Mtoe)	3854	3930–3969	4269–4472	5089–5806
in % Öl	48,9	43,2/43,5	38,0/39,7	31,4/36,1
Gas	19,3	21,4/19,5	20,2/18,8	18,7/14,3
Kohle	21,3	22,2/22,2	24,6/24,2	29,2/30,0
Nuklear	3,8	7,6/7,7	10,0/10,0	11,2/10,7

Quelle: IEA, World Energy Outlook 1982

Die Bundesregierung rechnet bezogen auf die *Bundesrepublik Deutschland* mit nachstehendem Endenergieverbrauch<sup>12)</sup>:

11) Mtoe = Million tons of oil or equivalent; 1 toe = 7,57 barrels.

12) Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Energie-Programm der Bundesregierung. Dritte Fortschreibung vom 4. 11. 1981, S. 72 ff.

Tabelle 3: Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 1970 – 1995

	1970	1978	1985	1990	1995
Endenergieverbrauch in Mio t SKE	230,9	260,9	267 – 278	274 – 288	279 – 291
davon Verkehr in %	39,5	54,2	59 – 62	57 – 61	57 – 61
darunter Mineralölprodukte in Mio t SKE	131,1	152,0	132 – 139	125 – 130	117 – 123
in %	56,8	58,2	ca. 50	ca. 46	ca. 42

Quelle: Energie-Programm der Bundesregierung

Gemäß dieser beiden Zukunftseinschätzungen würde der Ölanteil am Energieverbrauch deutlich sinken. Erdöl könnte demzufolge in zunehmenden Maße für den Verkehrssektor<sup>13)</sup> und für nicht-energetische Bereiche (z. B. Chemie/Pharmazie) reserviert werden.

### 2.1.2. Die Gestaltung des Energieangebots im Mineralölbereich

Aufgrund der 100%igen, auf absehbare Zeit bestehenbleibenden Abhängigkeit des Luftverkehrs vom Energieträger Mineralöl ist der Mineralölbereich für die Energiesituation im Luftverkehr von besonderer Relevanz. „Ölkrisen“ sind bisher weniger Mengenkrisen als vielmehr Preiskrisen („Ölpreisschock“) gewesen: dennoch gibt es eine Mengenkomponente. Die wesentlichsten Determinanten auf den Mineralölpreis sind in Abb. 2 schematisch zusammengestellt. Daraus wird u. a. die Rolle des Ölpreiskartells der OPEC<sup>14)</sup> deutlich, die im Bewußtsein der starken Abhängigkeiten der Energiewirtschaften vom Mineralöl den Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage, insbesondere vermittelt einer entsprechenden Preispolitik, steuert.

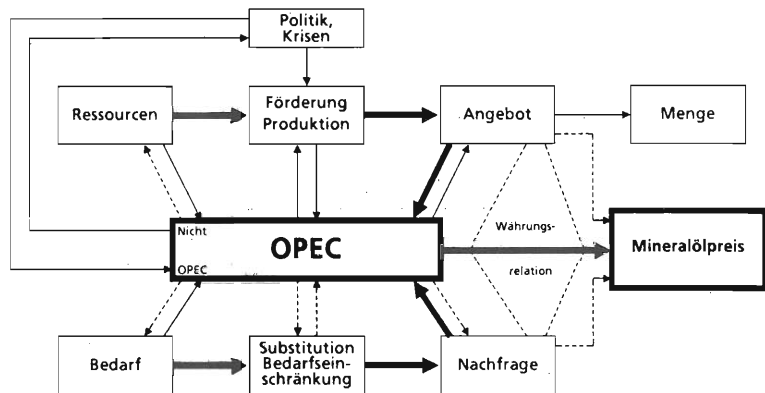
Die Erdöl-Weltmarktpreise auf der Basis ausgewählter OPEC-Staaten (mit ihren

13) Vgl. Forecasters Projecting Stabilizing Fuel Situation, in: Aviation Week & Space Technology, 3. November 1980, S. 63. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil (laut ICAO) nur 10–15 % des gesamten Rohöls technologisch für Kerosin verarbeitet werden können (ebenda S. 64).

ICAO = International Civil Aviation Organization. Sitz: Montreal, gegründet 1947, Staatenzusammenschluß in Sachen Luftverkehr.

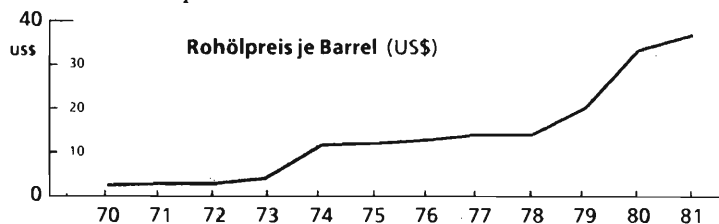
14) OPEC = Organization of Petroleum Exporting Countries (Algerien, Indonesien, Iran, Irak, Kuwait, Libyen, Nigeria, Oman, Qatar, Saudi-Arabien, Ver. Emirate, Venezuela, Ecuador, Gabun). 1981: 38,5 % der Welterdölförderung, ca. 60 % Weltölreserven.

Abb. 2: Determinanten des Mineralölpreises



Exportanteilen gewichtet) haben sich in US-\$ je Barrel<sup>15)</sup> wie folgt entwickelt<sup>16)</sup> (Jahresmittelwerte):

Abb. 3: Erdöl-Weltmarktpreise 1970 – 1981



Quelle: Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1981

Zwischen dem 31. 12. 1978 und 31. 12. 1980 stieg der durchschnittliche Rohölpreis am Weltmarkt von 12,9 \$ pro Faß auf 32,0 \$ pro Faß, was einer Erhöhung von 148 % entspricht. Ende März 1981 lag der Preis pro Faß bei 35 \$, was einer weiteren Erhöhung von 9 % gleichkommt<sup>17)</sup>. Die Preissteigerungen wurden vollzogen, während zugleich der Ölverbrauch der Industrieländer zurückging (1979/80: - 8 %). Ein weiterer Rückgang des Ölverbrauchs in der ersten Jahreshälfte 1981<sup>18)</sup> (IEA: minus 3 - 5 %) führte schließlich Mitte 1981 zu einem Angebotsüberhang am Welterdölmarkt, der nicht nur zu fallenden Spotmarktpreisen, sondern auch zu einer Rücknahme des offiziellen Ölverkaufspreises einer Reihe von Ölländern führte. Die Preise wurden im Juni 1981 von Ländern wie Mexiko, England und Norwegen um rund 4 \$ pro Faß gesenkt,

- 15) 1 U. S. Barrel (Petroleum) = 42 Gallonen = 158,97 Liter; 6,5 - 7,5 Barrel (je nach spezifischem Ölgewicht) = 1 Tonne.
- 16) Vgl. Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1981, Kapitel 12.4. Die Konversationsrate entspricht den ICAO-Umrechnungskursen.
- 17) Vgl. Lantzke, U., Energiewirtschaft . . . , a. a. O., S. 247.
- 18) Vgl. Welt-Erdölförderung im Abschwung, SHELL-Erdöl-Nachrichten (1/81), 8f. Außerdem: Bericht über die Versorgungslage bei Mineralöl, in: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung Bonn, BMWi (Hrsg.), Aktuelle Beiträge zur Wirtschafts- und Finanzpolitik, Tn Nr. 8082 vom 26. Mai 1981, S. 3-5.

während eine Reihe von meist kleineren Förderländern ihre Preise bereits vorher, u. a. durch den Wegfall von Prämien, gesenkt hatten<sup>19)</sup>. Die Ölpreisfront zeigte deutliche Anzeichen einer Destabilisierung; auch die OPEC-Länder verhielten sich uneinheitlich. Ende Oktober 1981 haben sich jedoch die OPEC-Mitglieder auf einen Grundpreis von 34 \$ je Barrel für den Zeitraum 1. 11. 1981 bis Ende 1982 geeinigt; Qualitätszu- und abschläge sind möglich, wodurch sich ein Preisband von 31,50 - 38 \$ pro Faß ergibt<sup>20)</sup>. Nicht zuletzt wegen der Preisführerschaft der OPEC dürfte sich die Ölpreisentwicklung insgesamt auf dem genannten Niveau zunächst stabilisieren und eventuell leicht zurückentwickeln<sup>21)</sup>. Nicht zu berücksichtigen sind bei diesen Überlegungen preisbeeinflussende Entwicklungen, die sich aus Notständen einzelner Öl produzierender Länder ergeben können, wie z. B. Kriege (Iran/Irak) oder Staatsbankrotte oder Quasi-Bankrotte (z. B. Mexiko); derartige Einflußfaktoren sind kaum kalkulierbar.

2.2. Die Energiesituation im Luftverkehr

Bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland entfallen ca. 1,2 % des genannten Endenergieverbrauches auf den Luftverkehr<sup>22)</sup>. Nach Angaben der ICAO beläuft sich der Verbrauch der zivilen Luftfahrt auf 4 % des gesamten Weltölverbrauchs<sup>23)</sup>.

Der Energieverbrauch im Verkehrssektor verteilt sich auf die einzelnen Verkehrsträger wie folgt:

Tabelle 4: Energieverbrauch je Verkehrsträger

Verkehrsträger	USA <sup>24)</sup>	6 Westeurop. <sup>24)</sup> Länder	BRD <sup>25)</sup>
Pkw	88,5	85,9	
Bus	0,7	5,1	86,6
Bahn	0,3	5,3	4,4
Binnenschifffahrt	-	-	2,5
Flugzeug	10,4	3,7	6,5
	100 %	100 %	100 %

Quellen: ADV und Darmstaedter et. al.

- 19) Vgl. Lantzke, U., Energiewirtschaft . . . , a. a. O., S. 247.
- 20) Vgl. Frankfurter Allgemeine Zeitung, vom 31. 10. 1981, S. 1 sowie Die Welt, vom 31. 10. 1981, S. 1 und 3.
- 21) Siehe hierzu: Im Sog des Preisrutsches, in: Wirtschaftswoche (Nr. 50 vom 10. 12. 1982), S. 12 ff. sowie: Machtkampf in der OPEC, Frankfurter Allgemeine Zeitung, vom 21. 12. 1982, S. 7.
- 22) Vgl. Lisson, P., Energiesituation in der Bundesrepublik Deutschland, in: Willeke, R. (Hrsg.), Bedingungen nachhaltiger Energiesicherung . . . , a.a.O., S. 124, Kubne, M., Wolfram, U., Energieverbrauch im Personenverkehr der Bundesrepublik Deutschland in Gegenwart und Zukunft. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV), Stuttgart 1981, S. 9 ff. (Die Relation bezieht sich auf die Verbrauchsstruktur in 1978 und 1979.)
- 23) Vgl. Forecasters Projecting . . . , a.a.O., S. 64.
- 24) Nach Darmstaedter, Demkerley, Altmann, International Variations in Energy Use; Economy Impact 1979/4, zitiert nach Pohl, H. G., Der Ölmarkt im Strukturwandel . . . , a.a.O., S. 69.
- 25) Vgl. Kubne, M., Wolfram, U., Energieverbrauch im Personenverkehr . . . , a.a.O., S. 9.

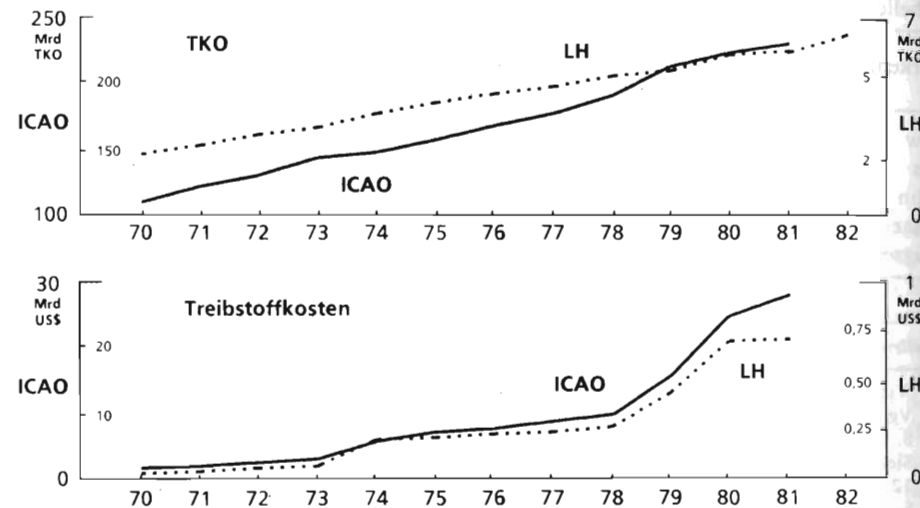
Zwar ist der prozentuale Anteil des Luftverkehrs am Energieverbrauch relativ gering, jedoch besteht eine vollständige Abhängigkeit des Luftverkehrs vom Mineralöl. Entwicklungen im Mineralölbereich sind direkt und in maßgeblicher Weise für den Luftverkehr relevant.

Für den zivilen Luftverkehr ist die Abhängigkeit vom Mineralöl deshalb besonders gravierend, weil sie nicht bloß technologisch begründet ist, sondern weil der Luftverkehr dem Preisgebaren der Ölförderländer völlig ausgesetzt ist. Der Treibstoff-Preis stellt eine exogene, nur in geringem Maße beeinflussbare Größe für eine jede Luftverkehrsgesellschaft dar<sup>26)</sup>; selbst durch eine optimierende Einkaufspolitik läßt sich auf den abverlangten Preis kaum Einfluß nehmen; dies ist eine Funktion des relativ geringen auf den Luftverkehr entfallenden Verbrauchsanteils.

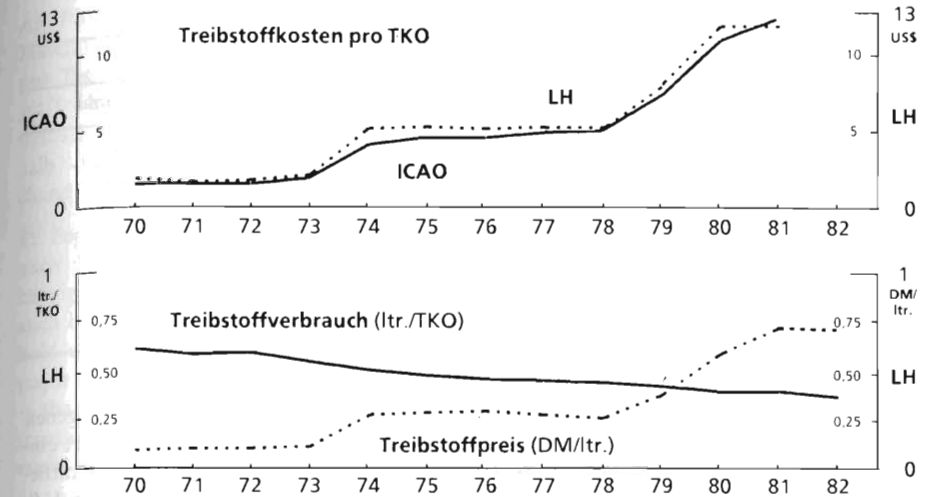
### 2.2.1. Die bisherige Entwicklung

Die bisherigen, unmittelbaren Auswirkungen der Entwicklungen im Mineralölbereich auf Kenngrößen des Luftverkehrs sind in den nachstehenden Diagrammen zusammen-

Abb. 4: Treibstoffsituation im Luftverkehr anhand von Kenngrößen



26) „The airlines are working hard on containing the costs they can control – today’s problem is that a very high proportion of the total cost burden is determined by outside forces.” Special Report: The 36th IATA Annual General Meeting, Part 1, in: Airline Newsletter, Chicago, 15 Nov. 1980, S. 370.  
IATA = International Air Transport Association. Sitz: Montreal/Genf. Erstgründung 1919, neugegründet 1945. Zusammenschluß von 122 Luftverkehrsgesellschaften.



Quellen: ICAO und Deutsche Lufthansa AG

gefaßt<sup>27)</sup>, wobei die TKO<sup>28)</sup>-Entwicklung (ICAO, LH<sup>29)</sup>) die Mengenbasis darstellt.

Die Kurvenverläufe lassen erkennen, daß trotz zurückgehendem Verbrauch aufgrund der Preisentwicklung die Kostenbelastungen der Luftverkehrsgesellschaften weiter zunehmen<sup>30)</sup> (s. auch Punkt 3.2.1 und Abb. 6).

### 2.2.2. Die derzeitige Situation

Infolge der aktuellen Nachfragesituation<sup>31)</sup> und der jüngsten OPEC-Beschlüsse hielten sich die Treibstoff-Preise in 1981/1982 konstant bzw. waren leicht rückläufig. Während – bezogen auf US-Carrier – noch Preissteigerungen um rd. 3 % (Januar 1981) gegenüber dem Vormonat zu verzeichnen waren, konnten ab August 1981 vorübergehend leichte Preisrückgänge festgestellt werden<sup>32)</sup>:

27) Die Daten entstammen diversen Berichtswerken der ICAO und der Deutschen Lufthansa AG. Weitere Daten, die auf eine Befragung von 46 national und international operierenden Luftverkehrsgesellschaften zurückgehen und die durch die Air Transport World durchgeführt worden ist, sind enthalten in: Special Survey Report: Fuel prices rose 30 % in 1980, are now 30 % of costs, in: Air Transport World, 4/81, S. 24 f.

28) TKO = Tonnen-Kilometres-Offered.

29) LH = (Airline designator) Deutsche Lufthansa AG

30) Vgl. Fuel Costs and sagging economics stifle airline traffic and profits, in: Air Transport World (5/81), S. 55: US-Domestic- and US-International-Trunks 1979/80: – 5,45 % Fuel-Verbrauch, + 54,4 % Fuel-Kosten.

31) Vgl. Demand Softening for Aviation Fuel (z. B. infolge des ‚Air traffic controllers walkout‘), in: Aviation Week & Space Technology, 9. Nov. 1981, S. 211.

32) Vgl. CAB-Charts: All Carrier Groups, Fuel Costs and Consumption, veröffentlicht jeweils in: Aviation Daily; September 1982: Rückgang gegenüber Vorjahresmonat um ca. 7 % (international).

Tabelle 5: Veränderung der Treibstoffpreise für US-Gesellschaften

	Änderung zum Vormonat in %	
	domestic	international
Januar 81	4,03	2,74
Mai 81	0,03	0,05
August 81	- 0,33	- 0,01
Dezember 81	- 0,04	- 0,52
März 82	- 1,49	- 1,80
September 82	- 0,46	- 0,01
Oktober 82	+ 0,89	+ 0,93

Quelle: CAB-Charts

Nachhaltige Engpässe in der Jet-Treibstoff-Versorgung sind in den vergangenen 2 Jahren nicht aufgetreten. (Allenfalls sind Störungen lokaler und temporärer Art eingetreten, z. B. in Karthoum und in Sydney infolge von Streiks.) Die U.S.-Gesamtbestände an Jet-Treibstoff lagen in diesem Zeitraum überwiegend über dem vom U.S. Department of Energy vorgegebenen „Average Range“ (35 – 40 Mio. Barrels); zum 12. November 1982 wurde ein Bestand von 41,1 Mio. Barrel registriert<sup>33)</sup>.

Trotz der zur Zeit als unkritisch – weil insgesamt entspannter – anzusehenden Versorgungslage besteht latent das Risiko einer Betriebsgefährdung fort. Da die meisten Ölexportländer zu den politisch am wenigsten stabilen Regionen der Erde zu rechnen sind, kann selbst eine regional beschränkte Krise erhebliche Beeinträchtigungen auch für die Versorgung des Luftverkehrs mit Treibstoff hervorrufen.

Aufgrund der Preissituation und aufgrund der unsicheren Versorgungslage steht der Luftverkehr insgesamt und jede einzelne Luftverkehrsgesellschaft unter erheblichem Kosten- und Anpassungsdruck. Insofern befindet sich das Luftverkehrssystem in einem oktroyierten Wandel. Ihn zu bewältigen, bieten sich für Luftverkehrsgesellschaften Chancen; entsprechende Anstrengungen werden unternommen (vgl. Kapitel 4). Ihn nicht zu bewältigen, kann zum wirtschaftlichen Ende der jeweiligen Gesellschaft führen.

### 2.2.3. Die zukünftige Entwicklung

Die genannten Instabilitäten bringen für solche Prognosen, die eng an die zukünftige Entwicklung im Mineralölbereich gebunden sind, besondere Unsicherheit mit sich. Dennoch ist es unerlässlich, entsprechende (strategische) Leitlinien zu entwickeln. Voraussetzung dazu sind geeignete Szenarien. Beispiele für solche Szenarien, die die Gesamtenergiesituation zum Gegenstand haben, wurden unter Punkt 2.1.1. (vgl. Tabellen 1 bis 3) wiedergegeben. Prognosen wären auf der Basis ähnlicher Szenarien zu generieren<sup>34)</sup>. Mit dieser Methode arbeiten – soweit dies absehbar ist – auch die großen Mineralölgesellschaften.

33) Vgl. DOE Chart: Jet Fuel Stocks, wöchentlich in: Aviation Daily.

34) Bezüglich einer allgemeinen Zukunftsdarstellung siehe: Wilkinson, K. G., The World Air Transportation System in the Year 2000, in: Tech Air, Vol. 37, No. 7, Juli 1980, S. 1 – 4.

Als Folge einer verstärkten Inanspruchnahme anderer Energieträger wird der Welt-Mineralölverbrauch auf lange Sicht (tendenziell) abnehmen (lt. Exxon 5 Mio. Barrels pro Tag weniger als 1990/2000 als 1979<sup>35)</sup>). Durch die Nichtsubstituierbarkeit von Jet-Treibstoff im Luftverkehr wird dagegen der Anteil an Mineralöl, das zu Flugzeug-treibstoff verarbeitet wird, steigen<sup>36)</sup>. Verschiedene Treibstoffhersteller erblicken deshalb im Jet-Treibstoff-Markt langfristig einen Wachstumsmarkt<sup>37)</sup>. Dementsprechend ist das Interesse der Mineralölgesellschaften für diesen Produktionsbereich.

Es liegt auf der Hand, daß neben den Ölförderländern bei spezialisierten Märkten auch Treibstoffhersteller einen maßgeblichen Einfluß – sogar gelegentlich unabhängig vom Ölpreis – auf die Treibstoffsituation im Luftverkehrsbereich haben und auch behalten. „One analyst, who asked not to be identified, agreed that prices should hold at current levels but discounted much chance of further reductions unless the major suppliers cut prices. I will not call them a cartel, but let's say the 'controllers' – the four or five oil companies that supply the bulk of the jet fuel – if they keep together, prices will stay where they are. If those 'controllers' break, however, you might see a major decline in jet fuel prices.“<sup>38)</sup>

In einer Langfristprognose ermittelt die US-Energy Information Administration (Jahresbericht 1980 an den Kongreß) einen Rohölpreis von 41 \$ pro Faß für 1990 und von 50 \$ pro Faß für 2000. Auf dieser Grundlage wird für das Jahr 1995 ein Jet-Treibstoff-Preis von 1,45 \$ pro Gallone<sup>39)</sup> vorausgesagt<sup>40)</sup>. – Ob diese Preisschätzungen Bestand haben werden, wird die nähere Zukunft zeigen<sup>41)</sup>.

Der Luftverkehr wird im betrachteten Zeitraum in hohem Maße störanfällig gegenüber auftretenden Versorgungsengpässen bleiben, wenn auch – in klarem Bewußtsein der Lage – erhebliche Anstrengungen unternommen wurden und werden, um die Krisenanfälligkeit einzugrenzen und um Kosteneffekte zu kompensieren. Viele der einschlägigen Zukunftskonzepte lassen sich allerdings – wegen des erforderlichen Entwicklungsvorlaufs und des Investitionsumfangs – erst in den kommenden Jahren implementieren und werden demzufolge erst in der weiteren Zukunft Wirkung zeigen.

### 3. Auswirkungen der Energiesituation auf den Luftverkehr

Luftverkehrsgesellschaften sind als Dienstleistungsunternehmen dem tertiären Wirtschaftssektor zuzurechnen, so daß Preissteigerungen in einem Primärwirtschaftsbereich den Luftverkehrsbereich zwar in der Wirkung direkt, wenn auch erst nach mehrfachem

35) Vgl. Demand Softening . . . , a. a. O., S. 213.

36) Vgl. Forecasters Projecting . . . , a. a. O., S. 63f.: „It is conceivable that civil aviation fuel needs, towards the end of the century, may reach a level which represents more than 10 to 15 % of total oil supply, an official of ICAO said.“

37) Demand Softening . . . , a. a. O., S. 213.

38) Fuel Prices Expected to Hold Through 1981, Perhaps Longer, in: Aviation Daily, 29. Mai 1981, S. 154.

39) 1 Gallone = 3,785 Liter; 42 Gallonen = 1 Barrel.

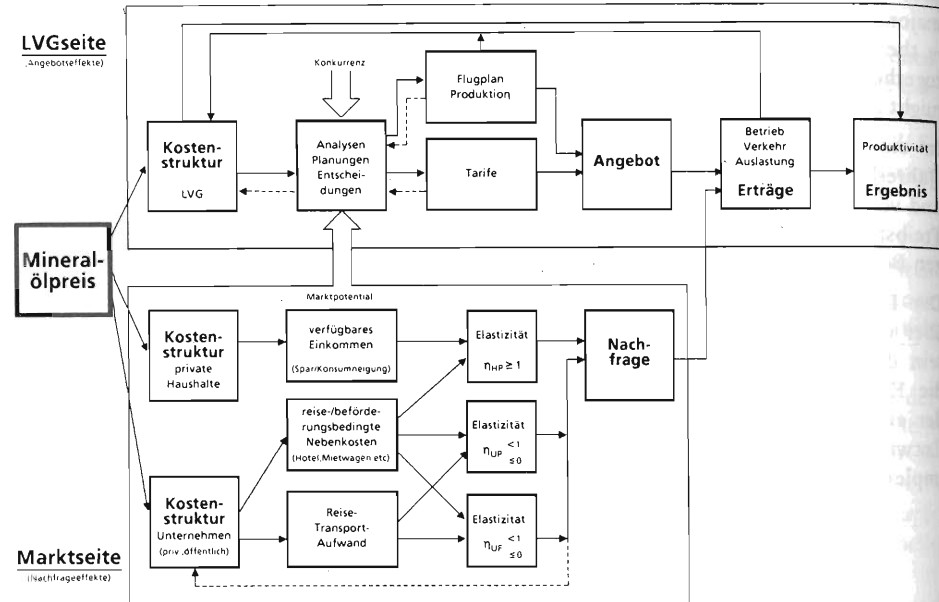
40) Vgl. Demand Softening . . . , a. a. O., S. 213.

41) Vgl. Demand Softening . . . , a. a. O., S. 213 (1980/85: –18 %).

Weiterwälzen der Preissteigerung erreichen. Dies ist ein wesentlicher Zusammenhang, der den speziellen Markt kennzeichnet, in dem die Lufttransport-Dienstleistung erbracht wird. Mineralölpreisveränderungen induzieren ein entsprechendes Verhalten bei den Leistungsnachfragern und wirken desweiteren über die Kostenstrukturen der Luftverkehrsgesellschaften auch auf deren Verhalten gegenüber der Konkurrenz im Markt.

Nachstehende Abb. 5 zeigt schematisch die relevanten Wirkzusammenhänge, die ausgehend von dem Mineralölpreis (vgl. Abb. 2) die Luftverkehrsgesellschaften sowie den dazugehörigen Markt beeinflussen.

Abb. 5: Auswirkungen des Mineralölpreises auf die Luftverkehrsgesellschaften und den Luftverkehrsmarkt.



3.1. Auswirkungen auf die für den Luftverkehr relevanten Umweltsegmente

Der Mineralölpreis tangiert aufgrund der Ölabhängigkeit der Industrienationen – unterschiedlich stark – alle Wirtschaftssubjekte, die Luftverkehrsgesellschaften jedoch im besonderen Maße. Die Mineralölsituation wirkt – subsumiert als ‚Angeboteffekte‘ (vgl. Punkt 3.2.1.) – zum einen auf die Verfügbarkeit und die Preise der Produktionsfaktoren, die zur Bereitstellung der Luftverkehrsdienstleistung einzusetzen sind, und – bezeichnet als ‚Nachfrageeffekte‘ – zum anderen auf das Verhalten der Dienstleistungsnachfrager.

Abb. 5 teilt die am Markt Luftverkehrsdienstleistungen nachfragenden Einheiten grob in ‚private Haushalte‘ und (private, öffentliche) ‚Unternehmen‘ auf, weil diese

beiden Bereiche der zu bedienenden Nachfrage unterschiedliche Nachfrageelastizitäten und demzufolge ein verschiedenes Nachfrageverhalten aufweisen<sup>42)</sup>.

Für die Reiseneigung im Privatreisebereich (Touristik, Besuche von Angehörigen, ethnischer Verkehr, Veranstaltungen etc.) ist das verfügbare Einkommen in Verbindung mit der allgemeinen Spar-/Konsumquote maßgeblich. Außerdem wird die eventuell zu treffende Reiseentscheidung durch ‚reise-/beförderungsbedingte Nebenkosten‘ (Hotelkosten, Preissituation am Reiseort, Währungsrelation, Kosten der Zu-/Abbringer sowie der Fahrten am Reiseort, evtl. Mietwagen etc.) stark beeinflusst. Die angeführten Parameter ‚verfügbares Einkommen‘ und ‚reise-/beförderungsbedingte Nebenkosten‘ sind in Relation zum Gesamtreiseaufwand zu sehen, von dem wiederum die jeweils aktuellen Beförderungstarife eine wesentliche reiseneisende Komponente darstellen. Die aufgeführten Entscheidungsparameter inklusive der Beförderungskosten (Tarife) sind sämtlich Funktionen der Mineralölpreisentwicklung, dies macht den Einfluß des Mineralölpreises auf das private Reisenachfrageverhalten deutlich.

Obwohl in den meisten Industrienationen die jährliche Urlaubsreise in vielen privaten Haushalten (noch) als Besitzstandskomponente aufgefaßt wird, ist man hinsichtlich des Reiseziels, des zu verwendenden Verkehrsmittels und der Reisedauer in hohem Umfang flexibel. Insofern ist die Privatreisenachfrage als (preis-)elastisch anzusehen. Diese elastische Reaktion des Privatreisennachfragers ist mitbestimmend für die tendenziell rückläufigen Zuwächse der Nachfrage; diese Entwicklung hat sich in 1982 fortgesetzt.

Tabelle 6: Entwicklung der Privatreisenachfrage

	1971/73	73/75	75/77	77/79	79/81
Passage <sup>43)</sup> Privatreisenachfrage (Mengensteigerung in %)	+ 40,7	- 8,8	+ 9,8	+ 37,5	+ 6,0

Quelle: Deutsche Lufthansa AG

Nahezu alle Aufwandsarten (und Ertragsarten) privater oder öffentlicher Unternehmen und Institutionen stehen unter dem Einfluß des Mineralölpreises. Lediglich bezüglich der Mittelbarkeit und des Ausmaßes der Einwirkung gibt es branchenabhängig, standortabhängig sowie in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße, der Organisationsstruktur etc. Unterschiede. Diese allgemeine Feststellung gilt im Be-

42) Bezogen auf die Passageseite teilt sich 1981 die Linienluftverkehrsnachfrage von/nach Deutschland in 45 % Privatreise- und 55 % Geschäftsreisenachfrage mit Steigerungsraten von durchschnittlich 6,6 % p. a. für den Privatreise- und von 5,2 % p. a. für den Geschäftsreisebereich ein (gem. Fluggastbefragung der Deutsche Lufthansa AG, hier Zeitraum 1971 – 1981). Auf den Frachtbereich (Fracht-TKT) entfallen 22,6% von der 1981 insgesamt weltweit erbrachten Transportleistung – 133,9 Mio TKT – (gem. ICAO Annual Report of the Council 1981, S. 3); TKT = ‚Ton-Kilometers transported‘.

43) Fluggastbefragungen der Deutsche Lufthansa AG bezogen auf den Linienverkehr von/nach der Bundesrepublik Deutschland.



sonderen für den Reise- und Transportaufwand sowie für die reise- und beförderungsbedingten Nebenkosten<sup>44)</sup>. Die geschäftliche Reise- und Transportnachfrage verhält sich bei Preissteigerungen normalerweise im wesentlichen unelastisch, weil die Unternehmen zum einen die Notwendigkeit ihrer Reisen und Transporte anders als der Privatreisende veranschlagen und zum anderen weil die Unternehmen grundsätzlich über die Möglichkeit verfügen, ihre Aufwandssteigerungen über die Preise an ihre Abnehmer weiterzugeben (sofern dies der jeweilige Markt toleriert).

Tabelle 7: Entwicklung der Geschäftsreise- und Frachtnachfrage

	1971/73	73/75	75/77	77/79	79/81
Passage <sup>43)</sup>					
Geschäftsreisefachfrage (Mengensteigerung in %)	+ 3,1	+ 17,6	+ 15,4	+ 18,9	- 0,4
Fracht <sup>45)</sup> (Mengensteigerung in %)	+ 11,0	+ 2,9	+ 7,4	+ 4,2	+ 0,4

Quelle: ICAO und Deutsche Lufthansa AG.

Das beschriebene, für die Privatnachfrage und für die geschäftliche Nachfrage typische Verhalten scheint gerade in neuerer Zeit allerdings nicht länger Bestand zu haben. Im Privatreisebereich bleibt infolge der Luftverkehrskonkurrenzsituation mit den angebotenen Billigtarifen eine Flugreise auch weiterhin für breite Nachfragebereiche erschwinglich (Ergebnis: geringere Preis-Elastizität), während der Geschäftsreisefachfrage-Sektor verstärkt die Effizienz seiner Reisen (Kosten-Nutzen-Relation), zumindest soweit die Beförderungsklasse (First Class, Business Class etc.) betroffen ist, kritisch überprüft (Ergebnis: höhere Preis-Elastizität). Es scheint sich auch wachsend – wenn auch noch in geringem Umfang – eine wechselseitige Beeinflussung von Reisen und kommunikative Medien zu entwickeln.

Dennoch wird trotz der (mineralölpreisbedingten) Preissteigerung und der sich zunehmend anbietenden Substitutionsmöglichkeiten auf Dauer ein erheblicher Geschäftsreisefachfragebedarf („absolut unelastischer“ Nachfrageanteil) verbleiben.

### 3.2. Auswirkung auf die Luftverkehrsgesellschaften

Die Auswirkungen der Mineralölpreisentwicklung auf die Luftverkehrsgesellschaften sind zum einen in Auswirkungen auf jede einzelne Luftverkehrsgesellschaft und zum anderen in solche auf das Verhalten der markt beteiligten Luftverkehrsgesellschaften zueinander zu unterscheiden.

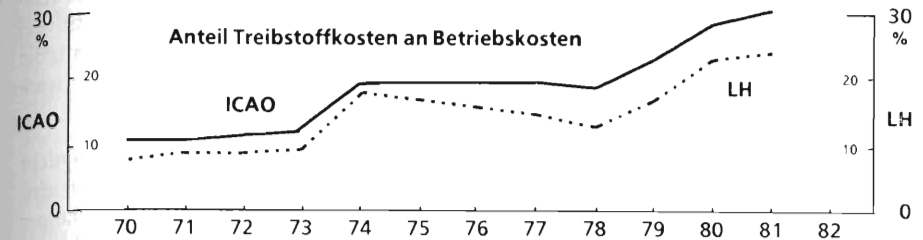
44) Natürlich beeinflussen auch Unternehmungen aufgrund ihrer speziellen Aufwands- und Ertragsstruktur die sog. „reise- und beförderungsbedingten Nebenkosten“ sowohl für den Privatreisefachfrage als auch für den Geschäftsreisefachfrage- und Frachtbereich.

45) Vgl. ICAO Annual Report of the Council 1981, S. 3.

### 3.2.1. Auswirkungen auf eine einzelne Luftverkehrsgesellschaft

Die Treibstoffkosten (allgemeiner: Aufwand an Betriebsstoffen) der Luftverkehrsgesellschaften haben in ihrem Anteil an den jeweiligen Betriebskosten erheblich zugenommen (s. Abb. 6; vgl. auch Abb. 4).

Abb. 6: Anteil Treibstoffkosten an Betriebskosten

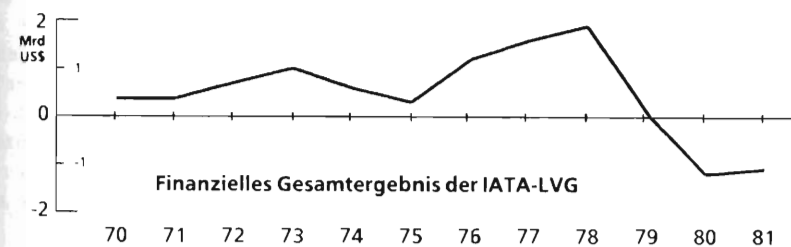


Quellen: ICAO und Deutsche Lufthansa AG

Bei den einzelnen Luftverkehrsgesellschaften ist in weniger als 10 Jahren der Anteil der Treibstoffkosten an den Gesamtbetriebskosten von ca. 8% auf 25 oder mehr Prozent gestiegen; dies ist eine drastische Veränderung der jeweiligen Kostenstruktur. Erhebliche Anpassungsmaßnahmen und Kompensationen sind angesichts derartiger Einwirkungen unerlässlich.

Der hohe und steigende Anteil der Treibstoffkosten an den Gesamtbetriebskosten wirkt sich natürlich auch auf das Betriebsergebnis aus, da ertragsseitige Gegensteuerungen nur mit zeitlicher Verzögerung greifen. So sind in den Jahren 1974 mit - 33,7% und 1979 mit - 76,3% gegenüber dem jeweiligen Vorjahr besonders gravierende Betriebsergebnisverringierungen entstanden<sup>46)</sup>. Insbesondere die Ölpreissteigerung in den Jahren 1979/80 („Ölkrise“) hat zu hohen Verlusten geführt. Die IATA berichtet im einzelnen die in Abb. 7 veranschaulichten Verkehrsergebnisse<sup>47)</sup>.

Abb. 7: IATA-Verkehrsergebnisse



Quelle: IATA

46) Siehe hierzu Aviation Report, No. 3067 vom 27. Okt. 1981, S. 3.

47) Vgl. IATA, State of the Industry, Annual Report, Part 1, versch. Jg. Gesamtergebnisse (vor Zinsen, vor Steuern), Gesamtverkehr. LVG = Luftverkehrsgesellschaft.



### 3.2.2. Auswirkungen auf das Marktverhalten der Luftverkehrsgesellschaften

Vom Trend der treibstoffbedingten Kostenstruktur-Verschiebung sind alle Luftverkehrsgesellschaften gleichermaßen betroffen. Dennoch sind die Auswirkungen von Mineralölpreissteigerungen zwischen den einzelnen Luftverkehrsgesellschaften hinsichtlich der Höhe der Auswirkung und deren zeitlichem Eintreten unterschiedlich. Die wirtschaftliche Situation der Luftverkehrsgesellschaften wird – insbesondere in Relation zur Konkurrenz – permanent neu definiert. Je nach der Höhe eines relativen Vorteils gegenüber dem Wettbewerber wird versucht, diesen mit positivem Effekt auf die Marktstellung zu realisieren. Dies war im Prinzip immer der Fall, die Entwicklung des exogenen Kostenfaktors Treibstoff jedoch wirkt hier sehr stark akzentuierend und verschiebend.

Kritisch bei diesem Prozeß ist der Umstand, daß sich ein derartiger Wettbewerb nicht vor dem Hintergrund eines insgesamt tragfähigen wirtschaftlichen Polsters vollzieht, sondern daß sich für viele Luftverkehrsgesellschaften diese Vorgänge in der Nähe der Gewinnschwelle oder unter Gefährdung eines Gewinnausweises ereignen. Hierin und in der Tatsache, daß sich der Luftverkehr nur eingeschränkt den Regeln des freien Wettbewerbs entsprechend verhält, sondern aus volkswirtschaftlichen Gründen durch die öffentliche Hand gestützt wird (nicht so in den USA), dürfte auch der Grund liegen, weshalb – trotz vereinzelter existenzbedrohender und zerstörender Auseinandersetzungen (z. B. in den USA) – in Teilbereichen eine gewisse Solidarisierung der Luftverkehrsgesellschaften aufgekommen ist.

Insofern wird die von allgemeinen Liberalisierungsanstrengungen (z. B. US-Deregulation) ausgelöste Wettbewerbsintensivierung durch die Treibstoffsituation zunächst tendenziell unterstützt, aber infolge des für weite Teile der Branche renditegefährdenden Aspekts letztlich zu einer gewissen Zurückhaltung gegenüber einer umfassenden und nachhaltigen Verschärfung des Wettbewerbs führen.

## 4. Anpassungen im Bereich des Luftverkehrs an die Energiesituation

Die Energiesituation zwingt die Luftverkehrsgesellschaften zu bedeutenden Anpassungsanstrengungen. Hierbei ist sowohl das Luftverkehrssystem als Ganzes als auch jede einzelne Luftverkehrsgesellschaft für sich gefordert. Die Maßnahmen, die eine Luftverkehrsgesellschaft zur Verbesserung ihrer Lage ergreift, stellt zugleich einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz dar. In der Realisierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen liegt somit eine Chance für jede Luftverkehrsgesellschaft. Das hohe Sicherheitsbedürfnis des gesamten Luftverkehrssystems sowie das finanzielle Risiko, das zur Bewältigung der treibstoffbedingten Probleme zu tragen erforderlich ist, verbieten übereilte und experimentell-riskante Aktivitäten (im Sinne eines ‚trial and error‘).

### 4.1. Die Energiesituation im Luftverkehr stabilisierende Momente

Anpassungen im Bereich des Luftverkehrs an die Energiesituation bedürfen nicht nur des Einsatzes umfänglicher Finanzmittel (vgl. Punkt 4.3.2.), sondern auch der Zeit.

Das Luftverkehrssystem ist nicht in der Lage – nicht zuletzt aufgrund technologischer Restriktionen – sich kurzfristig an die gegebene Energiesituation anzupassen. Obwohl durch den permanenten Verbrauch des nicht-regenerativen Energieträgers Mineralöl die Verknappung grundsätzlich fortschreitet, gibt es Einflüsse, die diesem Problem entgegenwirken.

### 4.1.1. Internationale Zusammenarbeit

Das Luftverkehrssystem ist mit seinen Energieproblemen eingebettet in die nämlichen Probleme der Gesamtwirtschaft. Insofern ist der Luftverkehr von allen einschlägigen Maßnahmen seitens internationaler/supranationaler Organisationen<sup>48)</sup> mitbetroffen und profitiert – meist mittelbar – von den Erfolgen derartiger übergreifender Maßnahmen.

Ein weiterer, die Mineralölpreisentwicklung stabilisierender Aspekt, der ebenfalls dem Luftverkehr zugute kommt, geht von den gegenseitigen und sich zur Zeit weiter intensivierenden wirtschaftlichen Abhängigkeiten zwischen den ölfördernden und den ölnachfragenden Staaten aus.

Alle Aktivitäten der ölnachfragenden Staaten sind verständlicherweise auf eine Entspannung der vorherrschenden Energiesituation ausgerichtet. Diese (energie-)politische Grundeinstellung ist auch für den Luftverkehr von Vorteil, ohne daß hierbei Institutionen des Luftverkehrs selbst unmittelbar in Erscheinung treten müssen. Hierdurch gewinnen die Luftverkehrsgesellschaften einen Teil der Zeit, die sie benötigen, um ihrerseits die erforderlichen energiesparenden Technologien und Verfahren zu implementieren.

### 4.1.2. Erschließung zusätzlicher Energiequellen

In dem Maße, wie es gelingt, Anteile des Mineralölverbrauches durch Beanspruchung zum Mineralöl alternativer Energieträger<sup>49)</sup> – insbesondere regenerativer Energien<sup>50)</sup> – zu substituieren, entschärft sich die Versorgungslage und auch die Preissituation für jene Verbraucher, die z. T. bis zu 100 % vom Mineralöl abhängig sind<sup>51)</sup>. Einen ähnlichen Effekt haben alle Bemühungen zur Steigerung des Wirkungsgrades bei der Energiewandlung (bessere Wärmekoppelung, verbesserte Isolation etc.).

### 4.1.3. Der Globalcharakter des Luftverkehrssystems

Bei der heute bestehenden Internationalität der Geschäftsverbindungen (wie auch des Tourismus) dürfte allseits ein Konsensus über die Notwendigkeit des internationalen Luftverkehrs vorliegen. Den Ölförderstaaten geht es mit ihrer Ölpolitik nicht um die Beeinträchtigung des Luftverkehrssystems. Aus der Perspektive der Öl-

48) Z. B. im Rahmen der EG, der IEA, der Weltbank. Ebenso UN-Konferenz über neue und erneuerbare Energiequellen, Nairobi, August 1981. Vgl. zur internationalen energiepolitischen Zusammenarbeit: Bundesministerium für Wirtschaft, Energieprogramm . . . , a. a. O., S. 64 ff.

49) Erdgas, Steinkohle/Braunkohle, Geowärme etc.

50) Sonnen-, Wind-, Gezeiten-, Bioenergie etc.

51) Insbesondere der Luftverkehr (vgl. allerdings unter Punkt 4.2.3.: alternative Flugkraftstoffe) und weite Bereiche der chemischen Industrie.

förderstaaten ist der Luftverkehr – trotz seiner absoluten Abhängigkeit vom Mineralöl – nur ein relativ kleiner Verbraucherbereich und stellt im übrigen für sie eine Notwendigkeit dar.

Solange nicht die unwahrscheinliche Situation eintritt, daß einzelne Ölförderstaaten ihrerseits – weitgehend autonom – weltweit operierende Luftverkehrsgesellschaften betreiben<sup>52)</sup>, dürfte das Funktionieren eines internationalen Luftverkehrssystems – wie dem heutigen – gleichermaßen im Interesse der ölnachfragenden wie auch der ölproduzierenden Staaten liegen. Der sich in diesem gemeinsamen Interesse ausdrückende Grundkonsens wirkt ruinösen Einflüssen tendenziell entgegen, was keineswegs ausschließt, daß nicht einzelne Luftverkehrsgesellschaften doch in existenzbedrohende Schwierigkeiten geraten können oder gar gezwungen werden, aus dem Markt zu gehen.

#### 4.2. Anpassungsmaßnahmen im Luftverkehrssystem

Zahlreiche Luftverkehrsgesellschaften haben umfangreiche Energie-/Treibstoff-Sparprogramme erstellt<sup>53)</sup>. Diese Maßnahmenkataloge<sup>54)</sup> werden sodann unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit abgeprüft und einzelne Maßnahmen zur Realisierung angewiesen. Ansatzpunkte für konkrete Maßnahmen zur Treibstoffeinsparung sind wie folgt zu veranschlagen<sup>55)</sup>:

- Modifikation in Dienst stehender Flugzeuge (bis zu 20 % weniger Treibstoff),
- neue Bordausrüstung (bis zu 15 % weniger Treibstoff),
- Leistungsdaten-Computer (bis zu 4 % weniger Treibstoff),
- verringerte Geschwindigkeit (– 3 %),
- bessere Routen und angepaßte Planung (– 3 %),
- hecklastige Beladung der Flugzeuge (– 2 %),
- präzises Instrumentenfliegen (– 2 %),
- neue Triebwerksschaufeln beim Motor CF6–50 (– 1,7 %),
- saubere Triebwerke (– 1 %).

Folgende Beispiele verdeutlichen die Größenordnungen der Einsparungen:

Ein Prozent Kraftstoffeinsparung bei einer Boeing 747 bedeutet einen um ca. 160 000

- 52) Es gibt allerdings Anzeichen dafür, daß ölproduzierende Staaten ihre Luftverkehrsgesellschaften treibstoffkostenmäßig wesentlich besser stellen und damit deren Wettbewerbssituation erheblich verbessern.
- 53) Siehe Voigt, J., Clasen, M., Was kann eine Luftverkehrsgesellschaft tun, um auf dem Treibstoffsektor zu sparen? in: Internationales Verkehrswesen, 34. Jg. (2/1982), S. 84 – 88.
- 54) Z. B. IATA, Report of special FLOPAC (Flight Operations Advisory Committee) on fuel economics, Vancouver 1981 (DOC. GEN 2721); enthält alle von der IATA als relevant erachteten Einsparungsmaßnahmen und diente als Diskussionsgrundlage für die IATA-Veranstaltung „Aviation technology in the 80's“ vom 1. – 4. Dezember 1981 in Montreal. Beispielfhaft seien ferner interne Arbeitspapiere – überwiegend Maßnahmenkataloge, die sich an das Cockpitpersonal wenden – der folgenden Luftverkehrsgesellschaften zitiert:
- |                              |  |
|------------------------------|--|
| <i>Air France:</i>           | Economies de Carburant, Paris 1981                   |
| <i>British Airways:</i>      | Energy Savings with Today's Technology, (Stand 1980) |
| <i>Swissair:</i>             | Fuel Saving Activities, Zürich 1981                  |
| <i>Trans World Airlines:</i> | Fuel Conservations, New York 1980                    |
| <i>Deutsche Lufthansa:</i>   | s. z. B. unter Fußnote 53.                           |
- 55) Angaben nach Abraham, R., Vorstand Technik der Deutsche Lufthansa AG, publiziert unter Weichhammer, P., Titelthema: Treibstoffversorgung, in: Flug Revue, Heft 2, 1982, S. 12.

Gallonen geringeren Verbrauch pro Jahr. Ein um 1 Prozent reduzierter Verbrauch bei der *Lufthansa* spart ca. 17 Mio. DM jährlich<sup>56)</sup>. Die umseitige Zusammenstellung in Tab. 8 gibt gegenüber obiger Auflistung von Möglichkeiten zur Teibstoffeinsparung einen einführenden Überblick darüber, welche Maßnahmen seitens der Luftverkehrsgesellschaften aktuell tatsächlich angegangen werden<sup>57)</sup>. Dabei sind die aufgeführten Nennungshäufigkeiten lediglich als Hinweise auf Maßnahmenschwerpunkte zu verstehen, da die Beantwortung derartiger Fragen wohl unter dem Kriterium zu verstehen ist, was überhaupt und was insbesondere unter Konkurrenz Gesichtspunkten publiziert werden kann.

Eine Gegenüberstellung der Maßnahmenliste aus Tab. 8 gegenüber den Einsparungsmöglichkeiten zeigt, daß sich die Luftverkehrsgesellschaften entsprechend den Einsparungsschwerpunkten anpassen. Gemäß dieser Aufstellung rangieren operationelle Maßnahmen (46,1 %) vor Optimierungen im Bereich technischer Maßnahmen (37,0 %), Verbesserungen im Bereich der Treibstoffversorgung und des Treibstoffverbrauchs (9,3 %) wurden vor Allgemeinen Maßnahmen (7,2 %) und vor angebotsbezogenen Anpassungen (0,5 %) genannt.

Eine nähere Betrachtung der Anpassungsaktivitäten läßt erkennen, daß die Kosten-Nutzen-Relation sowie die Fristigkeit der jeweiligen Maßnahmen ausschlaggebend für deren Realisierung ist. Keine der Maßnahmen darf die Sicherheit beeinträchtigen oder zu Wettbewerbsnachteilen (z. B. etwa durch Rücknahme der Service-Standards gegenüber der Konkurrenz) führen.

##### 4.2.1. Treibstoffversorgung

Der Treibstoffbedarf einer Luftverkehrsgesellschaft fällt mit einer zeitlichen sowie räumlichen Verteilung (gemäß Flugplan) an; d. h. zu einem bestimmten Zeitpunkt sind an einem bestimmten Ort bestimmte Treibstoffmengen zur Verfügung zu stellen. Im Zuge der Streckenplanung wird zwar grob den Gegebenheiten des jeweils relevanten Treibstoffmarktes Rechnung getragen, für kurzfristige Anpassungen, die aufgrund der im Treibstoff-Geschäft Platz greifenden Dynamik induziert werden, sind Maßnahmen zur Treibstoffversorgung umzusetzen, die diese weitgehend von den Zwängen des Flugplans ablösen. Derartige Maßnahmen machen es unerlässlich, permanent den Treibstoffmarkt zu beobachten. Je nach der aktuellen Preisentwicklung sind zur Abdeckung des zeitlich und räumlich verteilten Treibstoffbedarfs jeweils optimierte Strategien des Treibstoffankaufs, der Treibstoffzwischenlagerung sowie der Flugzeugbetankung zu generieren. Bei der Optimierung der Flugzeugbetankung ist die erzielte Kostenminderung beim Treibstoff-Einkauf gegen die Kosten aus dem

56) Ebenda.

57) Synoptische Auswertung zweier Befragungsaktionen von verschiedenen Luftverkehrsgesellschaften über deren Maßnahmen zur Treibstoffeinsparung. Antworten veröffentlicht in: Special Survey Report: Fuel prices rose 30% . . . , a.a.O., S. 23 – 25 (42 Luftverkehrsgesellschaften) und: Who's Who in Engineering/Maintenance . . . Who's Doing What to Cut Energy Costs, in: Airline Executive, Nov. 1981, S. 32 – 44 (71 Luftverkehrsgesellschaften).

Tabelle 8: Treibstoffsparende Maßnahmen

Treibstoffsparende Maßnahmen	%	%	%	Rang
<b>I. Operationelle Maßnahmen</b>				
Geringerer APU Einsatz	11,8			1
Bodenbewegungen mit abgeschalteten Triebwerken	8,6			4
Schleppen der Flugzeuge am Boden	3,7			9
Weniger Reserve-Treibstoff	0,9			17
Regelprogramm zum Starten der Motoren	0,7			18
Verfahren an der Rampe	0,2			20
Beladungssteuerung	0,2	26,2		20
Steige-, Reise- und Sinkflugverfahren	10,2			3
Verminderte Geschwindigkeiten	3,9			8
Sichtflug	0,5			19
Weniger Gegenschub	0,2	14,8		20
Routenplanung/-vorbereitung	2,1			14
EDV-Flugplanung	1,6			15
Allg. operative Verfahren	1,4	5,1	46,1	16
<b>II. Technische Optimierungen</b>				
Gewichtsreduzierung	11,3			2
Aerodynamische Sauberkeit	5,1			6
Wartungsverfahren	3,2			10
Flottenmodernisierung/ Gerätemodifikation	2,5			12
Anzeigepräzision der Instrumente	0,5	22,7		19
Leistungsdatenrechner an Bord				5
Treibstoff-Optimierungsrechner	7,6	7,6		
Navigationsrechner				7
Triebwerksmodifikation/Austausch von Triebw.	4,4			16
Kontrolle des Motorenwirkungsgrades	1,4			18
Überwachung der Triebwerksleistung	0,7			18
Motorenwäsche	0,2	6,7	37,0	20
<b>III. Versorgung und Verbrauch</b>				
Treibstoff-Überwachungsrechner	3,2			10
Betankungssteuerung	2,5			12
Verfolgung des Verbrauchs je Flugzeug	1,4			16
Spot-Einkäufe/Lagerung	0,5			19
Preisverhandlungen, Abrechnung	0,5			19
Treibstoffmittransport	0,5			19
Wirtschaftl. Betankung	0,2			20
Treibstoffmengenoptimierung	0,2			20
Routenabhängige Fuel-Strategien	0,2	9,3	9,3	20
<b>IV. Allgemeine Maßnahmen</b>				
Einsparungsprogramme/Handbücher	3,0			11
Training des Bordpersonals	2,3			13
Einsparungskampagnen/-seminare	0,9			17
Häufigerer Einsatz von Flugsimulatoren in der Schulung	0,9	7,2	7,2	17
<b>V. Angebotsseitige Maßnahmen</b>				
Streichen gering ausgelasteter Flüge	0,2			20
Mehr Sitze je Flugzeug	0,2	0,5	0,5	20
(Nennungen insgesamt: 432)	100 %	100 %	100 %	

Quelle: Befragung von 113 Luftverkehrsgesellschaften (s. Zit. 57)

Treibstoff-Mehrverbrauch abzuwägen, der sich aus dem Mittransport erhöhter Treibstoffmengen ('fuel-freighting') ergibt.

Festzuhalten bleibt, daß sich das Treibstoffangebot aus der Sicht einer weltweit operierenden Luftverkehrsgesellschaft ungleich heterogener darstellt als z. B. das Kraftstoffangebot im Bereich des Personenindividualverkehrs. Diese Heterogenität gibt natürlich umgekehrt auch verschiedene Ansatzpunkte für geeignete Optimierungen, selbst wenn insbesondere die Liniengesellschaften aufgrund ihrer Flugplanbindung in vieler Hinsicht nicht kurzfristig disponibel sind.

Für die Erfassung und Aufbereitung der für Optimierungsmaßnahmen zur Treibstoffversorgung benötigten Informationen setzen viele Luftverkehrsgesellschaften die automatische Datenverarbeitung ein. Derartige Optimierungssysteme sind meist unter der Bezeichnung 'Treibstoff-Management-Systeme' (TMS) installiert oder befinden sich derzeit in der Implementierungsphase<sup>58)</sup>.

Eine weitere Möglichkeit zur Einflußnahme auf die Angebotspreise und -mengen durch die Luftverkehrsgesellschaften besteht darin, sich mit anderen (interessengleichen) Luftverkehrsgesellschaften zusammenzuschließen und Treibstoffgesellschaften zu gründen und zu betreiben. So haben z. B. mit Standort Anchorage zur Zeit 15 internationale, Anchorage bedienende Luftverkehrsgesellschaften die *Anchorage Fueling and Service Company Ltd.* gegründet und betreiben gemeinsam die dortigen Treibstoffversorgungseinrichtungen. Die Luftverkehrsgesellschaften sind in der Relation ihrer auf Anchorage bezogenen Pro-Rata-Fuel-Verbräuche an der Gesellschaft beteiligt. Eine Amortisation der getätigten Investitionen ergibt sich für die einzelnen Luftverkehrsgesellschaften binnen ca. 2 – 3 Jahren. Ähnliche Projekte sind auch für andere Standorte in Gang gesetzt worden<sup>59)</sup>.

Infolge einer sich etwa weiter verschärfenden Treibstoffsituation wäre es durchaus nicht ausgeschlossen, daß sich Luftverkehrsgesellschaften finanziell auch an der Treibstoff-Herstellung beteiligen und sich eventuell sogar im Bereich der Mineralölförderung unmittelbar engagieren. Allerdings dürften auch derartige Projekte nicht für einzelne Luftverkehrsgesellschaften finanzierbar sein.

#### 4.2.2. Angebotsgestaltung

Wesentliche Komponenten, die das Dienstleistungs-/Transportangebot einer Luftverkehrsgesellschaft ausmachen, sind der Flugplan (Strecken, Zeitenlagen, Gerät), der Komfort und Service bei Verkauf, Abfertigung und an Bord sowie die Beförderungstarife.

In Anbetracht einer kritischen Treibstoffsituation ist jede Luftverkehrsgesellschaft noch mehr als bisher auf eine möglichst hohe Auslastung ihrer Dienste angewiesen, da der betreffende Break-Even-Sitz-/Nutzladefaktor sich aufgrund der anfallenden hohen Treibstoffkosten nach oben verschiebt.

58) Bei der *Deutschen Lufthansa AG* wird ab Ende 1982 ein Mini-Computer-System eingesetzt, das es bei einem Investitionsvolumen von ca. 850 TDM erlauben wird, pro Jahr voraussichtlich 2,5 Mio DM an Treibstoffkosten einzusparen.

59) *Japan Airlines* z. B. gründete zum 1. Nov. 1982 die *Pacific Fuel Trading Corp.* mit Sitz in Los Angeles. Siehe: *Aviation Daily*, 19. Okt. 1982, S. 262.

Der verkehrsoptimale Flugplan erhält eine erhöhte Bedeutung. Unwirtschaftliche oder infolge einer veränderten Kostenstruktur unwirtschaftlich gewordene Strecken sind aus dem Angebot zu eliminieren. Das gemäß Flugplan einzusetzende Gerät ist möglichst exakt auf die zu erwartende Nachfrage hin zu dimensionieren. Hiervon können auch kurzfristige Auswirkungen auf den jeweiligen Flottenbestand ausgehen. Insofern resultiert schließlich aus der angespannten Treibstoffsituation die Notwendigkeit zur kurzfristigen (z. B. monatlichen) Feststellung des Streckenerfolgs sowie zu einer flexibel reagierenden Unternehmensplanung. Diese Forderungen lassen sich organisatorisch nur mit Hilfe des Einsatzes der automatischen Datenverarbeitung erfüllen: monatliche Streckenergebnisrechnung sowie Timesharing-Unterstützung für Alternativ-Planungsrechnungen und Programmsimulationen.

Weitergehende Anstrengungen und Sorgfalt sind im kundenunmittelbaren Bereich notwendig, um die Auslastung des Fluggeräts auf dem erforderlich hohen Niveau zu erhalten. Der Komfort an Bord, der sich u. a. in der Sitzqualität ausdrückt, stellt ein maßgebliches Verkaufsargument dar und hat somit Einfluß auf die Auslastung der Verkehrsdienste. Durch eine neue Bestuhlung der Flugzeuge kann neben der Steigerung der Sitzqualität (z. B. Breite der Sitze, Sitzabstand) bei Ausstattung mit leichteren Stühlen auch treibstoffsparend das Flugzeuggewicht reduziert werden.

In den Beförderungstarifen als weitere wesentliche Angebotskomponente äußert sich besonders drastisch das wirtschaftliche Problem, dem die Luftverkehrsgesellschaften infolge der explosionsartig gestiegenen Treibstoffkosten ausgesetzt sind. Einerseits sind die Luftverkehrsgesellschaften darauf angewiesen, möglichst hohe Tarife am Markt durchzusetzen, um über gesteigerte Durchschnittserträge die Kostendeckung anzustreben, und andererseits soll die Konkurrenzfähigkeit – ausgedrückt in Marktanteilen, Umsätzen und Ergebnissen – erhalten bleiben. Damit Tarifierhöhungen nicht negative Nachfrageeffekte singulär, d. h. in bezug auf eine einzelne Luftverkehrsgesellschaft hervorrufen, werden derartige tarifarische Veränderungen häufig durch die am jeweiligen Ort operierenden Gesellschaften oder im Rahmen der IATA konzertiert angestrebt. Die Abstimmungen erfolgen dabei in der Regel nicht im Detail, sondern die betreffenden Luftverkehrsgesellschaften verständigen sich nur über die Rahmen der aufgrund von Kostenschüben erforderlich gewordenen Tarifierhöhungen. Absprachen über geplante Tarifierhebungen erfolgen nur selten verbindlich. Deshalb geschieht es in einem Teilmarkt häufig, daß einzelne Luftverkehrsgesellschaften die abgestimmten neuen Tarife nur zögernd einführen, um auf diese Weise einen temporären Konkurrenzvorteil zu realisieren.

Die IATA hat im Mai 1981 einen neuen Mechanismus<sup>60)</sup> zur Anpassung der Tarife an Änderungen der Treibstoffpreise eingeführt. Die Mitglieder der *Traffic Conference* melden aus 26 Ländern der Erde, in denen sie Liniendienste durchführen, bestimmte Kosteninformationen an die IATA, aus denen sich regional/lokal der jeweilige Einfluß der Treibstoffkosten auf die Gesamtstreckenbetriebskosten ergibt. Solange die Steigerung der Gesamtstreckenbetriebskosten, soweit diese auf Treibstoffkostensteigerungen zurückzuführen sind, unter 1 Prozent liegt, erfolgt lediglich eine Fortschreibung der

60) Durch das Traffic Department: Resolution 018a und 018aa. Siehe in: IATA-Contact, No. 21, Mai 1981, S. 1, Punkt 2.

Daten auf die folgende Periode. Sobald jedoch diese Kenngröße die 1-Prozent-Marke überschreitet, . . . a conference can be called, subject to the approval of a majority of tariff coordinating members in a given area, and adjustments in tariffs negotiated for subsequent submission to government<sup>61)</sup>.

Im Jahr 1980 wurde das CAB durch das *International Air Transportation Competition Act* beauftragt, innerhalb von jeweils 60 Tagen den sog. Standard Foreign Fare Level (SFFL) abhängig von Kostenveränderungen stets neu zu adjustieren. Der SFFL (plus bestimmter Bandbreiten) definiert die mögliche Tarifsteigerung für solche Luftverkehrsgesellschaften, die die USA anfliegen. Aufgrund der in letzter Zeit nachgebenden Treibstoffpreise hatten sich auch die SFFLs zumindest für die Verkehrsgebiete Nordatlantik und Pazifik ermäßigt (Stand: Dez. 1982)<sup>62)</sup>.

Eine besondere Problematik bezüglich treibstoffinduzierter Tarifierhebungen ergibt sich für die im Touristikverkehr tätigen Charterfluggesellschaften dadurch, daß Preisabschlüsse mit den Reise-Veranstaltern eine längere Zeit vor dem Dienstleistungsergebnis – und mithin lange vor einer eventuell eintretenden Treibstoffpreiserhöhung – getätigt werden. Durch die Preisfestlegung mit dem genannten erheblichen zeitlichen Vorlauf sind eventuelle, sich unter Umständen sprungartig vollziehende Mineralölpreissteigerungen nur begrenzt antizipierbar. Dieses systemimmanente Problem der Charterer wiegt deshalb besonders schwer, weil der Anteil der Treibstoffkosten an den gesamten Streckenbetriebskosten bei Charterunternehmen extrem hoch ist (z. T. größer als 50%). Gesetzlich zulässig ist in der *Bundesrepublik Deutschland* eine Weiterwälzung des Treibstoffkostenanstiegs nur dann, wenn sie 4 Monate vor Reiseantritt erfolgt<sup>63)</sup>.

#### 4.2.3. Technische Optimierungen

Angesichts der Bedeutung technischer Maßnahmen zur Verbesserung der Treibstoff-, d. h. der Kostensituation ist es evident, daß technische Neuerungen sich in erster Linie in technisch hochstehenden Ländern, d. h. in den Industrieländern und bei deren Luftverkehrsgesellschaften positiv auswirken. Dies bringt sehr wahrscheinlich die Konsequenz mit sich, daß sich auch auf diesem Felde der Abstand zwischen Industriestaaten und anderen, weniger industriell entwickelten Staaten vergrößert.

Möglichkeiten zu treibstoffsparenden, technischen Optimierungen gehen zum einen von der Luftfahrtindustrie, die sich – vereinfacht dargestellt – aus den Flugzeugherstellern, den Triebwerksherstellern und Electronic/Avionic-Herstellern zusammensetzt, und zum anderen von den einzelnen Luftverkehrsgesellschaften aus, die durch geeignete Modifikationen und Pflege der eingesetzten ‚Hardware‘ die Treibstoff-Effizienz weiter und zudem wettbewerbswirksam steigern können.

Der weitaus größte Kraftstoffspareffekt (rd. 80 %) liegt im Bereich sogenannter flottenpolitischer Maßnahmen, die im wesentlichen in der Anschaffung neuer Flugzeugmuster (einer neuen technologischen Generation), der verstärkten Umstellung auf Großraum-

61) Ebenda.

62) Siehe in: *Interavia Airletter*, No. 10, 155 vom 21. Dez. 1982, S. 5.

63) Gem. § 11, Nr. 1 AGB-Gesetz v. 9. 12. 1976.

flugerät und in dem Austausch kompletter Flottenteile gegen verbrauchsärmere Versionen des gleichen Typs liegen (z. B. Umtausch *Boeing 727-130* in *Boeing 727-230 advanced* oder *Boeing 737-130* in *Boeing 737-230 advanced* bei der *Deutsche Lufthansa AG* in den Jahren 1980-1982<sup>64</sup>). - Maßnahmen, die die Flottenzusammensetzung verändern, sind mit Investitionen von beträchtlichem Ausmaß verbunden (vgl. im einzelnen Punkt 4.3.2.).

Die Flugzeughersteller - z. B. *Boeing*, *McDonnell Douglas*, *Lockheed* und *Airbus Industries* - stellen sich auf die flottenoptimierenden Notwendigkeiten der Luftverkehrsgesellschaften ein. Deshalb werden häufig Modifikationen an vorhandenen Gerätetypen und die Auflage neuer Flugzeugmuster in enger Kooperation mit den Luftverkehrsgesellschaften (sog. 'launching customers') konzipiert.

Im Vordergrund der Bemühungen der Flugzeughersteller steht die Treibstoff-Effizienz der neuen *Flugzeugtypen*<sup>65</sup>). Dabei genügt es nicht, durch großes Gerät den Treibstoffverbrauch je Sitzplatz zu reduzieren. Dies trägt der sich ändernden Streckennetzstruktur vieler Luftverkehrsgesellschaften (durch z. B. Verdichtung von überregionalem Verkehr, Kurzstrecken-Shuttle) nicht Rechnung. Sinkende Auslastungen (infolge z. B. Abnahme der Gesamtnachfrage oder steigender konkurrierender Kapazitäten) läßt die Beschäftigung von großräumigen Flugzeugen lediglich in begrenztem Umfang zu<sup>66</sup>).

Insofern kann die Größe eines Flugzeuges unter dem Aspekt der Treibstoff-Effizienz nur ein Parameter neben anderen sein<sup>67</sup>). Hauptsächlich Ansatzpunkte für den Entwurf treibstoffsparender Flugzeuge liegen in der konsequenten Anwendung von Leichtbautechnik und Verbundmaterialien<sup>68</sup>) sowie in einer besonderen aerodynamischen Gestaltung der Tragflügel mit hoher Streckung und niedrigem Profilwiderstand.

Durch Verwendung von Legierungen mit geringerem spezifischen Gewicht als die heute im Flugzeugbau verwendeten Materialien und durch den zunehmenden Einsatz von Verbundwerkstoffen werden sich ganz erhebliche Gewichtseinsparungen erzielen lassen.

64) Lufthansa und die Kraftstoffkrise - Gewinnsicherung durch moderne Technik, in: *Interavia*, 2/1981, S. 138/139.

65) Siehe *Tye, W.*, Civil aircraft design for fuel reduction, in: *Aeronautical Journal*, Vol. 85, No. 843 (April 1981), S. 134 - 142.

66) Hierzu steht nur scheinbar im Widerspruch, daß bei *Boeing* Pläne/Studien über eine *Boeing 747* 'full double-deck configuration' mit einer Kapazität für 600 - 800 Passagiere vorliegen, weil in den zurückliegenden Jahren 1977 - 81 bei den betreffenden Luftverkehrsgesellschaften eine beständig zunehmende ertragswirksame Nutzung des 'upper-deck' der *Boeing 747* beobachtet werden könnte. Vgl. *Boeing Aircraft Project Moves Forward*, in: *Aviation Week & Space Technology*, 9. Nov. 1981, S. 118 f.

67) Siehe hierzu ausführlich den Überblick über Zukunftskonzeptionen bei *Boeing*, *McDonnell-Douglas* und *Lockheed* in: Special Report: Fuel pressure on airline costs powers increased Boeing domination, in: *Air Transport World*, 3/81, S. 20 - 31. Ebenso Gesamtkonzeption von *Airbus Industries*. Vgl. hierzu z. B.: Mit Familienplanung will man Boeing Paroli bieten, in: *Fliegen*, März 1982, S. 34 f. Außerdem: Zukunftsmusik. Flugzeugtypen und Flugsysteme der zivilen Luftfahrt des 21. Jahrhunderts, Interview mit Lockheed-Präsident *Cortright*, in: *Flugrevue + Flugwelt*, 7/1981, S. 54 - 57.

68) Ein Verbundwerkstoff besteht aus einem Matrixwerkstoff (z. B. Epoxyharz), in den ein Verstärkungswerkstoff (z. B. Kohlenstoffaser, Borfaser) eingelagert ist. Diese Werkstoffe sind von hoher spezifischer Festigkeit und Elastizität, die sich abhängig von den Faseranteilen dimensionieren lassen.

sen<sup>69</sup>). Ein aus Verbundwerkstoffen gefertigter *Boeing 737*-Stabilizer (Höhenleitwerk), der sich zur Zeit in der Flugerprobung befindet, ist 26 % leichter (und hat zudem - aufgrund mit dem neuen Werkstoff zusammenhängenden fertigungstechnischen Verbesserungen - 55 % weniger Bauteile und 60 % weniger Verbindungselemente)<sup>70</sup>).

Im modernen Tragflächenbau geht es darum, die erkannten aerodynamischen Vorzüge des sog. 'transonischen Profils'<sup>71</sup>) mit treibstoffsparendem Effekt zu realisieren.

Das neue Profil ermöglicht eine geringere Pfeilung der Tragflächen bei größerer Dicke. Die geringere Pfeilung verbessert insbesondere die Langsamflugeigenschaften, wodurch speziell bei der Landung weniger Hochauftriebshilfen (Landeklappen) und weniger Triebwerksschub notwendig sind; hierdurch wird Treibstoff gespart und - übrigens - der Lärm verringert. Darüber hinaus wird infolge der geringeren Pfeilung und der größeren Dicke - und damit möglichen größeren Spannweiten - die 'Streckung'<sup>72</sup>) der Tragfläche verbessert. Mit größerer Streckung steigt der Wirkungsgrad eines Flügels. Dies wird im wesentlichen dadurch bewirkt, daß der 'induzierte Widerstand', der durch die Randwirbel an den Flächenenden entsteht, bei weit auseinanderliegenden Flächenspitzen abnimmt.

Der 'induzierte Widerstand' läßt sich ebenfalls durch sogenannte Winglets verringern. Winglets sind hochgestellte Flächenenden<sup>73</sup>), die jedoch den Nachteil haben, ein Torsionsmoment zu erzeugen, das die Fläche und damit das Profil verdreht. Die Winglets dürften allenfalls zur Nachrüstung bei Flugzeugen mit Flügeln niedriger Streckung interessant sein.

Weitere treibstoffsparende Verbesserungen der Tragfläche sind auf eine Verringerung der Reibungsverluste ausgerichtet. Trotz glatter, ungeteilter Oberfläche mit strömungsgünstigen Übergängen zwischen vorhandenen Teilen, gelingt es nicht, die Luftströmung an einer Tragfläche (an einem Flugzeug) laminar<sup>74</sup>) zu halten. Die technische Lösung zur annähernden Erreichung einer idealen Laminarströmung besteht in einer sogenannten 'Grenzschichtabsaugung'. Realisierungen hierzu, die bei einem Langstreckenflug bis zu 40 % Kraftstoffeinsparung erwarten lassen, befinden sich derzeit in der Projektphase und dürften erst in den späten 90er Jahren erreicht sein.

Desweiteren ist vorgesehen, an den Tragflächen automatische Steuerelemente (sog. 'Wing Load Alleviation') einzusetzen, die die Flächenbelastung, verursacht durch Böen

69) Z. B. ca. im Jahre 1990: 15 - 20 % Gewichtseinsparung an Flugzeugstrukturteilen; dies entspräche einer Kraftstoffersparnis von 7 - 12 %. Vgl. *Lufthansa Flightcrew Info*, 5/81, S. 33.

70) Ebenda.

71) Das 'transonische Profil' ist für die Gestaltung der Tragfläche für größere Flugzeugmuster relevant. Vgl. auch *Welte, D., Birrenbach, R., Haberland, W.*, Wing Design for Light Aircraft with Improved Fuel Economy, in: *Zeitschrift für Flugwissenschaften und Weltraumforschung*, Bd. 5, Heft 5 (1981), S. 294 - 303.

72) Streckung = (Spannweite)<sup>2</sup>/Flügeläche; Kennzahl für die aerodynamische Güte einer Tragfläche.

73) Die nach oben stehenden Seitenplatten eines Testflugzeuges (*McDonnell-Douglas KC-135*) waren 2,7 m hoch und wogen 70 kg. Die Treibstoffreduzierung wird mit 5 - 7 % angegeben. Siehe Einsparung von Treibstoff in der Luftfahrt, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, vom 10. 6. 1981; dort unter Bezugnahme auf „New Scientist“.

74) laminar = ohne Widerstände erzeugende Verwirbelungen.



oder Manöver, durch symmetrischen Ausschlag der Querruder begrenzt. Durch die Entlastung der Tragflügelstruktur wird es möglich, leichtere Flächen mit höherer Streckung zu bauen. Boeing rechnet durch den Einsatz derartiger 'Active Controls', die noch andere, künstliche (automatische) Stabilität schaffende Systeme einschließen, mit einer Treibstoffersparnis von 5–10 %<sup>75)</sup>.

Weitere erhebliche Treibstoffeinsparungen werden aus der neuen Technologie eines 'All Electric Aircraft'<sup>76)</sup> erwartet. Hierunter wird ein Flugzeug verstanden, bei dem zur Signalübertragung und zur Betätigung der Steuerelemente, Klappen und der sekundären Systeme nur noch das Medium Elektrizität verwendet werden. Hierdurch könnte auf das komplette Hydrauliksystem eines Flugzeugs verzichtet werden; aus der betreffenden Gewichtseinsparung – bei einer *Lockheed* 1011: ca. 4000 lbs – resultiert die gewünschte Treibstoff-Einsparung.

Bei Flugzeugen der zukünftigen Generation werden der Schwerpunkt und der Auftriebspunkt nahe zusammengelegt, wodurch das Höhenleitwerk keinen vorne liegenden Schwerpunkt ausgleichen muß und damit kleiner und leichter ausgelegt werden kann. Das Fliegen eines i. d. S. 'destabilisierten' Flugzeuges setzt allerdings den Einsatz zuverlässiger Flugzeugführungs-Computer voraus<sup>77)</sup>.

Die angesprochenen neuen technologischen Konzepte sind in der kommenden Flugzeuggeneration<sup>78)</sup> nur zum Teil bereits umgesetzt. Die Entwicklung zu einer gesteigerten Treibstoff-Effizienz geht beständig weiter. Dies gilt nicht nur für die Flugzeughersteller, sondern in gleicher Weise für die Hersteller von Triebwerken und Avionic-Systemen.

Im Hinblick auf die Senkung des Treibstoffverbrauchs verdienen die *Triebwerke*<sup>79)</sup> als die primären Verbraucher, besondere Beachtung. Das Ziel der technologischen Bemühungen besteht dabei in einer Erhöhung des Antriebs- sowie des thermischen Wirkungsgrades. Der Antriebswirkungsgrad läßt z. B. durch einen größeren Fan, durch eine herabgesetzte Fandrehzahl ('geared Fan')<sup>80)</sup> oder durch die Konzeption des sog. 'Prop-Fan'<sup>81)</sup> steigern. Der thermische Wirkungsgrad kann durch höhere Betriebsdrucke und durch eine höhere Turbineneingangstemperatur verbessert werden. Hierfür sind geeignete Schaufelwerkstoffe einzusetzen (z. B. Keramik-, 'Single-Crystal'-Schaufeln<sup>82)</sup>). Weitere Maßnahmen zur Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs<sup>83)</sup> eines Triebwerks

75) Siehe in: Lufthansa Flightcrew Info, 5/81, S. 31 und Run-Out of New Technology Shifts Pressures to Management, in: Airline Executive, Nov. 1980, S. 36.

76) Cronin, M. J., The All-Electric Airplane – A new trend, in: Lockheed Horizons (81/82). Sowie in: Lufthansa Flightcrew Info 5/81, S. 32.

77) Kraftstoffeinsparung ist oberstes Entwicklungsziel, in: Frankfurter Rundschau, vom 20. 6. 81.

78) Special Report: Fuel pressure on airline costs . . . , a.a.O.

79) Für einen Überblick über die neueren Entwicklungen der großen Triebwerkshersteller siehe Fuel Efficiency Key to Engine Gains, in: Aviation Week & Space Technology, 3. Nov. 1980, S. 157 – 164 und Europeans Emphasize Fuel Efficiency, in: Aviation Week & Space Technology, 3. Nov. 1980, S. 165 – 171.

80) Siehe in: Lufthansa Flightcrew Info, 3/81, S. 27.

81) Vgl. Gunston, B., Erneutes Interesse am Propfan, in: Interavia, 6/1981, S. 586/587, Nittiäger, K., Eine neue Ära für den Propeller? in: Flugrevue, 6/1980, S. 40/41, Reik, B., Propellerumbauen – warum und wofür? in: Interavia, 12/1981, S. 1245 – 1247.

82) Das Triebwerk PW 2037 von Pratt & Whitney wird seit Anfang 1981 mit 'Single-Crystal'-Schaufeln ausgestattet.

83) SFC = Specific Fuel Consumption = Kraftstoffverbrauch pro Stunde und Lb Schub.

sind mit der Verbesserung der Aerodynamik der Schaufeln<sup>84)</sup> sowie mit der Reduzierung der Spaltverluste<sup>85)</sup> gegeben.

Gegenüber den Triebwerken der frühen 80er Jahre läßt der sog. E-Cube (NASA: Energy Efficient Engine) eine Verbesserung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs (SFC) von 3 – 4 % erwarten<sup>86)</sup>. Für den Anfang der 90er Jahre kann demgegenüber mit einer Reduktion des SFC um ca. 10 % gerechnet werden<sup>87)</sup>. Die Luftverkehrsgesellschaften sind bestrebt, sich auf dem Wege geeigneter Triebwerks-Umrüst-Programme die Vorteile der fortschreitenden Triebwerkstechnologie zu erschließen.

Die technologische Entwicklung der *elektronischen Ausrüstung* wird durch die fortschreitende Miniaturisierung elektronischer Bauteile und -einheiten möglich. Das Spektrum der Neuerungen reicht von einer neuen Instrumentierung (im Cockpit) infolge der Digitalisierung der Anzeigen und durch Mehrfunktionsanzeigen (unter Verwendung von CRTs<sup>88)</sup>) bis hin zu komplexen Steuerungs- und Regeleinheiten bzw. kompletten Prozeßrechen-systemen (Flight Management Computer System, Navigationsrechner, Performance Management System).

Die Verwendung kompakter Instrumente führt zu einer treibstoffsparenden Gewichtsverringern und zum anderen wird durch Einsatz der neuen Avionic-Generation die Genauigkeit<sup>89)</sup> der Meß- und Anzeigeeinrichtungen erhöht, wodurch überhaupt erst ein konsequentes Fliegen in der Nähe des Betriebsoptimums möglich und die Verwendung von nachgelagerten Prozeßrechnern überhaupt erst sinnvoll wird.

Mit elektronischen Mitteln lassen sich treibstoffsparend<sup>90)</sup>

- der Betriebszustand der Triebwerke optimieren,
- dem Piloten Navigationsunterstützung geben, um möglichst direkte Routen fliegen zu können,
- die Treibstoffzufuhr regulieren sowie
- 'Active Controls' (siehe weiter oben) realisieren.

Eine digitale Triebwerksregelung führt z. B. zu rd. 0,5 % Treibstoff-Ersparnis. Das komplette Potential der Einsparungsmöglichkeiten, die die Elektronik bietet, läßt sich allerdings nicht durch den isolierten Einsatz einzelner Bauteile/-gruppen sondern erst in ihrer Kombination zu einem integrierten Aircraft Management System erschließen<sup>91)</sup>.

84) Etwa durch das Drei-Wellen-Triebwerk von Rolls-Royce oder durch vom Betriebszustand abhängige Leitschaufelverstellung incl. elektronischer Regelung.

85) Z. B. durch 'Active Clearance Control'. Hierbei kühlt kalte Fan-Luft das Gehäuse vom linken Kompressor und der Hoch- und Niederdruckturbinen, wodurch das Gehäuse schrumpft und sich der Spalt zwischen den Schaufeln und dem Gehäuse verkleinert.

86) Run-Out of New Technology . . . , a.a.O., S. 38.

87) Siehe in: Lufthansa Flightcrew Info, 3/81, S. 28.

88) CRT = Cathode Ray Tube (Bildschirmmonitor).

89) Eine z. B. um 0,01 zu niedrige Machanzeige würde bei der Korrektur auf den Sollwert durch den Piloten einen erheblichen Treibstoffmehrerbrauch (je nach Flugzeugmuster 1,5 % (B 737) – 3,3 % (B 707)) hervorrufen. Siehe: Lufthansa und die Kraftstoffkrise, a.a.O., S. 139.

90) Vgl. Whitaker, R., Fuel savers in the cockpit, in: Flight International, 28. Februar 1981, S. 563 – 568.

91) Ebenda, S. 563.

Um ein Höchstmaß an Kraftstoffwirtschaftlichkeit zu erzielen, mußte das Management des vertikalen und des horizontalen Flugprofils – also die Navigation – in einem System zusammengeschlossen werden<sup>92)</sup>. Ein solches System gestattet das ständige Vergleichen des Flugweges mit dem Flugplan, der im Rechner gespeichert ist, sowie das sofortige Erkennen von Abweichungen. Als bedeutendste Weiterentwicklung im Bereich der Flugmanagementsysteme ist die sog. ‚vierdimensionale Navigation‘ anzusehen, die den Flugplanungsparameter ‚Zeit‘ explizit in die Systemoptimierung einbezieht.

Von Lear Siegler<sup>93)</sup> werden folgende Einsparungswerte angegeben:

- genaueres Einhalten des vertikalen Flugprofils (i. w. durch Schubregelung): 2–7 % (Mittelzone: 3,5–4,5 %),
- genaueres Einhalten des horizontalen Flugprofils: ca. 2 %,
- Koppeln der Flugsteuerung (Nicklage): ca. 1 %,
- geringere Kraftstoffzuladung: 1 %.

Bordrechensysteme<sup>94)</sup> sparen nicht nur Treibstoff, sondern verlängern durch Herbeiführung optimaler Betriebszustände die Lebensdauer der aktiven Flugsysteme und tragen darüber hinaus dazu bei, Abläufe im Bereich der Flugsicherung zu vereinfachen<sup>95)</sup>.

Eine weitere durch technologische Neuerungen grundsätzliche Möglichkeit des Luftverkehrs, sich an die Energiesituation anzupassen, besteht in der Entwicklung alternativer *Flugtreibstoffe*. Die angestrebte Substitution heutiger Treibstoffe soll insbesondere dazu führen, daß die vorhandene absolute Abhängigkeit des Luftverkehrs vom Mineralöl zumindest teilweise aufgehoben werden kann.

Als Basisstoffe für alternative Treibstoffe ist das sog. Synjet, das Flüssigmethan, der Flüssigalkohol und der Flüssigwasserstoff anzusehen<sup>96)</sup>. Dabei scheint nach derzeitigem Erkenntniswissen vom Standpunkt der Kosten und der möglichst geringen Beeinträchtigung des derzeitigen Luftverkehrssystems das synthetische Flugkerosin (Synjet)<sup>97)</sup> favorisiert zu werden. Der Vorteil synthetischer Kraftstoffe besteht darin, daß diese nicht nur in den heutigen Flugzeugen ohne Umbauten eingesetzt werden können, sondern daß auch die vorhandene Infrastruktur zur Belieferung der Flughäfen, zur Lagerung und Verteilung des Kraftstoffs an die Betankungspunkte unverändert bleiben kann<sup>98)</sup>. Gänzlich anders verhält sich dies bei z. B. Flüssigwasserstoff, der hinsichtlich Verfügbarkeit, Umweltfreundlichkeit und Energieausbeute als nahezu idealer Flugzeugkraftstoff ange-

92) Vgl. Bulloch, Chr., Kraftstoffsparen durch rechnergestütztes Flugmanagement, in: Interavia 11/1980, S. 1010 – 1012.

93) Ebenda, S. 1012.

94) Das Leistungsdaten- und Navigationssystem der neuen bei Lufthansa im Einsatz befindlichen Boeing 727-230 verspricht eine Kraftstoffeinsparung von 3 – 4 %. Das Flugmanagement des Airbus A 310 soll eine Einsparung von 3 % bringen. Vgl. Lufthansa und die Kraftstoffkrise, a.a.O., S. 139.

95) Vgl. Bulloch, Chr., Bordrechner sparen Kraftstoff und vereinfachen die Flugsicherung, in: Interavia, 3/1982, S. 251/252.

96) Vgl. Kern, Flugkraftstoffe der Zukunft und deren Alternativen, in: OEL-Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, August 1978, S. 224 – 228. Ferner: Bulloch, Chr., Alternativkraftstoffe Wann wird ihre Verwendung beginnen? in: Interavia, 7/1981, S. 715 – 717.

97) Synjet wird aus Mineralöl hergestellt, das einem festen Energieträger (z. B. Kohle, Ölschiefer) entzogen wird. Vgl. Bulloch, Chr., Alternativkraftstoffe . . . , a.a.O., S. 716.

98) Ebenda, S. 715.

sehen wird: für Flüssigwasserstoff wäre eine vollkommen neue Betankungsinfrastruktur zu schaffen<sup>99)</sup>.

Für Flüssigwasserstoff sind z. B. hochvolumige Tanks erforderlich, was erhebliche Anforderungen an den Flugzeugbau stellt. Besondere Vorkehrungen für die Wartung und die Sicherheit derartiger Systeme, z. B. bei Tankleckagen in Flugzeugen sowie in Flughafenversorgungseinrichtungen, wären noch zu realisieren<sup>100)</sup>. Entsprechende Studien und Versuche befinden sich in der Durchführung (Lockheed<sup>101)</sup>). „Much research remains to be done before liquid hydrogen can be used safely in aircraft and on the ground. Because of the industry's enormous investment in hydrocarbons, hydrogenfuelled aircraft are unlikely to be in regular service before the year 2010 – even if nuclear power stations can supply large quantities of liquid hydrogen at low cost. Nonetheless, the global availability of hydrogen and the demise of the hydrocarbons is likely to force its eventual use“<sup>102)</sup>.

Andere Untersuchungen prüfen zur Zeit die Verwendbarkeit von Alkohol als alternativen Flugzeugtreibstoff; ein solches Projekt läuft z. B. unter der Regie des NAA<sup>103)</sup>.

Ein prinzipielles Problem im Zusammenhang mit der Einführung neuer alternativer Flugzeugkraftstoffe besteht in der Internationalität des Luftverkehrs. Falls diese Internationalität nicht gefährdet sein soll, müssen alternative Treibstoffe nahezu gleicher Qualität in allen Staaten verfügbar gehalten werden, die sich am internationalen Luftverkehr beteiligen; hierzu wären international geltende Spezifikationen für Alternativkraftstoff zu definieren<sup>104)</sup>.

Bis zur Realisierung des Einsatzes alternativer Flugbetriebsstoffe ist es ein langer Weg; er ist eher ein Erwartungshorizont als eine jetzt schon kalkulierbare Größe. Die eingetretene Energiesituation im Luftverkehr hat – wie oben skizziert – vielfache Impulse für technologische Neuerungen und Fortentwicklungen ausgelöst. Es ist selbstverständlich, daß ein derartiger technologischer Aufbruch auch einige *Exoten* hervorgebracht oder alte, überkommene Konzepte wieder neu aufgelegt hat. So gibt es Ideen zu Kurzstartflugzeugen, Riesenflugbooten und Hyperschallflugzeugen (Mach 5)<sup>105)</sup>. Auch ist die Diskussion über Ballone und Luftschiffe wieder aktuell; ein besonders exotisches Gefährt stellt dabei der Van Dusen LTA 20, ein rollender und damit den sog. Magnus-Auftriebseffekt ausnutzender Heliumballon dar, der eine Lastengondel trägt<sup>106)</sup>.

Die einzelnen Luftverkehrsgesellschaften sind in Ansehung der drängenden Probleme mit dem Blick auf das jetzt Notwendige bestrebt, zur Entlastung ihres Treibstoffkosten-

99) Vgl. Moxon, J., Fuels for the future, in: Flight international, vom 9. 5. 1981, S. 1301 – 1303, hier S. 1303.

100) Ebenda.

101) Ebenda.

102) Ebenda.

103) NAA = National Aeronautic Association (USA). Siehe hierzu in: Aviation Daily, vom 9. Juli 1981, S. 47.

104) Vgl. Bulloch, Chr., Alternativkraftstoffe . . . , a.a.O., S. 716. Moxon, J., Fuels for the future, a.a.O., S. 1301.

105) Zukunfts-Musik, . . . , a.a.O., S. 57.

106) Van Dusen rolls out airship, begins testing, in: Aerospace Canada, Winter 1982, S. 37. Ein rollender Ballon löst den Zeppelin ab, in: Die Welt, vom 3. Dez. 1981.



budgets die technologischen Innovationen, die die Luftfahrtindustrie jetzt schon hervorbringt, zu nutzen; hierzu sind z. T. umfängliche, längerfristig wirkende Neuinvestitionen erforderlich. Kurzfristiger wirksam und mit erheblich geringerem Investitionsaufwand verbunden sind dagegen technische Optimierungen am jeweiligen Flottenbestand. Zu diesen Optimierungsmaßnahmen zählt die Ersatzinstallation von vorhandenen Systemen, der Nacheinbau von neuen Systemen wie auch die Realisierung von Programmen zur systematischen Gewichtseinsparung (z. B. Flugzeuginterieur (Bestuhlung, Galley etc.), Außenlackierung). Neben derartigen Modifikationen am Fluggerät tragen die technischen Bereiche durch entsprechende Wartungsprogramme dafür Sorge, daß sich die Flugzeuge (z. B. Wirbel an der Außenkontur vermeiden, Waschfrequenz), die Triebwerke (Engine Performance Monitoring, Engine-Wash) und die Elektronik stets im optimalen technischen Zustand befinden. Abweichungen von diesem Optimum erhöhen den Kraftstoffverbrauch.

#### 4.2.4. Operationelle Optimierungen

Operationelle Optimierungen betreffen alle treibstoffsparenden Anpassungen des Luftverkehrs, die sich auf die verkehrliche Abwicklung selbst beziehen. Operationelle Optimierungen in diesem Sinn umfassen die logistische Flughafengestaltung, die Abfertigung und den Bodenverkehr der Flugzeuge sowie alle Aspekte der treibstoffeffizienten Nutzung des Luftraums.

Nach Angaben von *Delta* und *Eastern Airlines* bewirkt der neue, im September 1981 eröffnete *Atlanta Hartsfield Airport* erhebliche Treibstoffeinsparungen<sup>107)</sup>. Diese Einsparungen ergeben sich dadurch, daß der neue Terminalbereich zwischen zwei parallel verlaufende Start- und Landebahnen plaziert ist ('midfield complex'), was zu kürzeren Taxi-Zeiten führt<sup>108)</sup>.

Grundsätzlich sollten Flughafenkapazitäten derart dimensioniert sein, daß dem Luftverkehr keine unproduktiven und dabei treibstoffineffizienten Engpaßsituationen entstehen<sup>109)</sup>.

Eine treibstoffbewußte *Flugzeugabfertigung* ist im wesentlichen auf eine Gewichtsoptimierung aus. Dabei ist die nicht-zahlende Zuladung zu minimieren<sup>110)</sup> und die gesamte Zuladung unter Trimmgesichtspunkten optimal im Flugzeug aufzuteilen. Eine Beladungsstrategie besteht darin, den Flugzeugschwerpunkt möglichst weit nach hinten und nahe an den Auftriebspunkt zu verlagern<sup>111)</sup>.

107) *Delta*: 340 Starts pro Tag; Treibstoffeinsparung 50.000 gallons/Tag.  
*Eastern*: 330 Starts pro Tag; Treibstoffeinsparung 312.000 gallons/Monat.  
Vgl. *Woolsey, J.*, New Atlanta airport saving fuel via reduced taxi requirements, in: *Air Transport World*, 9/81, S. 60 – 62.

108) Vgl. ebenda, S. 60.

109) Diese Forderung gilt besonders für solche Flughäfen (in USA), die infolge von Deregulationseffekten ohnehin z. T. überlastet sind (z. B. Slot-Problem).

110) Z. B. mitgeführte Wasser- und Catering-Mengen in Abhängigkeit von Passagierzahlen, Treibstoff, Verzicht auf das Mitführen von Schwimmwesten bei Flügen, die ausschließlich über Land führen; vgl. *Victims of Airline Fuel Economies*, in: *International Herald Tribune*, vom 10. 4. 1981.

111) Z. B. Beladung der Flugzeuge mit Kraftstoff auf die hintere Schwerpunktlage, um den Trimmwiderstand zu verringern.

Während der Bodenzeiten sollte grundsätzlich die Energieversorgung der Flugzeugsysteme (z. B. für Klima, Beleuchtung) nicht durch das Bordaggregat (APU<sup>112)</sup>) sondern durch entsprechende Bodeneinrichtungen (GPU) erfolgen. Einer ATA-Studie zufolge amortisieren sich fest-installierte Ground Power Systems innerhalb weniger Jahre<sup>113)</sup>.

Nach Abschluß der Abfertigung sollten die Triebwerke erst gestartet werden, wenn auch ein unverzögertes *Taxiing*<sup>114)</sup> absehbar ist. Das *Taxiing* wird von vielen Luftverkehrsgesellschaften mit noch nicht sämtlich gestarteten Triebwerken durchgeführt; erst kurz vor dem Start sind dann alle Motoren in Funktion. In vielen Fällen bewegen sich die Flugzeuge nicht aus eigener Kraft zum Start, sondern werden, zumindest einen Teil des Weges, dorthin geschleppt, so daß sich treibstoffineffiziente Bewegungen der Flugzeuge am Boden reduzieren.

Beim Startvorgang und bei der weiteren *Flugdurchführung* gibt es naturgemäß viele Ansatzpunkte treibstoffsparend zu operieren, z. B. die Möglichkeit einer Variation des Steigwinkels und der Fluggeschwindigkeit, sowie Methoden zur Entscheidung der wettermäßig günstigsten Route. Bei diesen Optimierungen ist der Einsatz moderner Computer-Systeme unverzichtbar.

Holding-Flüge sind unter dem Aspekt der Energiewirtschaftlichkeit des Luftverkehrs nach Möglichkeit zu vermeiden. Die *Flugsicherung* hat nicht nur auf die Aufgabe der Kollisionsverhütung, sondern hat den Verkehr so zu steuern, daß eine treibstoffeffiziente Nutzung des Luftraums sichergestellt ist. In diesem Sinne sollten Aufenthalte in Wartepositionen minimiert und die Anflugverfahren optimiert werden<sup>115)</sup>. Hierzu soll auch die Entwicklung des sog. Micro-Wave Landing Systems (MLS) beitragen, das 'gekrümmte' und damit kürzere Landeanflüge zuläßt<sup>116)</sup>.

### 4.3. Die Finanzierung der Anpassungsmaßnahmen

#### 4.3.1. Die Wirtschaftlichkeitsproblematik

Die meisten größeren Luftverkehrsgesellschaften verfügen über umfassende Programme zur Treibstoffeinsparung. Im Rahmen derartiger Programme sind die jeweiligen Sparmaßnahmen als Einzelprojekte aufzufassen und werden entsprechend hinsichtlich der Fristigkeit des Eintretens ihrer Sparwirkung sowie bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit (Kapitalwert, Amortisation) untersucht, bevor sie realisiert werden.

Kurzfristig greifende Maßnahmen werden zunächst bevorzugt und bei Projekten mit gleichem Projektnutzen solche mit den niedrigeren Kosten (low cost) und dem geringeren Projektrisiko (low risk).

112) APU = Auxiliary Power Unit; über den wirtschaftlichen Einsatz der APU (u. a. beim Triebwerksstart) siehe im einzelnen: *Murphy, J.*, Garret Maps APU Fuel Economies, in: *Airline Executive*, Januar 1982, S. 15 – 17.

113) Energy Costs Impact Ground Equipment; Spur Major Shift to Air and Electrics, in: *Airline Executive*, Februar 1982, S. 20 ff. ATA = *Air Transport Association of America*. Dachverband der U.S.-Linienluftverkehrsgesellschaften.

114) D. h. ohne daß Warteschlangen beim *Taxiing* entstehen.

115) Vgl. *Bullock, Cbr.*, Bordrechner sparen Treibstoff . . . , a.a.O., S. 252.

116) Vgl. ebenda.

Darüber hinaus gilt es, auch solche Maßnahmen einzuleiten, die erst auf längere Sicht zu konkreten Treibstoffeinsparungen führen oder solche Projekte vorbereitend zu realisieren, die ihrerseits die Voraussetzung schaffen, damit andere Projekte darauf aufsetzen können.

Alle damit verbundenen Entscheidungen machen eingehende Projektrechnungen erforderlich. Im Mittelpunkt solcher Untersuchungen steht die Frage nach der zu erwartenden spezifischen Kraftstoffeinsparung. Basis hierfür sind meist (herstellerseitige) Ingenieurrechnungen, Laborstudien etc., selten liegen einschlägige Erfahrungswerte vor. Die Intention der einzelnen Luftverkehrsgesellschaften geht dahin, die geplanten Einsparungsmaßnahmen auch wirtschaftlich optimal in ihre Gesamtrechnung einzupassen; dies läuft auf eine Gesamtoptimierung hinaus, wobei die zur Realisierung anstehenden Maßnahmen vielfach lediglich unter bestimmten *ceteris paribus*-Annahmen berücksichtigt werden können. Auch die wirtschaftlichen Bedingtheiten zwischen mehreren Sparmaßnahmen sind zu beachten. Insofern sind die je Einzelprojekt ausgewiesenen prozentualen Einsparungen im allgemeinen nicht ohne weiteres addierbar.

Ein weiteres Problem, das die Wirtschaftlichkeit eines Einsparungsprojektes anbetrifft, besteht darin, errechnete Spar-Effekte im späteren Betrieb tatsächlich zu verifizieren. Im realen Betrieb überlagern sich meist derart viele Einflüsse, so daß eine Abgrenzung einzelner Maßnahmen hinsichtlich ihres spezifischen Sparbeitrags nur in seltenen Fällen möglich ist. Exakte Messungen, sofern solche überhaupt durchführbar sind, verursachen häufig einen hohen Kostenaufwand, der durch den Erkenntnisgewinn nicht gerechtfertigt werden kann. So verbleibt *ex post* meist nur eine globale Gegenüberstellung der gesamten Verkehrsleistung einer Luftverkehrsgesellschaft zu der Entwicklung des Treibstoffverbrauchs.

Zu den dargelegten mengenrechtlichen Unsicherheiten kommen außerdem noch die Unwägbarkeiten der Bewertung. Je höher der Marktpreis für Mineralöl ist, um so eher werden Maßnahmen/Investitionen zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs rentierlich und umgekehrt. Es ist deutlich, daß in diesen Zusammenhängen ein ganz erhebliches unternehmerisches Risiko enthalten ist, das sich zwar abschätzen, aber nicht genau erfassen läßt.

#### 4.3.2. Der Finanzbedarf

Für die Ausmusterung eines Flugzeuges sind die technische und wirtschaftliche Lebensdauer ausschlaggebende Kriterien. Das Problem liegt dabei in der steigenden technischen und sinkenden wirtschaftlichen Lebensdauer<sup>117)</sup>. Die aktuelle Treibstoffsituation drückt dabei ganz erheblich auf die wirtschaftliche Lebensdauer, so daß die Luftverkehrsgesellschaften bestrebt sind, durch Modifikation der vorhandenen Flotte oder gar durch Ablösung von (Teil-)Flotten der Entwicklung neuer treibstoffsparender Technologien zu folgen.

117) Diese Diskrepanz erreichte in den letzten Jahren eine kritische Ausprägung. Während nach technischen Gesichtspunkten ein heute neues Flugzeug noch nach dem Jahr 2000 sicher fliegen kann, könnte es aber schon um 1990 wirtschaftlich überaltert sein.

Ende des Jahres 1980 waren im zivilen Luftverkehr weltweit<sup>118)</sup> (ohne UdSSR und VR China) ca. 6000 Passagier- und 360 Frachtflugzeuge eingesetzt<sup>119)</sup>. Von diesen Passagierflugzeugen müssen bis 1995 ca. 70 % durch neue Flugzeuge ersetzt werden<sup>120)</sup>; bei diesen Ausmusterungsentscheidungen dürfte die Treibstoff-Effizienz ein wichtiges Motiv darstellen. Über diese Ersatzbeschaffungen hinausgehend wird eine Flottenerweiterung im Umfang von rd. 2100 Einheiten geschätzt<sup>121)</sup>. Für den Kauf dieser Flugzeuge werden (zu Preisen von 1981) 225 Mrd. US\$ aufzuwenden sein. Bei einer angenommenen Preissteigerung für Flugzeuge von 12 % p. a., ergibt sich zu Marktpreisen ein Investbedarf von 600 Mrd. US\$ für den Zeitraum bis 1995. Zusätzlich müssen 360 Frachter – davon zwei Drittel Großraumflugzeuge – beschafft werden. Die laufenden Modernisierungsinvestitionen für die im Einsatz befindlichen Flugzeuge werden bis 1995 (zu Marktpreisen) auf knapp 100 Mrd. US\$ geschätzt<sup>122)</sup>.

Andere Quellen beziffern den Finanzierungsbedarf für neue Flugzeuge mit 35 Mrd. US\$ (in den nächsten 10 Jahren; US-Airlines)<sup>123)</sup> bzw. mit rd. 56 – 60 Mrd. US\$ (bis 1990; US-Majors)<sup>124)</sup>.

Die IATA rechnet für den Zeitraum bis 1990 bei einem unterstellten Verkehrswachstum von durchschnittlich 5 % p. a. mit einem Kapitalbedarf der IATA-Gesellschaften zur Anschaffung neuer Flugzeuge und Sachanlagen von rund 170 Mrd. \$ (in effektiven US\$)<sup>125)</sup>.

Die Finanzierung der genannten Investitionen stellt keine einfache Aufgabe dar, da sich die meisten Luftverkehrsgesellschaften der Welt infolge einer verhaltenen Verkehrsnachfrage, der Veränderung ordnungspolitischer Rahmenbedingungen (z. B. US-Deregulation) und nicht zuletzt der Treibstoffpreisentwicklung in einer überaus schwierigen wirtschaftlichen Situation befinden. Ansehnliche Gewinne wären erforderlich, allein um die geplanten und bereits bestellten neuen Flugzeuge zu finanzieren<sup>126)</sup>. Stattdessen wurden gerade in den Geschäftsjahren 1980 und 1981 – bis auf wenige Ausnahmen – erhebliche, z. T. existenzgefährdende Verluste ausgewiesen. Es besteht das Problem, wie angesichts marginaler Gewinne und zudem zum Teil hoher Zinsen die Finanzierung der erforderlichen Flottenmodernisierungen vonstatten gehen kann<sup>127)</sup>. US-Gesellschaften beanspru-

118) Douglas Aircraft Company, Outlook for Commercial Aircraft 1981 – 1995. Long Beach, Cal., Juli 1981. In dieser Studie wurden insgesamt 201 Luftverkehrsgesellschaften hinsichtlich ihres Kapazitätsbedarfs analysiert.

119) Ebenda, S. 7.

120) Ebenda, S. 21.

121) Ebenda, S. 21 und S. 75.

122) Schätzung Deutsche Lufthansa AG, Frühjahr 1982.

123) Quelle: Citybank of New York. Siehe in: Aviation Daily, 12. Feb. 1982, S. 227.

124) Quelle: Merrill Lynch White Weld Capital Markets Group. Siehe in: Aviation Daily, 24. Feb. 1982, S. 284. Die genannte Schätzung wurde 1981 abgegeben; neuere Analysen weisen rd. 42 Mrd. US\$ aus. „The reduced projections reflect not only the industry's problems of soft traffic and excess capacity, but also its diminished hopes of replacing currently aging aircraft with more efficient versions as early as once hoped . . .“.

125) IATA, Airline Needs and Sources of Capital. A Study by IATA Financial and Economic Studies Sub-Committee. Part I (Juli 1981) und Part II (März 1982), hier Part I, S. 9.

126) „Estimates made by several of the major airlines indicate a profit of \$ 150 million to \$ 200 million per year will be necessary if their planned and already-ordered new aircraft are to be financed“, in: Aviation Daily, 12. Feb. 1982, S. 227.

127) Wall Street warns the US airlines about debts, in: Flight International, vom 17. 10. 1981.

chen dabei zunehmend ausländische Kapitalmärkte (Eurobond, Schweizer Franken, Yen)<sup>128)</sup>.

Die Finanzierungen zur Modernisierung der Flotten stellen insofern Probleme von besonderer Struktur dar, als gerade durch die zu ersetzenden, mit geringer Wirtschaftlichkeit operierenden Flugzeuge die Gewinnerzielung erschwert wird, die als solide Grundlage für die die Wirtschaftlichkeit verbessernden Flottenerneuerungen voraussetzen wäre. Obwohl sich nicht exakt abgrenzen läßt, welcher Anteil der Investitionen sich allein auf Maßnahmen zur Treibstoffeinsparung bezieht, steht außer Frage, daß diese Maßnahmen ein hohes Rationalisierungspotential beinhalten und somit nachhaltig zu einer Ergebnisverbesserung der jeweiligen Luftverkehrsgesellschaft beitragen können. Demzufolge besteht ein gewisser Zwang, Investitionen gerade in diesem Bereich vorzunehmen.

### 5. Ausblick

Bei der zur Zeit und wohl auch auf längere Sicht gegebenen starken Abhängigkeit des Luftverkehrs vom Mineralöl sind der Luftverkehr als Gesamtsystem sowie jede einzelne Luftverkehrsgesellschaft von den Ereignissen, die sich im Bereich der Energieversorgung vollziehen, unmittelbar mitbetroffen. Eintretende Knappheiten in der Versorgung und Preissteigerungen wirken direkt auf die Luftverkehrsgesellschaften. Die latente, allerdings erst durch die beiden sog. „Ölkrisen“ (1973 und 1979) bewußt gewordene Störanfälligkeit der weltweiten Energieversorgung trifft in besonderer Weise den Luftverkehr. Die hierbei wirkenden Zusammenhänge sind hochinterdependent. Der Luftverkehr ist in vielfacher Weise der jeweils aktuellen Treibstoff-Situation ausgeliefert.

Auch wenn derzeit eine gewisse Beruhigung der Mineralölpreisentwicklung zu verzeichnen ist, können – selbst unter der in der Tendenz sicherlich gültigen Prämisse moderater Wachstumsraten und gesteigerter Energieeffizienz – weitere negative Schübe auf die jeweiligen Betriebsergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Obwohl derartige Einflüsse in der Regel nicht planbar sind, ist es dennoch möglich, daß sich der Luftverkehr auf die veränderte Energiesituation einstellt. Für solche meist langfristig angelegten Anpassungsmaßnahmen gibt es zahlreiche Ansatzpunkte. Einige Maßnahmen der zum Teil umfänglichen Energiesparprogramme lassen sich durch eine Luftverkehrsgesellschaft autonom realisieren, andere Aktionen, insbesondere solche des Tarifbereichs, bedürfen der Abstimmung, um einseitige und damit zusätzlich belastende Wettbewerbsnachteile weitgehend zu vermeiden. Neue Ideen, und diese nicht bloß bezogen auf den technischen Bereich, sind für die anstehenden Anpassungen genauso erforderlich wie erhebliche Finanzmittel.

Im Luftverkehr werden sich strukturelle Veränderungen vollziehen, die auf mehr Flexibilität abzielen. Luftverkehrsgesellschaften mit Kreativität, Risikobereitschaft, umfassender strategischer Planung, genauem Kostenkalkül und erheblicher Kapitalkraft werden sich angesichts der bestehenden Energiesituation, teilweiser Liberalisierung und in Zukunft vermutlich langsamer wachsender Verkehrsnachfrage im Markt behaupten. Dies

128) Siehe ebenfalls in: *Aviation Daily*, 12. Feb. 1982, S. 227. Siehe außerdem in: *Aviation Daily*, 24. Feb. 1982, S. 284. Siehe des weiteren *Feldman, J.*, Aircraft manufacturers seek financing accord, in: *Air Transport World*, 3/82, S. 44 – 49.

erfordert einen ständigen Optimierungsprozeß. Das Luftverkehrssystem wird sich verändern. Gesellschaften, denen es nicht möglich ist, den sich aus der Kostensituation, insbesondere aus der Treibstoffsituation ergebenden Anforderungen zu genügen, werden entweder aus dem Markt austreten oder zu einer wachsenden Belastung von Subventionsgebern. Es hat den Anschein, als ob diese Entwicklung die Kluft, die zwischen hochtechnisierten und anderen Ländern und ihren Luftverkehrsgesellschaften besteht, – der übrigen Entwicklung folgend – vergrößern wird.

### Summary

In the context of the current world energy situation and relevant forecast developments the effects of fuel availability on the air transport system are described. It is shown in detail which innovative and financial efforts of all participants in air transport have been undertaken and are still to be undertaken to adapt the international aviation system to the developments in the fuel sector and thus ensure its continuance whilst maintaining the present high service quality.

### Résumé

On présente les conséquences de l'offre considérable de combustible pour le système du transport aérien en contexte de la situation mondiale actuelle de l'énergie et les développements pronostiqués y relatifs. On montre en détail quels efforts innovatifs et financiers toutes les personnes engagées dans l'aviation ont fait et réaliseront encore pour ajuster le système mondial du transport aérien au développement dans le domaine du combustible et pour assurer ainsi son maintien en conservant une qualité élevée du service.