

LUDWIG ERLEBACH, MTU, München

Kriterien für die Auswahl moderner Flugzeuge



Überblick / Grundlagen



Überblick

- Luftverkehr wächst stärker als andere Verkehrssparten (ca. $2 \times \Delta$ BIP)
- Hauptgründe dafür:
 - Airlines sind in der Lage, Transportkosten stetig zu senken (derzeit ca. 2 % p.a.)
 - Weiterentwicklung der Streckennetze macht Luftverkehr immer attraktiver
- Strategische Entwicklungsschwerpunkte der Airlines sind
 - Organisation und Kosteneffizienz
 - Verkehrssystem und Streckennetz
 - Fluggerät und Flottenstruktur

Entwicklung des Luftverkehrs seit 1945

Zeitraum	Schwerpunkt	Regelungen	Konsequenzen
bis 1979	Regulierter Verkehr	- Streckenrechte - Frequenzen/Kapazität - Flugtarife (mit hohen Gewinnmargen)	- hohe Profite - zugewiesene Strecken - hohe Akzeptanz für neue Flugzeuge
ab 1980	Deregulierung	- Freigabe von Streckenrechten, Frequenzen und Tarifen	- verstärkter Wettbewerb - Senkung der Flugpreise - erweitertes Flugangebot (neue Strecken, erhöhte Frequenzen) - viele Neugründungen und Insolvenzen - Verlustjahre 1990 - 93
ab 1993	Globalisierung	- Open-sky-Politik - EU als Binnenmarkt - Verstärkte Kooperation und Allianzbildung	- Konzentration auf wenige große Gruppierungen - Verbesserte Ertragssituation



Luftfahrtlinien Klassifiziert nach Streckennetzen

	Klasse	Charakterist. Merkmale	Besonderheiten
I	Netzwerkanbieter (Majors) ca. 45 Gesellschaften weltweit	- Intrakont-Netzwerke - Globale-Netzwerke	- große Liniengesellschaften mit hohem Flottenbestand (> 80 A/C) - hohes Service-Angebot - erhöhtes Kostenniveau - Allianzbildung untereinander
II	Assoziierte Low-Cost-Airlines (Zubringer) ca. 200 Gesellschaften	- Regionale Tochterges. - Franchise-Partner - eigene Low-cost-Divisions	- durch Tarifvereinbarungen auf < 80 Sitze beschränkt - keine Beschränkung der Sitzanzahl - Code-sharing mit Majors - keine Beschränkung der Sitzanzahl - Als Konkurrenz gegen freie Low-Cost-Wettbewerber geduldet
III	Sonstige Anbieter ca. 1500 Gesellschaften	- Kleinere nationale Gesellsch. - freie Regional-Gesellschaften (Nischenbediener) - Low-cost/no-frill-Gesellschaft. (Start-ups) - Chartergesellschaften - Frachtgesellschaften	- Starke Konkurrenz zu I und II - spezialisiert auf eigene Märkte

Strategischer Entwicklungsschwerpunkt Organisation / Kosteneffizienz

Maßnahmenschwerpunkte:

- Reorganisation (ergebnisverantwortliche Produkt-Center wie z. B.:
Passage, Fracht, Technik)
- Kostensenkung und Effizienzsteigerung
- Preispolitik
 - Begrenzung hoher Preisnachlässe
 - Reduzierung von Ticketing-Kosten

Strategischer Entwicklungsschwerpunkt Verkehrssystem und Streckennetz

Maßnahmenschwerpunkte:

- Ausbau/Optimierung der airlinespezifischen Streckennetze
 - neue Strecken (Hub-spoke oder Hub-bypass)
 - Erhöhung der Frequenzen auf den vorhandenen Strecken
- Ausbau des Taktsystems auf den Knotenflughäfen
- Lastfaktor-Management
 - Abstimmung vom Verkehrsaufkommen, Flugzeuggröße und Flugfrequenzen
- Erhöhung der Flugzeug-Einsatzzeit (Utilisation)
- Kooperation mit anderen Airlines
 - eigene Regionalgesellschaften oder Franchise Partner
 - Allianzen mit Majors

Strategischer Entwicklungsschwerpunkt Fluggerät und Flottenstruktur

1) Auswahlkriterien

- Betriebskostenreduktion
- Sitzgröße und Sitzgrößenabstufung (Flugzeugfamilien)
- Reichweitenpotential / Reichweitenflexibilität
- Bodenabfertigungszeit
- Flugleistungen (z. B. Reisefluggeschwindigkeit)
- Sonstige (geldwerte) Vorteile (z. B. Fluglärm)



Strategischer Entwicklungsschwerpunkt Fluggerät und Flottenstruktur

2) Akzeptanz neuer Flugzeuge und Triebwerke

Derzeitige Situation

- Präferenz für Derivative
- Überschaubare Risiken
- Geringe Adaptionskosten an vorhandene Infrastruktur

Kriterien für neu zu entwickelnde Flugzeuge und Triebwerke

- Keine Anlaufschwierigkeiten (Leistungen, Zuverlässigkeit)
- Deutliche Verringerung der Betriebskosten
Schwellenwerte (Roll-over-Bedingungen) bei Sitzmeilenkosten sind:
 - > 5 % bei Kurz-Mittelstreckenflugzeugen
 - > 10 % bei Langstreckenflugzeugen



Transportleistung, Umsätze, Kosten für das einzelne Flugzeug

Transportleistung ¹⁾ = Flugzeugpassagierkapazität x Produktivität ²⁾

Transportumsatz = Transportleistung x Kilometerpreis pro Ticket

Transportkosten = Betriebskosten ³⁾ + Zuschläge

Oper. Gewinn = Transportumsatz - Transportkosten

1) bezahlte Passagierkilometer entw. per Flug oder p.a.

2) Funktion von Lastfaktor, Blockgeschwindigkeit, Flugstunden entw. per Flug oder p.a.

3) Funktion von Kapitalkosten, Crew-Kosten, Kraftstoffkosten, Wartungskosten, etc.
entweder per Flug oder p.a.



Situation des Weltluftverkehrs - Status Ende 1993

Anzahl der eingesetzten Jetflugzeuge	9.500
Flüge pro Tag	41.000
Durchschnittliche Flugzeuggröße	180 Sitze
Durchschnittlicher Auslastungsfaktor (seit 1978)	65%
Durchschnittlicher Flugpreis (non discounted)	200\$
Derzeitiger Gesamtverlust pro Jahr (1990 - 1992) (in den USA im III. Quartal 93: 270 Mio \$ net profit)	2 -3 Mrd. \$

Die Erlössituation der Fluggesellschaften wird stark beeinflusst durch:

- Auslastung
2 vollzahlende Passagiere mehr pro Flug + 6 Mrd. \$ Erlös/Jahr
= Erhöhung des Auslastungsfaktors von 65% auf 66%
- Flugpreise
Erhöhung des Flugpreises um 3,5\$ (+1,8%) + 6 Mrd. \$ Erlös/Jahr



**Erhöhung des Auslastungsfaktors und Einschränkung der Preißenachlässe
sind zur finanziellen Gesundung der Airlines notwendig**

Deckung des Transportbedarfs

$$\text{Transportleistung } ^1) = \frac{\text{Anzahl Flugzeuge}}{\text{im Einsatz}} \times \frac{\text{Flugzeug-}}{\text{Passagierkapazität}} \times \text{Produktivität } ^2)$$

Alternative 1: Mehr kleine Flugzeuge

- ☐ mehr Flüge und Direktverbindungen (Point-Point)
- ☐ attraktives Frequenzangebot
- ☐ höhere Investitionen
- ☐ hohe Einsatzflexibilität
- ☐ Kostenreduktion durch Standardisierung (Flugzeugfamilien)
- ☐ Vorteile beim Lastfaktor-Management

Alternative 2: Weniger große Flugzeuge

- ☐ weniger Flüge (Hub-Spoke-System)
- ☐ niedrige Frequenz pro Segment
- ☐ geringere Investitionen und wirtschaftlicherer Betrieb 'Economy of Scale'
- ☐ geringe Einsatzflexibilität
- ☐ begrenzte Standardisierungsmöglichkeiten
- ☐ Begrenzung beim Lastfaktormanagement

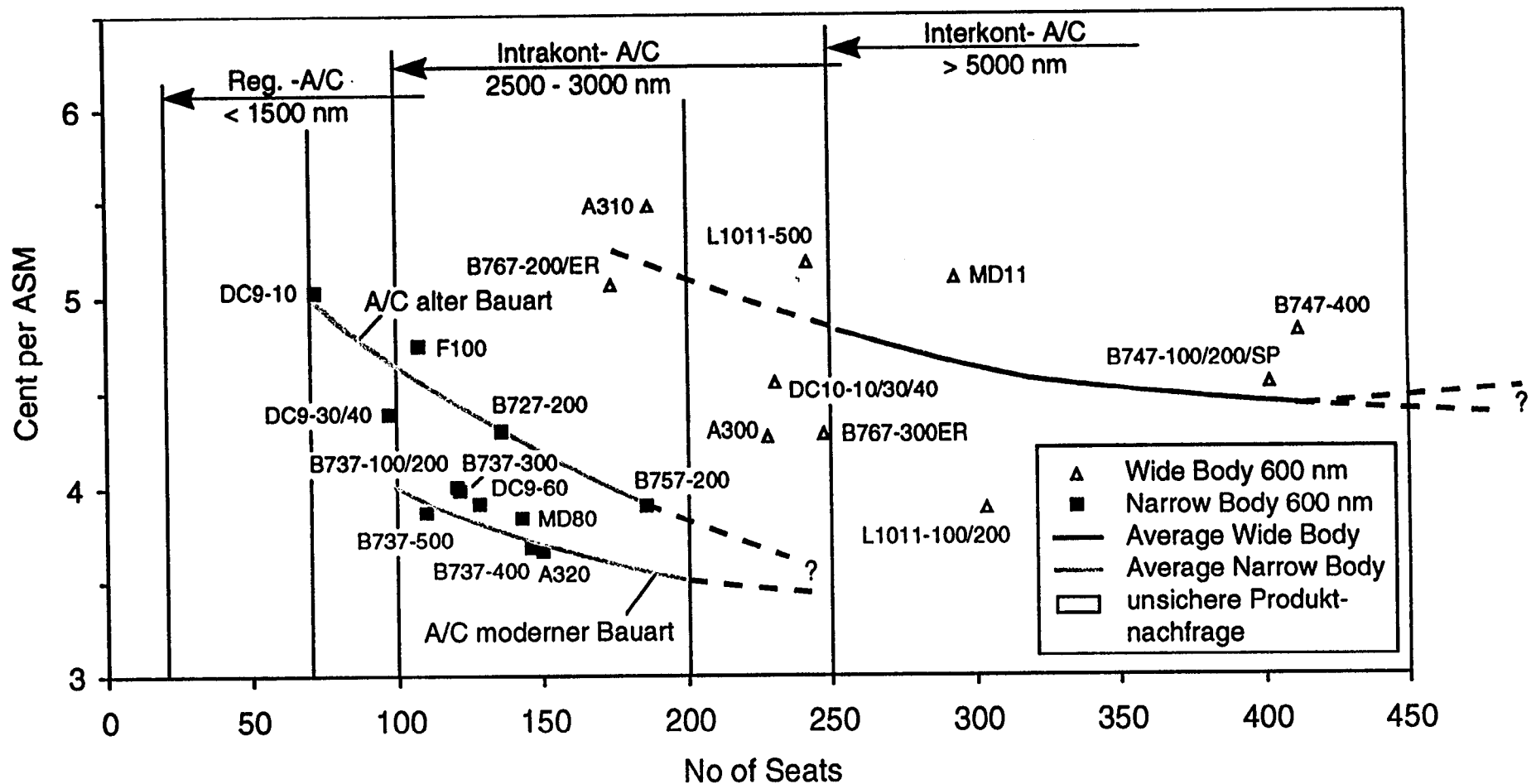
1) bezahlte Passagierkilometer p.a.

2) Funktion von Lastfaktor, Blockgeschwindigkeit, Flugstunden p.a.



Aircraft Operating Cost 1994

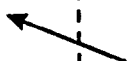
Cent per Aircraft Seat Mile (CAB Form 41)



Regionalverkehr

Bedarf für neue Verkehrsflugzeuge nach Sitzklassen (Status 1990)

< 80 Sitze	80 - 140 Sitze	140 - 200 Sitze
Flugzeuge für assoziierte Regionalgesellschaften: (affiliates) □ Commuter □ Zubringer	Verkehrsflugzeuge für Liniengesellschaften: □ Kurz-/Mittelstreckenflugzeuge geringer Kapazität	Verkehrsflugzeuge für Liniengesellschaften: □ Kurz-/Mittelstreckenflugzeuge mittlerer Kapazität □ Charterflugzeuge kleinerer Kapazität
Einsatzkriterien: □ Niedriges Lohnniveau durch Tarifabsprachen □ Günstige Kostenstruktur □ Commuter Slots □ Streckenzuweisung durch Muttergesellschaften	Einsatzkriterien: □ Forderung nach niedrigen Flugzeugpreis vorrangig □ Flugzeugfamilien werden bevorzugt	Einsatzkriterien: □ Erhöhte Ansprüche an Verbrauch und Reichweitenflexibilität □ Flugzeugfamilien werden bevorzugt
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		


Gebiet unsicherer Produktnachfrage

- Liniengesellschaften bevorzugen Verkehrsflugzeuge > 100 Sitze
- Regionalgesellschaften fliegen Flugzeuge < 80 Sitze wegen
 - Absprachen für niedrige Crew - Lohnsätze
 - Beschränkung durch zugewiesene Commuter Slots (in USA)



Bedarf für neue Verkehrsflugzeuge nach Sitzklassen (Status 1996)

< 80 Sitze	80 - 120 Sitze	120 - 230 Sitze
Flugzeuge für assoziierte Regionalgesellschaften: (affiliates) □ Commuter □ Zubringer	Flugzeuge für spezielle Nischenanbieter bzw. für Anbieter in geschützten Märkten: (Low-cost/no frill)	Verkehrsflugzeuge für Liniengesellschaften (Netzwerk-Anbieter): □ Kurz-/Mittelstreckenflugzeuge für Intrakontinentalverkehr □ Charterflugzeuge kleinerer Kapazität
Einsatzkriterien: □ Niedriges Lohnniveau durch Tarifabsprachen □ Günstige Kostenstruktur □ Commuter Slots □ Streckenzuweisung durch Muttergesellschaften □ Reichweiten < 1500 NM	Einsatzkriterien: □ Günstige Kostenstruktur durch Spezialisierung (z.B. America West) □ Reichweitenaufspaltung < 1500 NM > 2500 NM 80 PAX Grenze beginnt sich nach oben zu bewegen	Einsatzkriterien: □ Erhöhte Ansprüche an Verbrauch und Reichweitenflexibilität □ Flugzeugfamilien sind Voraussetzung (Einsatzflexibilität, Load-Factor-Management) □ Starker Druck auf Flugzeugpreise bleibt bestehen □ Reichweiten > 2500 NM <u>Gebiet unsicherer Produktnachfrage</u> □ Liniengesellschaften bevorzugen Verkehrsflugzeuge > 120 Sitze □ Regionalgesellschaften fliegen Flugzeuge < 80 Sitze wegen - Absprachen für niedrige Crew - Lohntarife - Beschränkung durch zugewiesene Commuter Slots (in USA)

40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200



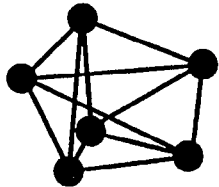
Daimler-Benz Aerospace
MTU München

Intrakontverkehr



Deckung des Transportbedarfs (Intrakontverkehr/Domestic) Charakteristische Verkehrssysteme

Point-Point

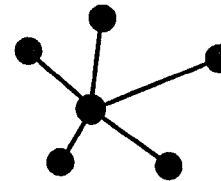


- ☐ mehr Verbindungen
- ☐ mehr Flüge
- ☐ mehr Flugzeuge
- ☐ kleinere Flugzeuge

Vorteile:

- ☐ direkte Verbindungen = weniger Umwege
- ☐ geringerer Energiebedarf bei Umsteigern (nur ein Start)
- ☐ geringere Störanfälligkeit und hohe Flexibilität

Hub-Spoke



- ☐ weniger Verbindungen
- ☐ weniger Flüge
- ☐ weniger Flugzeuge
- ☐ größere Flugzeuge

Vorteile:

- ☐ Kapitaleinsatz geringer, da weniger Flugzeuge benötigt werden
- ☐ Betriebskosten je Passagierkilometer niedriger, da größere Flugzeuge im Einsatz

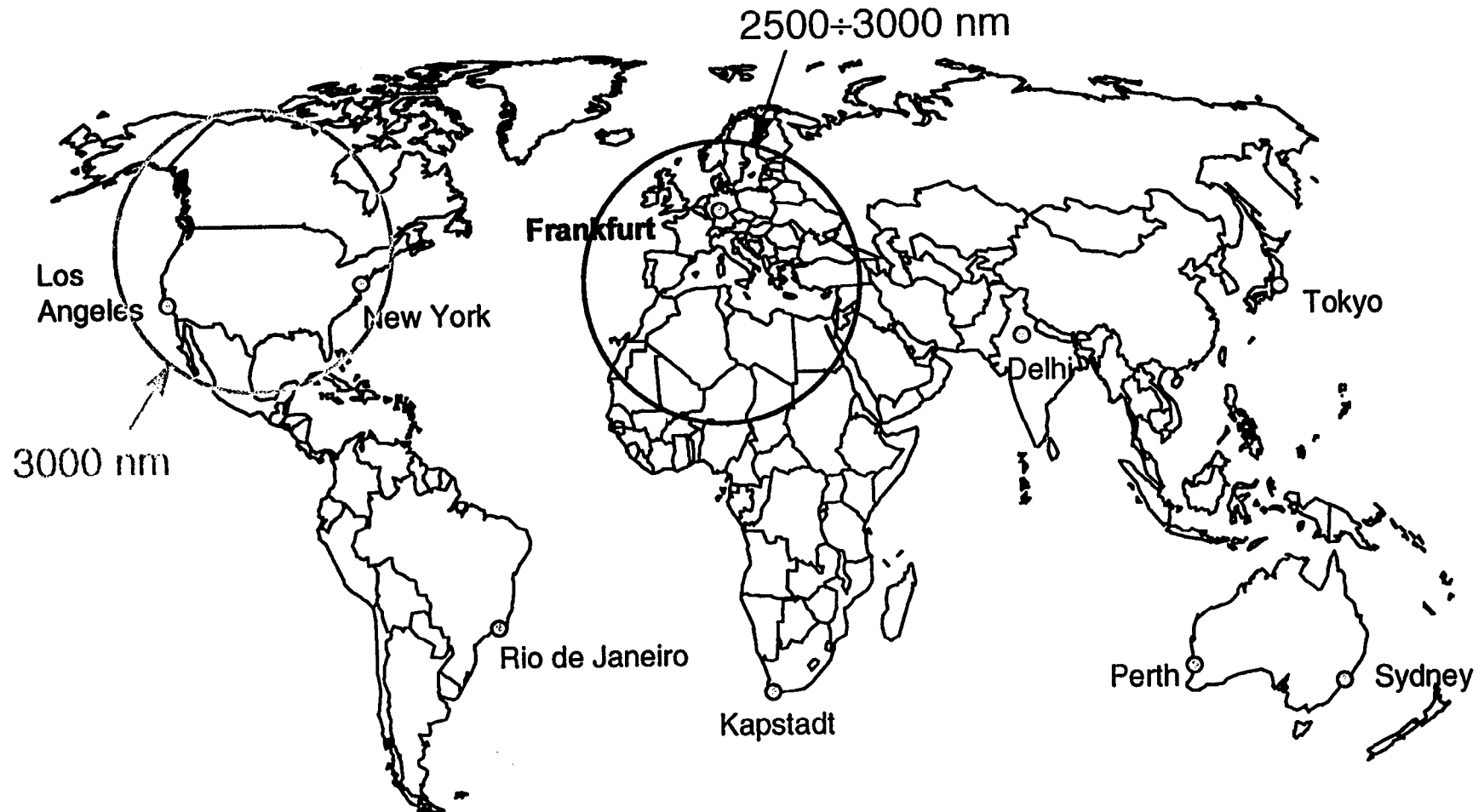
Nachteil:

- ☐ Parasitäre Mehrkosten (Mehrfachstarts; Umwege)



Kundenfreundlicher Point-Pointverkehr zieht Passagiere vom Hub-Spoke System ab

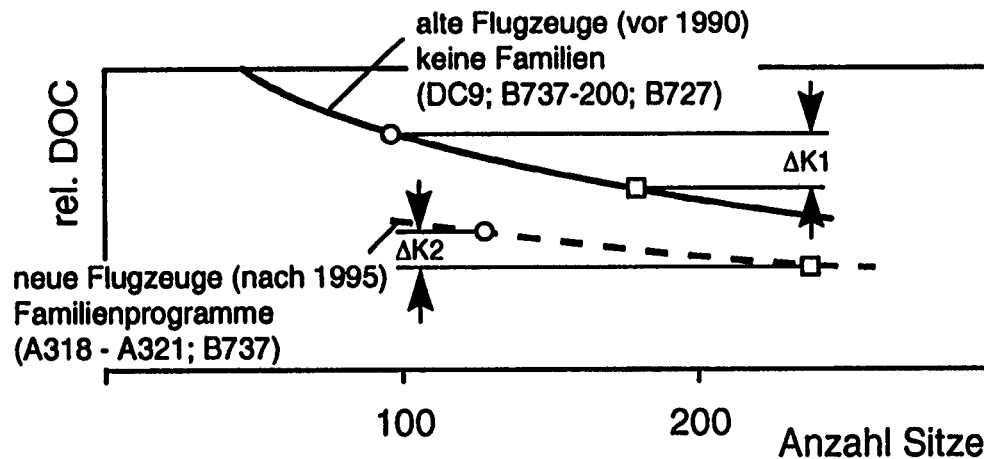
Benötigte Reichweitenpotentiale (Intrakont)



85% annual headwinds, 5% allowance for airways distances

Deckung des Transportbedarfs

zunehmende Bevorzugung von Point-Point Verkehr



Situation früher

Einsatz großer Flugzeuge im Hub-Spoke Verkehr brachte soviel Kosteneinsparung, daß parasitäre Mehrkosten durch Umwege und Mehrfachstarts kompensiert werden konnten

heutige Situation

Die parasitären Mehrkosten des Hub-Spoke System lassen sich durch Einsatz großer Flugzeuge nicht mehr kompensieren

Fazit

verstärkter Direktverkehr mit Narrow Body Flugzeugfamilien

- benötigte Durchschnittsgröße im Direktverkehr
- benötigte Durchschnittsgröße im Hub-Spoke Verkehr

Gründe für geringeren DOC-Vorteil großer Flugzeuge neuer Technologie:

- Größenunabhängige Einsparungen (z.B. Avionic, Crew) sind bei kleinen Flugzeugen wirksamer
- Kostenoptimierung bei Flugzeugfamilien bewußt auf die kleineren Modelle ausgerichtet
- kleinere Flugzeuge haben höhere Fertigungskadenz (z.B. B737 vs B757)



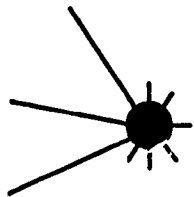
Daimler-Benz Aerospace
MTU München

Interkontverkehr

Deckung des Transportbedarfs (Interkontverkehr/Medium-, Long-Range)

Charakteristische Verkehrssysteme

Point-Point

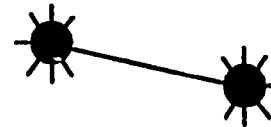


- ☐ mehr Direktverbindungen
- ☐ mehr Flüge
- ☐ mehr Flugzeuge
- ☐ kleinere Flugzeuge

Vorteile:

- ☐ direkte Verbindungen = weniger Umwege
- ☐ geringerer Energiebedarf bei Umsteigern (nur 1 - 2 Starts)
- ☐ Hohes Frequenzangebot (Taktsystem)

Hub-Hub



- ☐ weniger Verbindungen
- ☐ weniger Flüge
- ☐ weniger Flugzeuge
- ☐ größere Flugzeuge

Vorteile:

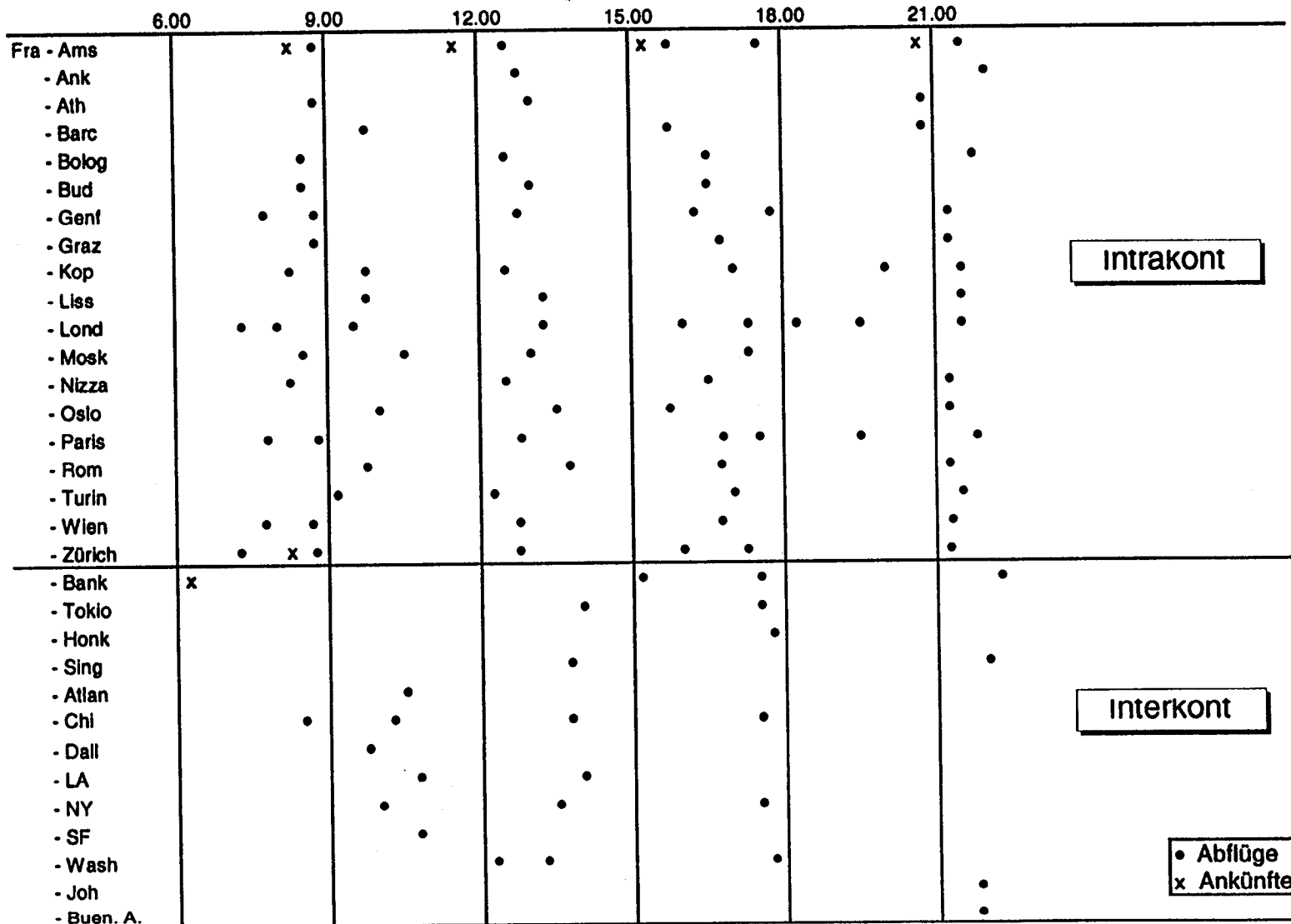
- ☐ Kapitaleinsatz geringer, da weniger Flugzeuge benötigt werden
- ☐ Betriebskosten je Passagierkilometer niedriger, da größere Flugzeuge im Einsatz



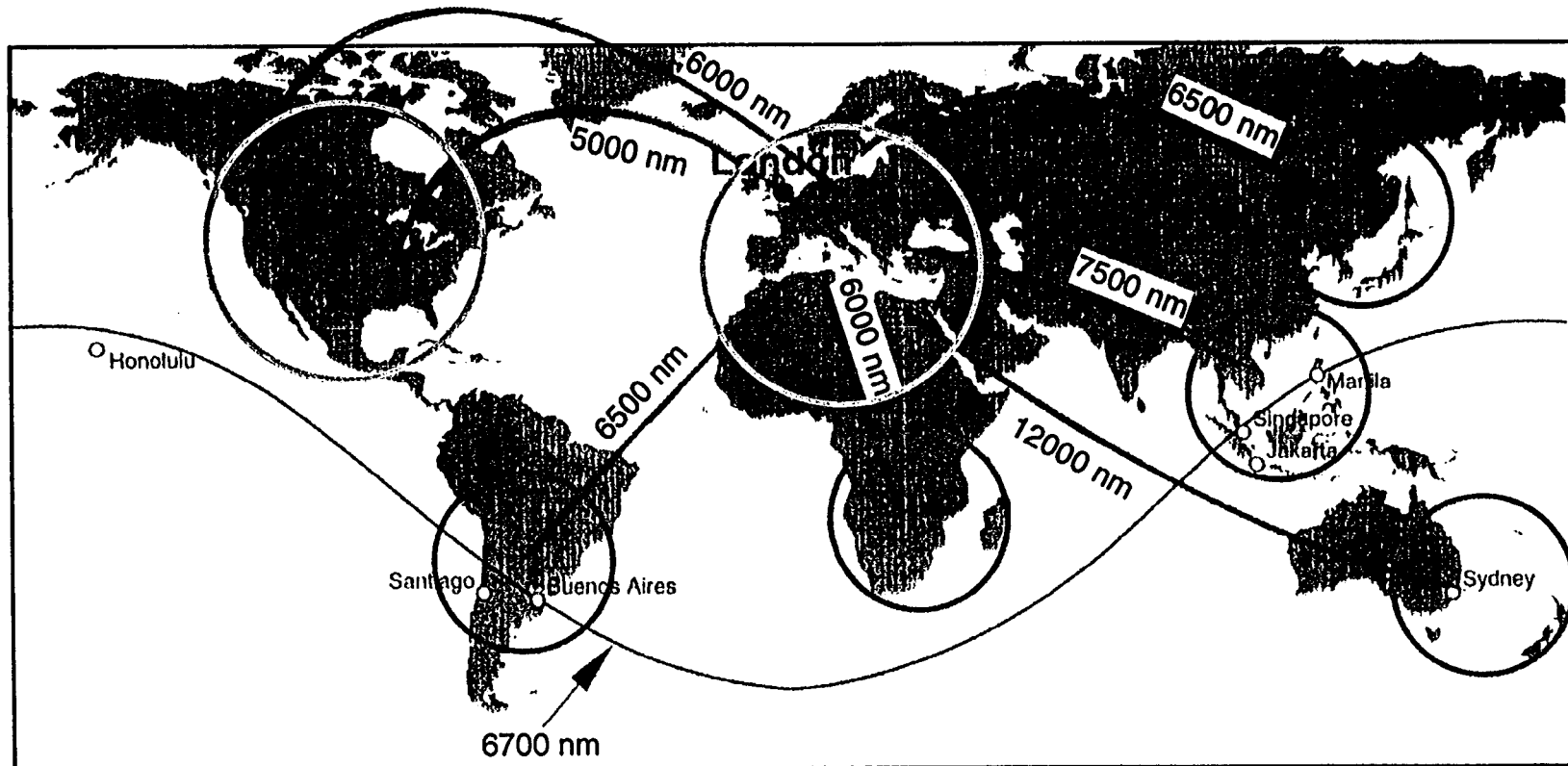
Kundenfreundlicher Point-Pointverkehr zieht Passagiere vom Hub-Hub System ab



DLH - Taktsystem in Frankfurt

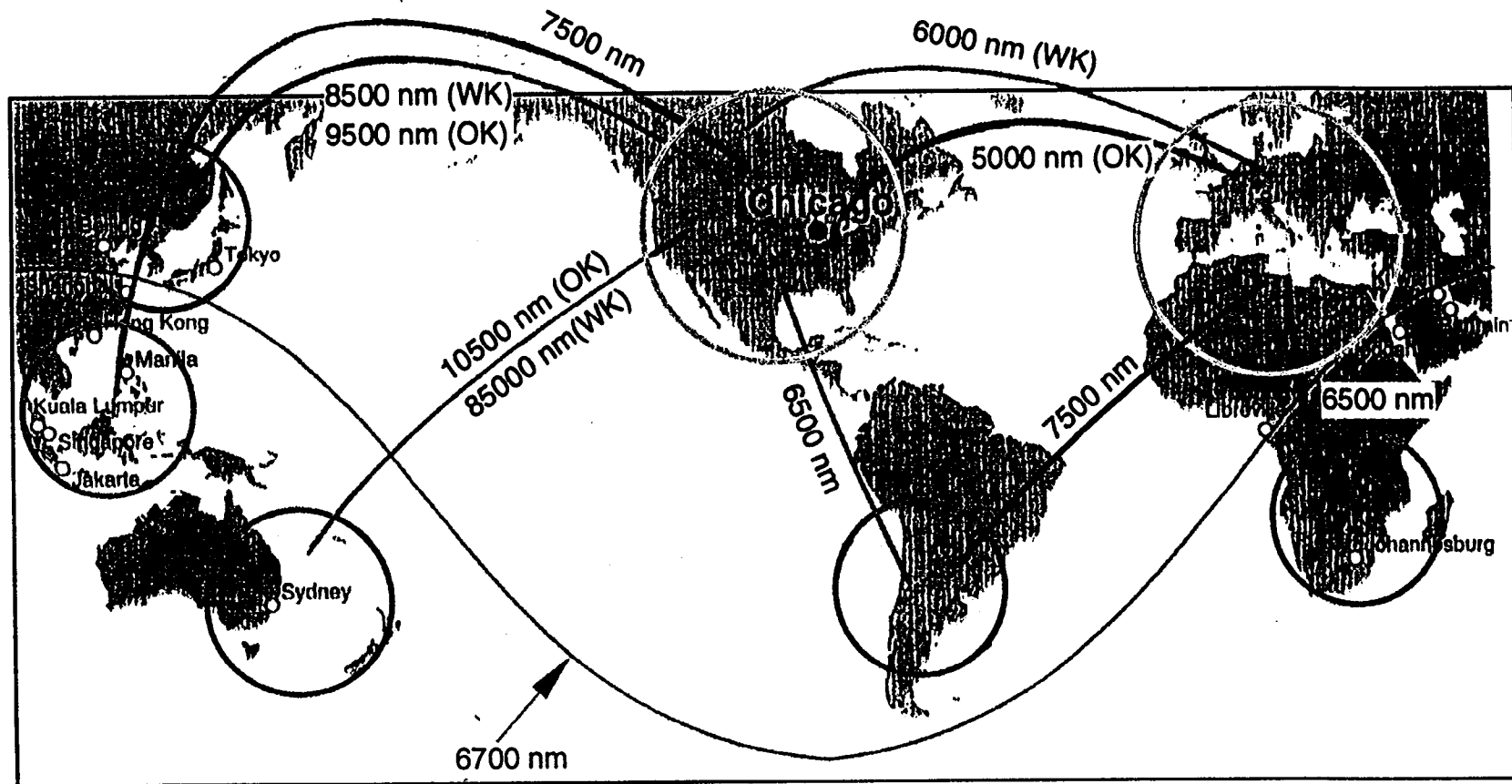


Benötigte Reichweitenpotentiale (Interkont)



85% annual headwinds, 5% allowance for airways distances

Benötigte Reichweitenpotentiale (Interkont)



WK = USA - Westküste
OK = USA - Ostküste

85% annual headwinds, 5% allowance for airways distances



Benötigte Reichweitenpotentiale und Flugzeiten

RW-Potential (NM) incl. Reserven	Verbindungen	Rotationszeit (h) inkl. 4h Turnaround	Restzeiten für* weiteren Einsatz
3000	Intrakont - USA Intrakont - Europa	-	-
5000	Europa - USA (Ostk.)	20 - 22	2 - 4 (1 Tag)
6000	Europa - USA (Westk)	23 - 27	(-3) - 1 (1 Tag)
6500	USA - Südamerika Europa - Südafrika Europa - Nordostasien	23 - 30 23 - 26 23 - 28	18 - 25 (2 Tage)
7500	USA - Nordostasien Europa - Südostasien Europa - Südamerika	25 - 30 26 - 31 26 - 30	17 - 22 (2Tage)
8500	USA (Westk) - Südostasien USA (Westk) Australien	34 - 40 34 - 38	8 - 14 (2 Tage)
9500	USA (Ostk) - Südostasien	38 - 44	4 - 10 (2 Tage)
10500	USA (Ostk) - Australien	44 - 46	2 - 4 (2Tage)
12000	Europa- Austr./Neuseeland	44 - 52	(-4) - 4 (2Tage)

* Restzeitenerhöhung durch Verkürzung TAT und Erhöhung Reisefluggeschwindigkeit möglich

Routen für Megaliner

Flughäfen mit > 30 Mio PAX p.a. (derzeit)

USA: 8

Europa: 4

Asien: 4

Prädestinierte Verbindungen für Megaliner

Verbindung	Anzahl Strecken	Erfordl. Reich- weitenpotentiale (NM)	Anzahl ben. Flugzeuge*
Europa - USA	32	4000 - 6000	ca. 70
Europa - Asien	8	6500	ca. 20
	8	7500	ca. 20
USA - Asien	16	7500	ca. 40
	16	8500 - 9500	ca. 70
	80		ca. 220

* 2 Flüge pro Tag inkl. Ausnutzung von Restflugzeiten



Herausforderung für Megaliner

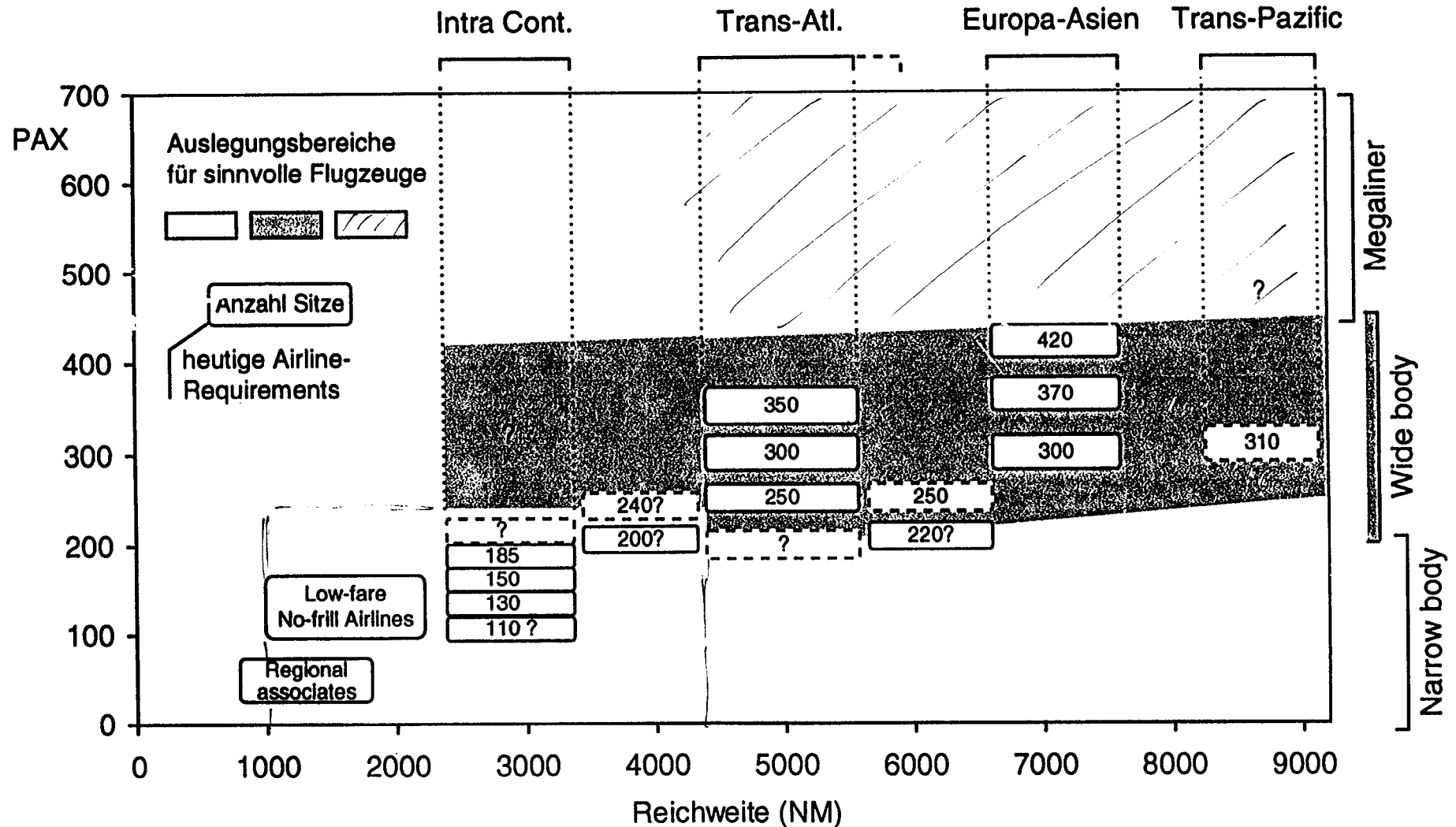
- | | |
|----------------|--|
| Aerodynamik | <ul style="list-style-type: none">○ Gedrungener Rumpf○ Spannweitenbegrenzung (Gates)
(80 m x 80 m) |
| Notevakuierung | <ul style="list-style-type: none">○ max 900 Personen (Streckung) auf einer Seite in 90 Sek○ Ausstieghöhe > 10 m (bei Bugradkollaps)○ Problem Unterbringung langer Notrutschen in der Tür |
| Marktzahlen | <ul style="list-style-type: none">○ zu wenig Strecken (32 zwischen Europa - USA;
je 16 zwischen (Europa - Asien; Asien - USA)○ d. h. begrenzter Markt○ Problem der Reichweitenoptimierung
(Europa - USA ca. 5500 NM; Europa - Asien 7500 NM;
Transpazifik 9000 NM) |
| Load factor | <ul style="list-style-type: none">○ Zubringen von Transferpassagieren blockiert Slots○ möglicherweise lange Wartezeiten (mehrere banks)
bis Flugzeug ausreichend voll |



Daimler-Benz Aerospace
MTU München

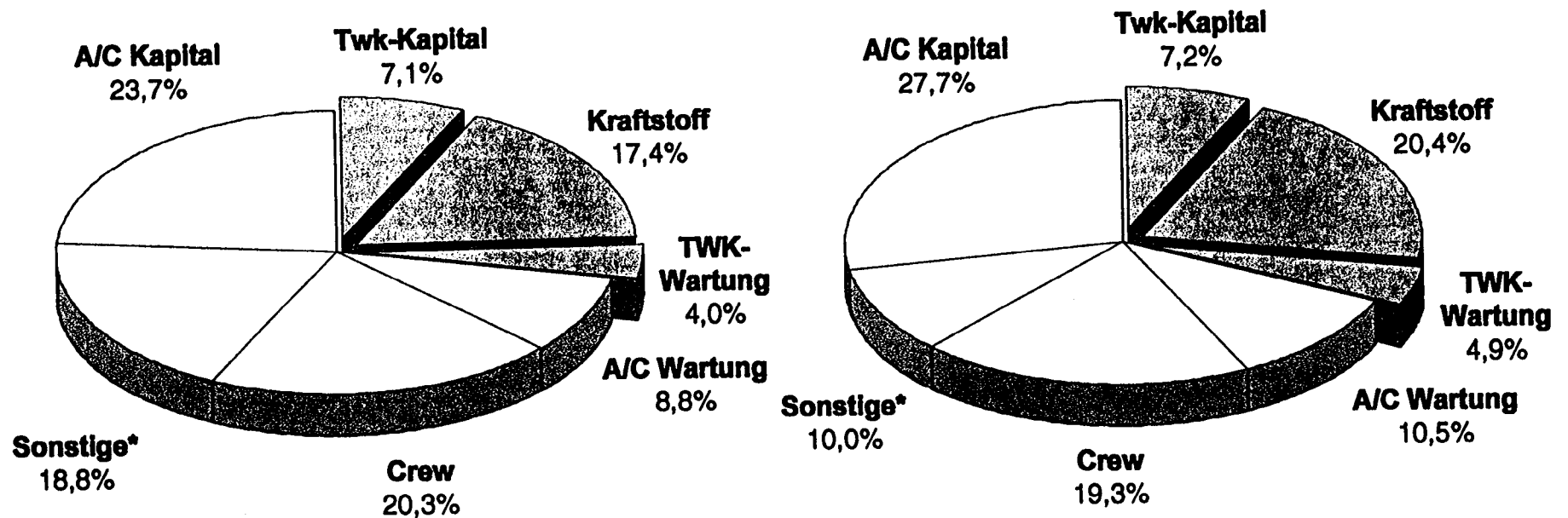
Zusammenfassung

Typische Auslegungsbereiche für Verkehrsflugzeuge





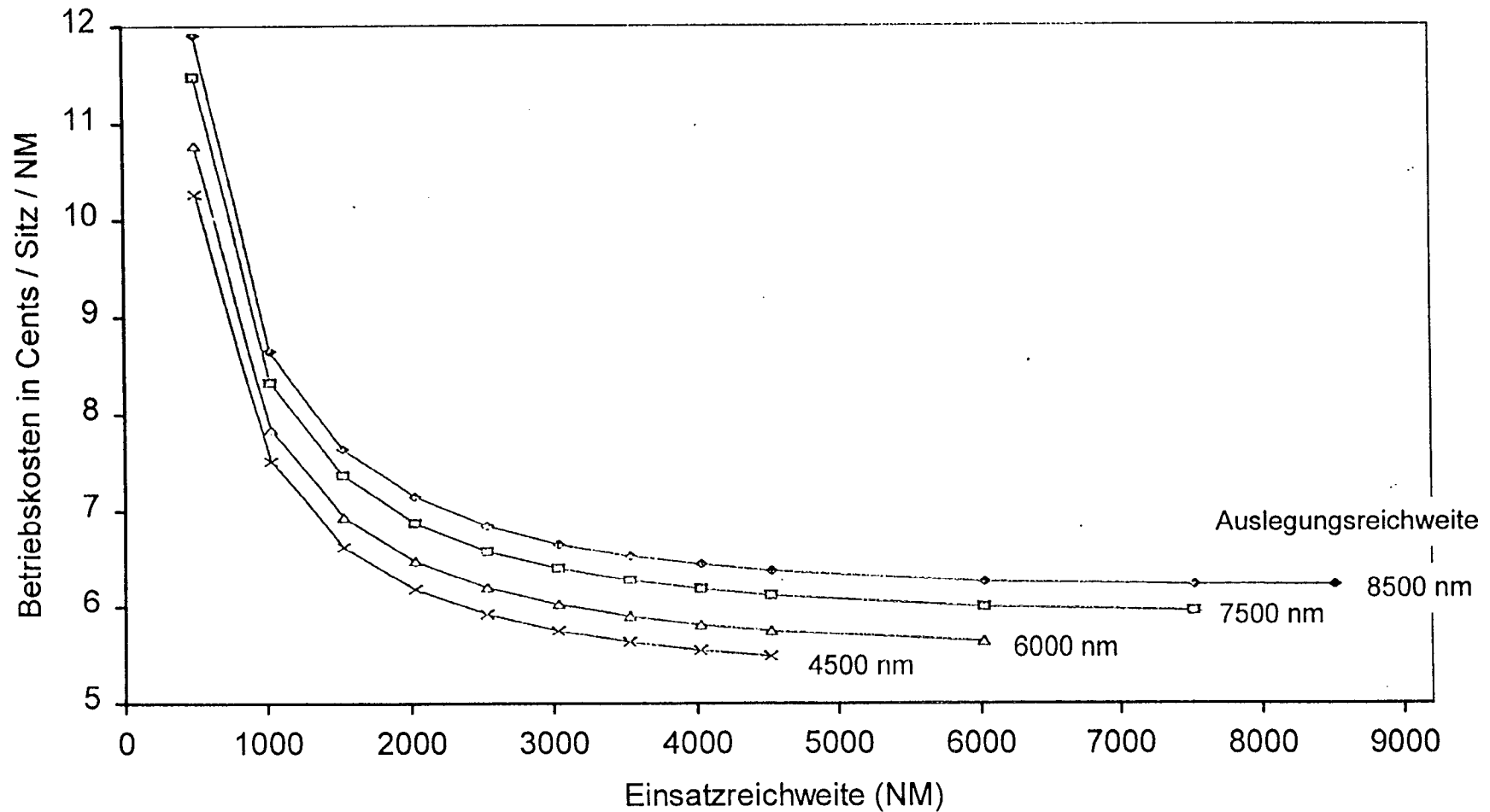
Triebwerksbezogene DOC für typische Flugzeuge u. Flugstrecken



Flugzeug 150 PAX
Reichweite 3000 NM
DOC p. Flug 31.600 US\$
DOC Schwellenwert für Roll-over > 5%

300 PAX
7500 NM
133.700 US\$
> 10%

Einfluß der Auslegungsreichweite auf die Betriebskosten für verschiedene Einsatzeinsatzreichweiten



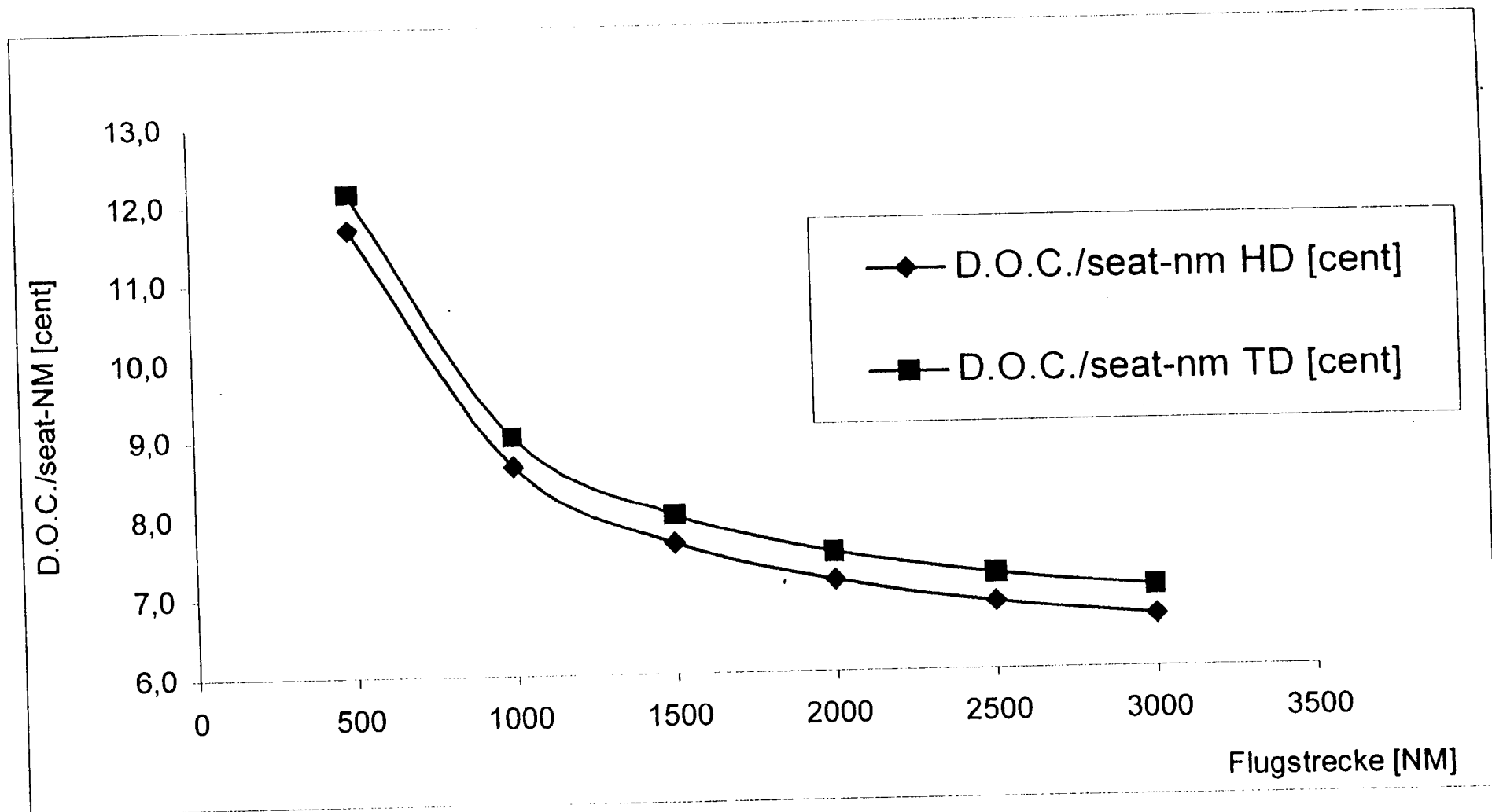


Diagramm 23: Darstellung der $\frac{D.O.C.}{seat \cdot NM}$ des Hoch- und Tiefdeckers in Abhängigkeit der Flugstrecke