

EIN LOGIT-MODELL ZUR FLUGHAFENWAHL IN DER BUSINESS AVIATION

Dr.rer.pol. M. Ch. Gelhausen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Flughafenwesen und Luftverkehr
Linder Höhe, 51147 Köln

Zusammenfassung

Gegenstand dieses Artikels ist ein Modell zur Analyse und Prognose der Flughafenwahl im Bereich der Business Aviation, einem Segment der General Aviation, das besonders den in der Statistik separat ausgewiesenen Taxi- und Werkluftverkehr umfasst. Hierbei wird von dem Geschäftsreisenden entweder angemietetes oder eigenes Fluggerät für die Reise benutzt. Hinsichtlich des individuellen Flughafenwahlverhaltens und der in diesem Zusammenhang relevanten Entscheidungsmerkmale unterscheidet sich die Business Aviation deutlich vom normalen Linien-/Touristikverkehr, weswegen ein eigenständiger Modellansatz für die Business Aviation erforderlich ist. Beispielsweise besitzen Faktoren wie z.B. die zeitliche Entfernung des Flughafens zu den relevanten Unternehmen, die Möglichkeit einer schnellen Passagierabfertigung und die S/L-Bahnänge eine große Bedeutung, wohingegen z.B. preisliche Faktoren in der Business Aviation im Gegensatz zum kommerziellen Linien- und Touristikverkehr eine untergeordnete Rolle spielen. Regionale Flughäfen und Verkehrslandeplätze wie z.B. Mönchengladbach und Egelsbach bei Frankfurt liegen nicht nur verkehrsgünstig zu großen Wirtschaftszentren, sondern bieten auch Entlastungspotential für internationale Verkehrsflughäfen mit Kapazitätsproblemen, indem Teile der General Aviation hin zu entsprechenden Flughäfen ohne Kapazitätsprobleme verlagert werden. Das Business Aviation Flughafenwahlmodell basiert auf dem Prinzip der Maximierung des individuellen Nutzens, wobei ein Logit-Ansatz verwendet wird. Das Modell kann auf eine beliebige Anzahl unterschiedlichster Flughäfen angewendet werden – von Verkehrslandeplätzen und regionalen Flughäfen bis hin zu großen internationalen Verkehrsflughäfen. Dadurch ist es z.B. möglich, die oben angesprochenen Verkehrsverlagerungsstrategien zu evaluieren.

1. EINLEITUNG

Gegenstand dieses Artikels ist ein Prognose- und Analysemodell zur Flughafenwahl in der Business Aviation basierend auf einem Logit-Ansatz. Die Business Aviation stellt ein bedeutendes Segment der General Aviation dar, welches insbesondere den Taxi- und Werkluftverkehr umfasst. Im Taxiverkehr mietet der Geschäftsreisende das Fluggerät, wohingegen im Werkverkehr eigenes Fluggerät genutzt wird. Mit zunehmender Kapazitätsproblematik an internationalen Verkehrsflughäfen gewinnen nahe gelegene regionale Flughäfen und Verkehrslandeplätze als Entlastungsflughäfen an Bedeutung, indem sie einen Teil der Business Aviation übernehmen können. Der Erfolg und das Ausmaß einer solchen Verkehrsverlagerungsstrategie hängen von verschiedenen technischen sowie ökonomischen Gegebenheiten ab, wie weiter unten noch im Detail gezeigt wird. Im Gegensatz zum kommerziellen Linien- und Touristikverkehr spielen in der Business Aviation preisliche Faktoren eine untergeordnete Rolle, so dass Faktoren wie die Länge der verfügbaren S/L-Bahn und das Vorhandensein technischer Systeme, z.B. eines Instrumentenlandesystems (ILS), entscheidungsrelevant sind.

Die Business Aviation ist deutlich stärker auf kleinere Flughäfen fokussiert als der kommerzielle Linien- und Charterflugverkehr insgesamt, wie BILD 1 verdeutlicht.

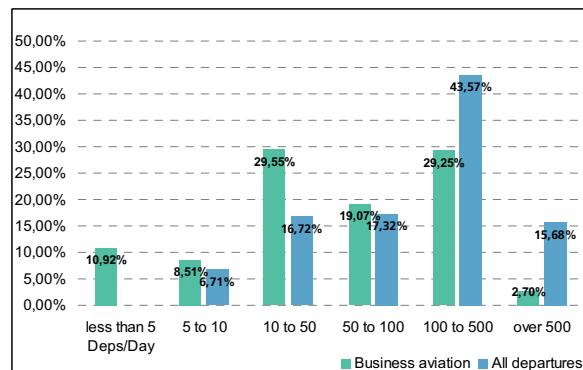


BILD 1. Verteilung der Business Aviation bzw. des gesamten Luftverkehrs nach Flughafengröße gemessen an den Starts pro Tag [1]

Etwa die Hälfte der Starts in der Business Aviation in Europa erfolgt von Flughäfen mit weniger als insgesamt 50 Starts pro Tag, wohingegen knapp ein Viertel der Gesamtstarts im kommerziellen Luftverkehr an solchen Flughäfen abgewickelt werden. Einerseits besteht in der Business Aviation eine ausgeprägte Tendenz zur Nutzung kleinerer Flughäfen, andererseits besteht im Einzelfall signifikantes Verlagerungspotential, da nahezu ein Drittel der Business Aviation an Flughäfen mit 100 bis 500 Starts (29%) bzw. über 500 Starts (3%) pro Tag stattfindet. Insgesamt ist das Segment der Business Aviation dezentraler organisiert als der Luftverkehr insgesamt, wie BILD 2 illustriert.

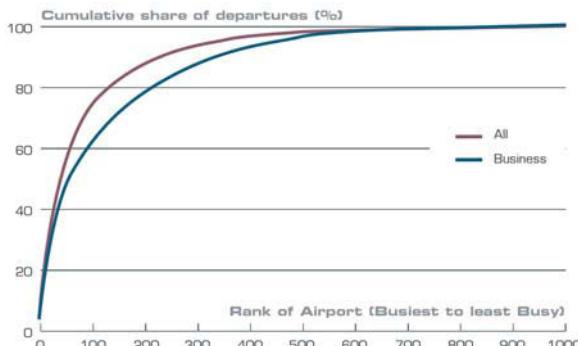


BILD 2. Kumulierte Anteile nach Flughafengröße [1]

Die Top 100 der größten europäischen Business Aviation Flughäfen gemessen an der Anzahl der Starts weisen einen Anteil von 60% auf, wohingegen dieser Anteil bei Be trachtung des gesamten Luftverkehrs auf über 75% ansteigt. TAB 1 zeigt die 25 größten Flughäfen in Europa im Jahr 2007 gemessen an der Anzahl der Business Aviation Starts.

Rank	IATA Code	Airport	2007 Business Deps/Day	Business Growth	% Business
1	LBG	Paris Le Bourget	80.2	8.1%	88%
2	GVA	Geneva Cointrin	53.8	10.9%	23%
3	LTN	London/Luton	42.4	13.8%	26%
4	LIN	Milano Linate	42.3	10.4%	23%
5	NCF	Nice	37.4	19.7%	19%
6	CIA	Roma Ciampino	36.5	1.6%	38%
7	ZRH	Zurich	33.7	12.8%	9.6%
8	FAB	Fanborough	32.1	24.8%	90%
9	VIE	Wien Schwechat	26.2	12.8%	6.9%
10	TOJ	Madrid Torrejon	25.7	12.7%	72%
11	MUC	München 2	22.7	3.8%	3.9%
12	CEQ	Cannes Mandelieu	20.3	12.3%	88%
13	LCY	London/City	18.3	5.7%	15%
14	BQH	Biggin Hill	18.1	31.9%	89%
15	STR	Stuttgart	17.9	-0.2%	8.7%
16	THF	Tempelhof-Berlin	17.3	-0.3%	50%
17	ATH	Athina E. Venizelos	17.2	18.2%	6.3%
18	BCN	Barcelona	17.0	3.8%	3.5%
19	PMI	Palma de Mallorca	16.1	2.7%	6.0%
20	BRU	Brussels National	15.0	1.9%	4.3%
21	CGN	Cologne-Bonn	14.5	0.6%	7.1%
22	AMS	Schiphol Amsterdam	14.5	4.5%	2.4%
23	DUS	Düsseldorf	14.0	-0.8%	4.5%
24	OLB	Olbia Costa Smeralda	13.8	11.1%	32%
25	DUB	Dublin	13.2	6.6%	4.7%

TAB 1. Europäische Flughäfen mit der höchsten Zahl von Business Aviation Starts [1]

Die Kapazitätswirksamkeit einer Verlagerung des Business Aviation Verkehrs von einem internationalen Verkehrsflughafen hin zu einem regionalen Flughafen bzw. Verkehrslandeplatz in Bezug auf Flugpassagiere wird dadurch verstärkt, dass das Verhältnis von beförderten Passagieren zu Flugbewegungen im kommerziellen Linien-/Charterverkehr um ein Vielfaches höher liegt als in der Business Aviation. Typisches Business Aviation Fluggerät verfügt über eine Sitzplatzkapazität von sechs bis acht Passagiere, welche im Mittel zu 60% ausgelastet sind, so dass durchschnittlich vier bis sechs Passagiere pro Flugbewegung befördert werden [2]. Im Vergleich mit z.B. einem Airbus A320-200 mit einer Sitzplatzkapazität von 150 Passagieren und einer effektiven Besetzung von 120 Flugpassagieren (Auslastung 80%) ergibt dies ein Ver-

hältnis von etwa 120 : 5, so dass an internationalen Verkehrsflughäfen mit einem vergleichsweise hohen Anteil von Business Aviation Verkehr, wie z.B. München oder Düsseldorf, durch eine Verlagerung eine signifikante Flughafenkapazitätssteigerung in Bezug auf die Zahl der beförderten Passagiere möglich ist.

In den vergangenen Jahren ist die Anzahl der Flugbewegungen in der Business Aviation in Europa im Vergleich zum gesamten europäischen Luftverkehr überproportional stark angestiegen: Von 2001 bis 2007 hat die Anzahl der Flüge um 49% zugenommen, wohingegen der gesamte Luftverkehr um 19% gestiegen ist [1]. Im Jahr 2007 stieg die Zahl der Business Aviation Flüge um 9,8% [1]. Insgesamt registrierte Eurocontrol für das Jahr 2007 764000 Business Aviation Flüge europaweit.

Dieser Artikel ist wie folgt gegliedert:

In Kapitel 2 wird das Business Aviation Flughafenwahlmodell entwickelt, wobei der Schwerpunkt auf Deutschland liegt. Methodische Basis stellt das Logit-Modell dar, so dass zunächst die Grundlagen der diskreten Entscheidungsmodelle kurz beschrieben werden. Anschließend wird die zur Modellentwicklung benötigte Datenbasis erläutert und im letzten Abschnitt von Kapitel 2 die Modellspezifikation vorgestellt.

Kapitel 3 umfasst eine modellgestützte Analyse der Determinanten einer erfolgreichen Verkehrsverlagerung der Business Aviation hin zu einem regionalen Flughafen bzw. Verkehrslandeplatz als Entlastungsflughafen für einen nahe gelegenen internationalen Verkehrsflughafen. Im Zentrum der Analyse stehen hierbei die S/L-Bahnlänge, Anreisezeit sowie technische und ökonomische Eigenschaften des Flughafens.

Kapitel 4 schließt den Artikel mit einem Fazit und einer kritischen Bewertung der ermittelten Ergebnisse.

2. BUSINESS AVIATION FLUGHAFENWAHLMODELL

2.1 Methodische Grundlagen

Diskrete Entscheidungsmodelle basieren auf der Annahme individueller Nutzenmaximierung. Der Entscheider bewertet die zur Verfügung stehenden Alternativen anhand seiner Nutzenfunktion und wählt jene mit dem höchsten Nutzenwert. Aus externer Sicht, z.B. der eines Prognostikers, stellt der individuelle Nutzen U_i einer Alternative i eine Zufallsvariable dar, so dass er aus dieser Sicht aus einem deterministischen Anteil V_i und einer stochastischen Komponente ε_i besteht [3]:

$$(1) \quad U_i = V_i + \varepsilon_i$$

Die stochastische Komponente bildet beispielsweise eine mangelnde Beobacht- oder Messbarkeit entscheidungsrelevanter Alternativeneigenschaften aus externer Sichtweise oder bis zu einem gewissen Grad nicht-rationales Entscheidungsverhalten des Entscheiders ab [3], [4].

Aufgrund der stochastischen Komponente der Nutzenfunktion sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen in Bezug

auf die nutzenmaximale Alternative möglich. Spezielle diskrete Entscheidungsmodelle unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Verteilungsannahmen der stochastischen Nutzenkomponente. Bekanntester Vertreter dieser Modelle ist das Logit-Modell. Es unterstellt unabhängig und identisch Gumbel-verteilte stochastische Nutzenkomponenten. Die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative i $P(a_i = a_{opt})$, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass diese individual nutzenmaximal ist, lautet [5]:

$$(2) \quad P(a_i = a_{opt}) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_j e^{\mu V_j}}$$

Um die Modellparameter des deterministischen Anteils der Nutzenfunktion V_i identifizieren zu können, wird der Skalierungsparameter μ der Gumbel-Funktion üblicherweise auf den Wert 1 fixiert, so auch nachfolgend in diesem Artikel [6]. Aggregiert über homogene Populationen bzw. Marktsegmente entsprechen die ermittelten Auswahlwahrscheinlichkeiten (2) den Marktanteilen der einzelnen Alternativen. BILD 3 illustriert die Grundidee diskreter Entscheidungsmodelle im Allgemeinen bzw. des Logit-Modells im Speziellen anschaulich.

Reisender: „Welche Alternative ist für mich die günstigste?“

↳ Nutzenbewertung anhand bestimmter Kriterien

mangelnde Beobachtbarkeit, ↳ Messfehler, etc.

Prognostiker: „Welche Alternative ist für ihn wahrscheinlich die günstigste?“

↳ Alternativenauswahlwahrscheinlichkeiten

↳ Aggregation über ↳ homogene Populationen

Marktanteile der einzelnen Alternativen

BILD 3. Prognosephilosophie diskreter Entscheidungsmodelle

Stehen dem Entscheider nur zwei Möglichkeiten i und j zur Auswahl, so kann (2) vereinfacht werden zu:

$$(3) \quad P(a_i = a_{opt}) = \frac{1}{1 + e^{V_j - V_i}}$$

Gleichung (3) verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen dem binären Logit-Modell und der logistischen Regression [7]:

$$(4) \quad P_i = \frac{1}{1 + e^{-z_i}}$$

Die Funktion z_i enthält entsprechend zum deterministischen Anteil der Nutzenfunktion V_i des Logit-Modells die entscheidungsrelevanten Variablen als Parameter.

Aufgrund der unabhängigen und identischen Verteilung der stochastischen Nutzenkomponenten ist das Verhältnis zweier Auswahlwahrscheinlichkeiten nur von den Eigenschaften der beiden betrachteten Alternativen abhängig [6]:

$$(5) \quad \frac{P(a_i = a_{opt})}{P(a_j = a_{opt})} = \frac{\frac{e^{V_i}}{\sum_k e^{V_k}}}{\frac{e^{V_j}}{\sum_k e^{V_k}}} = \frac{e^{V_i}}{e^{V_j}} = \frac{e^{V_i}}{e^{V_j}}$$

Diese Eigenschaft des Logit-Modells wird als „Independence from Irrelevant Alternatives“ (IIA) bezeichnet und ist zugleich Stärke und Schwäche dieses Ansatzes. Aufgrund der Verteilungsannahmen des Modells ist eine Abbildung von Korrelationen zwischen Alternativen aufgrund unbeobachteter Einflussgrößen in der stochastischen Nutzenkomponente nicht möglich. Der Vorteil der IIA-Eigenschaft besteht in der Möglichkeit, die Modellparameter auf einer Alternativenmenge zu bestimmen [5], [8], [9], [10] und neue Alternativen ohne erneute Schätzung der Modellparameter zu evaluieren [11]. Dadurch wird der Anwendungsbereich des Modells erweitert und es ist möglich, neue und bisher unbekannte Alternativen zu evaluieren. Entsprechendes lässt sich auch für den Fall nur zweier Entscheidungsmöglichkeiten zeigen, hierbei ergeben sich keine qualitativen Unterschiede.

2.2 Empirische Datenbasis

Flughafen	Ø Anzahl der Starts 1997 - 2006	Ø relative Häufigkeiten	Ø Anreisezeit pro Erwerbstätiger (min)	Länge der ILS S/L-Bahn verfügbare Unternehm	Charter-/Service-Unternehmen
Hamburg	2818	0,95	20,74	3666	Ja
Uetersen	156	0,05	44,11	900	Nein
Berlin	5874	0,98	16,25	3023	Ja
Strausberg	120	0,02	52,98	1200	Nein
Bremen	1673	0,83	21,42	2640	Ja
Ganderkesee	343	0,17	30,01	836	Nein
Frankfurt/Main	2386	0,30	21,55	4000	Ja
Egelsbach	5683	0,70	26,96	1400	Ja
Düsseldorf	2631	0,47	17,11	3000	Ja
Mönchengladbach	2922	0,53	25,63	1200	Ja
Düsseldorf	2631	0,60	17,11	3000	Ja
Essen/Mülheim	1773	0,40	21,76	1553	Nein
München	5233	0,87	33,66	4000	Ja
Landshut	769	0,13	48,04	900	Nein

TAB 2. Statistische Kenngrößen der Stichprobe

Die Anzahl der Flugbewegungen der Business Aviation an ausgewählten Flughäfen von 1997 bis 2006 werden der deutschen Luftverkehrsstatistik entnommen [12]. Neben der Bestimmung absoluter Flugbewegungsaufkommen dient die deutsche Luftverkehrsstatistik der Bestimmung der relativen Häufigkeiten, mit welcher Geschäftsreisende in der Business Aviation sich für einen bestimmten Flughafen entscheiden. Informationen zur Länge und Beschaffenheit der S/L-Bahn, technischer Einrichtungen wie z.B. einem ILS und das Vorhandensein von Serviceunternehmen und Vercharterern von Business Aviation Fluggerät werden für jeden der Flughäfen anhand flughafenspezifischer Informationen recherchiert [13]. Damit das Vorhandensein von Serviceleistungen und Chartermöglichkeiten als erfüllt gewertet wird, muss das Angebot einen bestimmten Mindestumfang aufweisen. Im Fall von Serviceleistungen müssen z.B. auch umfangreichere Wartungsmöglichkeiten gegeben sein und Chartermöglichkeiten müssen europaweite Jetflüge umfassen.

Anreisezeiten aus Beschäftigungssicht werden mithilfe eines Routenplanungsprogramms [14] und Regionalstatistiken des statistischen Bundesamtes ermittelt [15]. Hierbei fließen zusätzlich regionalisierte BIP-Aufkommen und Unternehmenstrukturinformationen ein, um die regionale Unternehmensverteilung bezüglich der Nutzung der Business Aviation einzubeziehen [15], [16].

TAB 2 stellt ausgewählte statistische Kenngrößen der Stichprobe zur Modellschätzung in einer Übersicht dar.

2.3 Modellspezifikation und -parameter

Eine wesentliche Eigenschaft des Logit-Modells stellt seine Translationsinvarianz dar [3]. Addiert man dem Nutzen V_i jeder Alternative eine identische Konstante a hinzu, so ändert dies den Funktionswert der Logit-Funktion (2) nicht. Daher sind nicht die absoluten Nutzenniveaus, sondern die Nutzendifferenzen zwischen Alternativen für die Auswahlwahrscheinlichkeiten ausschlaggebend. Im Falle einer linear-separablen Nutzenfunktion

$$(6) \quad V_i = alt_i + \sum_k b_k * x_{k,i}$$

mit

alt_i : Alternativenspezifische Konstante für Alternative i
 b_k : Gewichtungskoeffizient von Alternativenmerkmal k
 $x_{k,i}$: Ausprägung von Variable k für Alternative i

werden die Auswahlwahrscheinlichkeiten durch die entsprechenden Differenzen in den Variablenausprägungen der verschiedenen Alternativen unabhängig von ihrem Niveau bestimmt.

Diese Eigenschaft des Logit-Modells ist für die betrachtete Problemstellung nicht wünschenswert, da für einige Variablen innerhalb bestimmter Bandbreiten das absolute Niveau entscheidungsrelevant ist. Dieser Zusammenhang soll beispielhaft anhand der S/L-Bahnlänge verdeutlicht werden: Für die Nutzung eines Verkehrslandeplatzes oder Regionalflughafens im Rahmen der Business Aviation ist aus technischen Gründen bis zu einem bestimmten Punkt die absolute Bahnlänge entscheidungsrelevant, nicht die Differenz zu dem nächstgelegenen internationalen Ver-

kehrsflughafen mit einer erheblich längeren S/L-Bahn, welche für die Business Aviation i.d.R. keine technische Restriktion darstellt. Ab einer Bahnlänge von etwa 2300 m ergeben sich kaum zusätzliche Vorteile für den Business Aviation Verkehr durch eine längere Bahn, da ab dieser Länge nahezu jeder Flugzeugtyp dieses Segmentes landen kann [17]. Andererseits führt eine kürzere Bahnlänge des internationalen Verkehrsflughafens nicht automatisch zu einer Erhöhung der Auswahlwahrscheinlichkeit des Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafens, solange dessen Bahnlänge konstant bleibt und die Bahnlänge des internationalen Verkehrsflughafens über einem Wert von etwa 2300 m bleibt. Als Beispiel seien Bremen/Ganderkesee und München/Landshut aus TAB 2 genannt. Das Logit-Modell würde jedoch aufgrund seiner Translationsinvarianz diesen Schluss erfordern. Im genannten Beispiel verringert sich die Differenz der Bahnlängen von 3100 m auf 1834 m bzw. um etwa 41%.

Für die betrachtete Aufgabenstellung bildet aus diesem Grund das binäre Logit-Modell die methodische Basis. Die beiden Alternativen bilden jeweils ein Verkehrslandeplatz bzw. Regionalflughafen und der nächstgelegene internationale Verkehrsflughafen, wobei die absolute Bahnlänge des Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafens in die Nutzenfunktion aufgenommen wird. Eine Anwendung des Modells auf mehr als zwei Flughäfen ist aufgrund der oben beschriebenen IIA-Eigenschaft möglich: Da das relative Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen unabhängig von nicht betrachteten Alternativen bestimbar ist, können im Fall von mehr als zwei Alternativen die Auswahlwahrscheinlichkeiten über die relativen Verhältnisse ermittelt werden.

Beispiel: Gegeben seien die beiden Verkehrslandeplätze A und C und der internationale Verkehrsflughafen B. Die relativen Verhältnisse lauten $P(A)/P(B)=1:1$ und $P(C)/P(B)=2:1$. Hieraus ergeben sich die Auswahlwahrscheinlichkeiten $P(A)=0,25$, $P(B)=0,25$ und $P(C)=0,5$.

Die Nutzenfunktion des binären Logit-Modells ist linear-separabel spezifiziert und ihre generelle Form entspricht (6). Als Schätzverfahren wird die Maximum-Likelihood-Methode und als Optimierungsalgorithmus das Newton-Verfahren gewählt. Die Varianz-Kovarianz-Matrix der geschätzten Modellparameter wird anhand der invertierten negativen Hesse-Matrix berechnet. Die Modellschätzungen werden mit Hilfe der ökonometrischen Schätzsoftware NLOGIT Version 3.0 durchgeführt [18]. TAB 3 stellt die Modellergebnisse dar.

Variable	Standard-			
	Koeffizient	abweichung	t-Wert	p-Wert
VLP	-1,69984	0,259681	-6,54587	5,91E-11
DFZEW	-0,0960844	0,00604232	-15,9019	2,89E-15
ILS	1,35334	0,029415	46,0084	2,89E-15
SERVICE	0,0326469	0,132733	0,24596	8,06E-01
S/L-BAHN	0,0011402	8,89E-05	12,8331	2,89E-15

TAB 3. Modellparameter

Um die Identifizierbarkeit der Modellparameter zu gewährleisten, ist eine beliebig zu wählende alternativenspezifische Konstante auf einen willkürlichen Wert, üblicherweise Null, zu fixieren. In dieser Arbeit wird die Konstante der Alternative internationaler Verkehrsflughafen auf den Wert

Null gesetzt. Der Skalierungsparameter μ ist wie oben beschrieben auf den Wert Eins fixiert. Die t - und p -Werte beziehen sich auf einen Koeffizientenwert von Null als zu testende Nullhypothese. VLP bezeichnet die alternativenspezifische Konstante für einen Verkehrslandeplatz bzw. Regionalflughafen. DFZEW entspricht der Differenz der durchschnittlichen Fahrzeit in Minuten zwischen einem internationalen Verkehrsflughafen und einem Verkehrslandeplatz bzw. Regionalflughafen. ILS ist eine binäre Variable zur Kennzeichnung des Vorhandenseins eines Instrumentenlandesystems an einem Verkehrslandeplatz bzw. Regionalflughafen und SERVICE beschreibt eine binäre Variable, welche sich auf Service- und Chartermöglichkeiten an einem Verkehrslandeplatz bzw. Regionalflughafen bezieht. S/L-BAHN entspricht der Bahnlänge in Metern eines Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafens.

Alle Variablen sind hochsignifikant bei einem Signifikanzniveau von mindestens 1%. Da es sich um eine Maximum-Likelihood-Schätzung handelt, wird die Modellqualität anhand des pseudo- R^2 evaluiert [11], [19]:

$$(7) \quad p^2 = 1 - \frac{LL^U}{LL^R}$$

LL^U und LL^R stellen die Funktionswerte der Log-Likelihood-Funktion des unrestringierten bzw. restringierten Modells dar. Als restringiertes Modell wird ein Modell ausschließlich mit alternativenspezifischen Konstanten gewählt.

Das geschätzte Modell weist ein pseudo- R^2 von 27,73% auf, was einem R^2 der linearen Regression von etwa 65% entspricht [11]. Dies zeigt, dass die Flughafenwahl in der Business Aviation neben systematischen Einflussfaktoren auch einem nicht unerheblichen Teil zufälliger Einflüsse aufweist, welche kaum vorhersagbar sind.

TAB 4 zeigt die durchschnittlichen Differenzen zwischen relativen Häufigkeiten des Stichprobensamples und berechneten Prognosewerten des Modells je Flughafenpaar.

Flughafen	Relative Häufigkeiten	Modellprognose	Differenz
Hamburg	0,9475	0,9487	-0,0012
Uetersen	0,0525	0,0513	0,0012
Berlin	0,9800	0,9794	0,0006
Strausberg	0,0200	0,0206	-0,0006
Bremen	0,8299	0,8234	0,0065
Ganderkesee	0,1701	0,1766	-0,0065
Frankfurt	0,2957	0,3180	-0,0223
Egelsbach	0,7043	0,6820	0,0223
Düsseldorf	0,4738	0,4414	0,0324
Mönchengladbach	0,5262	0,5586	-0,0324
Düsseldorf	0,5974	0,5850	0,0124
Essen/Mülheim	0,4026	0,4150	-0,0124
München	0,8719	0,8832	-0,0113
Landshut	0,1281	0,1168	0,0113

TAB 4. Relative Häufigkeiten und Prognosewerte

3. DETERMINANTEN EINER ERFOLGREICHEN VERKEHRSVERLAGERUNG

Als die wesentlichen systematischen Faktoren der Flughafenwahl in der Business Aviation wurden die durchschnittliche Anreisezeitdifferenz, die S/L-Bahnlänge, das Vorhandensein eines Instrumentenlandesystems sowie Service- und Chartermöglichkeiten identifiziert. Nachfolgend werden diese vier Einflussfaktoren variiert, um ihre Auswirkungen auf den Marktanteil des Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafen zu bestimmen.

BILD 4 illustriert den Zusammenhang zwischen S/L-Bahnlänge und Marktanteil bei gegebener durchschnittlicher Anreisezeitdifferenz pro Erwerbstägigen, welche auf das Stichprobenmittel von etwa 15 Minuten festgelegt wurde, so dass der internationale Verkehrsflughafen aus zeitlicher Sicht günstiger zu erreichen ist. Die Bahnlänge des Verkehrslandeplatzes wurde von dem Stichprobenminimum von 836 m bis hin zu einer Obergrenze von 2300 m, ab der eine weitere Bahnverlängerung aus Sicht der Business Aviation wenig Sinn macht, variiert. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit zunehmender Bahnlänge der Marktanteil deutlich ansteigt, zudem weist die Installation eines Instrumentenlandesystems positive Effekte auf. Im Mittel steigt dieses den Marktanteil über den betrachteten Bereich der Bahnlänge um 19 bis 33 Prozentpunkte (Mittel: 27 Prozentpunkte). Das Vorhandensein von Service- und Chartermöglichkeiten steigert den Marktanteil maximal um einen Prozentpunkt.

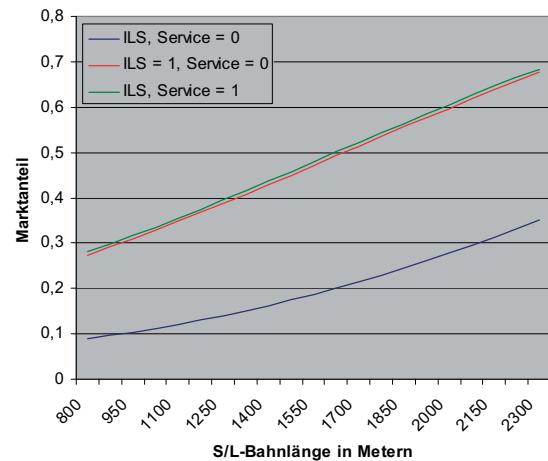


BILD 4. Zusammenhang zwischen S/L-Bahnlänge und Marktanteil

BILD 5 zeigt den Zusammenhang zwischen Anreisezeitdifferenz und Marktanteil bei einer Bahnlänge von 1200 m, was etwa dem Stichprobenmittel entspricht. Mit zunehmend längerer Anreisezeit im Vergleich zum internationalen Verkehrsflughafen sinkt der Marktanteil des Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafens, so dass er bei einer Anreisezeitdifferenz von 21 Minuten 10% beträgt (ohne Instrumentenlandesystem) und bei einer Anreisezeitdifferenz von mehr als einer Stunde gegen Null tendiert (unabhängig von einem Instrumentenlandesystem). Die Installation eines Instrumentenlandesystems weist einen marktanteilserhöhenden Effekt von Null bis 33 Prozentpunkten auf (Mittel: 12 Prozentpunkte). Das Vorhandensein

von Service- und Chartermöglichkeiten steigert den Marktanteil maximal um einen Prozentpunkt.

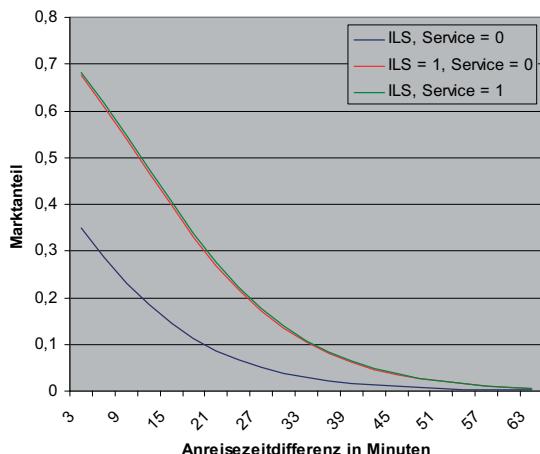


BILD 5. Zusammenhang zwischen Anreisezeitdifferenz und Marktanteil

4. FAZIT

Gegenstand dieses Artikels ist ein Modell zur Flughafenwahl in der Business Aviation in Deutschland auf der Basis eines binären Logit-Modells, welches auf eine beliebige Anzahl von Flughäfen anwendbar ist. Im Zentrum des Interesses steht die Aufteilung der Business Aviation zwischen einem internationalen Flughafen und einem oder mehreren Verkehrslandeplätzen bzw. Regionalflughäfen, so dass letztere im Rahmen von Verkehrsverlagerungsstrategien eine Entlastungsfunktion wahrnehmen können. Als wesentliche Determinanten der Flughafenwahl in der Business Aviation werden die S/L-Bahnlinie, die durchschnittliche Anreisezeitdifferenz zum nächstgelegenen internationalen Verkehrsflughafen je Erwerbstätigen sowie das Vorhandensein eines Instrumentenlandesystems identifiziert. Die Variable „Service- und Chartermöglichkeiten“ ist zwar statistisch hochsignifikant, übt jedoch einen geringen Einfluss auf den Marktanteil eines Verkehrslandeplatzes bzw. Regionalflughafens aus, wie die Modellrechnungen zeigen. Die Modellqualität kann mit einem pseudo- R^2 von 27,73% als akzeptabel bezeichnet werden und zeigt, dass die Business Aviation Flughafenwahl neben systematischen Einflussfaktoren auch einem nicht unerheblichen Teil zufällige Einflüsse aufweist, welche kaum vorhersagbar sind.

5. LITERATUR

- [1] Eurocontrol (2008). More to the Point: Business Aviation in Europe in 2007. Eurocontrol, Brüssel.
- [2] Berster, P.; Urbatzka, E.; Creuzburg, M.; Wilken, D.; Pabst, H.; Zukunft, D. (2004). Schwerpunkt-Verkehrslandeplätze in NRW – Eine Untersuchung zum Funktionserhalt der Flugplätze für den Geschäftsreiseluftverkehr aufgrund der Sicherheitsanforderungen nach JAR-OPS 1. DLR, Köln.
- [3] Maier, G.; Weiss, P. (1990). Modelle diskreter Entscheidungen – Theorie und Anwendung in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Springer, Wien.
- [4] Manski, C. F. (1977). The Structure of Random Utility Models. Theory and Decision 8 (1977). S. 229-254.
- [5] Train, K. E. (2003). Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press, Cambridge.
- [6] Ben-Akiva, M.; Lerman, S. (1985). Discrete Choice Analysis: Theory and Applications to Travel Demand. MIT-Press, Cambridge.
- [7] Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (2008). Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer, Berlin.
- [8] McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In: Zarembka, P.: Frontiers in Econometrics. S. 105 – 142. Academic Press, New York.
- [9] McFadden, D. (1978). Modelling the Choice of Residential Location. In: Karlqvist, A.; Lundqvist, L.; Snickars, F.; Weibull, J.: Spatial Interaction Theory and Planning Models. S. 75 – 96. Elsevier, Amsterdam.
- [10] Ortuzar, J. de D.; Willumsen, L. G. (2001). Modelling Transport. Wiley & Sons, London.
- [11] Domencich, T. A.; McFadden, D. (1975). Urban Travel Demand – A Behavioral Analysis. Elsevier, New York.
- [12] Statistisches Bundesamt (1997 – 2006). Luftverkehrsstatistik. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [13] Flughäfen (2009). Diverse Informationsbroschüren verschiedener Flughäfen. Verschiedene Orte.
- [14] Microsoft (2003). Microsoft AutoRoute 2003.
- [15] Statistisches Bundesamt (2008). Statistik regional. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [16] Hoppenstedt (2009). Firmendatenbank Deutschland. Hoppenstedt, Darmstadt.
- [17] Berster, P.; Gelhausen, M. Ch.; Pabst, H.; Reichmuth, J.; Wilken, D. (2008). Aktuelle Situation und Entwicklungsperspektiven für den Flughafen Mönchengladbach. DLR, Köln.
- [18] Econometric Software (2002). NLOGIT Version 3.0 Reference Guide. Econometric Software, Plainview.
- [19] Hensher, D. A.; Rose, J. M.; Greene, W. H. (2005). Applied Choice Analysis – A Primer. Cambridge University Press, Cambridge.