

Infrastructure Investment as a Real Options Game: The Case of European Airport Expansion

Han T. J. Smit

- Analyse von optionalen und strategischen Merkmalen der Infrastrukturinvestitionen
- Infrastrukturinvestitionen erzeugen andere Investitionsmöglichkeiten → verändern die strategische Position eines Unternehmens
- Die Infrastrukturentwicklung – Investitionen in Grund und Boden, Vertrieb, Kommunikation, Human Capital oder Technologie – hängt von der Art des Unternehmens (Charakteristik) ab.
- Nutzung der Realoptionstheorie und der Spieltheorie, um eine vollständigere Bewertung des Wertes der strategischen Wachstumsmöglichkeit in einer wettbewerbsfähigen Umgebung zu bekommen.
- Investitionen in Grund und Boden, Terminals oder Start- und Landebahnen sind unteilbar → Trade-Off zwischen Flexibilität und Commitment in einer Wachstumsstrategie eines Flughafens.

1. The Real Options Game Literature

- Der optimale Wert einer Investition bei dem ein Unternehmen investieren sollte, muss größer sein als die Investitionskosten. → positiver NPV
- aus der früheren Literatur von Realoptionen: Eintritt von Wettbewerbern wurde ignoriert oder als exogen angenommen.
- jetzt: Gewinn und Handlung jeder Firma wird von den Aktionen anderer Spieler beeinflusst.
- Wettbewerbsstrategien, die Options- und Spieltheorie Prinzipien verwenden, werden diskutiert: z.B. Duopol: das Unternehmen, welches als erstes investiert, kann einen strategischen Vorteil daraus ziehen → Wert der Investition erhöht sich stärker mit steigender Nachfrageunsicherheit, als der „Wert des Wartens“.
- Wenn die Asymmetrie zwischen den Kosten der Unternehmen gering ist, investieren die Firmen gemeinsam, aber ist sie hoch, investiert die Firma mit den niedrigen Kosten eher als ihr Wettbewerber.
- In realen Situationen werden Optionsausübungsstrategien unter unvollständiger Information formuliert.
- Unvollständige Information verhindert, dass Investoren ihren Wettbewerbern geringfügig zuvorkommen → Optionswert des Wartens ist größer (Markteintritt verzögern).
- Physische Investitionen (Bau einer Fabrik, Öffnen eines Bergwerks) brauchen Zeit zum Aufbau → Unsicherheit über den Abschluss des Projektes
- Infrastrukturinvestitionen sind ein Gebiet von allgemeinem Interesse.
- Text betrachtet die Wachstumsmöglichkeiten, die mit der Infrastruktur eines Unternehmens erzeugt werden können, als ein sequentielles Spiel (Ergebnisse eines wiederholten Erweiterungsspiels).

2. Infrastructure Investments and Air Traffic Developments

- Es gibt körperschaftliche, netzwerkbasierte und regionale Vorteile der Infrastruktur.
 - o Körperschaftliche Wachstumsmöglichkeiten resultieren aus der Tatsache, dass Infrastruktur firmenspezifisch ist. → vorteilhafte strategische Position, um zu expandieren
 - o Beispiele mit körperschaftlichem Nutzen: physische Infrastruktur (Vertrieb, Service, Informationstechnologie, Kommunikation, Transportsysteme, Human Capital Infrastruktur)
 - o Firmen sollten versuchen, zusammenzuarbeiten und Komplementärkompetenzen zu nutzen.
 - o Netzwerkinfrastruktur ist für Flughäfen sehr wichtig, aber auch in Industrien, wo Innovationen neue Beziehungen zw. vorher nicht verbundenen Märkten und Technologien mit sich bringen.

- Beim Transport und Vertrieb können mit effizienten Netzwerkbeziehungen zwischen Firmen Kosteneffizienzen erreicht werden.
- regionaler Nutzen von Infrastrukturinvestitionen, z.B. bei Jachthäfen, Flughäfen, Elektrizitätsnetzwerken
- Wert der Investition fließt nicht nur an den Investor, sondern auch an andere Spieler in der Region, in der die Investition getätigt wurde.
- Konzentration im Modell auf das Shareholder Value verbunden mit körperschaftlichem und netzwerkbasierendem Nutzen für die Flughafeninfrastruktur
- Wachstumsmöglichkeiten entstehen aus dem Zusammenspiel von Infrastruktur, unsicherer Nachfrageentwicklung und Umweltbeschränkungen.
- zukünftige Nachfrage unsicher → flexiblere Investitionsstrategie anwenden
- Begründung für Kapazitätserweiterung (Terminal 5) am Flughafen Heathrow (belebtester internationaler Flughafen): ohne Terminal 5 werden viele Reisende gezwungen sein andere konkurrierende kontinentale Flughäfen zu nutzen; Verlust von Transferflügen → schädlich für die British Airports Authority und die nationale und lokale Wirtschaft
- Verschiedene neue Entwicklungen im Flugverkehr haben die Positionen und Erweiterungsstrategien der europäischen Flughäfen beeinflusst und werden diese auch noch in Zukunft beeinflussen.
- Entwicklungen erfordern neue, dynamischere Methoden zum langfristigen Planen und Bewerten von Flughäfen.
- Entwicklungen im Flugverkehr:
 - Regierung begrenzt in einigen Ländern ihre Rolle als Flughafenbesitzer. Wird aber lokales Wachstum für große Flughäfen begrenzt, besteht die Möglichkeit in regionale Flughäfen oder internationale strategische Netzwerke und Kooperationen zu investieren → gemeinsame Ausnutzung von Economies of Scale oder anderen Kernkompetenzen.
 - Weltweites Wachstum im Flugverkehr → höhere Nachfrage nach Passagieren. Zahl der Flüge innerhalb Europas wird weiterhin wachsen, trotz der Entwicklung von neuen, effizienten Transportalternativen (Channel Tunnel). Entwicklungen in der Wirtschaft → Unsicherheit der Nachfrage; Ein unerwarteter Rückgang im Wachstum könnte dazu führen, dass Flughäfen ihre Erweiterungspläne verschieben.
 - Wenige europäische Hauptflughäfen und viele kleinere Flughäfen charakterisieren die Industrie. → Bildung von Netzwerken (zentraler Flughafen verbindet mehrere kleine) → Beeinflussung der Wettbewerbsposition der europäischen Flughäfen → kleinere Flughäfen profitieren von Erweiterungen der größeren Flughäfen
- Tendenz: Deregulierung des Flugverkehrs (neue Beziehungsmöglichkeiten schaffen)

3. Infrastructure Valuation as an Options Game

- Flughafenerweiterungen (mit Wettbewerb) als ein Options-Spiel bewerten.
- Vorgehen:
 - o Bewertung von Basisoperationen ohne Erweiterungsmöglichkeiten → traditionelle Bewertung
 - o Wert der zukünftigen Erweiterungs-/Wachstumsmöglichkeiten ermitteln
- Die strategische Position eines Flughafens und sein Wachstums-Options-Wert hängen von der Infrastruktur und der zeitlichen Verteilung der Erweiterungsinvestitionen (bei Wettbewerb) ab.

A. The Value of Assets in Place

- 2 Flughäfen A,B konkurrieren um Passagiere in einem bestimmten Gebiet → Duopol
- Q_A, Q_B jährliche Nachfrage (Flüge) → $Q_M = Q_A + Q_B$ Gesamtnachfrage
- $Q_i = s_i * Q_M$ Nachfrage von Flughafen i, wobei s_i der aktuelle Marktanteil ist
- Nachfrage von Flughafen i zur Zeit t ist unsicher $Q_{i,t}$.
- gesamter Cash-Flow zur Zeit t für Flughafen i : $TCF_{i,t} = Q_{i,t} * CF_{i,t}$,
wobei $CF_{i,t}$ durchschnittlicher Cash-Flow pro Flug
- Definition der risikoneutralen Wahrscheinlichkeit p von TCFs ohne Optionen und Wettbewerb
- Definition des Terminal-Wertes von Flughafen i ohne Wettbewerb und Beschränkungen
 $V_{i,T} = TCF_i / k_i - g_{i,T}$ (g...Wachstumsrate der Cash-Flows, k...Kosten des Kapitals)

B. Competitive Equilibrium Expansion

- Spiel unter exogener, stochastischer Nachfrage
- In jeder Periode hat das Flughafenmanagement eine Option zu investieren (wenn Nachfrage hoch) oder die Investition hinauszuschieben (wenn Nachfrage niedrig).
- durch Investition → zusätzliche Kapazität $\Delta Q_{i,t}$ (Flüge pro Jahr)
- Cash-Flow der Erweiterung $\Delta V_{i,t}$
- Option aus der Realoptionstheorie = Call-Option C_i
- Ausübungspreis der Call-Option = Investitionsausgaben I
- ohne Wettbewerb: Call-Option Payoff $C_i = \text{Max} [\Delta V - I, 0]$
- Erweiterungsinvestitionen eines Flughafens werden nicht nur von der jährl. Nachfrage nach Flügen beeinflusst, sondern auch von den Investitionen des Wettbewerbers.
- vereinfachte Analyse: 2 Wettbewerber, 2 Perioden
- Welchen Wert $C_{i,t}$ hat eine Erweiterungsmöglichkeit?
- 4 Szenarien:

- beide Flughäfen investieren gleichzeitig (N) und teilen den zusätzlichen Flugzeugverkehr ΔQ_M → gleicher Payoff für jedes Unternehmen
- ein Flughafen investiert zuerst und der andere wartet
 - Wert für den Investor (leader): $C_i = \Delta V_{iL} - I_i$;
 - Wert für den anderen Flughafen: $C_i = 0$ (übt Erweiterungsoption nicht aus)
- beide Flughäfen investieren nicht (D)
- Wiederholung in der 2. Periode (abhängig von Nachfrageentwicklung)
- Gleichgewicht des gesamten Spiels:
 - Suche nach der optimalen Entscheidung in jedem Teilspiel
 - Wert der Erweiterungsoptionen von jedem Flughafen (PVGGO) = Summe der GG-Werte in jedem Teilspiel
 - Rückwärtsinduktion
 - Ausweitung der Analyse, wenn:
 - Wachstumsstrategie pfadabhängig ist (bei irreversiblen, langfristigen Projekten)
 - Unsicherheit über Wettbewerb und Payoff bestehen

C. Simplified Numerical Example of Valuing Growth Opportunities

- Wachstumsmöglichkeiten:
 - nacheinander folgende lokale Erweiterung
 - geographisches Wachstum
- Spieler haben vollständige Information über Investitionen, Kapazitäten und Cash-Flows des Wettbewerbers.
- lokale Erweiterung:
 - Beide investieren gleichzeitig. Jeder Flughafen erhält 30 000 zusätzliche Flüge. Kosten des Kapitals=8%; Wachstumsrate = 3% (Cash-Flows pro Flug = 600€); Investitionsausgaben = 200 Mio.€
 - $C_N = (\Delta Q_N * CF / k - g) - I_N = (30\,000 * 600) / 0,05 - 200 \text{ Mio} = 160 \text{ Mio€}$
 - nur ein Flughafen investiert:
 - 45 000 zusätzliche Flüge, Investitionsausgaben = 250 Mio€
 - $C_L = (\Delta Q_L * CF / k - g) - I_L = (45\,000 * 600) / 0,05 - 250 \text{ Mio} = 290 \text{ Mio€}$ (leader)
 - $C_F = 0$ (follower)
 - kein Flughafen investiert: $C_D = 0$
- geographische Erweiterung:
 - Flughafen mit Wachstumsbeschränkungen, hat die Möglichkeit weitere Investitionen in vergleichbare regionale oder internationale Flughäfen zu tätigen.

- Der zusätzliche Wert dieser Wachstumsmöglichkeiten hängt von der Entwicklung der Nachfrage und den Investitionsentscheidungen des Wettbewerbers ab.
- Lokale und geographische Erweiterungen werden getrennt voneinander betrachtet.
- Nachfrage steigt → Jeder Flughafen hat die dominante Strategie zu investieren ohne Rücksicht auf die Handlungen des anderen; $290 > 0$ wenn Wettbewerber nicht investiert; $160 > 0$ wenn beide investieren → symmetrisches Nash-GG (160Mio€)
- Nachfrage sinkt: Jeder Flughafen hat die dominante Strategie nicht zu investieren. → Gleichgewicht (0,0)
- risikofreier Zinssatz $r=5\%$, Wahrscheinlichkeit $p=0,71$
→ $(0,71 * 160 + 0,29 * 0) / 1,05 = 108 \text{Mio€}$
- beide Firmen investieren:
→ $C_N = (30\,000 * 600) / 0,05 - 200 \text{Mio} = 160 \text{Mio€}$
+ Optionswert einer zukünftigen lokalen Erweiterung (108Mio€)
+ erwarteter Wert der zukünftigen geographischen Erweiterung (250Mio€)
- PVGO (present value of growth opportunities)
= lokale Erweiterung + Optionswert einer zukünftigen geographischen Erweiterung

D. The Subgame Equilibrium Growth Paths

- Zum Lösen jedes wachstumsorientierten Teilspiels zunächst reine dominante Strategien identifizieren, d. h. Aktionen, die einem Spieler immer höhere Auszahlung ermöglichen als jede andere Aktion unabhängig der Strategie des anderen Spielers
- Nash-Gleichgewicht mit reinen Strategien: Kein Unternehmen kann sich durch einen einseitigen Spielzug besser stellen.
- Annahme: Gleichgewicht in einem symmetrischen Teilspiel, in welchem Flughäfen gleiche strategische Position zum expandieren inne haben

Schaubild 1: Wiederholtes Investment-Teilspiel innerhalb einer dynamischen Optionsanalyse

		Flughafen B	
		Nicht investieren	Investieren
Flughafen A	Nicht investieren	(0,0)	(0, $\Delta V_L - I_B$)
	Investieren	($\Delta V_L - I_A$, 0)	($\Delta V_N - I_A$, $\Delta V_N - I_B$)

- bei hoher Nachfrage besitzt expansives Investment positive erwartete Auszahlung unabhängig von der Wachstumsstrategie des Wettbewerbers
- Bei reiner, dominanter Strategie zum Investieren übersteigt Auszahlung der Wachstumsstrategie von Flughafen A Auszahlung regulärer Investmentstrategie, unabhängig von Strategie, die Flughafen B wählt.

$$\Delta V_L - I_A > 0 \text{ and } \Delta V_N - I_A > 0$$
- Auf niedrigen Nachfragepfaden besitzt Wachstum negativen Wert unabhängig von der Strategie des Wettbewerbers.

$$\Delta V_L - I_I < 0 \text{ and } \Delta V_N - I_I < 0 .$$
- Beide Flughäfen würden eine reguläre (abwartende) Strategie ohne Wertgenerierung aus dem gegenwärtigen Wachstum verfolgen.
- mittleres Nachfrageniveau rechtfertigt nicht Wachstum beider Flughäfen
- In diesem unvorhersehbaren Bereich bildet sich ein gemischtes Gleichgewicht, es ist wahrscheinlich, dass konkurrierende Absichten eines jeden Flughafens durch Diskussionen und Verhandlungen entschieden werden
- Wert des Investierens in zusätzliche Kapazität in Options-Teilspiel ist eine nichtlineare Funktion in Abhängigkeit der Entwicklung exogener Marktnachfrage und zeigt Diskontinuitäten aufgrund konkurrierender Interaktionen
- Beispiel: Auszahlung bei Wachstum in einem symmetrischen Teilspiel
 - o Anzahl der Flüge Q_M ungewiss, steigt in u oder fällt in d in jeder Periode
 - o Investition I schafft zusätzliche Kapazität für Flughafen i, gemessen in Flüge pro Jahr
 - o Wert der Investition und Menge abhängig von Entwicklung der Nachfrage (u oder d) und Zeitpunkt der Investition des Wettbewerbers
 - o ΔQ_N : Menge insofern beide gleichzeitig investieren, ΔQ_L : Menge der Führers, ΔQ_F : Menge des Folgers
 - o $\Delta Q_N=0,5\Delta Q_M$; $\Delta Q_L=2/3\Delta Q_M$; $\Delta Q^{\max}=30000$; $CF=600$; $k=8\%$; Wachstum in $CF=3\%$; $r=5\%$; $u=1,07$; $d=1$; $p=0,71$; $I_A=I_B=200$ Millionen
- Nichtlineare Wertauszahlung eines asymmetrischen Teilspiels: Für ein hohes Nachfrageniveau erreicht der Flughafen mit der besseren Infrastruktur einen höheren Marktanteil als der Wettbewerber.
- Bei mittlerem Nachfrageniveau kann der Anführer eine frühe vorausschauende Aktion wählen, wodurch es für den Folger unprofitabel wird, in großem Ausmaß zu expandieren.

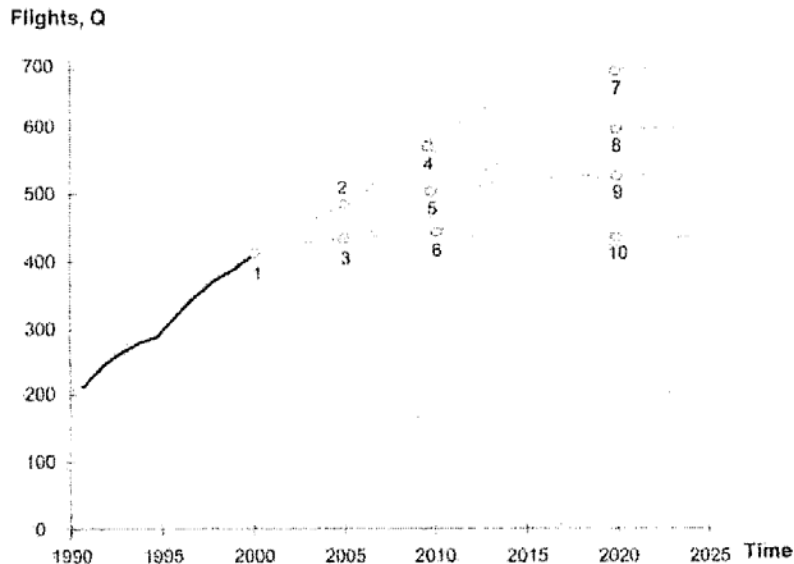
4. Implementation in the Case of Schiphol Airport

- Europäische Flughafenexpansion
- Wachstumsoptionen und -restriktionen im Fall des Flughafens Schiphol in den Niederlanden.

A. Valuation Results

- Experten glauben, dass die Liberalisierung im europäischen Luftverkehr zu einer konkurrierenden Kapazitätserweiterung in den nächsten Jahrzehnten führen wird.
- Zeithorizont für Flughafenwachstum: Jahr 2020
- Nach 2020 wird der Markt in Europa aufgeteilt sein und der operationale Cash Flow in Schiphol wird mit einer konstanten, niedrigen Rate wachsen.

Schaubild 2: Nachfrage und Wachstumsstrategie (2000-2025)



- o binomialer Prozess für die Bewertung des flexiblen Wachstums
 - o Extrapolation der Nachfrage in einer Serie möglicher Zustände der Welt für Schiphol Airport bis 2020 ausgedrückt in Luftverkehrsbewegungen
 - o nach 2020: konstante Wachstumsrate
- Transferpassagiere und Fracht stehen in enger Beziehung zueinander, bei hohem Nachfrageniveau steigt der Anteil der Transferpassagiere verglichen mit der Anzahl der lokalen Passagiere.
 - Bei Wachstumsmöglichkeiten des Netzes nimmt der Anteil der landseitigen Aktivitäten relativ stärker zu.
 - Regulierung kann maximales Potential des Flughafens Schiphol stark einschränken → Teilspiele für lokales Wachstum werden bei mittlerer und hoher Nachfrage asymmetrisch. Zusätzlich zum beschränkten lokalen Wachstum ist für die Bewertung der Wachstumsmöglichkeiten eine Schätzung aller regionalen Wachstumsmöglichkeiten als auch des Potentials des internationalen Netzes notwendig.
 - Wert der Wachstumsmöglichkeiten reagiert sehr sensitiv auf Änderungen der Inputparameter.
 - Inputparameter z. T. schwer zu schätzen (z.B. zahlreiche zukünftige internationale Übernahmemöglichkeiten unbekannt) → Durchführung ausführlicher Sensitivitätsanalyse für die Teilspiele der Expansion wichtig

B. Strategy Results

- Struktur der mit Wachstum verbundenen Ausgaben abhängig vom Wachstumsniveau
- Im Jahr 2000 beliefen sich die Luftfahrtbewegungen auf 423000 Flüge pro Jahr. Ohne Wachstum hätte die Nachfrage die volle Kapazität erreicht und die Cash Flows wären niedrig.
- wenn Wachstum der Nachfrage nach Flügen beschränkt (was das Ergebnis der Übernahme von KLM durch Air France sein kann) → Flughafen Management könnte verschiedene Investitionsentscheidungen aufschieben. Auf niedrigen Pfaden wäre dominante Wachstumsstrategie Abwarten.
- Erreichen höherer Wachstumsniveaus durch größere Unabhängigkeit der Flughafengruppe vom Standort
- Vermeiden von Kapazitätseinschränkungen durch Aufbau strategischer Allianzen und Joint Ventures sowohl mit regionalen als auch mit internationalen Flughäfen
- In internationalen Übernahmestrategien können große hochwertige Flughäfen als eine Plattform und als Einfluss auf Kernkompetenzen und Ressourcen fungieren um Übernahmen oder Allianzen auf breiter internationaler Basis zu verfolgen.
- Beispiele internationaler Wachstumsmöglichkeiten: neuer Terminal 4 des JFK International Airport in New York, eine Beteiligung des Brisbane Airport und der Kooperationsvereinbarung mit Fraport.

C. Industry Implications

- Der Wert der Wachstumsoption als ein Anteil am Aktienkurs (PVGO/Equity) macht bei großen Flughäfen wie London und Frankfurt 30 bis 40% aus.
- Der geschätzte PVGO-to-equity-ratio beträgt für den Flughafen Schiphol 29%.
- Lage, relative Größe, vorhandene Infrastruktur sowie Qualität und strategische Position des home carriers können die Wachstumsoption eines Großflughafens wesentlich wertvoller werden lassen als bei kleineren Flughäfen. → Asymmetrien im Wachstumsspiel
- Hinsichtlich des Marktanteils europäischer Flughäfen Trend in Richtung Konzentration begründet durch Wertasymmetrien
- Größere Flughäfen sind in der Lage schneller zu wachsen als kleinere.
- Die Flughäfen von London und Paris scheinen ihre Positionen als wichtigste Großflughäfen in Europa zu stärken.
- London: größte Flughäfen, aber Paris' Roissy-Charles de Gaulle hat Vorteil durch beachtliche Wachstumsmöglichkeiten dank vorhandener Infrastruktur.
- Heathrow und Schiphol werden Wachstumsgrenzen in nächsten zwei Jahrzehnten erreichen
- Wachstumsmöglichkeiten des Flughafens Frankfurt ebenfalls eingeschränkt.
- Die Flughäfen Frankfurt und Schiphol zunächst Eurohubs, später Mainport Status
- Konzentrationstrend führt voraussichtlich zu begrenzter Anzahl europäischer Mainports und großer Anzahl kleinerer Flughäfen.

- Die Wachstumsgrenzen werden auch dazu führen, dass Flughäfen mit anderen Flughäfen kooperieren, um z. B. ein Teil eines internationalen Netzwerkes zu werden.

5. Conclusions and Implications

- Wert der Flughafeninfrastruktur abhängig von möglicher Erweiterung der strategischen Position des Flughafens
- Investitionen in Infrastruktur und Netzwerk erfordern sehr genaue Prüfung und vorausschauende wettbewerbliche Analyse
- Investitionen: Trade-off zwischen Flexibilität und wettbewerblichem Druck
- diskrete Binomialanalyse angebracht, Modell dadurch nicht zu komplex
- Investition in zusätzliche Kapazität in hohem Maße von vorhandener Infrastruktur, Größe, Wachstumsbeschränkungen der Regierung und dem home carrier abhängig → signifikante wettbewerbliche Asymmetrien und daraus sich erklärende Unterschiede hinsichtlich Bewertung, Ausübung und zeitlicher Planung von Wachstumsoptionen