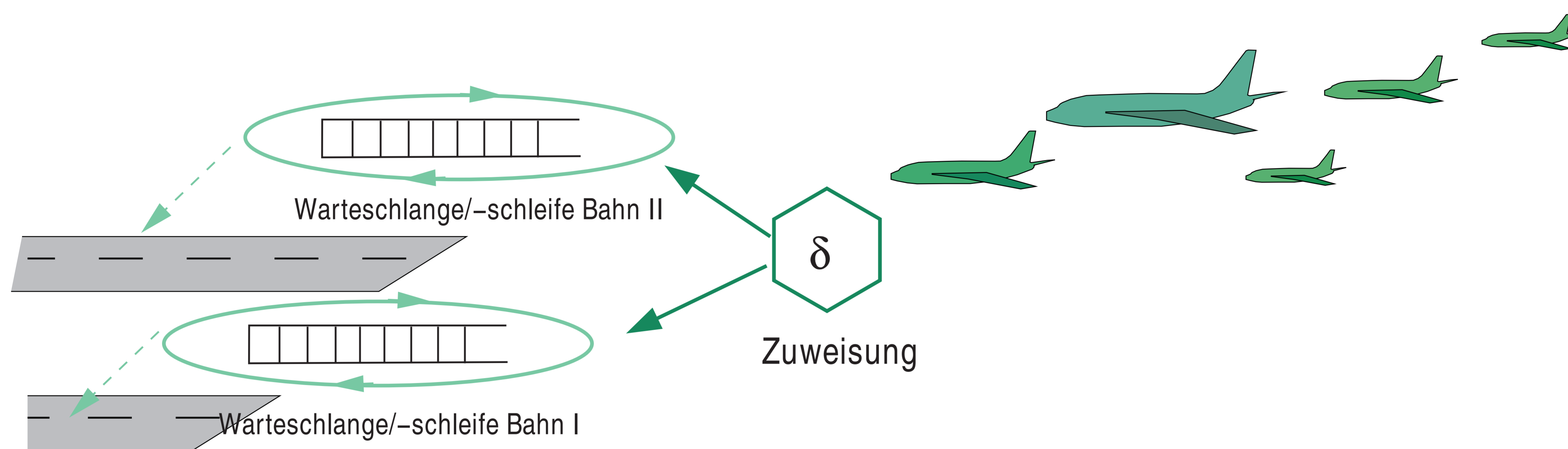


## Simulation und Optimierung Erhöhung der Flughafenkapazität durch Optimierung der Landebahnzuweisung

P. Huhn, R. Kiehne, M. Kolonko



### Problemstellung: Zuweisungsstrategien

Flugzeuge führen bei der Landung sog. Wirbelschleppen mit sich, die besondere Sicherheitsabstände zu nachfolgenden Flugzeugen erfordern. Der Mindestabstand  $b(i, j)$  hängt dabei von den Typen  $i, j \in J$  der beiden aufeinanderfolgenden Flugzeuge ab, sowie von ihrer Reihenfolge, vgl. Abbildung 1. Durch geeignete Zuweisung der ankommenden Flugzeuge zu zwei getrennten Landebahnen sollen Reihenfolgen vermieden werden, die große Mindestabstände zur Folge haben. Dadurch soll der Durchsatz der Landebahnen bei beschränkter Wartezeit der Flugzeuge in den Warteschleifen erhöht werden.

### Math. Modellierung: Bediensystem mit abhängigen Bedienzeiten

Die Ankünfte der Flugzeuge erfolgen als Poissonstrom mit einer Rate  $\lambda$ , die Typen folgen einer Verteilung  $p_j, j \in J$ . Der Mindestabstand  $b(i, j)$  kann als *Bedienzeit* des vorne fliegenden Flugzeugs vom Typ  $i$  angesehen werden. Dadurch sind die Bedienzeiten aufeinanderfolgender Kunden *abhängig*.

Die Zuweisung der Flugzeuge wird so zu einem Routingproblem in einem Warteschlangennetz mit abhängigen Bedienzeiten. Die optimale Zuweisungsstrategie ergibt sich als Lösung eines komplexen dynamischen Optimierungproblems ([1],[2]).

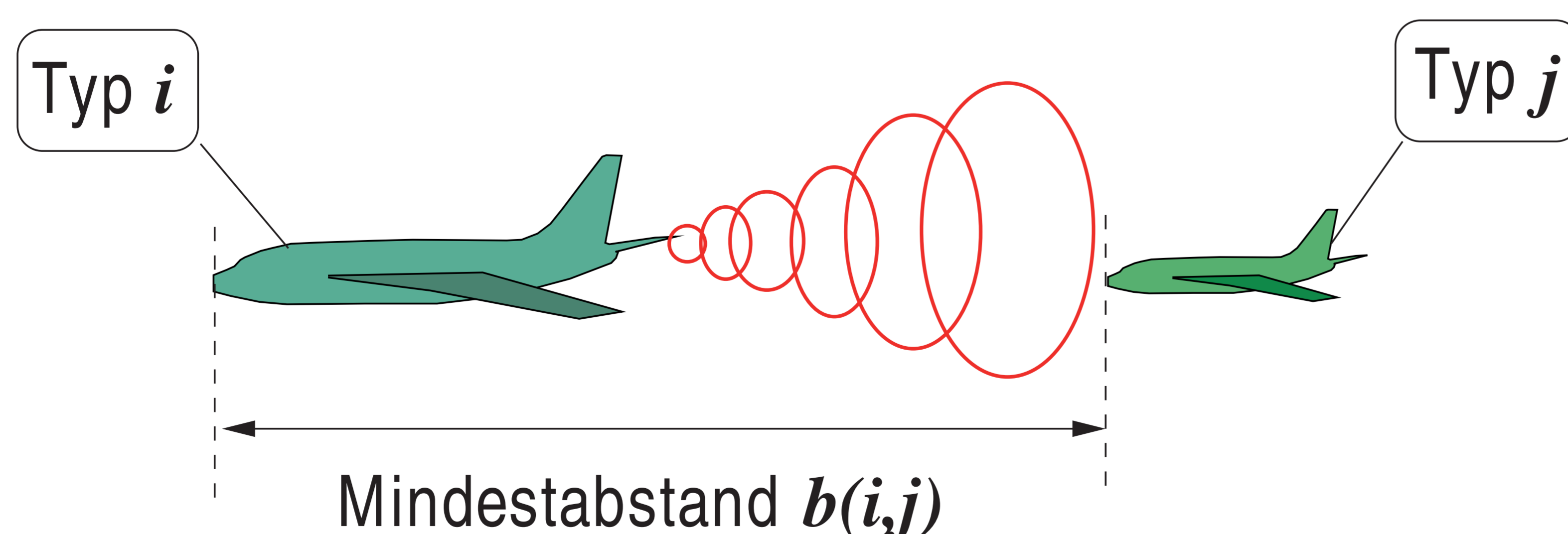


Abbildung 1: Der Mindestabstand ist von den Flugzeugtypen abhängig

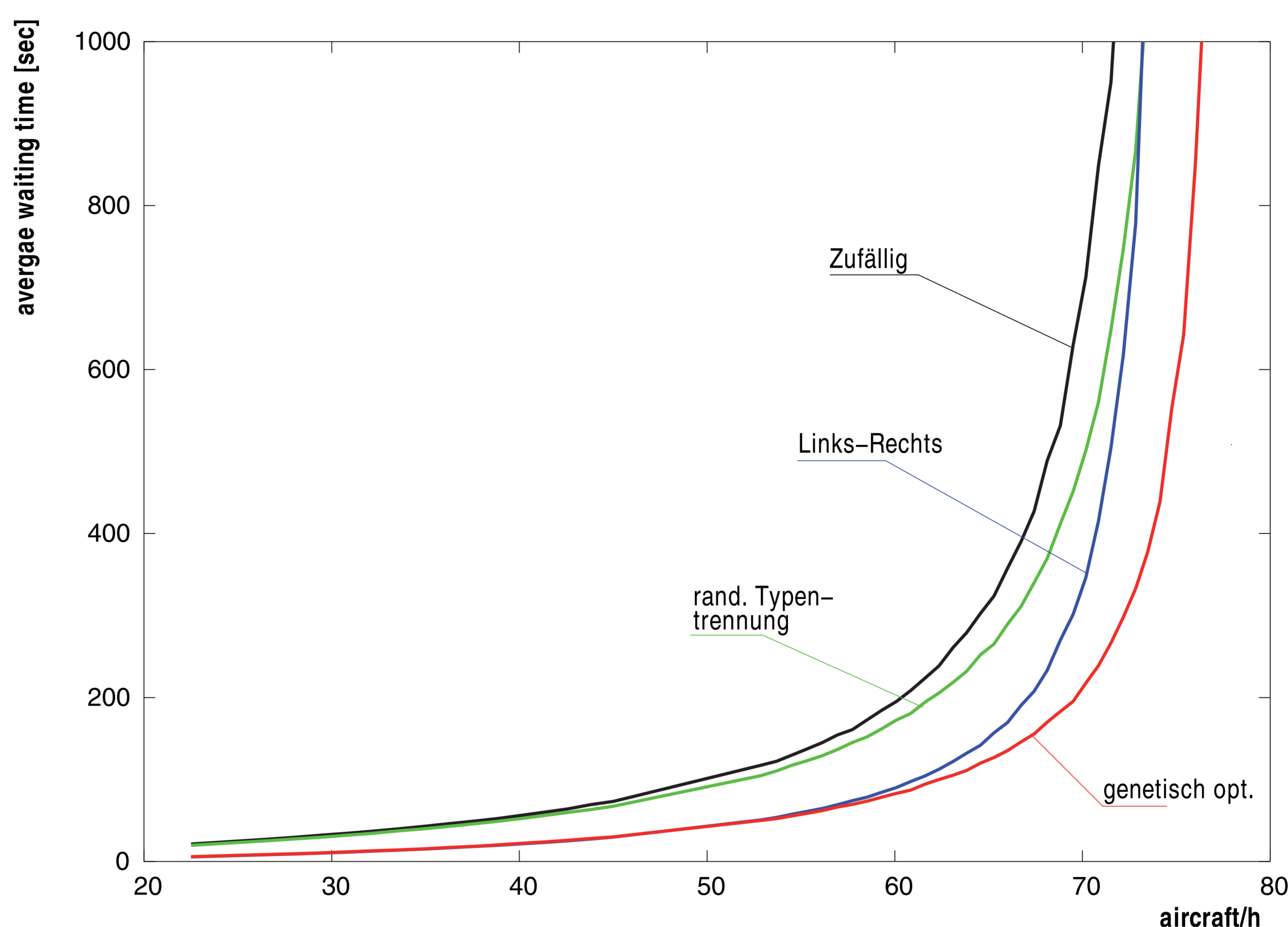


Abbildung 2: Mittlere Wartezeiten in Abhängigkeit der Ankunftsrate bei verschiedenen Zuweisungsstrategien

### Ergebnisse: Erhöhter Durchsatz

▪ Ordnet man die ankommenden Flugzeuge nur abhängig von ihren Typen den Landebahnen zu, so können Ergebnisse mit der Warteschlangentheorie (S/SM/1) erzielt werden, vgl. [1].

- Berücksichtigt man bei der Zuweisung die aktuelle Länge der Warteschlangen, so sind auch einfachste Strukturaussagen über optimale Strategien nur schwer zu erlangen, vgl. [2].
- In parametrisierten Klassen von Strategien können gute Verfahren mit Hilfe genetischer Algorithmen gewonnen werden, [1].
- Die Bewertung der Verfahren in einem regenerativen Simulationssystem zeigen, dass bei realistischen Daten wesentliche Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Methoden erzielt werden können.

[1] Bäuerle, N., O. Engelhardt-Funke and M. Kolonko : *On the Waiting Time of Arriving Aircrafts and the Capacity of Airports with Two Runways*, To be published in Europ. J. Operational Research.

[2] Bäuerle, N., O. Engelhardt-Funke and M. Kolonko : *Routing of Airplanes to Two Runways: Monotonicity of Optimal Controls*, Probability in the Eng. and Inform. Sciences, 18, 2004, pp 533-560.