

**Definition der Kapazitätsbegriffe und
Darstellung der Zusammenhänge zwischen
praktischer Kapazität, Koordinationseckwert
und Jahresflugbewegungen**

Grundlagenpapier für den Vorsitzenden RDF, Mai 2002

Darmstadt, Mai 2002



Institut für Angewandte Ökologie • Institute for Applied Ecology • Institut d'écologie appliquée

**Geschäftsstelle
Freiburg**

Postfach 62 26
D-79038 Freiburg
Tel.: 07 61 / 45 29 5-0
Fax: 07 61 / 45 54-37

**Büro
Darmstadt**

Elisabethenstr. 55-57
D-64283 Darmstadt
Tel.: 0 61 51 / 81 91-0
Fax: 0 61 51 / 81 91-33

**Büro
Berlin**

Novalisstr. 10
D-10115 Berlin
Tel.: 0 30 / 28 04 86-80
Fax: 0 30 / 28 04 86-88

Inhalt

0.	Vorbemerkung	1
1.	Welche Kapazitäten sind zu unterscheiden?.....	1
2.	Praktische Kapazität des FAA-Gutachtens.....	2
2.1	Begriffserklärung	2
2.2	Nordwest-Variante: Machbarkeit einer praktischen Kapazität von 150-160 Flugbewegungen pro Stunde.....	6
3.	Koordinationseckwert	10
4.	Kapazitätsbegriffe des DES-Szenarioflugplanes und des DFS-Gutachtens.....	11
4.1	Szenarioflugpläne zur Erstellung eines DES	11
4.2	DFS-Gutachten.....	12
5.	Jahresflugbewegungen.....	13
6.	Glossar	15

0. Vorbemerkung

Auf der 14. Sitzung des Regionalen Dialogforums am 2. November 2001 wurde die Kritik am FAA-Gutachten und den im Mediationsverfahren daraus gezogenen Konsequenzen diskutiert. Einige Kritikpunkte konnten direkt im Rahmen der Sitzung geklärt werden. Die Klärung anderer offen gebliebener Fragen und Kritikpunkte wurde in das Projektteam Optimierung delegiert. Das Projektteam erhielt den Arbeitsauftrag zur fachlichen Prüfung der Aussagen von Herrn Faulenbach da Costa und Herrn Heldmaier, die auf der 14. Sitzung des RDF vorgetragen wurden und nicht direkt zu klären waren.

In diesem Zusammenhang schlugen die Kommunalen Vertreter mit ihrem Schreiben vom 19. November 2001 an das Regionale Dialogforum vor, dass die Wissenschaftliche Begleitung eine Vorlage erarbeiten soll, in der veranschaulicht wird, welcher Zusammenhang zwischen Betonkapazität bzw. Koordinationseckwert und Jahresflugbewegungen besteht. Mit der vorliegenden Vorlage kommt die Wissenschaftliche Begleitung diesem Wunsch nach.

Aufgrund der zum Teil doch komplexen Zusammenhänge ist die folgende Darstellung ausführlicher als gewohnt; zudem enthält diese Vorlage ein Glossar der wichtigsten Kapazitätsbegriffe.

1. Welche Kapazitäten sind zu unterscheiden?

Die Kapazität eines Flughafens wird von verschiedenen Teilsystemen bestimmt. Wichtige und für die Kapazität von Flughäfen kritische Bereiche sind dabei:

- Verkehrsanbindung des Flughafens (Bahn, Straße);
- Terminal einschließlich Abfertigungsanlagen für Passagiere, Gepäck und Fracht;
- Vorfeld einschließlich Abstellpositionen und Rollwegen;
- Start- und Landebahn;
- Anbindung an den Luftraum.

Alle genannten Bereiche können zu kapazitätsbestimmenden Engpässen werden. Da die einzelnen Bereiche funktionell direkt voneinander abhängen, bestimmt folglich die Einrichtung mit der kleinsten Kapazität („Flaschenhals“) die Kapazität des gesamten Flughafens.

In Frankfurt ergeben sich Engpässe auch durch die beschränkte Kapazität des bestehenden Start- und Landebahnsystems, konkreter: durch die Limitierung der stündlichen Landekapazitäten. Durch den von der Fraport AG geplanten Ausbau wird angestrebt, diesen Kapazitätsengpass zu beseitigen.

Im Mediationsverfahren wurde durch das Gutachten der Federal Aviation Administration (FAA) im Auftrag der FAG (heute Fraport AG) untersucht, welche praktischen

stündlichen Kapazitäten verschiedene Kombinationen von Start- und Landebahnensystemen besitzen. Neben der Kapazität des bestehenden Bahnsystems wurden die Auswirkungen zusätzlicher, neu zu bauender Start- und Landebahnen auf die praktische stündliche Kapazität untersucht. Auf Basis dieser Untersuchung erfolgte eine *Vorauswahl* möglicher Varianten für die weiter gehende Betrachtung. Für diese detaillierteren Kapazitätsbetrachtungen sind – zum Beispiel im Rahmen des formal juristischen Verfahrens der Planfeststellung – weiter gehende Berechnungen für die ausgewählten Varianten erforderlich, die dann Rollwege, Vorfeld oder Luftraum in die Kapazitätsbetrachtungen mit einbeziehen.

Im Zusammenhang mit dem FAA-Gutachten und der sich daran anschließenden Diskussion der Ergebnisse dieses Gutachtens im Mediationsverfahren sowie im Regionalen Dialogforum wurden immer wieder verschiedene Kapazitätsbegriffe verwendet, die zu Missverständnissen hinsichtlich der Aussagekraft des FAA-Gutachtens führten:

- praktische stündliche Kapazität („Betonkapazität“) als Bemessungswert des FAA-Gutachtens,
- Koordinationseckwert,
- Kapazitätsbegriff der Deutschen Flugsicherung (DFS) im Mediationsgutachten „TAAM 30: Integration des Flugplatzes Wiesbaden-Erbenheim in den Nahverkehrsbereich Frankfurt“ (Luftraumkapazität),
- Kapazitätsbegriff im Rahmen des Szenarioflugplanes zur Erstellung des Datenerfassungssystems (DES),
- jährliche Kapazität eines Flughafens in Flugbewegungen pro Jahr.

Zur Versachlichung der Diskussion werden im Folgenden die dabei diskutierten Kapazitätsbegriffe und deren Zusammenhänge vorgestellt und weitestgehend erklärt.

2. Praktische Kapazität des FAA-Gutachtens

2.1 Begriffserklärung

Die Kapazität eines Start- und Landebahnensystems ist keine feste, konstante Größe. Sie hängt unter anderem von folgenden Einflussgrößen ab:

- Abhängigkeit der Bahnen untereinander,
- Bahnbelegungsstrategie (Verteilung der startenden und landenden Flugzeuge auf die einzelnen Bahnen),
- Flugzeugmix (Größenverteilung der Flugzeuge),
- Verhältnis von Starts und Landungen,
- Regeln der Flugsicherung (z. B. Staffelungsabstände der Flugzeuge; Belegungszeiten der Bahnen und Rollwege),
- Anflugparameter (z. B. Geschwindigkeit),

- technische Rahmenbedingungen (z. B. Verfügbarkeit von neuen Radarsystemen)
- meteorologische Wetterbedingungen.

Werden – wie im Mediationsverfahren geschehen - verschiedene Ausbauvarianten hinsichtlich ihrer Kapazität mit Hilfe eines Simulationsmodells untersucht, müssen für all diese Parameter plausible Annahmen aufgrund gesetzlicher Regelwerke, Betriebserfahrungen oder Prognosen (z. B. Flugzeugmix) festgelegt werden.

Die Abhängigkeiten der Bahnen untereinander ergeben sich hierbei direkt aus den zu untersuchenden Bahnkonfigurationen. Die Bahnbelegungsstrategie muss ebenfalls für jede untersuchte Variante abhängig von der jeweiligen Bahnkonfiguration festgelegt werden.

Alle anderen Parameter sind *variantenunabhängig* und werden daher in den Simulationsberechnungen nicht variiert, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten (siehe Bild 1).

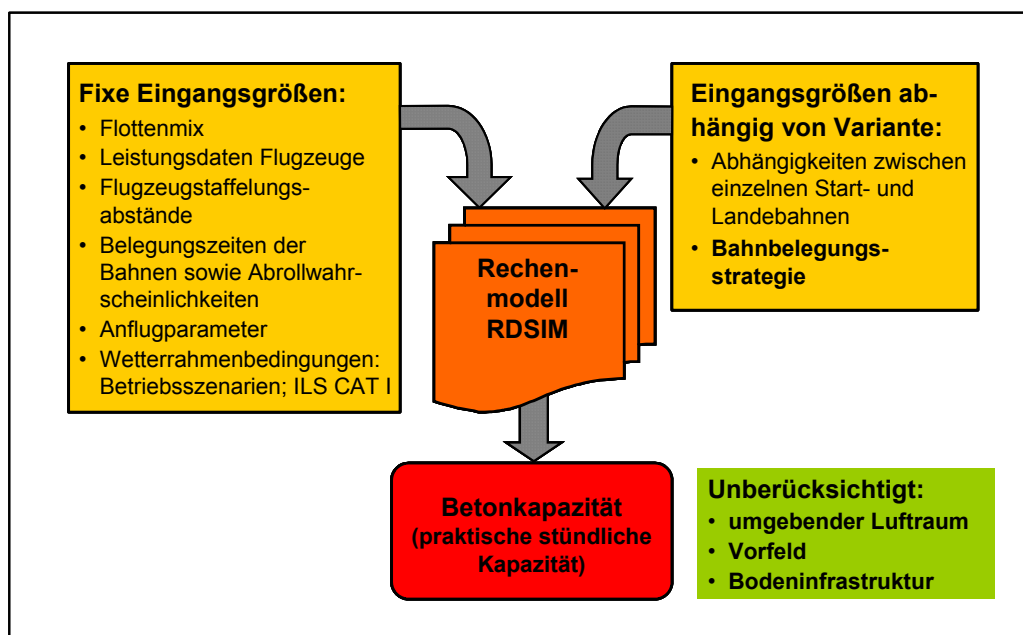


Bild 1 Berechnung der praktischen stündlichen Kapazität im FAA-Gutachten

Trotz dieser Festlegungen liefern die Simulationsmodelle nicht *einen festen Kapazitätswert* für das zu untersuchende Start- und Landebahnensystem. Wie der reale Flugbetrieb zeigt, kann auf einem bestehenden Bahnsystem unter gleichen Rahmenbedingungen (Bahnbelegung, Flugzeugmix etc.) die Anzahl der pro Zeit abgewickelten Flugbewegungen bis zu einer bestimmten Obergrenze erhöht werden – allerdings nimmt dann die durchschnittliche Verspätung pro Flug zu. Diesen Sachverhalt berücksichtigen die gängigen Simulationsmodelle.

Das von der FAA verwendete Simulationsmodell RDSIM (Runway Delay Simulation Model) versucht beispielsweise pro Variante und Rechengang eine bestimmte vorgegebene Anzahl an Starts und Landungen pro Zeiteinheit (hier eine Stunde) auf dem zu untersuchenden Bahnsystem abzuwickeln. Hierzu werden 999 zufällig ausgesuchte Fälle durchgerechnet, die alle über die betrachtete Stunde hinweg den gleichen Flugzeugmix und die gleichen Randbedingungen (Wetterbedingungen etc.) aufweisen, sich aber in der Abfolge der einzelnen Flugzeuge und Flugzeuggrößenklassen (nach Wirbelschleppenkategorien) unterscheiden. Basierend auf diesen Fällen wird dann die tatsächliche Zahl an Flugzeugbewegungen pro Stunde, die über das Bahnsystem abgewickelt werden konnte - als Verkehrsfluss bezeichnet - und die durchschnittliche Verspätung pro Flug berechnet. Dieser Rechengang wird dann immer wieder mit dem Ziel, eine weitere zusätzliche Flugbewegung auf dem Bahnsystem unterzubringen, wiederholt.

Das Ergebnis dieser von der FAA durchgeführten Simulationsschritte ist für die Betriebsrichtung West und den für 2015 prognostizierten Flugzeugmix (Zukünftiger Mix) für die sogenannte Nordwest-Variante mit einer zusätzlichen Landebahn im Kelsterbacher Wald (Variante 9b) in Bild 2 dargestellt. Es wird deutlich, dass mit steigendem Verkehrsfluss (also der Anzahl an tatsächlich auf dem Bahnsystem pro Stunde abgewickelten Flugbewegungen) die durchschnittliche Verspätung pro Flugbewegung ansteigt – anfangs nur leicht, dann jedoch immer stärker. Ab einem bestimmten Verkehrsfluss bricht das System regelrecht zusammen. Der Versuch, weitere Flugbewegungen über das Bahnsystem abzuwickeln, führt zu einer extremen Zunahme der Verspätung, ohne dass der Verkehrsfluss noch nennenswert erhöht werden kann. Die maximale realisierbare Anzahl an Flugbewegungen pro Stunde wird dann als **theoretische Kapazität** des Bahnsystems bezeichnet und stellt somit quasi die Obergrenze für das System dar. Für die Variante 9a (Westbetrieb, Future Mix) liegt beispielsweise diese theoretische Kapazität bei rund 167 Flugbewegungen pro Stunde (Asymptote in Bild 2).

Im realen Flugbetrieb kann die theoretische Kapazität allerdings de facto nicht erreicht werden, da die durchschnittliche Verspätung pro Flugbewegung viel zu hoch und damit die angebotene Bedienungsqualität zu schlecht wäre.

International üblich ist die Angabe der Anzahl der stündlichen Flugbewegungen bezogen auf eine festgesetzte durchschnittliche Verspätung pro Flug. Diese Verknüpfung zwischen Verkehrsfluss (stündliche Anzahl an Flugbewegungen) und Verspätung ist ein gängiges Verfahren und der resultierende Wert wird als praktische Kapazität des Bahnsystems bezeichnet. Im Rahmen des FAA-Gutachtens wurde die praktische Kapazität der Bahnvarianten bei einer durchschnittlichen Verspätung von 4 Minuten pro Flug ermittelt (siehe Kapitel 2.1). Der Wert von 4 Minuten Verspätung pro Flug ist bei der Bestimmung der praktischen Kapazität üblich. Im vorgestellten Fall der Variante 9b liegt die praktische Kapazität (Westbetrieb, Future Mix) dann bei 123 Flugbewegungen pro Stunde (siehe Bild 2).

Die FAA hat für alle im Mediationsverfahren untersuchten 21 Varianten die praktische Kapazität mit einer durchschnittlichen Verspätung von 4 Minuten pro Flugbewegung berechnet. Die praktische Kapazität kann als Orientierungsgröße der später tatsächlich zu realisierenden Kapazität (siehe Ausführungen zum Koordinationseckwert in Kapitel 3) angesehen werden, vorausgesetzt die angegebenen Randbedingungen (Nutzungskonzept Bahnen, Flugzeugmix, Anfluggeschwindigkeit, Wetterbedingungen etc.) treten ein. Sie kann daher als erste Planungsgrundlage verwendet werden. Weicht der zukünftige Flugbetrieb von den unterstellten Randbedingungen allerdings ab (z. B. anderer Flugzeugmix, andere Wetterbedingungen), kann die tatsächliche Kapazität des Bahnsystems niedriger oder höher als im FAA-Simulationsfall liegen. Zusätzlich müssen dann auch die Kapazitäten des Luftraums, des Vorfelds, der Terminals etc. berücksichtigt werden, die den Koordinationseckwert mitbestimmen.

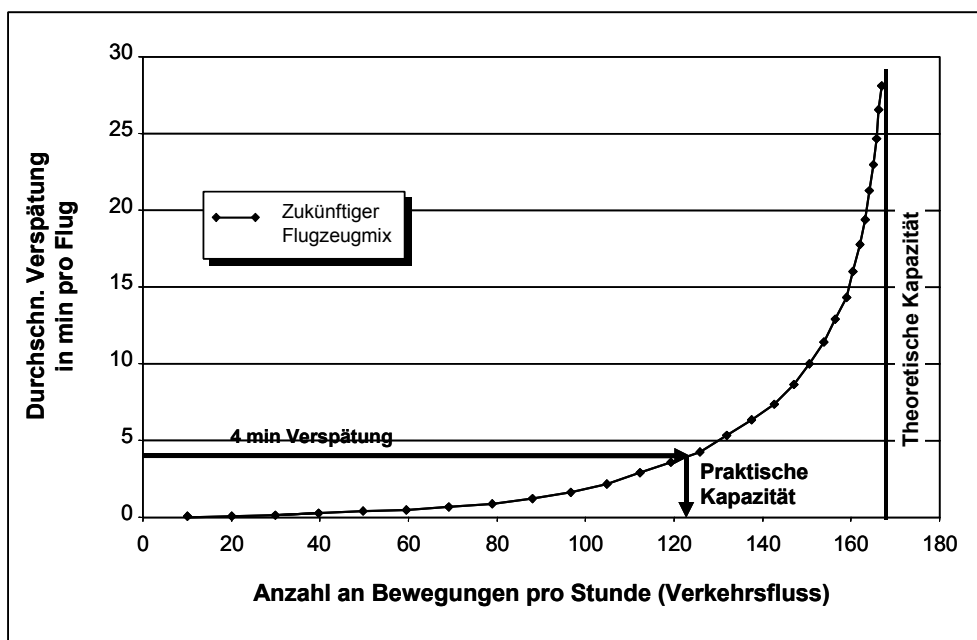


Bild 2 Zusammenhang zwischen Verkehrsfluss und durchschnittlicher Verspätung für Variante 9b bei zukünftigem Flugzeugmix und Westbetrieb (Quelle: FAA-Gutachten)

Da die FAA für die Vorauswahl der Varianten ausschließlich die praktische Kapazität der Start- und Landebahnen ohne Berücksichtigung der Kapazitäten des umgebenden Luftraums, des Vorfeldes und der Bodeninfrastruktur untersuchte, wurde im Zusammenhang mit dem FAA-Gutachten oftmals auch von der reinen **Betonkapazität** des Bahnsystems gesprochen - man könnte eigentlich von der praktischen Betonkapazität des Bahnsystems bei einer durchschnittlichen Verspätung von 4 Minuten pro Flug sprechen.

2.2 Nordwest-Variante: Machbarkeit einer praktischen Kapazität von 150-160 Flugbewegungen pro Stunde

In den letzten Monaten wurde von einzelnen Vertretern des Regionalen Dialogforums und dem PT Optimierung die These formuliert, dass die so genannte Nordwest-Variante (Variante 9b, siehe oben) nicht – wie im FAA-Gutachten berechnet – eine praktische Kapazität von 120 Flugbewegungen pro Stunde besitzt (Durchschnitt aus West- und Ostbetrieben bei zukünftigem Flugzeugmix), sondern von 150-160. Diese These, die nicht mit Simulationsrechnungen, sondern mit Abschätzungen belegt wurde, besagt, dass dieser Kapazitätswert vor allen Dingen mit einer optimierten Bahnbelegungsstrategie erreicht werden kann. Es wird somit implizit behauptet, dass die FAA die praktische Kapazität der Variante 9b falsch dargestellt habe.

Anhand der im vorangegangenen Kapitel aufgezeigten Zusammenhänge kann veranschaulicht werden, dass diese These so nicht zutreffen kann und die Zahl 150 Flugbewegungen pro Stunde nicht mit der von der FAA berechneten praktischen Kapazität vergleichbar ist.

Bereits im Mediationsverfahren wurde der Einfluss der *Bahnbelegungsstrategie* von den Qualitätssicherern des FAA-Gutachtens (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLR; National Aerospace Laboratory – NLR; Oliva & Co. - Büro für Soziologische Grundlagenforschung und Entwicklungsplanung) kritisch gewürdigt.¹ Sie formulierten damals in ihrer abschließenden Stellungnahme: „Die in die Studie eingegangenen Parameter zur Modellierung des Flughafensystems sind bezüglich Verkehrszusammensetzung und Staffelung nachvollziehbar. Hinsichtlich der Anfluggeschwindigkeit und der Verteilung der Landungen auf alte und neue Bahnen wären auch andere Werte denkbar gewesen.“ „Für eine Kapazitätsmaximierung sollte bei weiterführenden Untersuchungen eine optimierte Verteilung der Bewegungen auf die Bahnen berücksichtigt werden. Insbesondere bei den Varianten 9a, 9b (10) könnte die neue Nordbahn stärker für Landungen genutzt werden.“ Das DLR als Qualitätssicherer ergänzt: „In der Reihenfolge würden die Varianten 9a, 9b und 10 die Variante 12 [Anmerkung Öko-Institut: praktische Kapazität von 140 Flugbewegungen pro Stunde bei Future Mix] vermutlich nicht überholen.“ Dieser Sachverhalt ist bereits im Ergebnispapier V1 des Mediationsverfahrens ausführlich dargestellt worden. Ihre Stellungnahme haben die Qualitätssicherer bis heute immer wieder bestätigt.

Damit ist durch eine optimierte Bahnbelegungsstrategie unter sonst völlig identischen Randbedingungen des FAA-Gutachtens (z. B. Flugzeugmix, Verspätungssituation) *in gewissen Grenzen* eine höhere Kapazität möglich, was nach Abschätzung der FAA-Qualitätssicherer aber „keine wesentlichen Auswirkungen auf die Reihenfolge der Varianten und relative Lage zur 120er Grenze“ hat. Dies bestätigen indirekt auch die Kapazitätsuntersuchungen im Raumordnungsverfahren. Im vom DLR durchgeführten Gut-

¹ Siehe Abschlussbericht der Qualitätssicherer: Qualitätsbeurteilung des FAA-Gutachtens: „An Investigation of the Present and Potential Future Capacity of Frankfurt am Main International Airport“, August 1999.

achten ergibt sich bei Verwendung des SIMMOD-Simulationsmodells (The Airspace and Airport Simulation Model) und leicht veränderten Rahmenbedingungen (u. a. kleinere Anfluggeschwindigkeit, Bahnbelegungsstrategie) ein Plus an praktischer Kapazität von 7 % bei Westbetrieb bzw. 12 % bei Ostbetrieb (siehe Tabelle 1). Von einem Kapazitätswert zwischen 150 und 160 Flugbewegungen pro Stunde sind aber auch diese Zahlenwerte deutlich entfernt.

Tabelle 1 Praktische Kapazität der Northwest-Variante (Variante 9b) im FAA-Gutachten und im ROV-Gutachten – in Flugbewegungen pro Stunde

	West	Ost
FAA-Gutachten (Mediation)	123	112
DLR-Gutachten (ROV)	131	125
Veränderung ROV gegenüber Mediation	6,5%	11,6%

Bei den stark vereinfachten Abschätzungen², die zur Untermauerung der These, Kapazitätswerte zwischen 150 und 160 Flugbewegungen pro Stunde seien zukünftig möglich, durchgeführt wurden, wurden nach Aussage der Qualitätssicherer im Wesentlichen zwei kapazitätsbestimmende Einflussgrößen gegenüber dem FAA-Gutachten verändert:

- Flugzeugmix;
- Bedienungsqualität (durchschnittliche Verspätung von 4 Minuten pro Flug).

Flugzeugmix

Ebenfalls bereits im FAA-Gutachten wurde der Einfluss eines veränderten Flugzeugmixes untersucht. Alle Kapazitätsberechnungen im FAA-Gutachten wurden sowohl für den zukünftigen (Planungshorizont 2015) als auch den heutigen Flugzeugmix durchgeführt, der einen geringeren Anteil an schwereren und damit kapazitätsmindernden Flugzeugen aufweist.³ Wird statt des zukünftigen Flugzeugmixes der heutige Mix unterstellt, liegt die praktische Kapazität der Variante 9b (Westbetrieb) statt bei 123 bei 143 Flugbewegungen pro Stunde (siehe Bild 3, grauer Pfeil) – bei ansonsten gleichen Rahmenbedingungen (v. a. Verspätungssituation von 4 Minuten). Bei Berücksichtigung

² die zudem auf der Kombination nicht vergleichbarer Kapazitätswerte basieren - siehe hierzu die Vorlage „Tabellarische Übersicht der Stellungnahmen der Qualitätssicherer zu den Aussagen der Herren Heldmaier und Faulenbach da Costa sowie Konsequenzen“ der Wissenschaftlichen Begleitung.

³ Hinsichtlich des im Jahre 2015 zu erwartenden Flottenmixes („heutiger“ versus „zukünftiger“ Flottenmix nach FAA-Definition) merkten zudem die Qualitätssicherer des FAA-Gutachtens an: „Die Analyse dieser zwei Fälle beschreibt zwei mögliche Entwicklungsrichtungen des Flughafens Frankfurt a. M. Die reale Entwicklung dürfte zwischen diesen beiden Varianten zu erwarten sein.“

beider Betriebsrichtungen (West- und Ostbetrieb) steigt in diesem Fall die praktische Kapazität von 120 auf 139 Flugbewegungen pro Stunde.

Die zum Beleg einer praktischen Kapazität von 150-160 Flugbewegungen pro Stunde durchgeführten Abschätzungen verändern durchweg den Flugzeugmix in Richtung der heutigen Situation und damit in Richtung von kleineren Flugzeugen (Medium). Damit wird für die Abschätzungen eine wesentlich veränderte Verkehrszusammensetzung angenommen, als im Durchschnitt für den Planungshorizont 2015 im FAA-Gutachten unterstellt wurde. Die Ergebnisse dieser Abschätzung weichen damit von den Randbedingungen des FAA-Gutachtens ab und sind so nicht direkt mit diesen vergleichbar.

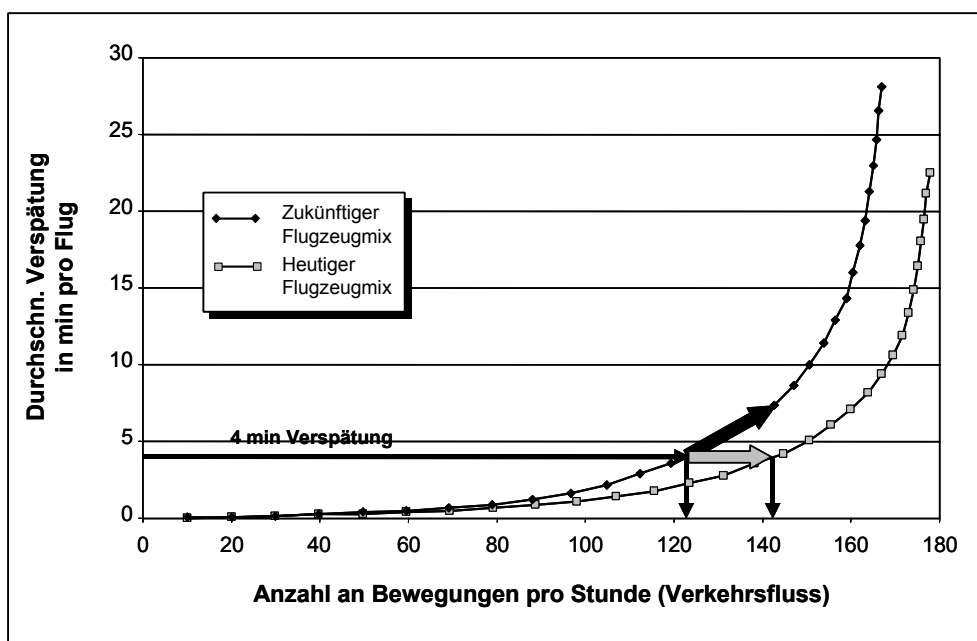


Bild 3 Zusammenhang zwischen Verkehrsfluss und durchschnittlicher Verspätung für Variante 9b bei heutigem und zukünftigem Flugzeugmix (Quelle: FAA-Gutachten)

Bedienungsqualität

Im FAA-Gutachten wurde die praktische Kapazität mit einer durchschnittlichen Verspätung von 4 Minuten pro Flug ermittelt. Eine höhere Anzahl an Flugbewegungen pro Stunde ist unterhalb der theoretischen Kapazität des Bahnsystems durchaus möglich, allerdings mit einer Verschlechterung der Verspätungssituation pro Flug (siehe Ausführungen oben und Bild 3 – schwarzer Pfeil).

Die von den PT-Mitgliedern durchgeführten Abschätzungen und Beispielrechnungen zur Herleitung der 150 Flugbewegungen pro Stunde führen zu einer Erhöhung der Verspätung pro Flug – diese Verschlechterung der Bedienungsqualität wird jedoch nicht explizit in den Rechnungen ausgewiesen. Damit unterschieden sich die Ergebnisse der

Beispielrechnung nicht nur im unterstellten Flugzeugmix, sondern auch in der Bedienungsqualität von den Ergebnissen des FAA-Gutachtens.

Schlussfolgerung

Der Zusammenhang zwischen Anzahl der Flugbewegungen pro Stunde und Verspätung pro Flugbewegung kann mit den durchgeführten einfachen Abschätzungen nur unzureichend berücksichtigt werden; an dieser Stelle wird daher auch deutlich, dass aufgrund der oftmals nicht linearen Zusammenhänge die Verwendung von Simulationsmodellen für die Berechnung der Bahnenkapazität durchaus notwendig ist. Einfache Analogieschlüsse, wie in den Beispielrechnungen geschehen, können diese nicht ersetzen und auch nicht miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen:

1. Die von einzelnen RDF- und PT-Mitgliedern vorgelegten Abschätzungen zur Kapazität der sogenannten Northwest-Variante (150-160 Flugbewegungen pro Stunde; Variante 9b) belegen nicht, dass die FAA im Rahmen ihres Gutachtens fehlerhaft gerechnet hat.
2. Die vorgestellten Abschätzungen sind kein Beleg dafür, dass mit einer optimierten Bahnbelegungsstrategie höhere praktische Kapazitäten erzielbar sind als durch die FAA errechnet (dies wird in gewissen Grenzen für die Varianten 9a und 9b durch die Qualitätssicherer für möglich gehalten).
3. Die Abschätzungen zeigen, dass unter veränderten Randbedingungen (Flugzeugmix, schlechtere Bedienungsqualität mit höherem Verspätungsniveau) eine höhere Anzahl an Flugbewegungen pro Stunde (Verkehrsfluss) möglich ist.

Die Ergebnisse dieser Abschätzungen (150 Flugbewegungen pro Stunde) sind aufgrund des veränderten Flugzeugmixes und des höheren Verspätungsniveaus (mehr als 4 Minuten pro Flug) nicht mit den Ergebnissen des FAA-Gutachtens (120 Flugbewegungen pro Stunden) vergleichbar. Die Abschätzungen belegen die von der FAA berechnete Abhängigkeit zwischen Verkehrsfluss (Anzahl Flugbewegungen pro Stunde) einerseits und durchschnittlicher Verspätung pro Flug und Flugzeugmix andererseits – die festgestellten Sachverhalte können mit den FAA-Berechnungen anschaulich erklärt werden (siehe Bild 3).

Wie hoch letztendlich die reale stündliche Kapazität der Bahnen und damit der Koordinationseckwert (siehe Kapitel 3) im Jahr 2015 sein werden, hängt entscheidend davon ab, ob die Rahmenbedingungen, wie sie im FAA-Gutachten unterstellt sind, genau so eintreten. Dies wurde von den FAA-Gutachtern und der Qualitätssicherung nie bestritten.

3. Koordinationseckwert

Der Koordinationseckwert gibt die Anzahl der pro Stunde planbaren Starts und Landungen an, die der Flughafenbetreiber auch bei widrigen Witterungsbedingungen garantiert. Der Koordinationseckwert dient dem Flugplankoordinator bei koordinierten internationalen Flughäfen⁴ als Grundlage der Zuteilung von Start- und Landezeiten („Slots“) an die Luftverkehrsgesellschaften. Generell kann die Nachfrage nicht den Eckwert übersteigen. Dieses einzuhalten, ist Aufgabe der Flugplankoordination. Allerdings können am aktuellen Verkehrstag durch verspätete An- und Abflüge und verfrühte An- und Abflüge und Sonderverkehre Überhöhungen der Nachfrage über den Eckwert in einzelnen Stunden auftreten. Unter widrigen Verhältnissen können aber neue Verspätungen induziert werden.

Der Koordinationseckwert wird nach Beratung mit den relevanten Akteuren (Flughafenbetreiber, Fluggesellschaften und Flugsicherung), basierend auf Berechnungen und Betriebserfahrungen, festgelegt und in Deutschland vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) veröffentlicht. Der Koordinationseckwert ist damit ein unter den Akteuren ausgehandelter Wert, der die Kapazitäten der auf dem Flughafen vorhandenen Start- und Landebahnen, des Luftraums sowie der Bodeninfrastruktur berücksichtigt und auf dieser Grundlage durch die Nachfrage bestimmt wird.

Der Koordinationseckwert des Frankfurter Flughafens kletterte 1996 von 70 auf 72, 1997 auf 74, 1998 auf 76 und 1999 auf 78 Flugbewegungen pro Stunde. In diesem Jahr ist schließlich ab Sommerflugplan die Erhöhung des Koordinationseckwertes in der Zeit zwischen 14 und 22 Uhr auf 80 Flugbewegungen pro Stunde realisiert worden. Anlass für die Erhöhung waren technische Neuerungen im Bereich der Flugsicherung.

Bei der Anhebung des Koordinationseckwertes wurde von den beteiligten Akteuren immer wieder die Verspätungsproblematik diskutiert. Erfolgt eine Erhöhung des Eckwertes ohne entsprechende Kapazitätserhöhung, führt dies zu einer stärkeren Belastung bis hin zur Überlastung des Systems und damit letztlich zu größeren Verspätungen. Dabei kommt der bereits in Kapitel 2 beschriebene Zusammenhang zwischen der Anzahl an stündlichen Flugbewegungen und dem Verspätungsniveau zum Tragen.

Die praktische Kapazität des untersuchten Bahnsystems, wie sie im FAA-Gutachten ermittelt wurde, ist damit aus folgenden Gründen trotz gleicher Einheit (Bewegungen pro Stunde) nicht mit dem Koordinationseckwert gleich zu setzen.

1. Die praktische Kapazität des FAA-Gutachtens bezieht sich ausschließlich auf die Kapazität des Bahnsystems (Betonkapazität); die Kapazitäten des Luftraums, Vorfeldes, Terminals etc., die in den Koordinationseckwert einfließen, sind hierbei nicht berücksichtigt.

⁴ In Deutschland: Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Köln/Bonn, München, Stuttgart

2. Der Koordinationseckwert ist ein auf der Basis von Kapazitätsberechnungen und Betriebserfahrungen ausgehandelter Wert der betroffenen Akteure für die Planung der Slotvergabe.

Die von der FAA ermittelte praktische Kapazität der untersuchten Varianten kann daher für den Koordinationseckwert im Jahr 2015 lediglich eine grobe Orientierungsgröße darstellen.

4. Kapazitätsbegriffe des DES-Szenarioflugplanes und des DFS-Gutachtens

4.1 Szenarioflugpläne zur Erstellung eines DES

Die im Mediationsverfahren erstellten Szenarioflugpläne dienen als Grundlage für die Erstellung des Datenerfassungssystem (DES), das für die verkehrsreichsten sechs Monate Angaben über die im Flughafenumfeld benutzten Flugstrecken sowie die Anzahl der darauf verkehrenden Flugzeuge enthält und für die Ermittlung von Lärm-schutzbereichen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm benötigt wird.

Der Szenarioflugplan enthält für einen typischen Spitzentag Informationen über die Verteilung der Flugbewegungen nach Flugarten (Passage, Fracht etc.) und Regionen, über den Flottenmix und die zeitliche Verteilung der Flugbewegungen über den Tag (Tagesganglinie). In jeder einzelnen Stunde des Spitzentags darf dabei der Koordinationseckwert für die betrachtete Variante in der Regel nicht überschritten werden. Da für die im Mediationsverfahren untersuchten Varianten keine Angaben zum Koordinationseckwert vorlagen (siehe Kapitel 3), wurde vereinfacht die im FAA-Gutachten ermittelte praktische Kapazität als Obergrenze zugrundegelegt (in diesem Zusammenhang als Stundeneckwert bezeichnet; siehe Bild 4).

Wird eine beliebige Stunde aus dem Szenarioflugplan herausgegriffen (wie dies zum Beispiel einer der FAA-Kritiker tat, der in seinen Ausführungen auf die Stunde zwischen 12 und 13 Uhr Bezug nimmt), ist zu beachten, dass der Flottenmix der ausgewählten Stunde nicht identisch sein muss mit dem durchschnittlichen Flottenmix des Szenarioflugplanes (Durchschnitt eines ganzen Tages, identisch mit Flottenmix des FAA-Gutachtens). Darüber hinaus erfolgt im Szenarioflugplan noch keine Zuweisung eines Einzelfluges zu einer Bahn. Folglich kann aus der durchschnittlichen Bahnverteilung pro Spitzentag auch nicht auf die durchschnittliche Bahnverteilung einer ausgewählten Stunde geschlossen werden.

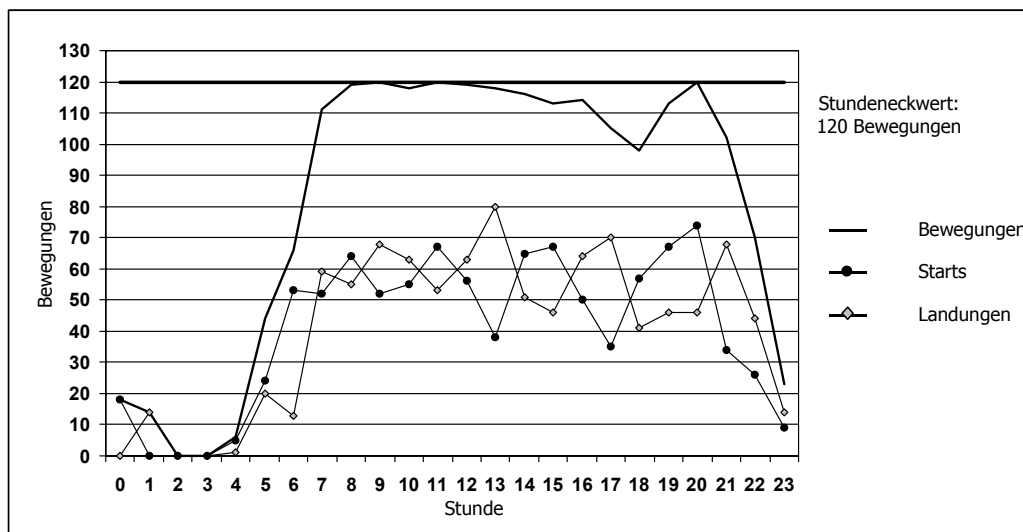


Bild 4 Tagesganglinie der Bewegungen des Szenarioflugplans für die Varianten 9a/9b

Damit können sich einzelne Stunden des Szenarioflugplanes hinsichtlich Flugzeugmix und Bahnbelegungsstrategie völlig vom Tagesdurchschnitt und damit von den im FAA-Gutachten unterstellten Randbedingungen unterscheiden. Werden dennoch Strukturdaten von den Tagesdurchschnittswerten auf die Stundenwerte übertragen, dann können die so erzeugten Werte nicht – wie bei den FAA-Kritikern geschehen – in einer wie auch immer gearteten Beweisführung verwendet werden.

4.2 DFS-Gutachten

Im Mediationsverfahren hat die Deutsche Flugsicherung (DFS) die Integration des Flugplatzes Wiesbaden-Erbenheim (Variante Erbenheim-klein) in die Luftraumstruktur des Nahverkehrsbereichs des Frankfurter Flughafens mit Hilfe des Schnellzeitsimulators TAAM (Total Airspace & Airport Modeller) untersucht.⁵ Im Gegensatz zur im FAA-Gutachten ermittelten praktischen (Beton-)Kapazität des Start- und Landebahnsystems kann mit Hilfe der TAAM-Simulation auch die Luftraumkapazität jeder Variante bestimmt werden. Die so ermittelte Kapazität pro Stunde ist ein Durchschnittswert für einen typischen Spitzentag im Jahresverlauf.

Der **Kapazitätsbegriff des DFS-Gutachtens ist damit umfassender als im FAA-Gutachten, da er den Luftraum mit einbezieht.** Beide Kapazitätsbegriffe sind aufgrund der dargestellten Sachverhalte nicht miteinander vergleichbar.

⁵ Hierbei wurde bereits die neue Luftraumstruktur EAM 04 berücksichtigt.

5. Jahresflugbewegungen

Im Mediationsverfahren wurde nicht von der praktischen Kapazität, die im FAA-Gutachten ermittelt wurde, auf die Jahresflugbewegungen geschlossen; vielmehr wurde auf Basis wissenschaftlicher Expertisen (Expertenhearing, Szenarien der DLR) die zukünftige Entwicklung der Luftverkehrsnachfrage am Frankfurter Flughafen abgeschätzt: Hierbei „wurde für Frankfurt angenommen, dass die Passagierzahlen im Falle einer entsprechend ausgebauten Infrastruktur (engpassfreier Fall) bis 2015 um 3,2 % pro Jahr wachsen werden. Die Anzahl der Flugbewegungen wird um 2,8 % pro Jahr zunehmen und damit auf einen Wert von 660.000 steigen.“ (Ergebnispapier V2: „Entwicklung des Luftverkehrs“ des Mediationsverfahrens)

Erst im zweiten Schritt wurde geprüft, ob mit den zur Verfügung stehenden Varianten eine engpassfreie Entwicklung möglich ist. Geht man von der bereits mehrfach vorgestellten Nordwest-Variante mit einer praktischen Kapazität von 120 Flugbewegungen pro Stunde in 2015 aus und nimmt diesen Wert in erster Näherung als Koordinations-eckwert (siehe hierzu Kapitel 3), so könnten in einem 24-Stunden-Rund-um-die-Uhr-Betrieb (was natürlich im realen Betrieb nicht stattfindet) grob geschätzt rund 1.000.000 Flugbewegungen pro Jahr mit diesem Bahnsystem abgewickelt werden. Wird ein Nachtflugverbot in der Zeit von 23 bis 5 Uhr unterstellt, sind immer noch rund 785.000 Flugbewegungen möglich. Damit kann voraussichtlich selbst unter ungünstigen Randbedingungen (z. B. Kapazität des Luftraums, Wetterbedingungen) sichergestellt werden, dass die Verkehrsnachfrage von 660.000 Flugbewegungen pro Jahr mit der Nordwest-Variante erbracht werden kann.

Hat nun eine Bahnkonfiguration eine höhere praktische Kapazität (beispielsweise 150 Flugbewegungen pro Stunde), können theoretisch auch mehr Flugbewegungen pro Jahr über das Bahnsystem abgearbeitet werden (z. B. bei einem Nachtflugverbot zwischen 23 und 5 Uhr immerhin rund 1.000.000 Flugbewegungen pro Jahr). Betrachtet man die von einzelnen Vertretern des PT Optimierung formulierte These, dass für die Nordwest-Variante die praktische stündliche Kapazität bei 153 Flugbewegungen pro Stunde und damit die jährliche Kapazität bei 930.000 Flugbewegungen liegt, ist jedoch Folgendes anzumerken:

- Da die Zahl von 153 Bewegungen pro Stunde nicht mit der im FAA-Gutachten ausgewiesenen praktischen stündlichen Kapazität vergleichbar ist (siehe oben), kann auch nicht die daraus abgeleitete jährliche Kapazität von 930.000 Flugbewegungen mit den Angaben des Mediationsverfahrens (660.000 Flugbewegungen) verglichen werden.
- Weiterhin kann bei der Nordwest-Variante die neue Bahn als unabhängige zusätzliche (Lande-)Bahn aufgefasst werden, während das alte System wie bisher in sich abhängig bleibt (wie bisher auch von niemandem bestritten). Im alten System können z. Z. maximal 500.000 Flugbewegungen pro Jahr realisiert werden; dies würde dann aber bedeuten, dass allein auf der neuen zusätzlichen Bahn rund 430.000

Flugbewegungen erbracht werden müssten, damit das Gesamtsystem die postulierten 930.000 Flugbewegungen erreicht – dies scheint nicht realistisch.

Zudem sind diese theoretischen Überlegungen hinfällig, wenn die Verkehrsnachfrage kleiner ausfällt als das mögliche Angebot. Es ist also vielmehr zu fragen, ob eine prognostizierte Verkehrsnachfrage mit dem Bahnsystem eines Flughafens erbracht werden kann und wo die Obergrenze der Jahreskapazität dieses Bahnsystem liegt. Die Anzahl der jährlichen Flugbewegungen kann nur anhand von Verkehrsprognosen ermittelt werden. Es muss dann gefragt werden, ob die zur Verfügung stehenden Bahnen theoretisch eine ausreichende Kapazität aufweisen, damit innerhalb der Betriebszeit des Flughafens die geforderte jährliche Nachfrage erbracht werden kann. Allgemein gültige Rechenregeln zur Hochrechnung der praktischen Kapazität auf die Jahreskapazität gibt es nicht. Vielmehr hängen die jährlichen Flugbewegungen von der zeitlichen Ausnutzung der stündlichen Kapazitäten im Tages- und Jahresverlauf des Flughafens ab. Es kann daher nicht auf der Basis von stündlichen Flugbewegungen auf 930.000 jährliche Flugbewegungen geschlossen werden.

Die Ausführungen zeigen aber auch implizit, dass zu einem Zeitpunkt nach 2015 unter veränderten Randbedingungen mehr als 660.000 jährliche Flugbewegungen möglich sein können. Sie machen jedoch ebenso deutlich, dass die Beschränkung der Flugbewegungen auf einen jährlichen maximalen Wert nicht technisch zu realisieren sind. Hier sind rechtliche und politische Randbedingungen viel entscheidender. Daher sollte im Regionalen Dialogforum und in den Projektteams diskutiert werden, ob und, wenn ja, wie eine maximale Anzahl von jährlichen Flugbewegungen (Bewegungskontingentierung im Vergleich zu einer Lärmkontingentierung) sinnvoll ist und wie sie unabhängig vom zukünftigen Bahnsystem erreicht werden kann.

6. Glossar

Bahnbelegungsstrategie	Verteilung der startenden und landenden Flugzeuge auf die einzelnen Bahnen eines Flughafens
Bahnkonfiguration	Zusammenfassung der statischen Elemente des zu modellierenden Flughafens: Anordnung und Betriebsrichtungen der vorhandenen Start- und Landebahnen, Luftraum- und Bodenstruktur, Flugsicherungsregeln, Annahmen über Luftfahrzeuge
Bedienungsqualität	Beschreibt im Zusammenhang mit der Bestimmung der praktischen Kapazität eines Bahnensystems das Verspätungsniveau, das zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Qualität als akzeptabel angesehen wird. International wird hierbei in der Regel eine durchschnittliche Verspätung von 4 Minuten pro Flug angesetzt.
Betonkapazität	Wird die Kapazität des Start- und Landebahnensystems ohne Berücksichtigung des umgebenden Luftraums, des Vorfeldes und der Bodeninfrastruktur bestimmt, spricht man in diesen Fällen von der Betonkapazität des untersuchten Bahnensystems.
Betriebsrichtung	Himmelsrichtung, in die Flugzeuge starten bzw. landen
Datenerfassungssystem (DES)	Das Datenerfassungssystem (DES), das für die verkehrsreichsten sechs Monate Angaben über die im Flughafen-umfeld benutzten An- und Abflugstrecken (bis zu einer Entfernung von 20 km vom Flughafen) sowie die Anzahl der verkehrenden Flugzeuge enthält, dient der Ermittlung von Lärmschutzbereichen gemäß AzB.
Flottenmix	siehe Flugzeugmix
Flugbewegungen	1 Flugbewegung ist entweder 1 Start oder 1 Landung

Flugzeugmix	Zusammensetzung der an einem Flughafen verkehrenden Flugzeugflotte (Größe der Flugzeuge). Im Zusammenhang mit Kapazitätsberechnungen erfolgt die Einteilung der Flugzeuge nach Wirbelschleppenkategorien. Hierbei werden Flugzeuge folgender Gruppen unterschieden (nach ICAO): Light (< 7 t MTOW), Medium (> 7 t und < 136 t), Heavy (> 136 t).
Heutiger Flugzeugmix (present mix)	<p>Flugzeugmix nach Wirbelschleppenkategorien (ICAO), der der heutigen Situation am Frankfurter Flughafen entspricht:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Light (< 7 t MTOW): 1 % ▪ Medium (> 7 t und < 136 t): 73 % ▪ Heavy (> 136 t): 26 %
Kapazitätseckwert	siehe Koordinationseckwert
Koordinationseckwert	<p>Der Koordinationseckwert gibt die Anzahl der pro Stunde planbaren Starts und Landungen an, die der Flughafenbetreiber auch bei widrigen Witterungsbedingungen garantiert. Der Koordinationseckwert dient dem Flugplankoordinator bei koordinierten internationalen Flughäfen (z. B. Frankfurt, Düsseldorf, München) als Grundlage der Zuteilung von Start- und Landezeiten („Slots“) an die Luftverkehrsgesellschaften. Der Koordinationseckwert wird nach Beratung mit den relevanten Akteuren (Flughafenbetreiber, Fluggesellschaften und Flugsicherung), basierend auf Berechnungen und Betriebserfahrungen, festgelegt und in Deutschland vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) veröffentlicht.</p>
Luftraumkapazität	<p>Neben den Start- und Landebahnen sowie der Bodeninfrastruktur (Terminal, Vorfeld, Rollwege) weist auch der Luftraum eine begrenzte Kapazität auf und kann sich damit auf die Gesamtkapazität eines Flughafens negativ auswirken. Mit Hilfe verschiedener Simulationsmodelle (z. B. TAAM-Simulation) kann die Kapazität des Luftraums ermittelt werden.</p>

Praktische Kapazität	Die praktische Kapazität des Bahnsystems gibt die Anzahl der möglichen Flugbewegungen pro Stunde (Verkehrsfluss) bezogen auf eine durchschnittliche Verspätung pro Flug an. Im Rahmen des FAA-Gutachtens wurde die praktische Kapazität der Bahnvarianten bei einer durchschnittlichen Verspätung von 4 Minuten pro Flug ermittelt (siehe Kapitel 2.1). Der Wert von 4 Minuten Verspätung pro Flug ist bei der Bestimmung der praktischen Kapazität üblich.
RDSIM-Simulation	Das von der FAA angewandte Simulationsmodell RDSIM (Runway Delay Simulation Model) berechnet für die Start- und Landebahnen die praktische Kapazität. Umgebender Luftraum oder anderweitige Bodeinfrastruktur bleiben hierbei unberücksichtigt. Das Modell bestimmt den Verkehrsfluss in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Verspätung pro Flug.
SIMMOD-Simulation	Das SIMMOD-Simulationsmodells (The Airspace and Airport Simulation Model) kann sowohl die Kapazität der Start- und Landebahnen als auch die Kapazität des umgebenden Luftraums und der Bodeninfrastruktur bestimmen. Als Ergebnis der Simulation erhält man Zahlentabellen über verschiedenartige Verspätungen und über den mittleren Verkehrsfluss. Diese Daten bilden die Ausgangslage zur Schätzung der Kapazität.
Szenarioflugplan	Modell eines zukünftigen Flugplans (An- und Abflüge), der Angaben zum Flugzeugtyp, zur Flugart (Passage, Fracht etc.), zu Ziel- und Herkunftsregionen sowie Ankunfts- und Abflugzeiten enthält. Der Szenarioflugplan bezieht sich auf einen typischen Spitzentag.
TAAM-Simulation	Mit dem Schnellzeitsimulationssystem TAAM (Total Airspace & Airport Modeller) kann neben der Kapazität des Start- und Landebahnsystems auch die Kapazität des umgebenden Luftraums bestimmt werden. Im Vergleich zu anderen Simulationssystemen können bei TAAM-Simulationen die Bewegungsabläufe der Luftfahrzeuge ähnlich wie an einem Radarsichtgerät dargestellt werden.

theoretische Kapazität	Die theoretische Kapazität beschreibt den maximalen stündlichen Verkehrsfluss, der mit einem vorgegebenen Bahnensystem abgewickelt werden kann. Je stärker der Verkehrsfluss sich der theoretischen Kapazität nähert, desto stärker steigt die durchschnittliche Verspätung pro Flug an und erreicht schließlich unendlich große Werte. Die theoretische Kapazität stellt damit eine real nicht erreichbare Obergrenze des Bahnensystems dar. Die theoretische Kapazität ist im FAA-Gutachten für alle Varianten ermittelt worden (siehe Kapitel 2.1).
Typischer Spitzentag	Ordnet man die Tage eines Jahres in der Reihenfolge ihrer Verkehrsmengen, so bezeichnet man den 30-höchsten Tag als typischen Spitzentag. Die Verkehrsmenge des typischen Spitzentages wird also pro Jahr 30 Mal erreicht oder überschritten.
Verkehrsfluss	Anzahl an tatsächlich auf einem Bahnensystem pro Stunde abgewickelten Flugbewegungen
Wirbelschleppenkategorien	siehe Flugzeugmix
Zukünftiger Flugzeugmix (future mix)	<p>Flugzeugmix nach Wirbelschleppenkategorien (ICAO), der der Situation im Jahr 2015 am Frankfurter Flughafen entspricht:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Light (< 7 t MTOW): 1 % ▪ Medium (> 7 t und < 136 t): 62 % ▪ Heavy (> 136 t): 37 % <p>Im Gegensatz zum heutigen Flugzeugmix liegt in Zukunft der Anteil der Flugzeuge der Kategorie Heavy deutlich höher (siehe heutiger Flugzeugmix).</p>