

Simulationen und Gutachten im Rahmen des Projektes „Ausbau Flughafen München“

Ergebnisse der Simulationen

Bahnlage 5b (1180/2100 Nord) – unabhängige Bahnlage

Bahnlagen 4c (840/2100 Nord) – abhängige Bahnlage

München, den 24. Mai 2006



Agenda

- I. Umfang und Zielsetzung der Untersuchung
- II. Beurteilungskriterien
- III. Das Simulationssystem „Simmod Plus!“
- IV. Grundlagen der Simulationen
- V. Prüfung der Gesamtfunktionalität
- VI. Simulationsergebnisse der Bahnlage 5b (1180/2100 Nord)
- VII. Abschließende Beurteilung

I. Umfang und Zielsetzung der Untersuchung



- Bewertung verschiedener Bahnlagen hinsichtlich des Planungsziels der FMG:

Steigerung der „Praktischen Bahnkapazität mit An- und Abflugrouten“ auf mindestens 120 Flugbewegungen pro Stunde für jede der beiden Betriebsrichtungen.

- Prüfung, welche der untersuchten Bahnlagen die „flugbetriebliche Gesamtfunktionalität“ gewährleistet.

24.05.2006

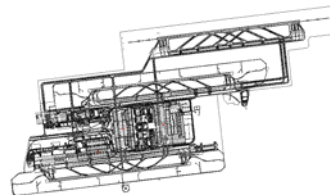
3

OTSD-Simulationen verschiedener Bahnlagen



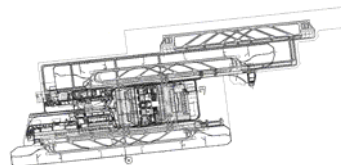
Unabhängige Bahnlage:

- Bahnlage 5b
 - 1180 Meter Achsabstand
 - 2100 Meter Schwellenversatz
 - weitgehend unabhängiger Betrieb der neuen Nordbahn 26N/08N in beiden Betriebsrichtungen



Abhängige Bahnlage:

- Bahnlage 4c
 - 840 Meter Achsabstand
 - 2100 Meter Schwellenversatz
 - Starke Abhängigkeiten der Nordbahnen zwischen An- und Abflügen (bei BR08)



24.05.2006

4

II. Beurteilungskriterien

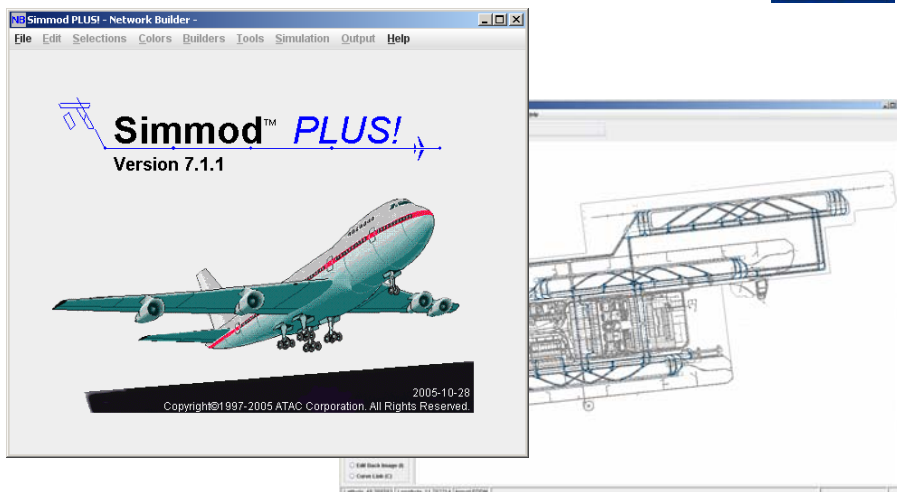


- **Praktische Kapazität**
Durchschnittliche Verzögerung pro Luftfahrzeug
(4-Minuten-Kriterium)
- **Absolute An- und Abflugverzögerung**
(15 Minuten-Kriterium der Gesamtverzögerung)
- **Rollzeiten**
- **Betriebliche Beurteilung**
(Erfahrungswissen der beteiligten Experten/Fluglotsen
im Bereich Flugsicherung)

24.05.2006

5

III. Das Simulationssystem „Simmod Plus!“



24.05.2006

6

Das Simulationssystem „Simmod Plus!“ (2)



- *Simmod Plus!*
 - basiert auf dem von der amerikanischen FAA entwickelten System *Simmod*
 - bietet als weltweit anerkanntes Simulationsmodell vielfältige Modellierungs- und Analysemöglichkeiten
 - hat sich als Mittel zur anschaulichen Präsentation von komplexen Verkehrsabläufen bewährt.

24.05.2006

7

Das Simulationssystem „Simmod Plus!“ (3)



- Vorteile des Systems
 - Abbildung aller wesentlichen kapazitätsrelevanten Faktoren des Flugbetriebs im Modell
 - Geeignet für die Simulation des Flughafenbetriebes sowie des umgebenden Luftraums
 - Anschaulich präsentierbare Simulationsergebnisse
- Nachteile des Systems
 - Hohe Komplexität des Modells bei umfangreichen Abhängigkeiten zwischen Starts- und Landungen
 - Notwendigkeit von Vereinfachungen / Abstraktionen bei der Simulation der betrieblichen Praxis

24.05.2006

8

IV. Grundlagen der Simulationen



- Im Vorfeld der Simulationen wurden u.a. zu folgenden Bereichen Prämissen festgelegt:
 - LFZ-Eigenschaften
 - Flugbetriebliche Umsetzung der Ausbauvarianten
 - Bodeninfrastruktur / Verfahren
 - Staffelungsparameter
 - Umsetzung des Planungsflugplans
 - Luftraumstruktur
- Die Vorgaben und Rahmenbedingungen wurden zwischen DFS, FMG und OTSD abgestimmt.

24.05.2006

9

Grundlagen der Simulationen (2)

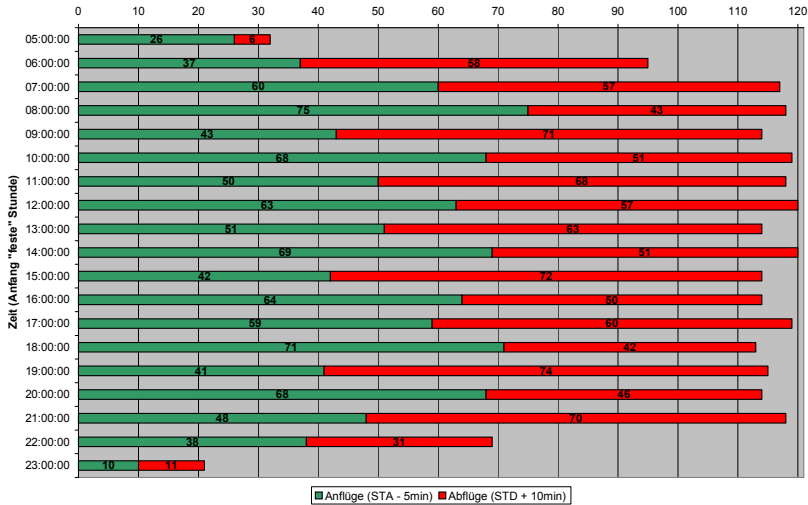


- Planungsflugplan
 - „Typischer Spitzentag 2020“
 - 988 Anflüge, 984 Abflüge, 1972 Bewegungen
 - „Koordinationseckwert“ 120 Bewegungen/Stunde
- IFR-Wetterbedingungen CAT 1
 - Typische Annahme für den Nachweis der flugbetrieblichen Gesamtfunktionalität
 - Anwendung von Instrumentenflugregeln

24.05.2006

10

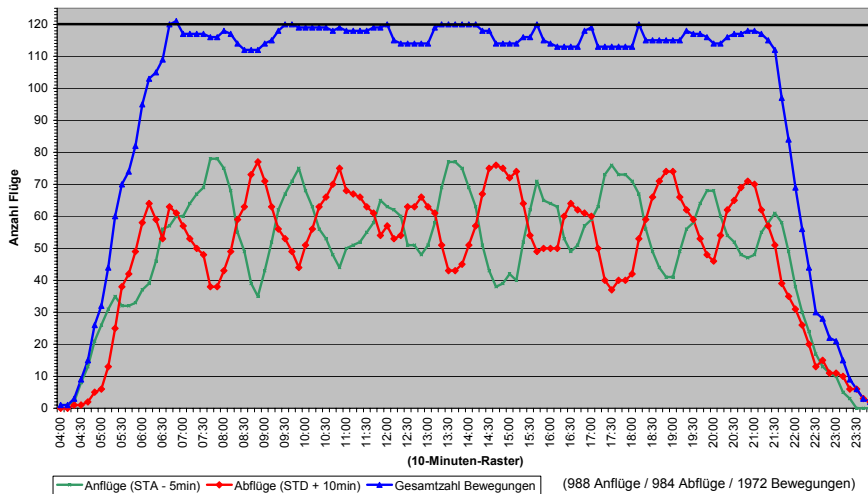
Planungsflugplan 2020 (Bewegungen / Stunde)



24.05.2006

11

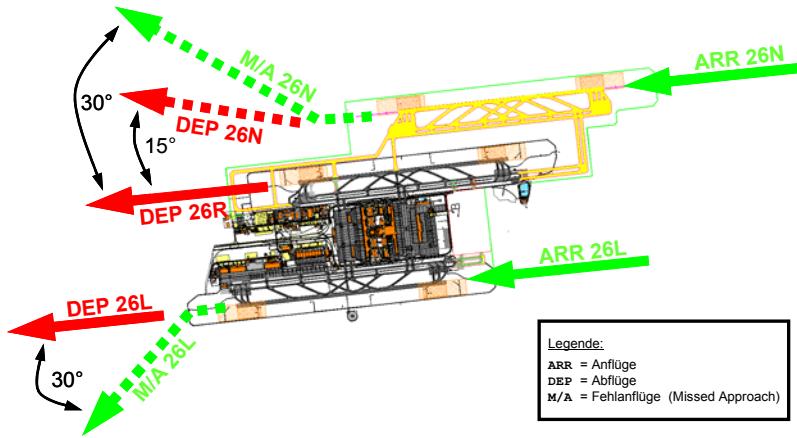
Planungsflugplan 2020 (Auswertung „fließende“ Stunde)



24.05.2006

12

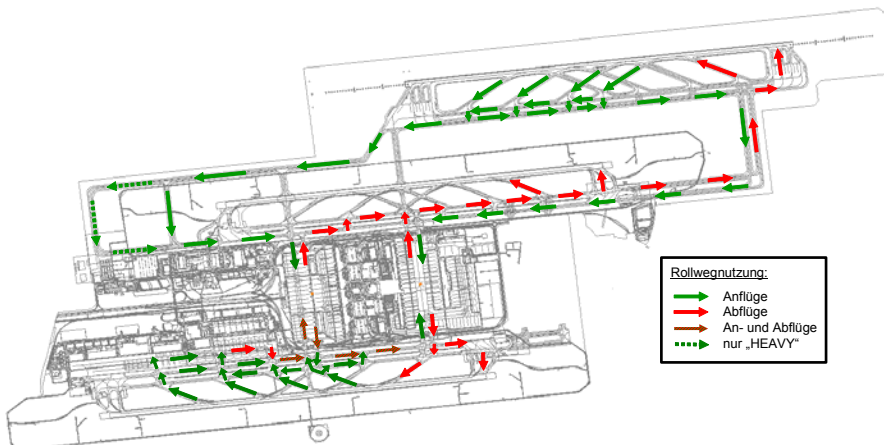
Unabhängige Bahnlage 5b Bahnnutzungskonzept – BR 26



24.05.2006

13

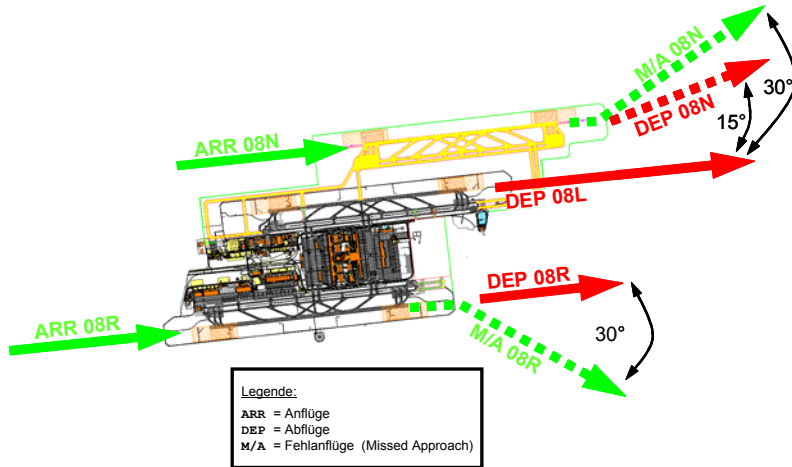
Abbildung des Rollverkehrs für die Bahnlage 5b (BR26)



24.05.2006

14

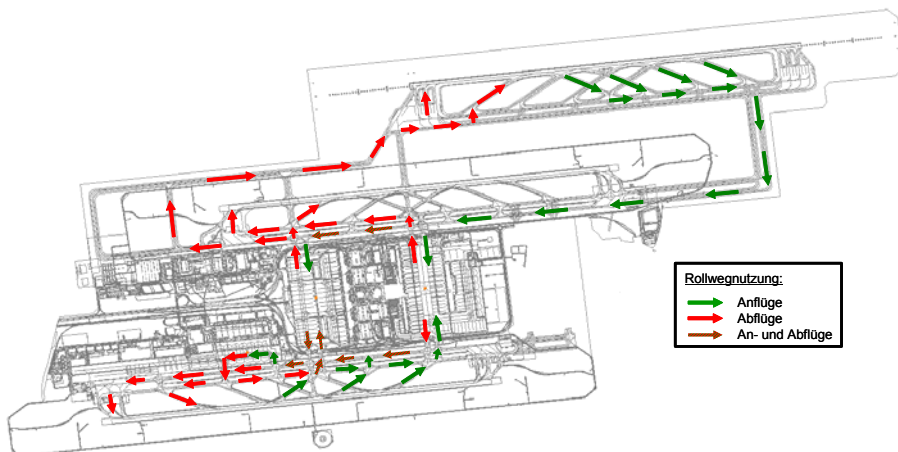
Unabhängige Bahnlage 5b Bahnnutzungskonzept – BR 08



24.05.2006

15

Abbildung des Rollverkehrs für die Bahnlage 5b (BR08)



24.05.2006

16

Abhängige Bahnlagen Bahnnutzungskonzept



- Konfiguration der für An- bzw. Abflüge zu nutzenden Bahnen identisch
- Durch geringeren Achsabstand und Schwellenversatz ergeben sich kapazitäts-einschränkende Abhängigkeiten (insbesondere bei Betriebsrichtung 08)

24.05.2006

17

V. Prüfung der flugbetrieblichen Gesamtfunktionalität



- Die untersuchten Bahnlagen wurden simuliert und entsprechend der Beurteilungskriterien bewertet. Beispielhaft werden hier die Ergebnisse für die Bahnlage 5b (unabhängig) und Bahnlage 4c (abhängig) dargestellt:

Bahnlage	An-/Abflüge	BR	Praktische Bahnkapazität	Praktische Gesamtkapazität	Gesamtverzögerungen im	
			mit An- und Abflugstrecken	des Start-/Landebahnsystems	Tagesverlauf über 15 Minuten	
			Kriterium: 4 Minuten	Kriterium: betriebl. Beurteilung	Kriterium: Max. 10% > 15 Min.	
4c	Anflüge	26	03:58 Minuten	03:59 Minuten	24 Flüge	2,4 %
5b			03:59 Minuten	04:00 Minuten	24 Flüge	2,4 %
4c	Abflüge	26	03:08 Minuten	04:22 Minuten	23 Flüge	2,3 %
5b			03:06 Minuten	04:18 Minuten	23 Flüge	2,3 %
4c	Anflüge	08	05:10 Minuten	05:12 Minuten	39 Flüge	3,9 %
5b			03:52 Minuten	03:54 Minuten	7 Flüge	0,7 %
4c	Abflüge	08	05:45 Minuten	06:59 Minuten	114 Flüge	11,6 %
5b			03:06 Minuten	03:45 Minuten	8 Flüge	0,8 %

24.05.2006

18

Prüfung der flugbetrieblichen Gesamtfunktionalität (2)



- Aus der Analyse der Simulationen ergibt sich eine eindeutige Empfehlung für die unabhängige Bahnlage 5b (1180/2100 Nord), bei der die Gesamtfunktionalität gegeben ist. Im folgenden werden diese Ergebnisse dargestellt.
- Alle anderen abhängigen Bahnlagen entsprechen nicht den Anforderungen an die flugbetriebliche Gesamtfunktionalität.

24.05.2006

19

VI. Simulationsergebnisse der Bahnlage 5b (1180/2100 Nord)

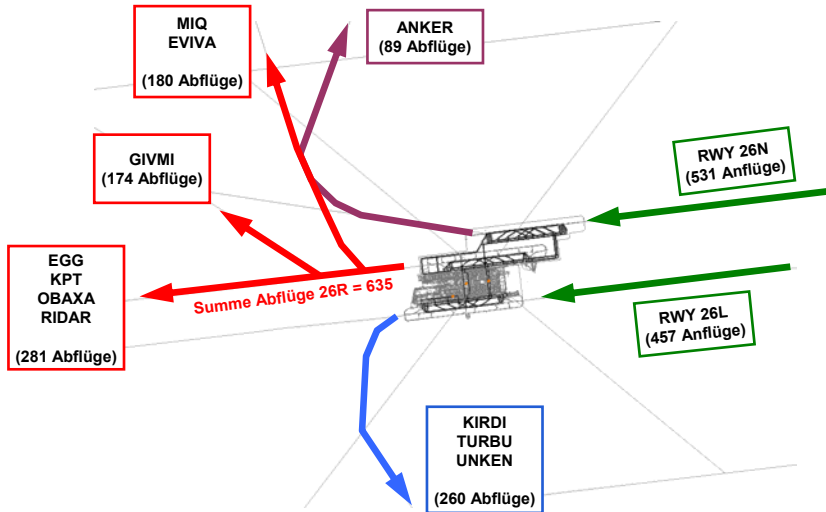


- **Erstellte Auswertungen**
 - Anzahl der An- und Abflüge pro Zeitintervall
 - An- und Abflugverzögerungen
 - Demand/Flow-Vergleich bzgl. des Planungsflugplans
 - Rollzeiten und Rollverzögerungen

24.05.2006

20

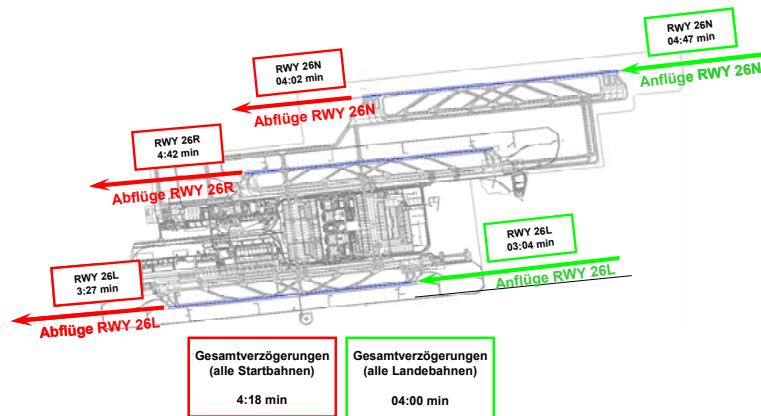
An- und Abflüge nach Lande- bzw. Startbahn – Bahnlage 5b (BR26)



24.05.2006

21

Gesamtverzögerungen der An- und Abflüge, Bahnlage 5b (BR26)



Abs. Gesamtverzögerung (Minuten)	< 5	5 bis <10	10 bis <15	15 und mehr	Flüge
Anflüge	684	188	92	24	988
Abflüge	634	221	106	23	984

24.05.2006

22

Verzögerungsfreie Rollzeiten Bahnlage 5b (BR26)



- Durchschnittswerte für Anflüge

Landebahn	Rollzeit von der Landebahn zum Vorfeld
26N	11:25
26L	04:08
Alle Landebahnen	08:03

- Durchschnittswerte für Abflüge

Startbahn	Rollzeit vom Vorfeld zur Startbahn
26N	10:19
26R	05:55
26L	03:43
Alle Startbahnen	05:44

24.05.2006

23

Simulationsergebnisse (Kurzübersicht), Bahnlage 5b (BR26)



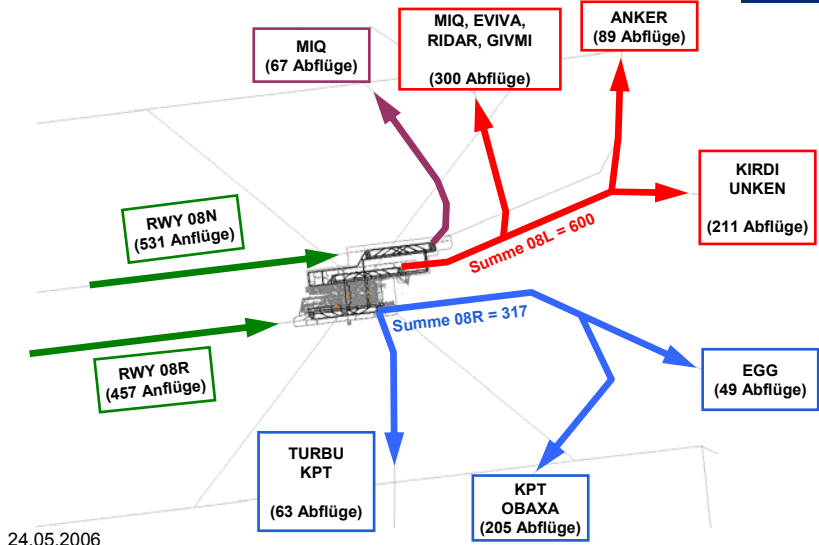
Tageswerte		Anflüge		Anflugverzögerungen	Rollverzögerungen (In)	Gesamtverzögerungen
Anflüge 26N:	531	53.7%		03:59	00:01	04:00
Anflüge 26L:	457	46.3%				
Anflüge Total:	988	100%				
Tageswerte		Abflüge		Rollverzögerungen (Out)	Abflugverzögerungen	Gesamtverzögerungen
Abflüge 26N:	89	9.0%		01:12	03:06	04:18
Abflüge 26R:	635	64.5%				
Abflüge 26L:	260	26.4%				
Abflüge Total:	984	100%				
Tageswerte		Bewegungen				
Bewegungen total:		1972				

- Die flugbetriebliche Gesamtfunktionalität der unabhängigen Bahnlage 5b ist nach den Beurteilungskriterien bei Betriebsrichtung 26 gegeben.

24.05.2006

24

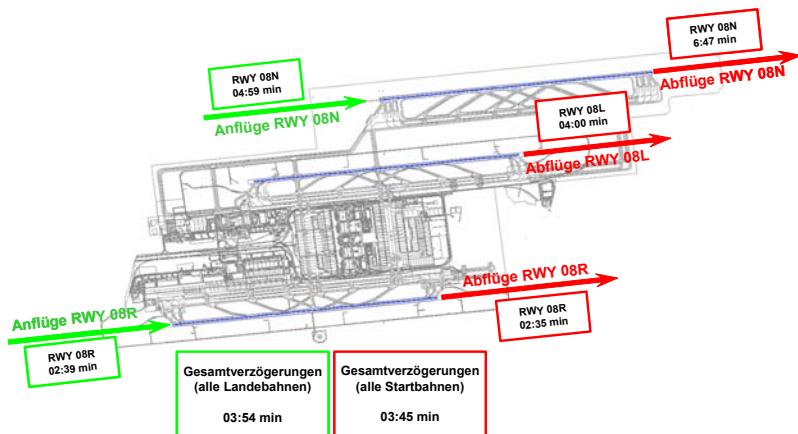
An- und Abflüge nach Lande- bzw. Startbahn – Bahnlage 5b (BR08)



24.05.2006

25

Gesamtverzögerungen An- und Abflüge, Bahnlage 5b (BR08)



Abs. Gesamtverzögerung (Minuten)	< 5	5 bis <10	10 bis <15	15 und mehr	Flüge
Anflüge	660	246	75	7	988
Abflüge	689	209	78	8	984

24.05.2006

26

Verzögerungsfreie Rollzeiten Bahnlage 5b (BR08)



- Durchschnittswerte für Anflüge

Landebahn	Rollzeit von der Landebahn zum Vorfeld
08N	10:51
08R	03:50
Alle Landebahnen	07:36

- Durchschnittswerte für Abflüge

Startbahn	Rollzeit vom Vorfeld zur Startbahn
08N	10:39
08L	05:03
08R	06:53
Alle Startbahnen	06:01

24.05.2006

27

Simulationsergebnisse (Kurzübersicht), Bahnlage 5b (BR08)



Tageswerte	Anflüge		Anflugverzögerungen	Rollverzögerungen (In)	Gesamtverzögerungen
Anflüge 08N:	531	53,7%	03:52	00:02	03:54
Anflüge 08R:	457	46,3%			
Anflüge Total:	988	100%			
Tageswerte	Abflüge		Rollverzögerungen (Out)	Abflugverzögerungen	Gesamtverzögerungen
Abflüge 08N:	67	6,8%	00:39	03:06	03:45
Abflüge 08R:	317	32,2%			
Abflüge 08L:	600	61,0%			
Abflüge Total:	984	100%			
Tageswerte	Bewegungen				
Bewegungen total:	1972				

- Die flugbetriebliche Gesamtfunktionalität der unabhängigen Bahnlage 5b ist nach den Beurteilungskriterien bei Betriebsrichtung 08 gegeben.

24.05.2006

28

VII. Abschließende Beurteilung



Unabhängige Bahnlage

- Bahnlage 5b (1180/2100 Nord):
 - Betriebliche Gesamtfunktionalität gegeben
 - Beurteilungskriterien ohne Einschränkung erfüllt

Abhängige Bahnlage

- Bahnlage 4c (840/2100 Nord):
 - Betriebliche Gesamtfunktionalität **nicht** gegeben
 - Beurteilungskriterien insbesondere bei Betriebsrichtung 08 **nicht** erfüllt

⇒ Auf Basis der Simulationsergebnisse wird die Umsetzung der **Bahnlage 5b** empfohlen.