

Konfigurationsanalyse – Untersuchung geeigneter Bahnlagen durch das DLR

Johannes Reichmuth

Nachbarschaftsbeirat München

29.3.2006



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Gliederung

- ✓ Kapazitätsdefinitionen
- ✓ Methoden
- ✓ Ergebnisse
 - ✓ Nutzbarkeit nach Windanalyse
 - ✓ Klassifizierung der Bahnlagen
 - ✓ reine Bahnkapazität
- ✓ Fazit



Planungsziele FMG unter dem Gesichtspunkt Kapazität

- Ungeschmälerte **Bestandserhaltung** und optimale **Windverfügbarkeit** der neuen Start- und Landebahn.
- Kapazitätssteigerung auf mindestens **120 Flugbewegungen** pro Stunde für jede der beiden Betriebsrichtungen.
- **Maximal 4 Minuten** durchschnittliche Verspätung (praktische Kapazität).
- Sicherstellung eines unabhängigen Zweibahnsystems für den Fall der Sperrung einer der bestehenden S-/L-Bahnen.

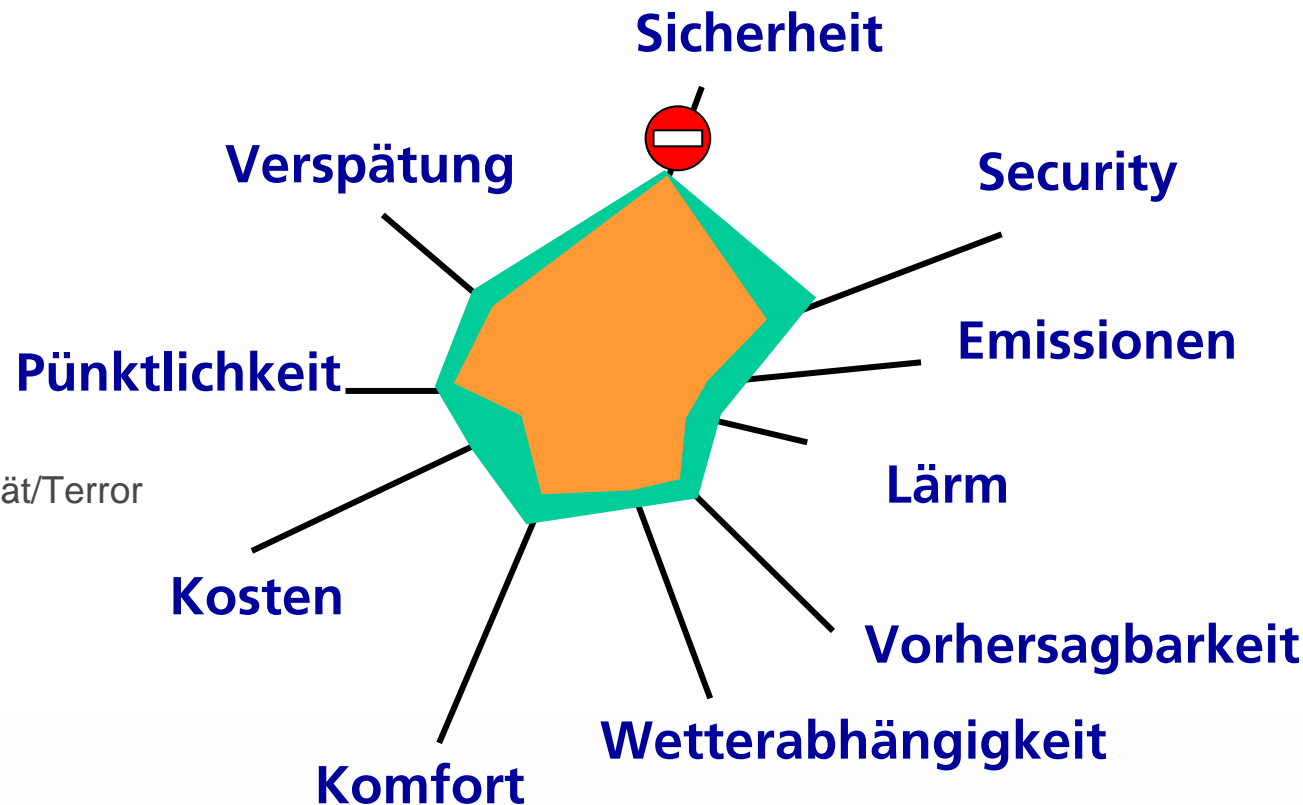
Kapazitätsdefinition allgemein

Maximale Anzahl an Bewegungen (Luftfahrzeuge, Passagiere) oder maximal beförderbares Gewicht (Fracht) , welche innerhalb eines gegebenen Zeitintervalls zu einem definiertem Qualitätsniveau (= level of service) durchgeführt werden können



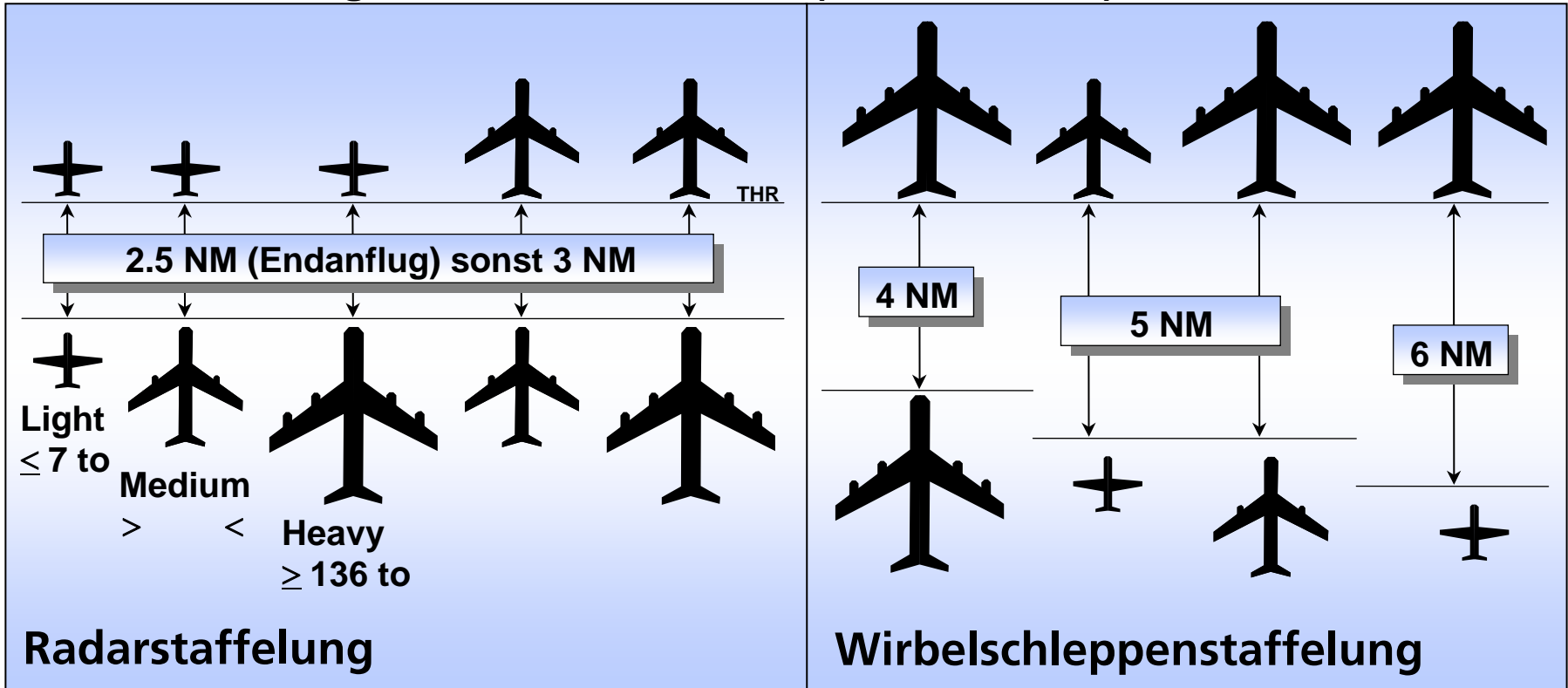
Qualitätsparameter

- Sicherheit
- Verspätungen
- Verlässlichkeit
- Pünktlichkeit
- Kosten
- Umweltbelastung
- Schutz vor Kriminalität/Terror
- Komfort
- Wetterabhängigkeit
- ...

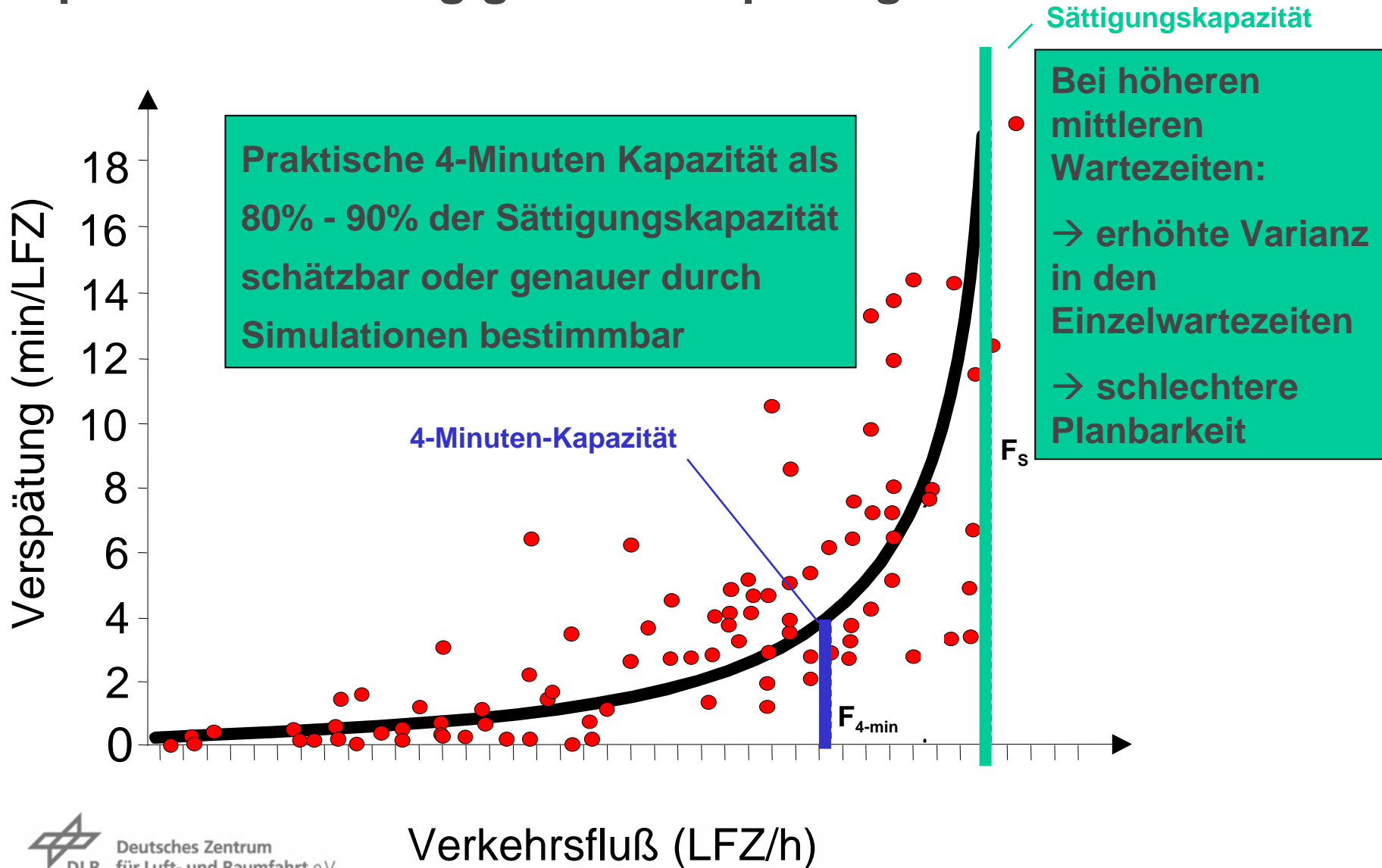


Kapazität ist von der Staffelung und damit vom Verkehrsmix, den Bahnlagen untereinander sowie Nutzungsstrategien der Bahnen abhängig. Je größer die Staffellungen im Mittel sind, desto geringer ist die Kapazität

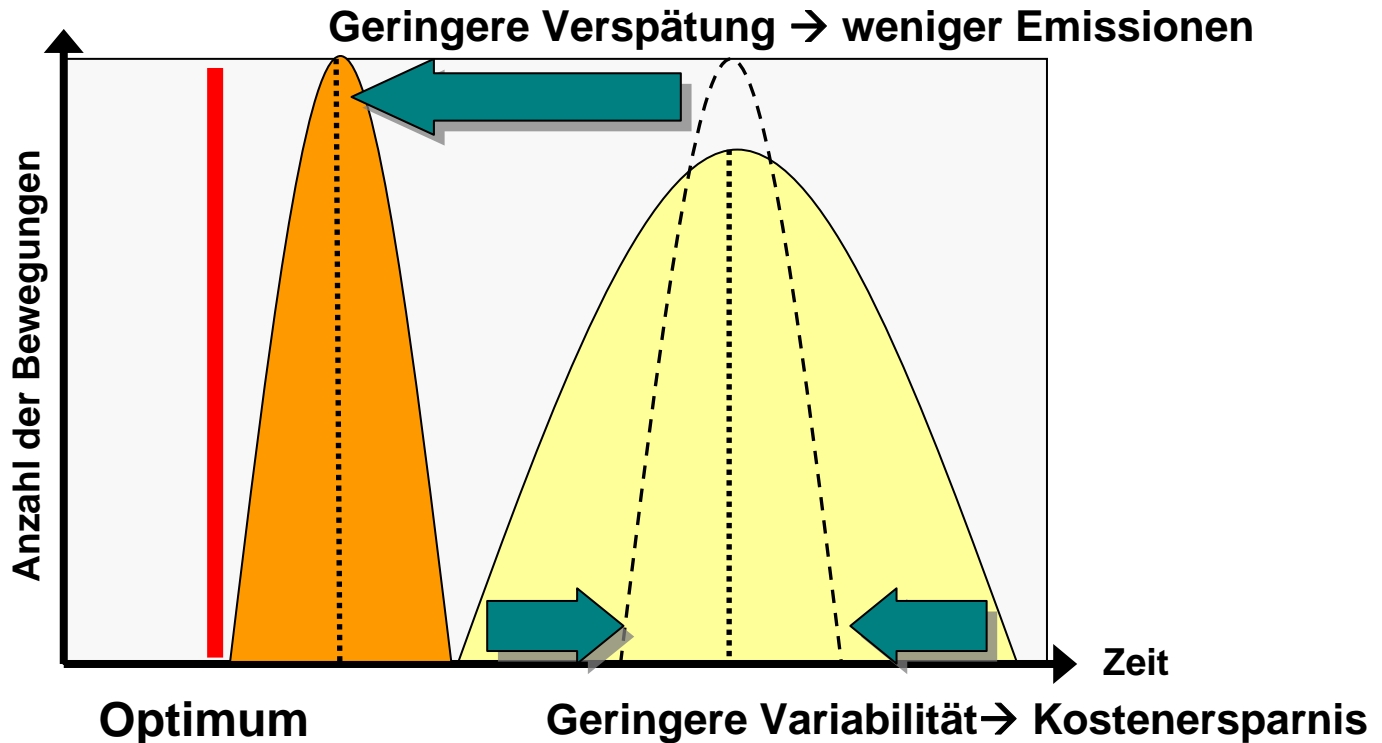
Mindeststaffelungsabstände nach ICAO (1 NM = 1852 m)



Kapazität ist abhängig vom Verspätungsniveau



Kleinere mittlere Verspätung → geringere Variabilität → Pünktlichkeit der Verkehrsabwicklung kann mit geringeren Pufferzeiten in den Flugplänen realisiert werden



Performance Review Unit Eurocontrol:

5 min. Reduktion der Pufferzeiten in den Flugplänen

bei der Hälfte aller Flüge erspart ca. 1 Milliarde € pro Jahr



Kapazität ist abhängig vom Verhältnis der An- und Abflüge

- Tagesgang
- Flugzeugmix

Kapazität ist abhängig vom Wetter

➤ **Planungsprämissen:**

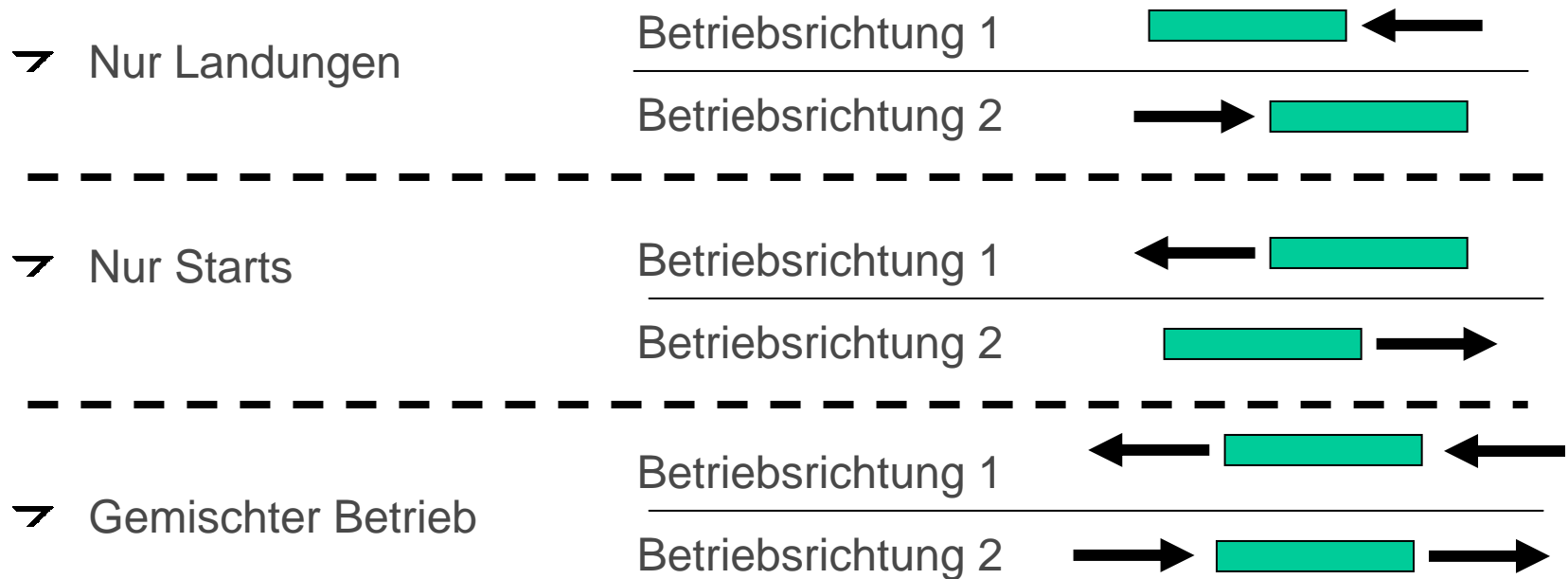
➤ **Wetter (IMC CAT I)**

- Sichtweite
- Wolkenuntergrenze
- Bahnzustand (trocken)

➤ **Wind**

- Landungen / Starts nicht mit Rückenwind über 6 /10 Knoten
- Landungen / Starts nicht bei Querwinden > 20 Knoten (trockene Bahn)

Bahnnutzungsmöglichkeiten einer Bahn





Mehrbahnsystem

unabhängiger Betrieb

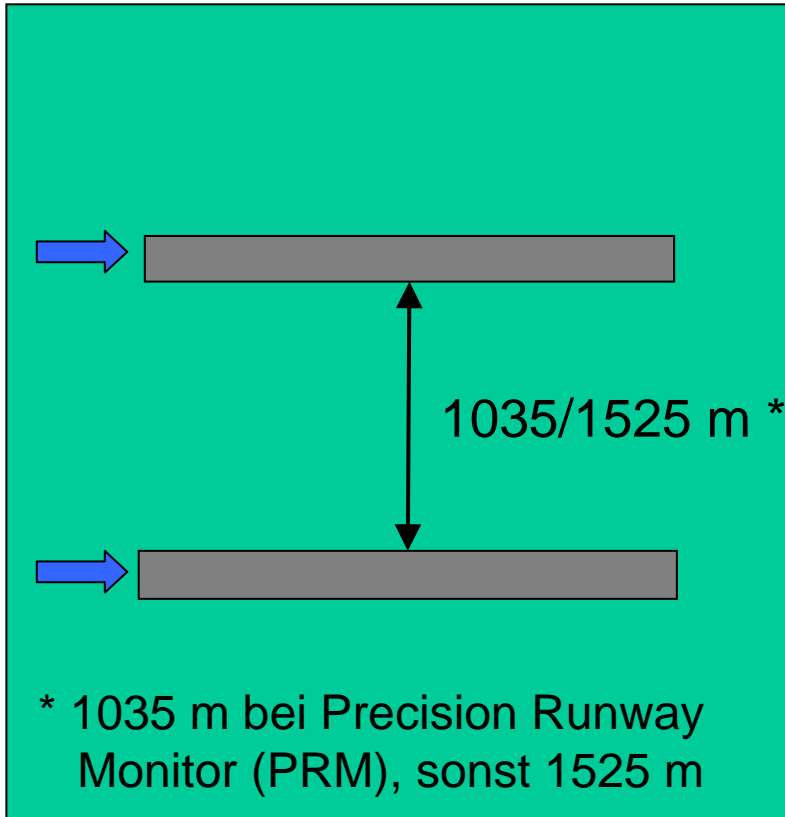
- Start-Start, Landung-Start ab 760 m, mind. 15 Grad divergierende Flugwege
- Landung-Landung ab 1525 m (1035 m bei Nutzung eines Precision Runway Monitor)

abhängiger Betrieb

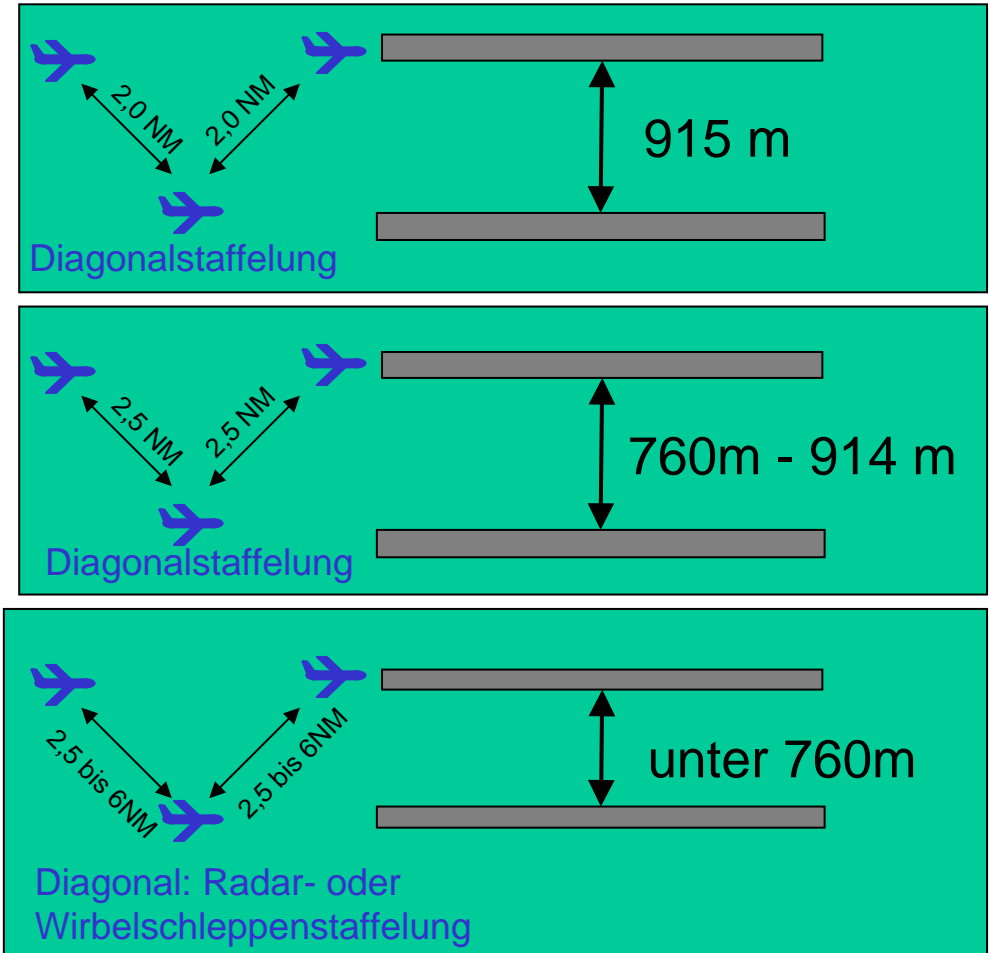
- Gekreuzte Bahnen oder konvergierende Geometrien mit kreuzenden An/Abflugwegen Fehlanflugwegen
- Landungen: Parallelbahnen unter 1525 m Bahnabstand
(unter 1035 m bei Nutzung eines Precision Runway Monitor)
- Start-Start sowie Landung-Start: Parallelbahnen unter 760 m Bahnabstand

Mindestabstand Parallelbahnen

unabhängige Landungen

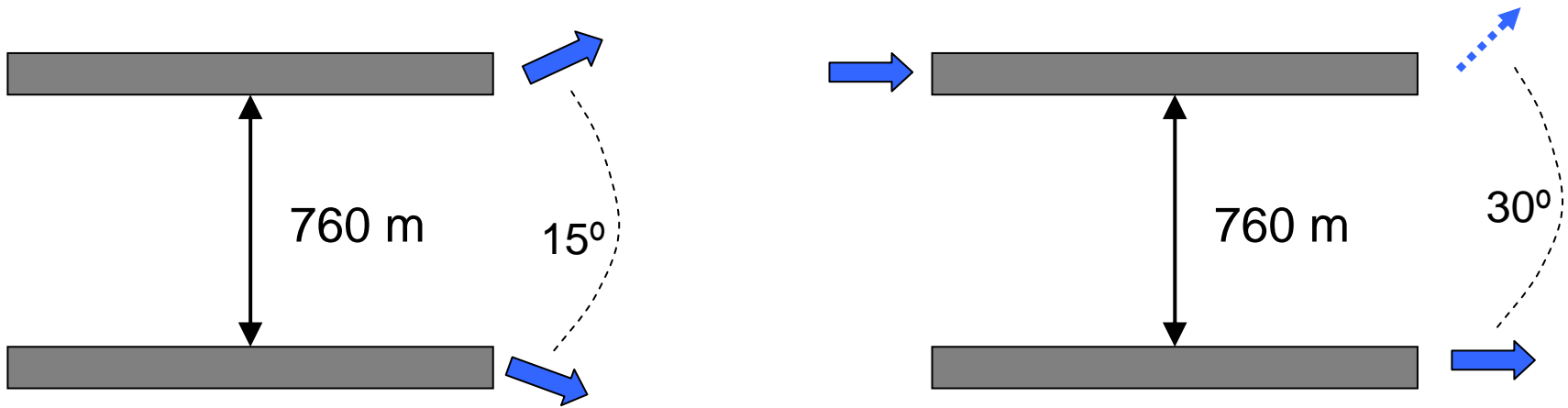


abhängige Landungen



Mindestabstand Parallelbahnen

- unabhängige Starts *
- Starts zu Landungen unabhängig **



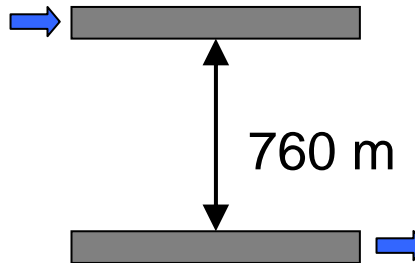
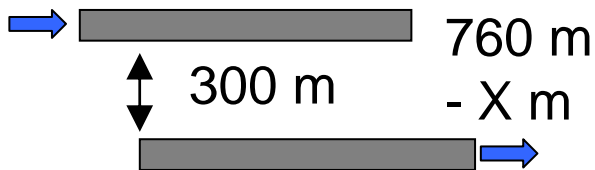
ICAO Annex 14, PANS-ATM, PANS-OPS

- * nur bei mindestens 15 Grad divergierenden Abflugwegen
- ** nur bei mindestens 30 Grad divergierenden Flugwegen (Fehlanflug zum Abflug)

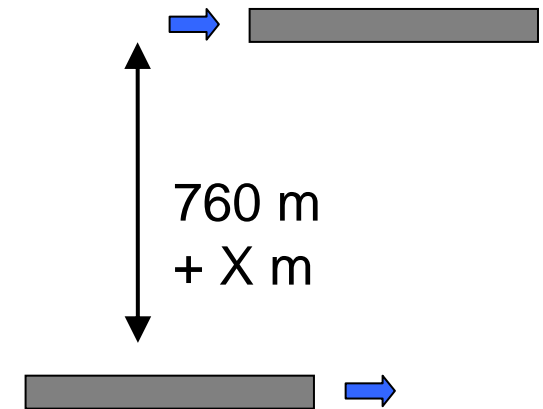
Parallelbahnen Starts zu Landungen unabhängig

Verringerung oder Erweiterung des 760 m Abstands um 30 m je 150 m Schwellenversatz; jedoch nicht unter vorgegebenen Mindestabstand (300 m)

-30 zu 150 Regel

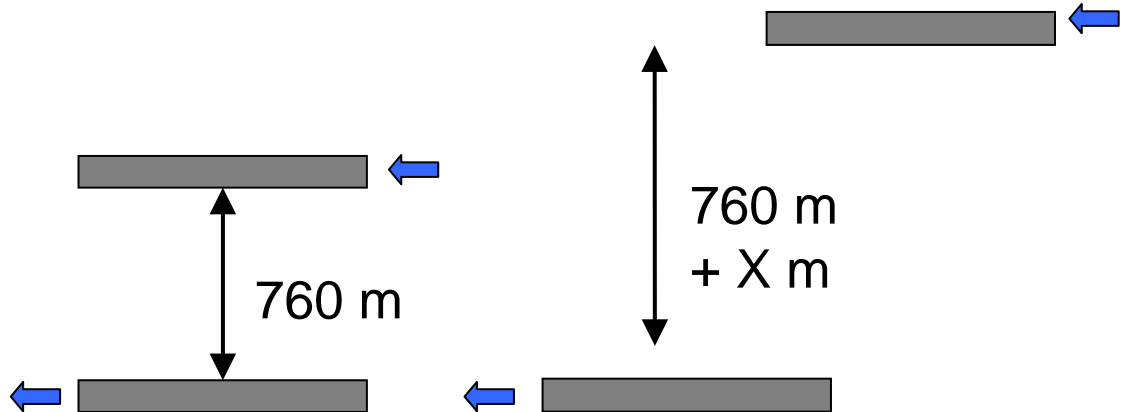
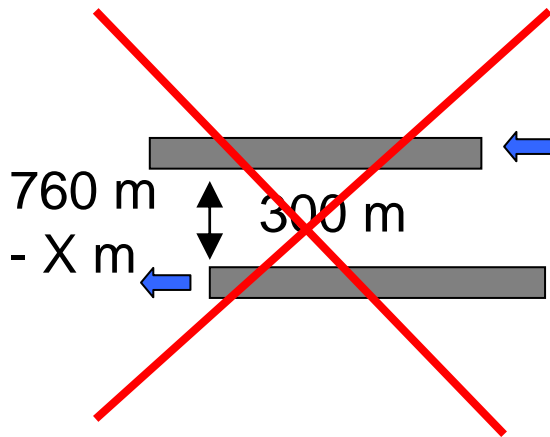


+30 zu 150 Regel



Parallelbahnen Starts zu Landungen unabhängig


Achtung: Verringerung des 760 m Abstands erzeugt Abhängigkeit bei Landungen auf innenversetzter Schwelle



Beitrag des DLR zur Konfigurationsanalyse

Unter den derzeit geltenden Regularien und den sich daraus ergebenden Randbedingungen (Staffelungen, Bahnnutzungsstrategie, Luftraumstruktur, heutige Technik und Verfahren, IMC CAT I)

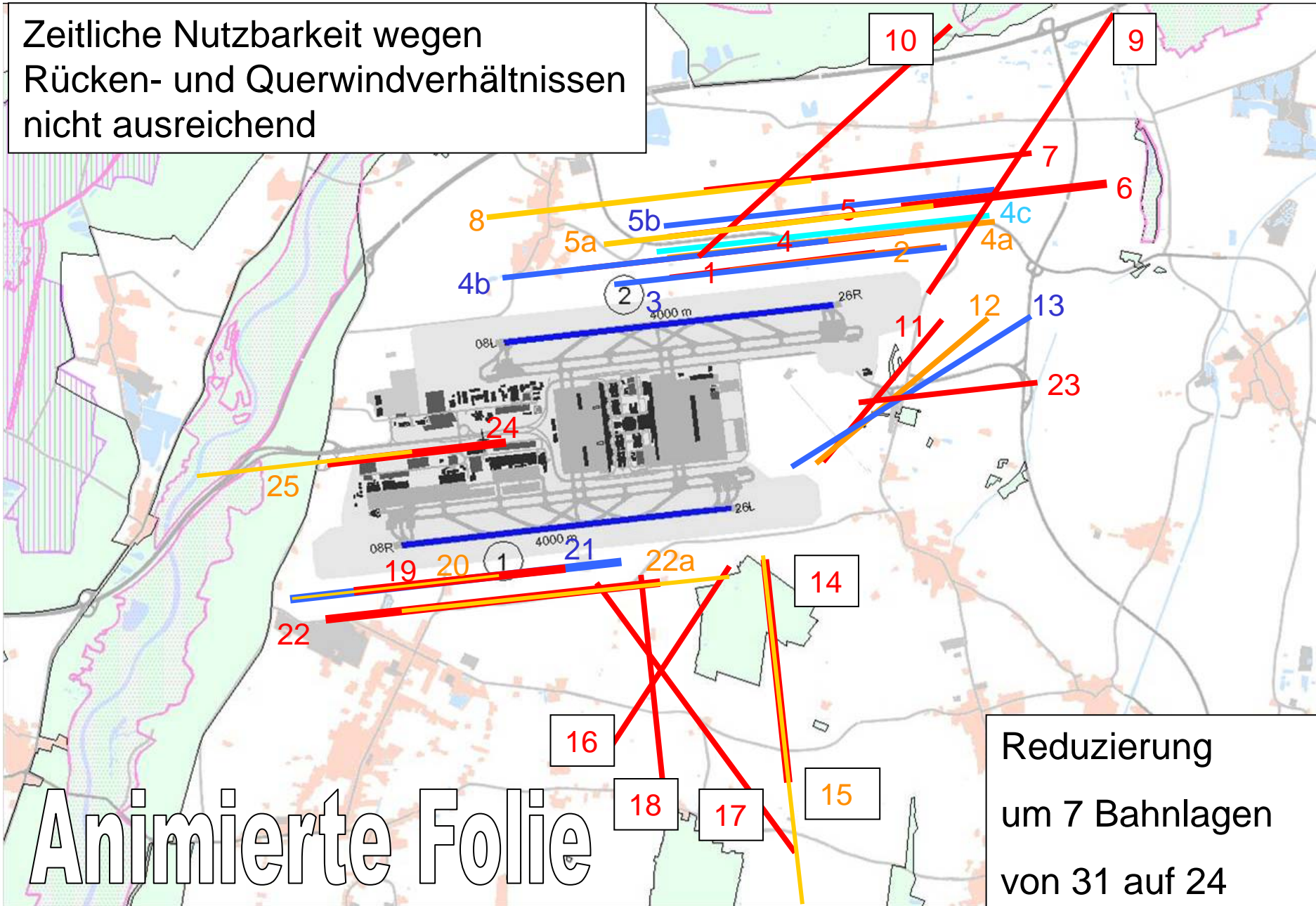
- ✓ Abschätzung und Ermittlung der Kapazität von insgesamt 25 Ausgangsbahnlagen und 6 modifizierte Bahnlagen (gesamt 31)
- ✓ Selektion der Bahnlagen
 - ✓ die 120 Bewegungen/Stunde sicher nicht erreichen
 - ✓ die 120 Bewegungen/Stunde sicher erreichen
 - ✓ deren Kapazität im Bereich von 120 Bewegungen/Stunde liegt, Sicherheit hinsichtlich der tatsächlichen Kapazität aber nur aus Simulationen ableitbar ist

- 
- Abgestufter Auswahlprozess:
 - Zeitliche Nutzbarkeit nach meteorologischen Gesichtspunkten (Quer- und Rückenwind)?
 - Bahnkapazität ≥ 120 Bewegungen/h?



Ergebnisse

Zeitliche Nutzbarkeit wegen
Rücken- und Querwindverhältnissen
nicht ausreichend



Reduzierung
um 7 Bahnlagen
von 31 auf 24

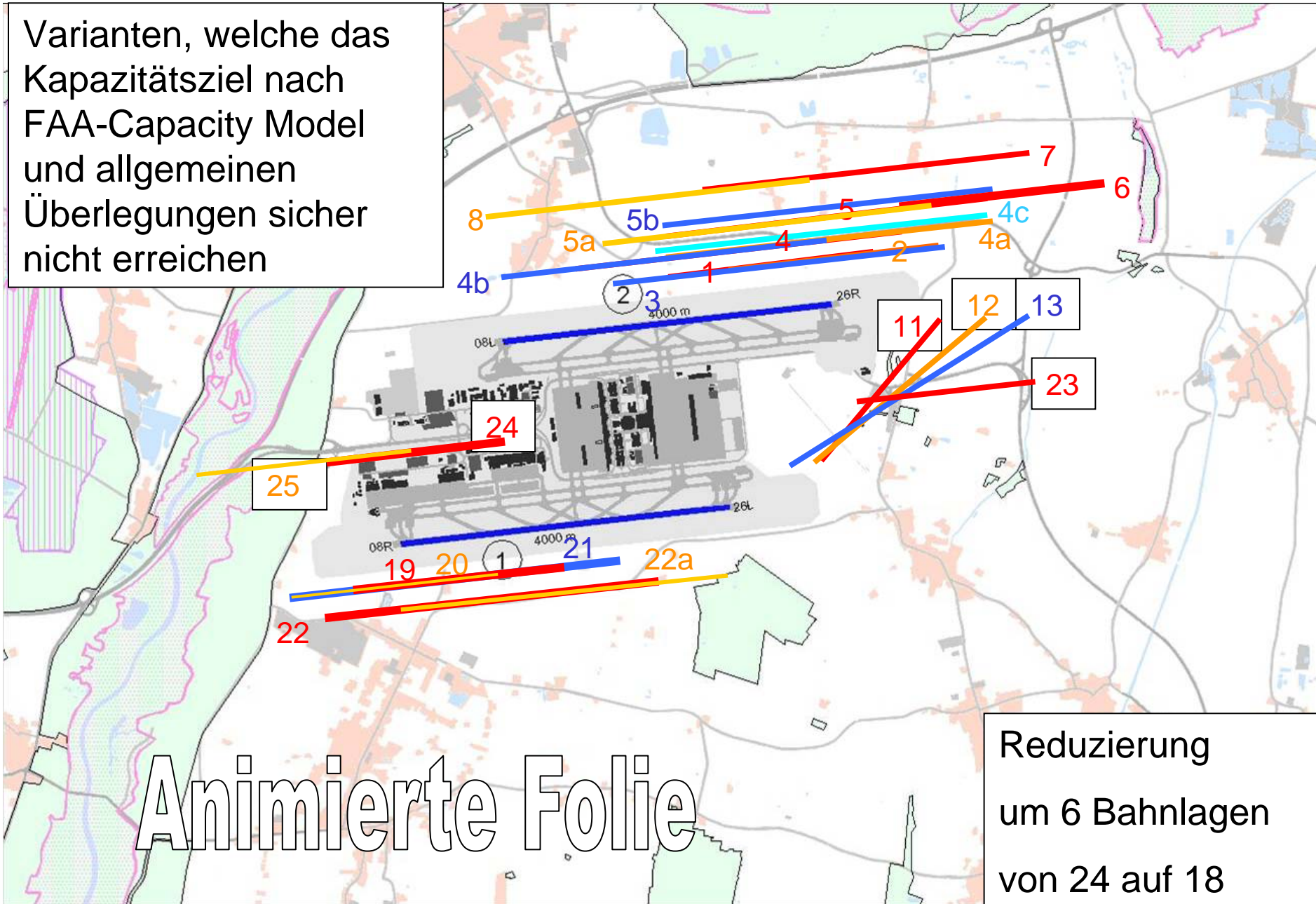
Animierte Folie



Kapazitätsbetrachtungen wurden stufenweise mit drei Verfahren durchgeführt

- ✓ IATA Methode
- ✓ FAA-Capacity Model + Verspätungskriterium
- ✓ Simulationen mit SIMMOD

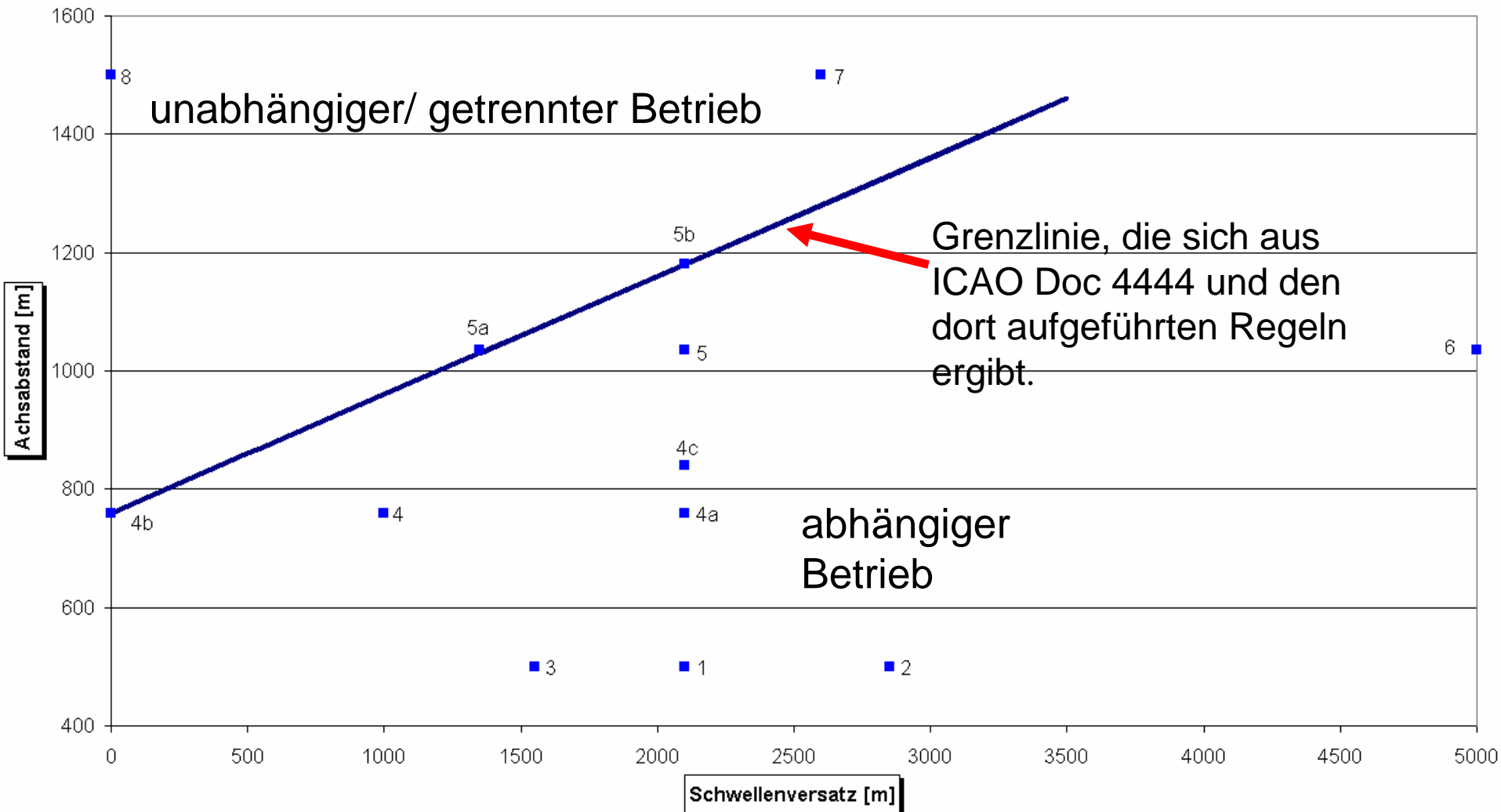
Varianten, welche das Kapazitätsziel nach FAA-Capacity Model und allgemeinen Überlegungen sicher nicht erreichen



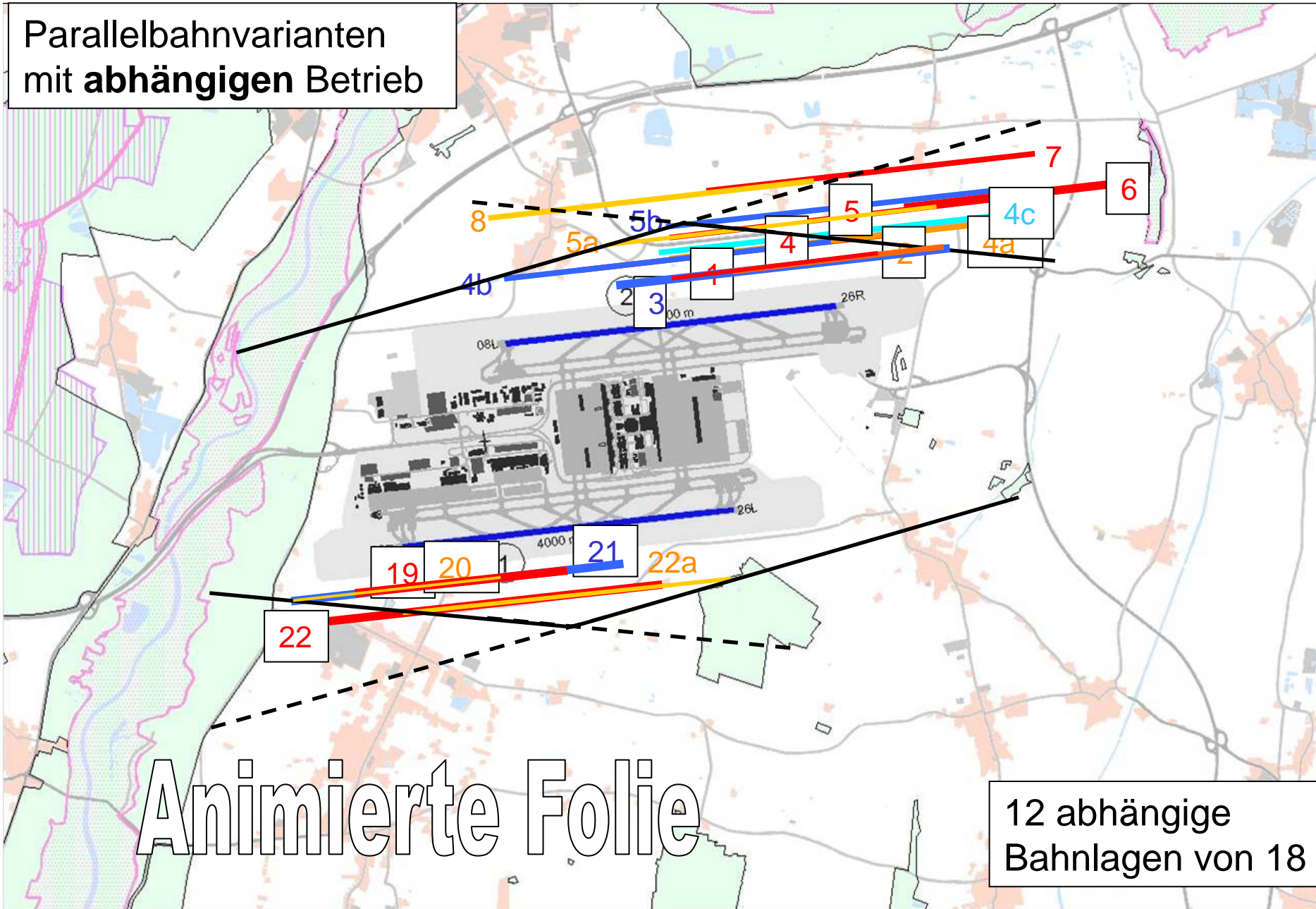
Animierte Folie

Reduzierung
um 6 Bahnlagen
von 24 auf 18

Schwellenlage in Betriebsrichtung Ost (Nordbahnsystem) Landebahn hinter Startbahn



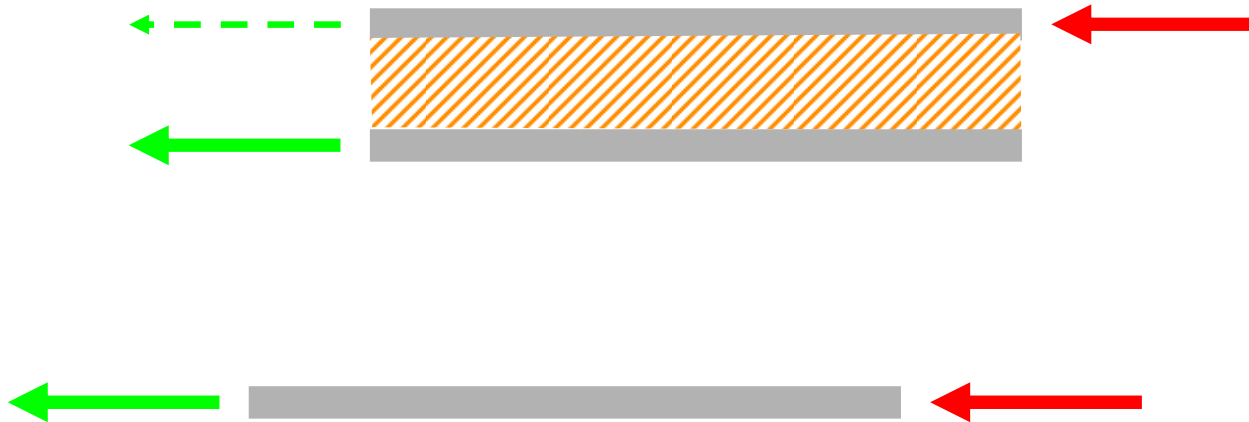
Parallelbahnvarianten mit **abhängigen** Betrieb



Animierte Folie

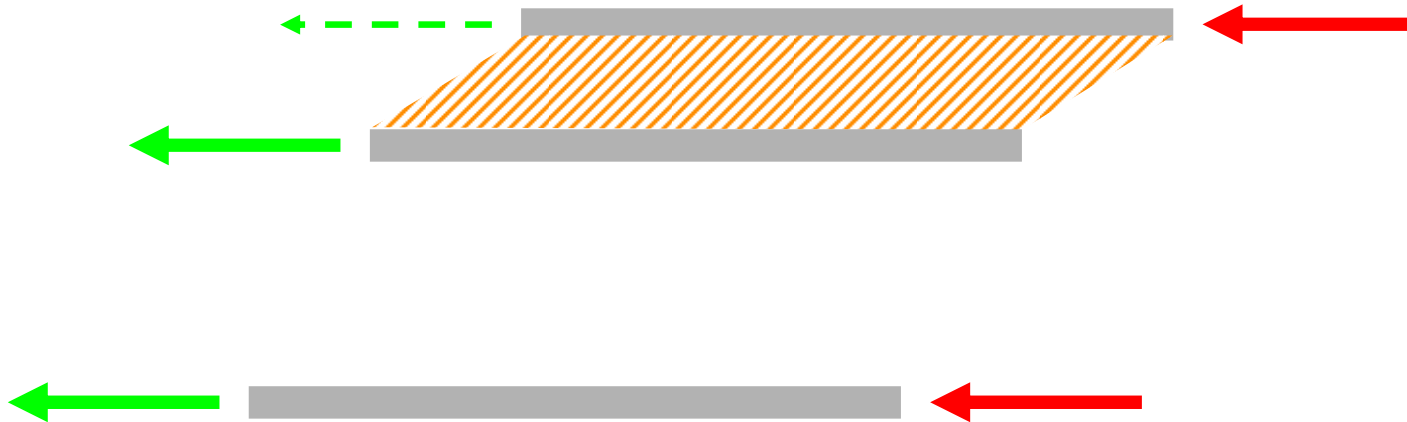
12 abhängige
Bahnlagen von 18

Bahnkapazität für *abhängige* Parallelbahnlage Betriebsrichtung West (BR26)



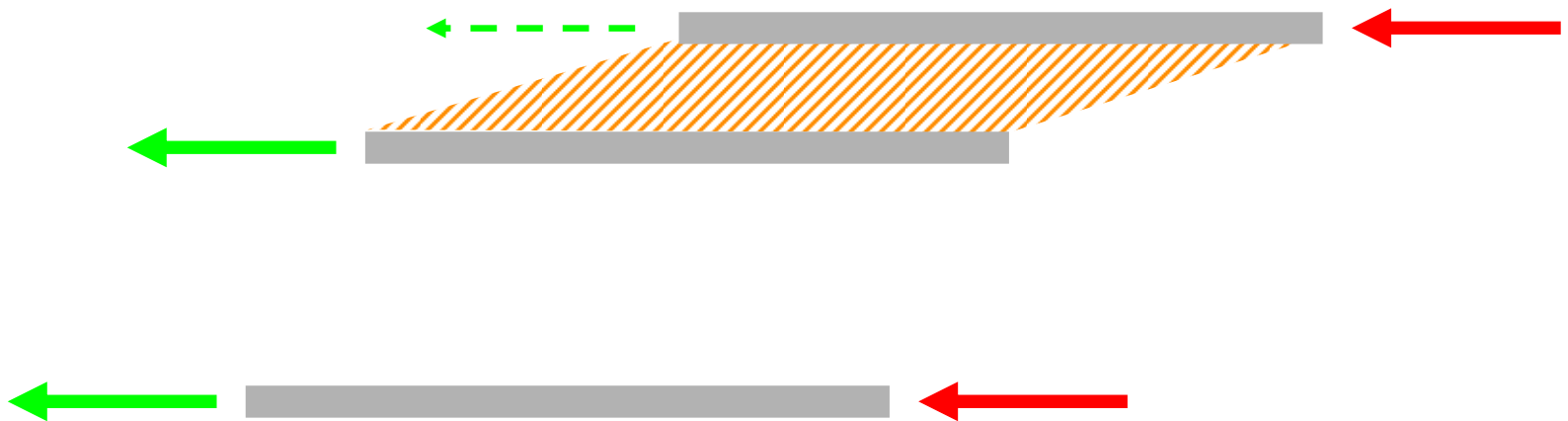
Bahnkapazität für *abhängige* Parallelbahnlage Betriebsrichtung West (BR26)

Kapazität +



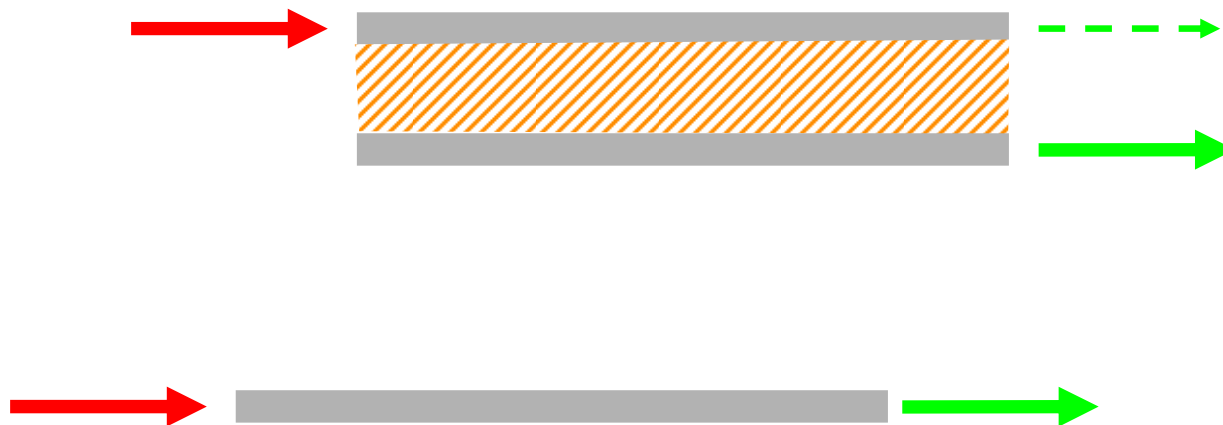
Bahnkapazität für abhängige Parallelbahnlage Betriebsrichtung West (BR26)

Kapazität ++



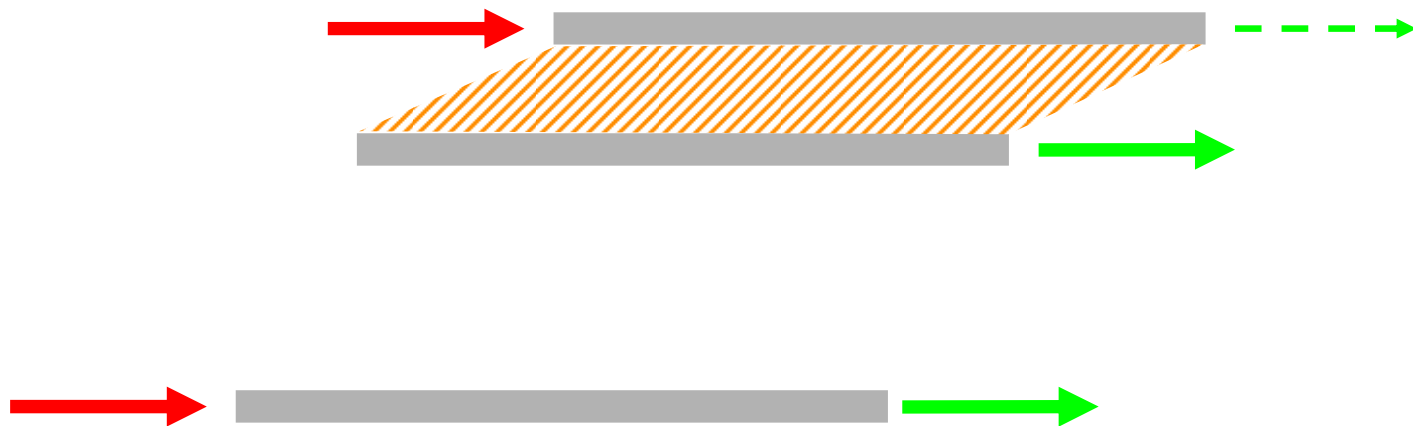
Bahnkapazität für *abhängige* Parallelbahnlage Betriebsrichtung OST (BR08)

aber: Kapazitätsminderung in Gegenrichtung!!



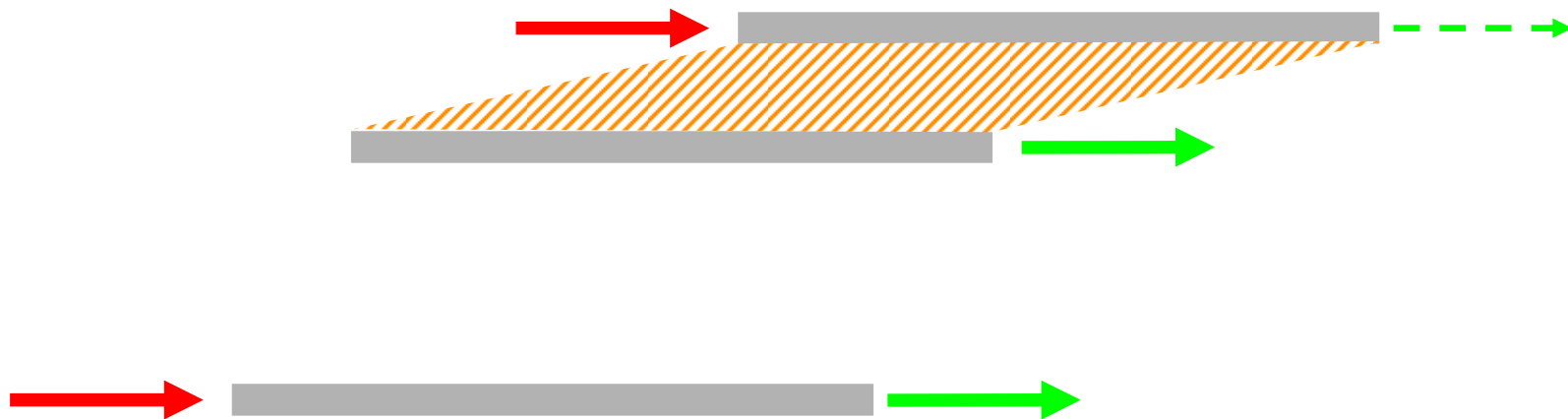
Bahnkapazität für *abhängige* Parallelbahnlage Betriebsrichtung Ost (BR08)

Kapazität -



Bahnkapazität für abhängige Parallelbahnlage Betriebsrichtung Ost (BR08)

Kapazität --



Bahnkapazität für *abhängige* Parallelbahnlagen

Ergebnis: **Praktische Bahnkapazität (4 min/LFZ)**



maximal ca. 110 Bew/h (reine Bahnkapazität)



unter 100 Bew/h

für beispielhaft simulierte Parallelbahnlagen **mit Luftraum** und Schwellenversatz (3 und 5) in der abhängigen Betriebsrichtung

Bahnkapazität für *unabhängige* Parallelbahnlagen

Ergebnis: Praktische Bahnkapazität (4 min/LFZ)



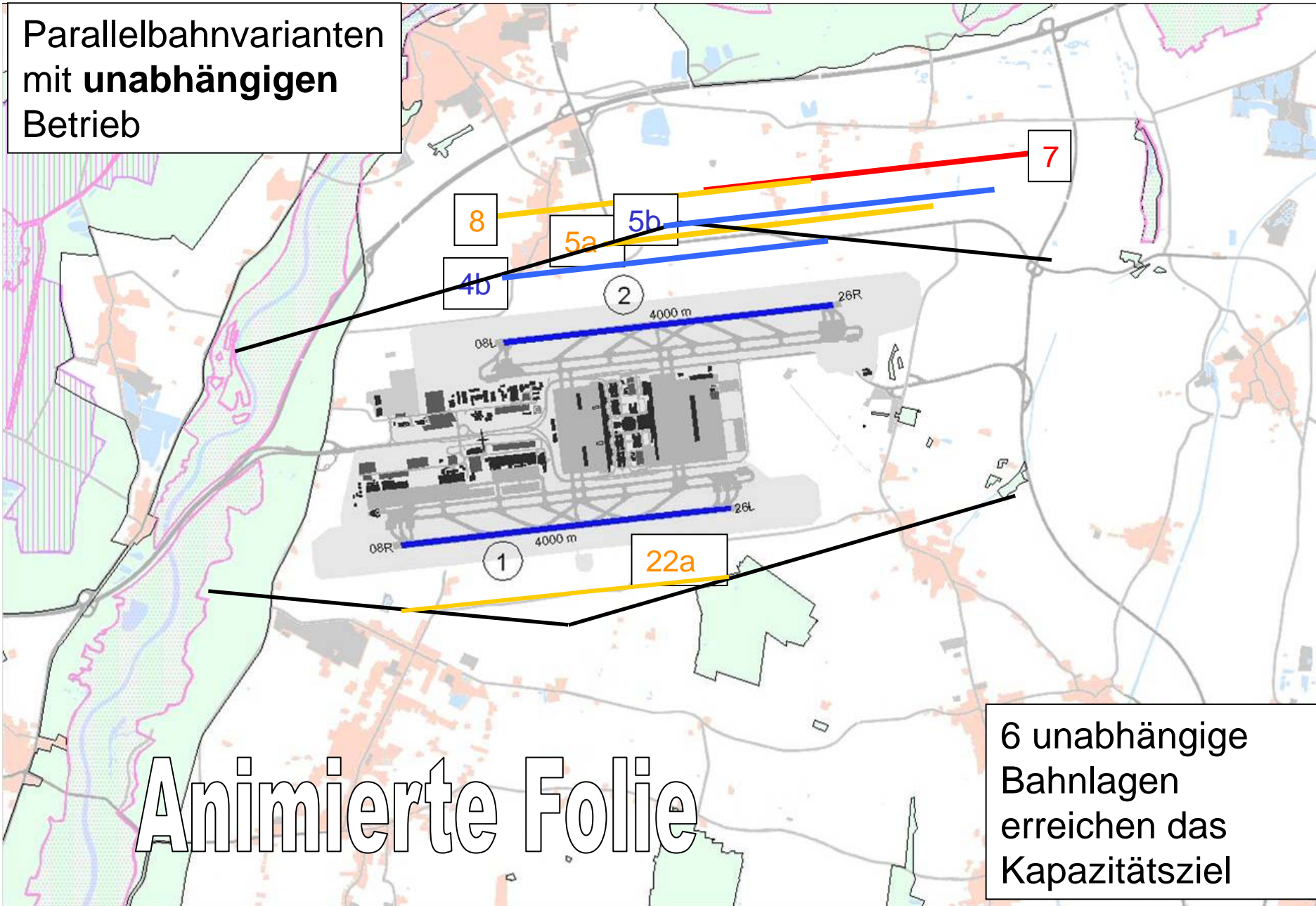
ca. 124 Bew/h (reine Bahnkapazität)



118-120 Bew/h

erreichen in beiden Betriebsrichtungen beispielhaft
simulierte unabhängige Parallelbahnlagen **mit**
Luftraum (5b)

Parallelbahnvarianten
mit **unabhängigen**
Betrieb

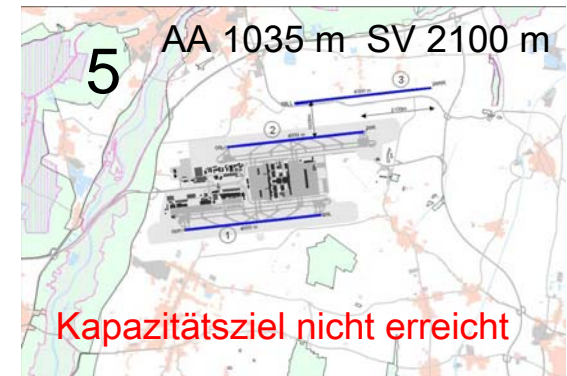
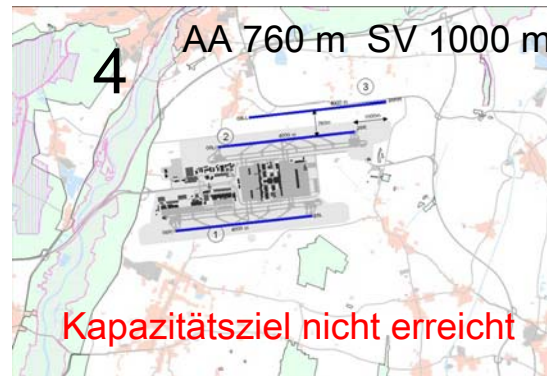


Animierte Folie

6 unabhängige
Bahnlagen
erreichen das
Kapazitätsziel

Simulationsergebnisse Bahnkapazität mit SIMMOD (1):

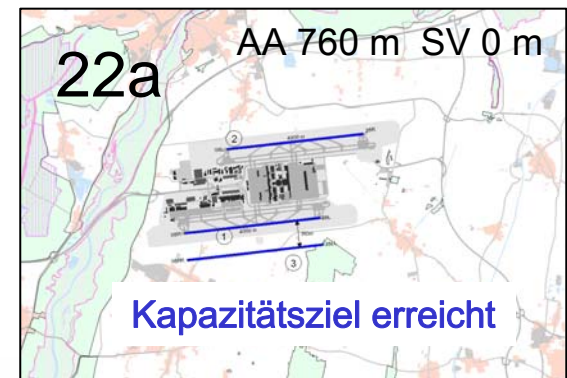
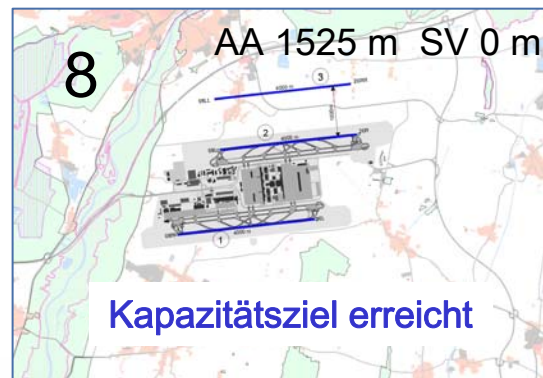
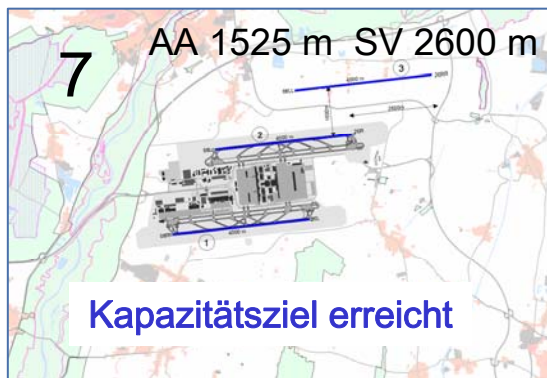
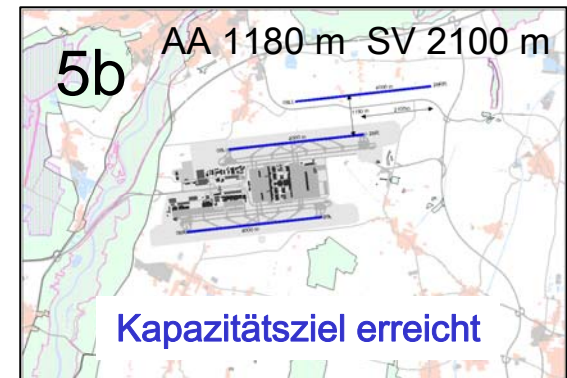
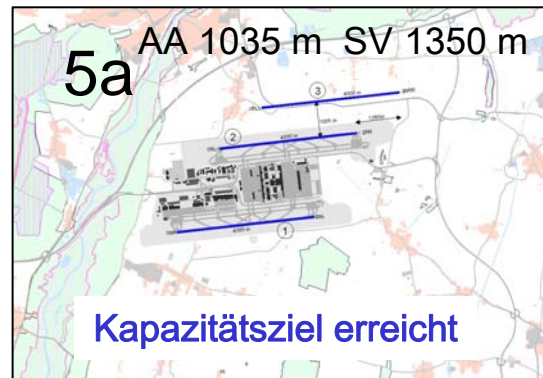
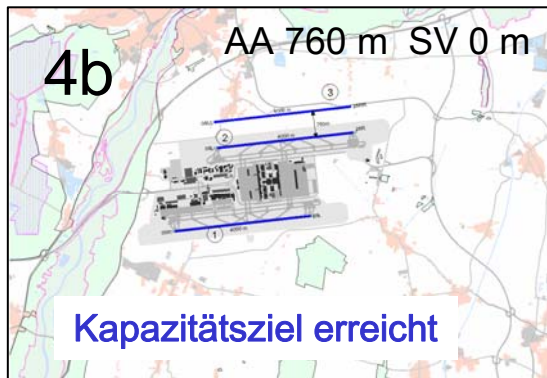
- Bahnlagen mit einer **abhängigen Parallelbahn** erreichen höchstens eine **praktische Bahnkapazität** von 110 Bewegungen/h in beiden Betriebsrichtungen.
- Beispielhaft simulierte Parallelbahnlagen **mit Luftraum** und Schwellenversatz (3 und 5) erreichen in der abhängigen Betriebsrichtung nur Werte **unter 100 Bewegungen/h**
- Sie erreichen damit das *Kapazitätsziel* von 120 Bewegungen/h **nicht!**
- u. a. folgende Bahnlagen:



- sowie die Bahnlagen 1, 2, 4a, 4c, 6, 19, 20, 21, 22

Simulationsergebnisse Bahnkapazität mit SIMMOD (2):

- Varianten mit einer **unabhängigen Startbahn** von 4000 m Länge erreichen eine **praktische reine Bahnkapazität** von 124 Bew/h in beiden Betriebsrichtungen
- In beiden Betriebsrichtungen beispielhaft simulierte unabhängige Parallelbahnlagen mit **Luftraum** (5b) erreichen **118-120 Bew/h**.



Zusammenfassung

- Die Varianten mit einer unabhängigen Startbahn in Quer- oder „Schräg“windlage und genügender Länge haben keine ausreichende zeitliche Nutzbarkeit wg. Quer- und Rückenwind
- Varianten mit abhängiger Parallelbahn in mindestens einer Richtung erreichen die Bahnkapazität 120 Bew/h nicht.
- **Varianten mit einer unabhängigen Parallelbahn erreichen die Kapazitätsziele und haben eine ausreichende zeitliche Nutzbarkeit**