

# Die Überarbeitung des Dokumentes ECAC Doc. 29

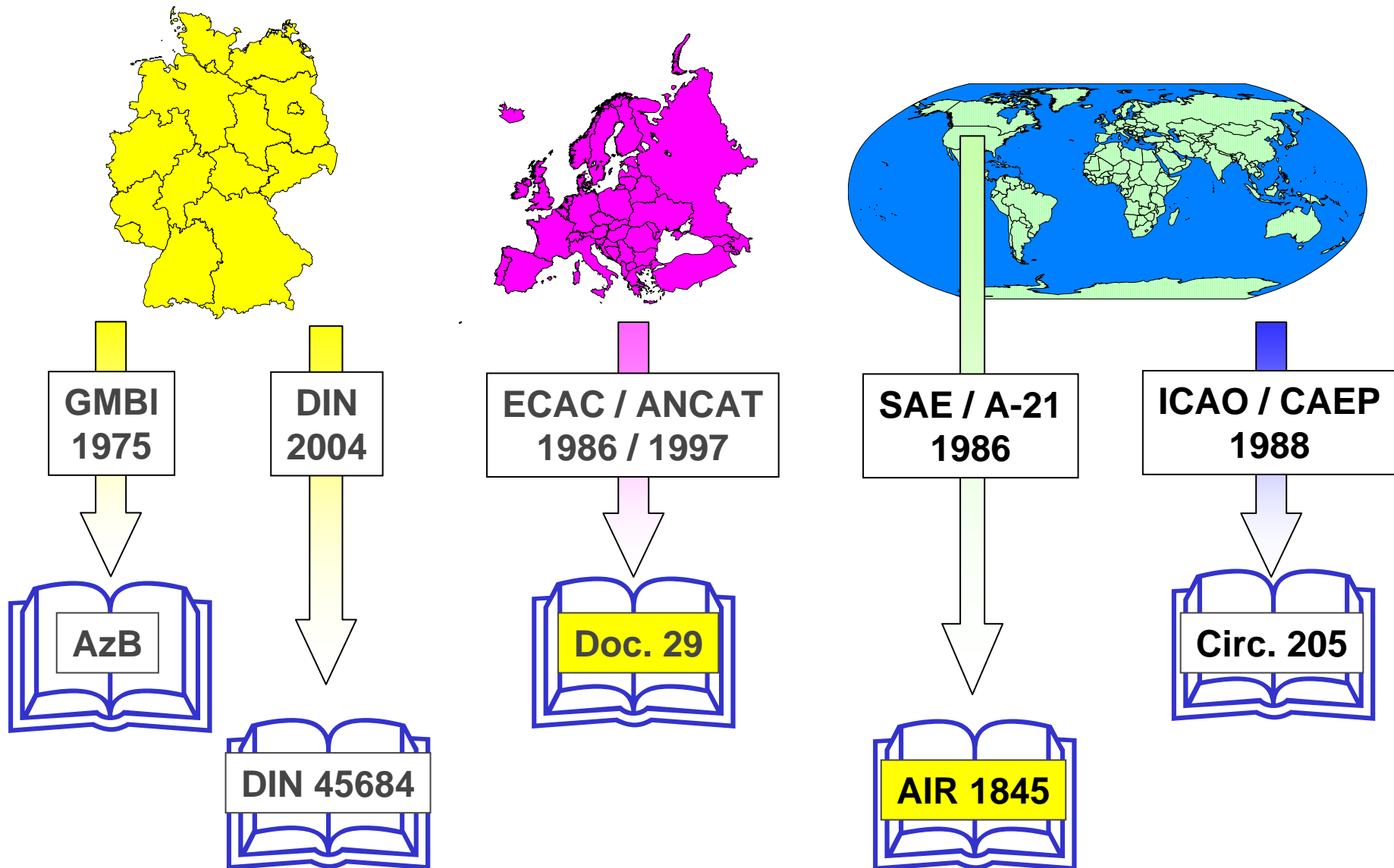
**Dr. Ullrich Isermann**

**DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Göttingen**

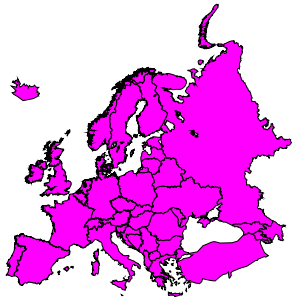
# Überarbeitung ECAC Doc.29

## Hintergrund

# Nationale und internationale Standards



# Überarbeitung des ECAC.CEAC Doc. 29



1<sup>st</sup> Edition 1986

2<sup>nd</sup> Edition 1997

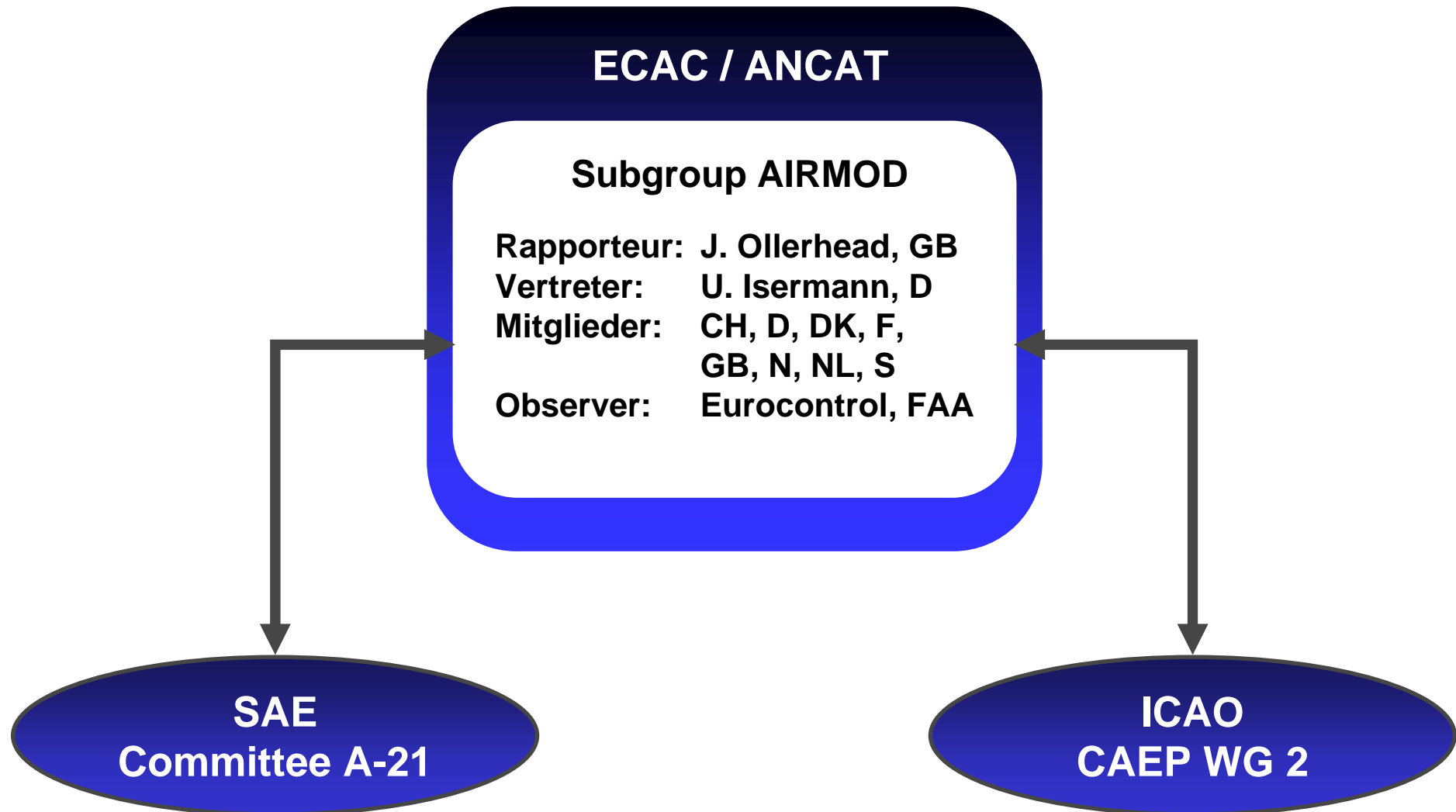
## Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie

- ⇒ revidiertes Doc. 29 als harmonisiertes Berechnungsverfahren
- ⇒ Überarbeitung 2<sup>nd</sup> Edition durch AR-INTERIM-CR 2002
- ⇒ Einführung eines Segmentierungsalgorithmus

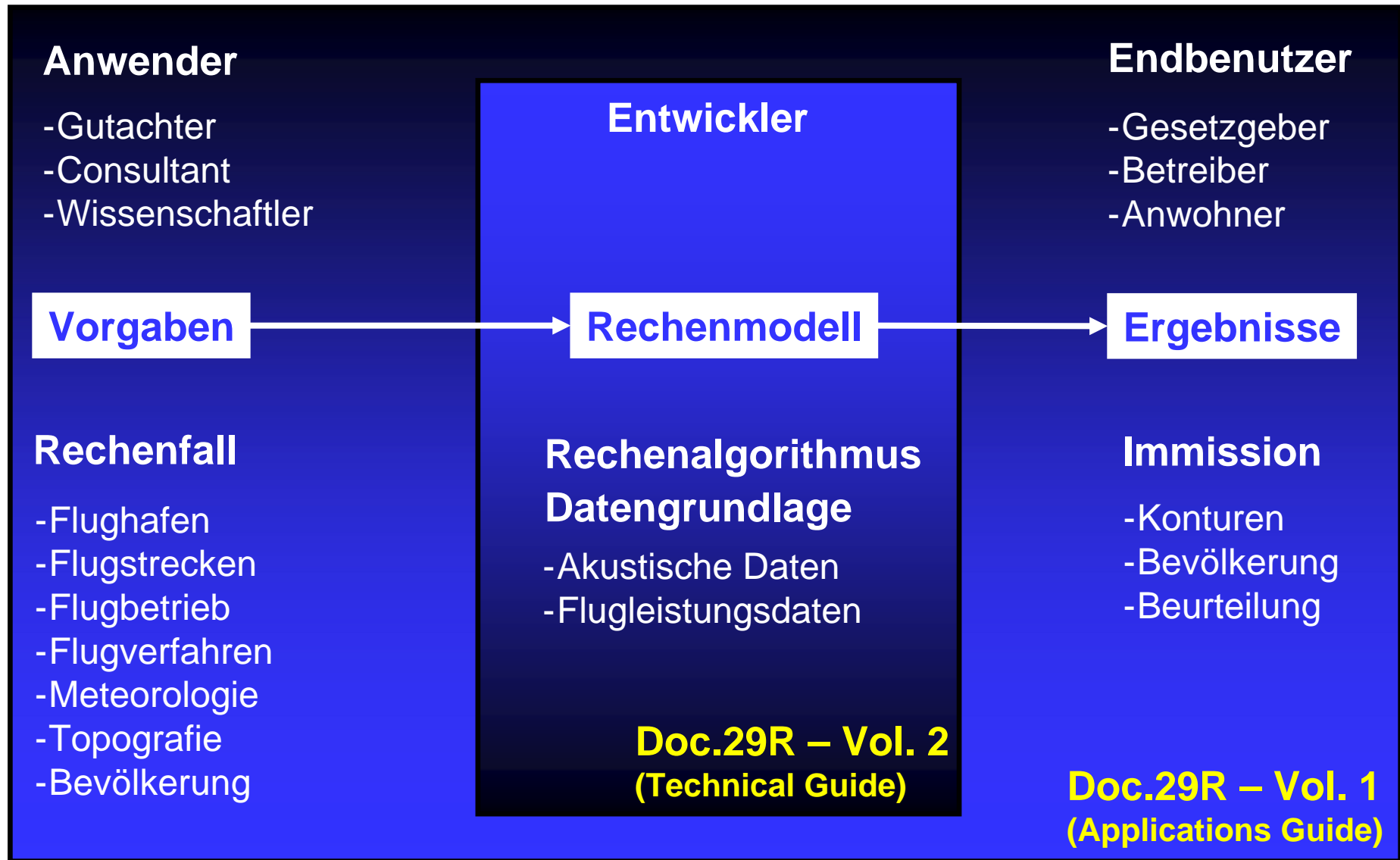
## ECAC/ANCAT Arbeitsgruppe AIRMOD

- ⇒ Revision des Dokuments
- ⇒ Zielsetzung: Repräsentation der “Current Best Practice”
- ⇒ Harmonisierung auf internationaler Ebene (SAE, ICAO/CAEP)

# Die AIRMOD Arbeitsgruppe



# An wen richtet sich ECAC Doc. 29R ?

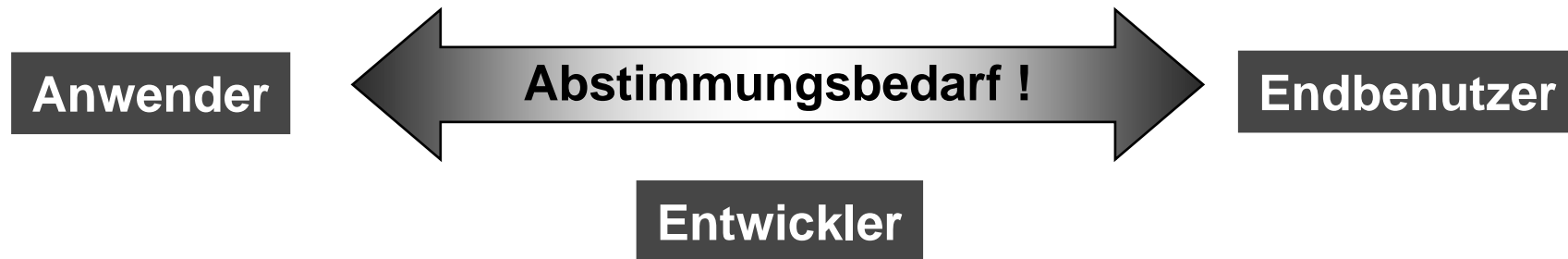


# ECAC Doc. 29R – Volume 1

## Doc.29R Volume 1 – Warum ein „Applications Guide“ ?

# Hintergrund: Das Anwenderproblem

**Die meisten Fehler resultieren aus falschen Vorgaben und unerfahrenen Anwendern und Nutzern !**



- Sind alle benötigten Daten vorhanden ?
- Sind Anpassungen an die Aufgabenstellung erforderlich ?
- Wie wirken sich Einschränkungen in den Basisdaten auf das Ergebnis aus ?

- Entspricht das Modell den wichtigsten Anforderungen ?
- Wo liegen die Grenzen des Rechenmodells ?
- Sind Anpassungen am Modell nötig?

- Ist die Aufgabe realistisch gestellt ?
- Was kann von den Ergebnissen erwartet werden ?
- Was ist bei der Interpretation der Resultate zu berücksichtigen?

# Übersicht über den Inhalt von Volume 1

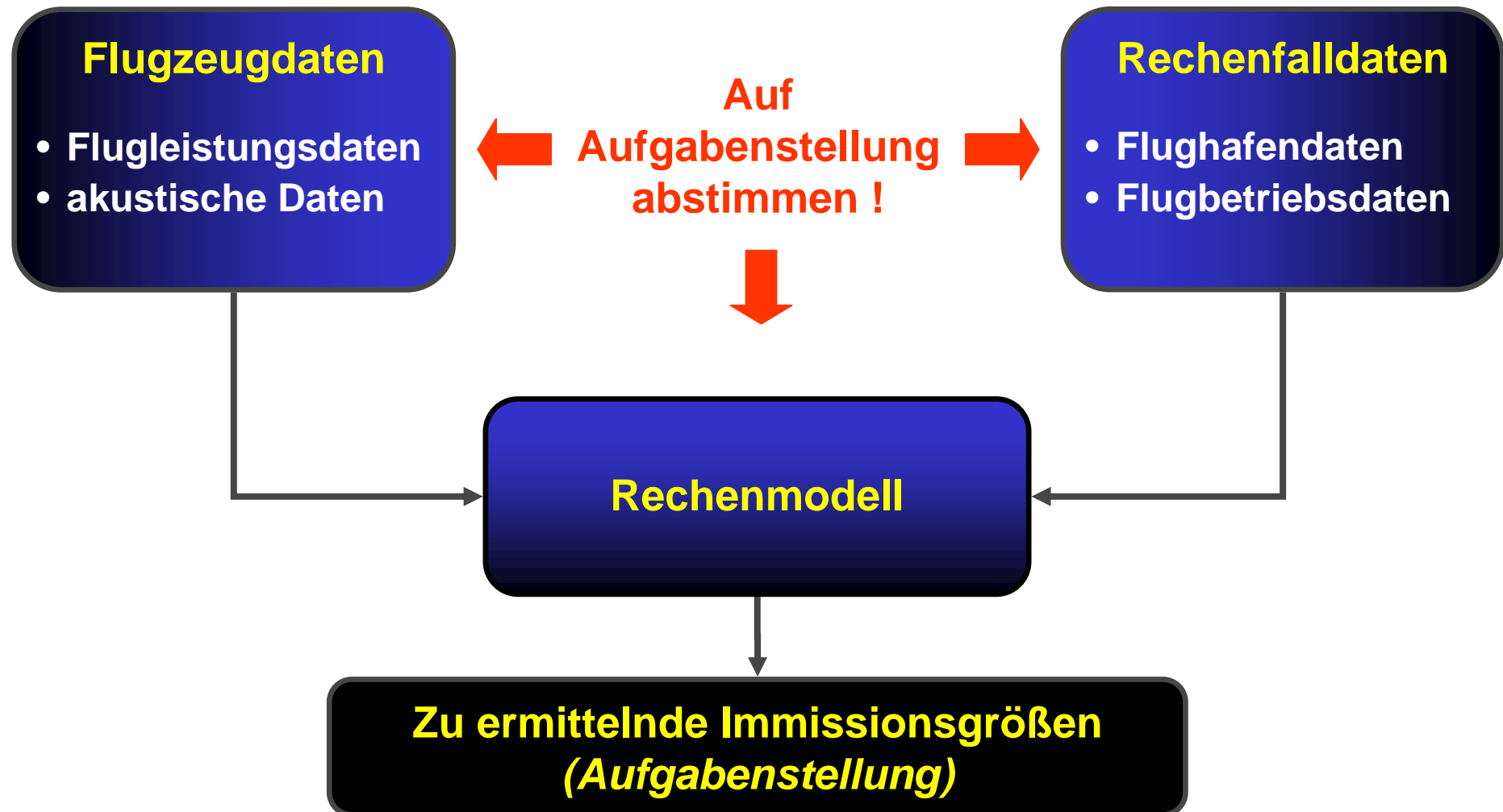
## Teil I: Problemstellung

- Wirkung, Beurteilung und Messung von Lärm
- Flughafen, Flugbetrieb und Lärm
- Anwendungsbereiche von Berechnungsverfahren

## Teil II: Methodologie der Modellierung

- Komponenten eines Berechnungsverfahrens
- Eingabedaten
- Hinweise zur praktischen Anwendung

# Schema einer Fluglärmberechnung



# Typische Aufgabenstellungen

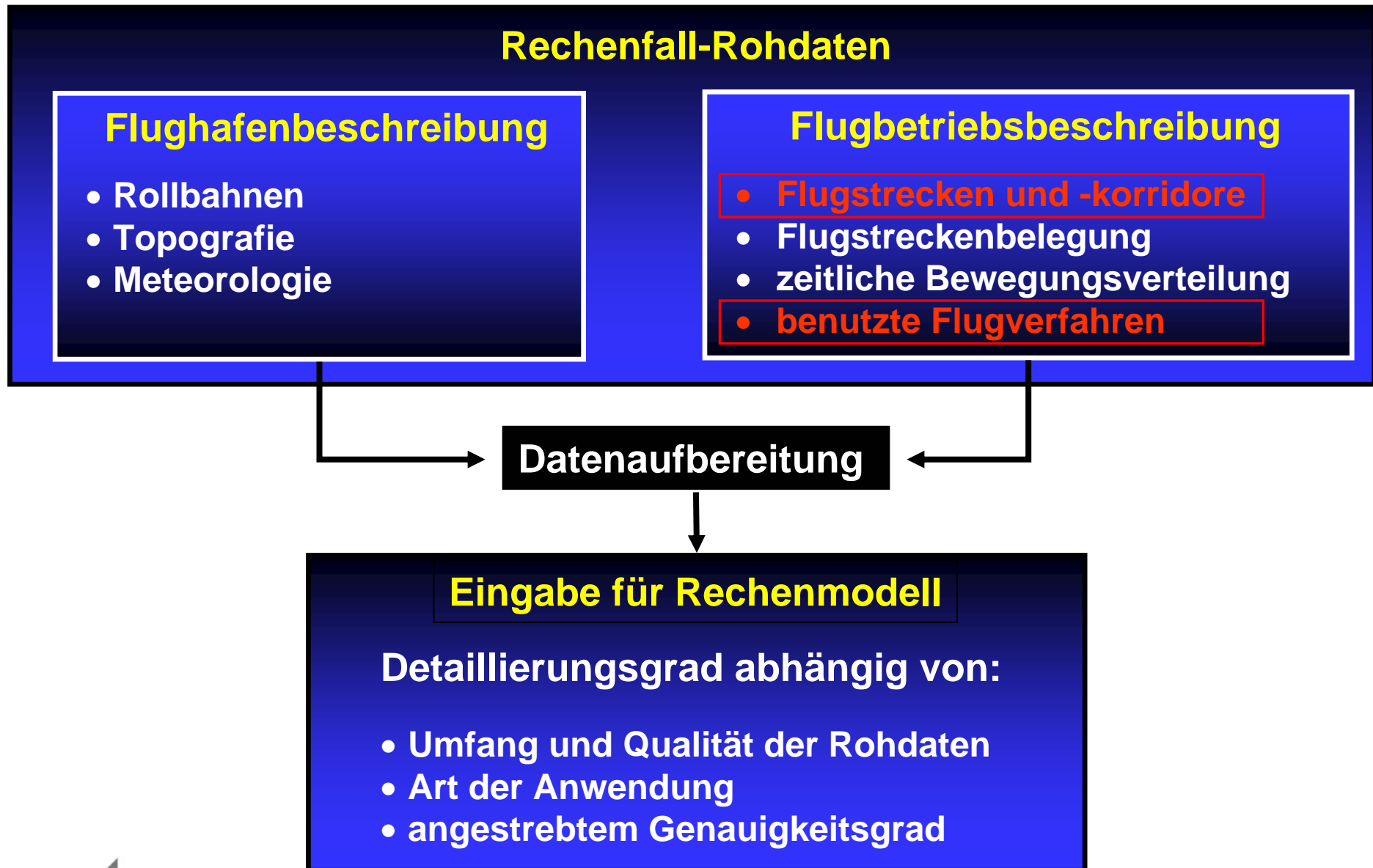
## A) Ermittlung der absoluten Lärmbelastung

- 1) gegenwärtiges oder vergangenes Szenario
- 2) zukünftiges Szenario (Flugbetriebsprognose)

## B) Vergleichende Berechnung

- 1) Referenzfall (Ist/Vergangenheit) mit Prognosefall
- 2) Prognosen mit verschiedenen Randbedingungen

# Aufbereitung der Rechenfalldaten



# Möglichkeiten der Flugbahngenerierung

Datenquelle	Charakterisierung
FDR-Daten	<ul style="list-style-type: none"><li>+ höchster Genauigkeitsgrad</li><li>- teuer, aufwändig zu beschaffen</li></ul>
Radar-Daten	<ul style="list-style-type: none"><li>+ 3-dimensionale Bahnbeschreibung</li><li>- Triebwerksleistung nur indirekt bestimmbar</li></ul>
ATM-Simulation	wie Radardaten, aber aufwändig
Prozedurale Profile	<ul style="list-style-type: none"><li>+ gut handhabbar, flexibel</li><li>- nur 2-dimensional</li><li>- erfordern Erfahrung in der Anwendung</li></ul>
Standardprofile	<ul style="list-style-type: none"><li>+ sehr einfach in der Anwendung</li><li>- nur 2-dimensional</li><li>- nicht flexibel</li></ul>

# Bildung von Flugzeuggruppen

## Gründe:

- Typenmix nur grob bekannt (Prognosefall)
- unzureichende Datengrundlage

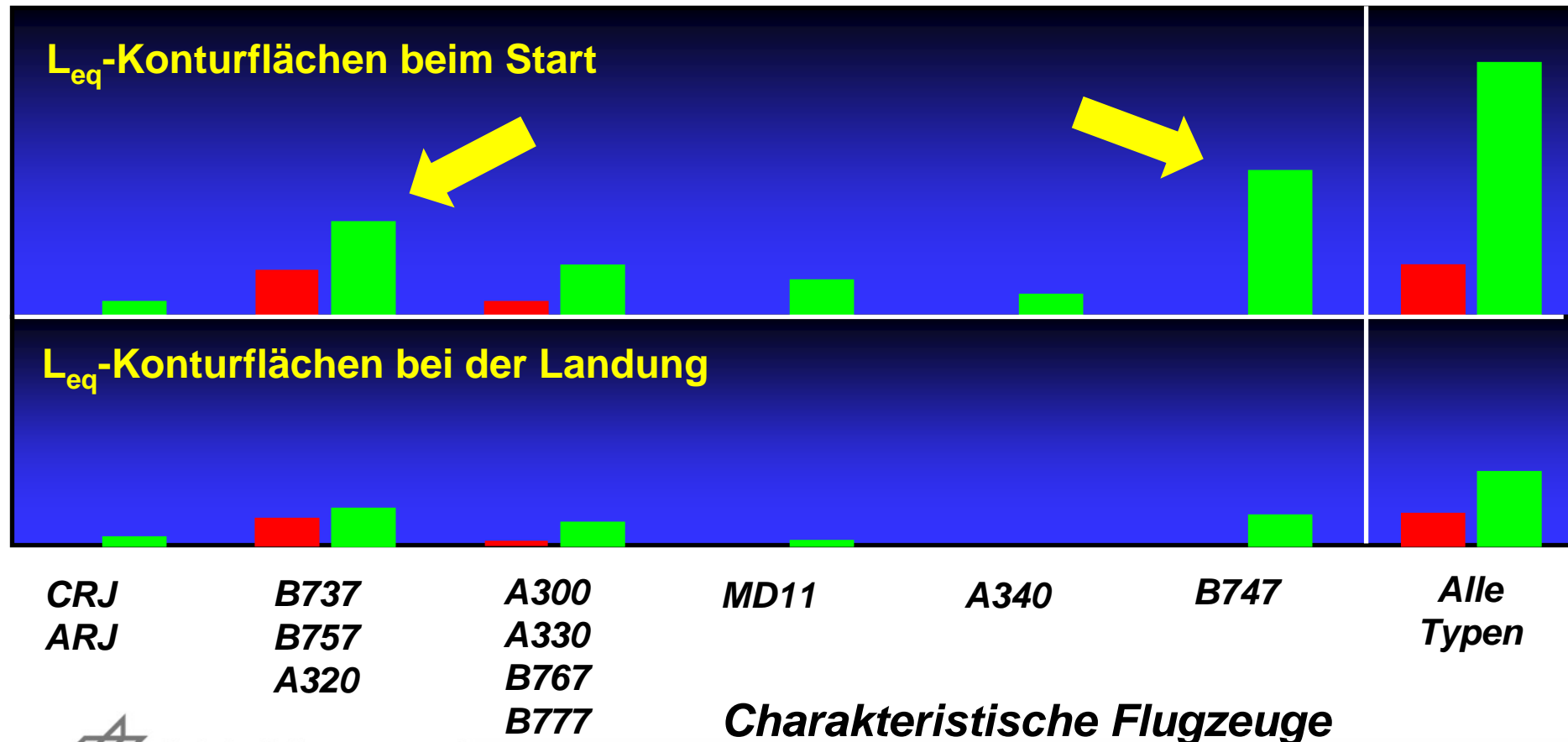
## Vorgehensweise:

- Gruppierungsparameter festlegen (z.B. Triebwerksart, Masse, Lärmzulassung)
- **Lärmsignifikante Flugzeugmuster** möglichst genau beschreiben
- weniger lärmsignifikante Flugzeuge zusammenfassen
- **akustische Ähnlichkeiten** ausnutzen

# Lärmsignifikante Flugzeugkategorien

## Beispiel: Zwei typische Verkehrsflughäfen

- 200.000 Bewegungen/Jahr, wenig Langstreckenverkehr
- 500.000 Bewegungen/Jahr, viel Langstreckenverkehr



# ECAC Doc. 29R – Volume 2

## Der „Technical Guide“ – die Überarbeitung des Doc. 29 2<sup>nd</sup> Edition



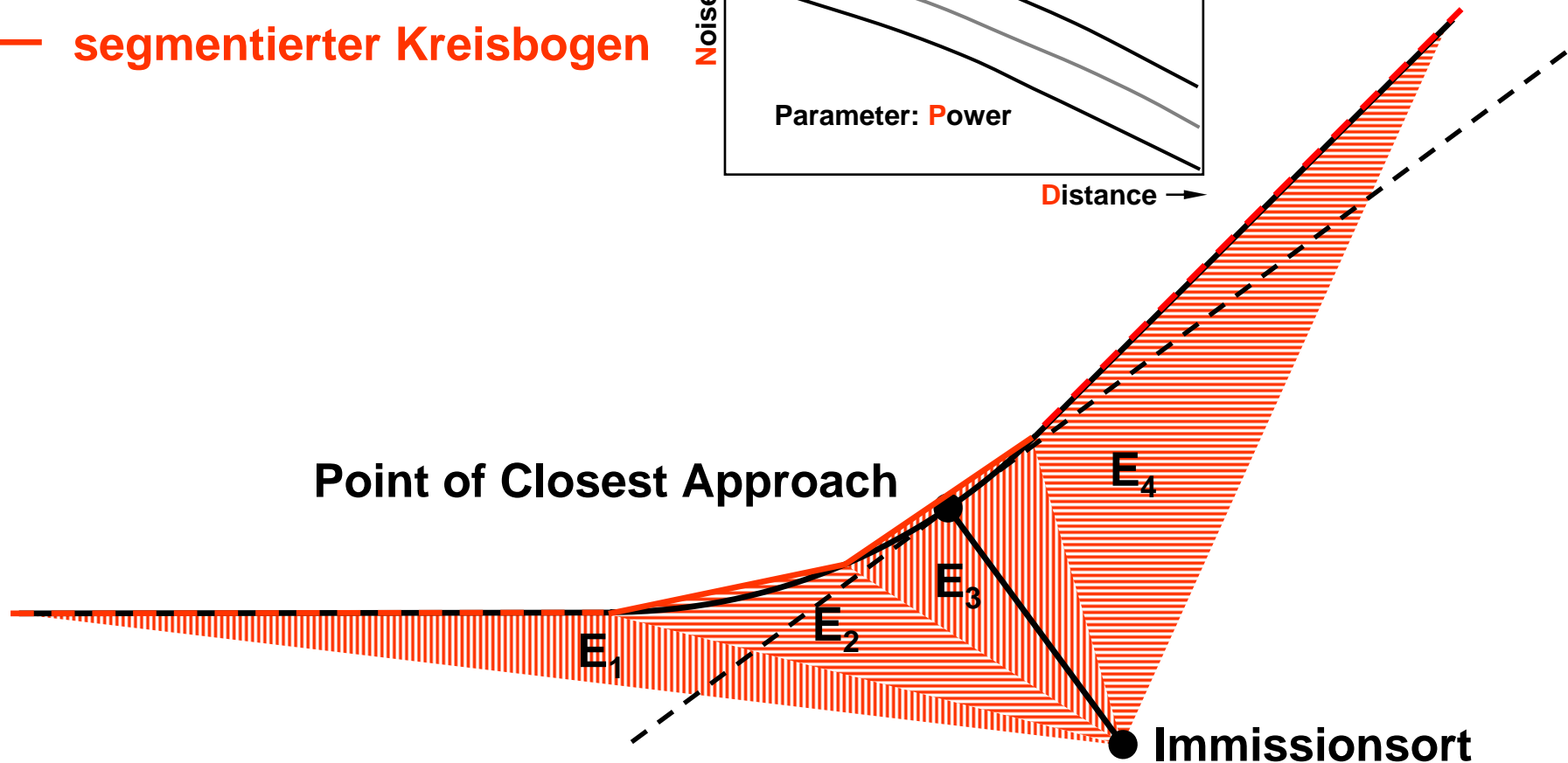
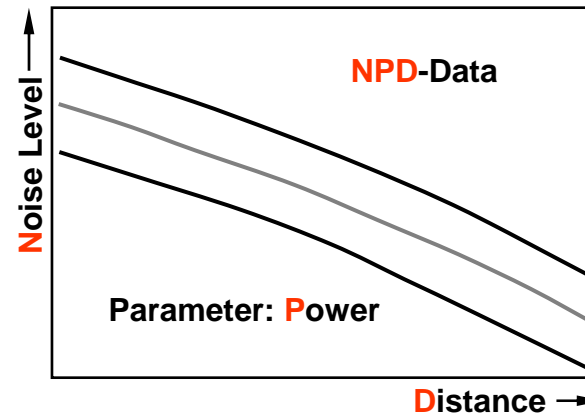
# Übersicht über den Inhalt von Volume 2

- Die Generierung von Flugbahnen
- Ermittlung des Beitrags des Einzelflugs zur Immission
- Berechnung der kumulierten Immission
- Techniken zur Konturberechnung
- Post-Processing und Datenexport

**Anhänge:** Durchführung von Flugleistungsrechnungen  
Modellierung der seitliche Flugbahnstreuung  
Umrechnung von NPD-Daten  
Der Segmentierungsalgorithmus  
Die internationale ANP-Datenbasis

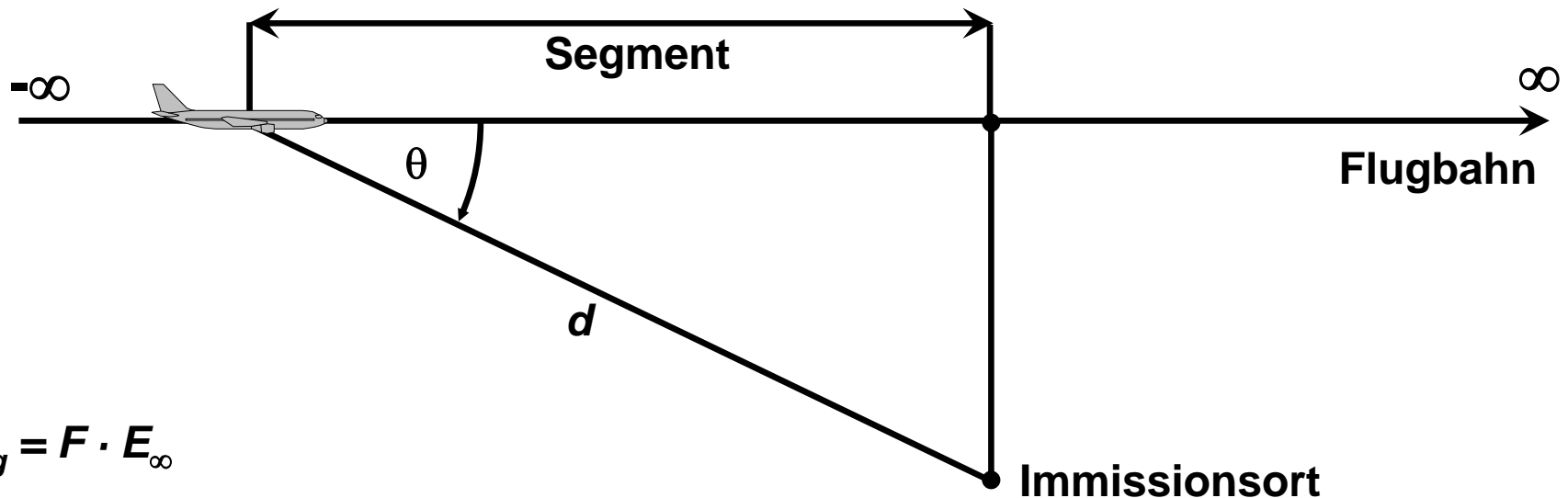
# Segmentierung bei der Immissionsberechnung

- Originalflugstrecke
- segmentierter Kreisbogen



Gesamtexposition  $E = \sum E_i$

# Der theoretische Hintergrund



$$E_{seg} = F \cdot E_{\infty}$$

$E_{seg}$  Expositionsbeitrag vom Segment

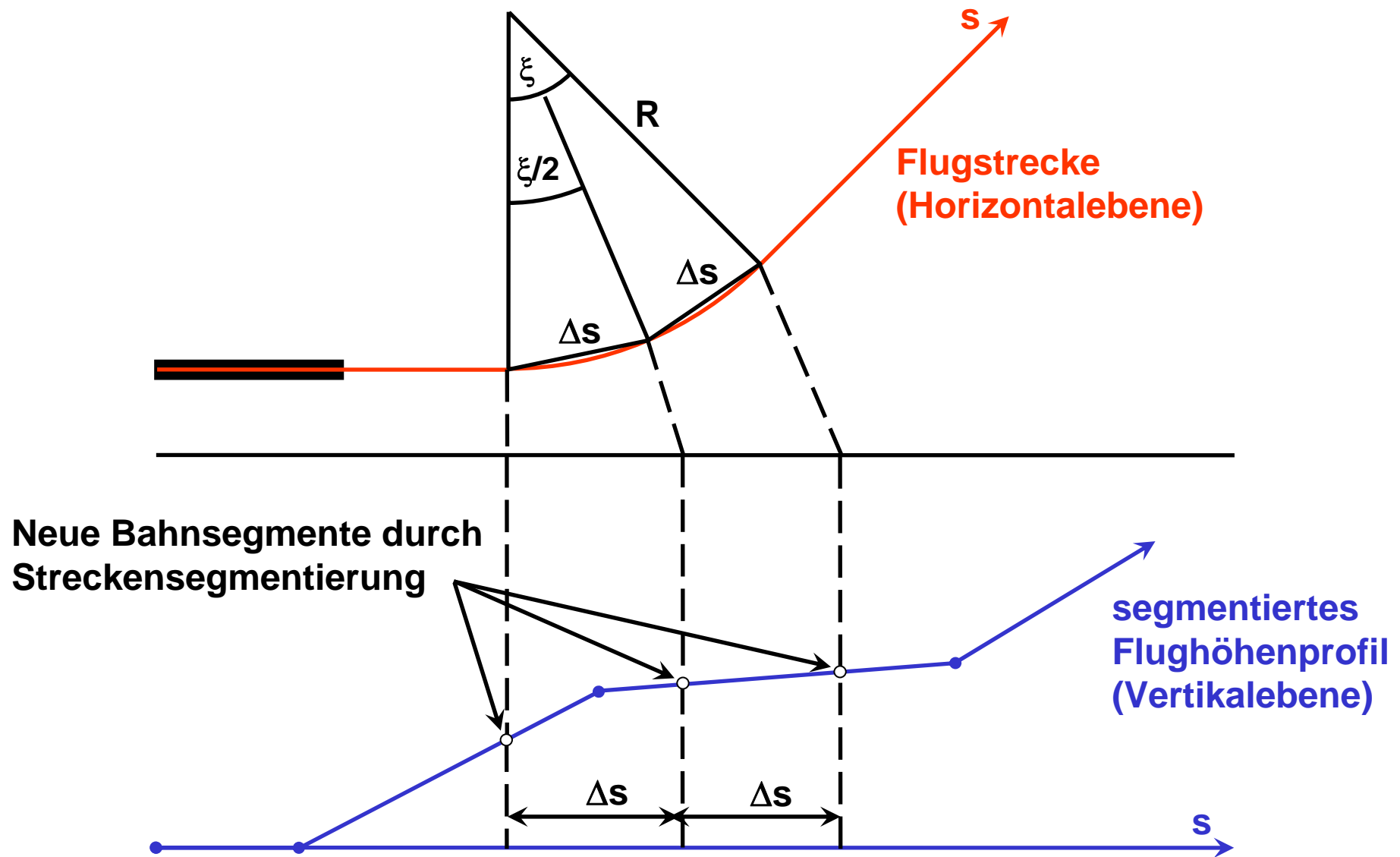
$E_{\infty}$  Expositionsbeitrag für unendlich lange Strecke

$F$  „Energy Fraction“

**Ansatz: „4th-Power-90°-Dipole-Model“  $p^2 \sim \sin^2\theta/d^2 \sim d^{-4}$**

**Konzept der „Scaled Distance“ zur Wahrung der Konsistenz der Basisdaten (NPD-Kurven) für Maximal- und Einzelereignispegel**

# Beispiel für Flugbahnsegmentierung



# Zusätzliche Features zur Segmentierung

## „Equivalent Level Line Method“

- Verhindert Probleme mit Zusatzdämpfung bei der Verkürzung von Segmenten
- Besserer Segmentierungsansatz bei schneller Änderung des Höhenwinkels (z.B. Steigsegment nach dem Abheben)

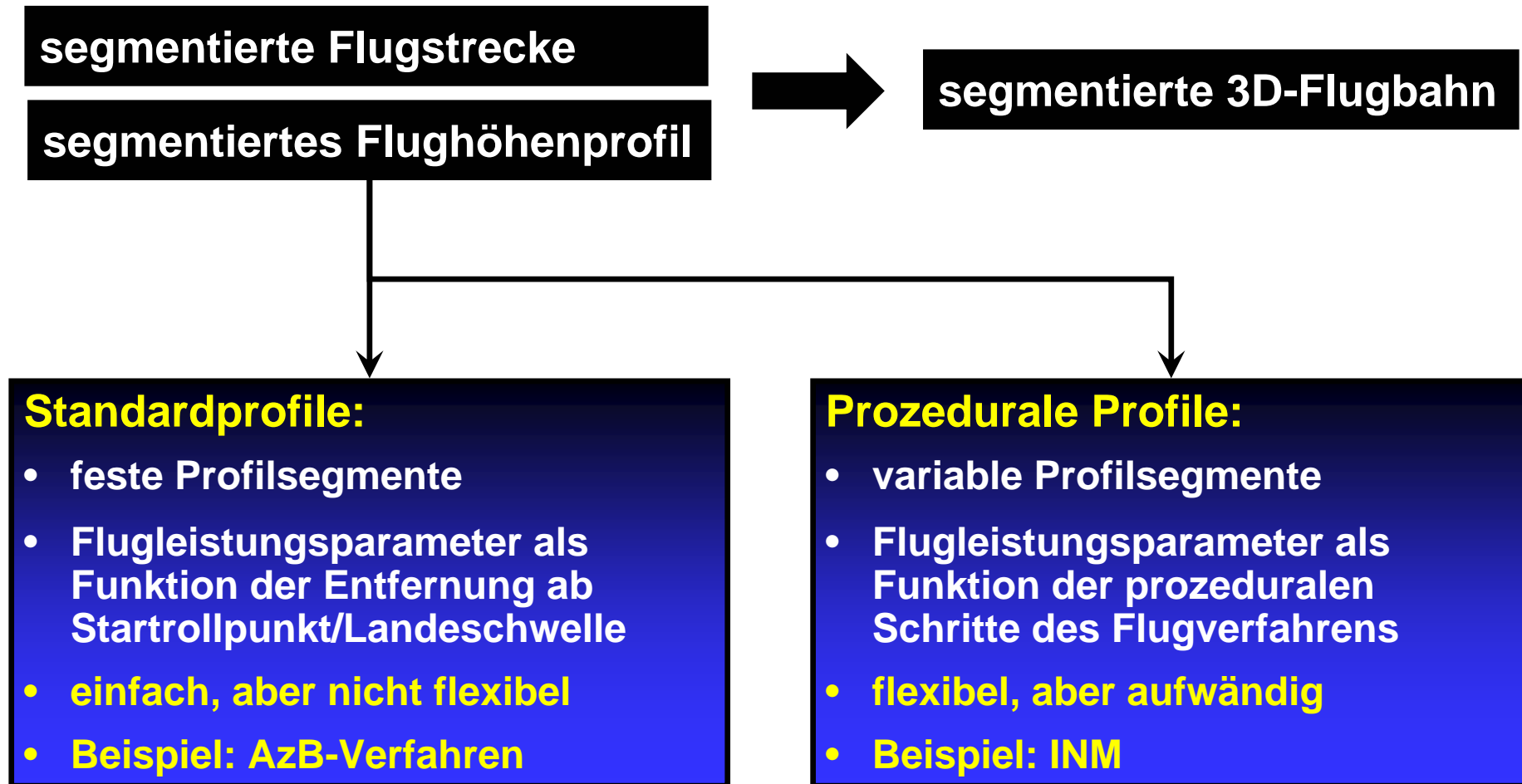
## Segmentierung des Takeoff-Roll-Segments auf Zeitschrittbasis

- Bessere Vergleichbarkeit mit Simulation

## Einführung von Transitionssegmenten beim Kurvenflug

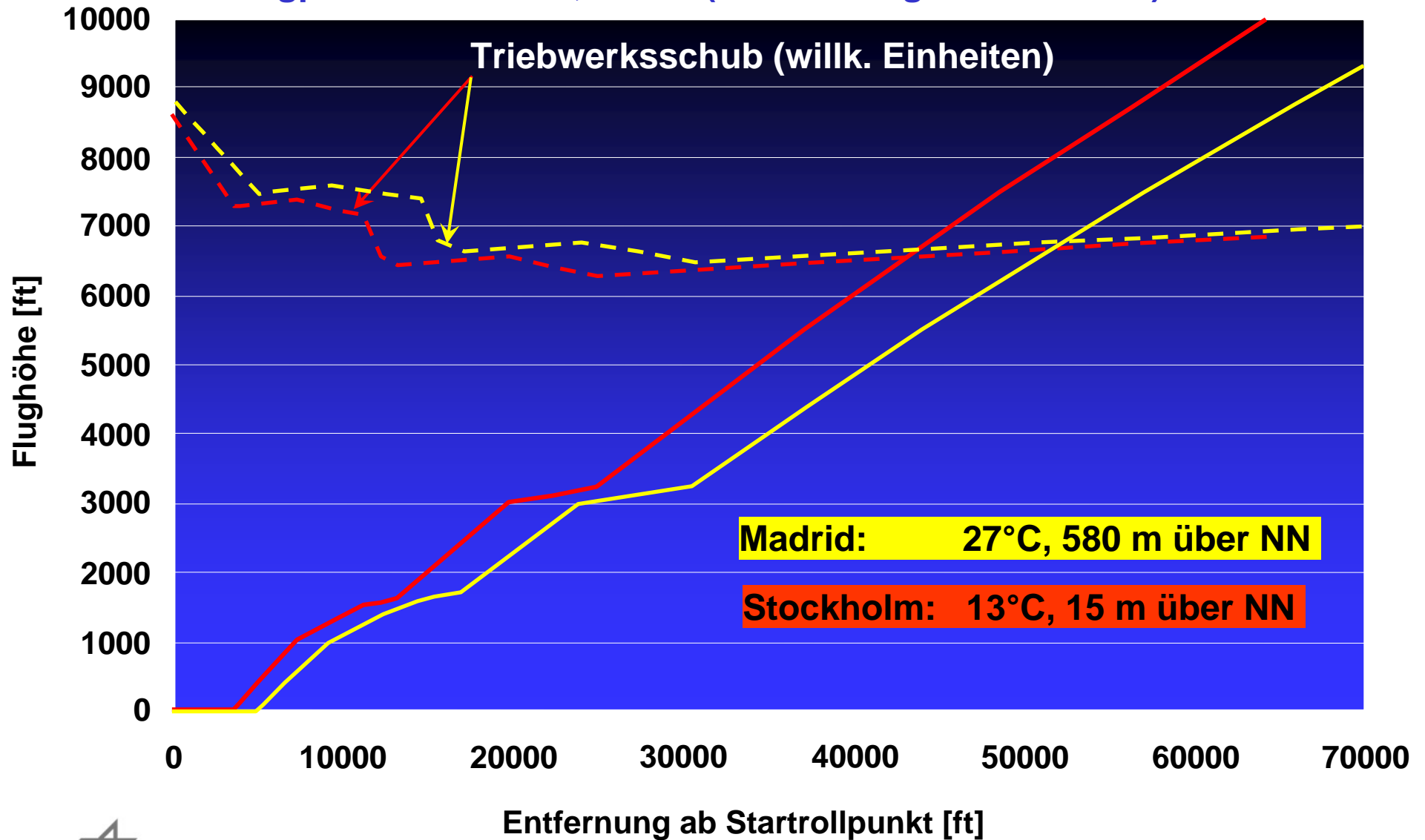
- Vermeidung von Unstetigkeiten bei Berücksichtigung des Querneigungswinkels

# Die Flugbahnberechnung

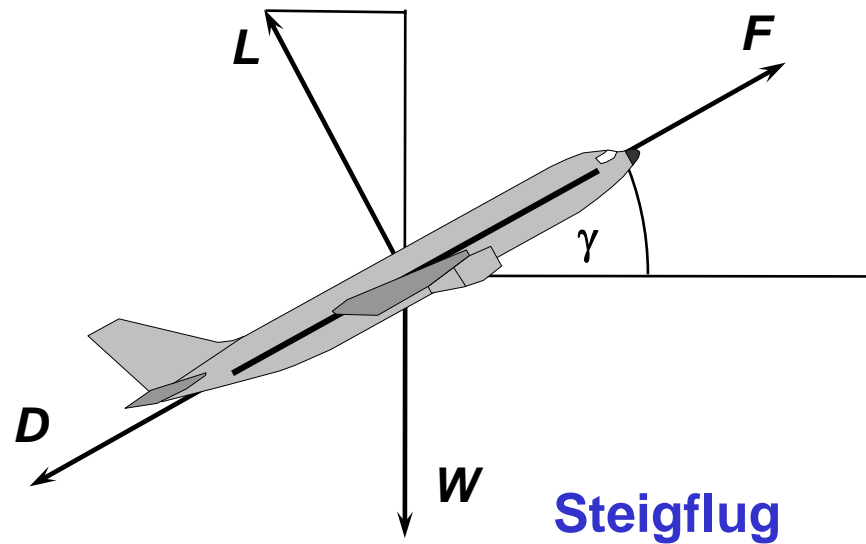


# Beispiel für prozedurale Flugprofile

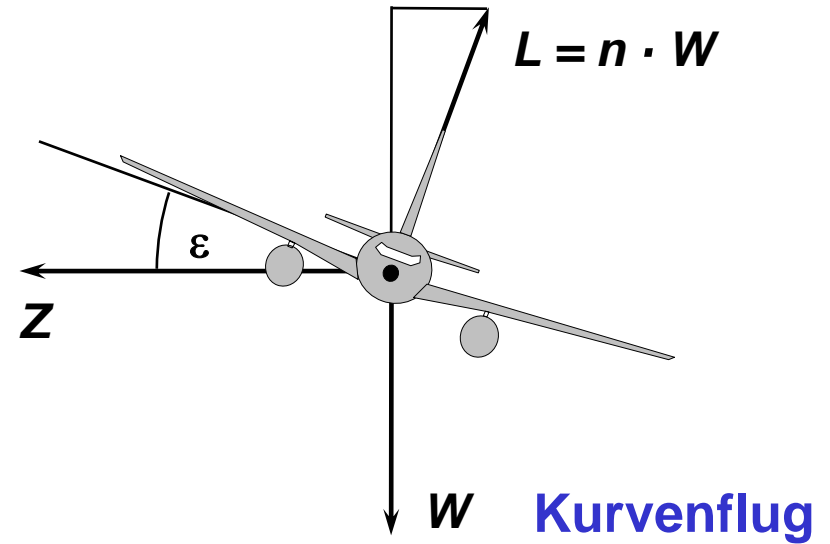
Abflugprofile B737-400, 48.5 t (Berechnung nach INM 6.1)



# Massenpunktmodell zur Bahnberechnung



**Steigflug**



**Kurvenflug**

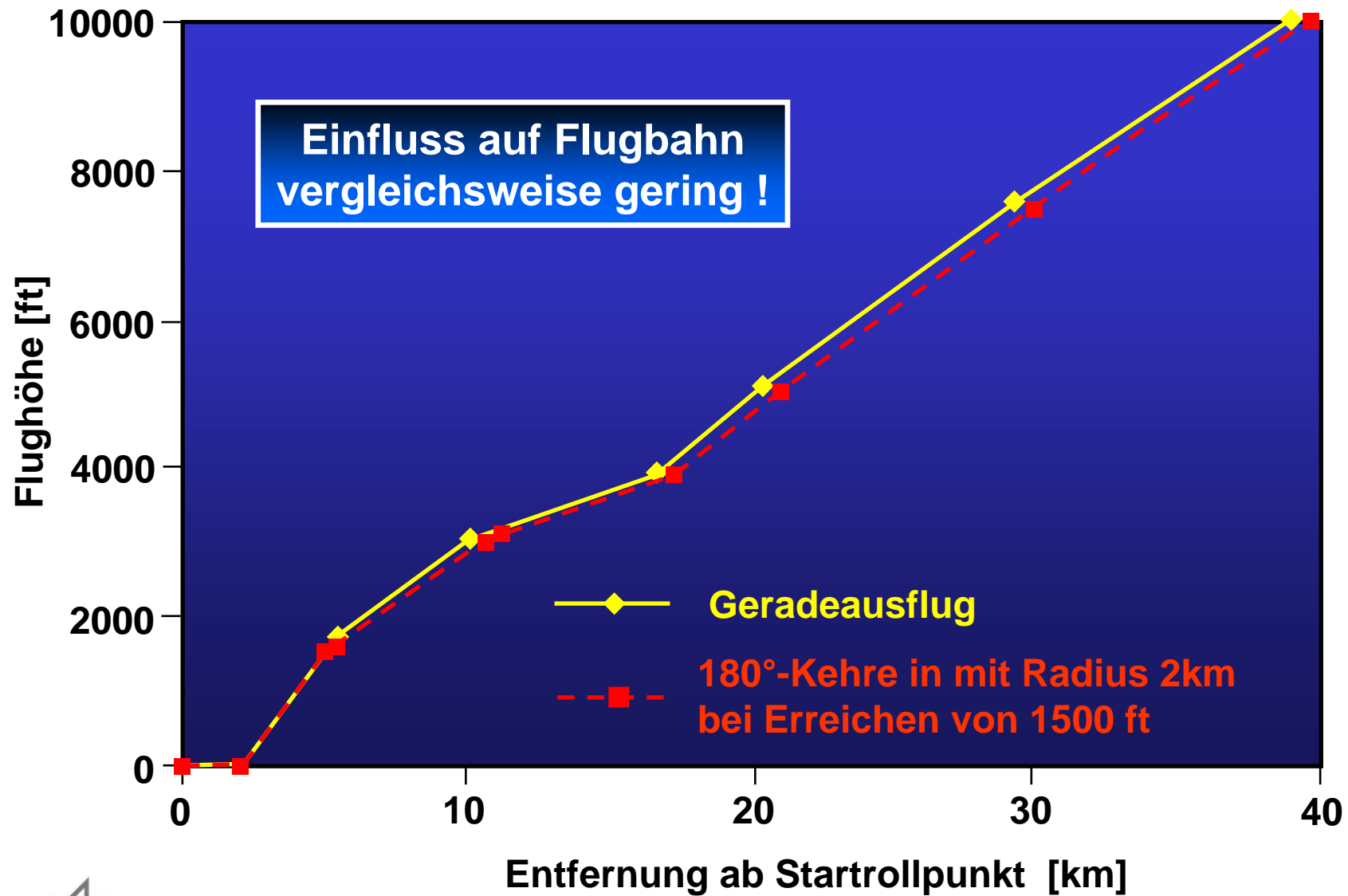
**L** : Auftrieb  
**W** : Gewicht  
**D** : Widerstand  
**F** : Schub  
**γ** : Steigwinkel

**Z** : Zentrifugalkraft  
**n** : Lastvielfaches  
**ε** : Querneigungswinkel

**Auftrieb und Widerstand werden aus den Beiwerten  $c_L$  und  $c_D$  ermittelt.**

# Einfluss des Lastvielfachen

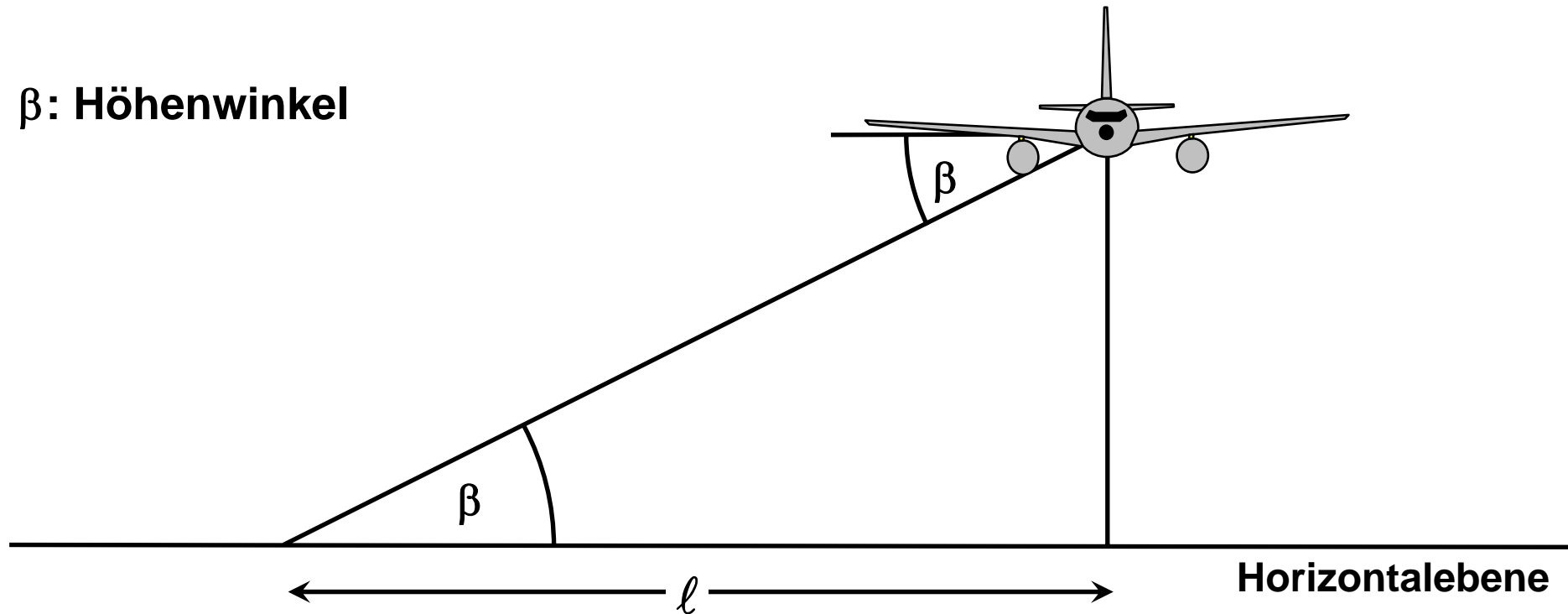
Beispiel: Abflug B777, 250 t, ICAO A-Verfahren



# Zusatzdämpfung („Lateral attenuation“)

Zusatzdämpfung:  $\Lambda = f(\beta) \cdot g(\ell)$   
(Doc.29)

$\beta$ : Höhenwinkel



# Bodendämpfung & Installationseffekte

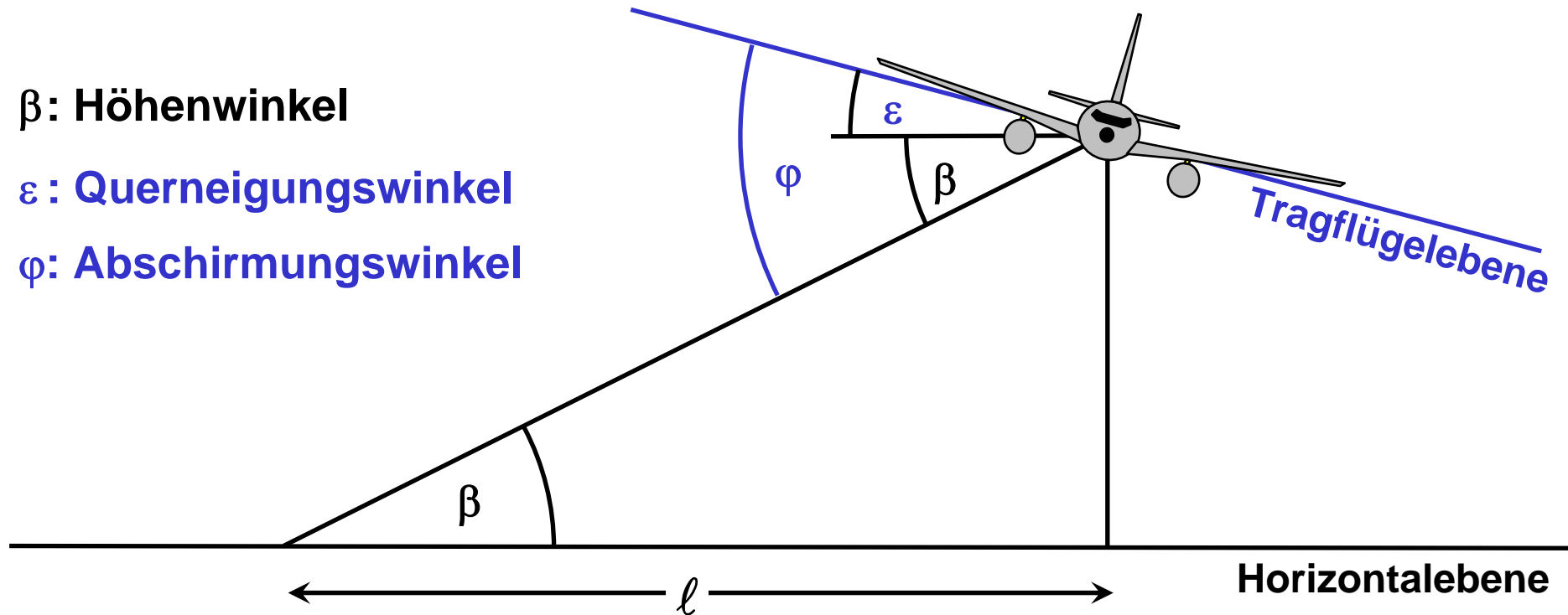
**Bodendämpfung:**  $\Lambda = f(\beta) \cdot g(\ell) \Rightarrow$  (Ausbreitungseffekt)

**Installationseffekte:**  $\Delta_{\text{Inst}} = \Delta_{\text{Inst}}(\varphi) \Rightarrow$  (Eigenschaft der Quelle)  
(Doc.29R)

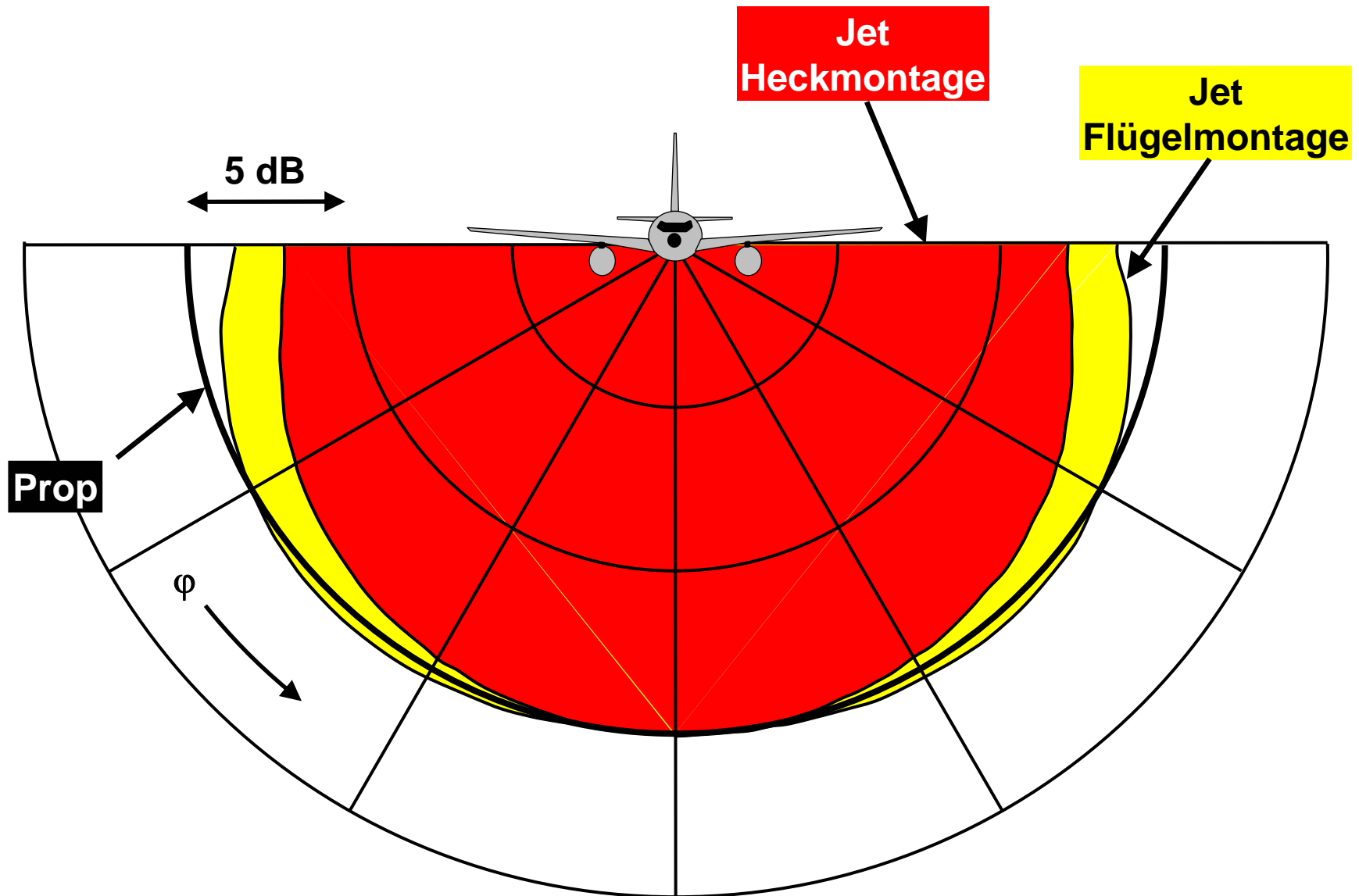
$\beta$ : Höhenwinkel

$\varepsilon$ : Querneigungswinkel

$\varphi$ : Abschirmungswinkel



# Installationseffekte



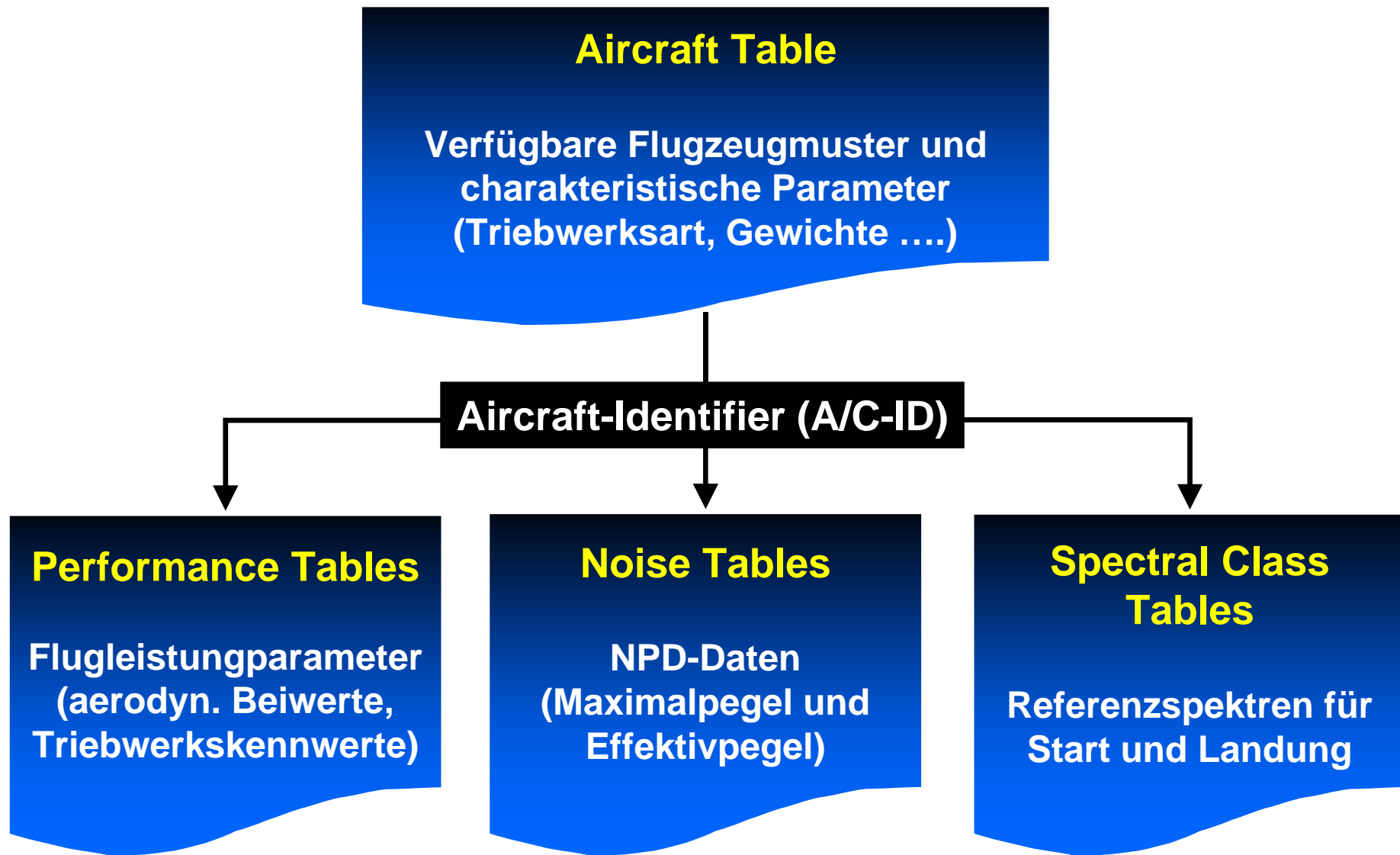
# Weitere Neuerungen in Doc. 29R

- **Berücksichtigung der Topographie**
- **Verbesserte Modellierung des Landevorgangs**
- **Umrechnung von NPD-Daten auf unterschiedliche atmosphärische Bedingungen**
- **Berücksichtigung von normalverteilten Pegeln**
- **Beschreibung verschiedener Techniken zu Konturberechnung und Post-Processing**
- **Einführung einer standardisierten Datenbasis**

# Die **A**ircraft **N**oise and **P**erformance-Database

- **Internationale Datengrundlage**
- **Zugriff für registrierte Benutzer über WWW**
- **Kontinuierliche Fortschreibung und Wartung**
- **Daten vorzugsweise von Herstellern aus Zulassungsmessungen (kontrollierte Bedingungen)**
- **Möglichkeiten zur Einstellung neuer Datensätze**
- **Diskussionsforum für Datenbankverwalter und Benutzer**

# Die Struktur der ANP-Database



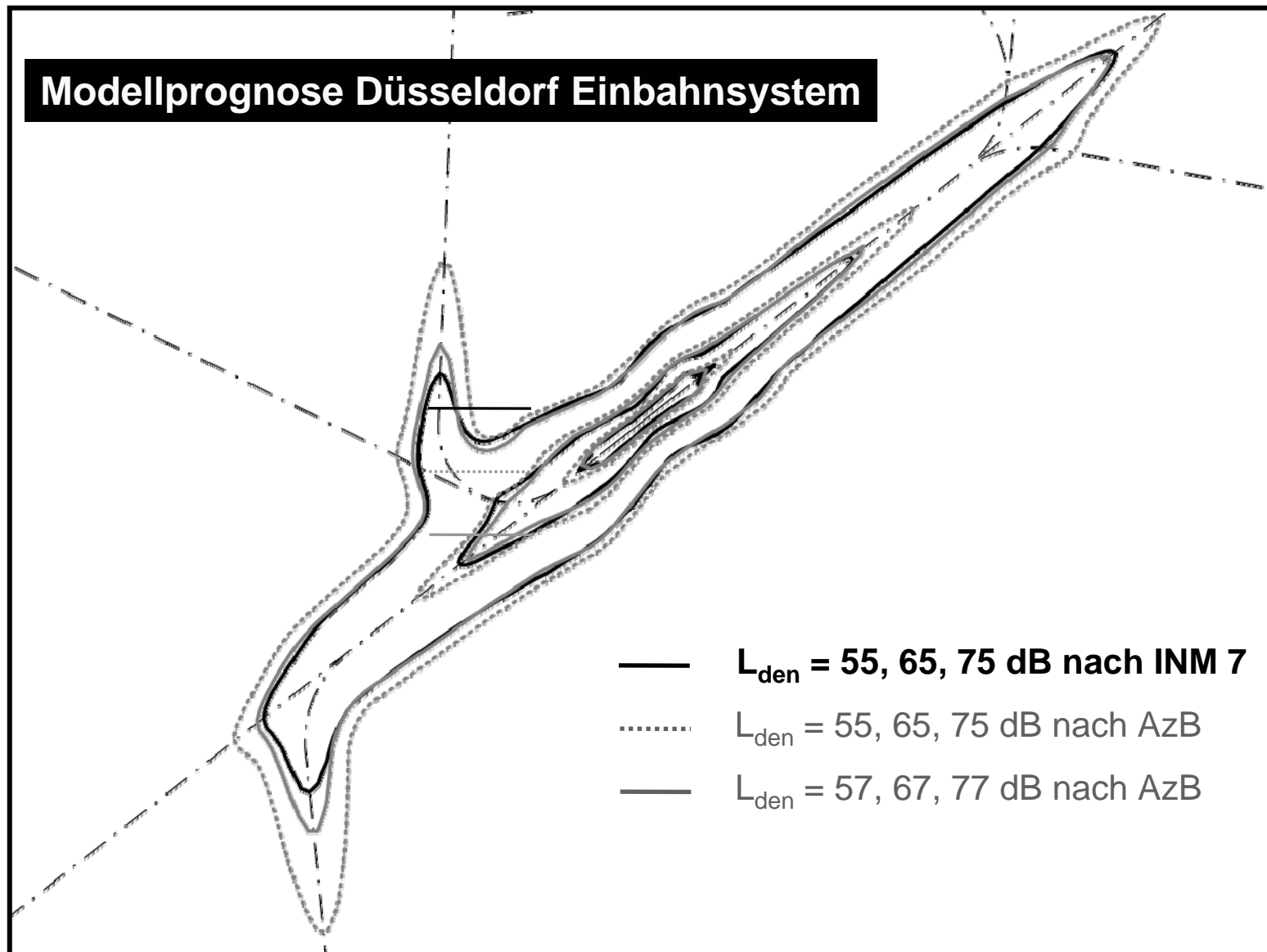
# Der AIRMOD Workshop

- Vergleich von Doc.29R mit nationalen Verfahren und Interimsmethode
- Unterschiede analysieren und bewerten, ggf. notwendige Anpassungen an Doc. 29R durchführen
- Vergleich auf der Basis von Konturen  $L_{den}$  und  $L_{night}$
- Doc.29R-kompatible Modelle: Anpassungen von NORTIM (N) und ANCON2 (GB) sowie Entwicklerversion INM 7(Rev.#21)
- 13 Szenarien für 11 Flughäfen aus 7 ECAC-Mitgliedsstaaten

# Der AIRMOD Workshop - Resultate

	Minimale und maximale Flächenänderung der Konturen $L_{den}$ bzw. $L_{night}$	
Flughafen / Art des Flugbetriebs	Doc.29R zu nationalem Modell	Interimsmethode zu nationalem Modell
A / Realbetrieb	-27% → +4%	-
B1 / Prognose	-12% → +8%	+9% → +16%
B2 / Prognose	-1% → +11%	+1% → +8%
C / Prognose	-24.5% → +14.6%	-
D1 / Realbetrieb	-19% → -11%	-
D1 / Prognose 1	-18% → -11%	-
D1 / Prognose 2	-23% → -9%	-
D2 / Realbetrieb	-31% → -3%	-
E / Realbetrieb	-9% → +5%	-20% → -1%
F / Realbetrieb	-31% → -5%	-
G1 / Realbetrieb	-3.3% → +11.3%	-
G2 / Realbetrieb	+0.4% → +19.2%	-
G3 / Realbetrieb	+0.4% → +17.9%	-

# Proberechnungen mit der AzB



# Geltungsbereich von Doc. 29R

## Nicht behandelte Luftfahrzeuge:

- Militärische Flugzeuge \*
- Helikopter
- Flugzeuge der General Aviation \*

\* Prinzipiell vom Rechenformalismus aber umsetzbar

## Ausgeschlossener Anwendungsbereich:

- Bodengebundene Operationen  
(Rollvorgänge, APU-Betrieb, Standläufe)

# Zusammenfassung

## Änderungen gegenüber Doc. 29 2<sup>nd</sup> Edition:

- Einführung eines separaten „Applications Guide“
- Implementierung eines erweiterten Segmentierungsalgorithmus
- Überarbeitung des Algorithmus zur Zusatzdämpfung
- Verbesserte Verfahren zur Flugbahnmodellierung
- Datengrundlage auf internationaler Ebene

## Vorteile von Doc. 29R:

- Sehr weitgehende Flexibilität
- Deckt alle wesentlichen Anforderungen ab
- Basiert auf einer harmonisierten Datengrundlage
- Repräsentiert „Current Best Practice“

# Ausblick: Überarbeitung der AzB

