Experimentelle Messung von Strahllärm im (viel zu kleinen) Windkanal: Kann das gelingen?

Christian Jente, DLR-Braunschweig

Henri Siller, DLR-Berlin

DLR

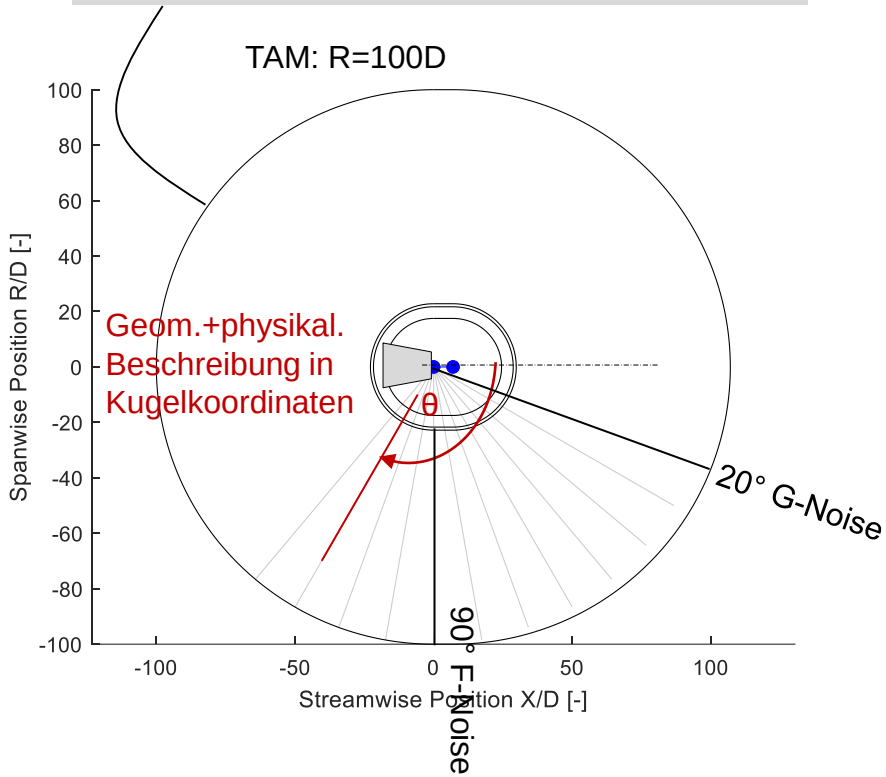
Herausforderung

- „Wir haben ein Problem mit der Vergleichbarkeit von Strahlgeräusch in Experimenten – nicht nur in kleinen Anlagen, sondern auch Vergleich bspw. zwischen CEPRA-19 und LLF“

- „Strahllärm scheint [bei einem Experiment mit großer Düse und kleinem Testraum] im AWB besser in Bezug zur Triebwerksachse zu skalieren als zur Düsenaustrittsebene“

Konventionelle Experimente

Länge Quellgebiet << Mikrofonabstand



[p.5] The classical result for estimating the acoustic intensity of noise from a jet issuing into a quiescent medium from Lighthill's theory, modified by Ffowcs-Williams[24] is;

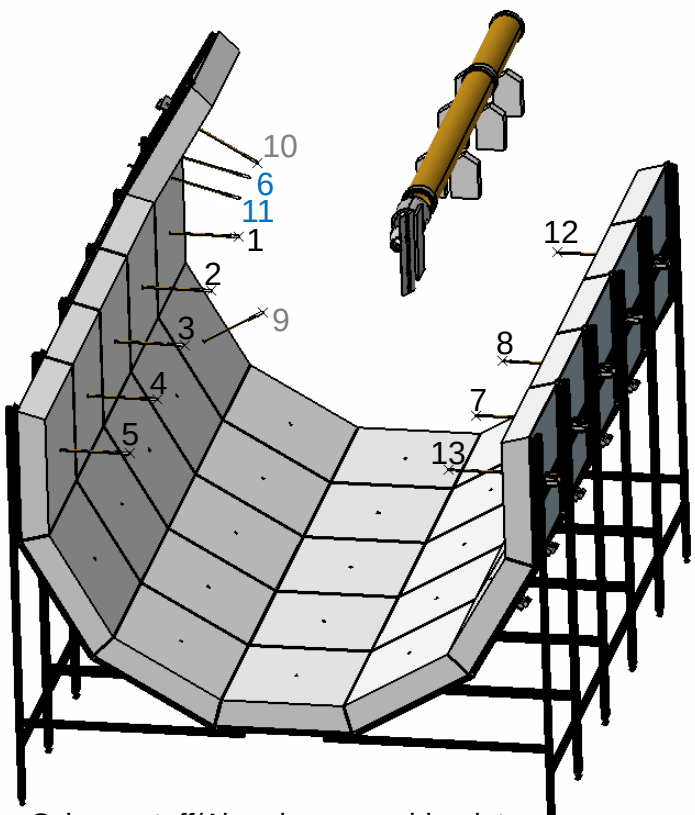
$$I \propto \frac{\rho_\infty^2 U_j^8 D_j^2}{\rho_o a_o^5 R^2} \frac{1}{\left|1 - M_c \cos(\theta)\right|^5} \qquad (6)$$

Vorausgesetzt, es liegen gleiche Betriebs- und Umgebungsbedingungen vor:

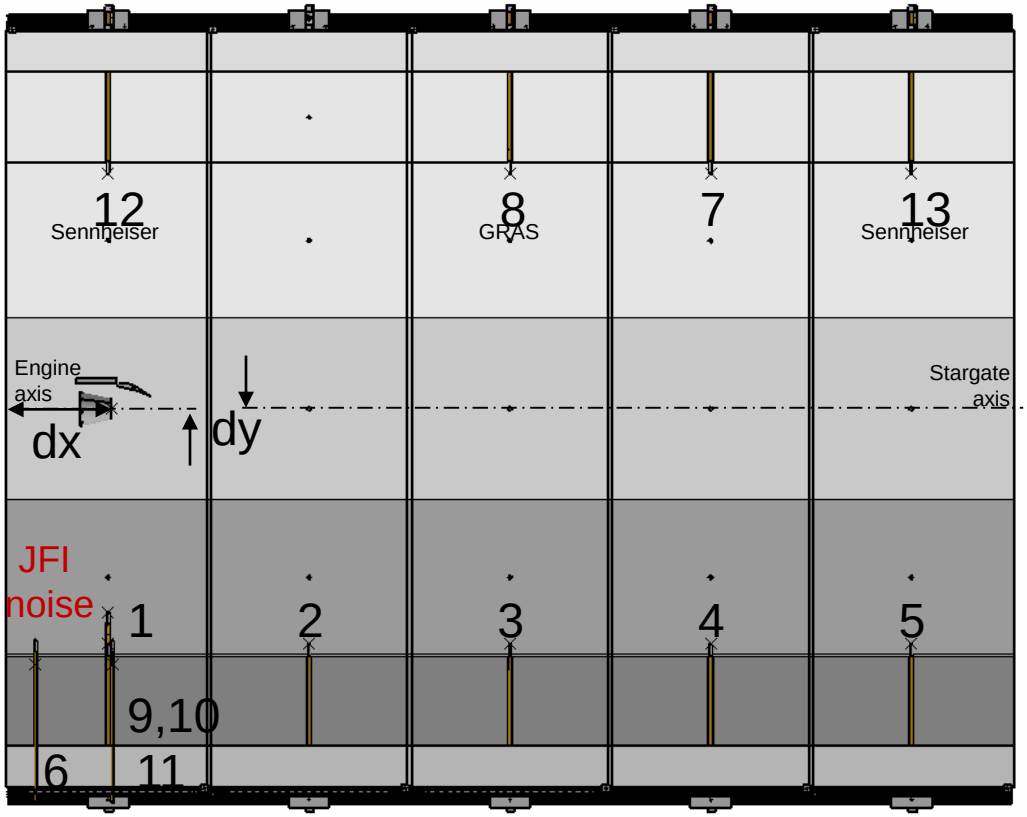
- Dann skaliert Strahlgeräusch entlang desselben Polarwinkels mit dem Quadrat des geometrischen Abstands zwischen Quelle und Beobachter
  $I \sim 1/(R/D)^2$

Versuchsaufbau DLR-JExTRA Berlin

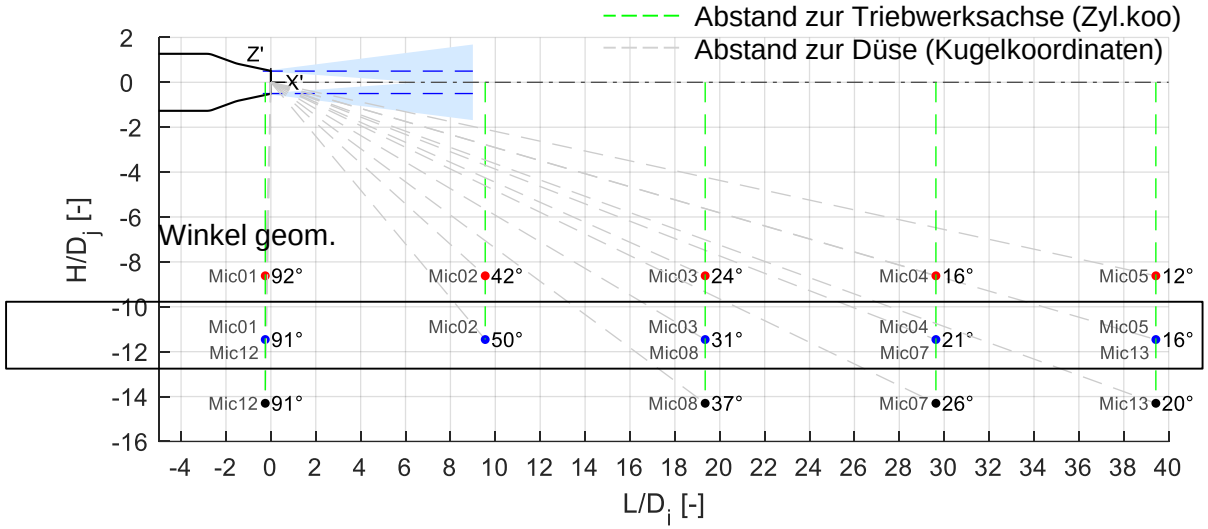
Ø50mm Düse, M_j=0.6

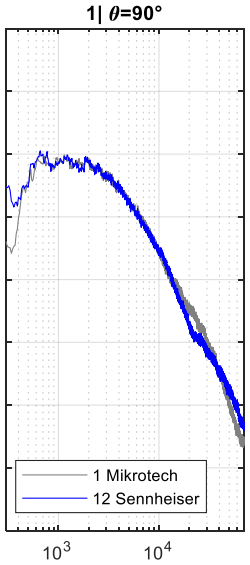


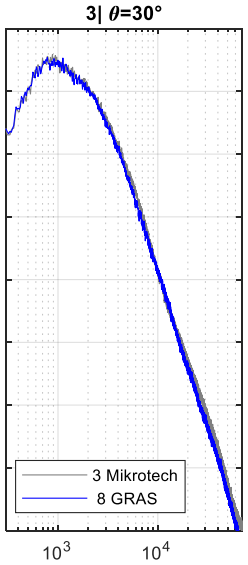
Schaumstoff/Absorber ausgeblendet

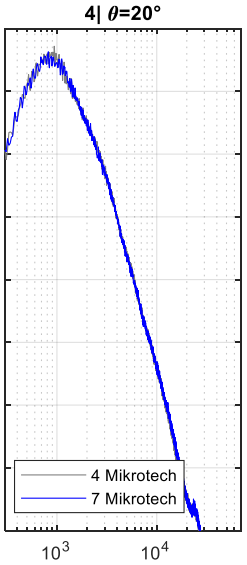


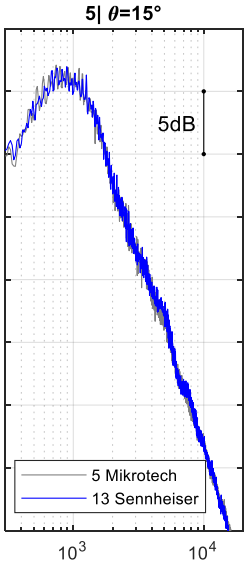
Vergleich Mics „Symmetrie“



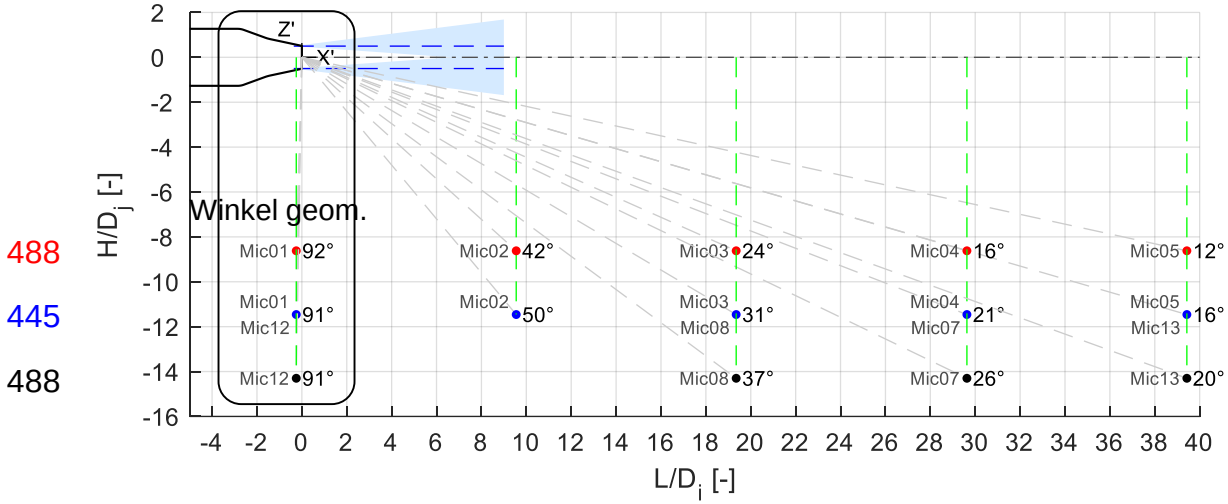




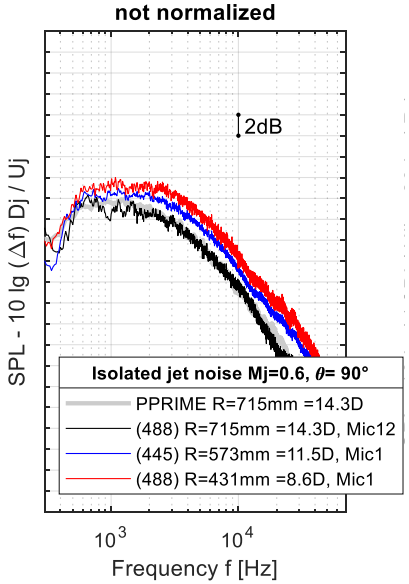




Untersuchung von 90° (geometrisch)



Mikrofonpositionen

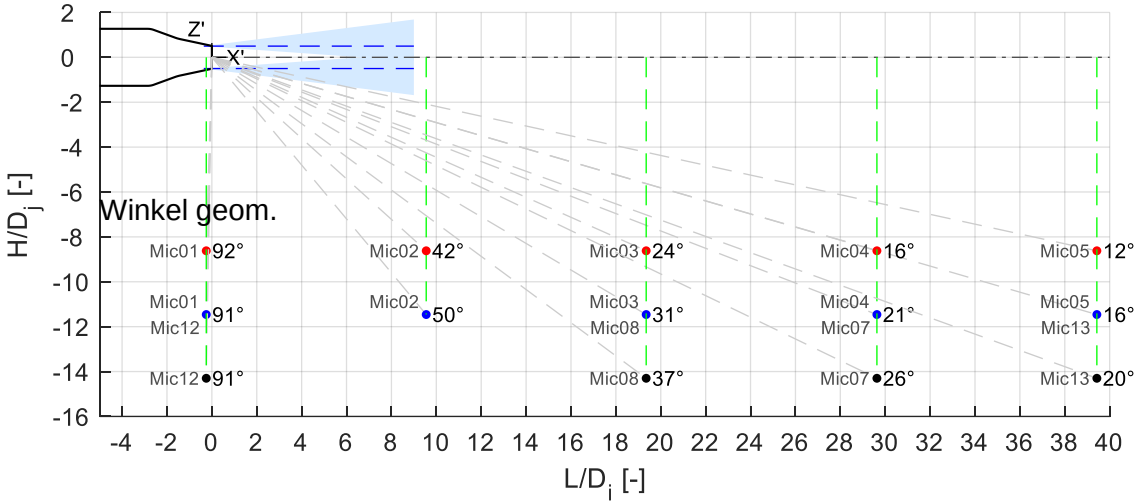


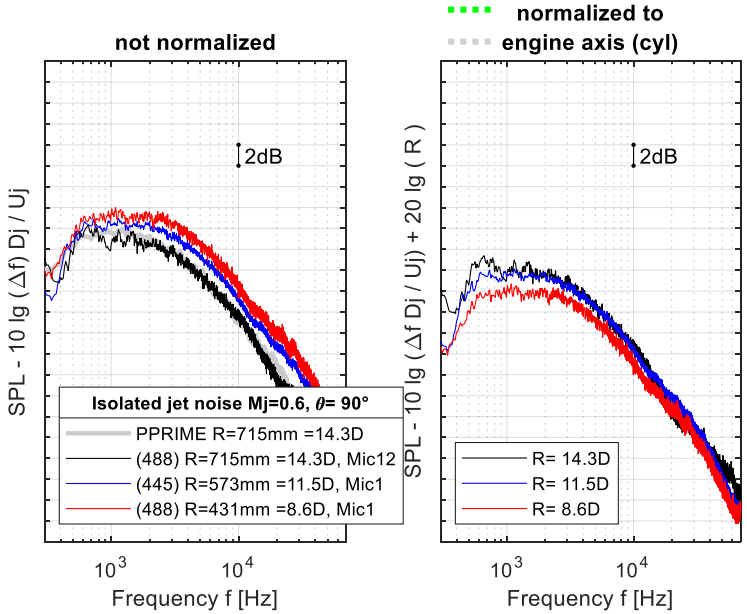
Die 90°-Position ist besonders:

Der Abstand zur Düse (Radius in Kugelkoordinaten) entspricht dem Abstand zur Triebwerksachse (Zylindrischer Radius)

Plausibel: Das naheste Mikrofon produziert das größte Geräusch.

Skalierung von Strahllärm bei 90° (geometrisch)



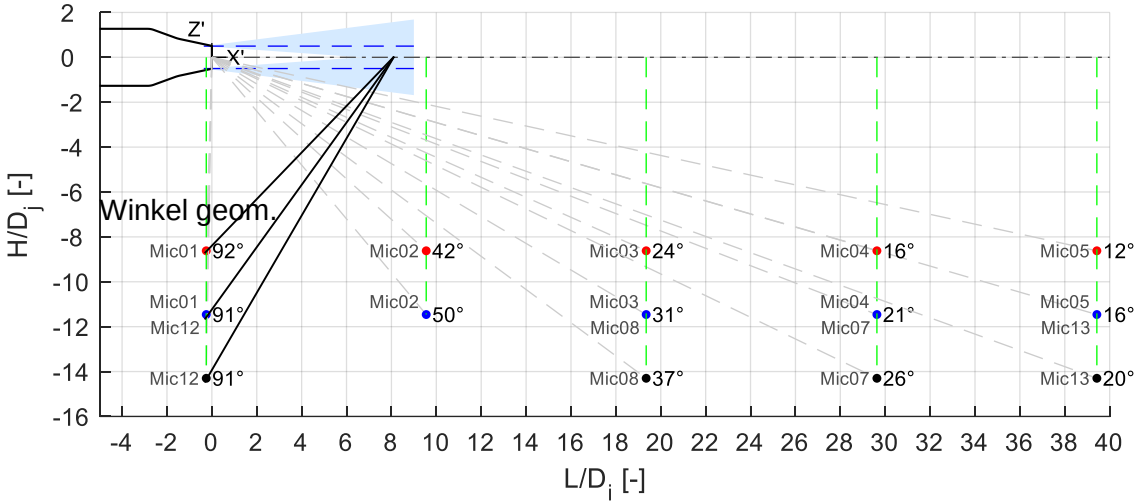


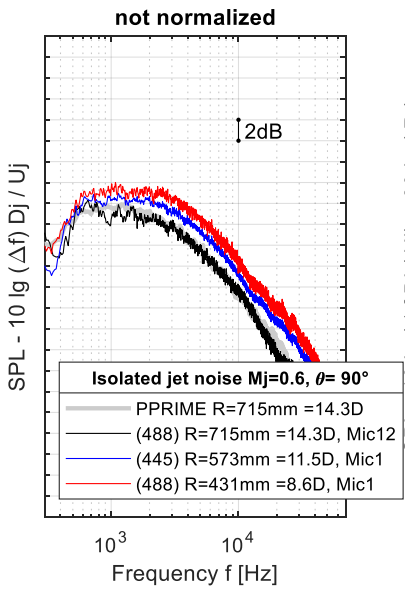
Das Triebwerksgeräusch skaliert nicht gut in Bezug auf die Düse.

Zwei Deutungsmöglichkeiten:
(1) Rot = zu nahe an der Quelle
(2) Quelle ist woanders als gedacht.

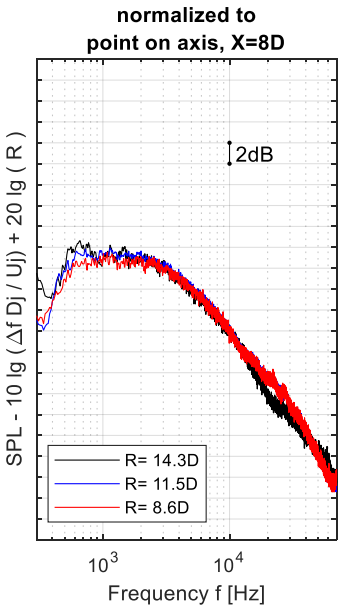
Die nominelle geometrische 90°-Position stimmt mit der physikalischen 90°-Position nicht überein.

Skalierung von Strahllärm bei 90° (geometrisch)



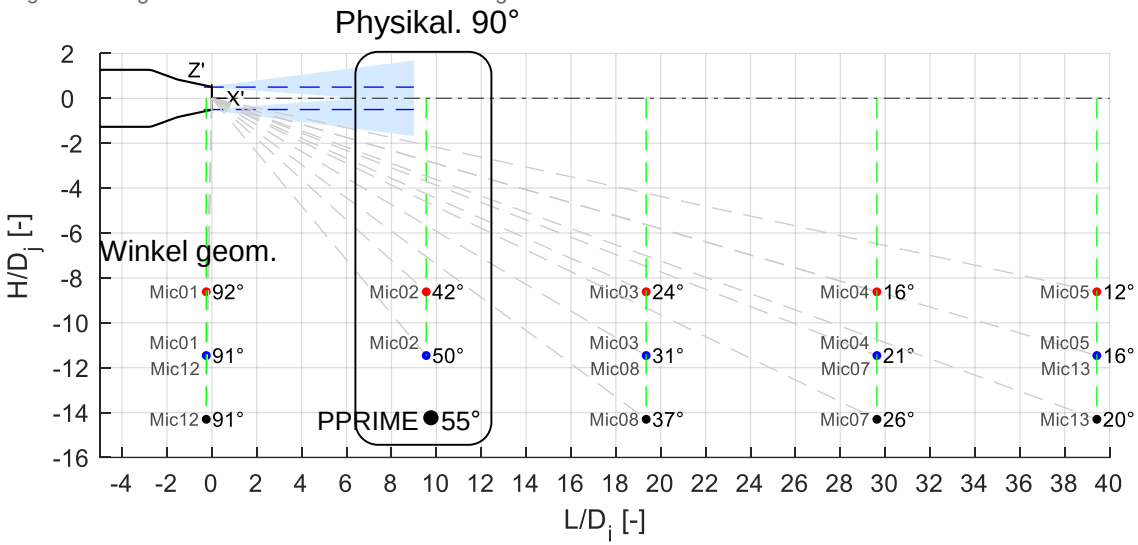


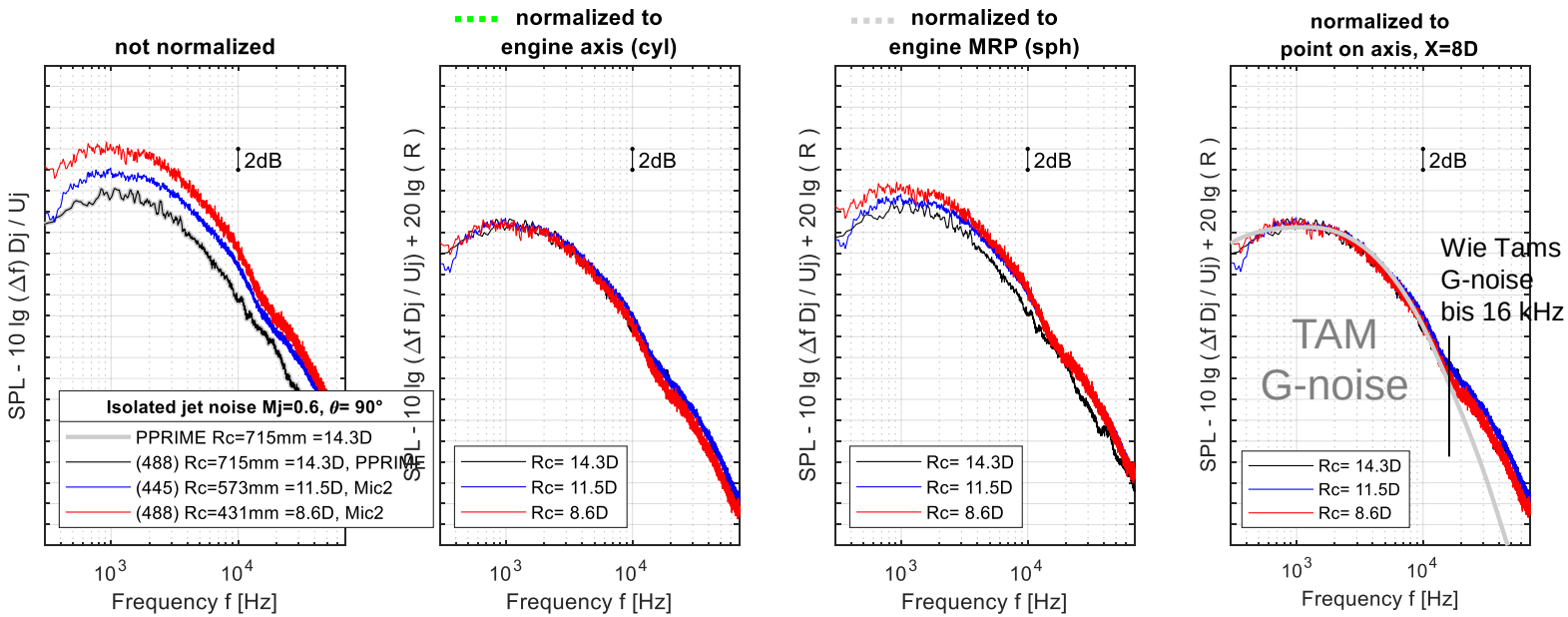
- Der Quellreferenzpunkt sollte sich weiter stromab befinden, mind. bei X=8D



Neue Hypothese: Mic02 == 90° phys.

- Funktioniert!

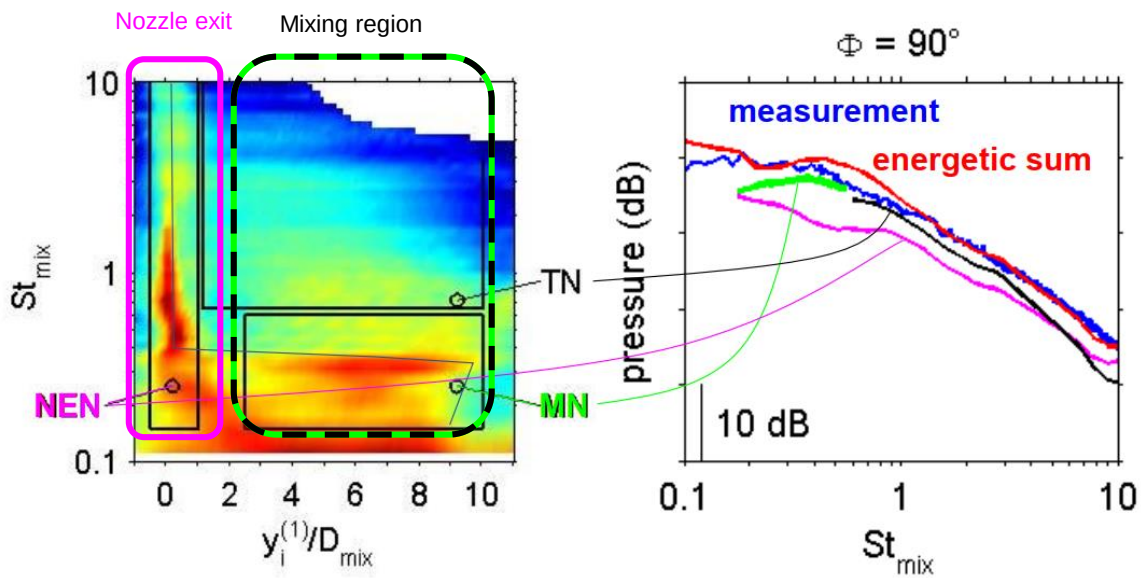




Warum gibt es gute Übereinstimmung im tieffrequenten Bereich und hochfreq. Unterschiede?

- Tieffrequentes Maximum befindet sich eindeutig im Mixing noise - Gebiet
- Hochfrequente Anteile sind auf beide Regionen aufgeteilt

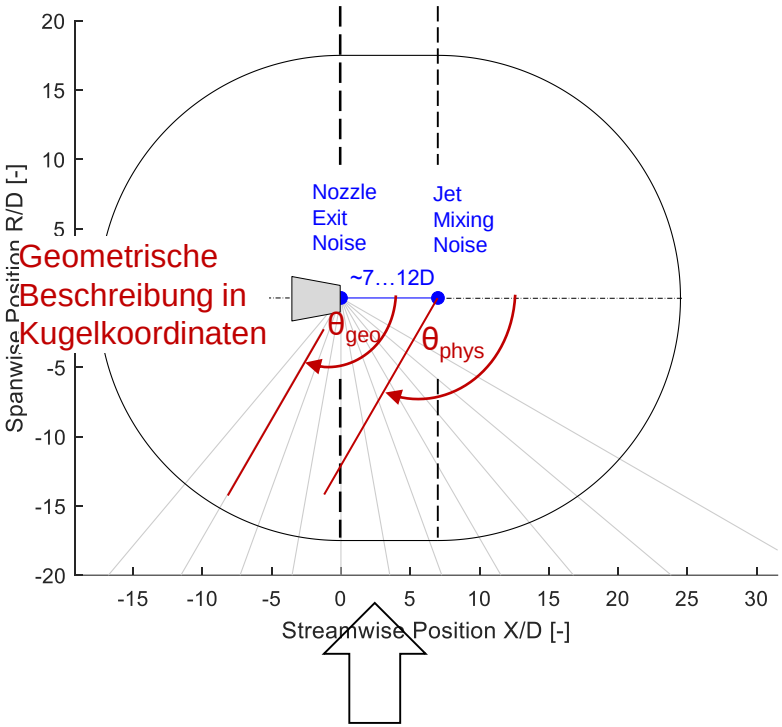
Figure 3.5.: **Jet noise source regions according to Fleury and Davy (ONERA) [15]**



Vincent Fleury and Renaud Davy. Large-scale jet noise testing, reduction and methods validation "exejet": 5. analysis of jet-airfoil interaction noise by microphone array techniques. In 20th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, AIAA AVIATION Forum. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2014.

Mikrofone „nah am Strahl“

Länge Quellgebiet ~ Mikrofonabstand

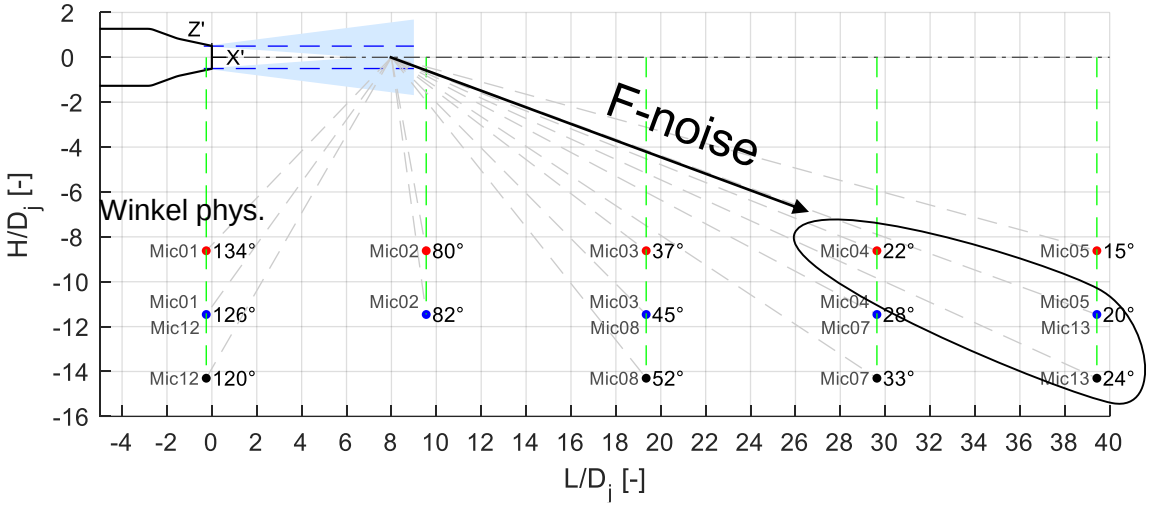


Geometrische Beschreibung in Kugelkoordinaten

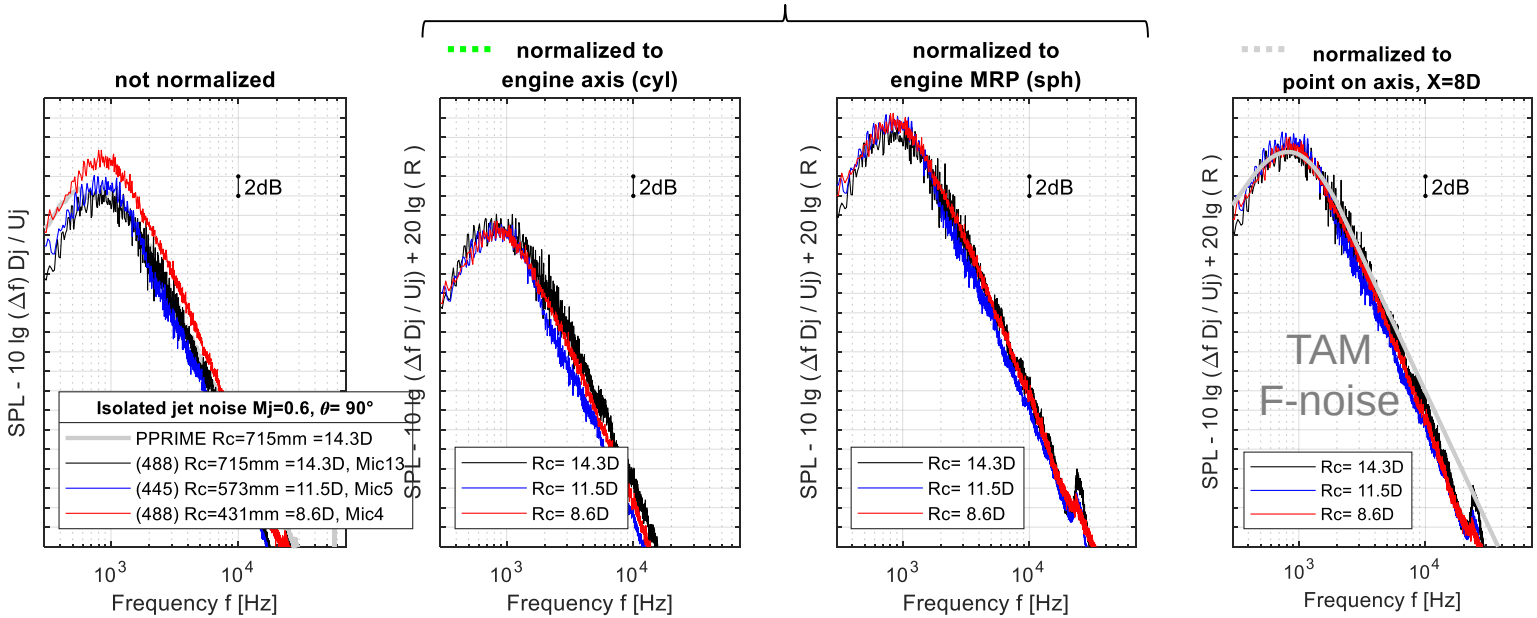
Mögl. Zylindrischer Anteil

Cargo Lifter Hangar | https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Brand_Cargolifter_Halle.jpg

Test F-noise bei 20°

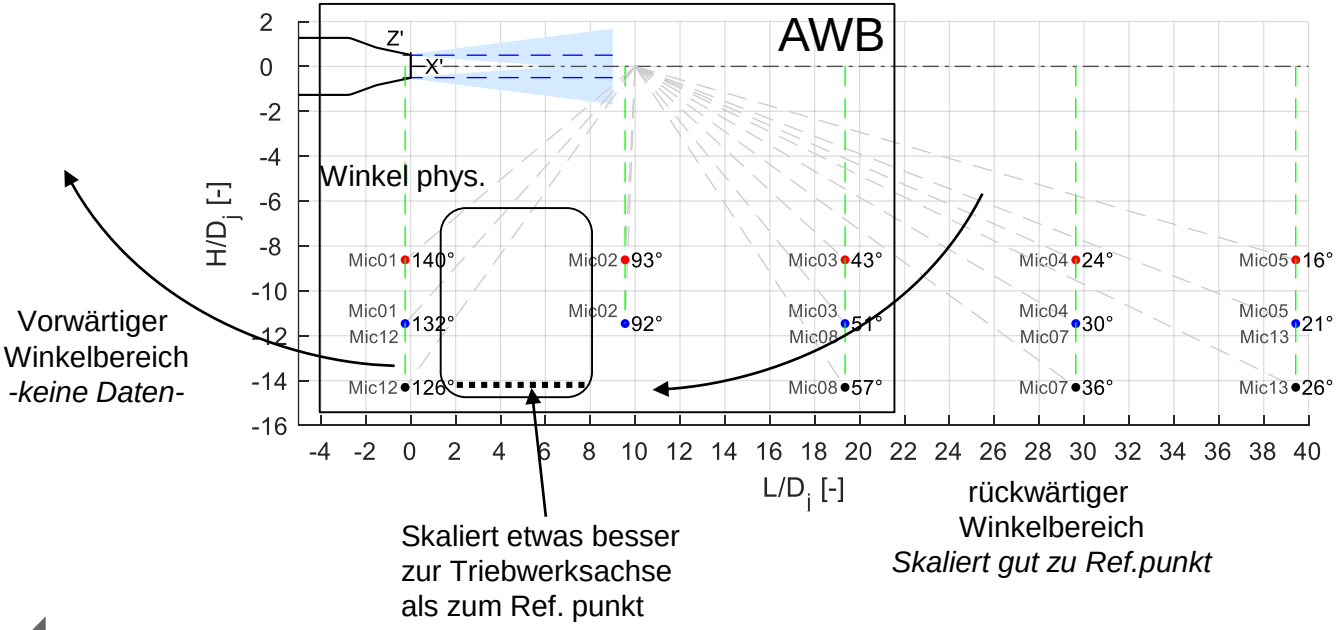


Beide ok, da flache Winkel bzw. geringe Winkelunterschiede



Zusammenfassung

- Das Strahlgeräusch skaliert sehr gut in Bezug auf den tieffrequenten Peak bei X=8…12D
- 20°-Position / F-noise bietet einen sicheren Vergleichspunkt, benötigt aber lange Testräume



Zusammenfassung

- Die Messung im JExTRA zeigt, dass Strahlgeräusch auch in kleinen Testräumen sehr exakt ermittelt werden kann.
- Ein geeignetes Verhältnis aus der Länge des Testraums zur Düse ist wichtig für die Qualifizierung des Aufbaus mit Tams Ähnlichkeitsspektrums (F-Noise, 20°)
- Aus praktischen Gründen werden die Mikrofonpositionen weiterhin in Bezug zum Düsenaustritt angegeben werden. Diese haben reinen nominellen Charakter und erlauben eine eindeutige Zuweisung der Position. Physikalisch sind nominelle Positionen nicht relevant.
- Deshalb sollten die physikalischen Positionen in Bezug auf die stromab gelegene Quellposition (Jet peak) ebenfalls angegeben werden.
- Bei großen Mikrofonabständen R/D>100 oder flachen Winkeln spielt die Unterscheidung zwischen Düsenreferenz und Jet peak Referenz keine Rolle.