

*DIN 45643:2011-02*  
*Umsetzung bei Fraport*

FTU-LL3  
Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen



# *Inhaltsverzeichnis*

Grundlagen der Messtechnik

Änderungen durch neue DIN

- Messverfahren
- Bestandteile der Berichterstattung

Zeitlicher Überblick der Softwareanpassungen

Glossar / Abruf weiterer Informationen

# Grundlagen der Messtechnik



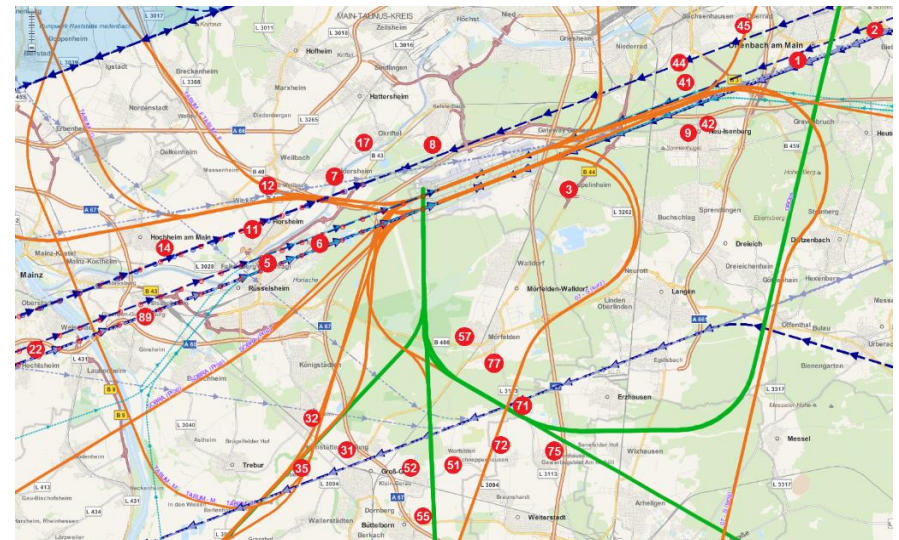
# Grundlagen der Messtechnik Messstationen der Fraport AG

Seit 1964 werden am Frankfurter Flughafen kontinuierliche Schallmessungen durchgeführt. Damit war er Europas erster Flughafen, der die durch an- und abfliegende Luftfahrzeuge entstehenden Geräusche überwacht.

**Aktuell:** 29 stationäre Messstellen und 3 mobile Messcontainer, die von den Gemeinden bei der Fluglärmkommission oder der Fraport AG beantragt werden können.

Die Daten eines Fluggeräusches und der jeweils korrelierten Flugbewegung sind online über das Fraport Online-Tool FRA.NoM ablesbar.

Die Daten dienen als Basis der Berichterstattung und weiterer Auswertungen.



# Grundlagen der Messtechnik

## Einführung der neuen DIN

Das Deutsche Institut für Normung setzt mit der DIN 45643 „*Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen*“ einen Standard für die Kenngrößen zur Beschreibung und Beurteilung von Fluggeräuschen und definiert die Anforderungen an Messgeräte, Messanlagen und die Auswertung für unbeobachtete Messungen (Fluglärm-Überwachungsgeräte).

Alte Version: Oktober 1984

Neue Version: Februar 2011

Durch die Festlegung dieses Standards ist die Vergleichbarkeit der verschiedenen Flughäfen gewährleistet.



# Grundlagen der Messtechnik

## Anforderung an Messstandorte

Nach DIN 45643 sind die Anforderungen an die Messstandorte:

- Vermeidung möglicher Störungen durch andere Geräuschquellen (Straßenverkehr, Industrie, frei lebende Tiere, Freizeitaktivitäten usw.)
- Berücksichtigung möglicher Hinderniswirkungen durch Gelände und Gebäude
- Geringer Einfluss von Reflexionen durch andere Flächen als dem Erdboden auf das Mikrofon. Als Mindestforderung müssen alle akustisch relevanten reflektierenden Flächen außer dem Erdboden mindestens 10 m vom Mikrofon entfernt sein, um eine möglichst geringe Unsicherheit bei den Schallpegelmessungen zu gewährleisten.



# Grundlagen der Messtechnik

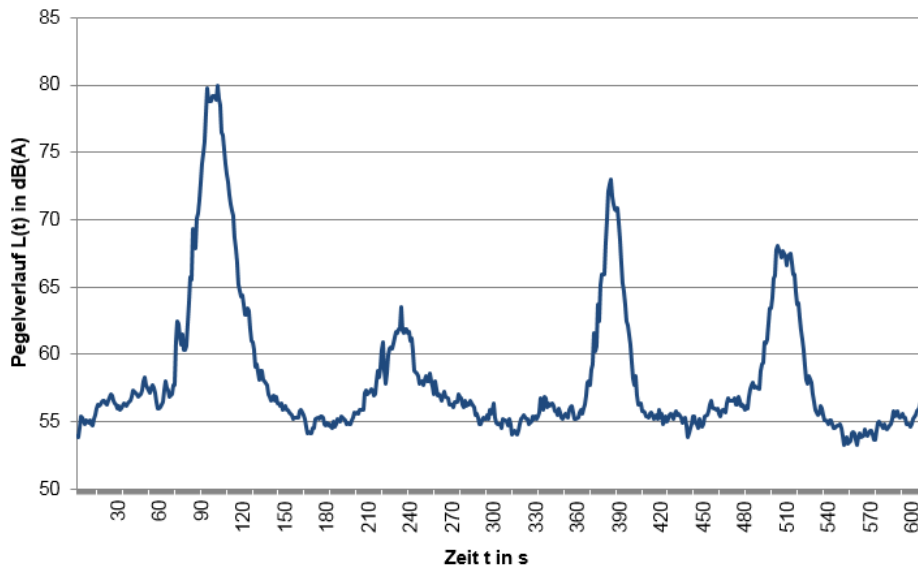
## Schalldruckpegel

Fluggeräusche werden an den Messstationen mithilfe von Schalldruckpegelmessgeräten erfasst.

Die Stärke eines Schallereignisses wird als Schalldruckpegel in Dezibel (dB) angegeben. Dieser wird an den Messstationen kontinuierlich gemessen.

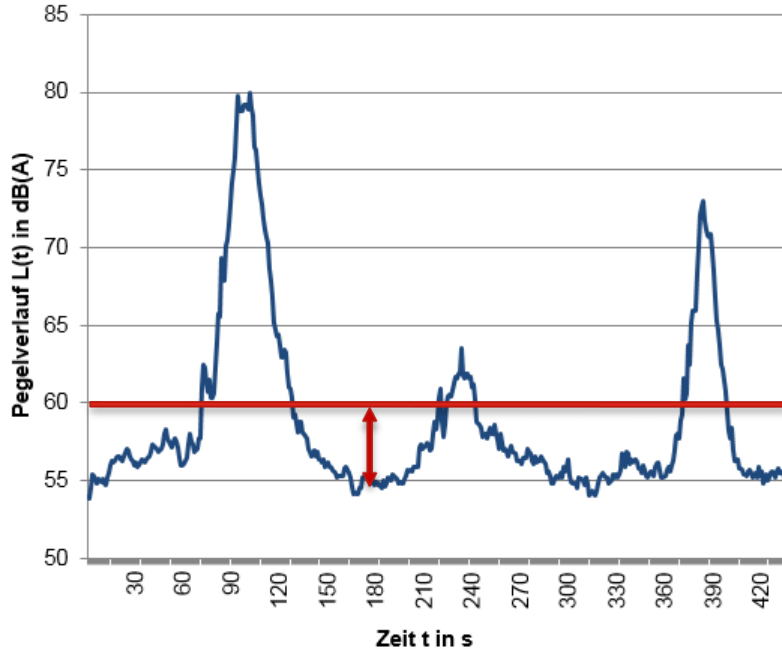
Zeitlicher Verlauf des AS-bewerteten Schalldruckpegels  $L_{p,AS}(t)$ :

- A-Bewertung gewichtet die Frequenz bei den Messungen entsprechend der Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs mittels eines Filters  $\rightarrow$  dB(A)
- S-Bewertung („Slow“) reagiert langsamer auf impulsartige Geräusche



# Grundlagen der Messtechnik

## Messschwelle



Liegen die Pegel der Messschwelle und der Hintergrundgeräusche zu dicht beieinander, überlagern sich Flug- und Fremdgeräusche.

Daher:

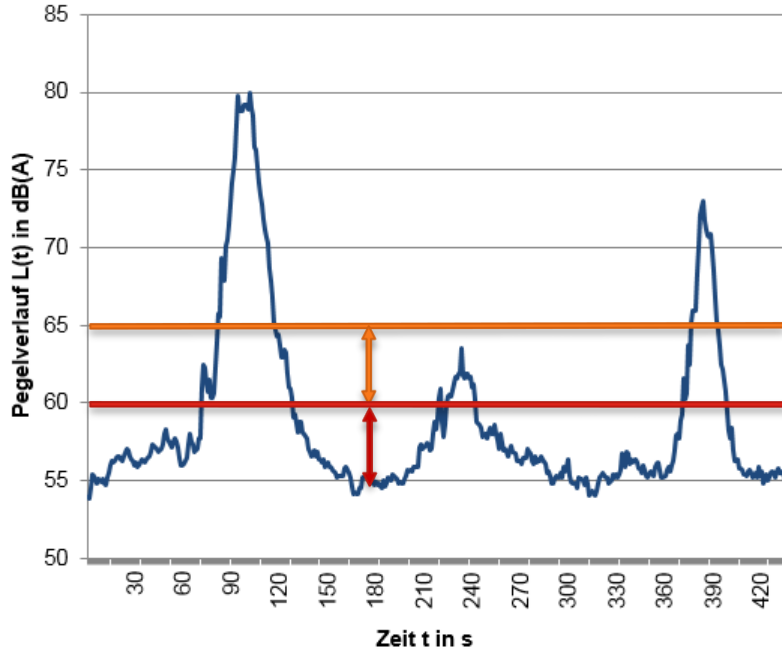
**Messschwelle**, die mindestens um den in der DIN festgesetzten Wert von 5 dB über dem Hintergrundpegel liegt. Sie wird für jede Messstation individuell bestimmt.





# Grundlagen der Messtechnik

## Maximalpegelschwelle



Der Schallpegel erreicht seinen Höchstwert, den Maximalpegel, in der Regel, wenn das Flugzeug den geringsten Abstand zur Messstation hat. Der Pegel muss die Messschwelle um den in der DIN festgesetzten Wert, die **Maximalpegelschwelle**, überschreiten. Der Wert beträgt 5 dB.



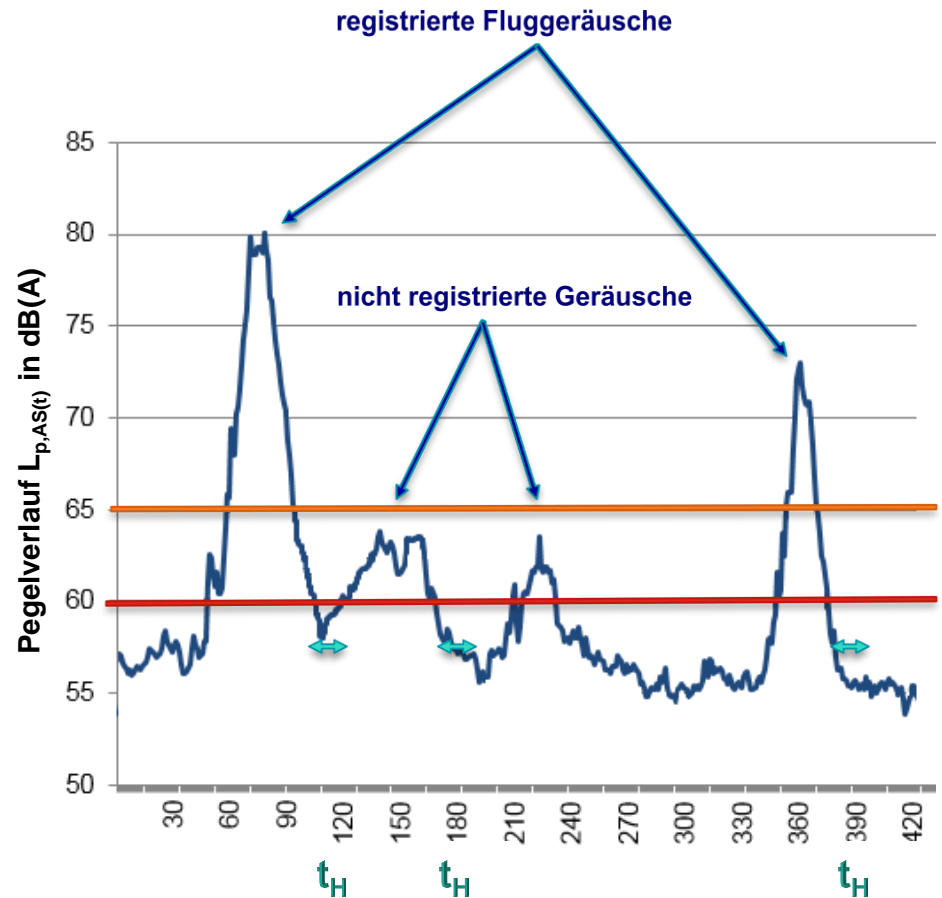
# Grundlagen der Messtechnik

## Lärmereigniserkennung

Ein Fluggeräusch wird als solches erkannt, wenn die folgenden akustischen Kriterien erfüllt sind:

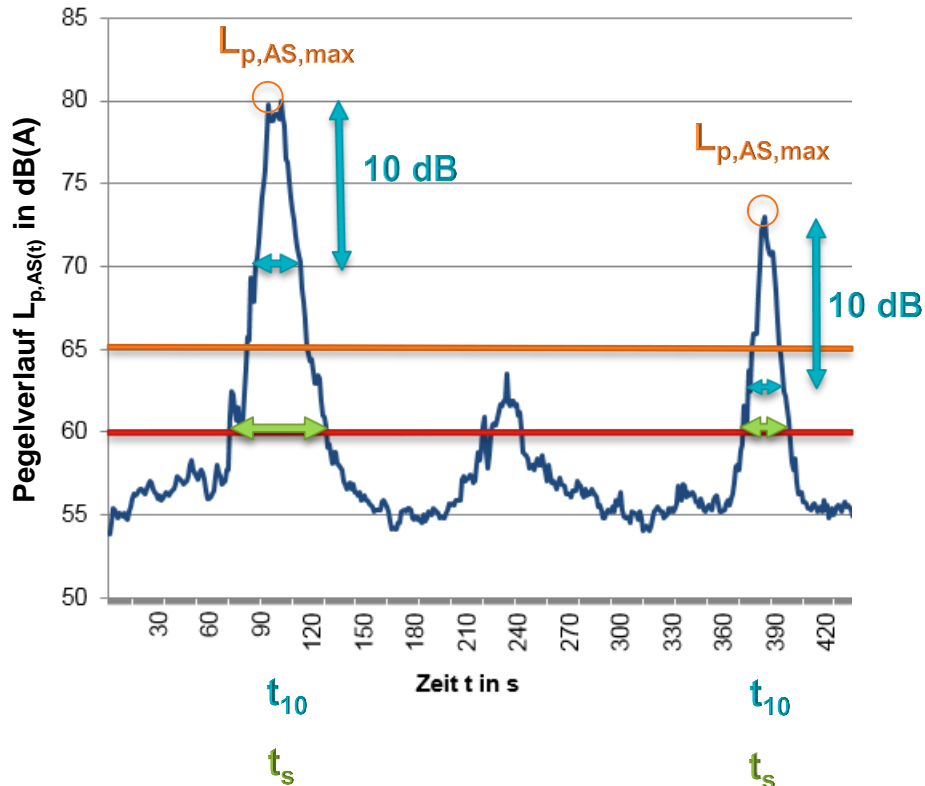
- Die **Messschwelle**  $L_{p,AS,MSchw}$  wird um einen bestimmten Betrag (**Maximalpegelschwelle**) und eine Mindestzeit  $t_M$  überschritten.
- Ein Ereignis ist beendet, wenn der Pegel nach Unterschreiten der Messschwelle innerhalb der **Horchzeit**  $t_H$  nicht wieder über die Schwelle steigt.

Die Mindestzeit  $t_M$  und die Horchzeit  $t_H$  werden an jeder Messstation individuell eingestellt. In der Regel betragen sie je 5 Sekunden.



# Grundlagen der Messtechnik

## Kenngrößen



$L_{p,AS,max}$ : Maximalpegel eines Einzelereignisses

$t_{10}$ : Zeitraum, währenddessen der Pegel nicht mehr als 10 dB unter dem Maximalpegel des Ereignisses liegt (= 10 dB-down-time)

$t_s$ : Länge eines Schallereignisses bzw. Dauer der Überschreitung der Messschwelle



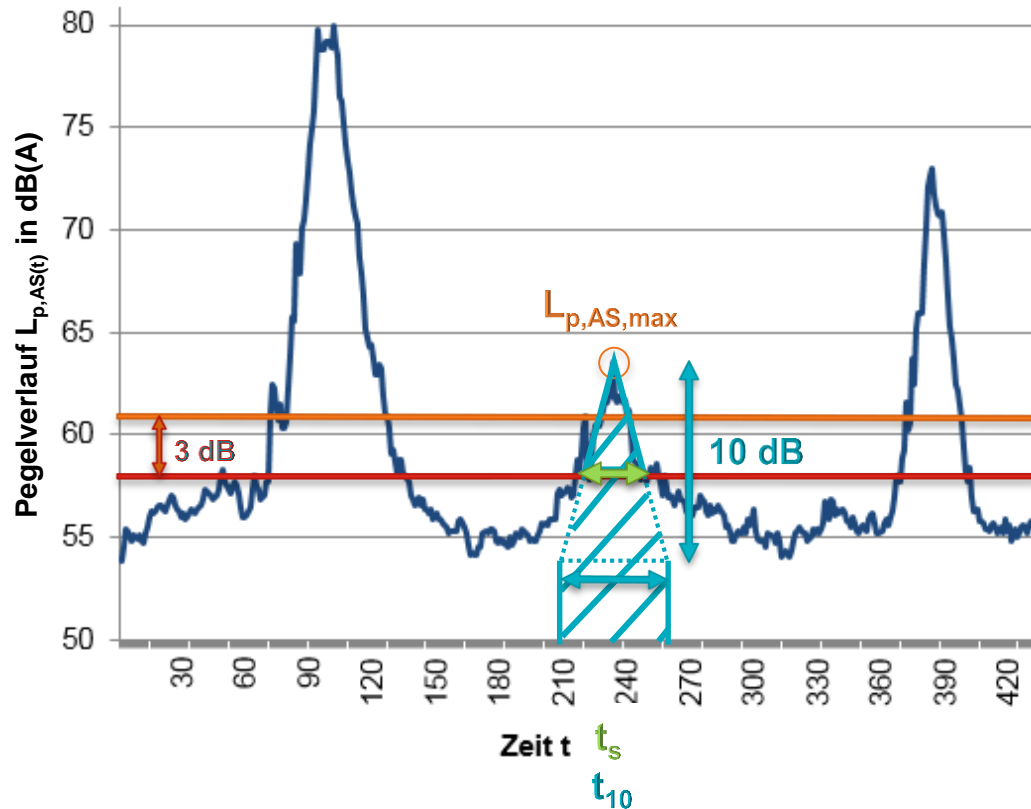
*Änderungen durch  
neue DIN 45643:2011-02*

# Messverfahren

## Altes Messverfahren

Maßgebende Kenngröße zur Berechnung von Dauerschallpegeln nach alter DIN (1984):

- Einzelschallpegel  $L_{AX}$  aus Maximalpegel  $L_{AS,max}$  und 10 dB-down-time abgeleitet
- **Messschwelle** liegt mind. 3 dB über Hintergrundpegel
- **Maximalpegelschwelle** liegt mind. 3 dB über Messschwelle
- Bestimmung von  $t_{10}$  durch Messung oder durch Dreiecksnäherung



Dreiecksnäherung:



Aus  $t_s$  und  $L_{AS,max}$  wird zunächst ein Dreieck gebildet.



Die Schenkel des Dreiecks werden verlängert, bis das Dreieck eine Höhe von 10 dB erreicht.



$t_{10}$

Die  $t_{10}$ -down-time muss somit nicht vollständig gemessen werden, sondern kann per Dreiecksnäherung nachempfunden werden.




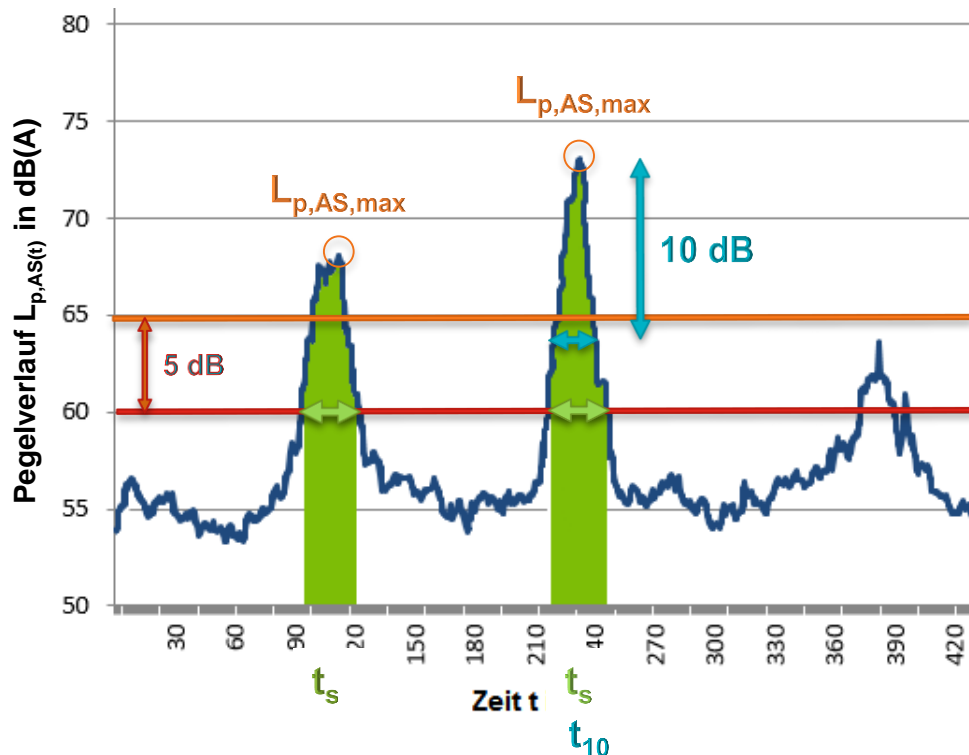
Der schraffierte Bereich trägt zum  $L_{AX}$  bei.

# Messverfahren

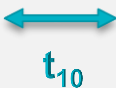
## Neues Messverfahren

Maßgebende Kenngröße zur Berechnung von Dauerschallpegeln nach neuer DIN (2011):

- Einzelschallpegel SEL (Sound-Exposure-Level) mittels Integration über den Schalldruckpegelverlauf  $L_{p,AS(t)}$  und das Zeitintervall  $t_s$  bestimmt
- **Messschwelle** liegt mind. 5 dB über Hintergrundpegel
- **Maximalpegelschwelle** liegt mind. 5 dB über Messschwelle
- Bestimmung von  $t_{10}$  durch Messung



Integration über  $L_{p,AS(t)}$  und  $t_s^*$



Die  $t_{10}$ -down-time kann nur durch Messung vollständig bestimmt werden.

\* Kriterium für die Eignung eines Standortes:  
Die Integrationszeit sollte möglichst größer oder gleich  $t_{10}$  sein.

# Messverfahren

## Vergleich der Einzelschallereignisse

Beispiel einer Messstation mit Messschwelle  $L_{p,AS,MSchw}$ : 60 dB

$L_{AS,max}$	$t_{10}$ [sec]	$t_s$ [sec]	$L_{AX}$ [dB(A)]	SEL [dB(A)]	$L_{AX} - SEL$ [dB]
65,3	40	21	78,3	75,9	2,4
67,2	37	27	79,9	77,9	2,0
70,5	26	27	81,6	79,7	1,9
75,7	18	39	85,2	84,4	0,8
79,3	18	35	88,8	88,8	0,0

Der SEL ist in der Regel kleiner als der  $L_{AX}$ .

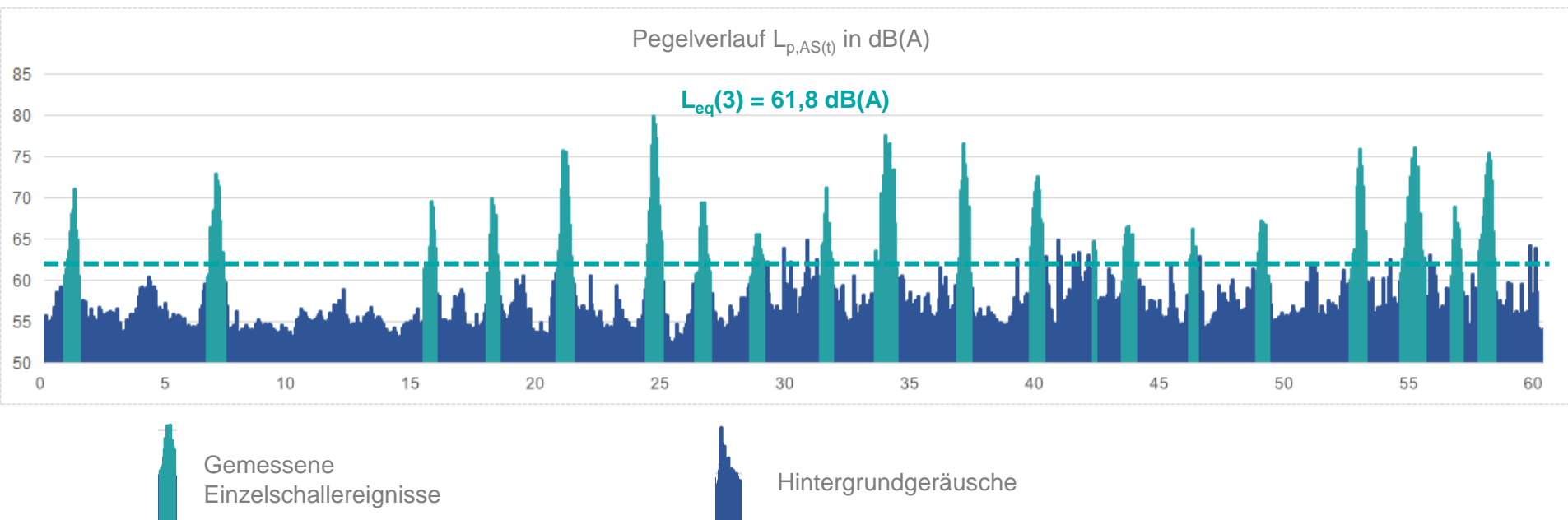
Je geringer der Maximalpegel, desto größer der Unterschied.

# Bestandteile der Berichterstattung

## Dauerschallpegel

Der energieäquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}(3)$  stellt einen gemittelten Pegel aller Einzelschallereignisse in einem bestimmten Zeitraum dar. Die Schallenergie des Dauerschallpegels ist daher äquivalent zur Schallenergie aller gemessenen Fluggeräusche.

Entgegen des früheren Setzens von Standardpegeln für nicht messtechnisch erfasste Fluggeräusch-Ereignisse werden nach dem neuen Messverfahren keine Standardpegel mehr verwendet.





# Warum wird der Dauerschallpegel nach dem neuen Messverfahren zumeist niedriger sein?

## Übersicht der Gründe

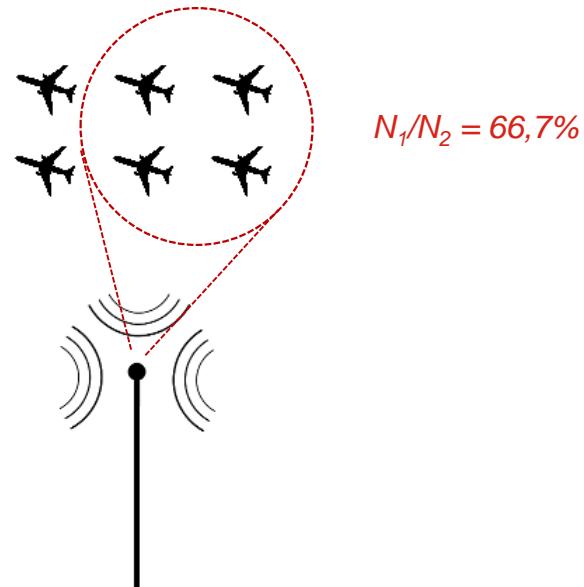
	<b>L<sub>AX</sub> (DIN 45643:1984-10)</b>	<b>SEL (DIN 45643:2011-02)</b>	<b>Anmerkung</b>
<b>L<sub>AS,max</sub> über Messschwelle</b>	Mindestens 3 dB	Mindestens 5 dB	Das Kriterium an den Maximalpegel bleibt beim SEL gegenüber dem LAX unverändert, wenn die Messschwelle zwei dB abgesenkt wird.
<b>Ereignisdauer</b>	t <sub>10</sub> : Bei nicht vollständiger messtechnischer Erfassung Interpolationsverfahren über Dreiecksnäherung	t <sub>s</sub> : Nur messtechnisch erfassbar	Ist beim Großteil der gemessenen Ereignissen die t <sub>s</sub> -Zeit kleiner als die t <sub>10</sub> -Zeit, dann fallen die SEL-Werte für den überwiegenden Anteil der Fluggeräusche deutlich kleiner aus als die entsprechenden LAX-Werte. Dies trifft auf 19 der 29 Messstationen zu.
<b>Standardpegel</b>	Fluggeräusche, die nicht messtechnisch erfasst wurden, da deren Maximalpegel unterhalb der Maximalpegelschwelle lag, wurden durch Standardpegel berücksichtigt.	Keine Standardpegel	

# Bestandteile der Berichterstattung

## Aufgabenstellungen der Messstationen und Erfassungsrate

- Aufgabenstellung:  
Es werden an jeder Messstelle die Luftfahrzeugbewegungen definiert, welche relevant zur Schallimmission beitragen.
- Erfassungsrate  $N_1/N_2$ :  
„Mindestens 50% aller entsprechend der Aufgabenstellung der Messstelle relevant zur Schallimmission am Messort beitragenden Fluggeräusch-Ereignisse müssen richtig als Fluggeräusch-Ereignisse eingeordnet werden.“ (\*)
- Anforderung an die Erfassungsrate:

$$\frac{\text{Anzahl erfasster Fluggeräusch-Ereignisse}}{\text{Anzahl relevanter Luftfahrzeugbewegungen}} = \frac{N_1}{N_2} \geq 0,5$$

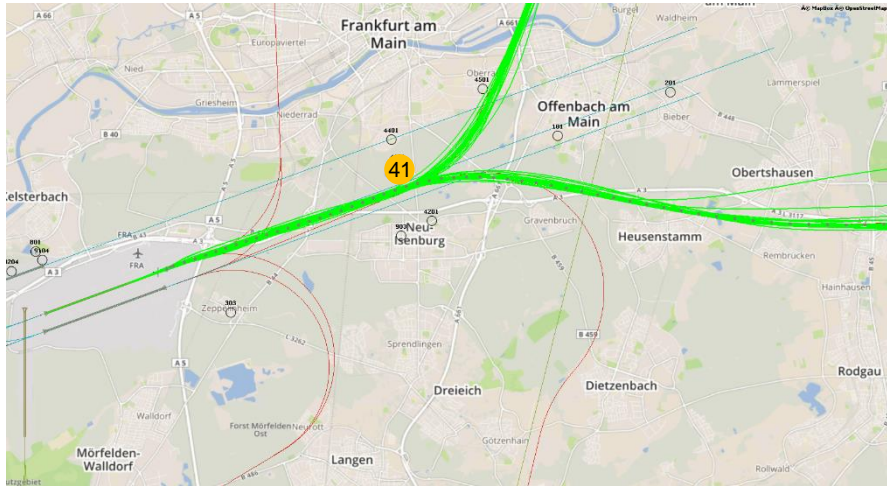


(\*) Zitat: DIN 45643, 2011-02

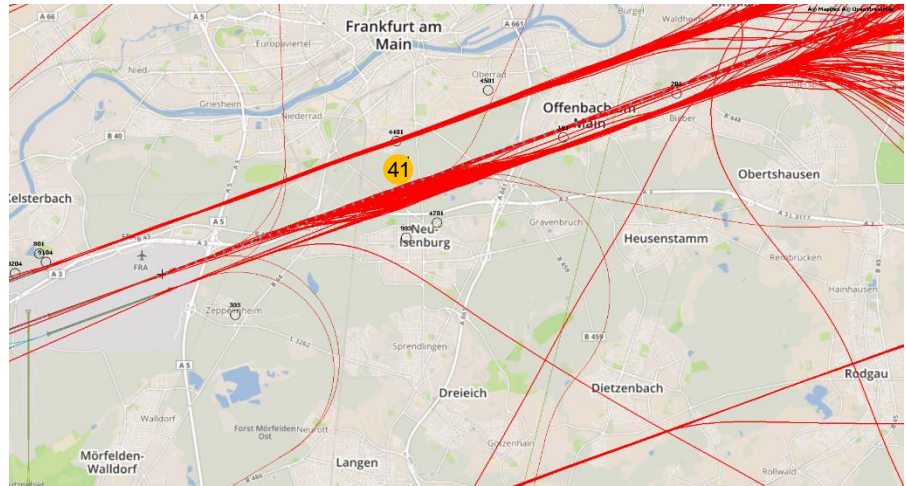
# Bestandteile der Berichterstattung

## Beispiel Messstation 41

### Abflüge Ostbetrieb



### Anflüge Westbetrieb



Abflüge	N1	N2	N1/N2	N1/N2 >50%?
07N(lang), 07Ost, 07S(lang)	48	52	92,3%	

Anflüge	N1	N2	N1/N2	N1/N2 >50%?
25R, 25C, 25L	155	503	30,8%	

	N1	N2	N1/N2	N1/N2 >50%?
Abflüge (07N(lang), 07Ost, 07S(lang)) und Anflüge 25R, 25C, 25L	203	555	36,6%	

# Bestandteile der Berichterstattung

## Ausfallzeiten

Beispiel:

Zeitraum				Dauer / Min.			Ursache
Beginn		Ende		Tag	Nacht	Gesamt	
27.03.2017	09:00:00	27.03.2017	14:00:00	300	0	300	Technische Mängel

- Zeiträume, in denen Messanlagen z.B. aus technischen Gründen nicht verfügbar oder Messwerte wegen Störung durch Wettereinflüsse nicht verwendbar sind
- Die Fluggeräusch-Ereignisse werden entsprechend markiert und weder die Ausfallzeit noch die gemessenen Fluggeräusch-Ereignisse werden in Auswertungen einbezogen.

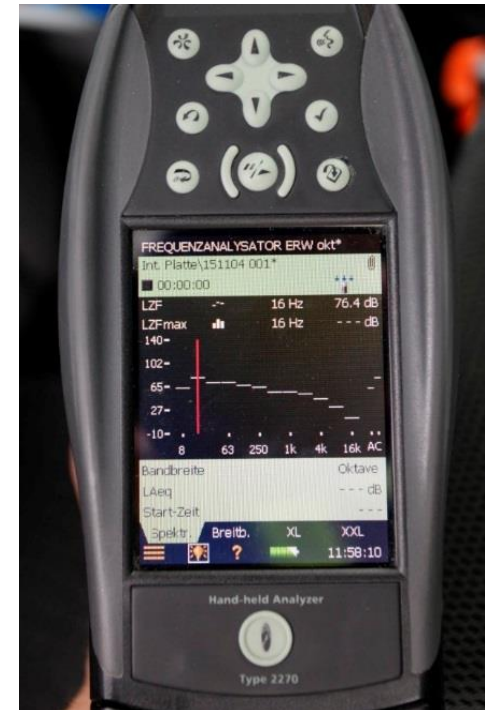
# Bestandteile der Berichterstattung

## Wesentliche Unterschiede zu DIN 45643:1984-10

- Berichterstattung Dauerschallpegel eines Monats:

Fluggeräusch (Aircraft noise)			Gesamtgeräusch (Total noise)		
LeqTag	LeqNacht	LDEN	LeqTag	LeqNacht	LDEN

- Gesamtgeräusch zusätzlich zu Fluggeräusch
- Dauerschallpegel  $L_{eq,Tag}$ : für die Tagesstunden von 06-22 Uhr
- Dauerschallpegel  $L_{eq,Nacht}$ : für die Nachtstunden von 22-06 Uhr
- Zusätzlich: Dauerschallpegel  $L_{DEN}$ : über 24 Stunden gemittelt. Zur Berücksichtigung der erhöhten Störfwirkung in den Ruhezeiten bekommen die Immissionen am Abend einen Zuschlag von 5 dB, in der Nacht von 10 dB.
- Bei Monatsberichten sind zusätzlich zu den Dauerschallpegeln über den Monat die Tageswerte der Fluggeräusche für Tag und Nacht anzugeben.
- Ein Dauerschallpegel ist nur dann zu ermitteln, wenn der Anteil der Ausfallzeit im betrachteten Zeitintervall weniger als 50% beträgt.

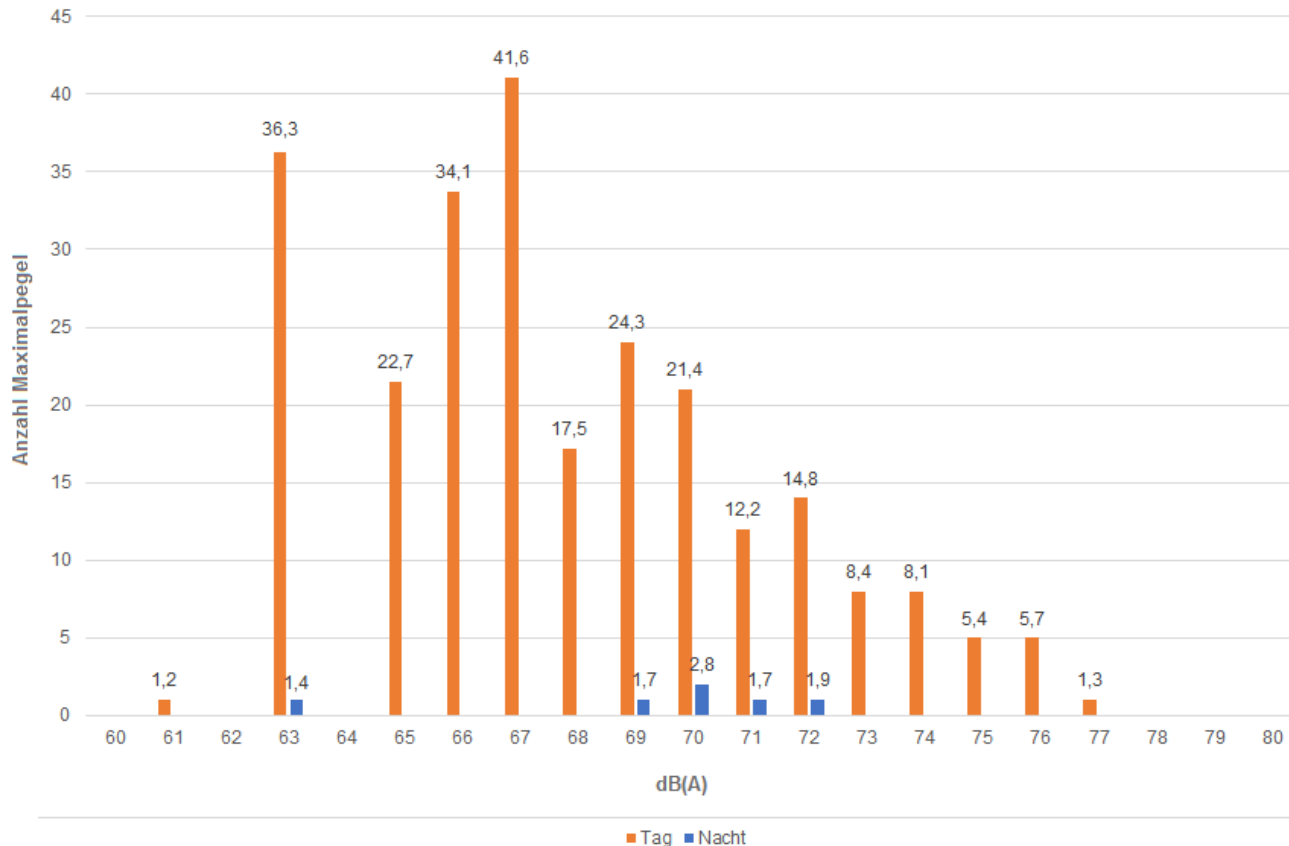


# Bestandteile der Berichterstattung

## Maximalpegelverteilung

Für jede Messstation wird pro Monat die Anzahl der gemessenen Fluggeräusche pro Tag angegeben.

Es wird zwischen Tag (06-22 Uhr) und Nacht (22-06 Uhr) unterschieden.



Nach neuer DIN soll die Maximalpegelverteilung in 1 dB-Schritten (früher: 5 dB-Schritte) angegeben werden.



*Zeitlicher Überblick der  
Softwareanpassungen*

# Zeitlicher Überblick der Softwareanpassungen

## September 2016:

Inbetriebnahme von drei parallelen Messanlagen in neuer Software für Testzwecke

## Oktober 2016:

- Änderung des Maximalpegelkriteriums von 3 dB auf 5 dB in alter Software
- Gleichzeitige Absenkung der Messschwellen um 2 dB, um gleiche Anzahl von Events zu erfassen; wenige Ausnahmen wegen zu hoher Hintergrund-/ Fremdgeräuschbelastung → Erfassungsraten der Fluggeräusche blieben konstant

## November 2016 bis März 2017:

Herstellerseitige Umsetzung und Tests der für die DIN wesentlichen Funktionen

## 27. März bis 6. April 2017:

Anbindung der Messanlage an das neue Softwaresystem

## 19. April 2017:

Sitzung FLK: Grundlagen Information zum geänderten Messverfahren

## April/Mai 2017:

- Anpassungen der Berichterstellung
- Prüfung der DIN-Konformität der Berichterstattung durch HLNUG

## Juni 2017:

- Veröffentlichung der ersten Messberichte für Mai 2017 nach neuer DIN
- Begleitende Kommunikation zur Erläuterung der Änderungen im Internet

## 21. Juni 2017:

Sitzung FLK: Vorstellung der Inhalte der künftigen Messberichte und der Ergebnisse aus parallelen Messauswertungen





*Glossar /  
Abruf weiterer Informationen*

# Glossar

**dB(A):** Dezibel, die Maßeinheit des Schalldruckpegels. Die dB-Skala ist entsprechend der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs für verschiedene Frequenzen logarithmisch aufgebaut. (A) steht für die Standardbewertung, die diese Frequenzabhängigkeit bei Messungen mittels eines Filters berücksichtigt.

**$L_{AX}$ :** der Einzelereignispegel, der aus  $L_{AS,max}$  und  $t_{10}$  berechnet wird. Bei nicht vollständig gemessener  $t_{10}$ -Zeit kann diese durch eine Dreiecksnäherung genähert werden.

**$L_{DEN}$ :** der über 24 Stunden gemittelte Dauerschallpegel mit den Teilzeiten Day (06-18 Uhr), Evening (18-22 Uhr) und Night (22-06 Uhr). Zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung in der Ruhezeit bekommen die Immissionen am Abend einen Zuschlag von 5 dB, in der Nacht von 10 dB.

**$L_{eq}(3)$ :** der energieäquivalente Dauerschallpegel, der einen gemittelten Pegel der Einzelschallpegel in einem bestimmten Zeitraum darstellt. Die Schallenergie des Dauerschallpegels ist daher äquivalent zur Schallenergie aller Einzelgeräusche. Der Halbierungsparameter  $q=3$  bedeutet, dass der Dauerschallpegel bei einer Verdopplung der Vorbeiflüge an einer Messstelle um 3 dB ansteigt, bei einer Halbierung um 3 dB absinkt.

**$L_{eqNacht}$ :** der energieäquivalente Dauerschallpegel für die Nachtstunden von 22-06 Uhr

**$L_{eqTag}$ :** der energieäquivalente Dauerschallpegel für die Tagesstunden von 06-22 Uhr

**$L_{p,A,E}/SEL$  (Sound-Exposure-Level):** der Einzelereignispegel, dekadischer Logarithmus des Integrals über die quadratischen Schalldruckwerte während des Zeitintervalls  $t_s$ . Er kann mittels energetischer Summation über den Schalldruckpegelverlauf bestimmt werden.

**$L_{p,AS,max}$ :** der maximale Wert im Verlauf des Schalldruckpegels eines Schallereignisses. Für ein gültiges Einzelereignis muss dieser die Messschwelle um mindestens 5 dB überschreiten.

**$L_{p,AS,MSchw}$ :** der Messschwellenpegel, der für jede Messstation individuell bestimmt wird. Ein Geräusch muss die Messschwelle länger als die Mindestzeit  $t_M$  überschreiten, damit es als ein Messereignis erkannt wird. Die Schwelle sollte mindestens 5 dB über dem Hintergrundpegel liegen. Ihr Wert beträgt zwischen 56 und 61 dB.

**$L_{p,AS(t)}$ :** der Schalldruckpegel als Funktion der Zeit mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung S („Slow“).

**$N_1/N_2$ :** das Verhältnis der am Messpunkt ermittelten Fluggeräusche ( $N_1$ ) zu den stattgefundenen Vorbei- und Überflügen, die relevant zur Schallimmission am Messort beitragen ( $N_2$ ). Die Erfassungsrate aller Fluggeräusche an einer Messstelle muss mindestens 50% betragen, d.h.  $N_1/N_2 \geq 0,5$ .

**$t_{10}$  (10-dB-down-time):** eine Messgröße für die Dauer eines Flugzeuggeräusches, während der der Schalldruckpegel eines Geräusches nicht mehr als 10 dB unter dem Maximalpegel des Fluggeräuschs liegt.

**$t_H$ :** die Horchzeit, die zur Trennung verschiedener Einzelschallereignisse festgelegt wird. Ein Ereignis ist beendet, wenn der Pegel nach Unterschreiten der Messschwelle  $L_{p,AS,max}$  innerhalb der Horchzeit nicht wieder über die Schwelle steigt. Sie beträgt in der Regel 5 Sekunden.

**$t_M$ :** die Mindestzeit, die ein Geräusch den Messschwellenpegel  $L_{p,AS,max}$  übersteigen muss, damit es als Einzelereignis gezählt wird. Kurzzeitige Fremdgeräusche werden so nicht als Fluggeräusch interpretiert. Die  $t_M$  beträgt in der Regel 5 Sekunden.

**$t_s$ :** die Länge eines Schallereignisses. Sie entspricht der Dauer der Überschreitung der Messschwelle  $L_{p,AS,max}$ .

# Abruf weiterer Informationen

[www.fraport.de/franom](http://www.fraport.de/franom) (Fraport Noise Monitoring)

[www.fraport.de/fluglaermmessung](http://www.fraport.de/fluglaermmessung) (Messergebnisse)

[www.framap.fraport.de](http://www.framap.fraport.de) (FraMap)

[www.fraport.de/schallschutzinfo](http://www.fraport.de/schallschutzinfo) (Schallschutzinfo Fraport)

[www.forum-flughafen-region.de](http://www.forum-flughafen-region.de) (Forum Flughafen & Region)

[inaa.umwelthaus.org](http://inaa.umwelthaus.org) (INAA - Inspect Noise Assess Announce)





*Gute Reise!*



*Wir sorgen dafür*