# Airbus Defence and Space

## Signature technology group

# Möglichkeiten zur Minderung von WEA-Einflüssen auf digitale Radare der Flugsicherungen im Vergleich

## -Erkenntnisse aus eigenen Projekten und aktuellen Messungen-

Dr.-Ing. A. Frye, Labor für Signaturtechnik

**öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Hochfrequenz- und Signaturtechnik**

Tel. 0421 /538 -2719

November 2017 E-Mail: andreas.frye@airbus.com

Airbus Defence and Space
Abt. Signaturtechnik, Dr. A. Frye
Airbusallee 1
28199 Bremen

AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# Präsentationsgliederung:

1. Offene Fragen zum Beeinflussung digitaler Radare

2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen
   a. am Radar
   b. an der WEA / am Windpark

3. Ergebnisse für eine Musterbefliegung

4. Ergebnisse im Vergleich



AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 1. Offene Fragen zur Wechselwirkungen zwischen WEA und FS- Radaren

***Auch unter Berücksichtigung moderner Signalverarbeitung belasten WEA die Detektion von überfliegenden LFZ gegenüber digitalen Radaren der zivilen und militärischen Flugsicherungen deutlich.***

- ***Welche Einfluss hat die WEA-Anordnung bzw. die Ausdehnung des WP ?***
- ***Welchen Einfluss hat die LFZ-Überflugrichtung ?***
- ***Welchen Einfluss hat die Windrichtung ?***
- ***Was bedeutet eine Fremdabschaltung ?***
- ***Was bedeutet die Richtungssteuerung ?***
- ***Welchen Einfluss haben reflexionsarme Rotorblätter ?***
- ***Welche Maßnahmen sind kombinierbar ?***



AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## a. am Radar ?

## b. an der WEA / am Windpark ?

**Am Radar:**

**a. Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**

**b. Fremdabschaltung von gesamten Windenergieparks**

**An den WEA :**

**c. Richtungssteuerung von WEA / Vermeidung von radarkritischen Richtungen**

**d. Berücksichtigung der Richtungscharakteristik von WEA**

**e. Berücksichtigung der Hauptwindrichtungen**

**f. Berücksichtigung von reflexionsarmen Rotorblättern**



AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

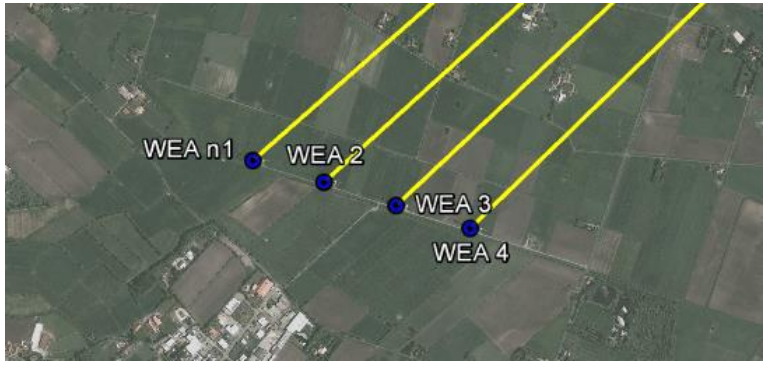
## a. am Radar ?

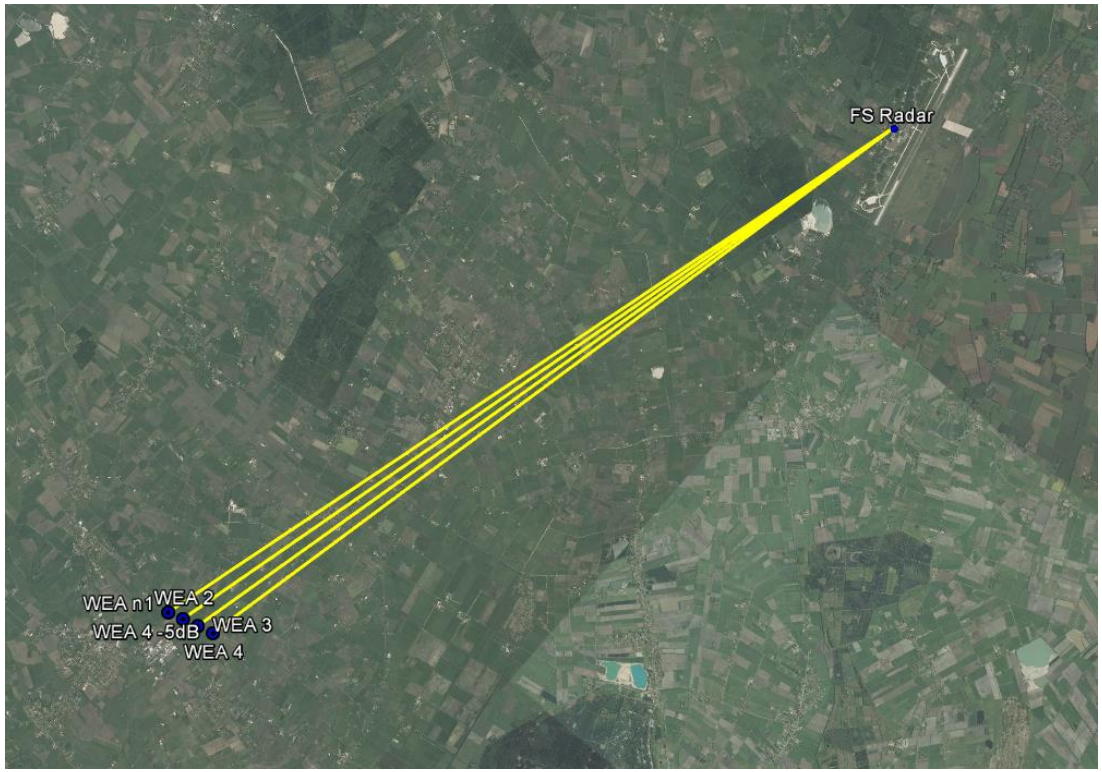
## b. an der WEA / am Windpark ?

Übersicht zum Testwindpark: **Erläuterungen**

**In Abstimmung mit den zuständigen Behörden sind Testflüge über verschiedenen Windparks vorgesehen**

**Beispiel: 4 WEA in einer Reihe**






AIRBUS DEFENCE & SPACE

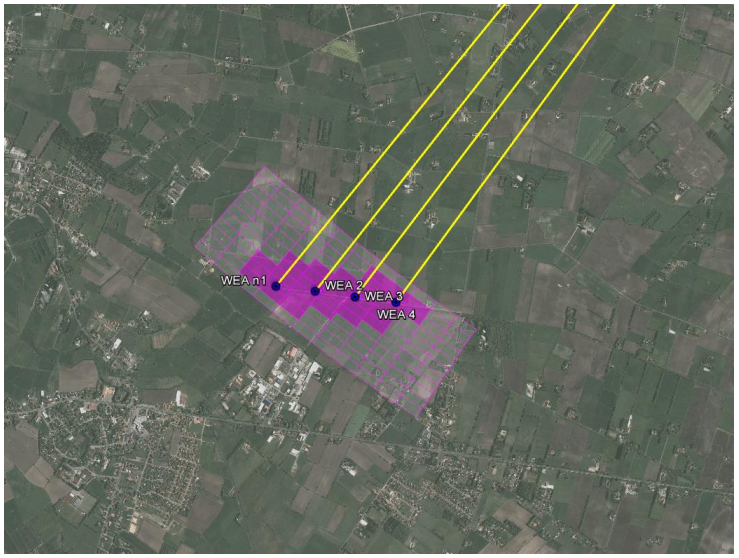
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## a. am Radar ?

## b. an der WEA / am Windpark ?

Übersicht zum Testwindpark: **Erläuterungen**




Ground-Clutter Map:

Rot gekennzeichnet sind die Gebiete, bei den die „Adaption“ des Radarsystems an die Umgebung durch die WEA verändert wird.

**Digital-Clutter Map:**

**Farbig gekennzeichnet sind die Gebiete, bei den die Detektion von LFZ verändert wird:**
**Schwach / mittel / Stark**



AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

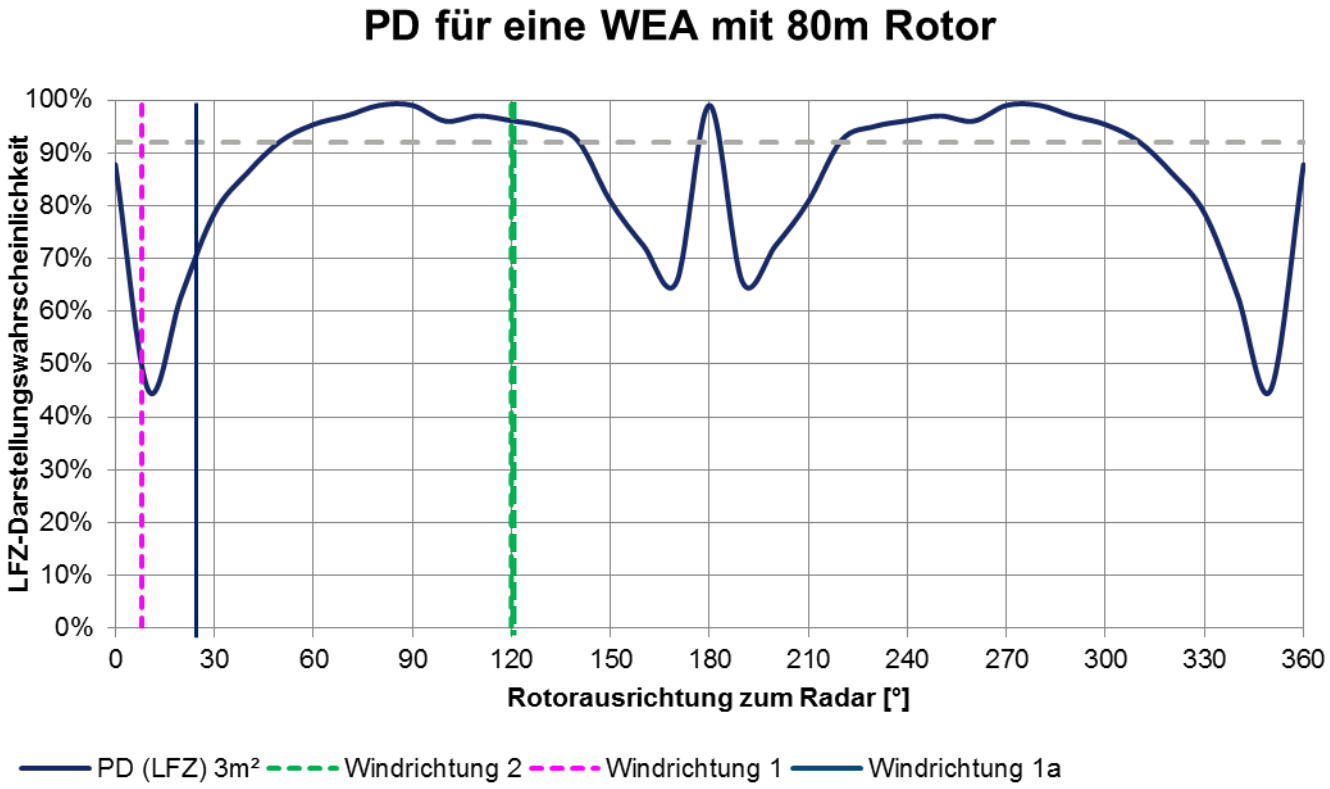
# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen
## a. am Radar ?

**c. Richtungssteuerung von WEA / Vermeidung von radarkritischen Richtungen**

**d. Berücksichtigung der Hauptwindrichtungen**

**e. Berücksichtigung von reflexionsarmen Rotorblättern**

Darstellung der Richtungscharakteristik der WEA : **Rotorebene vs. Reflexionsintensität ( $RQS_{dyn}$.)**




Bei 180° : Rotorachse zeigt zum Radar (bei dieser Orientierung liegt keine Minderung der LFZ-Darstellung vor => 100% )

Bei 120° : Geringer Einfluss auf die LFZ-Darstellung => 95%

Bei 10° : Deutlicher Einfluss auf die LFZ – Darstellung => 45%

Bei 20° : Deutlicher Einfluss auf die LFZ – Darstellung => 63% (bei Vermeidung der Richtung 1)



AIRBUS DEFENCE & SPACE

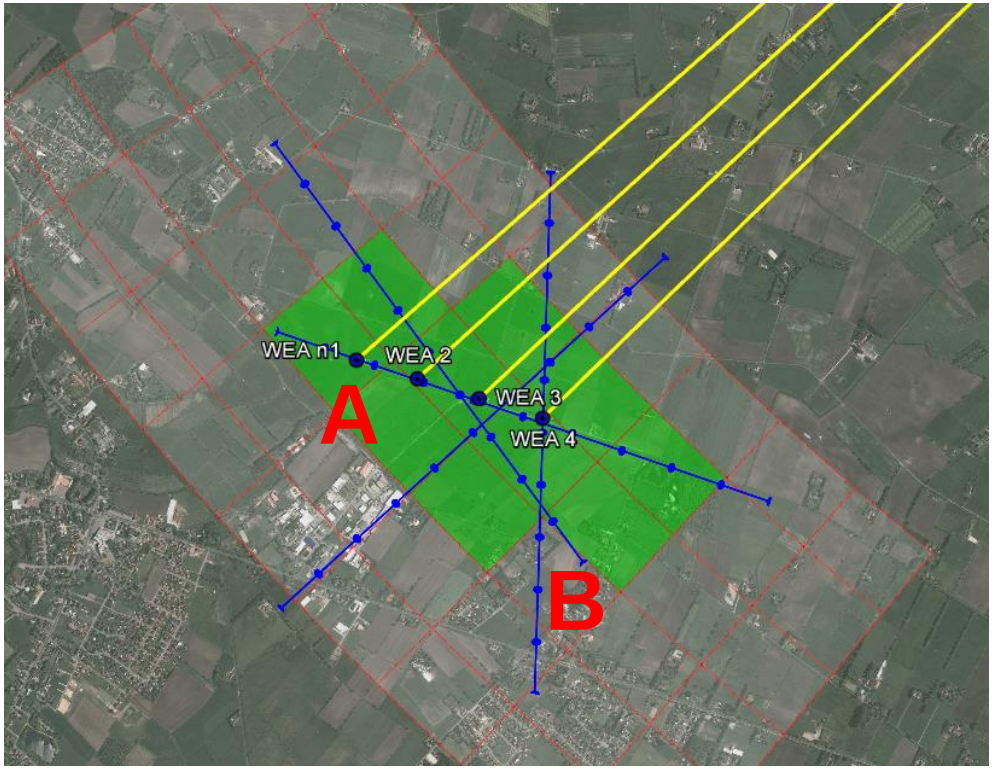
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

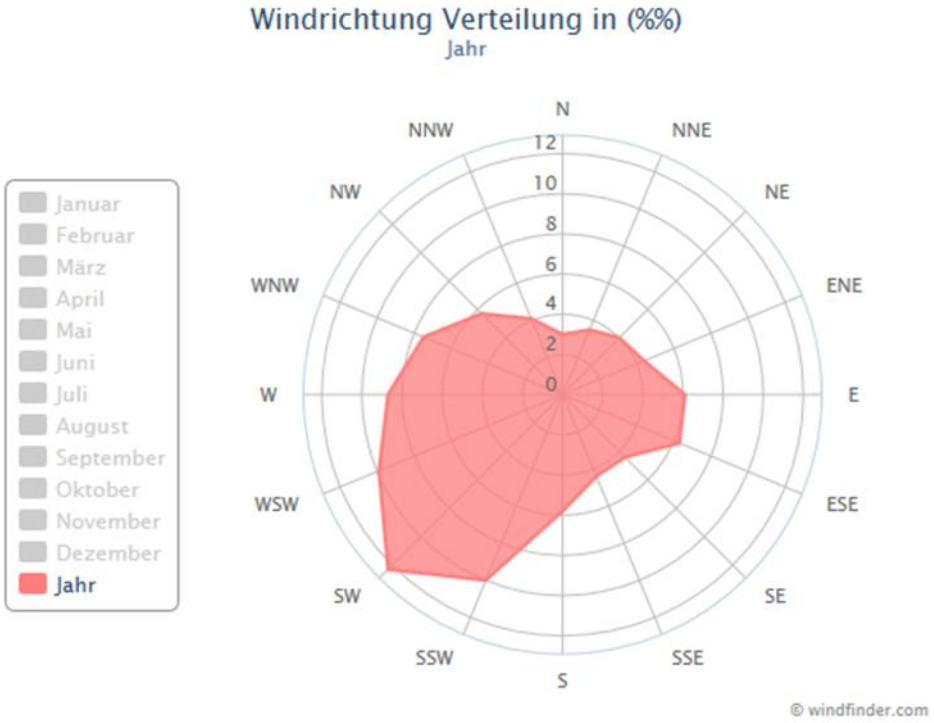
# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## a. am Radar ?

- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

Übersicht zum Testwindpark: alle WEA in Betrieb




Bei einer Windrichtung in Richtung des Radars sind alle Zellen grün,

d.h. kein Einfluss bei Flugweg A und Flugweg B



AIRBUS DEFENCE & SPACE

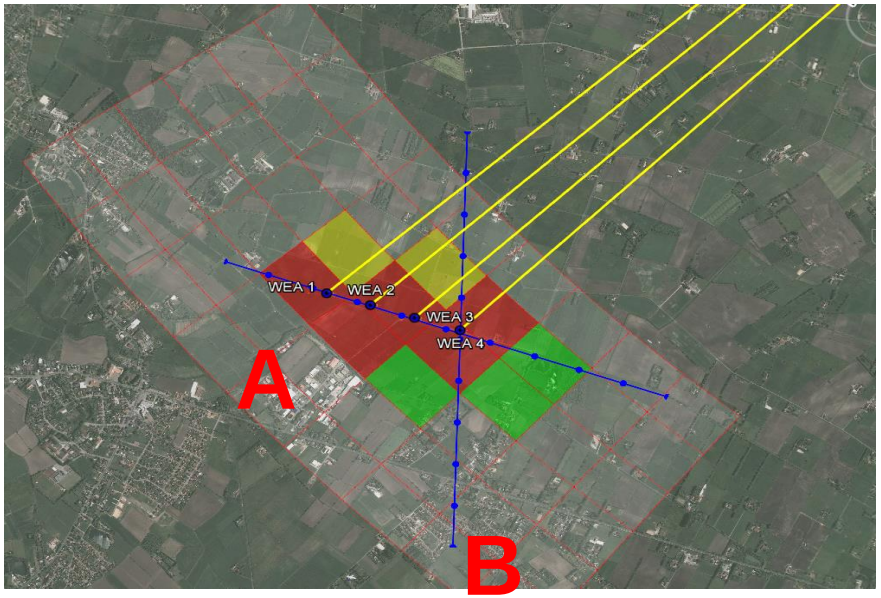
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

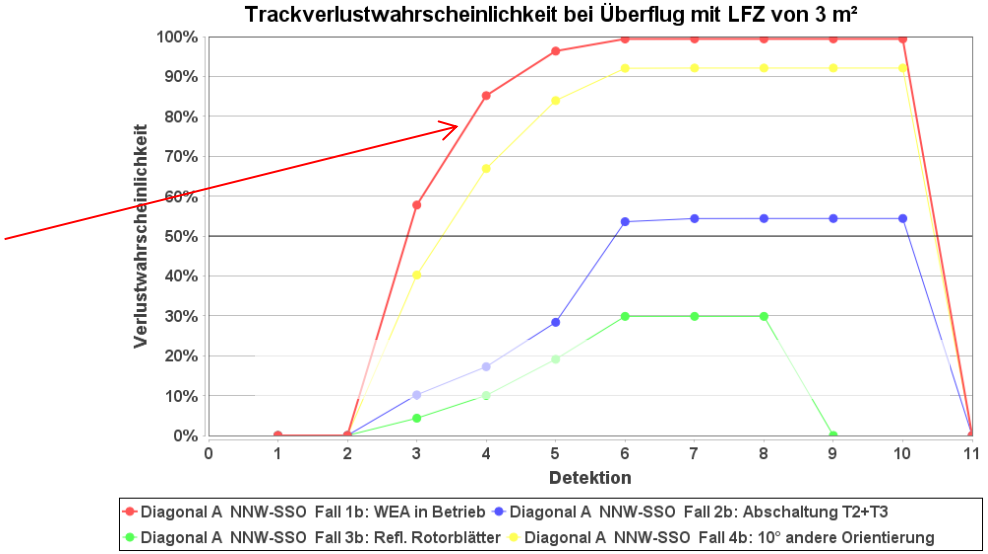
## a. am Radar ?

- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

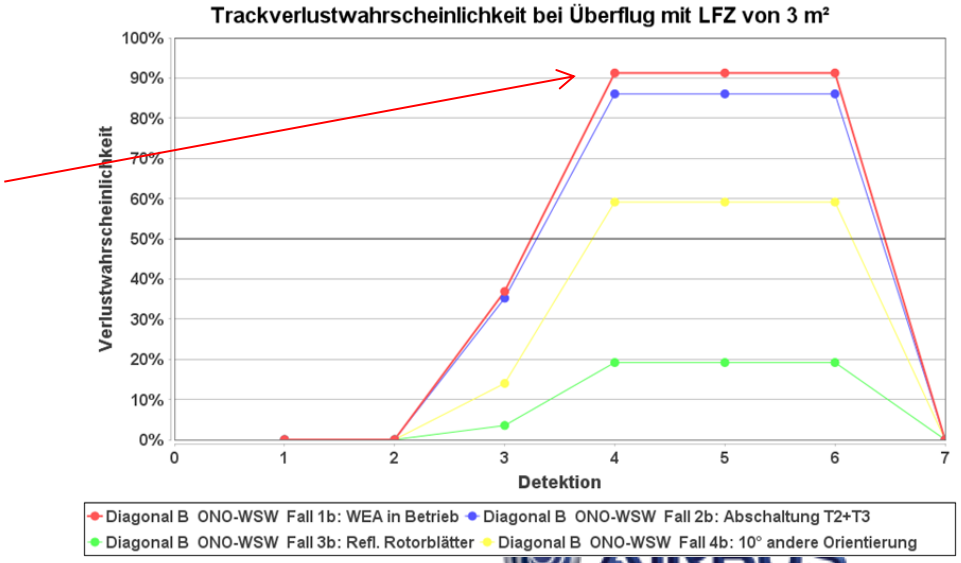
Übersicht zum Testwindpark: **alle WEA in Betrieb**
**Windrichtung 1**




**Flugweg: Diagonal A**
**LFZ – Verlust über 8**
**Detektionen mit ca. 95%**




**Flugweg: Diagonal B**
**LFZ – Verlust über 3**
**Detektionen mit ca. 90%**






AIRBUS DEFENCE & SPACE

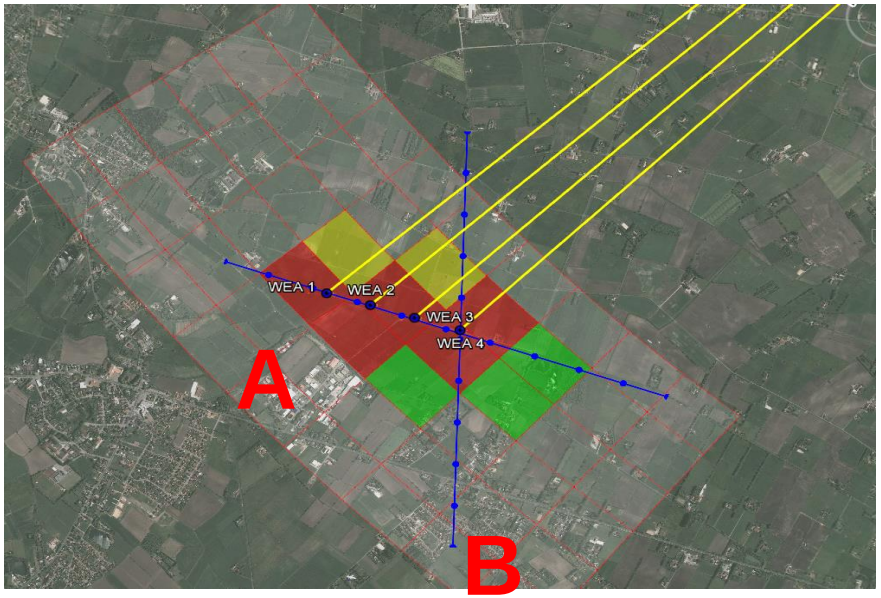
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

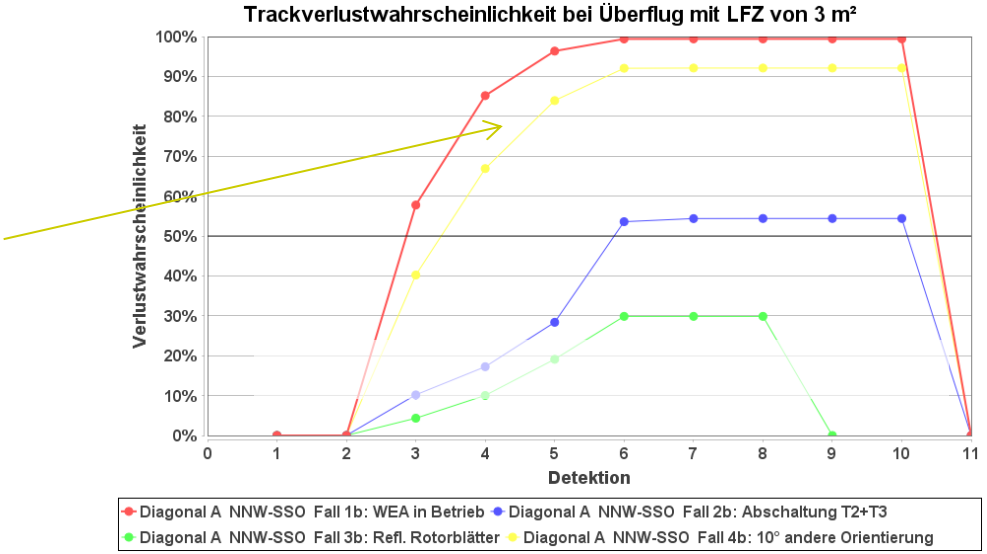
## a. am Radar ?

- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

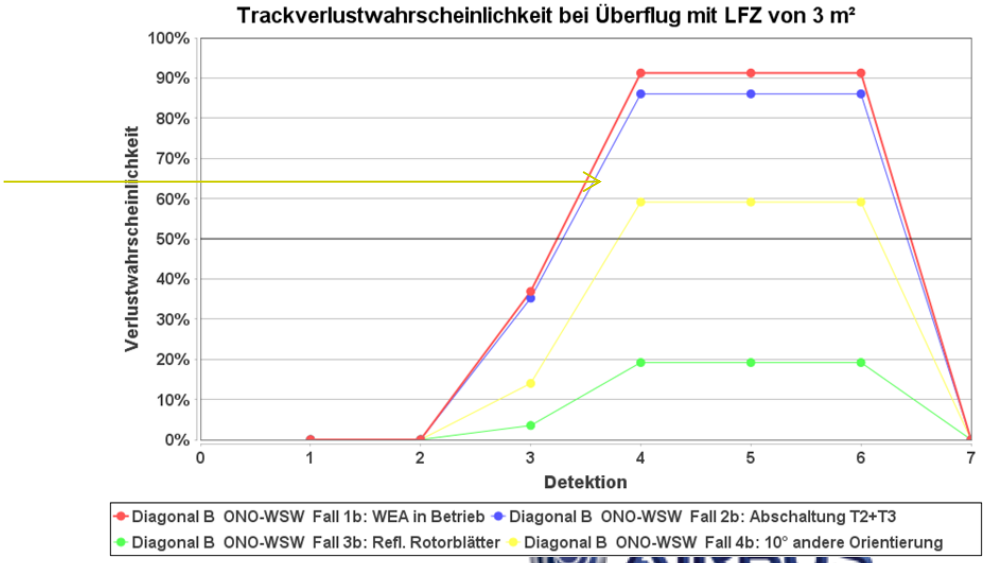
Übersicht zum Testwindpark: **alle WEA in Betrieb**
**Windrichtung 1a**




**Flugweg: Diagonal A**
**LFZ – Verlust über 7**
**Detektionen mit ca. 93%**




**Flugweg: Diagonal B**
**LFZ – Verlust über 3**
**Detektionen mit ca. 60%**






AIRBUS DEFENCE & SPACE

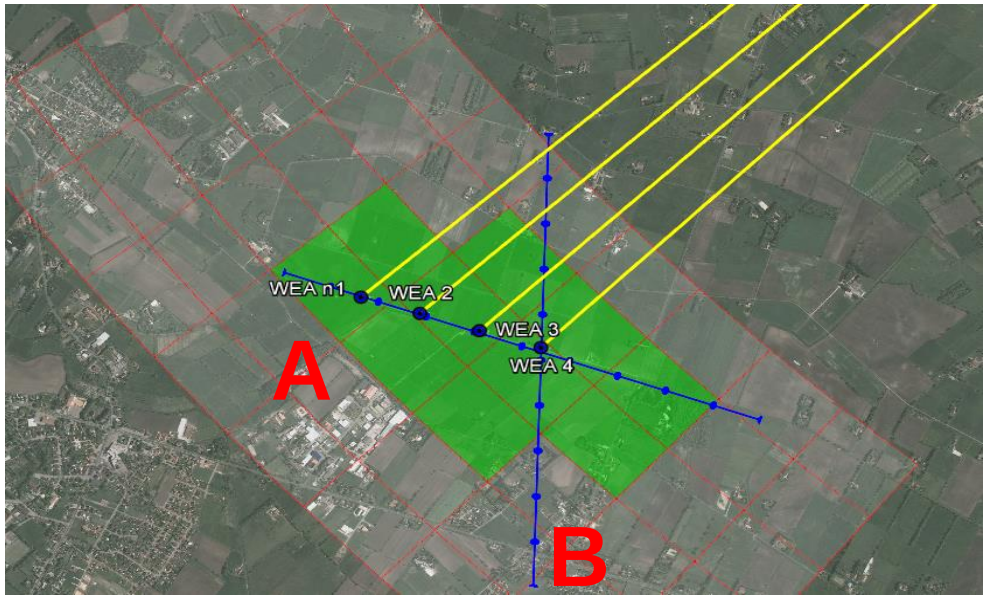
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## a. am Radar ?

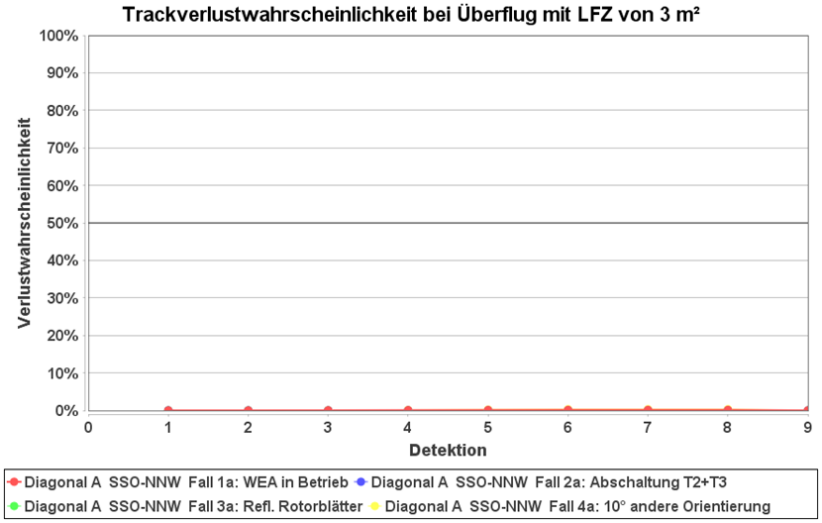
- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

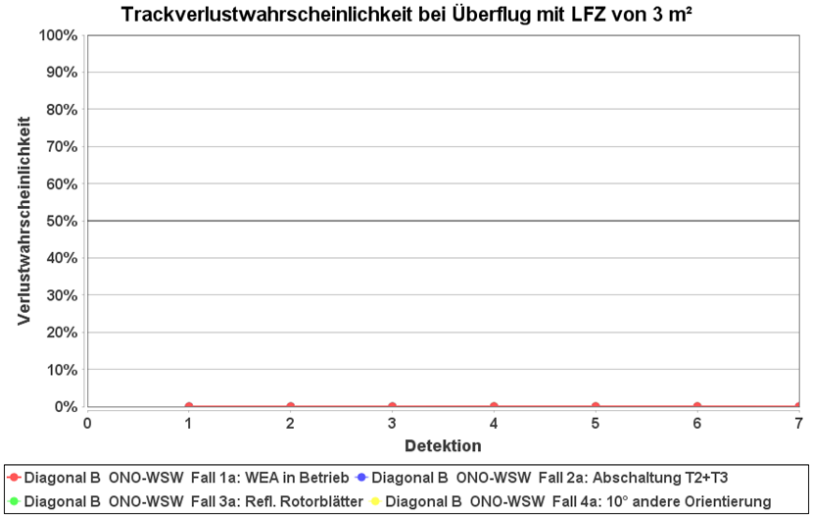
Übersicht zum Testwindpark: **alle WEA in Betrieb**
**Windrichtung 2**




**Flugweg: Diagonal A**
**Kein LFZ-Verlust**

**Flugweg: Diagonal B**
**Kein LFZ-Verlust**




AIRBUS DEFENCE & SPACE

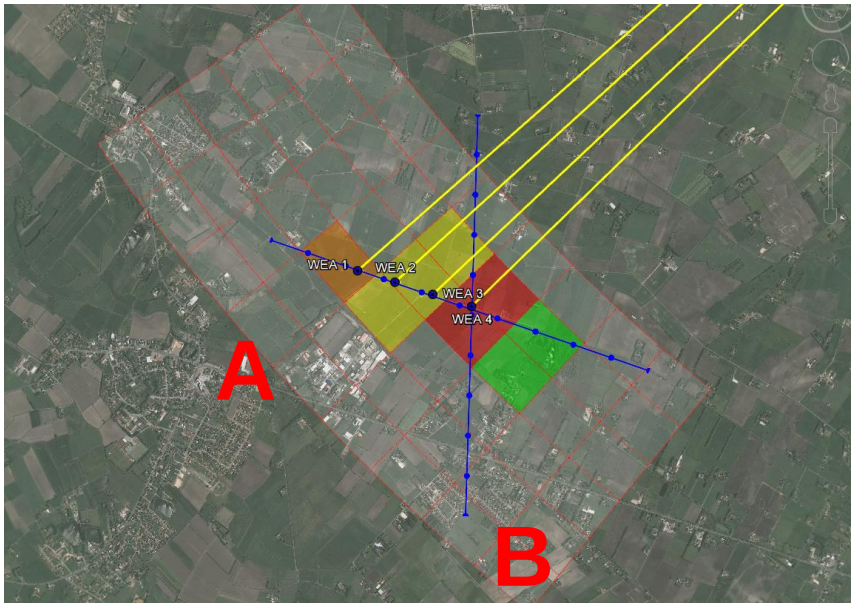
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

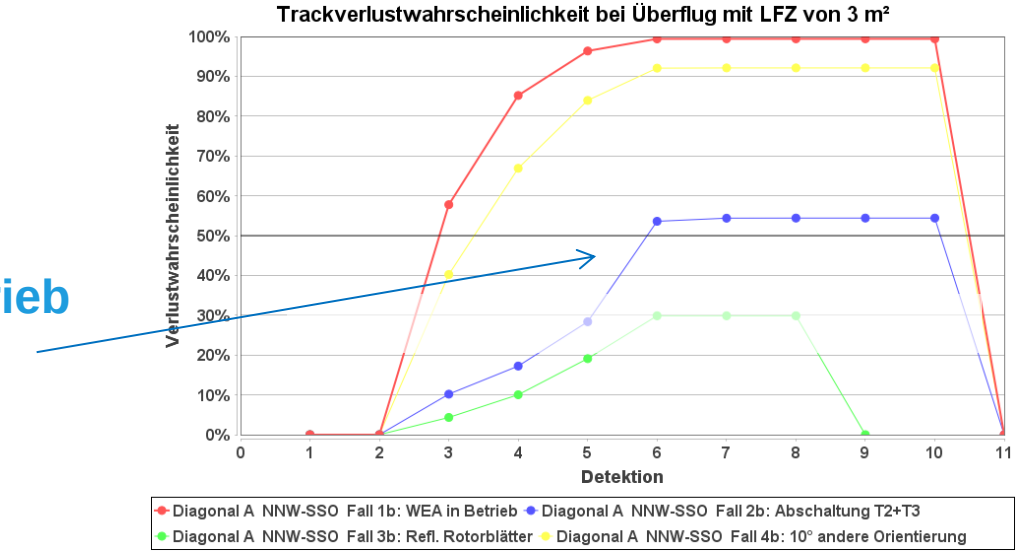
## a. am Radar ?

- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

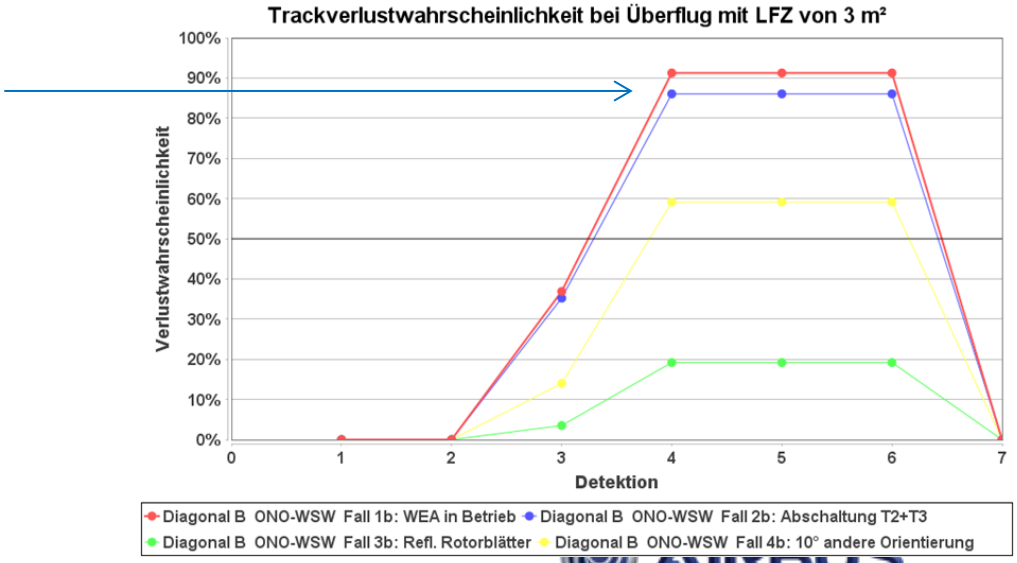
Übersicht zum Testwindpark: **WEA 2 und 3 außer Betrieb**
**Windrichtung 1**




**Flugweg: Diagonal A**
**LFZ – Verlust über 5**
**Detektionen mit ca.55%**




**Flugweg: Diagonal B**
**LFZ – Verlust über 3**
**Detektionen mit ca.88%**






AIRBUS DEFENCE & SPACE

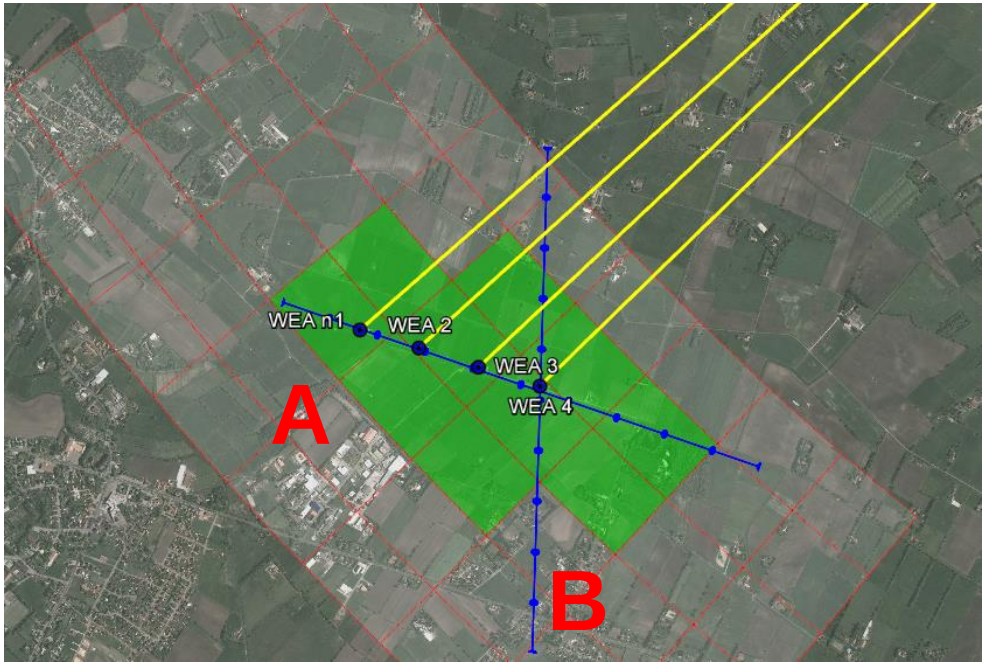
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## a. am Radar ?

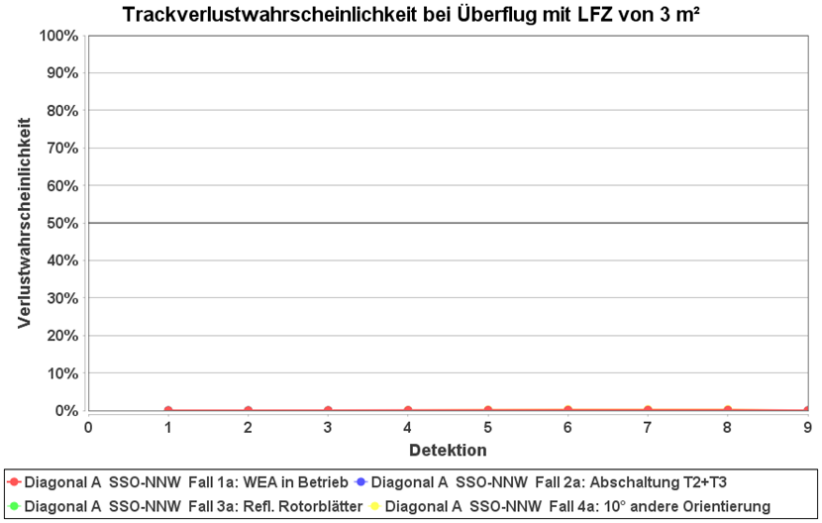
- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

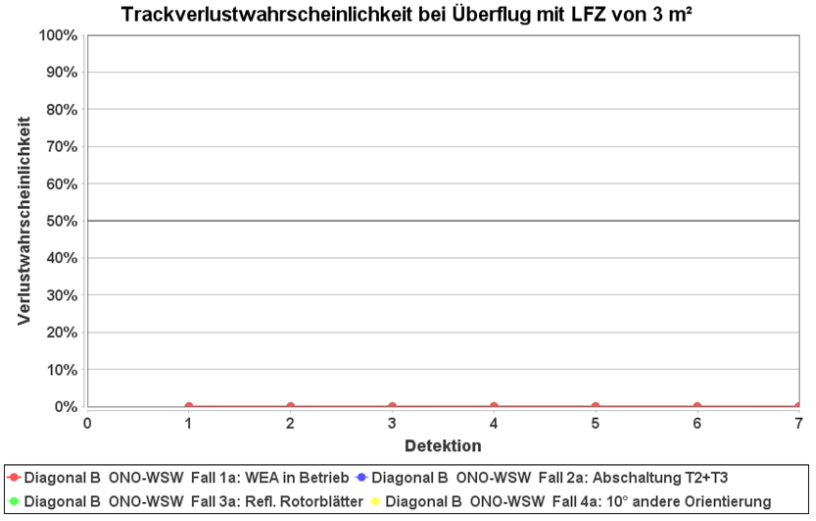
Übersicht zum Testwindpark: **WEA 2 und 3 außer Betrieb**
**Windrichtung 2**




**Flugweg: Diagonal A**
**Kein LFZ-Verlust**

**Flugweg: Diagonal B**
**Kein LFZ-Verlust**



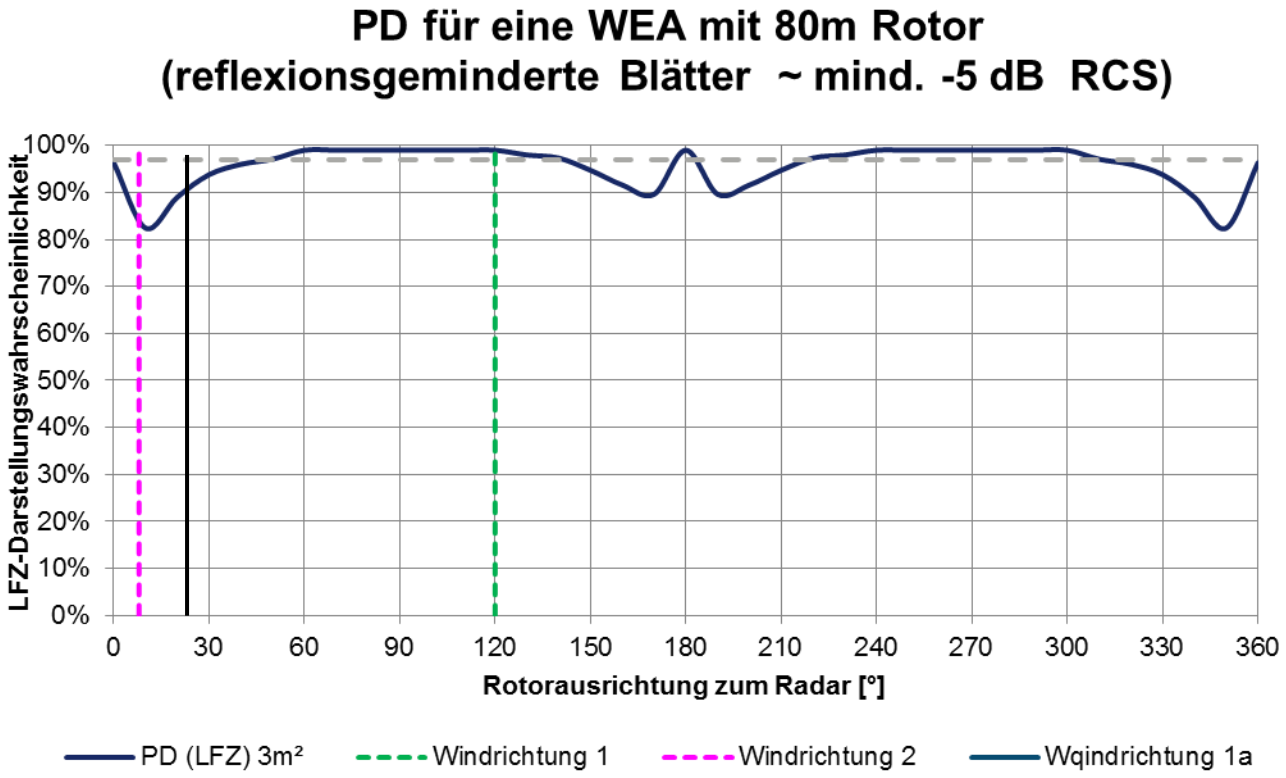

AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen
## a. am Radar ?

**c. Richtungssteuerung von WEA / Vermeidung von radarkritischen Richtungen**
**d. Berücksichtigung der Hauptwindrichtungen**
**e. Berücksichtigung von reflexionsarmen Rotorblättern**

Darstellung der Richtungscharakteristik der WEA : **Rotorebene vs. Reflexionsintensität ( $RQS_{dyn}$.)**




Bei 180° : Rotorachse zeigt zum Radar
(bei dieser Orientierung liegt keine Minderung der LFZ-Darstellung vor => 100% )

Bei 120° : Geringer Einfluss auf die LFZ-Darstellung => 96%

Bei 10° : Deutlicher Einfluss auf die LFZ – Darstellung => 82%

Bei 20° : Deutlicher Einfluss auf die LFZ – Darstellung => 89%
(bei Vermeidung der Richtung 1)



AIRBUS DEFENCE & SPACE

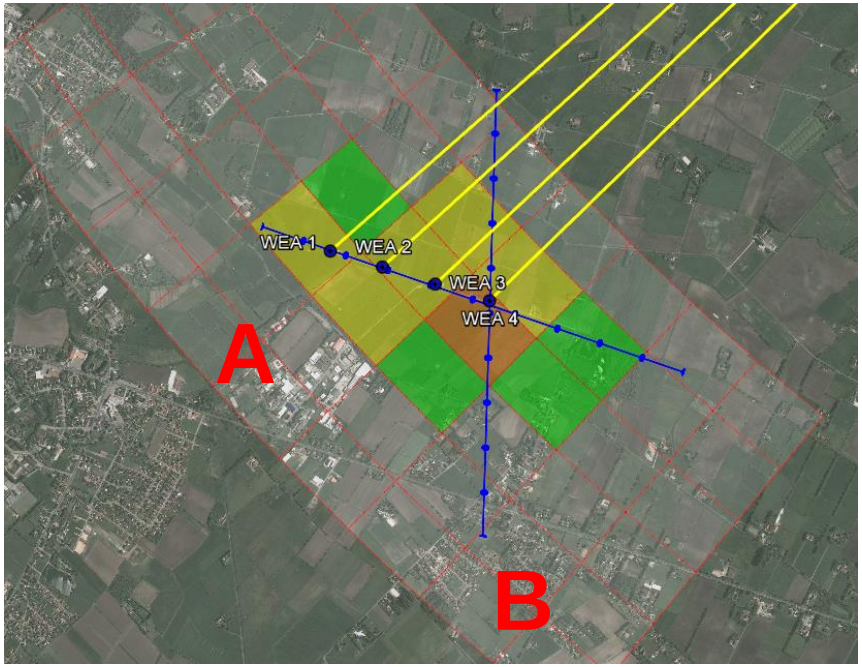
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

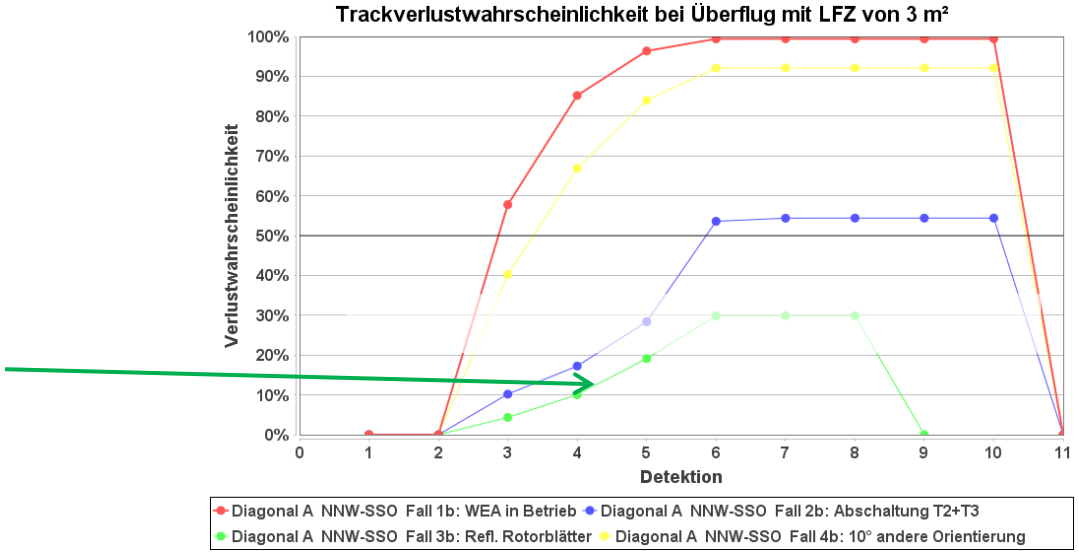
## b. an den WEA ?

- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

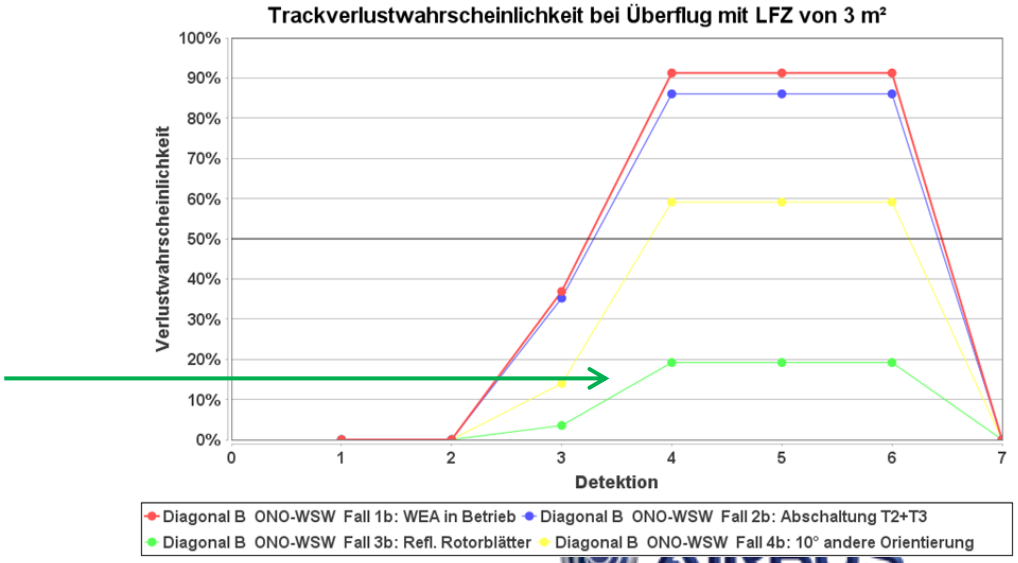
Übersicht zum Testwindpark: **alle WEA in Betrieb**
**reflexionsarme Blätter** **Windrichtung 1**




**Flugweg: Diagonal A**
**Kein LFZ-Verlust**
**(unter 30%)**




**Flugweg: Diagonal B**
**Kein LFZ-Verlust**
**(unter 20%)**




AIRBUS DEFENCE & SPACE

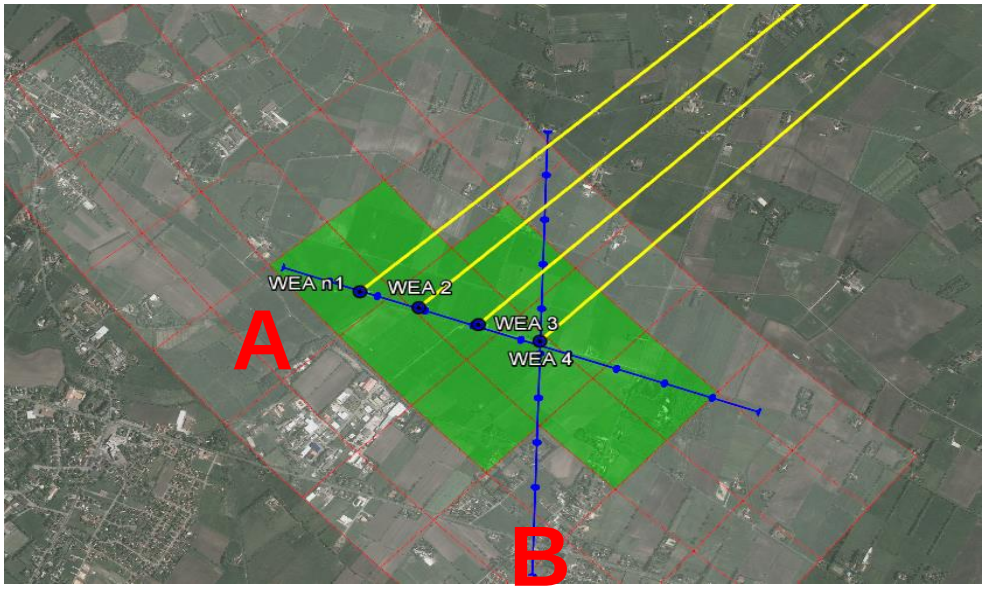
**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 2. Welche technischen Möglichkeiten bestehen

## b. an den WEA ?

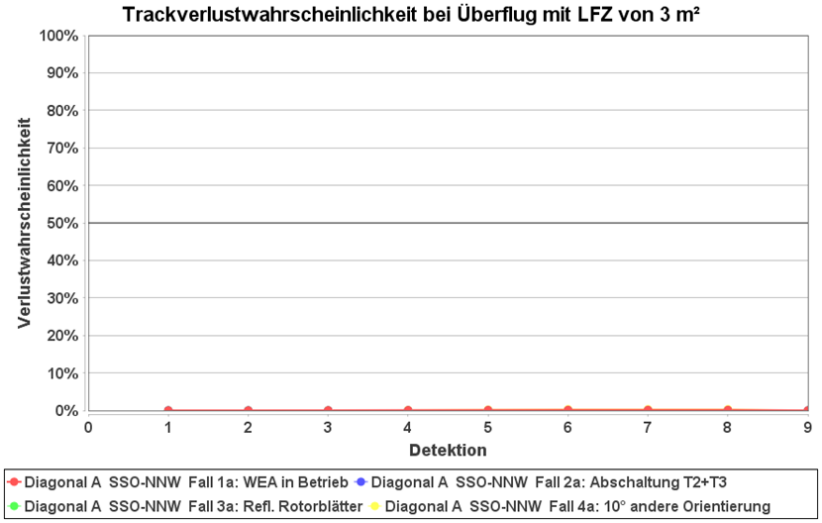
- **Fremdabschaltung von einzelnen WEAs**
- **Fremdabschaltung von Windenergieparks**

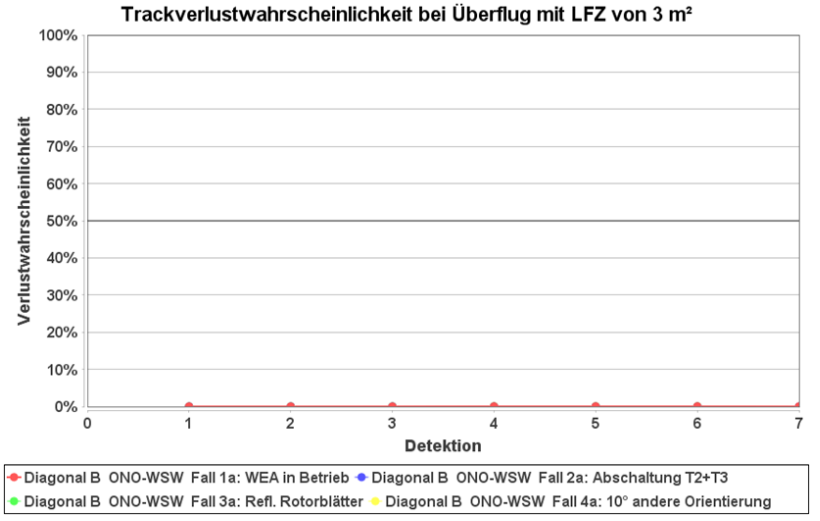
Übersicht zum Testwindpark: **alle WEA in Betrieb**
**reflexionsarme Blätter** **Windrichtung 2**




**Flugweg: Diagonal A**
**Kein LFZ-Verlust**

**Flugweg: Diagonal B**
**Kein LFZ-Verlust**




AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 3. Ergebnisse für eine Musterbefliegung

| Massnahme | Flugweg A | Flugweg B |
|---|---|---|
| Alle WEA in Betrieb<br>(Windrichtung zeigt zum Radar)<br>(hier eine zufällig günstige Richtung) | 100 %<br>nicht betroffen | 100 %<br>nicht betroffen |
| Alle WEA in Betrieb (Windrichtung 1)<br>(Windrichtung1a)<br>(Windrichtung 2) | 8 Detektionen mit 95%(40 sek.)<br>7 Detektionen mit 93% (35sek.)<br>nicht betroffen | 5 Detektionen mit 90% (40 sek.)<br>3 Detektionen mit 60% (15 sek.)<br>nicht betroffen |
| WEA 2 +3 abgeschaltet (Windrichtung 1)<br>(Windrichtung 2) | 5 Detektionen mit 55%( 25sek.)<br>nicht betroffen | 3 Detektionen mit 88% (15sek.)<br>nicht betroffen |
| Alle WEA in Betrieb<br>reflexionsarme Rotorblätter) (Windrichtung 1)<br>(Windrichtung 2) | Nicht betroffen<br>(Alle Detektionen unter 30%) | Nicht betroffen<br>(Alle Detektionen unter 20%) |
| Alle WEA in Betrieb<br>( Vermeidung kritischer Orientierungen<br>& refl.arme Rotorblätter)<br>(Windrichtung 1)<br>(Windrichtung 2) | besser als bei<br>reflexionsarmen Rotorblätter | besser als bei reflexionsarmen<br>Rotorblätter |



AIRBUS DEFENCE & SPACE

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 4. Ergebnisse im Vergleich

**Fazit:**

* WEA- Gruppierungen beeinträchtigen die Darstellung der LFZ-Spur bzgl. einer bestimmten Zeit sowie mit eine bestimmten Intensität
* Von Bedeutung ist das WP-Layout sowie der tatsächliche LFZ – Weg über den WP

| | | Vorteile | Nachteile |
|---|---|---|---|
| A | Fremdabschaltung (bei einem Teil der WEA) | Reduktion der betr. Zeit & Intensität im Bedarfsfall | a.WEA - Ertragsausfall<br>a.laufende Kosten |
| B | Berücksichtigung der Windrichtung | a. Nutzung der tatsächlichen Eigenschaften<br>b. Identifizierung kritischer und unkritischer Betriebsrichtungen | keine |
| C | Reflexionsarme Blätter | a. Stete Minderung der WEA-Einflüsse<br>b. Stete Reduktion der betr. Zeit & Intensität | a. geringe Invest.-kosten |
| D | Richtungssteuerung von WEA | Über eine Fremdsteuerung:<br>Reduktion der betr. Zeit & Intensität im Bedarfsfall<br>Durch WEA-Programmierung:<br>Reduktion der betr. Zeit & Intensität | a.laufende Kosten<br>b.kein Ertragsausfall<br>a.kein Ertragsausfall |
| C & D | Reflexionsarme Blätter & Richtungssteuerung durch WEA- Programmierung | Stets Reduktion der betr. Zeit & Intensität | a. geringe Invest.-Kosten<br>b.kein Ertragsausfall |

**Signaturtechnik Bremen, Dr. - Ing. A. Frye**
andreas.frye@airbus.com Tel. 0421 /538 -2719

# 4. Ergebnisse im Vergleich & Fazit

- ***Welche Einfluss hat die WEA-Anordnung bzw. die Ausdehnung des WP ?***
  *Die WP-Ausdehnung / das Layout bestimmt die Zeit und Intensität möglicher Einflüsse auf das Radar*

- ***Was bedeutet eine Fremdabschaltung ?***
  *Eine kurz-oder längerfristige Abschaltung zur Minderung von Einflüssen*

- ***Welchen Einfluss hat die Windrichtung ?***
  *Die WEA-Charakteristik zeigt radartechnisch ungünstige oder günstige Rotororientierungen*

- ***Was bedeutet die Richtungssteuerung ?***
  *Durch WEA-Programmierung oder Fremdzugriff kann die WEA-Charakteristik zur Minderung der Einflüsse (Zeit und Intensität) genutzt werden ohne Abschaltung*

- ***Welchen Einfluss haben reflexionsarme Rotorblätter ?***
  *Permanente Minderung der Einflüsse (Zeit und Intensität)*

- ***Welche Maßnahmen sind kombinierbar ?***
  *Refl. arme Rotorblätter & Richtungssteuerung als stete Eigenschaft*
  *=> Erreichen bei großer Anzahl von Projekten die Wirkung einer Abschaltung*
  *=> Können die Anzahl der ggf. abzuschaltenden WEA deutlich reduzieren.*

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

AIRBUS
DEFENCE & SPACE