



## light:guard Systembeschreibung

Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung von  
Luftfahrthindernissen: Multilaterales transponder-  
basiertes Luftraum-Detektionssystem



*Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung  
(BNK) verringert die nächtlichen  
Lichtemissionen von Windenergieanlagen.*

*Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur  
Kennzeichnung von Luffahrtshindernissen  
(AVV) schreibt die Ausrüstung sämtlicher  
Anlagen bis zum 31. Dezember 2023 vor.*



## Kompetenz in bedarfsgesteuerter Nachtkennzeichnung (BNK)

Als Schwesterunternehmen der Quantec Sensors GmbH, Pionier im Bereich Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung (BNK), konzentriert sich die Light:Guard GmbH auf die Entwicklung und den Betrieb transponderbasierter BNK-Systeme für die Windenergiewirtschaft.

Schwerpunkt des Unternehmens ist es, mit der Realisierung der Bedarfsgesteuerter Nachtkennzeichnung die Betreiber von Windenergieanlagen bei der Erfüllung einschlägiger gesetzlicher Vorgaben umfassend zu unterstützen – technologisch wie auch organisatorisch.

Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung gewährleistet, dass die Flughinderniss-befehlung von Windenergieanlagen nur dann aktiv geschaltet wird, wenn sich ein Flugobjekt der kritischen Zone rund um einen Windpark nähert.

Untersuchungen belegen, dass der Einsatz von BNK-Systemen eine deutliche Verringerung nächtlicher Lichtemissionen bewirkt. Das erfüllt vor allem die Forderungen der Bevölkerung im visuellen Einzugsgebiet von Windparks. Vor diesem Hintergrund tragen BNK-Systeme auch überzeugende Argumente für die Erschließung neuer Standorte im Rahmen des Ausbaus der Windenergie bei: höhere Sicherheit für den Flugverkehr, bessere Akzeptanz der Windenergie bei Anwohner:innen und flexiblere Erschließung neuer Windpark-Standorte.

Dafür arbeitet das Team der der Light:Guard GmbH fachlich, organisatorisch und technologisch vernetzt an den Unternehmensstandorten Isernhagen (Hannover), Hamburg und Dresden zusammen.

Durch die enge Kooperation mit der Quantec Sensors ist sie Teil eines bewährten Technologie-Netzwerks. Darin verbinden sich die Kernkompetenzen und Portfolios der einzelnen Unternehmen zu einem qualifizierten Partnerverbund für die Windenergiewirtschaft.

Somit sind Light:Guard und Quantec Sensors in der Lage, die komplette BNK-Lösung aus einer Hand zu bieten – von der Ertüchtigung über die Einholung der Genehmigung bis hin zur Installation des Systems.

**Situation**

Das Ziel der Bedarfsgesteuerten Nachtkennzeichnung ist eine deutliche Reduzierung der Lichtemissionen. Zugelassen ist diese Technologie bereit seit 2015. Mit der Einführung des § 9 Abs. 8 des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG 2017) besteht ab Ende Dezember 2023 eine Ausstattungspflicht für alle kennzeichnungspflichtigen Windenergieanlagen.

Die Ausrüstung der betreffenden Windenergieanlagen mit BNK-Systemen für Neuanlagen – wie auch für rund 17.500 Bestandsanlagen – in Deutschland wird vor diesem Hintergrund in den nächsten Jahren von großer Relevanz sein. Die Anforderungen an BNK-Systeme beschreibt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (AVV), Ref /1/ BAnz AT 30.04.2020 B4 – Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vom 24. April 2020).

BNK-Systeme steuern den Ein- und Abschaltvorgang der Flughindernisbefehrerung an Windenergieanlagen: Nur bei Annäherung von Luftfahrzeugen in



▲ **BNK: pro Flugsicherheit und bürgerseitiger Akzeptanz**

die jeweilige sicherheitssensible Zone veranlasst die BNK das Einschalten der Befehrerungssysteme.

Die AVV-Novelle sieht unter anderem den Einsatz von Systemen vor, welche die von Luftfahrzeugen ausgesendeten Transpondersignale zur Aktivierung der Nachtkennzeichnung verwenden.

Neue und bestehende Windparks müssen einer technischen Analyse unterzogen werden, um festzustellen, ob sie die Anforderungen der AVV erfüllen. Wenn dies nicht der Fall ist, müssen die Voraussetzungen zur Erfüllung der Anforderungen bis zum 31.12.2023 geschaffen werden.

**Das light:guard-System**

Das light:guard-System ist ein transponderbasiertes BNK-System. Jedes Flugobjekt, das sich nachts im deutschen Luftraum aufhält, ist verpflichtet, mit einem an Bord verbauten Transponder ein Signal auszusenden, welches von mehreren Transponder-Empfängern des Systems detektiert wird.

Dieses versieht die empfangenen Signale mit Zeitstempeln im Nanosekundenbereich und mit der Position des Empfängers. Ein eingebautes LTE-Modem oder entsprechende Kommunikationssysteme der Windpark-Infrastruktur übermitteln die erfassten Raum-Zeit-Koordinaten der Empfänger manipulationssicher an den MLAT-Server.

Abkürzung	Beschreibung	Abkürzung	Beschreibung
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen	MLAT	Multilateration
BNK	Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung	OEM	Original Equipment Manufacturer
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	QUAD	Quantec Area Distributor
LCU	Light Control Unit	SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
LCU-T	Light Control Unit, Transponder Version	WAN	Wide Area Network
IF	Interface / Schnittstelle	LTE	Long Term Evolution 4G Mobilfunkstandard
		WEA	Windenergieanlage

Anhand der Zeitdifferenzen der empfangenen Signale und Entfernungsunterschiede der Empfänger berechnet das System die Position des Luftfahrzeugs (Sender), ähnlich dem GPS-Prinzip. Der MLAT Server übermittelt die Datenkomplexe kontinuierlich an das Datenzentrum, wo der Quantec Area Distributor (QUAD) die Positionen der Flugobjekte, mit denen der Windparks abgleicht.

Befindet sich ein Flugobjekt im Detektions-Luftraum des Windparks, sendet der QUAD dessen Informationen an die Light Control Unit (LCU), die in die Windparkinfrastruktur eingebunden ist. Die LCU gibt den entsprechenden Befehl über die Kommunikationsinfrastruktur des Windparks an die Flugbefehrerung weiter.

Im Normalzustand ist die Flughindernisbefehrerung an Windenergieanlagen stets eingeschaltet. Das BNK-System unterdrückt die Aktivierung der Befehrerung, solange kein Flugobjekt in der Nähe des Windparks detektiert wird. Erfasst das System ein Flugobjekt im betreffenden Luftraum, hebt es die Unterdrückung auf und aktiviert damit die Flughindernisbefehrerung. Die Unterdrückung wird ebenfalls aufgehoben, wenn ein Flugobjekt detektiert, aber dessen Position nicht bestimmt werden kann.

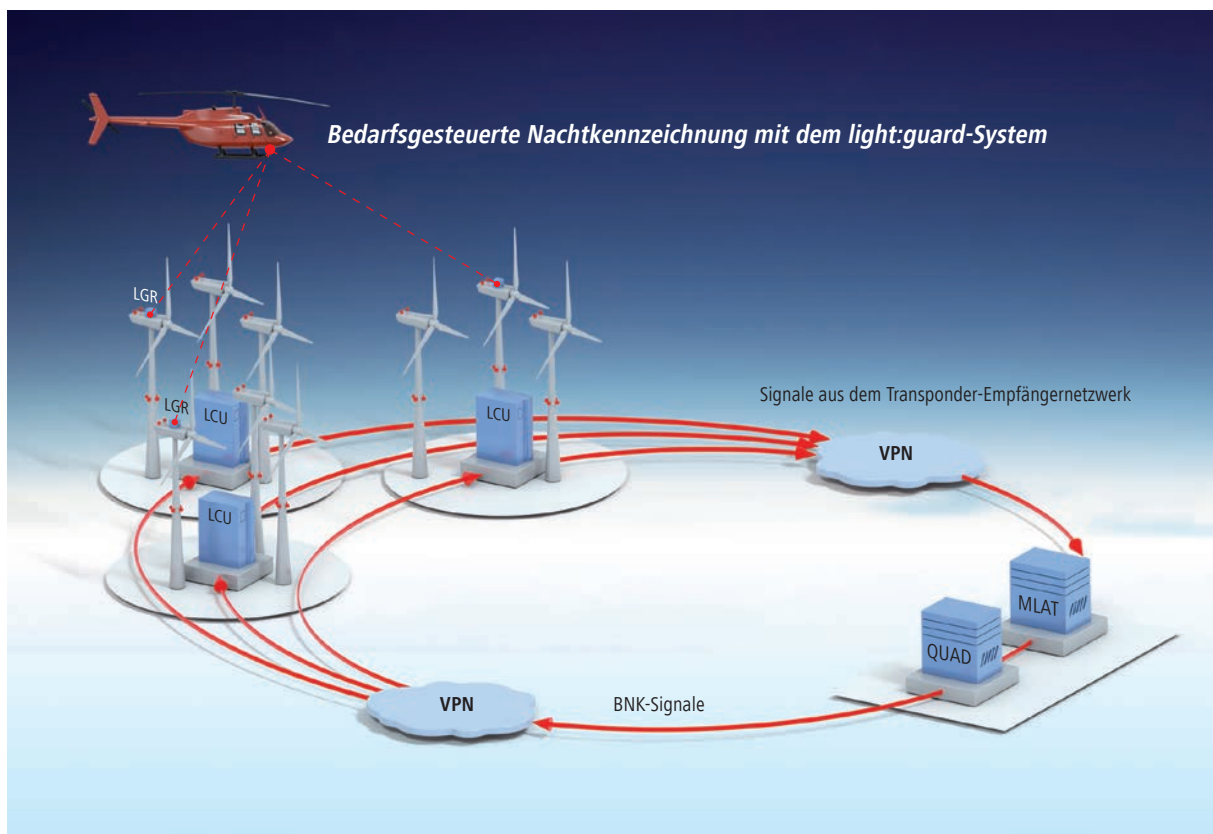
Die Transponder-Empfänger sind in der Lage, Signale von Mode S-, Mode A/C- oder FLARM-Transpondern zu detektieren.

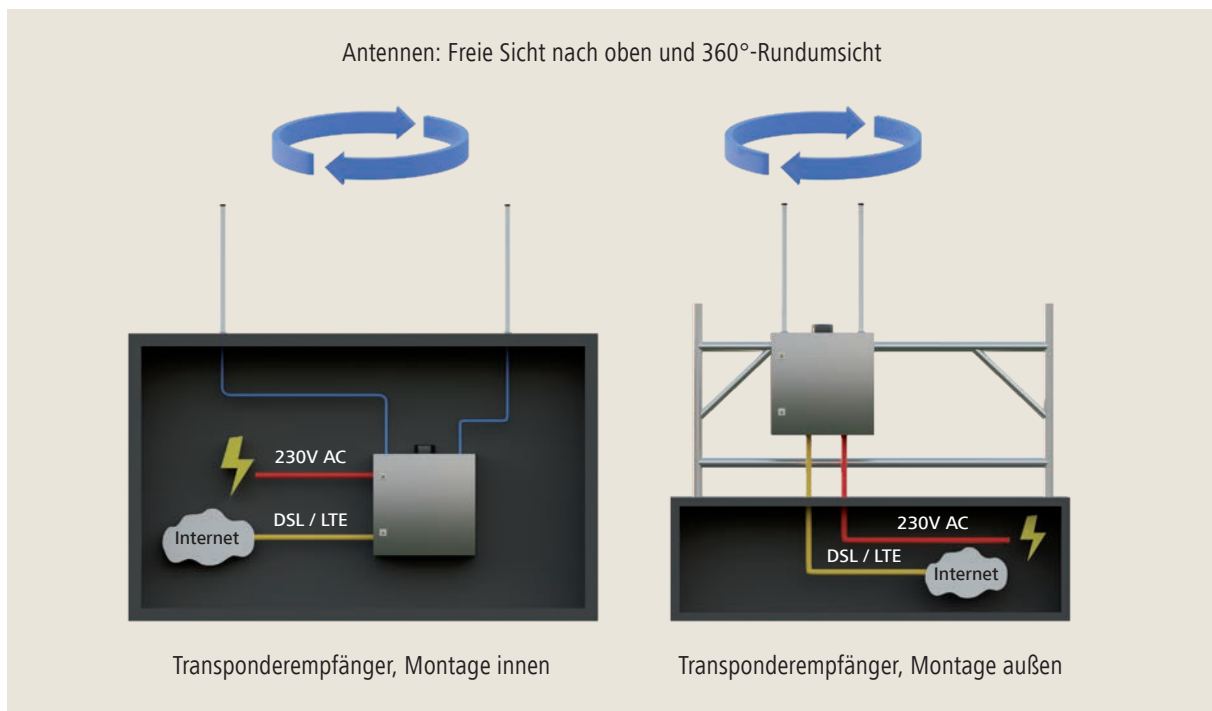
### Komponenten

Das light:guard-System besteht aus den folgenden Komponenten:

- Light:Guard Receiver
- MLAT-Server
- Quantec Datenzentrum
  - QUAD: Quantec Area Distributor
  - GUI: Graphical User Interface / Benutzeroberfläche
- LCU-T: Light Control Unit / Steuereinheit

### ▼ Funktions-Schema des light:guard-Systems





### Light:Guard Receiver

Die Einbaumöglichkeiten des Empfängers sind vielfältig. Voraussetzungen sind die Verfügbarkeit der Stromversorgung und »freie Sicht« für die Antennen. Mögliche Installationsorte sind beispielsweise Dächer von Gebäuden, Funkmasten, in Gondeln von Windenergieanlagen oder auf deren Gondeldächern.

Bei den Light:Guard Receivern handelt es sich um Schaltschränke mit Schutzart IP66, die auch für die Außenmontage geeignet sind. Sie detektieren Funksignale mit einer Frequenz von 1090 MHz und sind redundant mit je zwei Empfängermodulen und zwei Antennen ausgestattet.

Am Empfänger ist eine GPS und LTE-Kombiantenne angeschlossen. Optional kann bei Bedarf eine Antenne zur Detektion von FLARM Signalen (Frequenz von 868 MHz) hinzugefügt werden.

### MLAT-Server

Der MLAT Server empfängt die Daten aller Light:Guard Receiver und führt die Multilateration durch. Multilateration ist eine bekannte und erprobte Methode in der Luftfahrt, mit der die Position eines Flugobjektes kalkuliert wird, indem die unterschiedlichen Ankunftszeiten des gleichen Funksignals an verschiedenen Empfängern ausgewertet werden.

Der Sendezeitpunkt des Signals ist in der Regel unbekannt. Für die Bestimmung der exakten Position eines Flugobjektes ist die Berechnung von drei Raumkoordinaten erforderlich.

Deshalb müssen für den Multilaterationsalgorithmus mehrere Empfänger das Transpondersignal des Flugobjektes erfassen und melden. Die Übertragung des MLAT-Ergebnisses an den QUAD erfolgt via WebSocket-Protokoll.

$$r = \sqrt{((x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2)} = (t_E - t_A) \cdot c$$

- $r$  = Entfernung zum Empfänger
- $x_i, y_i, z_i$  = Koordinaten des Empfängers
- $x, y, z$  = Koordinaten des Flugobjektes
- $t_E$  = Sendezeitpunkt
- $t_A$  = Empfangszeitpunkt
- $c$  = Übertragungsgeschwindigkeit

## Quantec Datenzentrum

### ■ QUAD

Der Quantec Area Distributor (QUAD) ist eine softwarebasierte Komponente, die eine sehr hohe Anzahl an Daten von Flugobjekten empfängt, irrelevante Daten herausfiltert und die relevanten Daten mit den Positionen der zutreffenden Windparks abgleicht. Die QUAD steuert die LCUs im Windpark an, sobald sich ein Flugobjekt im entsprechenden Wirkungsraum befindet.

### ■ GUI

Die Benutzeroberfläche (Graphical User Interface oder GUI) ist ein Werkzeug, das externen Benutzer:innen – beispielsweise der Bundeswehr – den Zugriff zum BNK-System ermöglicht. Die Anmeldung erfolgt mit Nutzernamen und Passwort. Der:die Benutzer:in kann Flugbahnen visualisieren und das BNK-System ein- oder ausschalten.

### ■ LCU-T

Die LCU-T ist eine im Windpark installierte Steuerungseinheit für die windparkinterne Flughindernisbefehrerung. Dabei wird die Befehrerung über eine individuell mit den Befehrerungsherstellern entwickelte Schnittstelle angesteuert. Die Steuerung der Flughindernisbefehrerung kann auf bis zu



▲ *Light:Guard Receiver: Montage auf der Gondel*

drei verschiedene Netzwerke innerhalb des Windparks verteilt werden. So kann eine LCU-T auch Mischparks mit WEA unterschiedlicher Hersteller ansteuern. Die LCU-T muss in räumlicher Nähe zur BNK-Schnittstelle platziert werden, ebenso werden ein Strom- und Internetanschluss benötigt.

### ■ Sicherheitskonzept

Das light:guard-System integriert ein Standardsicherheitskonzept für den Normalbetrieb und ein Sicherungsverfahren (fall back) für sonstige Betriebsmodi wie unzureichende Daten oder Unterbrechung der Kommunikation.

Dieses schaltet bei einem Ausfall des Systems die Unterdrückung der Befehrerung ab. Damit wird in jedem Fall die Situation verhindert, dass sich Flugobjekte dem Windpark bei ausgeschalteter Beleuchtung nähern und eventuelle Gefahrensituationen entstehen.

### ■ Referenzen

/1/ BAnz AT 30.04.2020 B4 - Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen vom 24. April 2020

**Autor:**

Jon Galdeano  
E-Mail: jon.galdeano@quantec-group.com  
Datum: 2020-09-11

**Jüngste Aktualisierung:**

Jon Galdeano  
Datum: 2022-04-22  
Revision: 14



**Light:Guard GmbH**  
Krendelstr. 32  
30916 Isernhagen  
Tel.: +49 511 474048-30  
Fax: +49 511 474048-19  
info@light-guard.com  
www.light-guard.com