



MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN
AKUSTISCHER ERFASSUNG BEI
DER WINDKRAFTPLANUNG

**RUFEN, AUFNEHMEN,
BESTIMMEN**

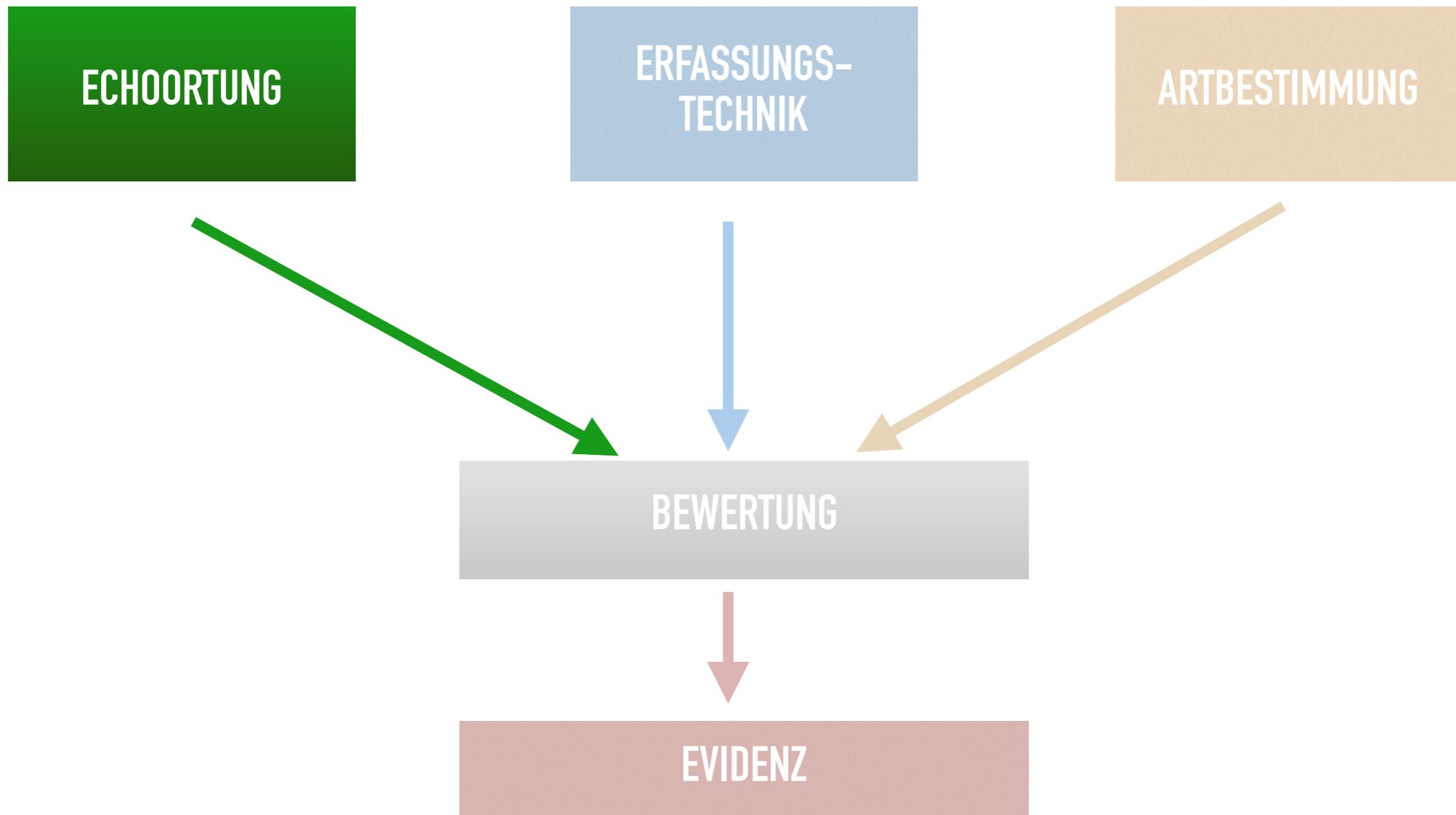


Volker Runkel

EVIDENZBASIERT BEDEUTET «AUF DER BASIS WISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE ERFOLGEND». [...] IM ANGEWANDTEN ARTENSCHUTZ BEDINGT EVIDENZBASIERTES ARBEITEN EIN ELEMENTARES VERSTÄNDNIS DER METHODEN, MIT DENEN WIR EINERSEITS DEN ERHALTUNGSZUSTAND VON ARTEN BEURTEILEN, ANDERERSEITS ERKENNTNISSE GEWINNEN, DIE UNS HELFEN, ERHALTUNGSMABNAHMEN ZU BEWERTEN UND WIRKSAMER ZU GESTALTEN.

Ulrich Hofer, Evidenzbasierter Artenschutz

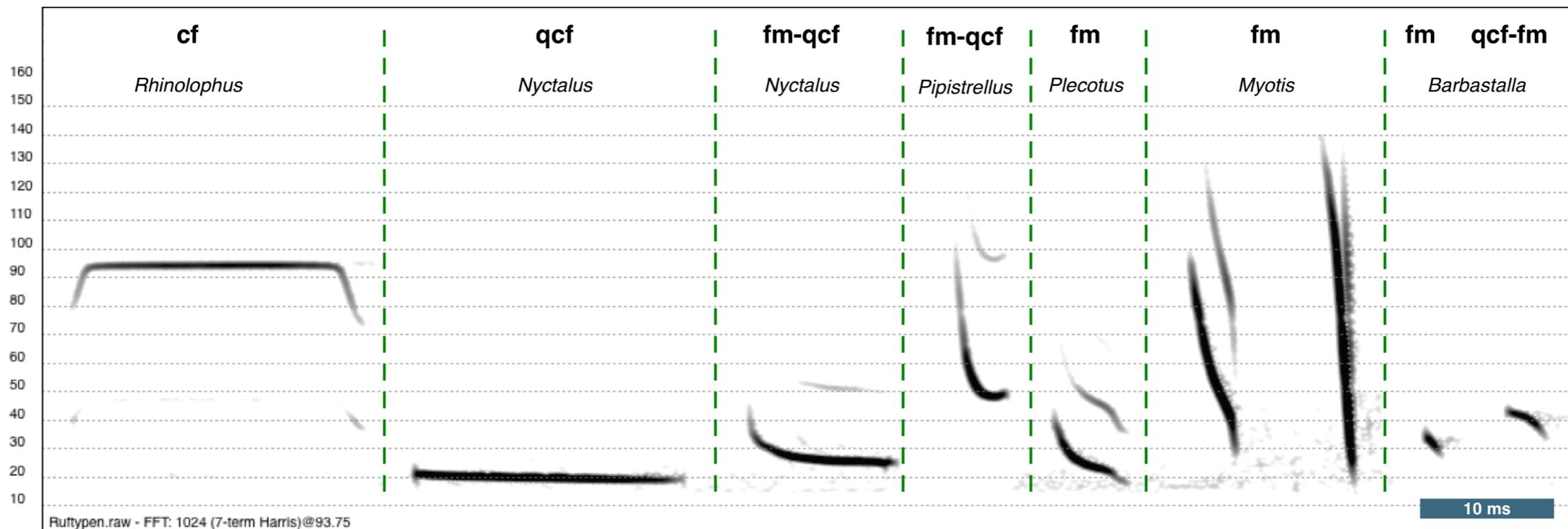
AKUSTISCHE ERFASSUNG



ECHOORTUNG

▶ Akustische Orientierung

- ▶ Echoortung (beinahe) immer Ultraschall (16 bis 200 kHz)



Ulrich Marckmann, NycNoc GmbH - Kriterien Bayern

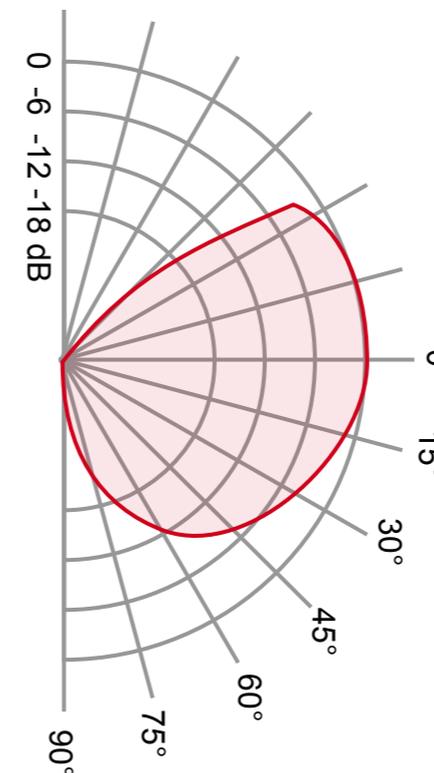
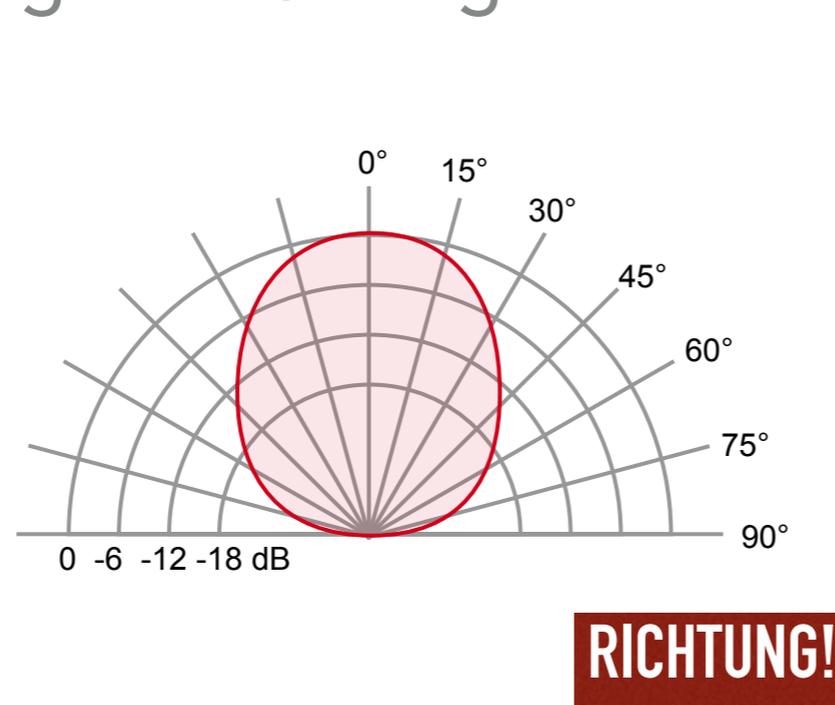
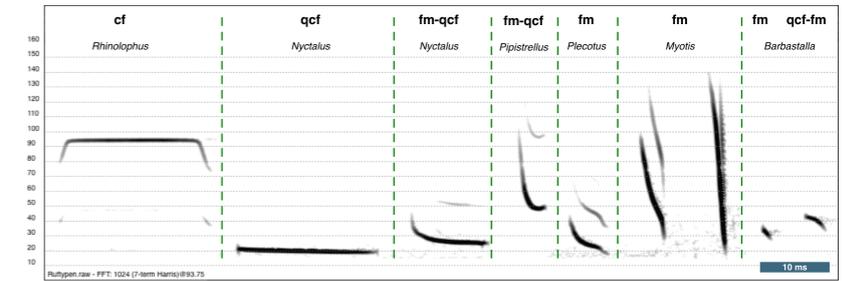
ECHOORTUNG

▶ Akustische Orientierung

▶ Echoortung (beinahe) immer Ultraschall (16 bis 200 kHz)

▶ Schallkeule

▶ „Fokussierung“ der Ortung



Nach: **Jakobsen et al.** (2012). Convergent acoustic field of view in echolocating bats. *Nature*, 493(7430), 93-96

ECHOORTUNG

▶ Akustische Orientierung

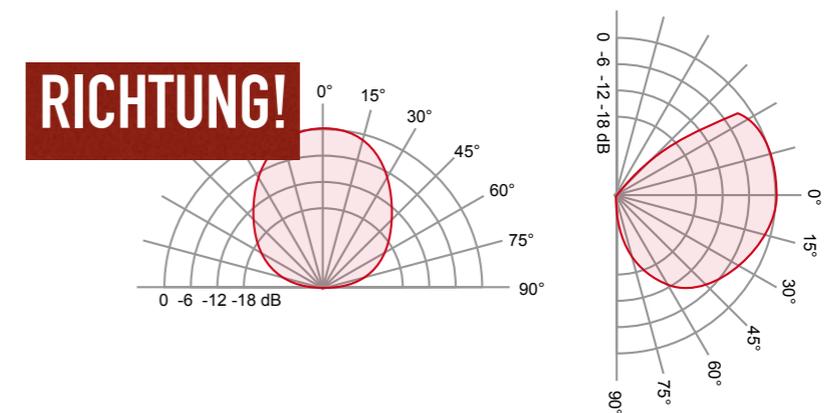
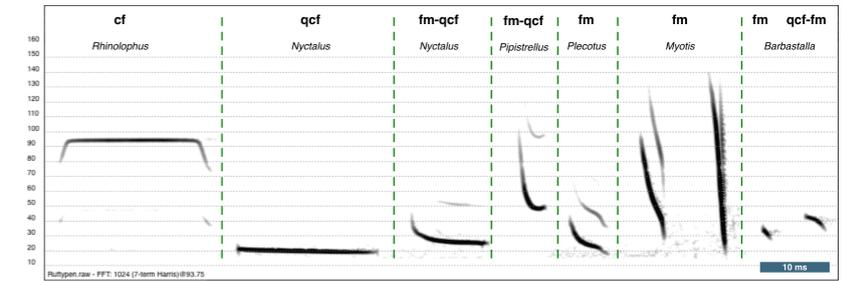
- ▶ Echoortung (beinahe) immer Ultraschall (16 bis 200 kHz)

▶ Schallkeule

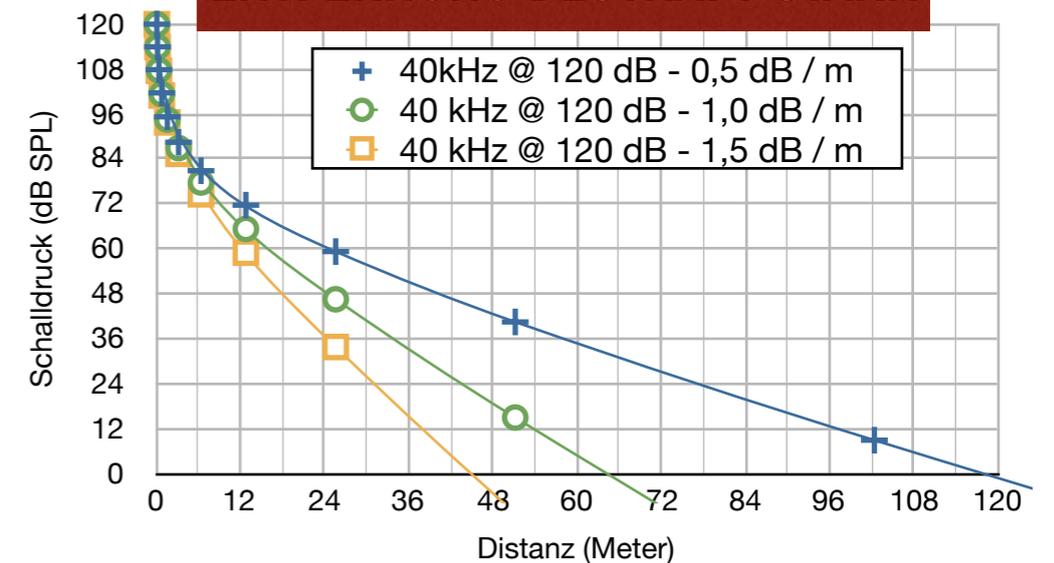
- ▶ „Fokussierung“ der Ortung

▶ Schalldruckpegel und Ausbreitung

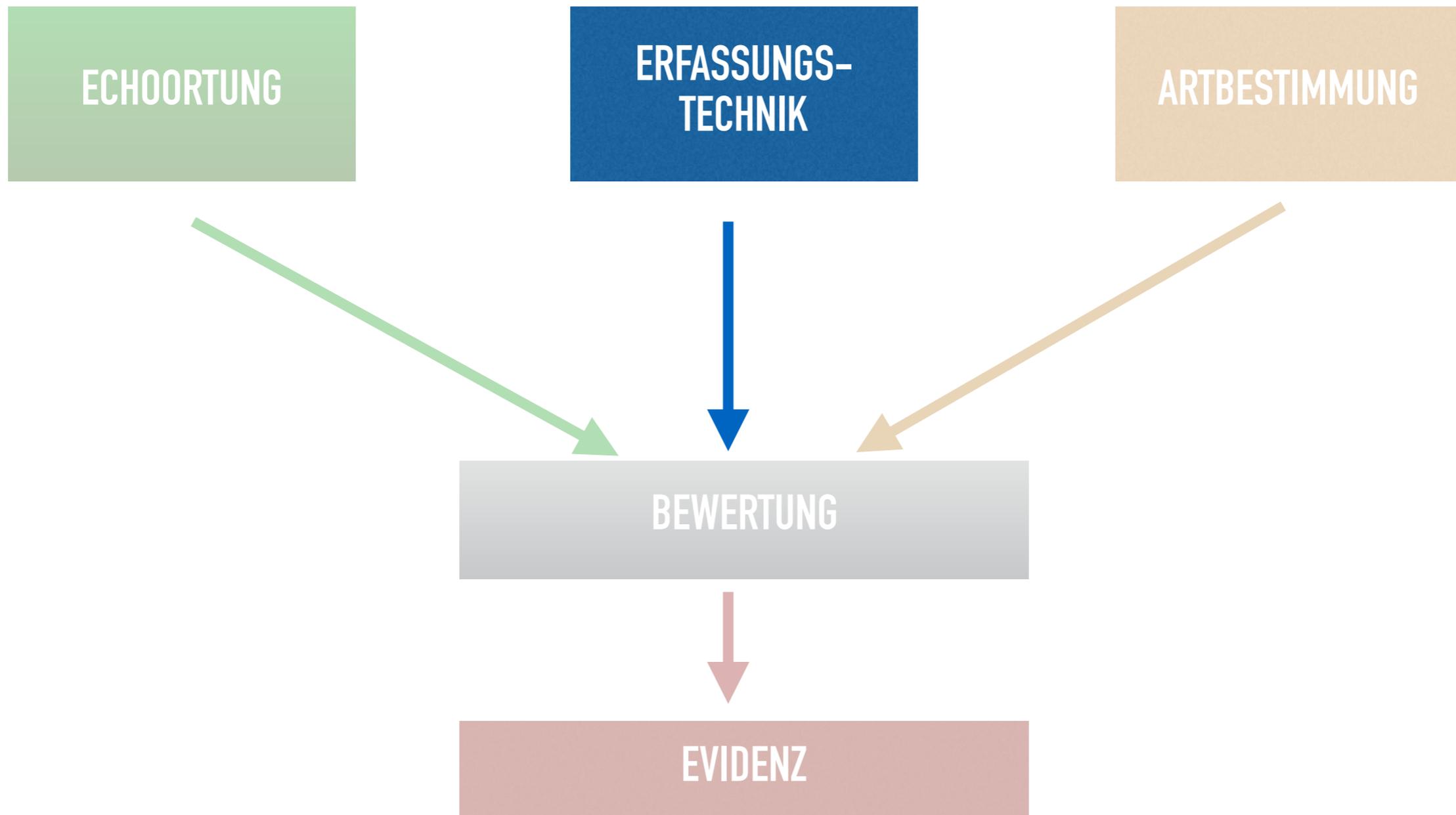
- ▶ Geometrische Abschwächung:
 - ▶ **6 dB Abnahme je Verdoppelung der Distanz** (Halbierung des SPL)
- ▶ Atmosphärische Abschwächung
 - ▶ Temperatur, Luftfeuchte, Frequenz
 - ▶ **0,1 bis > 1 dB / m**



ENTFERNUNG BESTRAFT STARK



AKUSTISCHE ERFASSUNG



ERFASSUNG MIT FLEDERMAUSDETEKTOREN

▶ Aktive Erfassung

- ▶ seit mehr als 40 Jahren mit klassischen Fledermausdetektoren
(z.B. **Weid, R., & Helversen, O., von. (1987)**. Ortungsrufe europäischer Fledermäuse beim Jagdflug im Freiland, 25, 5-27.)

▶ Passive Erfassung

- ▶ Vor 30 Jahren erste Systeme
(**Maries, K., et al (1987)**. A microprocessor-controlled "memory" bat detector. In K. Maries, J. D. Pye, & D. Coppen (Eds.), (pp. 287-290). Presented at the European Bat Research, Praha.
Zbinden, K. (1995). Computerised monitoring of meteo data and bat echolocation activity, 32-33, 91-98.)
- ▶ Seit ca. 10 Jahren etabliert, u.a. auch wegen Windkraft-Untersuchungen
(**Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I., & Reich, M. (2011)**. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. (R. Brinkmann, O. Behr, I. Niermann, & M. Reich, Eds.) (Umwelt und Raum). Göttingen.)

DETEKTOR- UND METHODENWAHL

- ▶ Waters, D. A., & Walsh, A. L. (1994). The **influence of bat detector brand** on the quantitative estimation of bat activity.
- ▶ O'Farrell, M.J., & Gannon, W. L. (1999). A comparison of **acoustic versus capture techniques** for the inventory of bats
- ▶ Britzke, E. R. et al.(1999). **Measuring Bat Activity** with the Anabat II System
- ▶ Fenton, M. B. (2000). Choosing the **,'correct' bat detector**
- ▶ Corben, C., & Fellers, G. M. (2000). Choosing the **,'correct' bat detector - a reply**
- ▶ Weller, T. J., & Zabel, C. J. (2002). Variation in bat detections due to **detector orientation** in a forest.
- ▶ Frick, W. F. (2013). Acoustic monitoring of bats, considerations of **options for long-term monitoring**.
- ▶ Braun de Torrez et al. (2017). **Mobile acoustic transects miss rare bat species**
- ▶ Ratcliffe, J. M., & Jakobsen, L. (2018). **Don't believe the mike**

DETEKTOR- UND METHODENWAHL

- ▶ Waters, D. A., & Walsh, A. L. (1994). The influence of bat detector brand on the quantitative estimation of bat activity
- ▶ O'Farrell, M. ... techniques for ... capture
- ▶ Britzke, E. R. ... m
- ▶ Fenton, M. B. ... a reply
- ▶ Corben, C., & ... ector
- ▶ Weller, T. J., & ... orientation in ... s for long-
- ▶ Frick, W. F. (2011). ... term monitoring
- ▶ Braun de Torrez et al. (2017). Mobile acoustic transects miss rare bat species
- ▶ Ratcliffe, J. M., & Jakobsen, L. (2018). Don't believe the mike

STARKER EINFLUSS

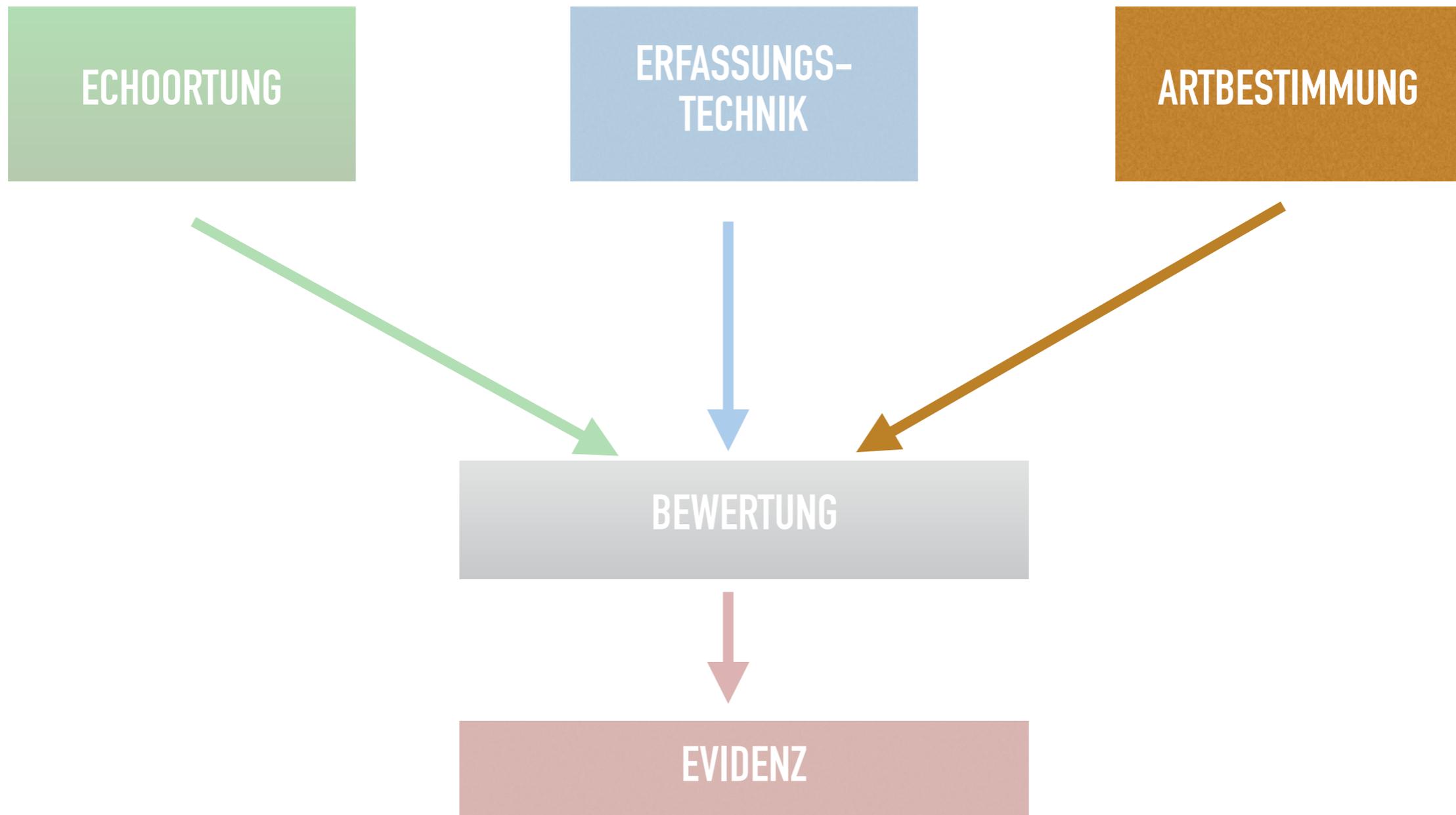
DES GERÄTS:

SENSITIVITÄT, SELEKTIVITÄT, EMPFINDLICHKEIT, DATENQUALITÄT,

ANWENDUNG

KEINE/KAUM LÖSUNGSVORSCHLÄGE!

AKUSTISCHE ERFASSUNG



IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variabilität

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach.

Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification.

▶ Manuelle versus automatische Artbestimmung

Jennings et al. (2008). Human vs. machine: identification of bat species from their echolocation calls by humans and by artificial neural networks.

Fritsch, G., & Bruckner, A. (2014). Operator bias in software-aided bat call identification.

▶ Software für automatische Artbestimmung

Russo, D., & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis.

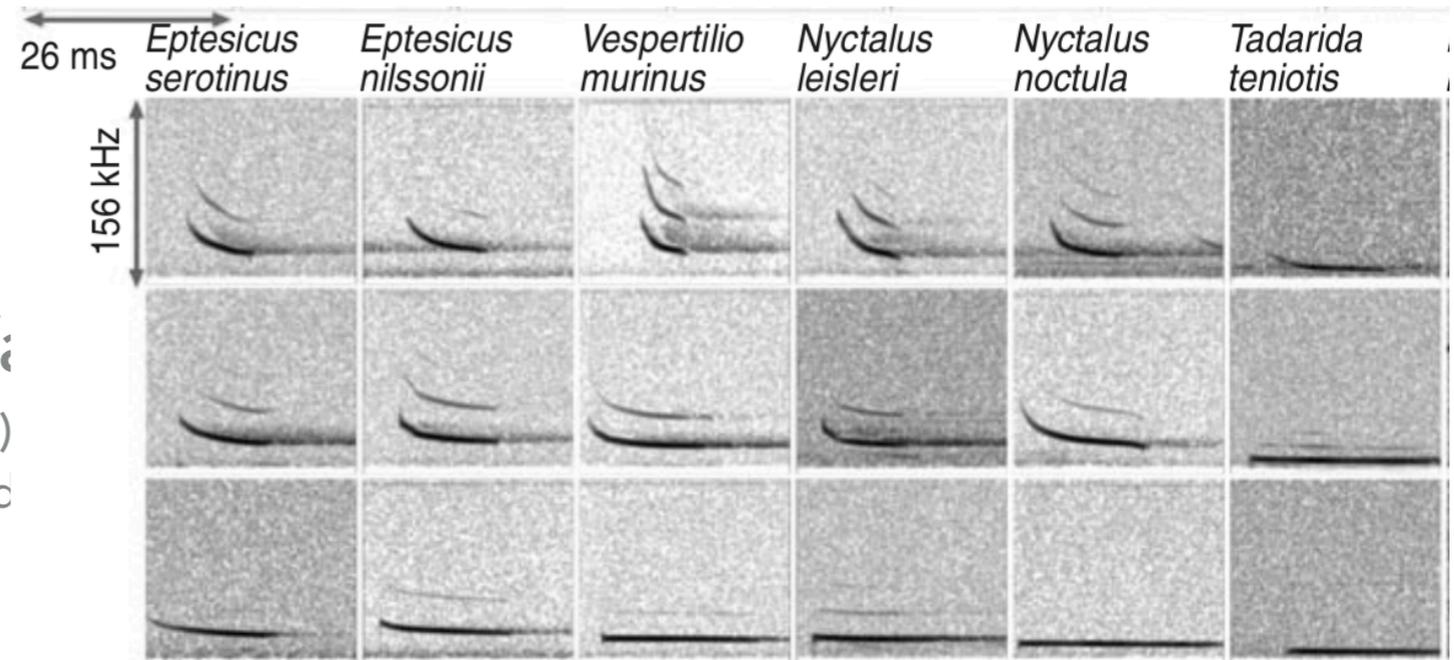
Rydell et al. (2017). Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence.

Brabant et al. (2018). Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe.

IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variation

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Intra- and interspecific variation in echolocation calls of *Eptesicus serotinus* and *Eptesicus nilssonii*: consequences, limits and options for automated identification.
 Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats: why it matters for bat species identification.



▶ Manuelle versus automatische Artbestimmung

Jennings et al. (2008). Human vs. machine: identification of bat species from their echolocation calls by humans and by artificial neural networks.

Fritsch, G., & Bruckner, A. (2014). Operator bias in software-aided bat call identification.

▶ Software für automatische Artbestimmung

Russo, D., & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis.

Rydell et al. (2017). Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence.

Brabant et al. (2018). Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe.

IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variabilität

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach.

Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification.

▶ Manuelle versus automatische Artbestimmung

Jennings et al. (2008). Human vs. machine: identification of bat species from their echolocation calls by humans and by artificial neural networks.

Fritsch, G., & Bruckner, A. (2014). Operator bias in software-aided bat call identification.

▶ Software für automatische Artbestimmung

Russo, D., & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis.

Rydell et al. (2017). Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence.

Brabant et al. (2018). Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe.

IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variabilität

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach.

Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification.

▶ Manuelle versus automatische Artbestimmung

Table 1. Summary classification rates of bat recordings, assessed by using sensitivity (recordings correctly classified) and positive predictive power (PPP; predictions that were actually recordings of that species) for humans and artificial neural networks (ANNs).

Taxon	N*	Humans		ANNs		
		Number of confusion species	Median percent sensitivity	Median percent PPP	Percent sensitivity	Percent PPP
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3	1	100 (100–100)	100 (100–100)	100	100
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	2	2	100 (100–100)	100 (100–100)	100	100
<i>Pipistrellus</i> (to genus)	5	—	100 (100–100)	100 (100–100)	100	100
<i>Nyctalus leisleri</i>	3	5	33 (0–67)	67 (0–100)	33	100
<i>Nyctalus noctula</i>	3	2	100 (100–100)	75 (75–100)	100	86
<i>Nyctalus</i> (to genus)	6	—	67 (67–83)	100 (80–100)	75	100
<i>Eptesicus serotinus</i>	4	7	50 (50–75)	67 (53–75)	88 [†]	78 [†]

Note: Values in parentheses are interquartile ranges.

*The number of recordings in the data set.

[†]The classification rate of the ANNs was above the interquartile range of that of the human participants.

SCHLAGGEFÄHRDETE ARTEN: GUT

IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variabilität

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach.

Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification.

▶ Manuelle versus automatische Artbestimmung

Jennings et al. (2008). Human vs. machine: identification of bat species from their echolocation calls by humans and by artificial neural networks.

Fritsch, G., & Bruckner, A. (2014). Operator bias in software-aided bat call identification.

▶ Software für automatische Artbestimmung

Russo, D., & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis.

Rydell et al. (2017). Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence.

Brabant et al. (2018). Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe.

IDENTIFIKATION VON ARTEN

▶ Intra- und Interspezifische Variabilität

Obrist, M. K., Boesch, R., & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach.
 Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G. (2018). Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and

Species	BatIdent					BatExplorer			Kaleidoscope			SonoChiro				
	Right species group (%)	Wrong species group (%)	Right species (%)	Wrong species (%)	NoID (%)	Right species (%)	Wrong species (%)	NoID (%)	Right species (%)	Wrong species (%)	NoID (%)	Right species group (%)	Wrong species group (%)	Right species (%)	Wrong species (%)	NoID (%)
Total (n=148)	88.0	12.0	77.3	22.7	0.0	31.3	66.7	2.0	71.3	10.7	18.0	85.3	14.7	65.3	34.7	0.0

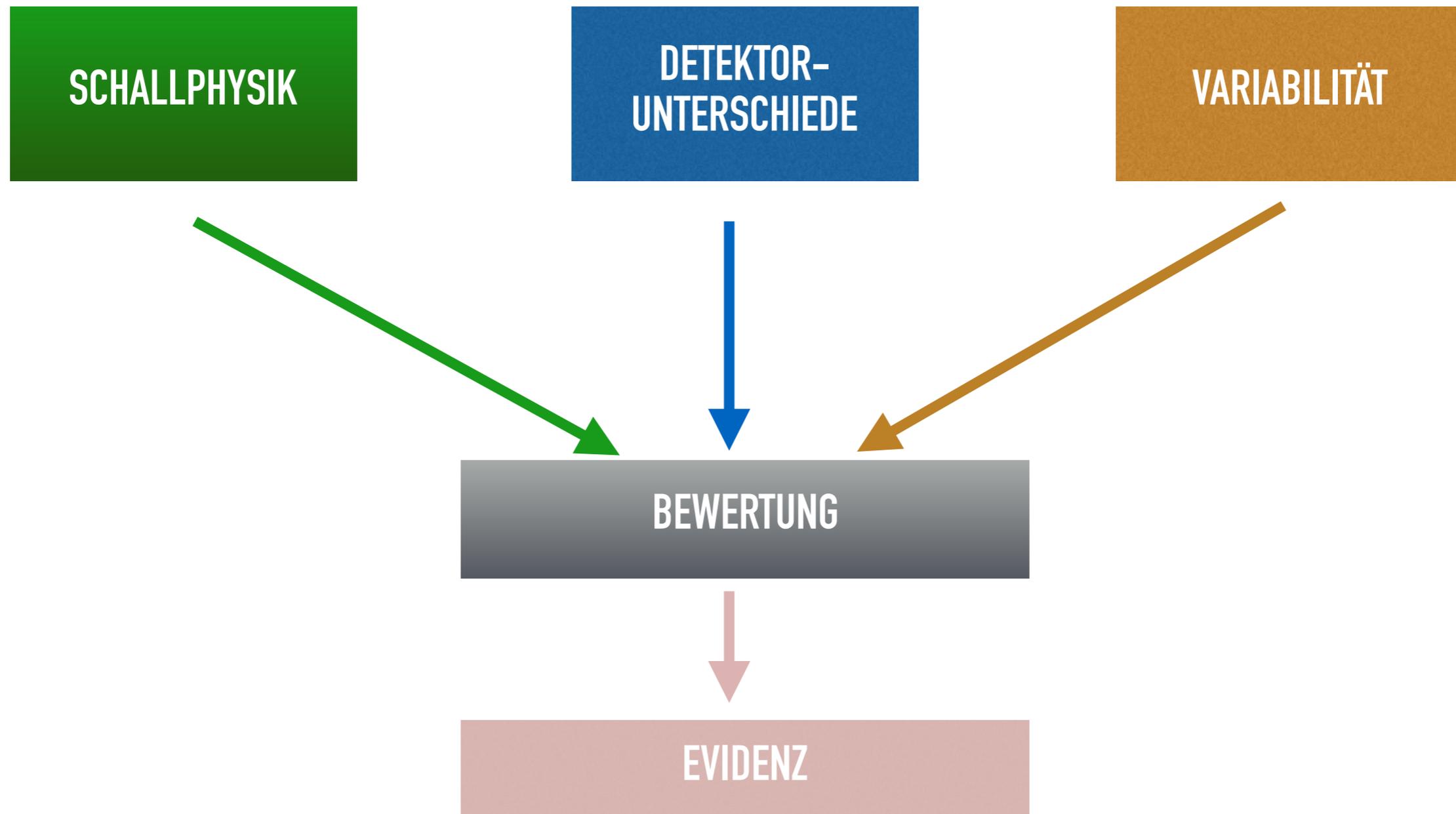
▶ Software für automatische Artbestimmung **ANWENDUNG GONDEL MONITORING: GUT!**

Russo, D., & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis.

Rydell et al. (2017). Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence.

Brabant et al. (2018). Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe.

EINFLÜSSE AUF DIE BEWERTUNG



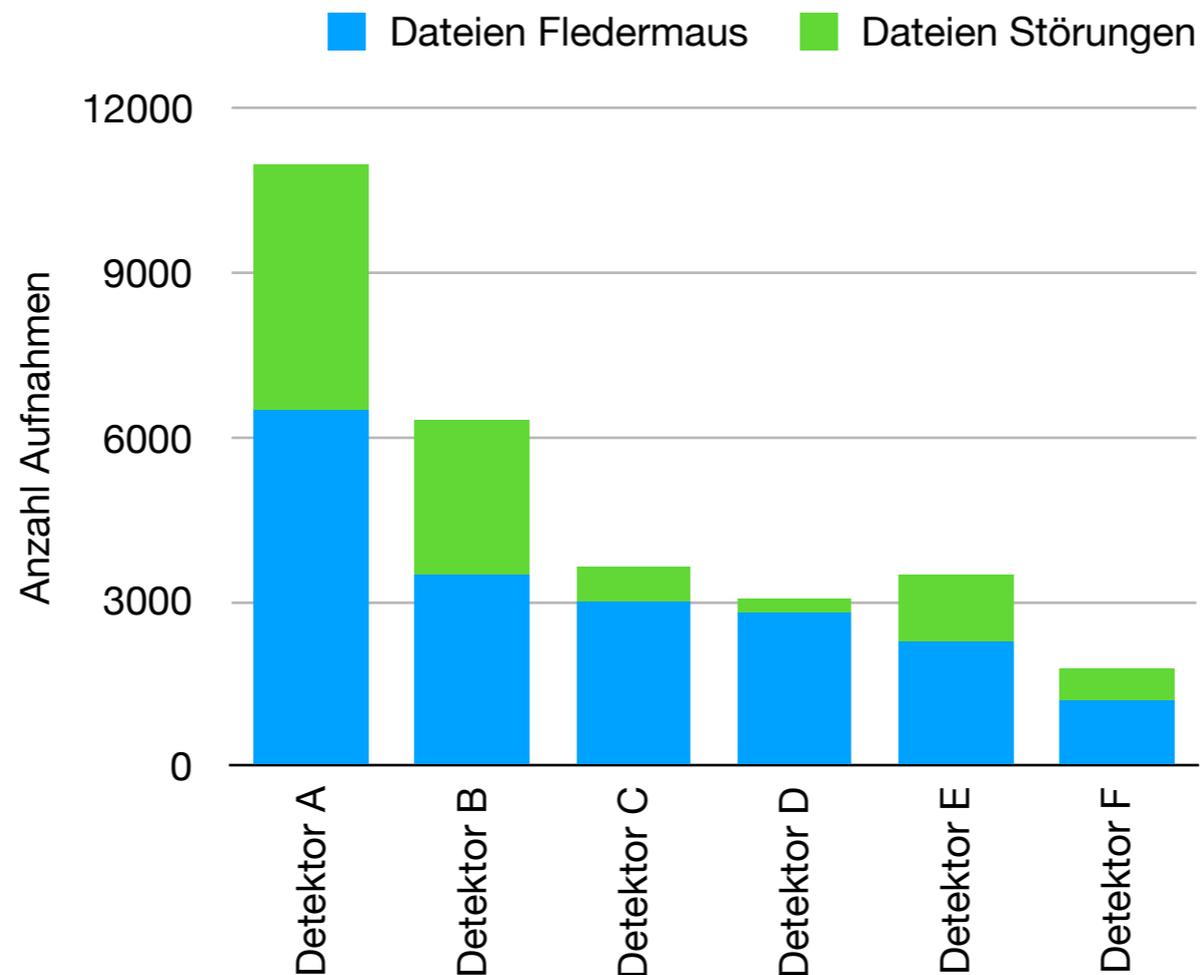
EINORDNUNG UND BEWERTUNG VON ERGEBNISSEN

▶ Kaum wissenschaftlichen Studien

- ▶ Stahlschmidt, P., & Brühl, C. A. (2012). Bats as bioindicators - the need of a standardized method for acoustic bat activity surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3)
- ▶ Braun de Torrez et al. (2017). Mobile acoustic transects miss rare bat species: implications of survey method and spatio-temporal sampling for monitoring bats. *PeerJ*, 5(191)
- ▶ Roemer et al (2017). Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation*, 215
- ▶ Lintott et al. (2017). Ecobat: An online resource to facilitate transparent, evidence-based interpretation of bat activity data. *Ecology and Evolution*, 8(2)

**KEINE KORREKTUR FÜR TECHNIK
DADURCH STARKE STREUUNG**

EINORDNUNG UND BEWERTUNG VON ERGEBNISSEN



Belkin (2016): Vergleich verschiedener Horchkisten zur akustischen Erfassung von Fledermauskontakten bei der Planung von Windenergieanlagen; Masterarbeit

EINORDNUNG UND BEWERTUNG VON ERGEBNISSEN

- ▶ Kaum wissenschaftlichen Studien
- ▶ Teilweise in Länderleitfäden, z.B.

LANU (2009). Empfehlungen zur Berücksichtigung tierökologischer Belange bei Windenergieplanungen in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe LANU SH, (13)

MUGV (2011): Beachtung naturschutzfachlicher Belange bei der Ausweisung von Windeignungsgebieten und bei der Genehmigung von Windenergieanlagen.

Tabelle III-9: Klassifizierung der mittels Horchkisten festgestellten Aktivitätsdichten.

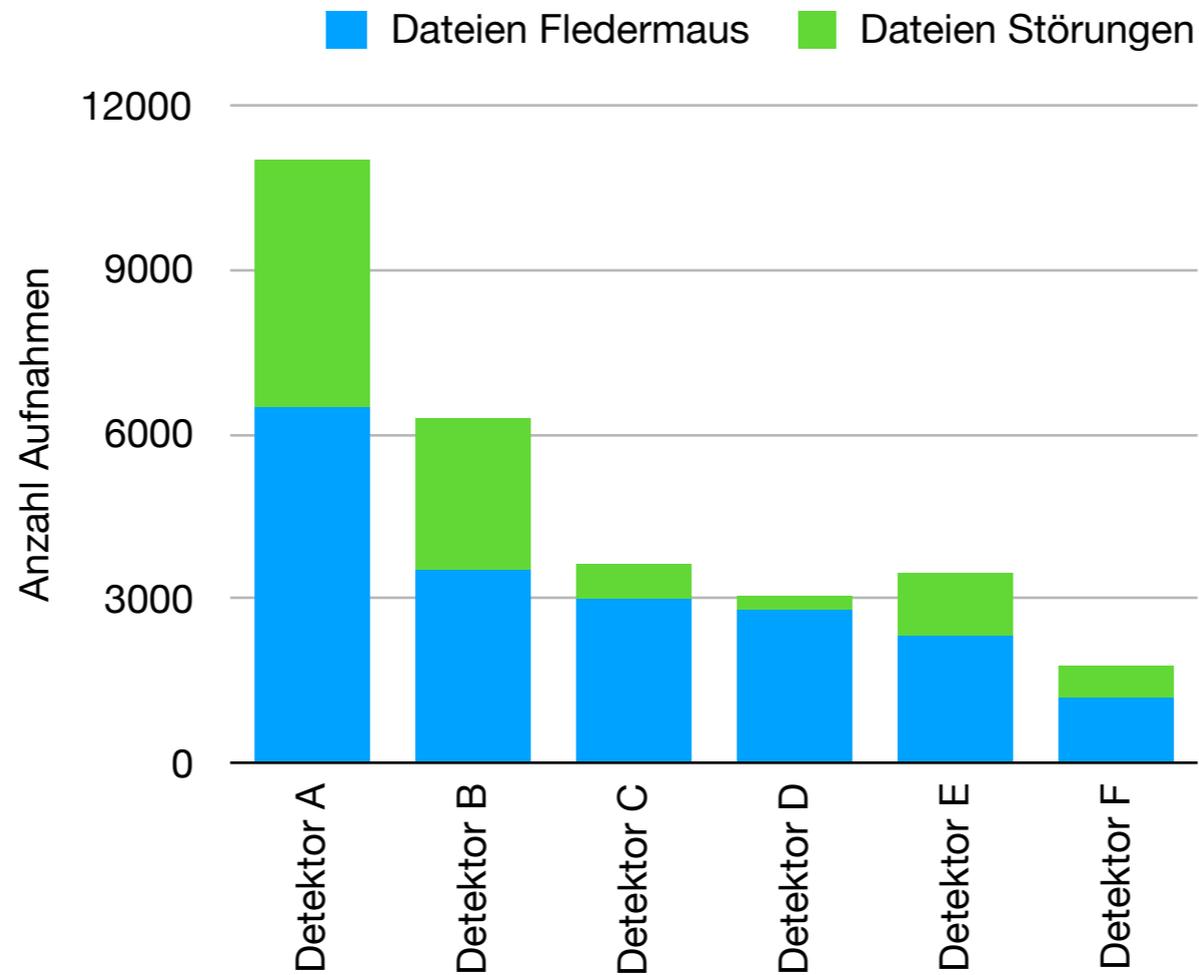
Abundanzklasse Summe der aufgezeichneten Ereignisse im Untersuchungszeitraum in einer Untersuchungsnacht	Aktivität
0	keine
1-2	sehr gering
3-10	Gering
11-30	Mittel
31-100	Hoch
101-250	sehr hoch
> 250	äußerst hoch

BASIS DER KLASSEN?

Als Grundgefährdung wird das Kollisionsrisiko angenommen, dass [...] mit **geringer bis mittlerer Bedeutung** gegeben ist. Das sind Bereiche mit geringen bis mittleren Aktivitätsdichten (Tabelle III-9)[...]. Eine Fundrate von 0,5 bis 1 Totfunden pro Windenergieanlage und Jahr aufgrund einer Untersuchung von Kollisionsopfern entspricht der Grundgefährdung.

LANU (2009) - Erfassung im Vorfeld (Boden)

PLANUNG UND BEWERTUNG VON FLEDERMÄUSEN



Belkin (2016): Vergleich verschiedener Horchkisten zur akustischen Erfassung von Fledermauskontakten bei der Planung von Windenergieanlagen; Masterarbeit

LANU (2009) - Erfassung im Vorfeld (Boden)

der Grundgefährdung.

EINORDNUNG UND BEWERTUNG VON ERGEBNISSEN

▶ Kaum wissenschaftlichen Studien

▶ Teilweise in Länderleitfäden, z.B.

LANU (2009). Empfehlungen zur Berücksichtigung tierökologischer Belange bei Windenergieplanungen in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe LANU SH, (13)

MUGV (2011): Beachtung naturschutzfachlicher Belange bei der Ausweisung von Windeignungsgebieten und bei der Genehmigung von Windenergieanlagen.

0-100 Aktivitäten = sehr gering

101 bis 200 Aktivitäten = gering

201 bis 300 Aktivitäten = mittel

301 bis 400 Aktivitäten = hoch

401 bis 500 = sehr hoch

WAS IST „AKTIVITÄT“?

Als Bewertungsgrundlage sind die bei Daueraufzeichnungen **gemessenen Höhenaktivitäten** zu addieren und sofern die Reichweite des Empfangs der verwendeten Technik nicht den gesamten Rotorradius erfasst, **auf die Rotorlänge hochzurechnen.**
[...]

MUGV (2011) - Gondel-Erfassung

EINORDNUNG UND BEWERTUNG VON ERGEBNISSEN

- ▶ Kaum wissenschaftlichen Studien

- ▶ Teilweise in Länderleitfäden

LANU (2009). Empfehlungen zur Berücksichtigung tierökologischer Belange bei Windenergieplanungen in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe LANU SH, (13)

MUGV (2011): Beachtung naturschutzfachlicher Belange bei der Ausweisung von Windeignungsgebieten und bei der Genehmigung von Windenergieanlagen.

Subjektiv

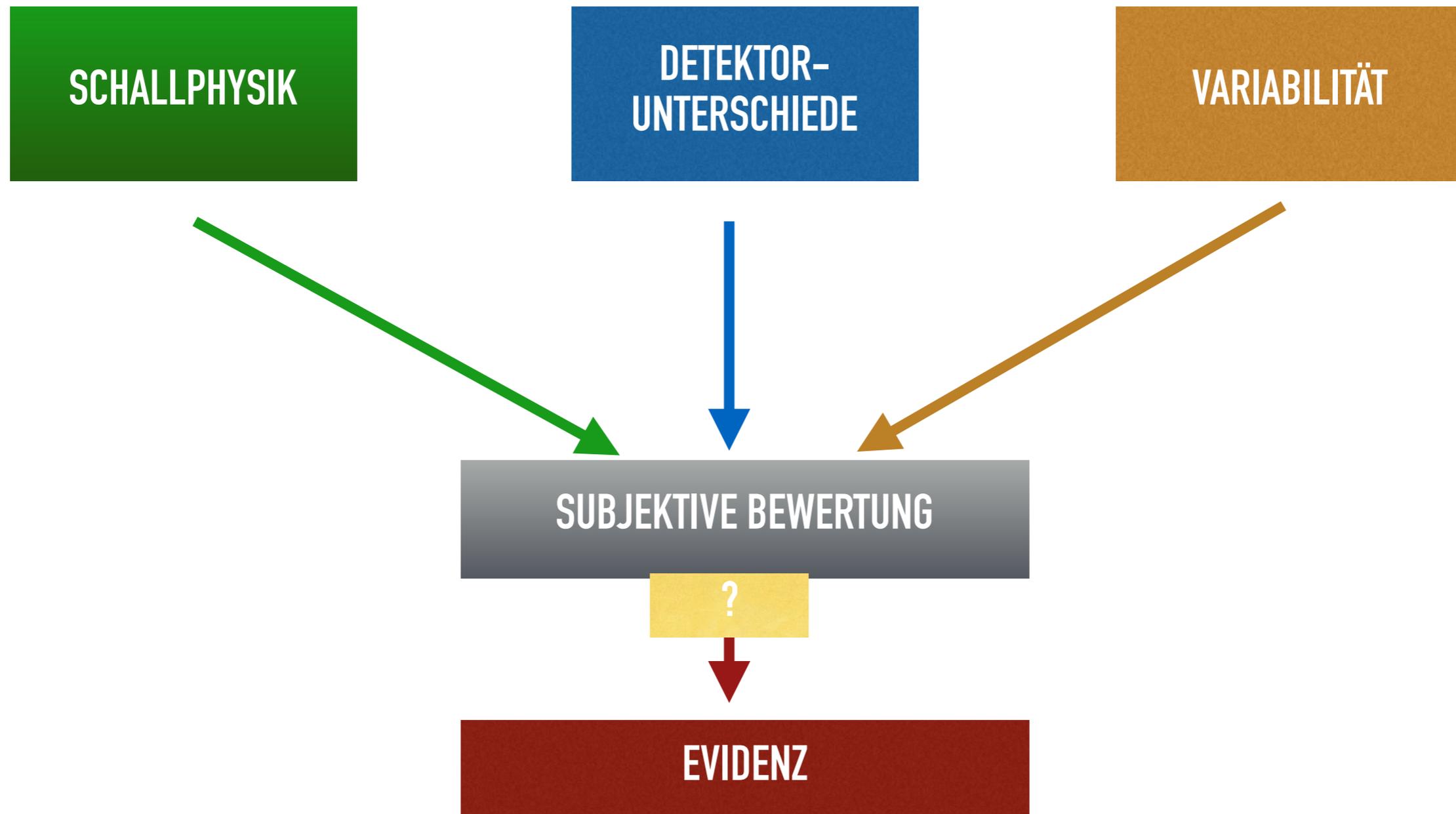
- ▶ Standardisierte akustische Messung an der Gondel, statistische Korrelation mit Schlagopfern: Renebat (ProBat)

Brinkmann et al. (2011). Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen.

GENERIERT ECHTE EVIDENZEN

**NUR TECHNIKSPEZIFISCH
ERWEITERUNG SCHWER**

EINFLÜSSE AUF DIE BEWERTUNG



WAS IST NÖTIG?

- ▶ Die Voraussetzungen für die Anwendung und die Verarbeitung der Daten muss klarer definiert werden.

ANSPRÜCHE AN PASSIVE ERFASSUNG

- ▶ **Autonomer Betrieb** über längere Zeit (wenigstens mehrere Nächte)
- ▶ Aufzeichnung jeder vorbeifliegender Fledermaus (**Objektivität, Reproduzierbarkeit, ohne Totzeit**)
- ▶ Lage der Fledermaus ohne Einfluss (**Omnidirektionalität**).
- ▶ **Hohe Aufnahmequalität** für Artbestimmung und automatische Auswertung
- ▶ Bekannte Empfindlichkeit, **Kalibrierung**

**ERGÄNZEN BASIEREND
AUF AKTUELLEN
ERKENNTNISSEN**

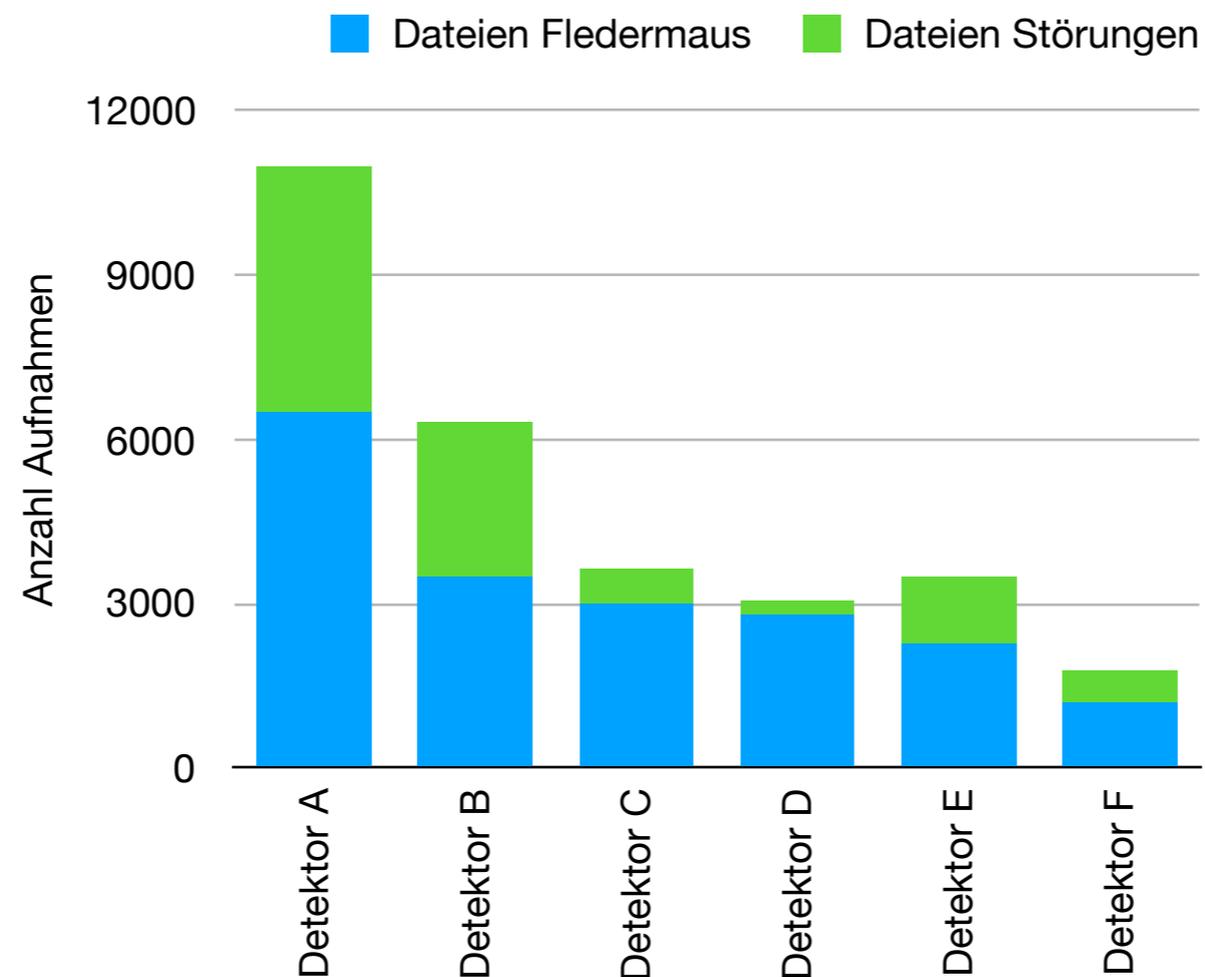
Hayes, J. P. (1997). Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies

Hayes, J. P. (2000). Assumptions and practical considerations in the design and interpretation of echolocation-monitoring studies

BEWERTUNG VERBESSERN

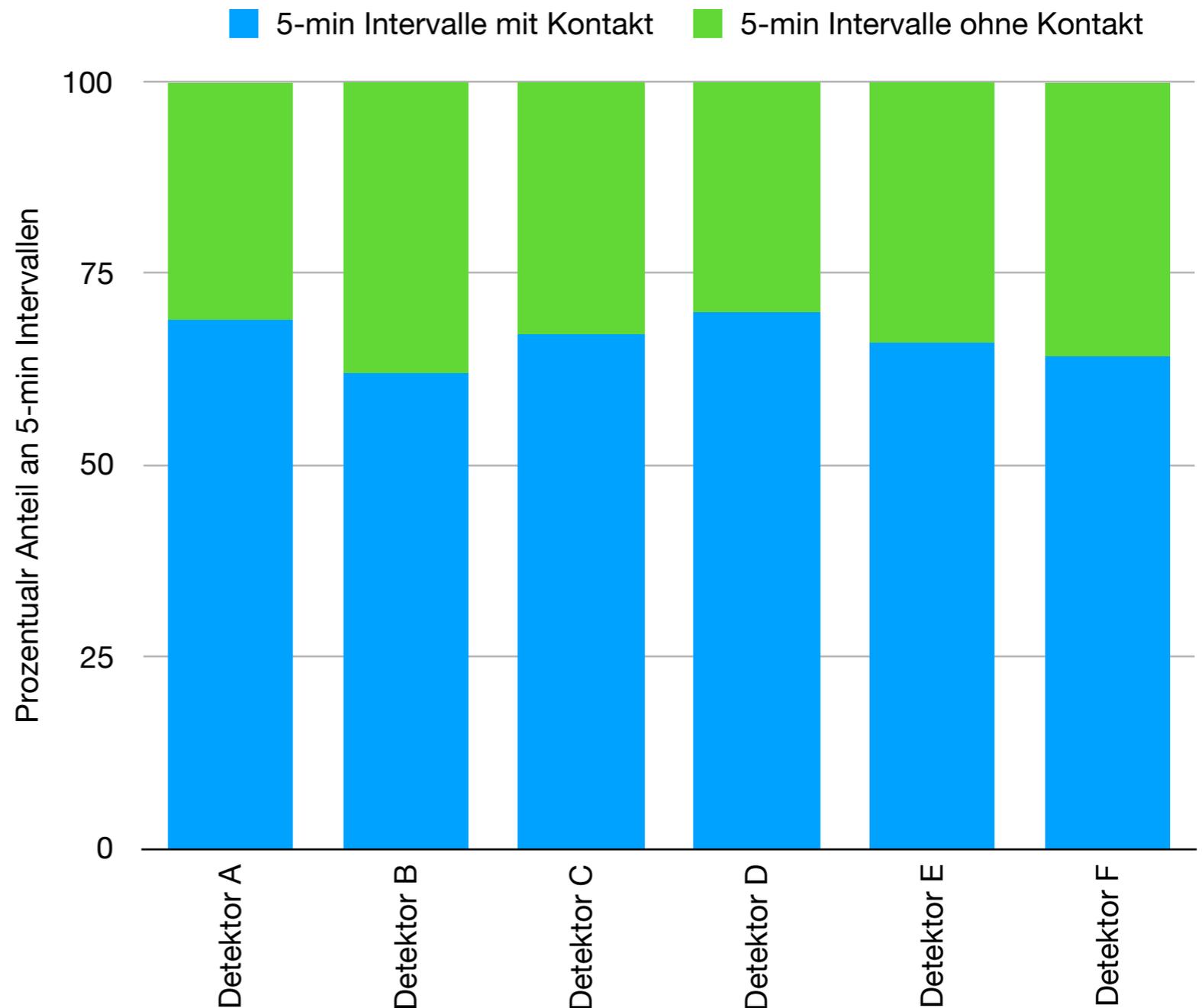
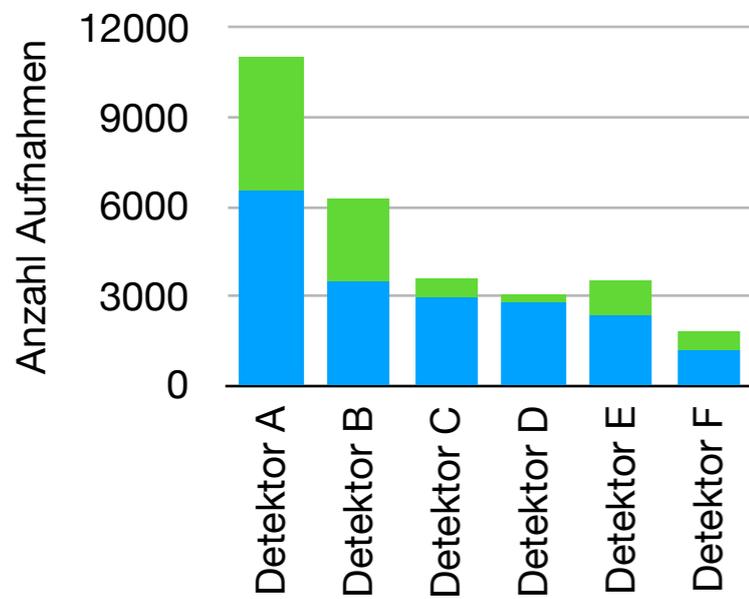
- ▶ Auswertung und Bewertung unabhängig der Technik/
Physik
 - ▶ Eliminierung von Streuung bedingt durch Reichweite/Ausbreitung
 - ▶ Bewertung ohne besonderen Einfluss der Technik

BEWERTUNG VERBESSERN



Belkin (2016): Vergleich verschiedener Horchkisten zur akustischen Erfassung von Fledermauskontakten bei der Planung von Windenergieanlagen; Masterarbeit

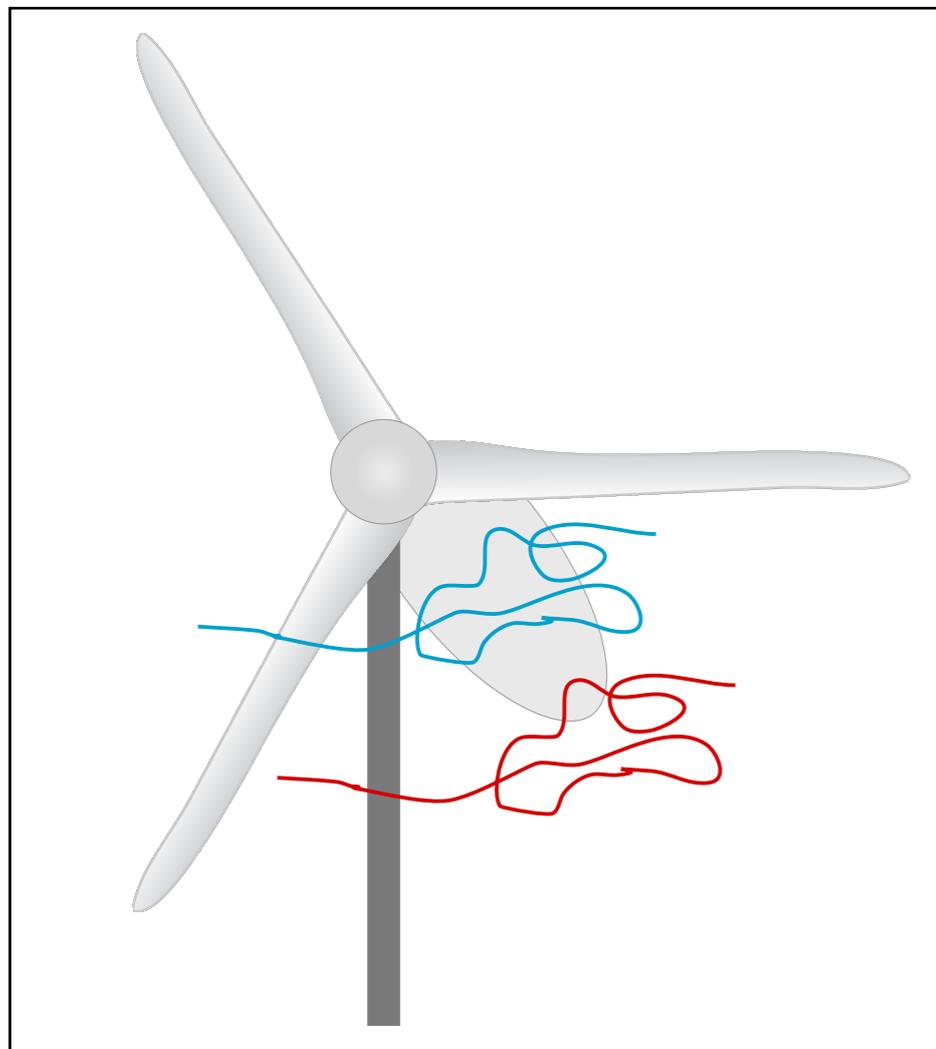
BEWERTUNG VERBESSERN



Bildung von Zeitintervallen mit/ohne Aktivität

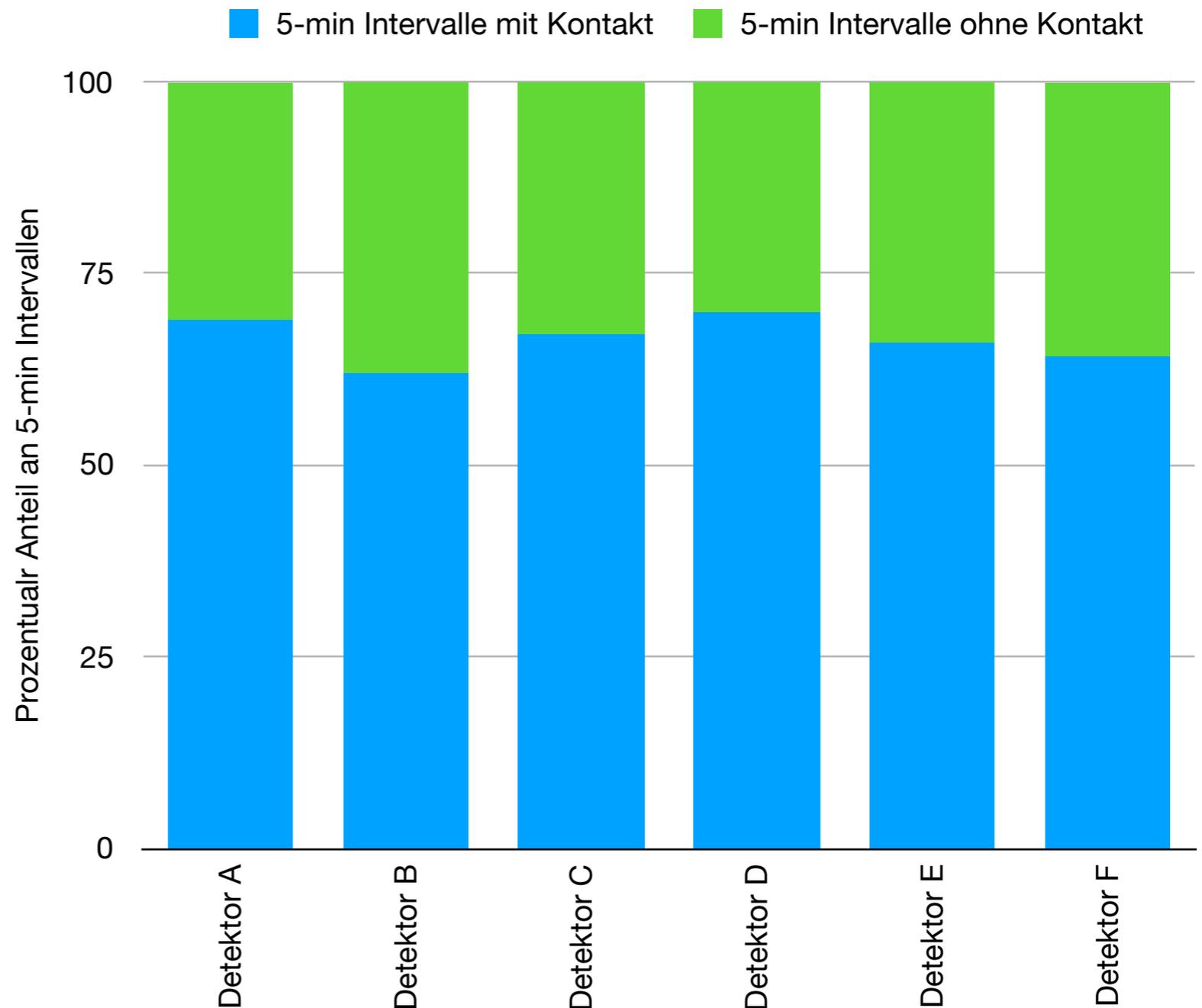
Belkin (2016)

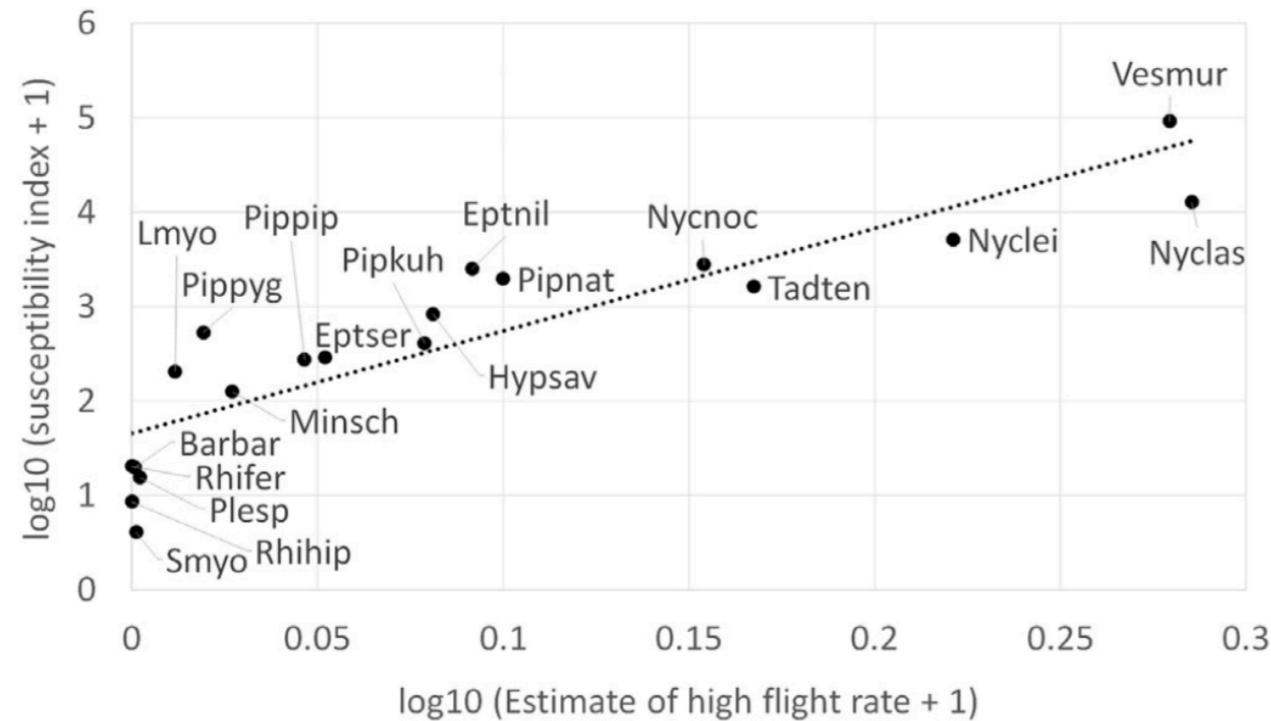
BEWERTUNG VERBESSERN



Bildung von Zeitintervallen mit/ohne Aktivität

Belkin (2016)





Mean activity (Positive minutes of activity /night); Haquart (2013)	Detection distance (m); Barataud (2015)
---	---

Fig. 5. Ratio of time spent at height in function to susceptibility to WT collision. Spearman correlation coefficient $\rho = 0.94$; $p = 4.58e-06$. Species names are the three first letters of the genus and of the species name except for small *Myotis* (Smyo) and large *Myotis* (Lmyo).

Roemer, C., Disca, T., Coulon, A., & Bas, Y. (2017). Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation*, 215, 116-122

BEWERTUNG VERBESSERN

- ▶ Auswertung und Bewertung unabhängig der Technik/Physik
 - ▶ Eliminierung von Streuung bedingt durch Reichweite/Ausbreitung
 - ▶ Bewertung ohne besonderen Einfluss der Technik
- ▶ Ziele genau definieren
 - ▶ Windkraft nach §44 BNatschG (1) und aktueller Fachmeinung:
Individuenschutz - Ermittlung der Aktivität auf Individuen-Ebene
 - ▶ Biodiversität - also mittel/langfristig: Populationen
- ▶ Sammlung und Auswertung bestehender Daten
 - ▶ jedes Jahr mehrere 500 bis 1000 Untersuchungen
- ▶ Entwicklung von Modellen
 - ▶ zB analog zu oder basierend auf Renebat

WEITERE FRAGEN

VRUNKEL@ME.COM

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

FOLIEN AB NÄCHSTER WOCHE UNTER

VOLKERRUNKEL.DE



„HINSICHTLICH DER WIRKUNG VON ANLAGENEIGENSCHAFTEN BESTEHEN GROßE WISSENSLÜCKEN. SO GIBT ES ZWAR WISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE ZUM **EINFLUSS DER ANLAGENGRÖßE** AUF DAS KOLLISIONSRISIKO EINZELNER ARTEN, DIESE BEZIEHEN SICH JEDOCH IM VERGLEICH ZUM HEUTIGEN STAND DER TECHNIK AUF SEHR KLEINE ANLAGEN. EINE **ÜBERTRAGBARKEIT** IST ANGESICHTS DER STARK ABWEICHENDEN DIMENSIONEN **NICHT GEGEBEN.**“

Fachagentur für Windenergie an Land
(TU Berlin, FA Wind & WWU Münster 2015)