

Zuverlässigkeitsanalyse auf Basis von Gutläufer-Informationen unter Nutzung von „WInD-Pool“-Daten

- Beitrag zur 4. EVW-Beiratssitzung
Kassel, 04.06.2014

Dipl.-Ing. Klaus Kühnert
IZP Dresden

PROJEKTTEILNEHMER:





Zuverlässigkeit

- Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein System während eines definierten Zeitintervalls seine zugewiesene Funktion erfüllt
- unterliegt stochastischem Prozess
- ist nicht unmittelbar messbar

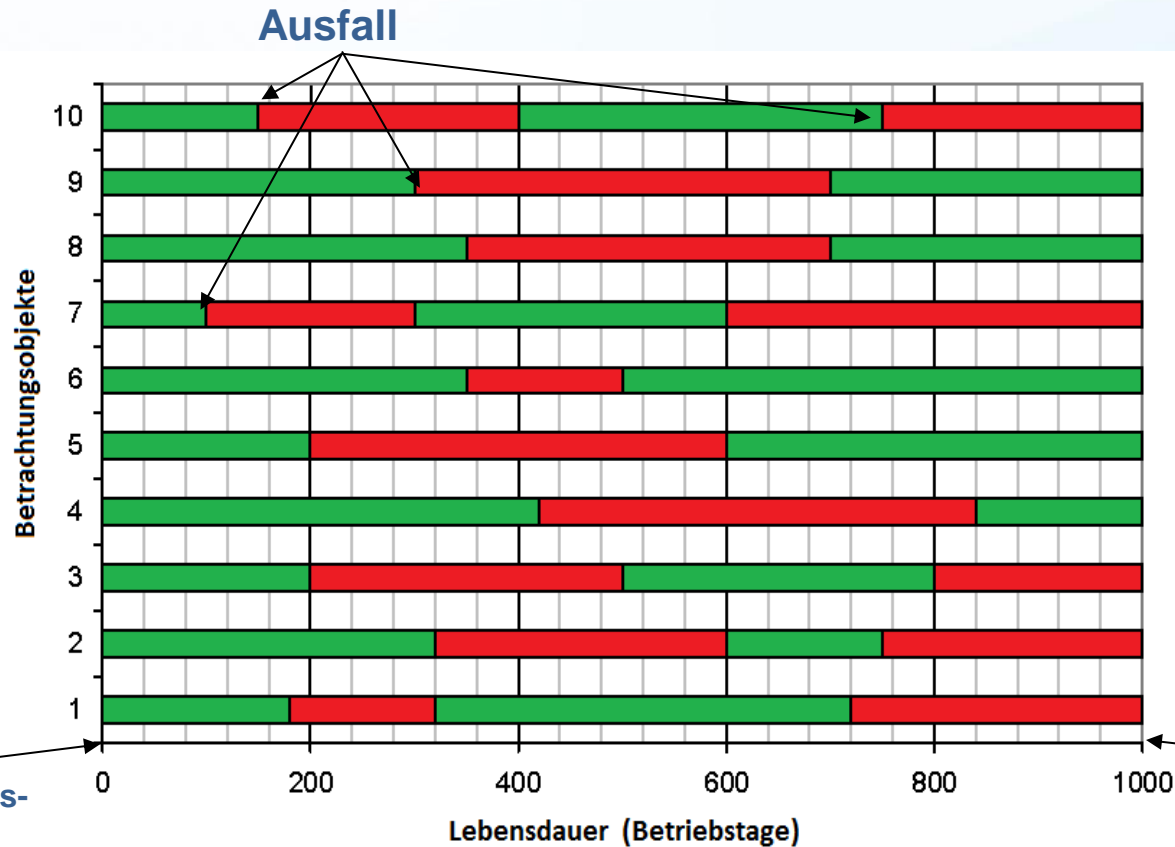
Gründe für Zuverlässigkeitsanalysen

- Zuverlässigkeitsverhalten beeinflusst Produktqualität und Wirtschaftlichkeit: Systemausfälle sind i.d.R. mit wirtschaftlichen Verlusten verbunden
- Systemausfälle auf Grund mangelnder Zuverlässigkeit können in der Gefährdung von Menschen und Umwelt resultieren



Zuverlässigkeitsverhalten

- Relevantes Zuverlässigkeitsereignis: Ausfall - Beendigung der Lebensdauer („Abnutzungsvorrat“ aufgebraucht → Instandsetzung erforderlich)
- Relevante Ereignisse und Betrachtungsebenen (System, Subsystem, Komponente) müssen im Vorfeld exakt definiert werden



➤ (vollständige)
„Stichprobe“
für die
Anlagen-
Lebensdauer

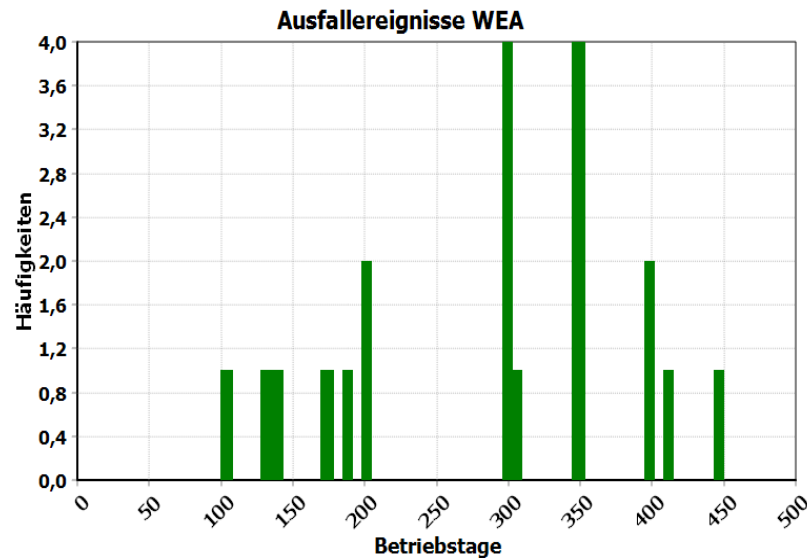
Betrachtungs-
beginn

Betrachtung-
ende

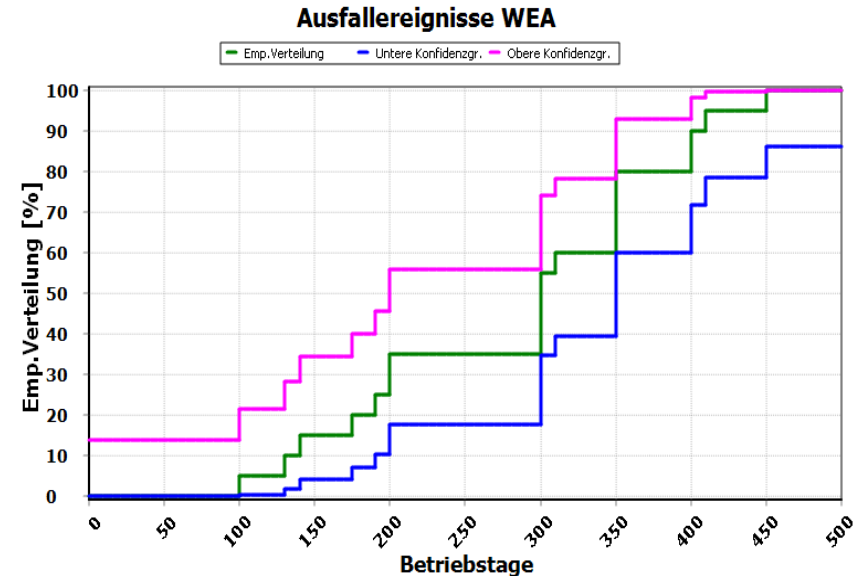


Mathematische Beschreibung

■ Häufigkeitsdarstellung:



■ Verteilungsfunktion: (mit Konfidenzgrenzen)

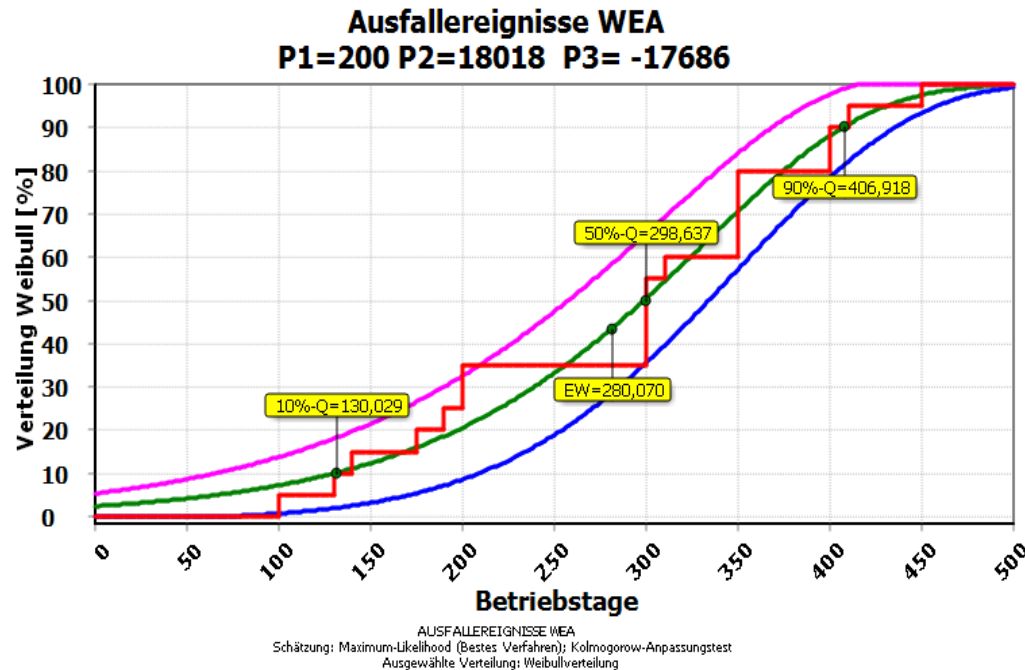


Das Konfidenzintervall (auch Vertrauensbereich) ist der Bereich, der bei unendlicher Wiederholung eines Zufallsexperiments mit einer gewissen Häufigkeit (dem Konfidenzniveau, z.B. 95%) die wahre Lage des Parameters einschließt.



Verteilungsschätzung

- Annahme:
Die unbekannte Lebensdauerverteilung habe die Gestalt einer Funktion mit 3 freien Parametern und passenden Eigenschaften (monoton wachsend zw. 0 und 1):
- Ziel:
Ersatz der (unhandlichen Treppenfunktionsgestalt) der empirischen Verteilung durch eine für die weiteren Rechnungen günstigere (parametrische) Funktion ersetzen.



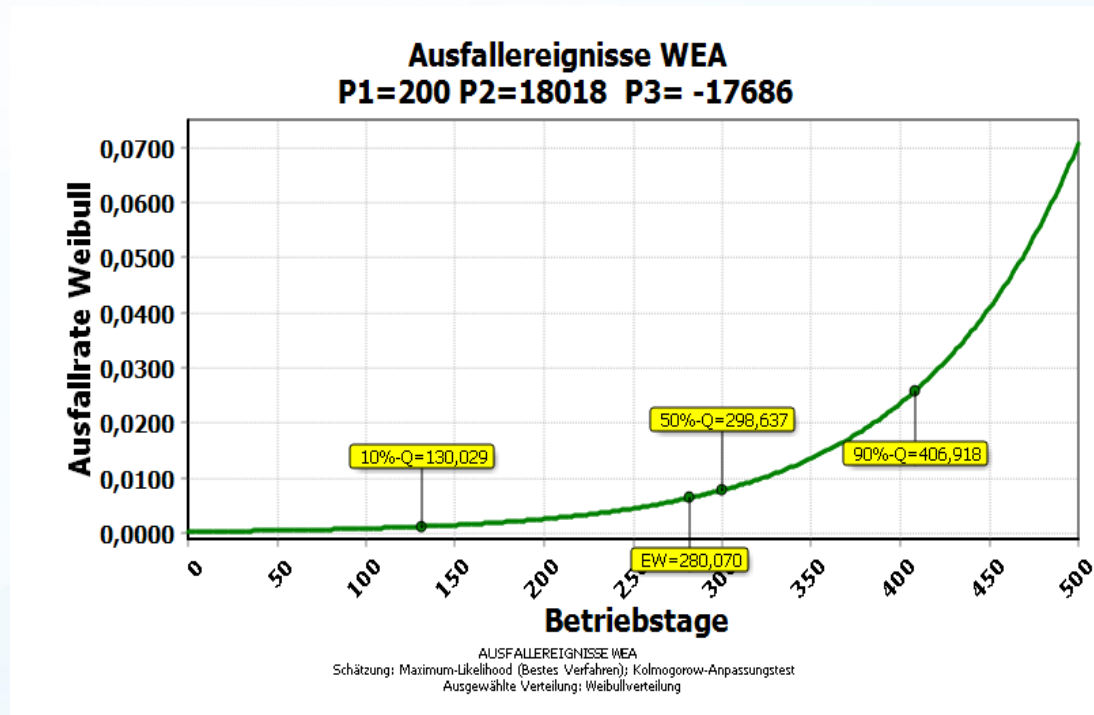
➤ softwaregestützt
(z.B. mit RAMS-Office)

- wichtige Kennwerte:
 - Erwartungswert
 - Streuung
 - Standardabweichung
 - Variationskoeffizient
 - Quantile
 - Ausfallrate



Ausfallrate

- Aussage:
Ausfallwahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt x unter der Voraussetzung,
dass das System bis zum Zeitpunkt x ohne Ausfall betrieben worden ist.

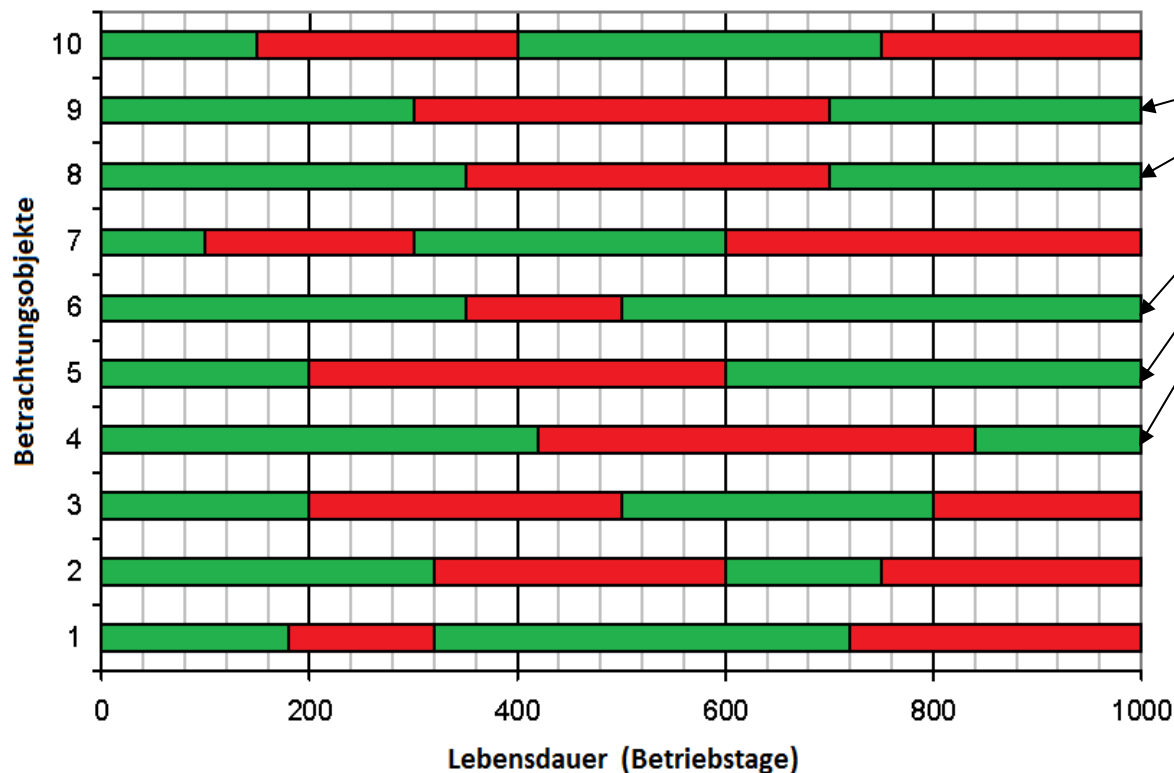


- mögliche Verläufe:
 - fallend
 - wachsend
 - konstant
(Exponentialverteilung)
 - *kombiniert*
(z.B. Badewannengestalt)



Zensierte Stichproben

- Problem:
Am Ende eines Beobachtungszeitraums für eine Lebensdaueranalyse sind noch nicht alle Betrachtungsobjekte ausgefallen:



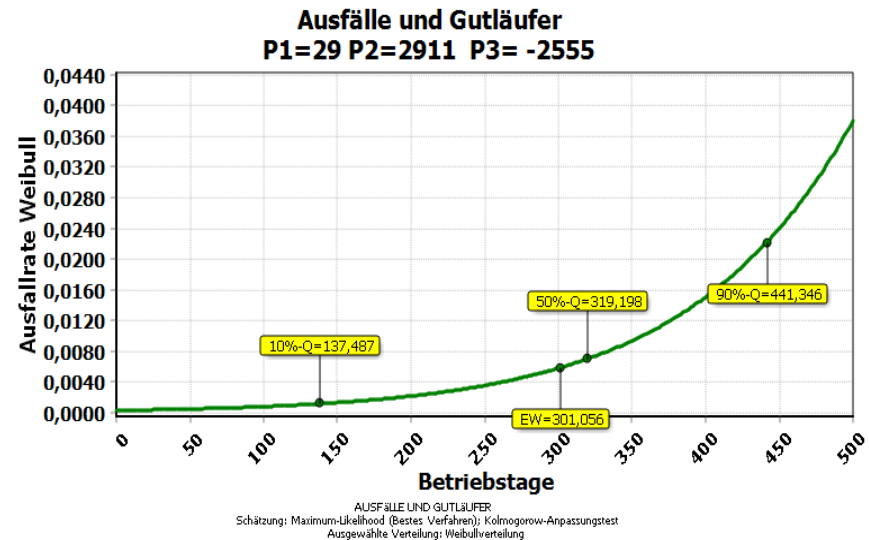
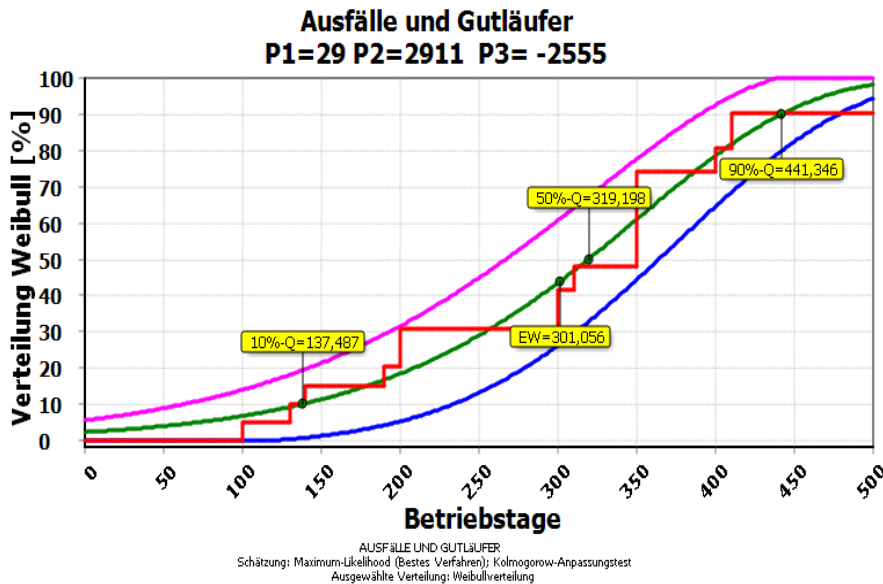
Zensierung

- Rechtsseitige Zensierung:
Die eigentliche Ausfallzeit (hätte man weiter beobachtet), würde auf der Zeitachse rechts von der Zensierungszeit zu verzeichnen sein. („Restgutläufer“)



Verteilungsfunktion und Ausfallrate auf Basis von Ausfall- und Gutläufer-Informationen

- Mathematische Modellierung mit Hilfe der „Kaplan-Meier-Funktion“, welche die empirische Verteilung fortschreibt, falls eine rechtsseitig Zensierung vorliegt:



- Eine Erkenntnis:

Der Erwartungswert auf Basis einer rechtszensierten Stichproben fällt (etwas) höher aus, als bei der vereinfachter Annahme, die Stichprobe ist vollständig.



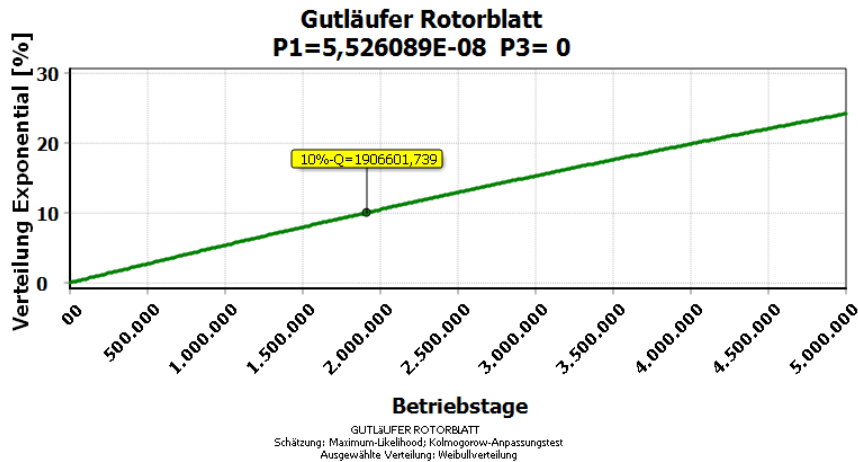
Problem: keine Ausfälle im Beobachtungszeitraum, nur Gutläufer-Informationen

- **Alle** Betrachtungsobjekte durchlaufen die Beobachtungszeit **ausfallfrei**.
- Vereinfachte Annahme: Die Lebensdauer der Betrachtungseinheiten genügt einer Exponentialverteilung (konstante Ausfallrate).
- In solchen Fällen können nur hypothetische Aussagen über die zugrunde liegende Verteilung, das heißt über den Parameter λ der Exponentialverteilung, abgegeben werden.
- Begründung/Vorgehensweise:
 - Die üblichen statistischen Schätzmethoden (Maximum Likelihood oder Kleinste Quadrate) für den Parameter λ der **Exponentialverteilung** versagen.
 - Dagegen lässt sich die **obere Konfidenzgrenze** (Grenzwert, den der Parameter λ mit einer vorgegebenen Sicherheit nicht überschreitet) für λ angeben.
 - Die Konfidenzgrenzen werden mit Hilfe von χ^2 -Verteilungen berechnet.

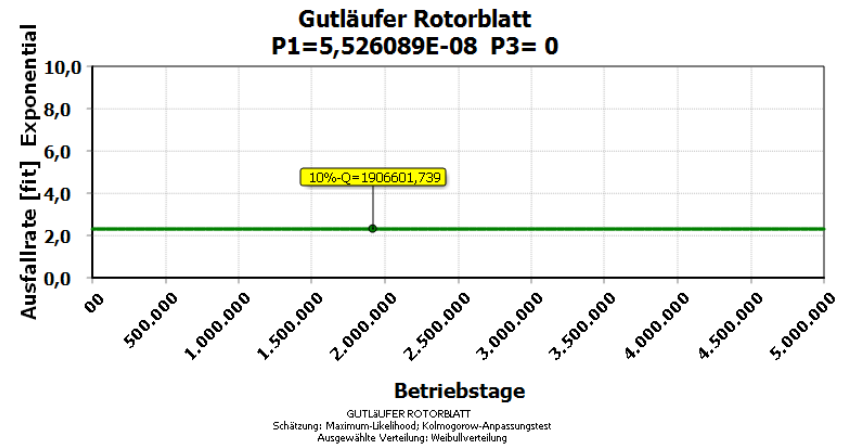


Reine Gutläufer-Auswertung des Ereignisses "Rotorblattbruch"

- vereinfachende Annahme: 1 Gutläufer je Anlage (unabhängig vom WEA-Typ)



- Standardisierte Vergleichseinheit:
1 fit (Failure in Time) = 1,0E-09 Stunden



Zu beachten:

- nur obere Konfidenzgrenze auf Basis der **Exponentialverteilung**
→ „schlechteste“ Interpretation der zugrundeliegenden Daten
→ „bessere“, realistischere Zuverlässigkeitsaussagen, als mittels vollständiger Stichprobe
- aber: Prognose über den größten beobachteten Wert hinaus (hier: 6498 Tage) ist sehr vage!

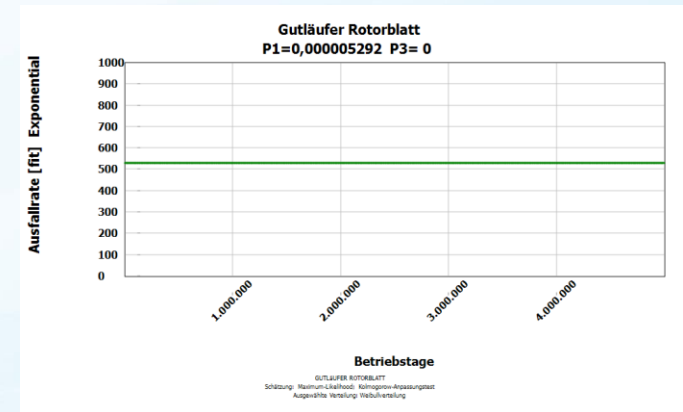
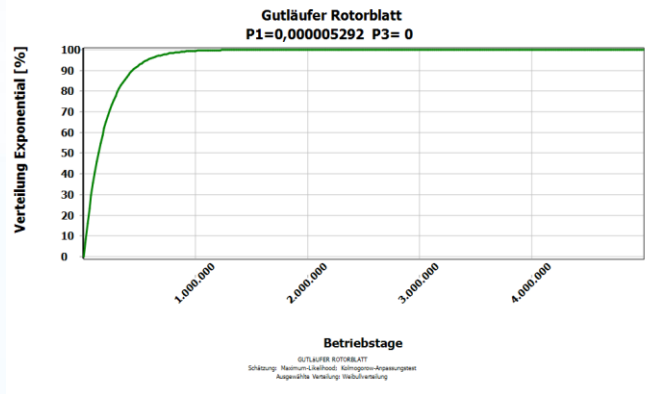


Einfluss von Beobachtungszeit und Probandenanzahl

- Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsanalyse sind umso aussagekräftiger
 - je größer die Probandenanzahl ist
 - je länger die Beobachtungsdauer ist

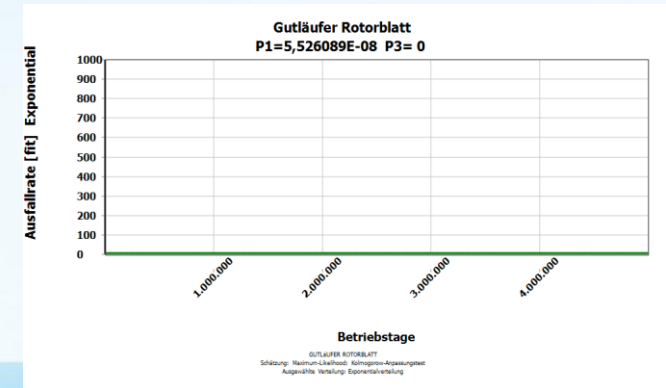
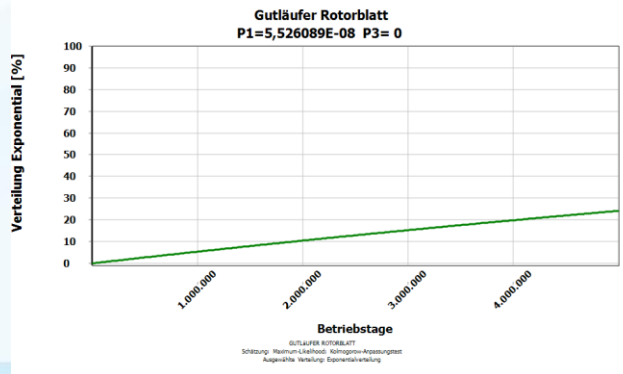
Fall 1:

- 3 Jahre
- 175 Gutläufer



Fall 2:

- 17,5 Jahre
- 2007 Gutläufer





Einfluss eines (fiktiven) Ereignisses

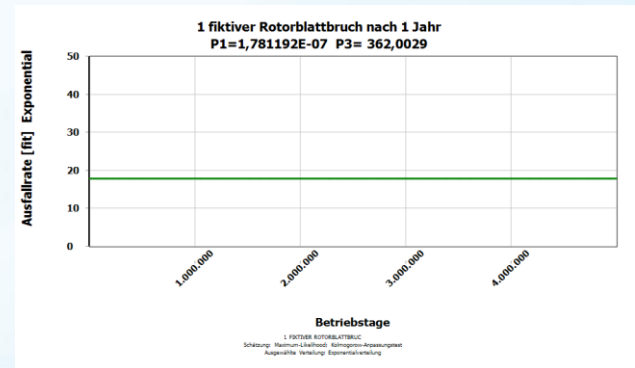
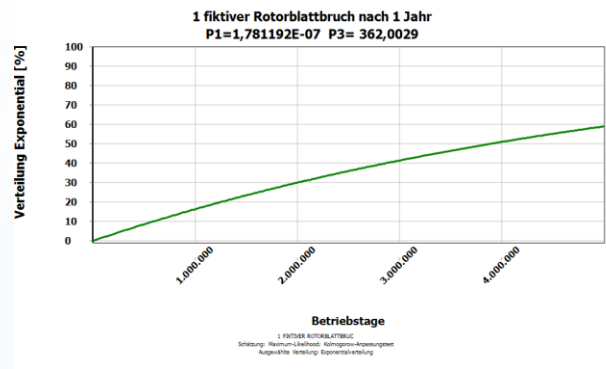
- Die zeitliche Lage (fiktiv angenommener) Ereignisse beeinflusst die Analyseergebnisse:

Fall 1:

- 17,5 Jahre
- 2006 Guttläufer

Annahme:

- 1 relevantes Ereignis nach 1 Jahr

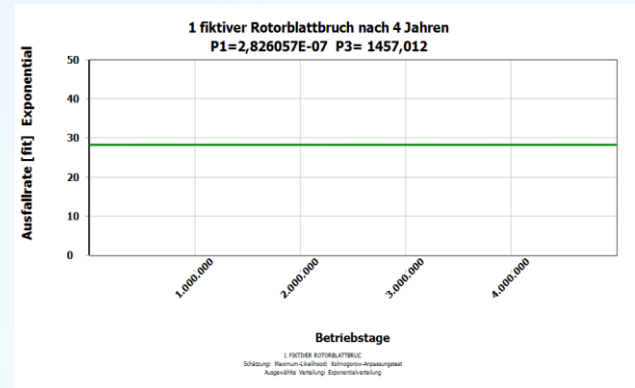
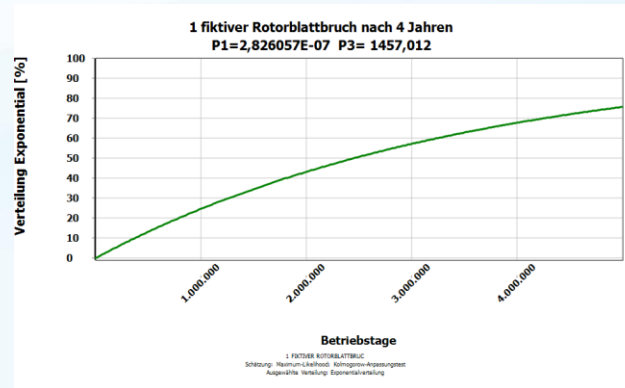


Fall 2:

- 17,5 Jahre
- 2006 Guttläufer

Annahme:

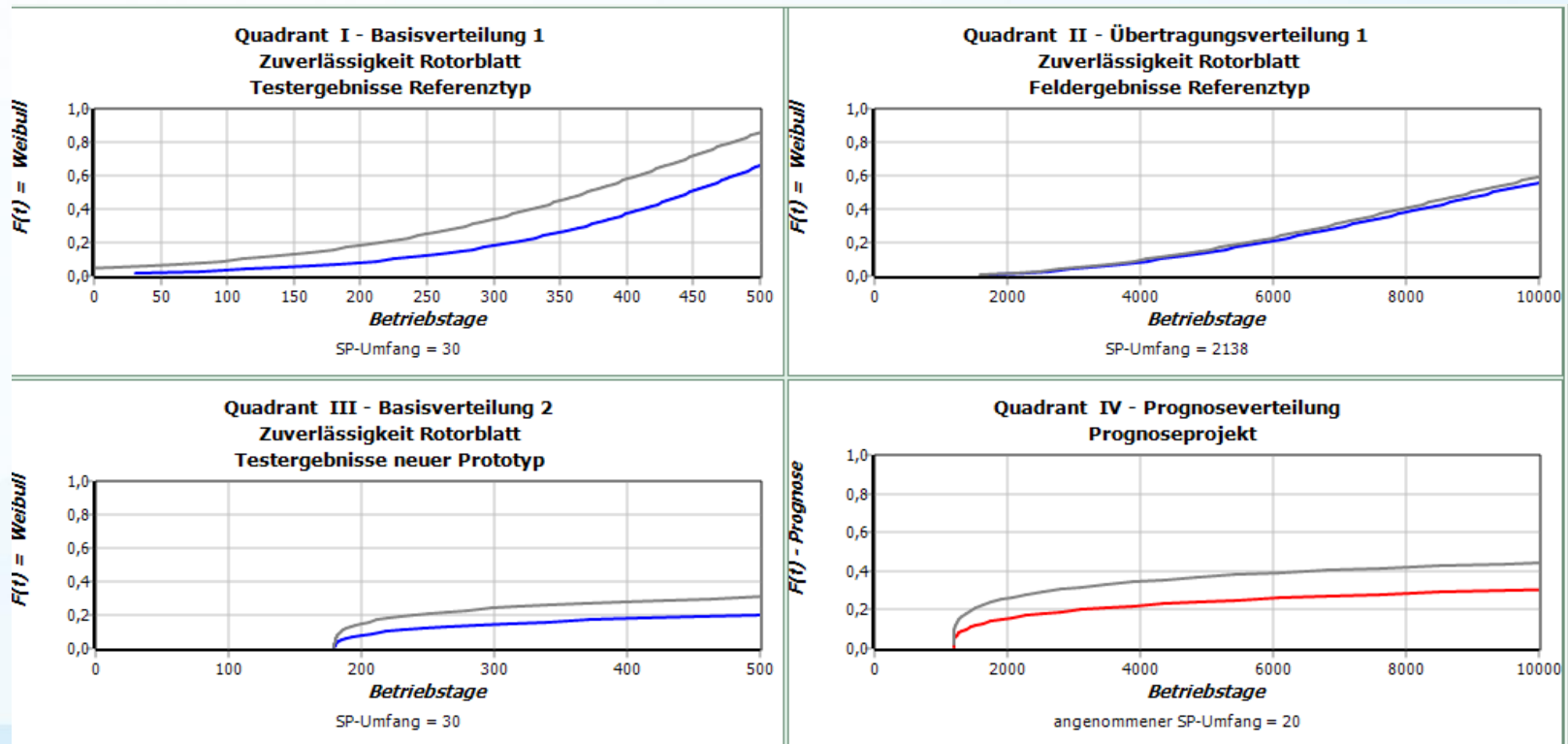
- 1 relevantes Ereignis nach 4 Jahren





Zuverlässigkeitsprognose mittels Quadrantenmodell

- Weitere Möglichkeit der Zuverlässigkeitsprognose für „Feldverhalten“
–Voraussetzung:
Kenntnisse über das Zuverlässigkeitsverhalten für ein Referenzobjekt und für das aktuelle Untersuchungsobjekt in einem (zeitlich beschränkten) Testzeitraum, sowie über das Zuverlässigkeitsverhalten für das Referenzmodell auf Basis von Feldergebnissen





Zusammenfassung

- Zuverlässigkeitsprognosen spielen z.B. im Rahmen von Risikoanalysen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen eine wichtige Rolle
- Aber: ohne Eingangsinformationen ist die Prognose des Zuverlässigkeitsverhaltens für Systeme und Komponenten nicht möglich
(„Aus Nichts kann man nichts schlussfolgern“)
- Existieren keine Referenzwerte über Ausfallereignisse als Basis für die Berechnung von Zuverlässigkeitsparametern, kann eine vereinfachte Analyse auf Basis von reinen „Gutläufer“-Daten erfolgen
(→ obere Konfidenzgrenze mittels Exponentialverteilung)
- Gutläuferdaten sollten auch dann in die Zuverlässigkeitsanalyse einfließen, wenn Ausfallinformationen vorhanden sind (→ zensierte Stichproben)
- Existieren Versuchs- und Felddaten für das Zuverlässigkeitsverhalten eines Referenzobjektes, kann die Zuverlässigkeitsprognose für ein Betrachtungsobjekt auf Grundlage von Versuchsdaten mit Hilfe des *Quadrantenmodells* erfolgen
- Mit den gezeigten Analysemethoden lassen sich Zuverlässigkeitsprognosen in gewissem Rahmen statistisch absichern (besser als der „Blick in die Glaskugel“)

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!



PROJEKTTEILNEHMER:



BMU-Förderprojekt Erhöhung der Verfügbarkeit von
Windenergieanlagen Phase II



EVW ein Verbundprojekt • vom BMU gefördert
© EVW-Projektconsortium, Alle Rechte vorbehalten