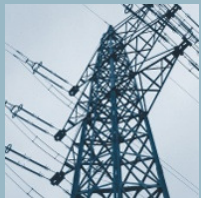


Langfristige Entwicklung der Betriebsmittelzuverlässigkeit



Dr.-Ing. Karl-Heinz Weck, Dr.-Ing. Hendrik Vennegeerts,
Dipl.-Ing. Uwe Zickler



Forschungsgemeinschaft
für Elektrische Anlagen
und Stromwirtschaft e.V.

Überblick

- Motivation und Herausforderungen
- Blick in die Vergangenheit –
Auswertung der Verbandsstatistiken von 1958 bis 2008
- Prognose der Betriebsmittelzuverlässigkeit für die Zukunft –
Auswertung der FGH-Schadensstatistik (AiF-Projekt)
- Einfluss der Betriebsmittelbelastung auf das Alterungsverhalten
- Fazit

Motivation und Herausforderungen

■ Motivation

- gute Betriebsmittelzuverlässigkeit ist die Grundlage für eine hohe Versorgungszuverlässigkeit
→ Prognose der Betriebsmittelzuverlässigkeit erforderlich
- Prognose für die Zukunft basiert im Wesentlichen auf Daten der Vergangenheit
→ statistische Analyse verfügbarer Daten und Interpretation der Ergebnisse

■ Herausforderungen

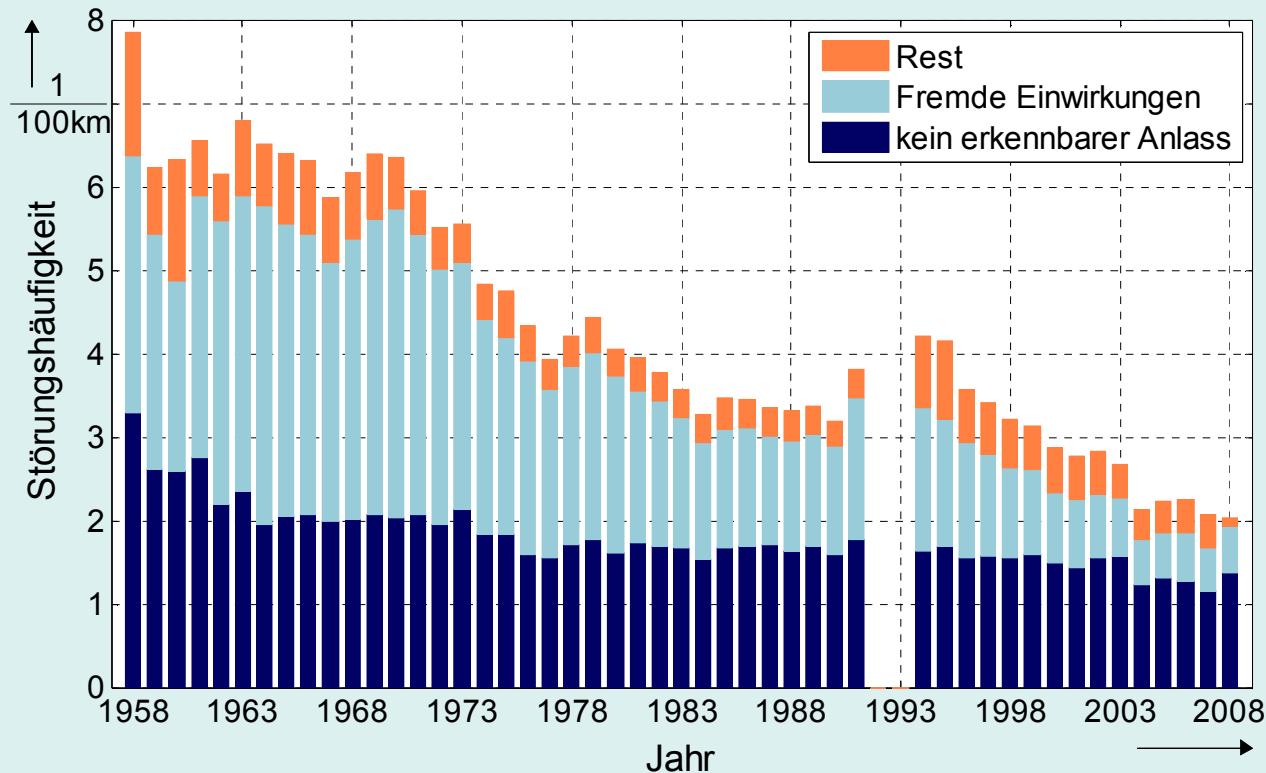
- Alterung der Betriebsmittel bei anstehendem "Erneuerungsberg" und knappen Budgetvorgaben
- Auswahl wirtschaftlicher Technologien vor dem Hintergrund der Qualitätsregulierung
- Abschätzung des Einflusses durch geänderte Belastung der Betriebsmittel (z. B. durch dezentrale Erzeugung)
- Dokumentation der richtigen, weil relevanten Daten zur statistischen Auswertung

Blick in die Vergangenheit

- Datenbasis: VDEW-/ VDN-/ FNN-Statistiken seit 1958
- Besonderheiten für die Interpretation
 - mehrfacher Wechsel der Erfassungsschemata, daher Plausibilitätsprüfung auf auffällige Sprünge erfolgt
 - unterschiedliche Grundgesamtheiten und Altersstrukturen durch
 - Ausbau der Netze bis in die 70er Jahre
 - freiwillige Beteiligung unterschiedlicher Unternehmen in den einzelnen Berichtsjahren
 - ab 1994 neue Bundesländer in Statistik enthalten
 - Technologiewechsel (häufig in älteren Jahrgängen keine ausreichende Fehlerortunterteilung)
 - für dargestellte Betriebsmittel und Erfassungsjahre vergleichbare Erfassungsmethodik und Begriffsdefinition verwendet
- Ziel: Darstellung der Anlagenqualitätsentwicklung
 - dafür Aufteilung nach Störungsanlassklassen
 - Aufzeigen des Verbesserungspotenzials durch Betriebsmitteltausch

Auswertung der Verbandsstatistiken von 1958 bis 2008

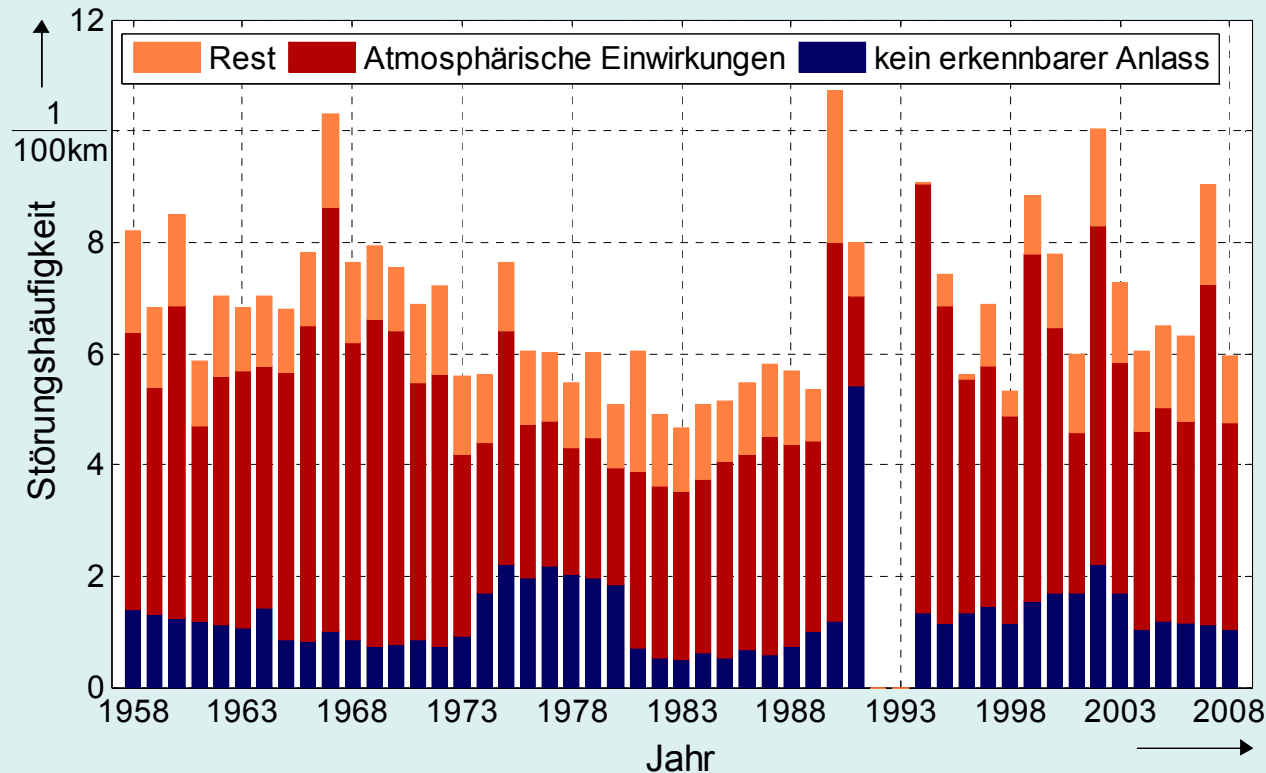
- Störungshäufigkeit von MS-Kabeln pro 100 km und Jahr



- stetige Verringerung der Störungshäufigkeit: Deutungsversuche
 - bei keinem erkennbarem Anlass → bessere Kabelqualität (VPE-Kabel)
 - durch fremde Einwirkungen → verbesserte Planauskunft und Planungswerkzeuge
- Zwischenanstieg nach 1990 aufgrund reger Bautätigkeiten in den neuen Bundesländern

Auswertung der Verbandsstatistiken von 1958 bis 2008

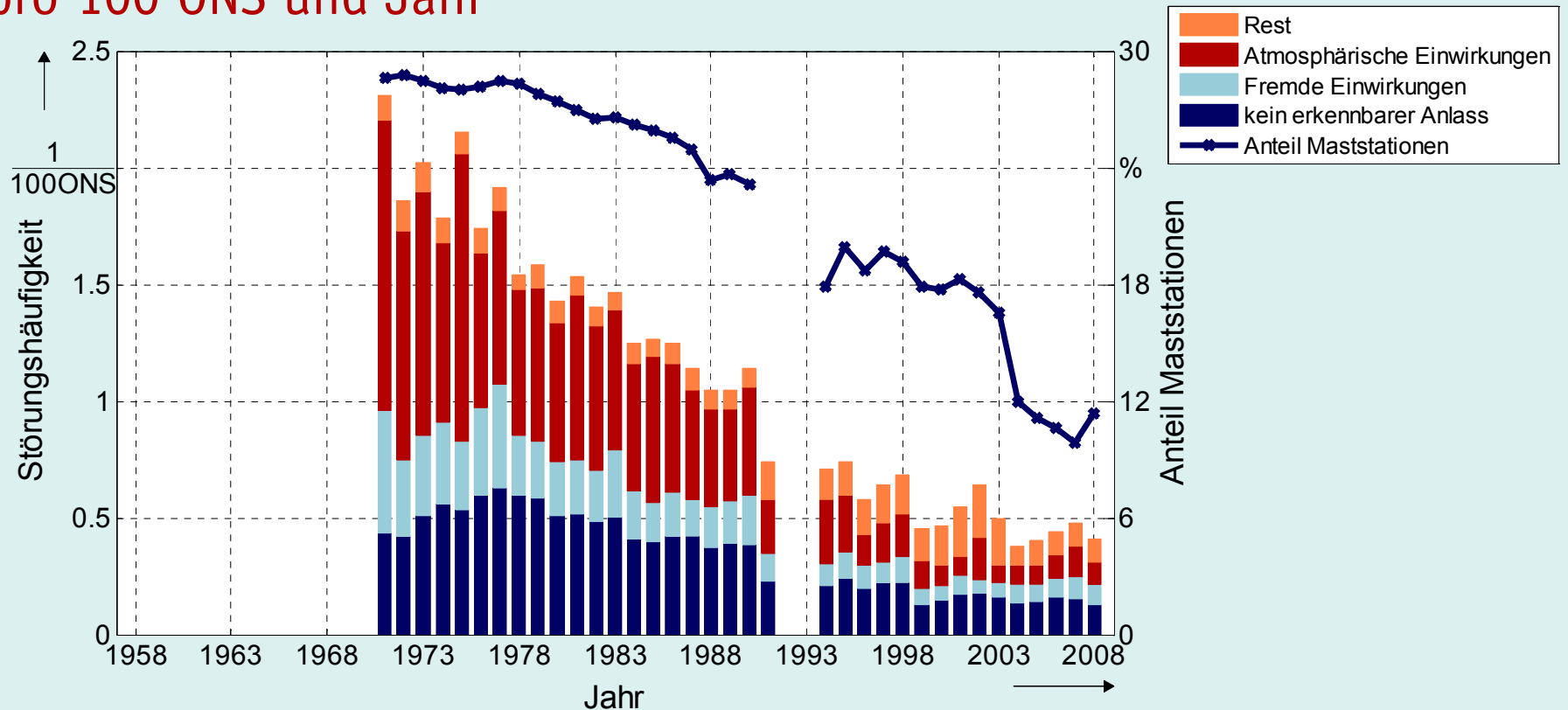
- Störungshäufigkeit von MS-Freileitungen pro 100 km und Jahr



- keine Verringerung der Störungshäufigkeit und somit keine Qualitätsverbesserung erkennbar
 - größter Einfluss durch atmosphärische Einwirkungen
 - keine wesentliche Änderung der eingesetzten Technologie
- grundsätzlich deutlich höhere Störungshäufigkeit als Kabel

Auswertung der Verbandsstatistiken von 1958 bis 2008

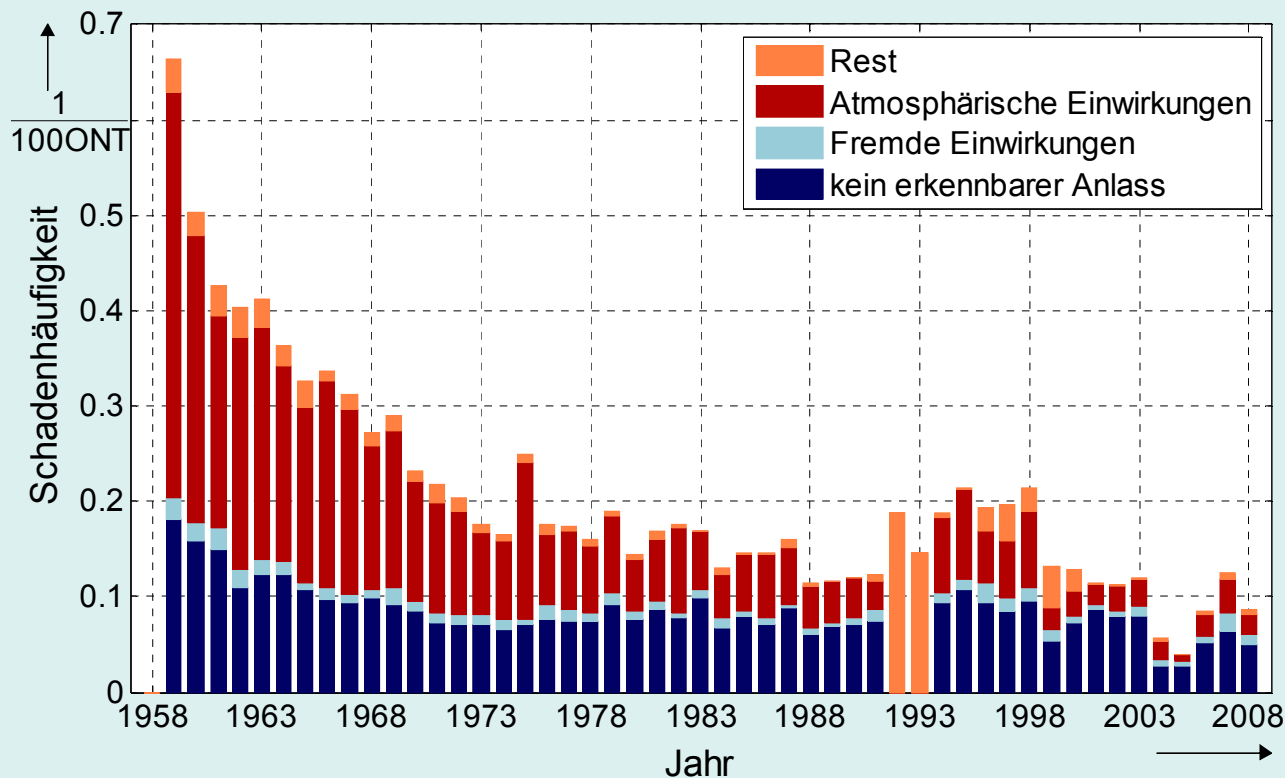
- Störungshäufigkeit von Ortsnetzstationen (ONS) pro 100 ONS und Jahr



- deutliche Verringerung der Störungshäufigkeit
 - Abnahme des Maststationsanteils mit Einfluss, aber nicht alleine entscheidend
 - Abnahme der Störungen sowohl bei keinem erkennbaren Anlass als auch durch atmosphärische Einwirkungen
 - Einsatz von Kompaktstationen sowie verbesserter Überspannungsschutz

Auswertung der Verbandsstatistiken von 1958 bis 2008

- Schadenshäufigkeit von Ortsnetztransformatoren (ONT) pro 100 ONT und Jahr – hier Schäden mit Störung



- deutliche Verringerung der Schadenshäufigkeit
 - insbesondere bei atm. Einwirkungen → verbesserter Überspannungsschutz
 - bei keinem erkennbarem Anlass
 - bessere Qualität der eingesetzten (Gießharz-)Transformatoren, aber Sättigung erreicht

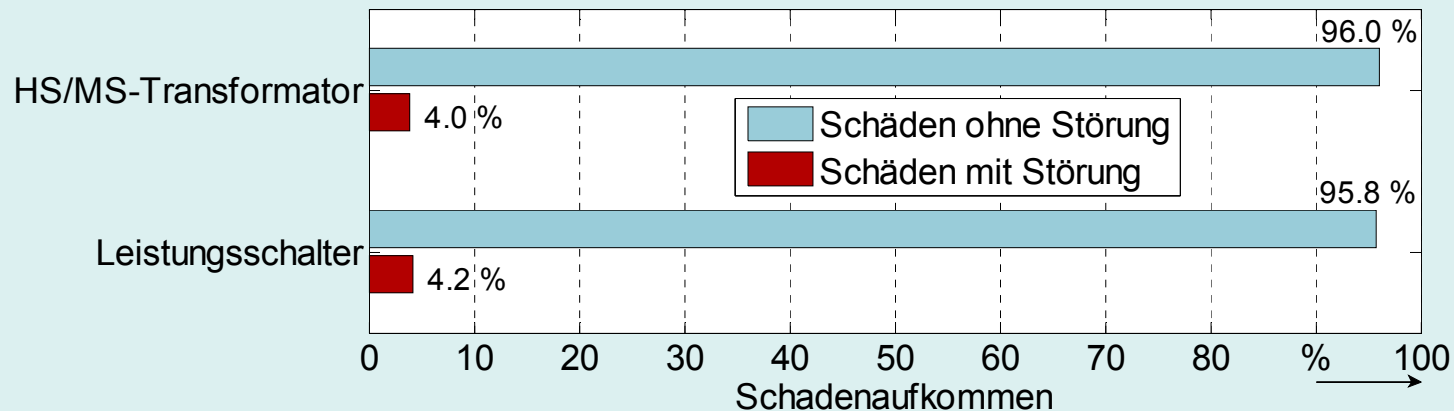
Prognose der Betriebsmittelzuverlässigkeit – Ziele und Methodik der FGH-Forschungsaktivitäten*

- **Ziel:** Entwicklung typspezifischer Prognosemodelle zur Beschreibung der Zuverlässigkeit von Betriebsmitteln in elektrischen Verteilungsnetzen
- **Methodik**
 - Erfassung umfassender Daten zu Schäden als grundlegende Voraussetzung
→ Konzentration auf relevante Netzkomponenten der MS-Ebene
 - statistische Analyse der erfassten Daten
→ Verfügbarkeit der Mengengerüste detailliert nach Alter, Technologie etc.
 - **Fokus auf Weiterentwicklung und Verifikation der Prognosemodelle**
 - Unterscheidung nach Technologie, Funktion, Hersteller
 - Einfluss von Erneuerung und Instandhaltung
- **Historie**
 - AiF-Forschungsvorhaben „Asset Management von Verteilungsnetzen“ bearbeitet von Juli 2003 bis Juni 2005
 - Erfassung und systematische Auswertung von ca. 3500 Datensätzen von 12 Netzbetreibern

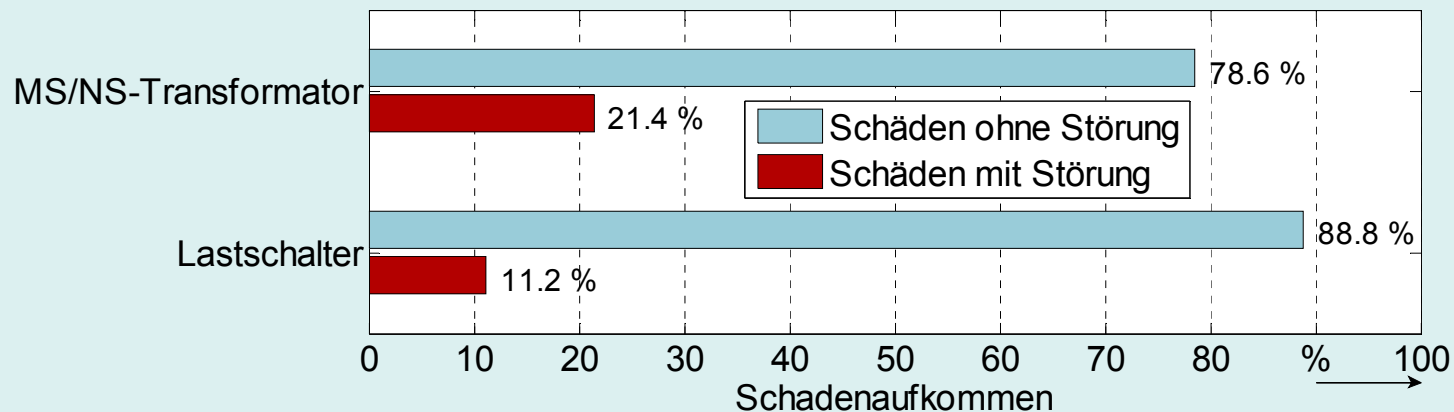
* gefördert über AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V.) / BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie)

Auswertung der FGH-Schadensstatistik

- Schadensaufkommen an Netzkomponenten in der MS-Ebene



Umspannwerke /
Schaltstationen



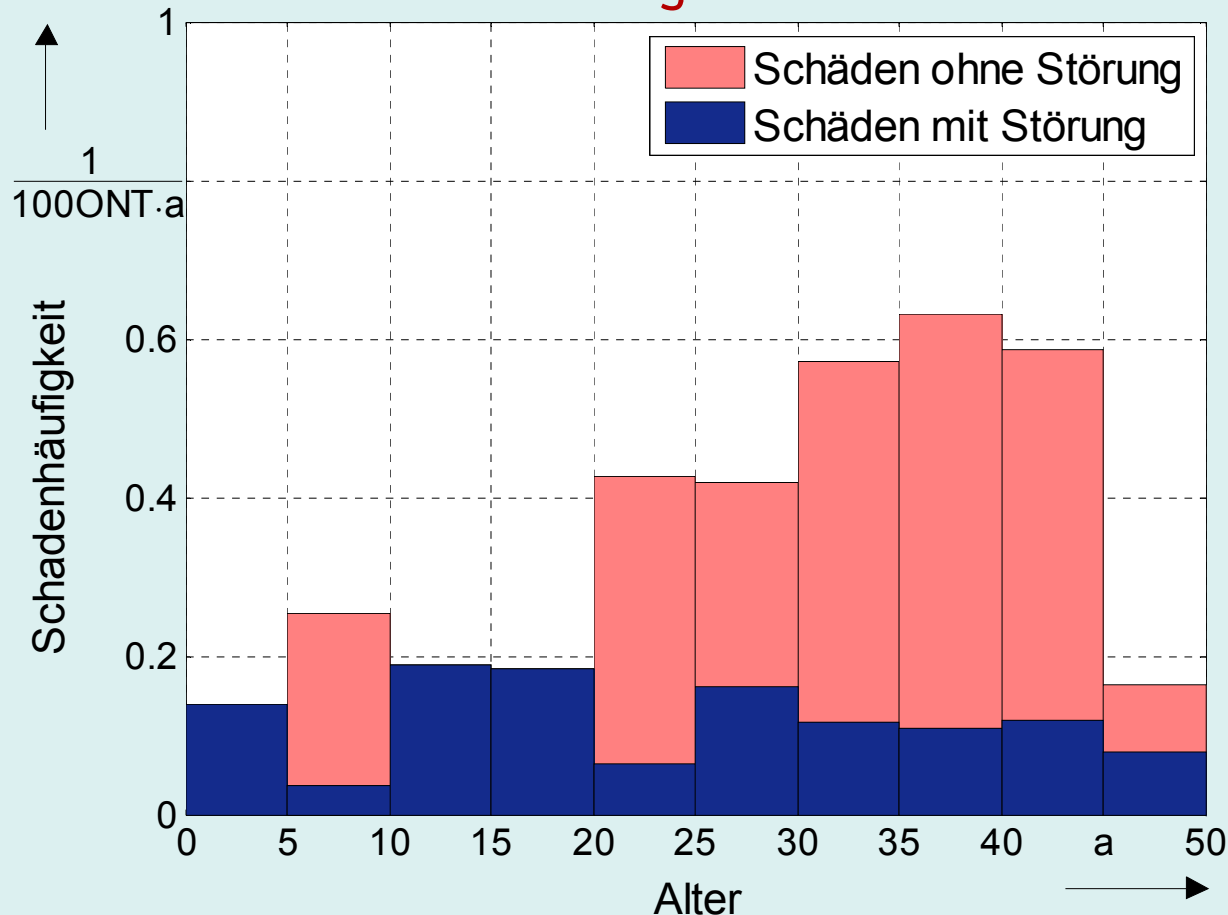
Netzstationen

→ Mehrzahl der Schäden führen **derzeitig** nicht zu einer Störung
Anzahl minor failures >> Anzahl Major Failures

→ hohe Wirksamkeit der praktizierten Instandhaltung

Auswertung der FGH-Schadensstatistik

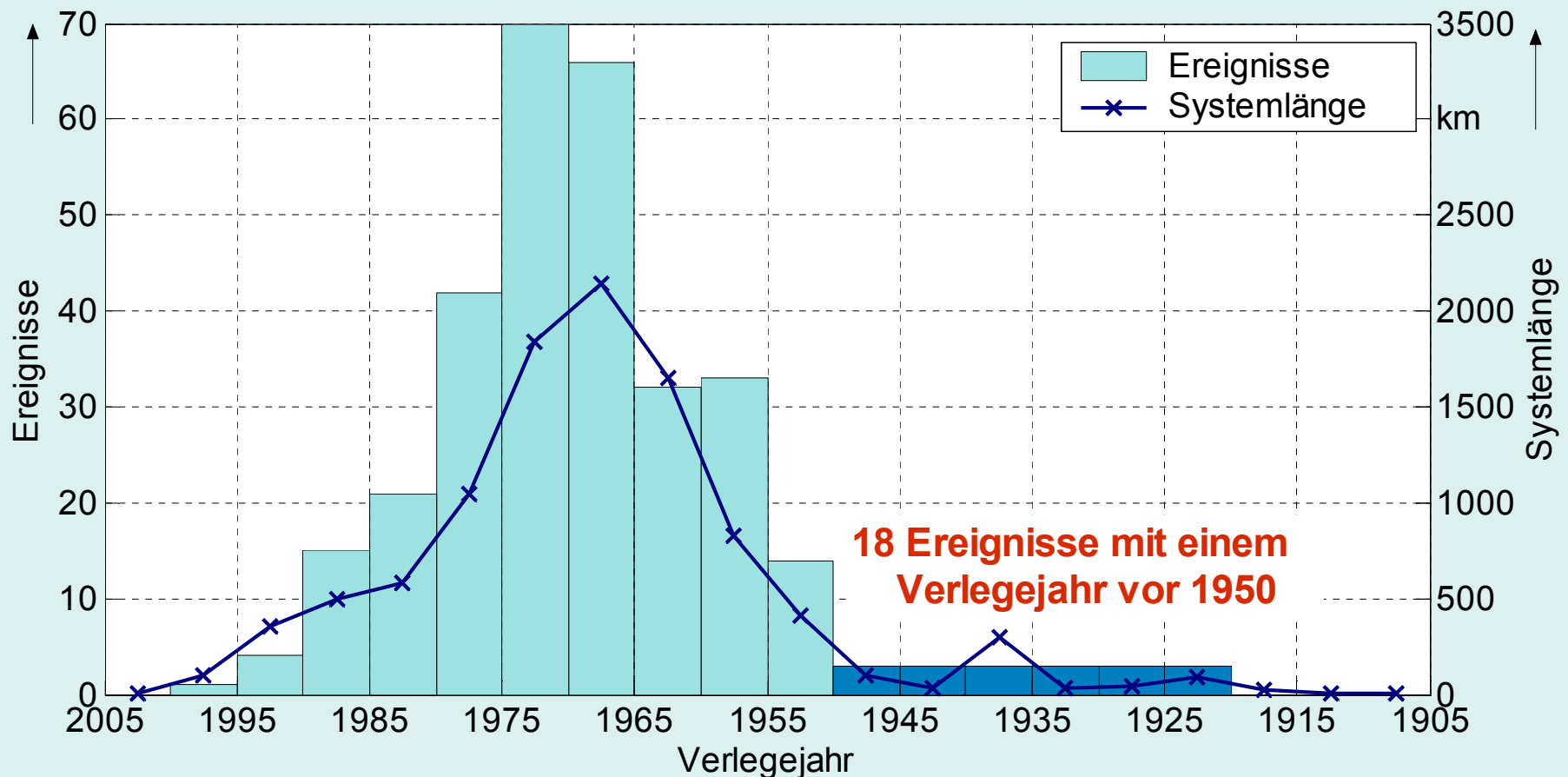
- Ortsnetztransformatoren – empirische Schadenshäufigkeit für Schäden mit und ohne Störung



- gute Übereinstimmung für Schäden mit Störung mit den Verbandsstatistiken
- Zunahme der Schäden ohne Störung mit Alter
→ durch IH-Maßnahmen erkannt

Auswertung der FGH-Schadensstatistik

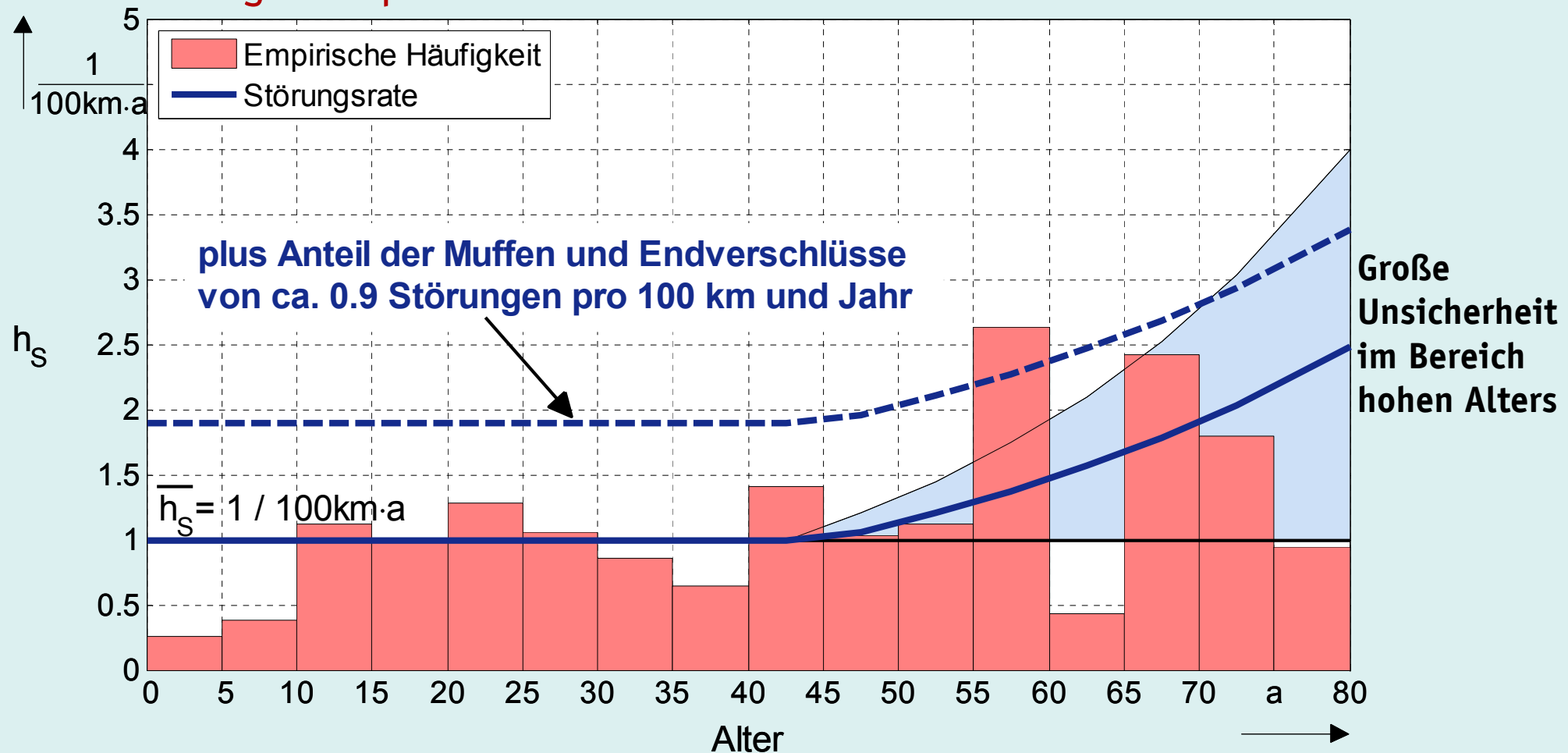
- Papiermasse-Kabel – Anzahl der Ereignisse und zugehöriges Mengengerüst (Schaden = Störung)



- **Problem:** Verlegejahre sind teilweise unbekannt, insbesondere der alten Kabel
→ Schätzungen notwendig

Auswertung der FGH-Schadensstatistik

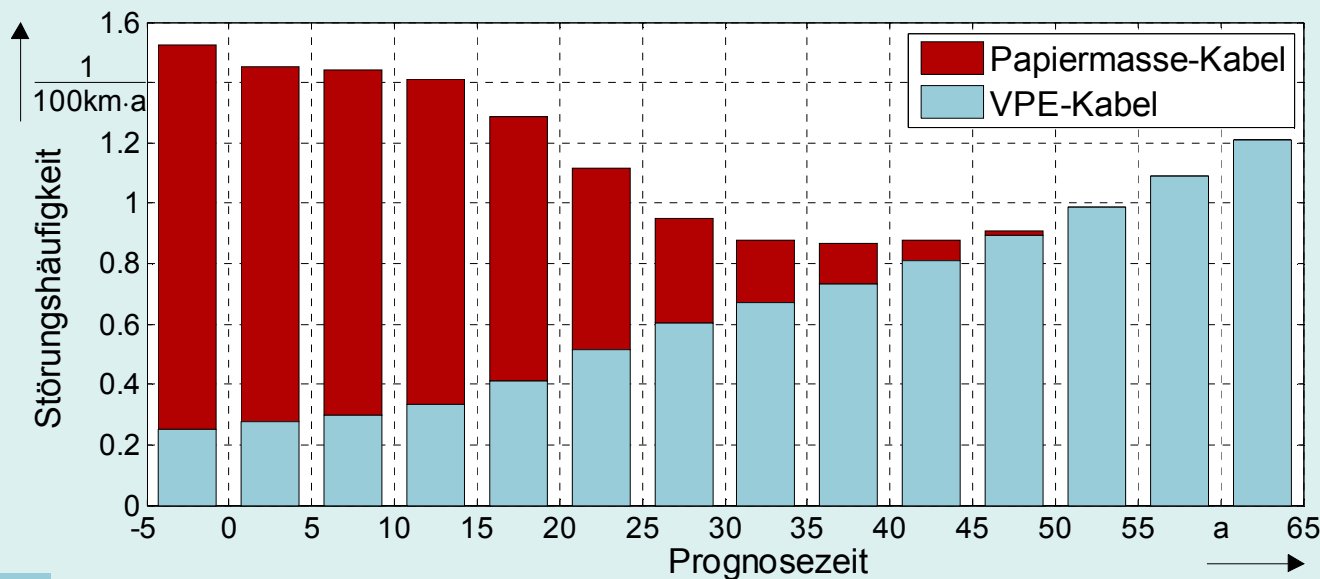
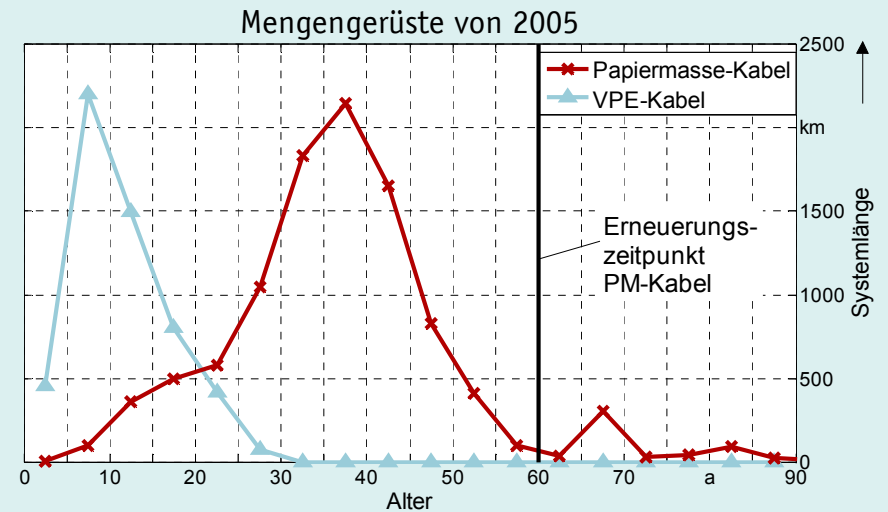
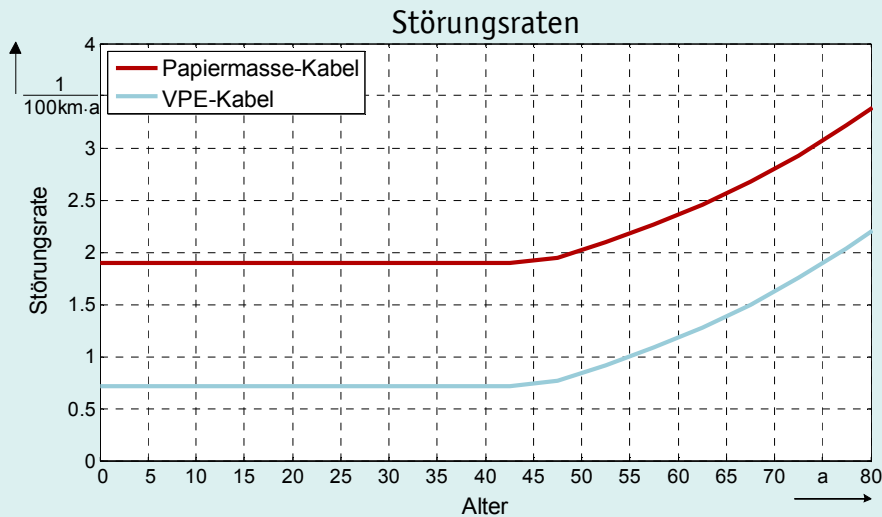
- Papiermasse-Kabel – empirische Störungshäufigkeit und abgeleitete Störungsrate pro 100 km und Jahr



- **Annahme:** moderater Anstieg der Störungsrate aufgrund verringerter mechanischer Belastbarkeit und Spannungsfestigkeit bei Erdschluss

Entwicklung der durchschnittlichen Störungshäufigkeit für MS-Kabel bei reiner Erneuerung

- Ersatz der Papiermasse-Kabel durch VPE-Kabel nach 60 Jahren



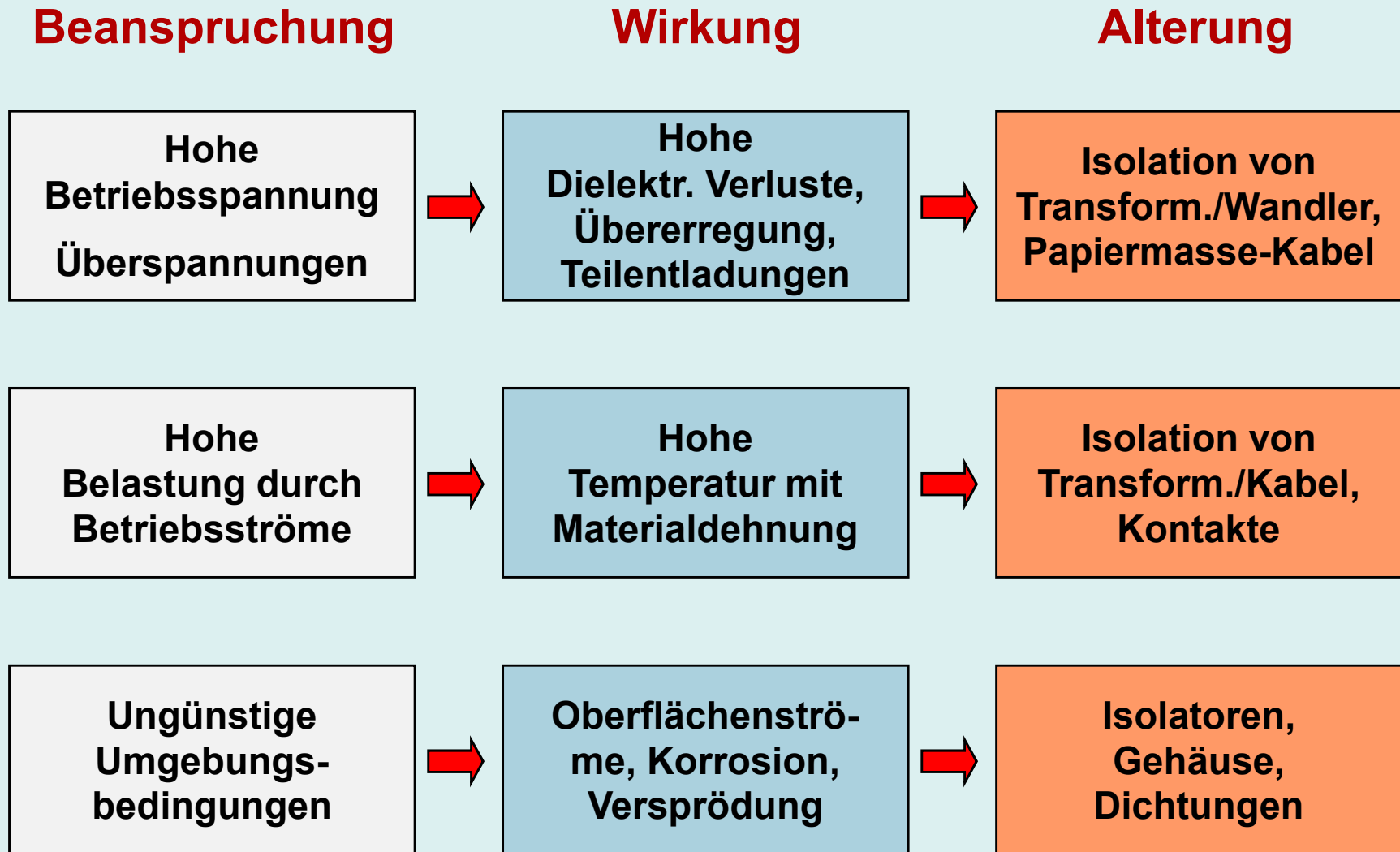
Ausblick auf aktuelles FGH-Forschungsvorhaben*

- **Motivation:** Erhöhung der Datenqualität und -quantität als Grundlage belastbarer Prognosemodelle
- **Bearbeitungszeitraum:** 1. April 2010 bis 30. September 2012
- **Teilnehmerkreis:** FNN, 4 Dienstleister, 3 Hersteller, 2 Forschungsstellen, 18 Netzbetreiber
 - 24/7 Netze GmbH
 - E.ON Bayern AG
 - E.ON Mitte AG
 - Energie Wasser Niederrhein GmbH
 - EWE NETZ GmbH
 - LEW Netzservice GmbH
 - NRM Netzdienste Rhein-Main GmbH
 - Rheinische Netzgesellschaft mbH
 - RWE Rhein-Ruhr Verteilnetz GmbH
 - Stadtwerke Düsseldorf Netz GmbH
 - Stadtwerke Ratingen GmbH
 - Stadtwerke Schifferstadt
 - Süwag Netz GmbH
 - SWM Infrastruktur GmbH
 - Vattenfall Europe Distribution Berlin GmbH
 - Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH
 - VNB Rhein-Main-Neckar GmbH & Co. KG
 - WEMAG Netz GmbH

→ stetige Erweiterung, langfristig Ausweitung auf Verbandsebene

* gefördert über AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V.) / BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie)

Alterungsvorgänge – Betriebsbeanspruchungen und Wirkungen



Zukünftig zu erwartende Beanspruchung der Betriebsmittel

▪ Spannungsbeanspruchungen

- Änderungen für das öffentliche Netz in Zukunft nicht absehbar
- im Übertragungsnetz Betrieb mit der höchst zulässigen Netzspannung möglich

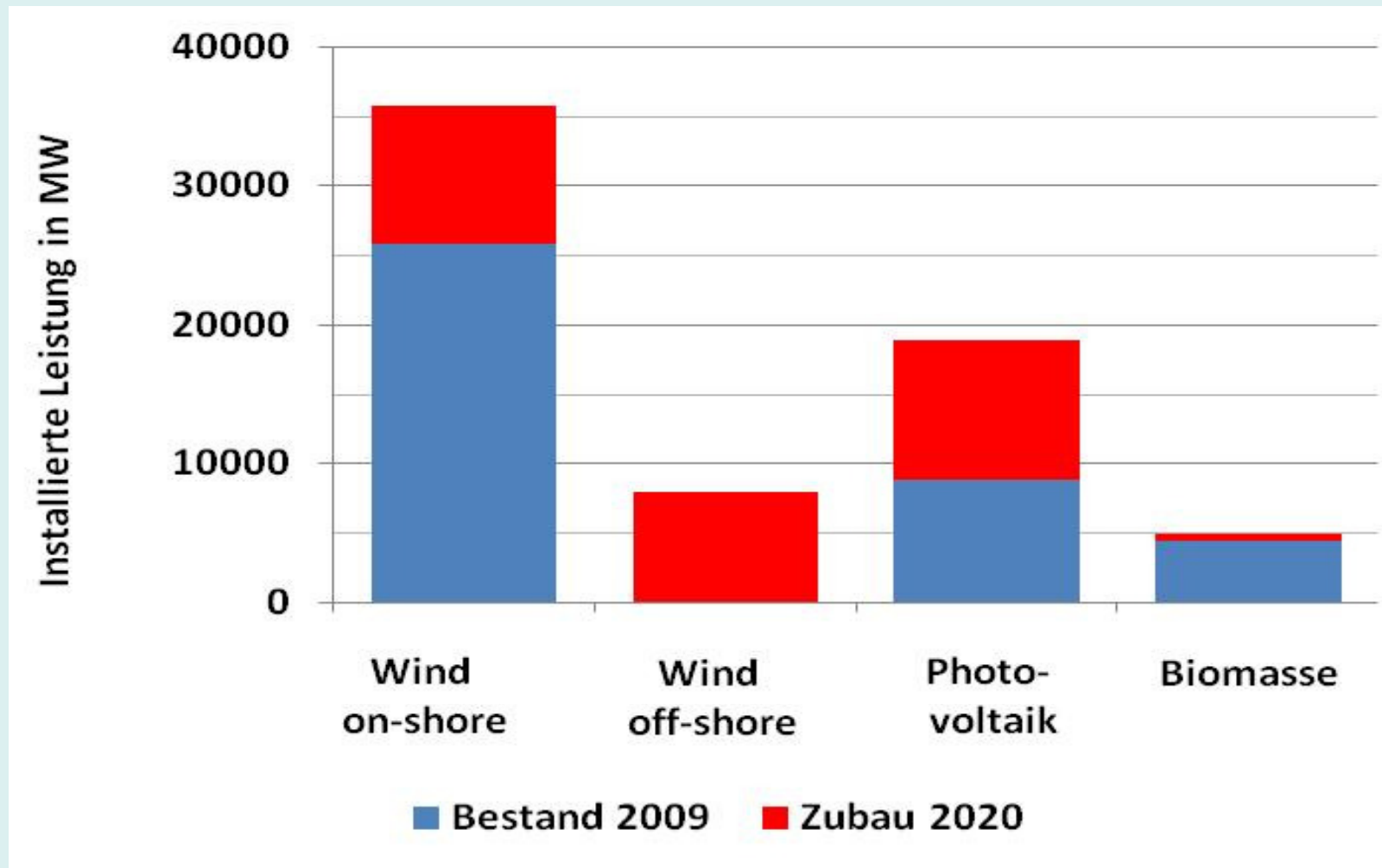
▪ Umgebungsbedingungen

- in Zukunft eher Verbesserungen zu erwarten

▪ Strombeanspruchungen

- durch Verbrauchereinrichtungen zukünftig kaum Änderungen
 - wegen (n-1)-Prinzip Strombelastung meist deutlich unter Bemessungsstrom (Ausnahme: reine Strahlennetze)
- durch dezentrale Erzeugungsanlagen starke Erhöhung der Betriebsströme möglich

EEG-Erzeugungsanlagen heute und 2020 in Deutschland



Installierte Leistung im Jahr 2020 >68 GW

Strombeanspruchungen in der Zukunft

- Anschluss von EEG-Erzeugungsanlagen
 - nicht (n-1)-sicher
 - Betriebsmittel wirtschaftlich optimiert
 - Strombeanspruchung nahe dem Bemessungswert der Betriebsmittel
- Temperaturen der Betriebsmittel erreichen Werte deutlich über den heutigen Werten
 - starke Schwankungen der Temperaturen bei Windenergie- und Photovoltaikanlagen
- Stärkere Alterung als heute zu erwarten
 - Isolation der Einspeisetransformatoren
 - Isolation der Kabel
 - Kontakte der Strombahnen

Fazit

- Hohe Versorgungszuverlässigkeit setzt gute Betriebsmittelzuverlässigkeit voraus
- Neue Technologien tragen nachweislich zur Verbesserung der Versorgungsqualität bei
- Geeignete Statistiken liefern wertvolle Erkenntnisse über das Schadens- und Störungsgeschehen in der Zukunft
 - Dokumentation relevanter Daten als fortlaufenden Prozess
 - Weiterentwicklung vorhandener Prognosemodelle
 - unternehmensübergreifende Auswertung erhöht die Belastbarkeit der Ergebnisse
- Einbezug bisheriger Betriebserfahrungen
 - Abgleich mit statistischen Analysen → Vermeiden von Fehlinterpretationen
- Aufgrund zukünftiger Betriebsmittelbelastungen schnellere Alterung möglich
 - Effektfrüherkennung durch statistische Erfassung