

Objektive Zustandsbewertung von Mittelspannungsnetzen als Entscheidungsunterstützung im Asset Management

Elektrotechnisches Kolloquium

Zustandsbewertung elektrischer Betriebsmittel

Bergische Universität Wuppertal, 11. April 2016

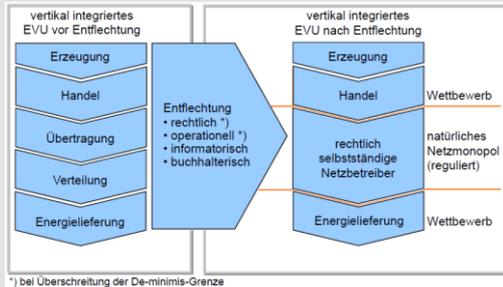


Agenda

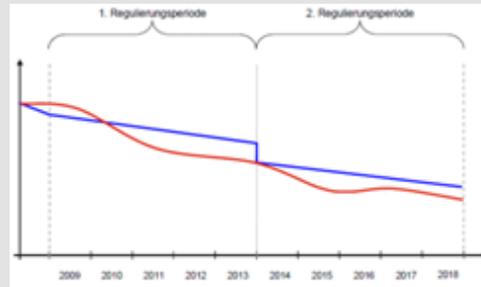
- Herausforderungen
- Bewertungsmodell für MS-Betriebsmittel
- Integration der Unsicherheit
- Praktische Anwendung
- Zusammenfassung

Herausforderungen für Verteilnetzbetreiber

„Unbundling“



Regulierung

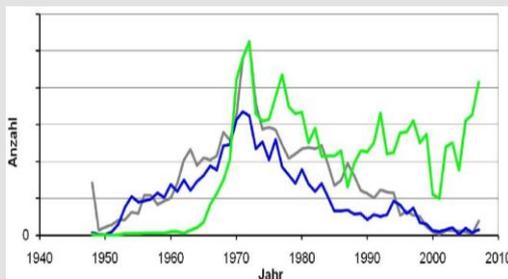


Versorgungszuverlässigkeit

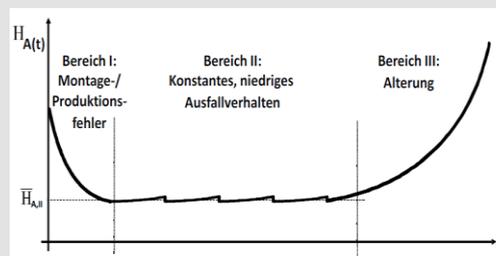
Entstehungsort der Störungen deutschlandweit	Beitrag zur Nichtverfügbarkeit bei den Kunden
Kraftwerke	~ 0,0 %
220-/380-kV-Netze	~ 0,1 %
110-kV-Netze	~ 2,0 %
Mittelspannungsnetze	~ 80,0 %
Niederspannungsnetze	~ 20,0 %

Quelle: Verband der Netzbetreiber – VDN – e.V. beim VDEW: Daten und Fakten – Stromnetze in Deutschland 2007

Altersstruktur der Betriebsmittel



Alterungsverhalten der Betriebsmittel ?



Optimale Balance zwischen Gesamtkosten und Versorgungszuverlässigkeit

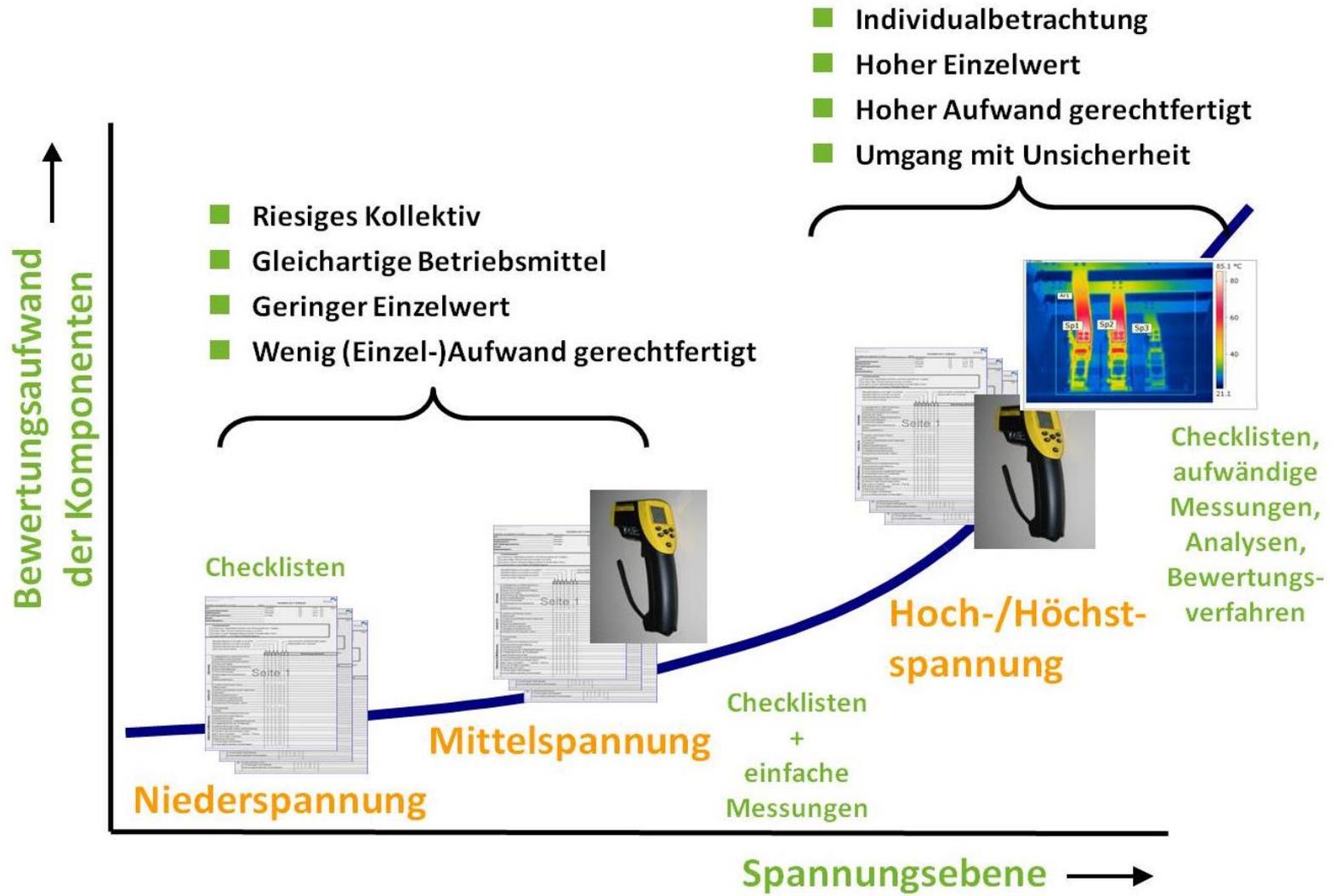


Asset- und Instandhaltungsstrategien

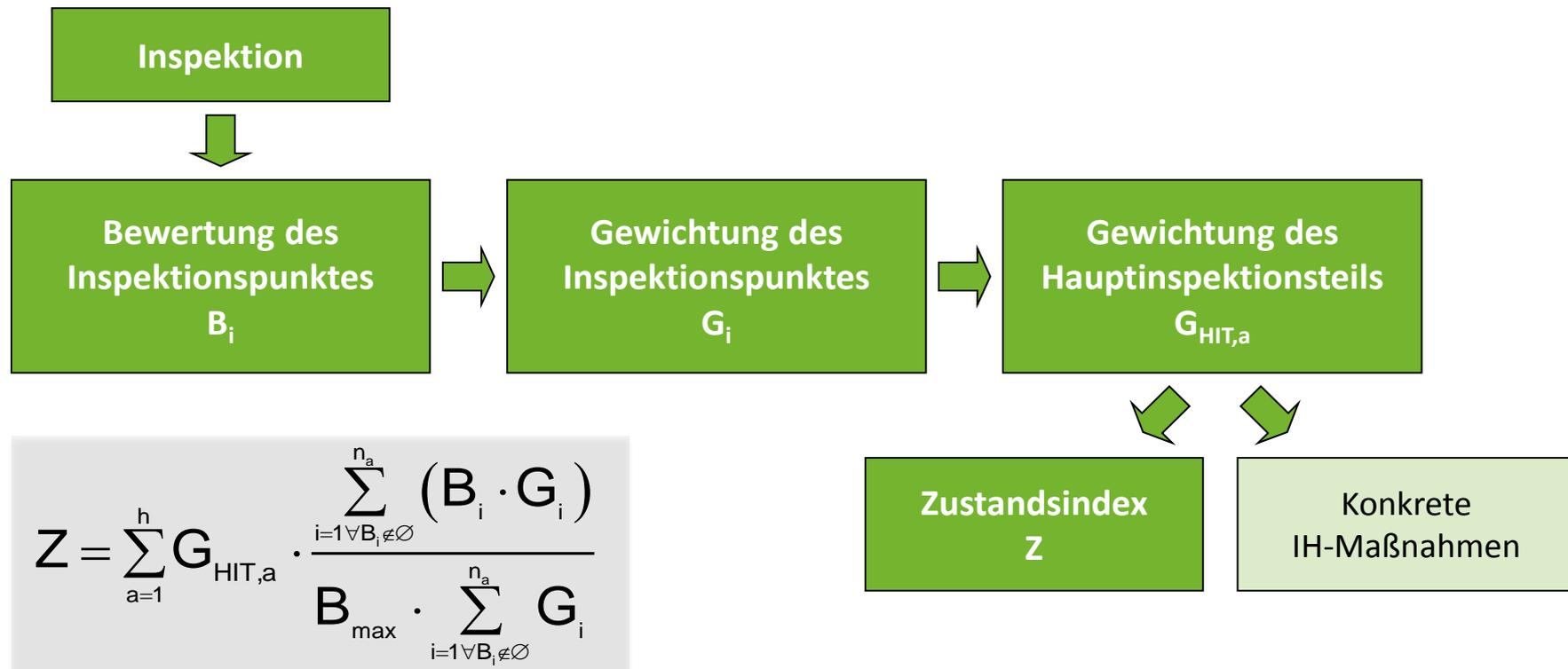
- **Optimierte Asset-Strategien**
 - Investitions- und Ausbaustrategie
 - Erneuerungsstrategie
- **Optimierte Instandhaltungsstrategien**
 - Zustandsorientierte Instandhaltung
 - Reliability Centered Maintenance (RCM)
 - Risk Based Maintenance (RBM)

Basis aller optimierten Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien ist die möglichst objektive und realitätsgerechte Bestimmung des aktuellen Netz- und Betriebsmittelzustands!

Herausforderung Zustandsbewertung



Bewertungsmodell Zustandsindex



mit:

Z: Zustandsindex des Betriebsmittels

B_{\max} : max. mögliche Bewertung

n_a : Anzahl Inspektionpunkte im Hauptinspektionsteil a

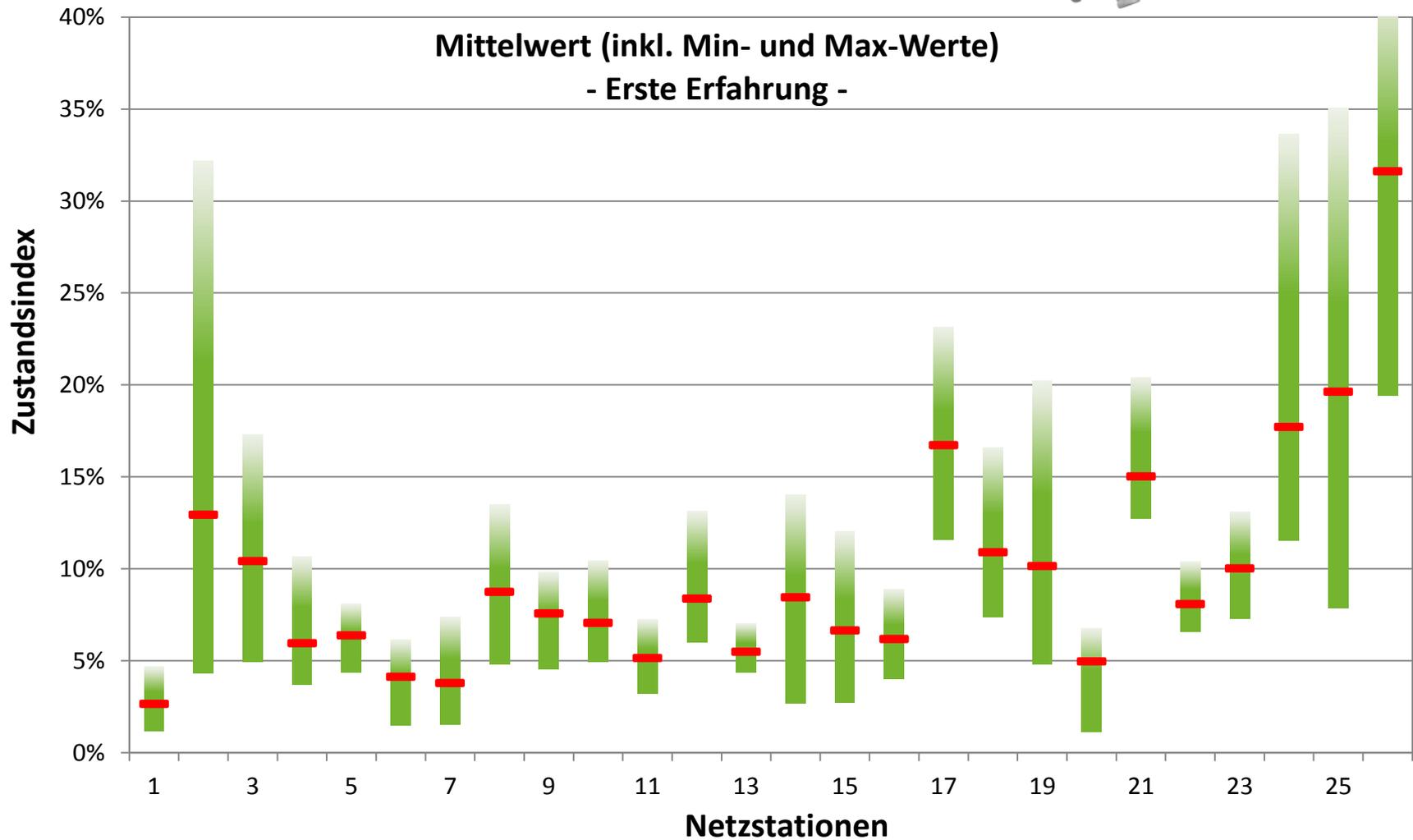
$G_{HIT,a}$: Gewichtung des Hauptinspektionsteils a

h: Anzahl Hauptinspektionsteile

B_i : Bewertung des Inspektionpunktes i

G_i : Gewichtung des Inspektionpunktes i

Ergebnisse erster Feldtest



Subjektivität der Zustandsbewertung

- **Individueller Erfahrungsschatz des IH-Personals beeinflusst die visuelle Inspektion** - trotz einheitlicher Checklisten -
 - ➔ Belastbarkeit / Nachvollziehbarkeit der Bewertungsdaten eingeschränkt
- **Wirksame, objektive Gegenmaßnahmen**
 - **Detaillierte Checklisten** zur präzisen (Mängel-)Auswertung
 - **Bewertungsgrundsätze** des IH-Personals **vereinheitlichen**
 - Intensive Schulungen
 - Bewertungsleitfaden/Katalog empfehlenswert
 - **Einsatz von Messtechnik** empfehlenswert
 - Objektive Messwerte verringern Subjektivität
 - Aussagefähigkeit der Inspektion wird wesentlich erhöht

Auszug aus einem Bewertungsleitfaden

Schadenskatalog Netzstationen

5. Verteiltransformator

5.12 Sauberkeit (Transformator)

1		keine Mängel erkennbar
2		leichter Staubfilm auf dem Kessel; Spinnweben an nicht spannungsführenden Teilen
3		mittlerer Staubbefall; Spinnweben nur auf Teilen der Niederspannungsseite
4		stärkerer Staubbefall; Spinnweben auf Teilen der Mittelspannungsseite



Einsatz einfacher Messtechnik

■ Anforderungen an die Messtechnik

- Ohne Freischalten einsetzbar
- Einfach, kostengünstig
- Schnell, aber trotzdem aussagekräftig

■ Ausgewählte messtechnische Verfahren

- Teilentladungsmessungen
(akustisch, transiente Ableitspannungen)
- Erdschleifen-Messung
- Thermografie



■ Laborerprobung an realer Netzstation (40 Jahre Betriebszeit)

Einsatz einfacher Messtechnik

■ Integration der Messergebnisse über Grenzwerte ins Bewertungsmodell

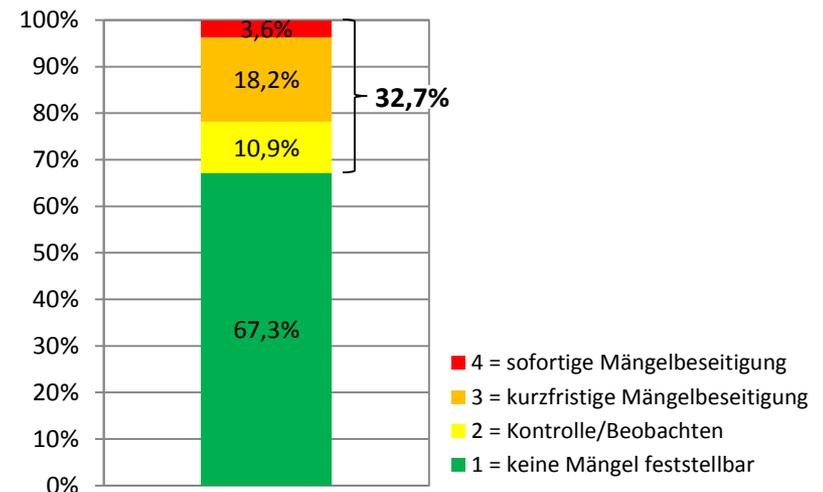


B _i	Beschreibung	Temperaturbereich
1	keine erkennbaren Mängel	$\vartheta < 55^{\circ}\text{C}$ $\Delta\vartheta < 5\text{ K}$
2	Beobachtung, Kontrolle	$\vartheta < 55^{\circ}\text{C}$ $5\text{ K} < \Delta\vartheta < 15\text{ K}$
3	kurzfristige Mängelbeseitigung erforderlich	$55^{\circ}\text{C} < \vartheta < 90^{\circ}\text{C}$ $15\text{ K} < \Delta\vartheta < 30\text{ K}$
4	sofortige Mängelbeseitigung erforderlich	$90^{\circ}\text{C} < \vartheta$ $30\text{ K} < \Delta\vartheta$

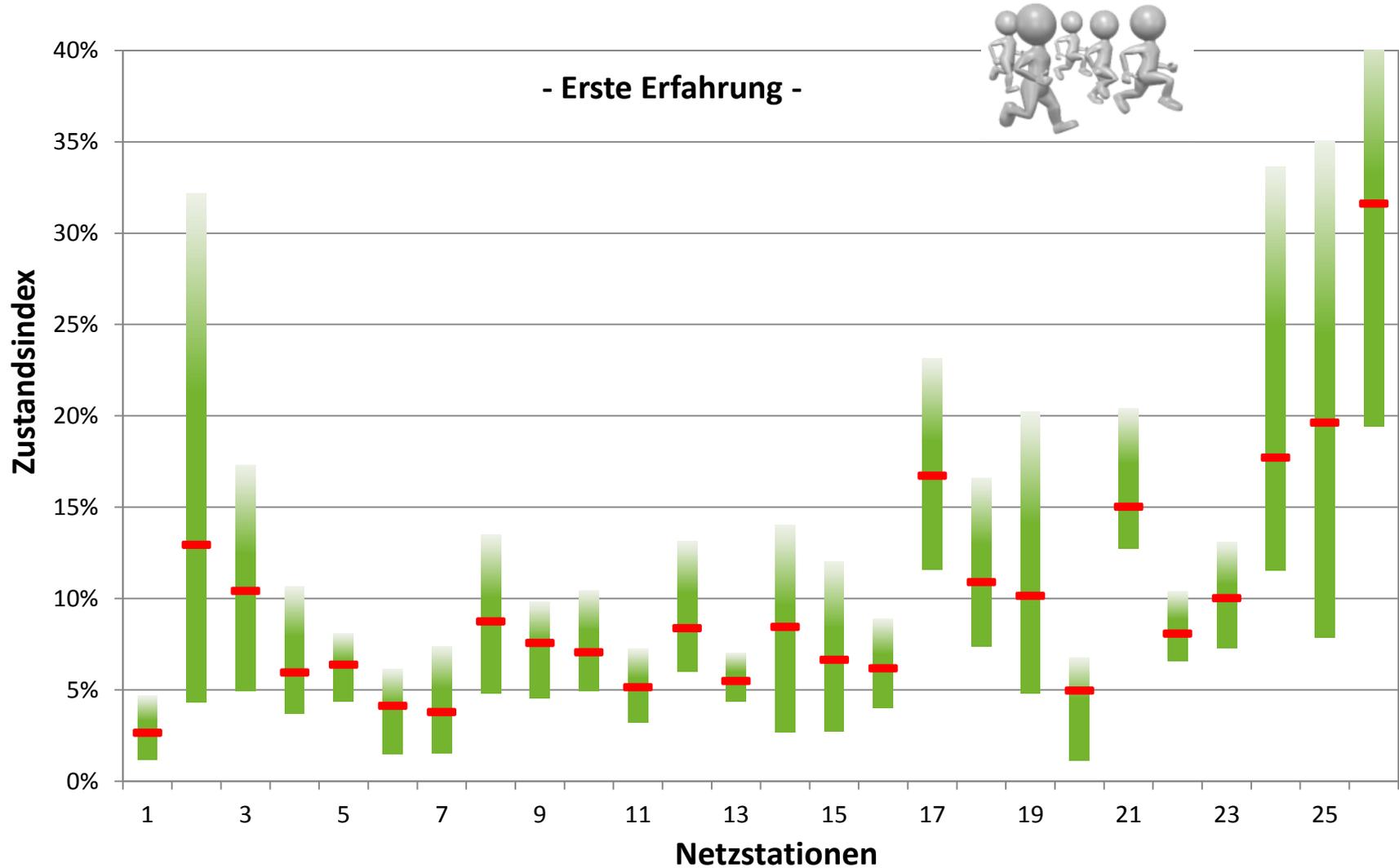
Zustandsklassifizierung

■ Bestätigung der Wirksamkeit in umfangreichen Labor- und Feldtests

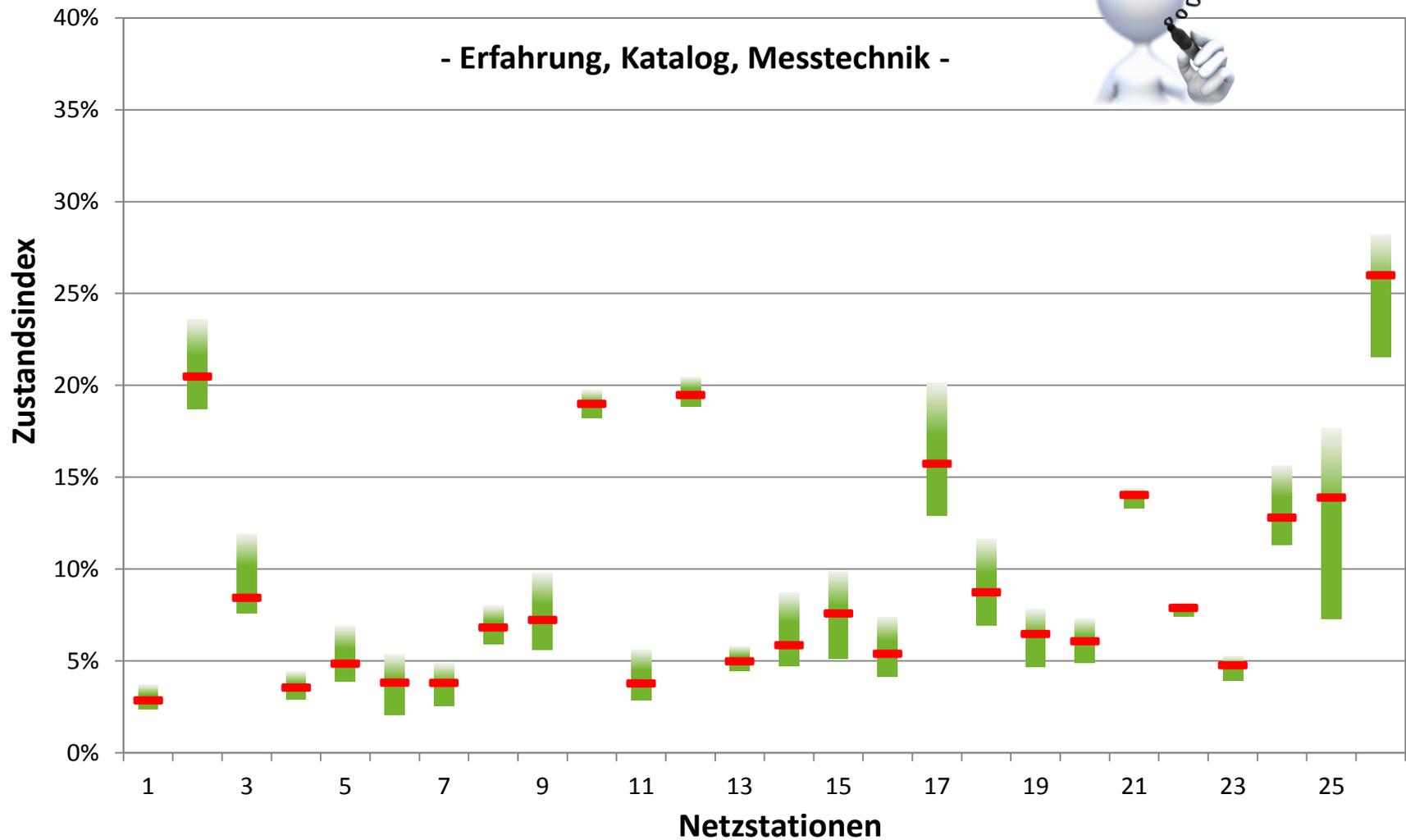
- Messtechnik liefert deutlichen Mehrwert
- In über 30% aller untersuchten Stationen Auffälligkeiten
- „Priorisierte Liste“ ändert sich!



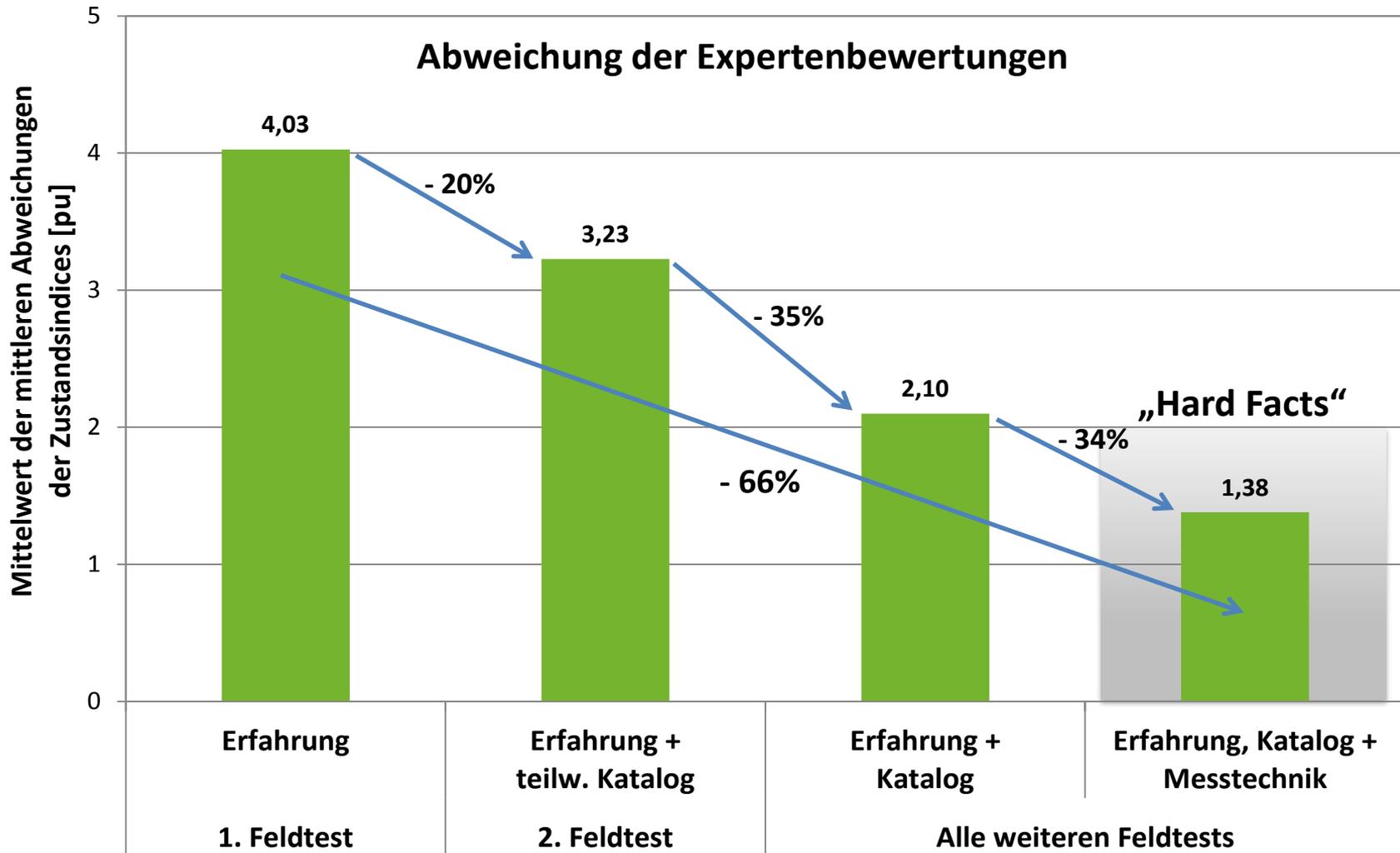
Ergebnisse Feldtests



Ergebnisse Feldtests



Ergebnisse Feldtests - Reduzierte Subjektivität



Gründe für subjektive Urteile von Menschen

Beispiel: Optische Täuschung

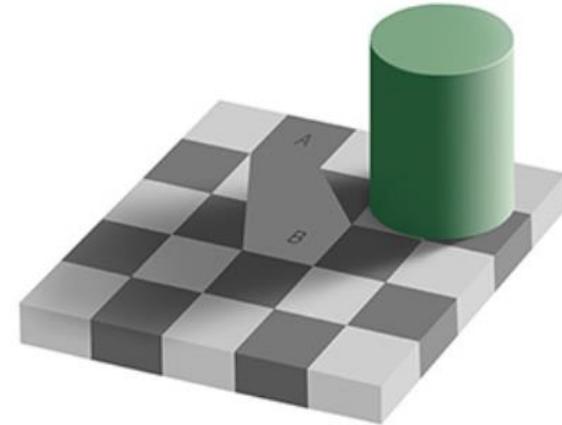
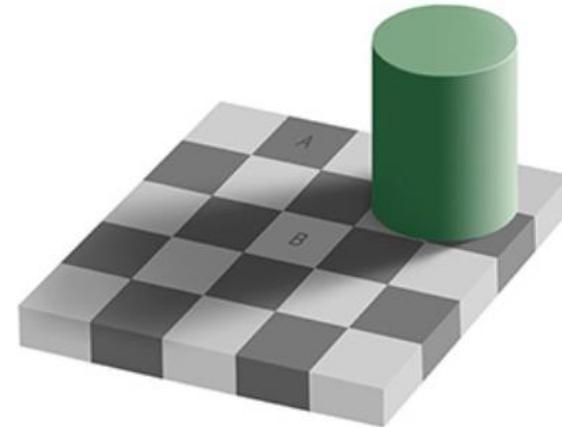
Welche Farbe hat das Kleid?



Gold-weiß oder blau-schwarz?

Antwort: **blau-schwarz !!!**

Schachbrett-Illusion



Quelle: <https://www.test.de/Optische-Taeuschungen-Gold-weiss-oder-blau-schwarz-welche-Farben-hat-das-Kleid>

Unsicherheiten im Asset-Entscheidungsprozess

■ Unsicherheit der visuellen Inspektion

- Subjektivität von Expertenwissen
- Aussagefähigkeit der Bewertungen (Gebäude vs. elektrische Komponente)
- Unvollständige Checklisten (fehlende Daten)

■ Unsicherheit der „einfachen“ Messverfahren

- Messungenauigkeiten
- Detektionsfähigkeit (Was kann ich überhaupt messen?)

■ Erweiterung des Bewertungsmodells um die Evidenz-Theorie

 Bewertungsergebnis (Zustand) + Qualität der Bewertung

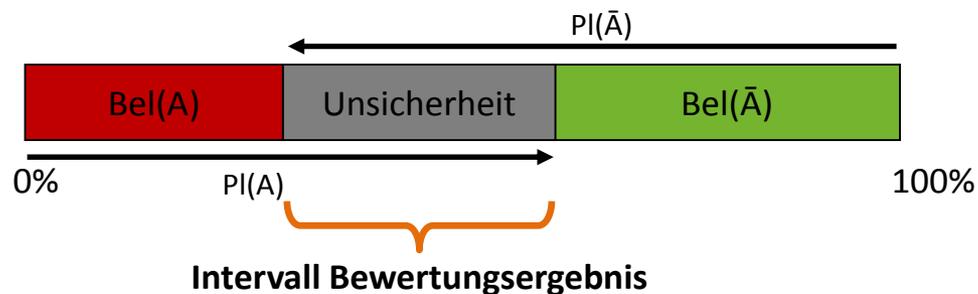
Grundidee der Evidenz-Theorie

- **Hypothese:** Instandhaltungsbedarf erforderlich (A) oder nicht (\bar{A})
- **Klassische Wahrscheinlichkeitstheorie / Zustandsbewertung**



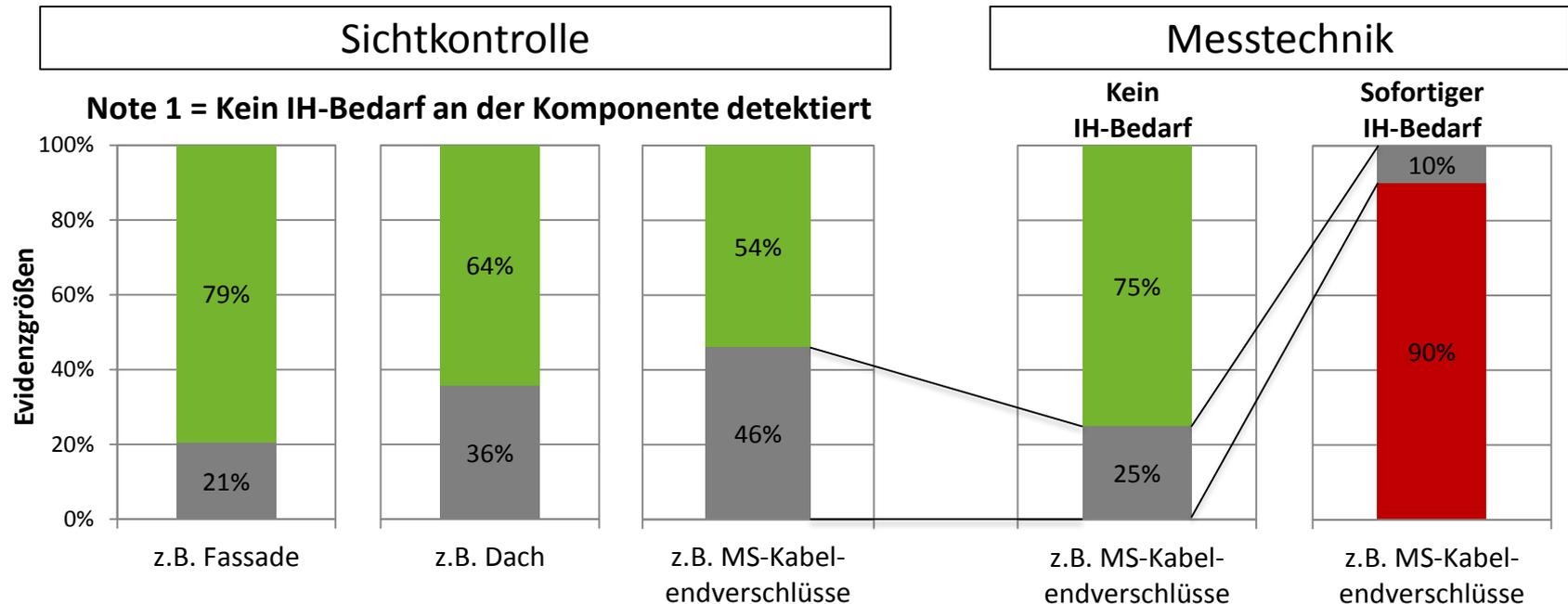
■ Evidenz-Theorie

- Verallgemeinerung der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie
- Berücksichtigung der Glaubwürdigkeit unterschiedlicher Informationen



Eingangsgrößen für die Evidenz-Theorie

■ Unterschiedliche Unsicherheit bzw. Aussagekraft einer Information



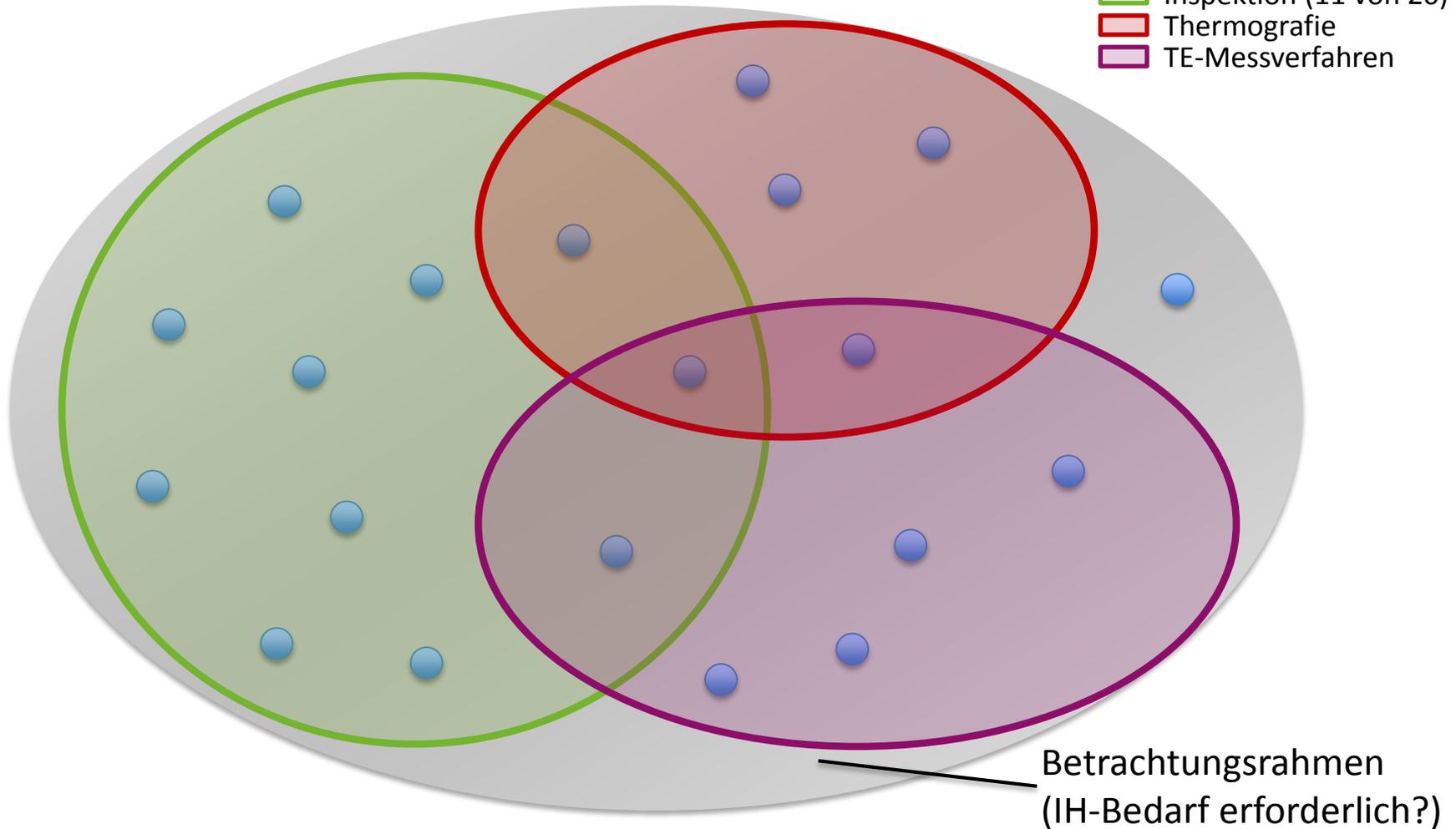
■ Ermittlung der Unsicherheit aus umfangreichen Felduntersuchungen

- Detektionsfähigkeit („Was kann ich überhaupt feststellen?“)
- Messungenauigkeit bzw. Subjektivität („Wie verlässlich ist die Aussage?“)

Kombination von Eingangsgrößen

Bsp.: MS-Kabelendverschlüsse

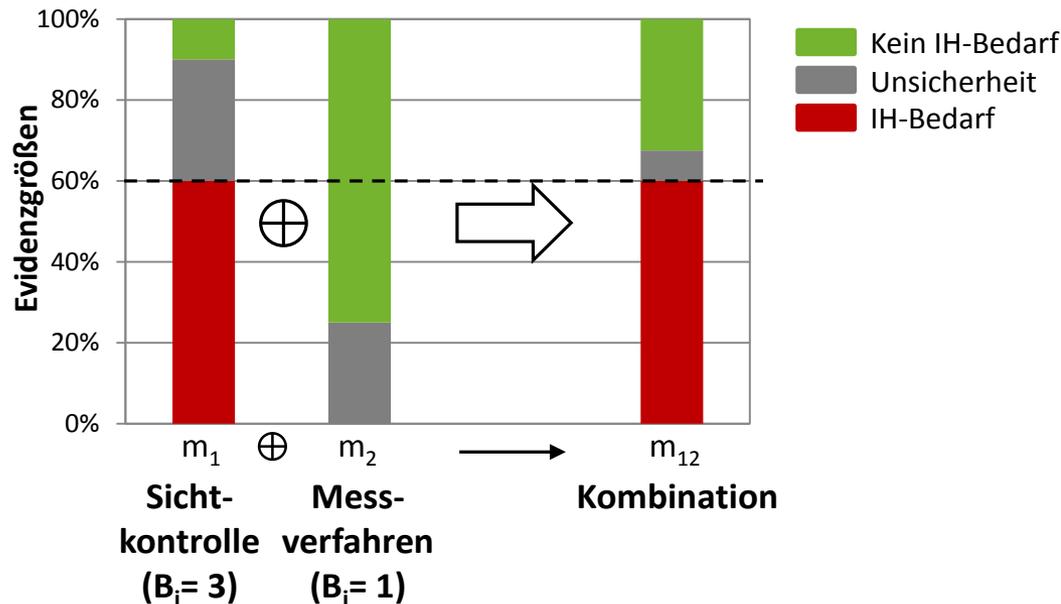
-  Auffälligkeiten (20)
-  Inspektion (11 von 20)
-  Thermografie
-  TE-Messverfahren



Aggregationssystematik (Evidenz-Theorie)

■ Bewertung der (Teil-)Komponenten

Kombination der unterschiedlichen Hinweise (Sichtkontrolle, einzelne Messverfahren)

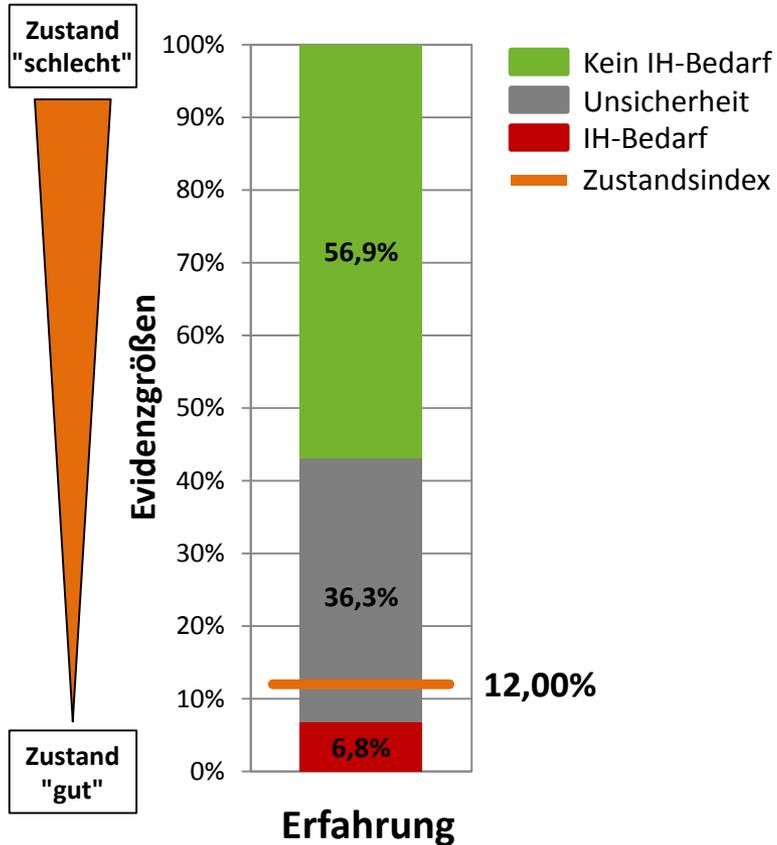


■ Kombination über Hauptkomponenten zum Gesamtbetriebsmittel

Verwendung von Gewichtungsfaktoren

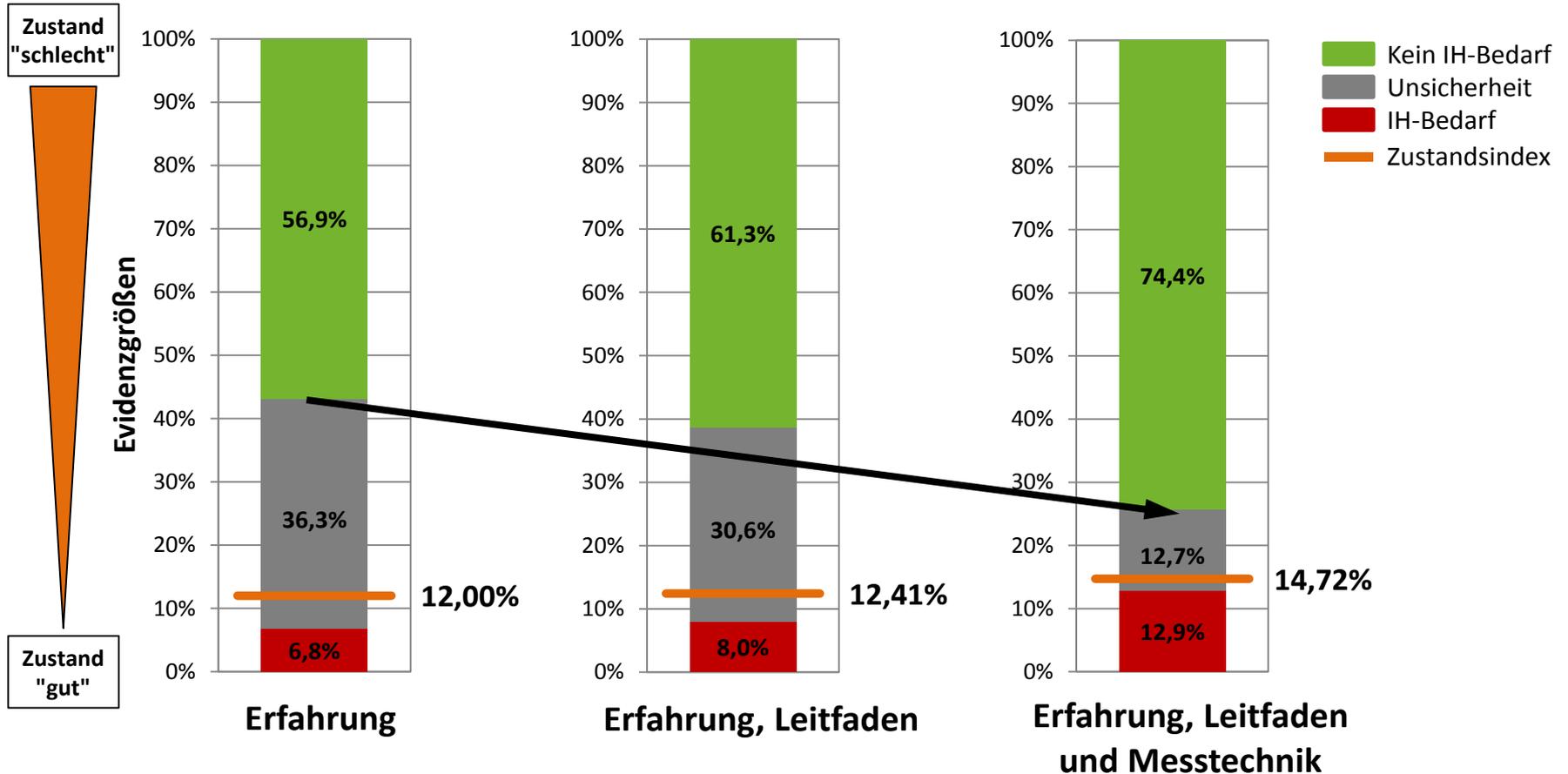
Ergebnisübersicht einer Netzstation

Evidenzbasierte Darstellung



Ergebnisübersicht einer Netzstation

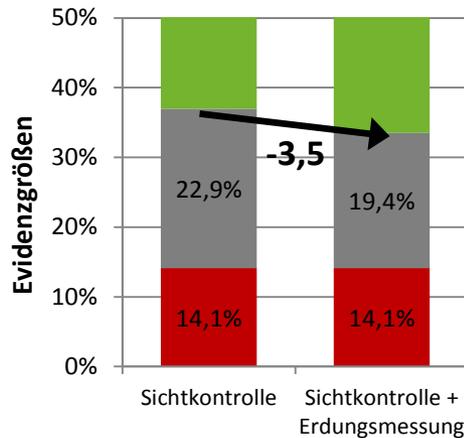
Reduzierung der Unsicherheit durch Gegenmaßnahmen



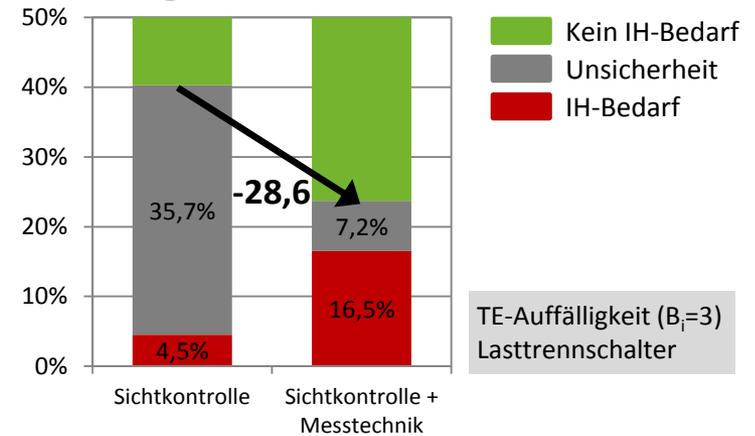
Ergebnisübersicht einer Netzstation

Einfluss der Messtechnik auf die Unsicherheit (Hauptkomponenten)

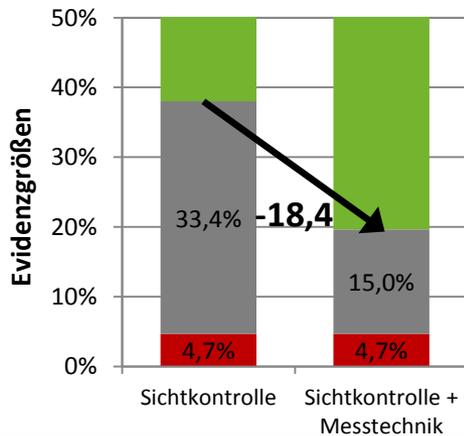
Baulicher Teil



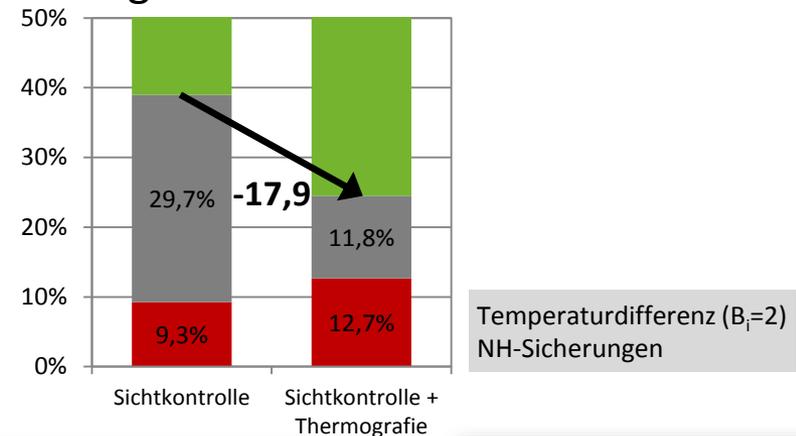
MS-Schaltanlage



Verteiltransformator

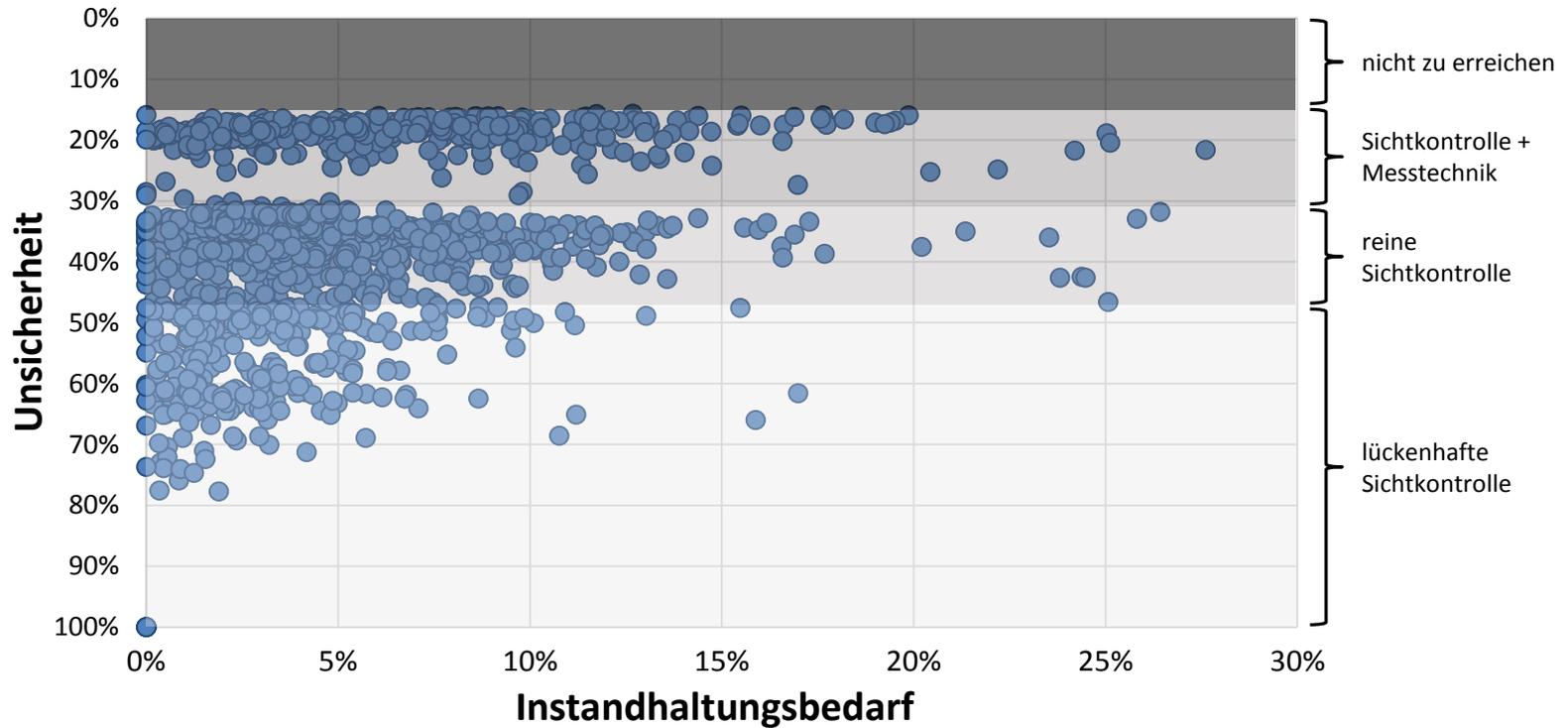


NS-Verteilung



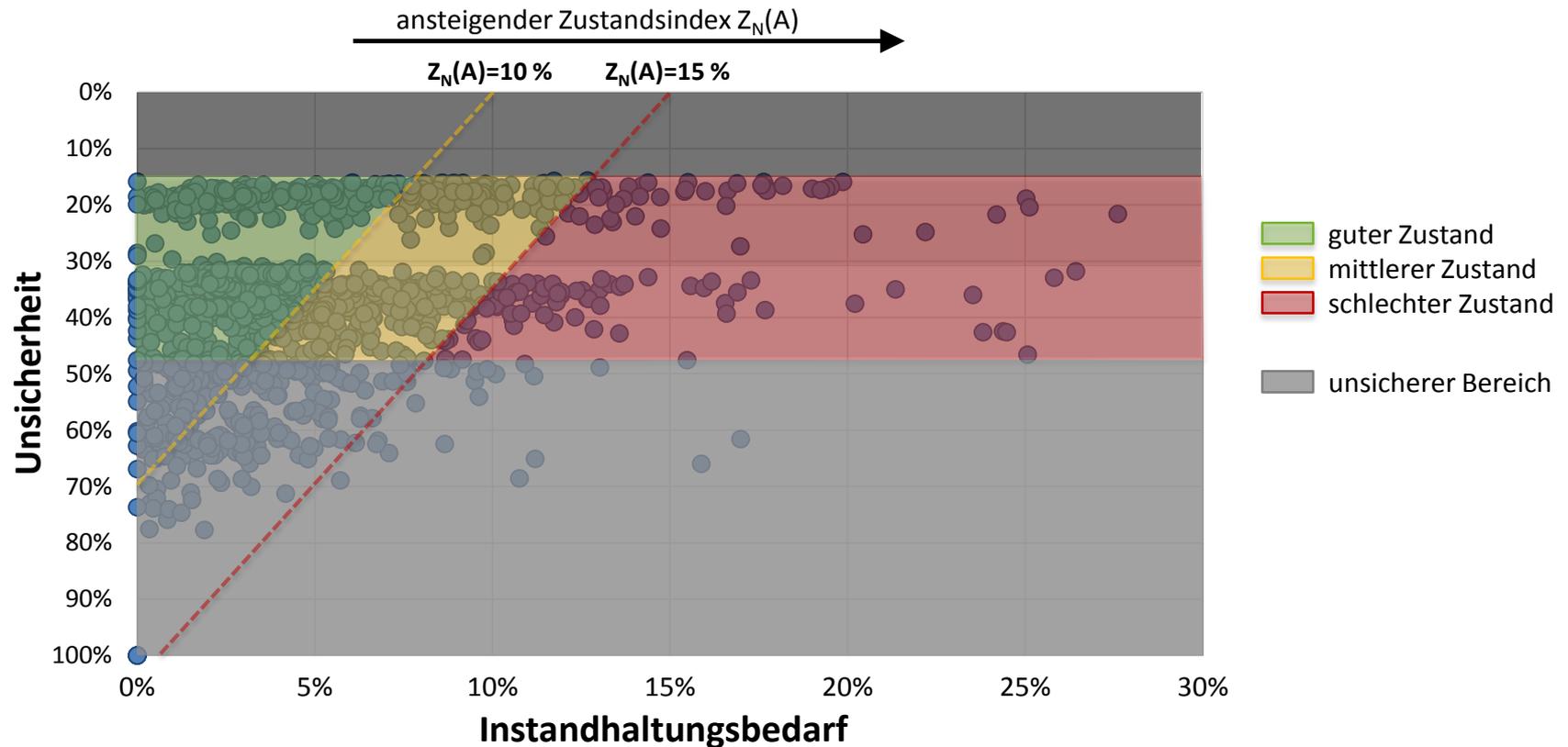
Evidenzbasierte Ergebnisse (Anlagenkollektiv)

Felduntersuchungen von Netzstationen (1565 Bewertungen)



Evidenzbasierte Ergebnisse (Anlagenkollektiv)

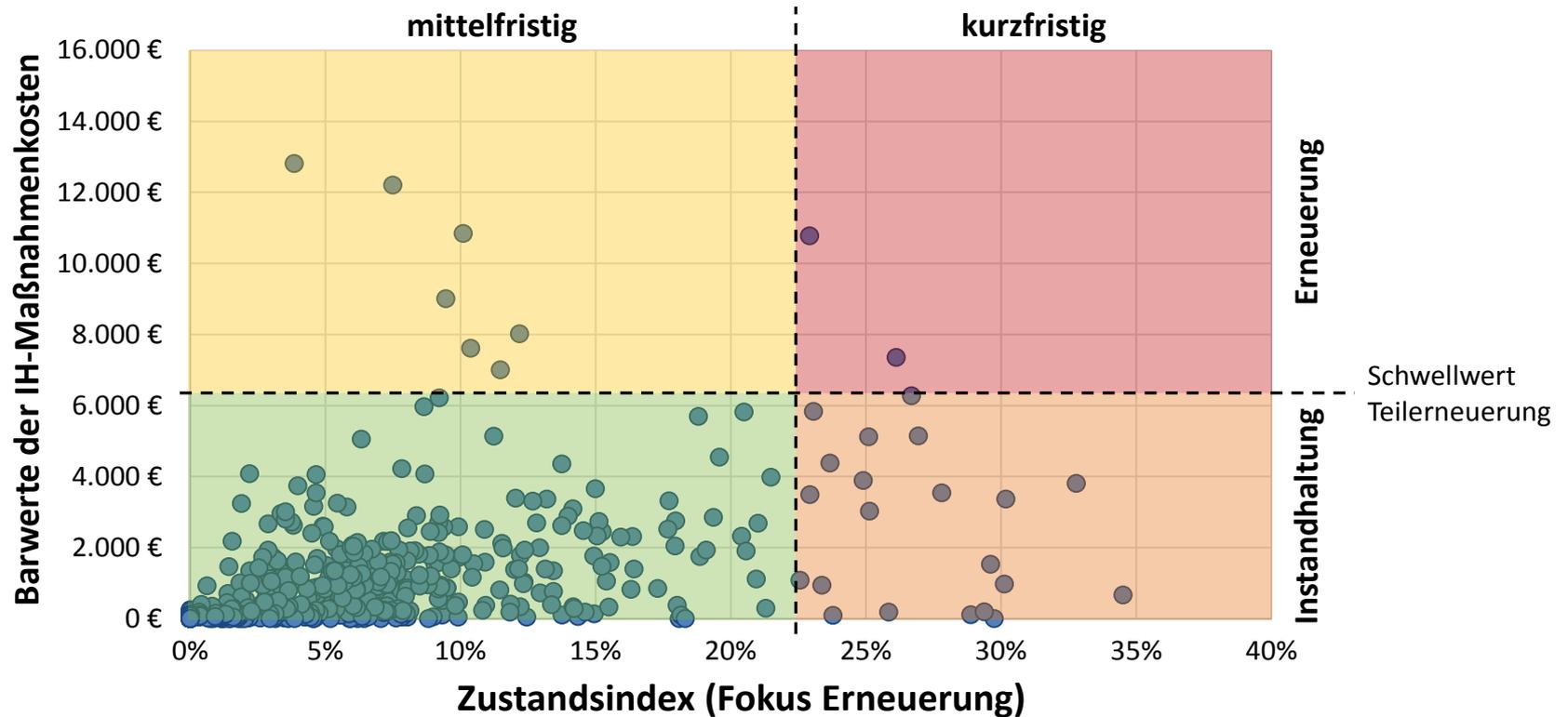
Felduntersuchungen von Netzstationen (1565 Bewertungen)



- ➔ Lediglich 7,2 % aller Netzstationen im „roten“ Bereich → zeitnahe IH-Maßnahme
- ➔ Unsichere Bewertungen identifiziert → konkretisieren

Evidenzbasierte Ergebnisse (Anlagenkollektiv)

Unterstützung von Instandhaltungs-/Erneuerungsentscheidungen



- ➡ Differenzierte Indices für Instandhaltungs- und Erneuerungsperspektive
- ➡ Optimale Entscheidungsgrundlage für das Asset Management

Zusammenfassung

- Objektive, systematische Zustandsbewertung von MS-Betriebsmitteln
- Nutzen des Erfahrungsschatzes der Mitarbeiter
 - Subjektivität muss beachtet werden!
 - Wirksame Gegenmaßnahmen
- Einsatz von Messtechnik liefert deutlichen Mehrwert
- Zusammenspiel von Sichtkontrolle und Einsatz von Messtechnik ermöglicht eine fundierte und nachvollziehbare Zustandsbeurteilung
- Berücksichtigung der Unsicherheit
- Qualität der zugrundeliegenden Bewertung quantifiziert
 - ➔ Valide Entscheidungsgrundlage für
 - Asset Management (Zustandsindices)
 - Asset Service (IH-Maßnahmen)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dominik Beerboom, M. Sc.

Leiter der Forschungsgruppe Zustandsbewertung und Energiekonzepte

Bergische Universität Wuppertal
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal

Telefon: +49 (0)202 439-3025

Telefax: +49 (0)202 439-1977

E-Mail: beerboom@uni-wuppertal.de