



OPTIMIERTES ASSET-MANAGEMENT VON LEISTUNGSTRANSFORMATOREN

Valide Datenbasis als Voraussetzung für optimale Entscheidungsgrundlage
19.09.2022, Alexei Babizki, Head of Solution Innovation

1

Herausforderungen und Trends im Asset Management

2

Aktueller technischer Stand
(Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)

3

Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren

4

Beispiele aus der Praxis

5

Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)

6

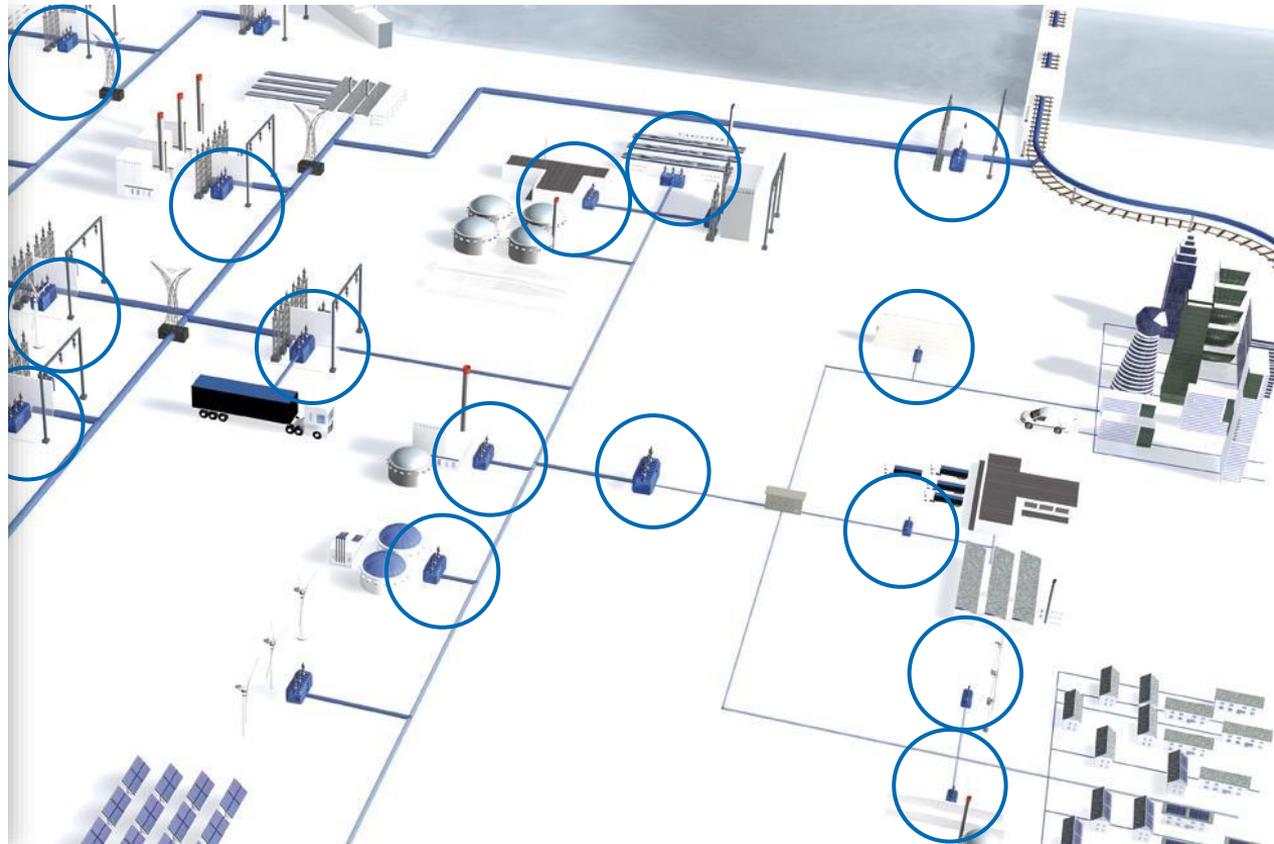
Chancen der Digitalisierung

7

Diskussion

HERAUSFORDERUNG: NETZSTABILITÄT

Transformator:
kritischer Netzknoten &
wertvollstes Asset



Globale Herausforderungen



Durchschnittliches Transformatoralter steigt



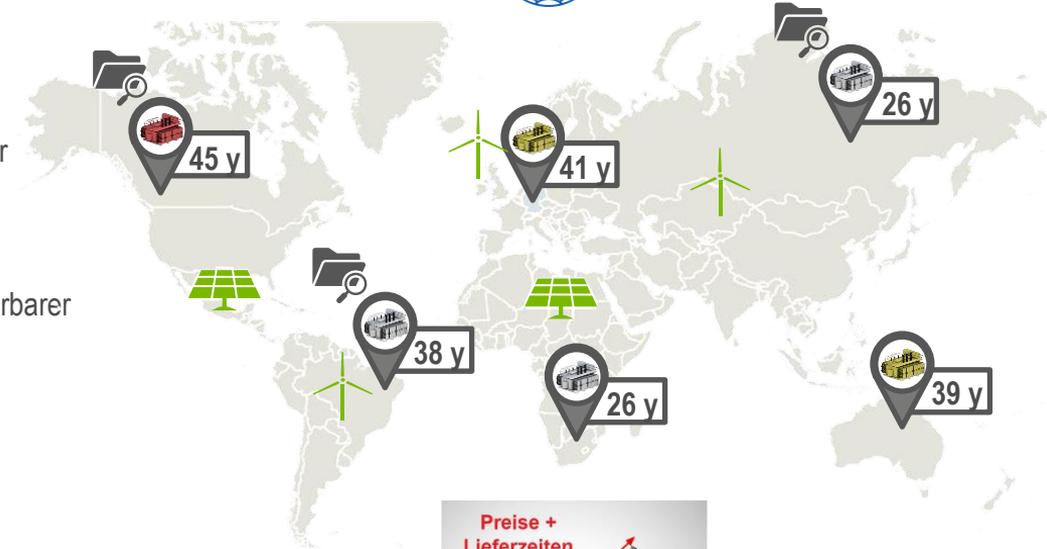
Fehlende Informationen über den Zustand der Betriebsmittel



Erhöhte Belastung durch Einspeisung erneuerbarer Energien



Veränderung der gesetzlichen Auflagen



AKTUELLE SITUATION FÜR VIELE EVUS



Verschiedene
Datenquellen (auch in
Papierform)



Ergebnisse aus externen
Labors oder elektrischen
Messungen im
PDF-Format



Viele Daten sind in
verschiedenen - nicht
miteinander verbundenen -
Systemen vorhanden



Subjektive
Zustandsbewertung z.B. für
visuelle Inspektion



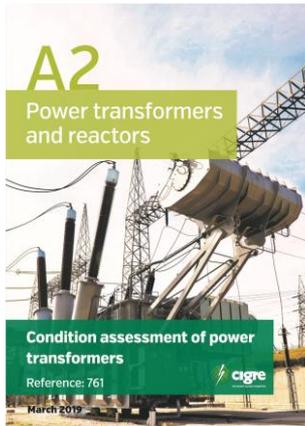
Umgang mit der
Datenunsicherheit

AGENDA

- 1 Herausforderungen und Trends im Asset Management
- 2 Aktueller technischer Stand
(Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)
- 3 Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren
- 4 Beispiele aus der Praxis
- 5 Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)
- 6 Chancen der Digitalisierung
- 7 Diskussion

AKTUELLER TECHNISCHER STAND

CIGRE WG	Title	Brochure	Year
A2.27	Recommendations for Condition Monitoring and Condition Assessment of Transformers	343	2008
A2.34	Guide for Transformer Maintenance	445	2011
A2.37	Transformer Reliability Survey	642	2015
A2.43	Bushing Reliability		
A2.44	Guide on Transformer Intelligent Condition Monitoring (TICM) Systems	630	2015
A2.49	Condition Assessment of Power Transformers	761	2019



IEEE	Title	Year
C57.170D0	Working Group for PC57.170- Condition Assessment Guide	In the works
C57.140-2017	Guide for Evaluation and Reconditioning of Liquid-Immersed Power Transformers	2017
C57.143-2012	Guide for Application for Monitoring Equipment to Liquid-Immersed Transformers and Components	2012
C57.152-2013	Guide for Diagnostic Field Testing of Fluid-Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors	2013

Aktuelle relevante Aktivitäten in verschiedenen Gremien

- | CIGRE A2 „Advisory Group on Transformer Digitalization“
- | CIRED WG 2020-1 Lifetime extension options for electrical equipment
- | CIGRE WG 3.61 „Risk and asset health based decision making in existing substations“



AGENDA

- 1 Herausforderungen und Trends im Asset Management
- 2 Aktueller technischer Stand
(Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)
- 3 **Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren**
- 4 Beispiele aus der Praxis
- 5 Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)
- 6 Chancen der Digitalisierung
- 7 Diskussion

PRAKTISCHER ANSATZ: GRUNDPRINZIP ZUSTANDBEWERTUNGSMODELLE



I Stammdaten, Inspektion „Soft Facts“



I Umfangreiche Messtechnik „Hard Facts“



Bewertungsmodell

$$Z = \sum_{a=1}^h G_{\text{HIT},a} \cdot \frac{\sum_{i=1 \vee B_i \neq \emptyset}^{n_a} (B_i \cdot G_i)}{B_{\text{max}} \cdot \sum_{i=1 \vee B_i \neq \emptyset}^{n_a} G_i}$$

Z: Zustandsindex des Betriebsmittels
 B_i : Bewertung des Inspektionpunktes i (Checkliste)
 G_i : Gewichtung des Inspektionpunktes i
 B_{max} : Max. mögliche Bewertung
 $G_{\text{HIT},a}$: Gewichtung des Hauptinspektionsteils a

I Strategische Planung



I Alterungsverhalten



I Liste mit Priorisierung



DATENSAMMLUNG UND BEWERTUNG

Level	Datenaufnahme	Betrieb	Art der gesammelten Daten			
<u>Level 1</u> <hr/> <hr/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Betreiber </div>	 Kein Stillstand	 Visuelle Prüfung <1J.*	 IR Thermographie <1J.*	 Ölanalyse <6m*	 Elektrische Messungen <3J.-5J.*
<u>Level 2</u> <hr/>		 Kein Stillstand	 Visuelle Prüfung	 IR Thermographie	 Ölanalyse	
<hr/> <u>Level 3</u>		 Stillstand	 Visuelle Prüfung	 IR Thermographie	 Ölanalyse	 Elektrische Messungen

3 Testlevel

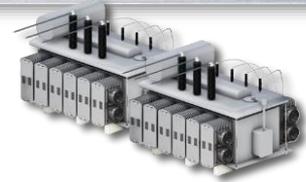
Ziel: minimale Abschaltzeiten

*Höchster der gesammelten Daten

Berücksichtigung der historischen Daten und der Infos aus dem Tx-Handbuch

TRANSFORMATORZUSTAND BEWERTEN

Beispiel: Herkömmlicher Health Index versus MR Methode



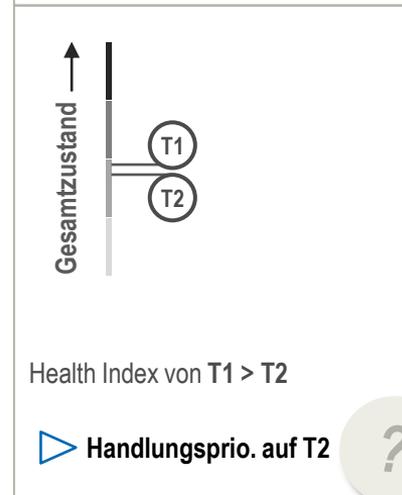
Bewertung 2 Transformatoren: T1 = neu, beschädigte Durchführung, T2 = alt, guter Zustand

Analyse der Komponenten:

HI-Komponenten	T1	T2
Öl	86	65
Aktivteil	88	65
Trafo-Kessel	85	85
OLTC	87	80
Durchführung	20	75
Kühlung	86	60
Zubehör	87	75
Health Index	77	72

Handlungsempfehlung auf der Basis von

a) herkömmlicher Health Index:



b) MR Methodik:



BEWERTUNG TRANSFORMATORZUSTAND

MR Methode bewertet 2 Dimensionen

1

Ausfallrisiko-Index: Zuverlässigkeit Ihrer Flotte

- | Misst die Wahrscheinlichkeit eines Funktionsausfalls
- | Hauptnutzer: Service Manager
- | Vorrangiges Ziel: Kurzfristige Entscheidung über Instandhaltung, um die Betriebssicherheit der Flotte zu erhöhen

OPEX

*Kompatibel
mit ISO 55001
& PAS55*

2

Lebensdauerverbrauchs-Index: Nachhaltigkeit Ihrer Flotte

- | Misst den Lebensdauerverbrauch
- | Hauptnutzer: Asset Manager
- | Vorrangiges Ziel: Langfristige Investitionsentscheidungen, um die Laufzeit der Flotte zu erhöhen

CAPEX

ZUSTANDBEWERTUNG EINER TRANSFORMATORENFLOTTE

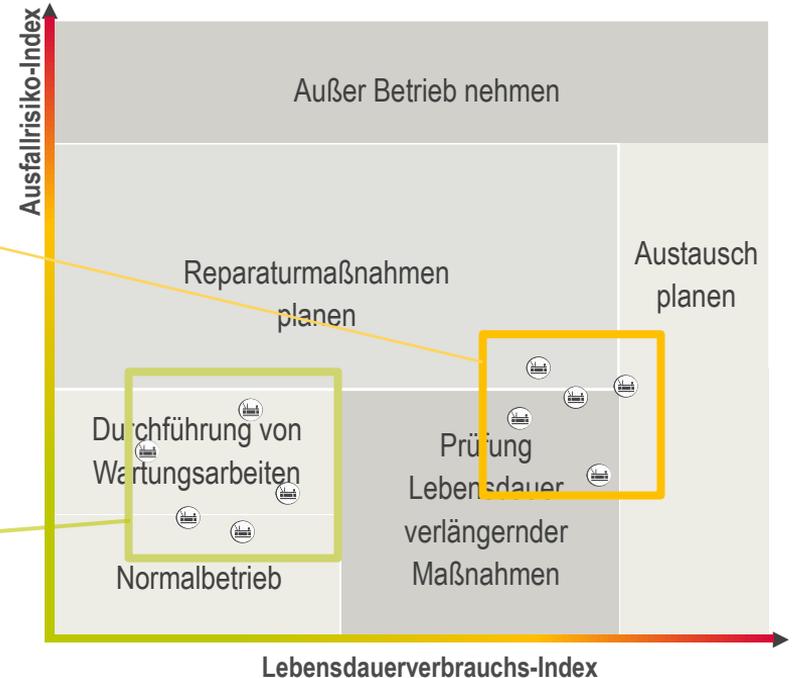
FLEETSCAN 2D - Ihre Flotte auf einen Blick

Flottencluster 2:

- „Technisch gealterte Flotte“
- Asset Management Strategie „Lebensdauererlängerung und Austausch“
- CAPEX orientiert

Flottencluster 1:

- „Technisch junge Flotte“
- Asset Management Strategie „Wartung“ → OPEX orientiert



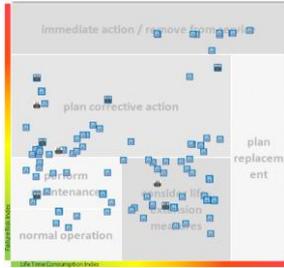
AGENDA

- 1 Herausforderungen und Trends im Asset Management
- 2 Aktueller technischer Stand
Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)
- 3 Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren
- 4 Beispiele aus der Praxis
- 5 Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)
- 6 Chancen der Digitalisierung
- 7 Diskussion

Beispiele aus der Praxis: EIN ANSATZ: VERSCHIEDENE FLOTTEN & AM STRATEGIEN

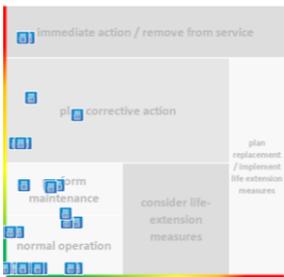


1. Flotte



- | Hauptteil der Flotte in einem befriedigenden Zustand
- | Einige Trafos mit fortgeschrittenem Lebensdauerverbrauch
- | Einige Reparatur,-Korrektur und Lebensdauererlängerungsmaßnahmen sind notwendig
- | **Strategie: OPEX und CAPEX Budgets müssen aktiviert werden**

2. Flotte



- | Flotte in einem guten Zustand
- | Lebensdauerverbrauch nicht fortgeschritten
- | Einige Reparaturen und Korrekturmaßnahmen müssen durchgeführt werden
- | **Strategie: Fokus auf OPEX**

3. Flotte



- | Hauptteil der Flotte in einem befriedigenden Zustand
- | Einige Trafos mit fortgeschrittenem Lebensdauerverbrauch
- | Reparaturen und Korrekturmaßnahmen, Lebensdauererlängerungsmaßnahmen sind notwendig
- | **Strategie: Focus on CAPEX**

AGENDA

- 1 Herausforderungen und Trends im Asset Management
- 2 Aktueller technischer Stand
(Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)
- 3 Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren
- 4 Beispiele aus der Praxis
- 5 Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)
- 6 Chancen der Digitalisierung
- 7 Diskussion

UMGANG MIT DATENUNSICHERHEIT

Jede Zustandsbewertung von beinhaltet ein nicht zu vermeidendes Maß an (Daten)-Unsicherheit:

- | Fehlerhafte Daten
- | Nicht verfügbare oder unzureichende Daten
- | Überholte Daten



Der Verschleiß erfolgt nicht immer auf vorhersehbare Weise



Von der Zustandsbewertung sollte niemals erwartet werden, dass sie vollkommen genau ist.
→ Sie soll eine konsistente Grundlage für die Entscheidungsfindung liefern.

DATENUNSIKERHEIT (VERSCHIEDENE GRÜNDE UND LEVELS)

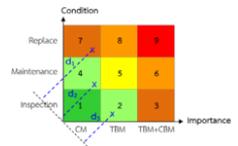
Abhängig von verschiedenen Faktoren unterschiedliche Levels der Datenunsicherheit können akzeptiert werden

- | Datenverfügbarkeit
- | Kritizität der Betriebsmittel
- | Zustand der Betriebsmittel
- | AM Strategie
- | Risikoaffinität der EVUs



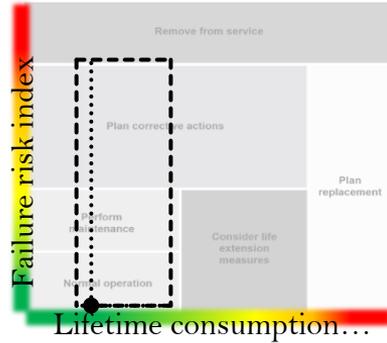
Verschiedene Gründe der Datenunsicherheit müssen beachtet werden

- | Datenalter
- | Messgenauigkeit
- | Datenverfügbarkeit
- | Konfliktäre Messergebnisse



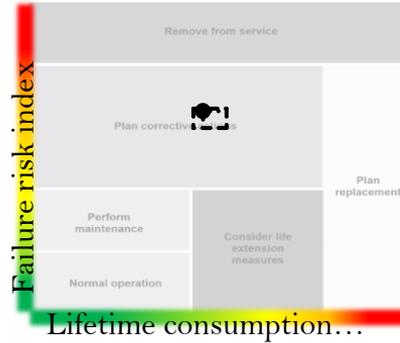
➔ Datenunsicherheit muss berechnet werden, um zu wissen, ob weitere Daten zu Entscheidungsfindung benötigt werden.

PRAKTISCHES BEISPIEL DATENUNSICHERHEIT:



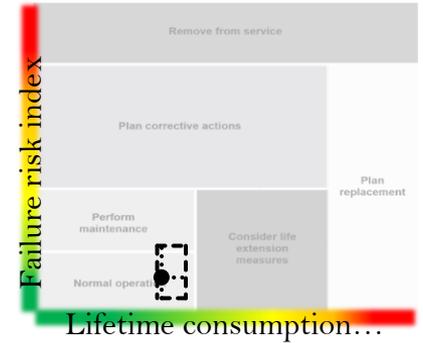
Level 1 Assessment:

- | DGA Ergebnisse (4 Jahre alt, keine Auffälligkeiten).
- | "Normalbetrieb"
- | Sehr hohe Datenunsicherheit



Level 2 & Level 3 Assessment:

- | Visuelle Inspektion; IR-Thermography; neue Ölanalyse (DGA, furan)
- | Erkannte Defekte: Leckagen, Erhöhte Feuchtigkeit im Öl, reduzierte BDV, reduzierte DP-Wert



Ausführung der Handlungsempfehlungen

- | Leckagen beseitigt, Silicagel im Luftentfeuchter aufgefüllt, Öl und Papiertrocknung durchgeführt
- | → Tx im "Normalzustand".

Die Rolle der Datenunsicherheit ist essentiell.

Ein geeignetes Verfahren ermöglicht Wartungsstrategien im AM zu optimieren und Budgets im Rahmen der Unternehmenspolitik oder anderer Standards (z.B. ISO 55000) zu planen.

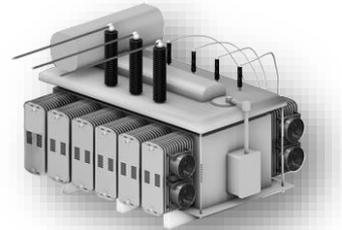


Patentanmeldungszeichen
2021P00007

Ziel: Untersuchung des Alterungsverhaltens von HS-Transformatoren

Gegenstand der Untersuchung

- | 110-kV-Transformatoren und höher
- | Vorhandene Zustandsbewertungssystematiken



Bergische Universität Wuppertal



- | Langjährige Expertise mit Zustandsbewertung/-systematiken
- | Entwicklung von Alterungsmodellen
- | **Projektfokus:** Analyse der Zustandsbewertungen, Ableitung des Alterungsverhaltens

Maschinenfabrik Reinhausen



- | Umfangreiche Expertise im Bereich Transformatoren und Messtechnik
- | Kompetenz im Bereich Monitoring und Zustandsbewertung
- | **Projektfokus:** Verstehen des tatsächlichen Alterungsverhaltens der Transformatoren und Berücksichtigung der Ergebnisse bei der zukünftigen Portfolioentwicklung

PROJEKTPARTNER – 36 ÜNB & VNB DER DACH-REGION



50hertz | Elia Group

e-netz südhessen

amprion verbindet

EWEnetz

APG

ewz

AVU-Netz

illwerke vkw

azpo

iKB Eins für alle.

Bielefelder Netz

MVV NETZE Ein Unternehmen der MVV

CURRENTA

Netz Leipzig

enercity Netz Ein Unternehmen der energy-Gruppe

Netze Duisburg

ENO Energienetze Offenbach

NETZE Magdeburg

NGN

swissgrid

RNG Rheinische NETZgesellschaft

SW/M SWM Infrastruktur Ein Unternehmen der Stadtwerke München / SW/M

Sachsen Netze

Tennet

SALZBURGNETZ

TINETZ

STADTNETZE MÜNSTER Ein Unternehmen der Stadtwerke-Münster-Gruppe

TRÄNSNET BW

Stadtwerke Bochum | Netz

stadtwerke heidelberg netze

vorarlberg netz

westnetz

Stromnetz Berlin

WIENER NETZE

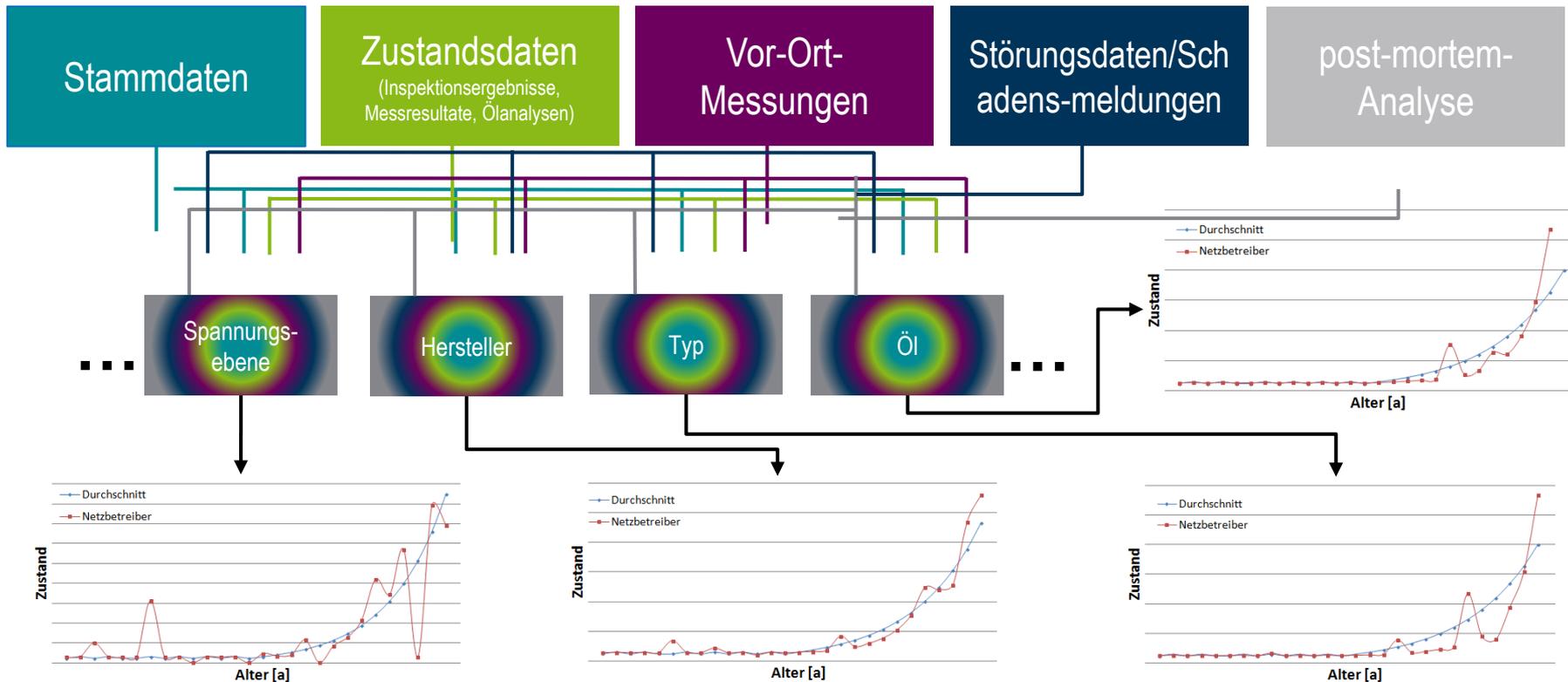
Stromnetz Hamburg

WSWNETZ

Einbindung von mehr als 3.500 Transformatoren (HS- & HöS-Ebene)

PROJEKTPRÄSENTATION „AHTRA“

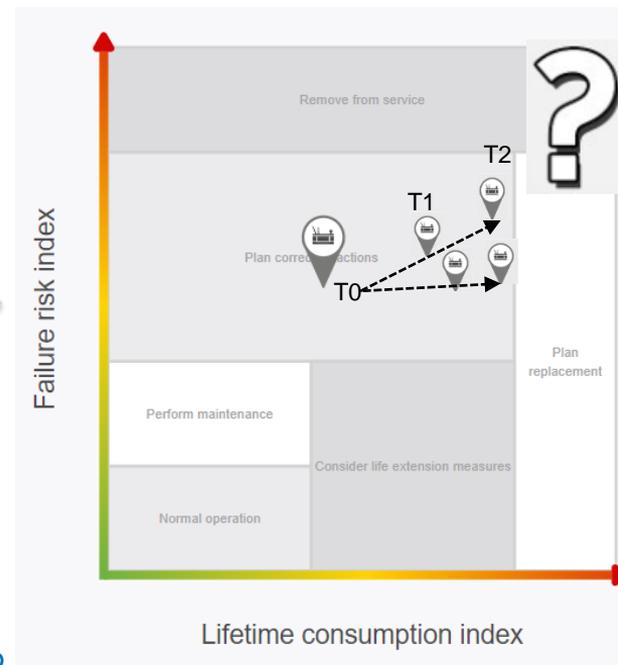
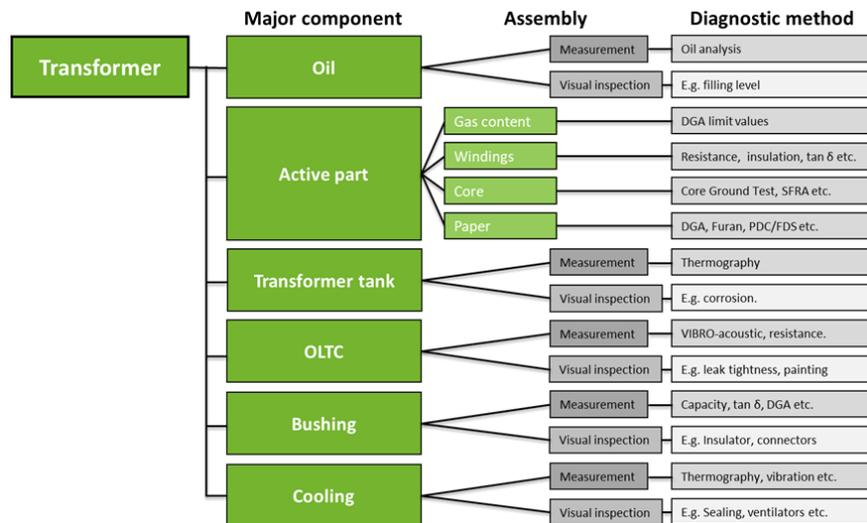
ERMITTLUNG DES TATSÄCHLICHEN ALTERUNGSVERHALTENS



ZUSTANDSVORHERSAGE MIT REALISTISCHEN ALTERUNGSMODELLEN



Grundlage: "Existierende Methoden für Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren"



AGENDA

- 1 Herausforderungen und Trends im Asset Management
- 2 Aktueller technischer Stand
(Normen, Standards, aktuelle Entwicklungen)
- 3 Praktischer zweidimensionaler Ansatz zur Zustandsbewertung von Leistungstransformatoren
- 4 Beispiele aus der Praxis
- 5 Zukünftige Entwicklungen (Datenunsicherheit und Alterungsmodelle)
- 6 Chancen der Digitalisierung
- 7 Diskussion

LINK zum PORTAL

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing 'HOME', 'BETRIEBSMITTEL', and 'BEWERTUNG'. A search bar on the right is set to 'Kunden auswählen Sales Demo'. The main content area is titled 'Transformatorübersicht' and includes a 'Trafo hinzufügen' button. On the left, a 2D matrix plots 'Ausfallrisiko-Index' (y-axis) against 'Lebensdauerverbrauchs-Index' (x-axis). The matrix is divided into four quadrants with various maintenance tasks: 'Außer Betrieb nehmen' (top-right), 'Planung von Maßnahmen planen' (top-left), 'Durchführung von Wartungsarbeiten' (bottom-left), and 'Prüfung Lebensdauer verlängender Maßnahmen' (bottom-right). On the right, a map of Australia shows locations like Perth, Sydney, Melbourne, Brisbane, and Adelaide, with blue location pins.

THE POWER BEHIND POWER.

www.reinhausen.com

