



ELEKTROINŠTITUT  
MILAN VIDMAR

# PRÄVENTIVE ERKENNUNG VON STÖRUNGEN UND FEHLERN BEI MESSWANDLERN

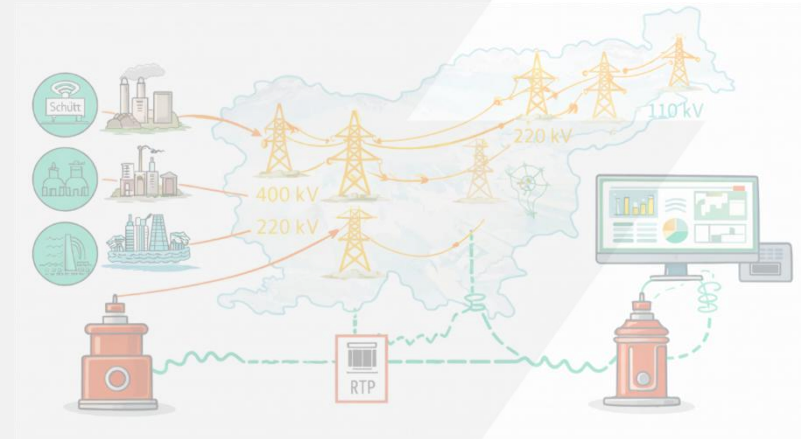
Tanja Seme, Tanja Lukan, Biljana Čuček, Tim Gradnik

# MESSWANDLER DIAGNOSTIK

- Zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie
- Messwandler – einer der wichtigsten Elemente
- Überwachung und Schutz des Systems

## Transformatoröl Diagnostik

- Störingerkenung
- Frühe Stadien von Transformatorfehlern
- Präventive Diagnosemaßnahmen



# MESSWANDLER UND ÖLDIAGNOSTIK

Spannungswandler

Stromwandler

Kombinationswandler

Umwandeln hohe Ströme oder Spannungen in niedrigere Werte  
Isolationssystem aus Öl und Papier

## Spezifische physikalisch-chemische Untersuchungen wegen begrenzte Ölmenge

Gas-in-Öl-Analyse

Flüssigchromatographische  
Analyse

Wassergehalt im Öl

Grenzflächenspannung

Neutralisationszahl

Brechzahl

Bestimmung der Gase die durch den Chemischen Zerfall des Öls entstehen

Beteiligung der Papierisolation

Beurteilung von Inkompatibilität der Einbaumaterialien oder, seltener, die beschleunigte Alterung der Isolation



**EIMV**

[www.eimv.si](http://www.eimv.si)

# FEHLERARTEN BEI MESSWANDLERN

## Einflussfaktoren:

- Materialienqualität
- Konstruktionsmerkmale
- Betriebsbelastungen
- Umgebungsbedingungen
- Überspannungserscheinungen



Entladungen hoher  
Energiedichte



Entladungen geringerer  
Energiedichte



Teilentladungen

Thermische Fehler  
 $T > 700 \text{ } ^\circ\text{C}$



Thermische Fehler  
 $300 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 700 \text{ } ^\circ\text{C}$

# EMPFEHLUNGEN DER IEC UND DER HERSTELLER

Über Veränderungen im Öl bei verschiedenen Störungen ist in der Fachliteratur viel beschrieben

Problem

keine eindeutigen Kriterien zur Festlegung, welche Werte als normal gelten, welche eine verstärkte Überwachung erfordern oder sogar eine Außerbetriebnahme notwendig machen

IEC 60599:2022 Erfasst Daten von sehr unterschiedlichen Transformatoren

- Gibt nur typische Werte an
- Konzentrationswerte erhoben vor dem Jahr 2000
- Informationen aus verschiedenen elektrischen Energieversorgungssystemen weltweit

Unterschiedliche Betriebsbedingungen, klimatische Einflüsse und Instandhaltungspraktiken

	H <sub>2</sub> [µl/l]	CH <sub>4</sub> [µl/l]	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> [µl/l]	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> [µl/l]	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> [µl/l]	CO [µl/l]	CO <sub>2</sub> [µl/l]
<b>Stromwandler</b>	6-300	11-120	1-5	3-40	7-130	250-1100	800-4000
<b>Spannungswandler</b>	70-1000		4-16	20-30			

Alter der Transformatoren ist nicht berücksichtigt

IEC 60422:2024: Grenzwerte für TANδ und Wassergehalt im Öl  
Empfehlungen der Hersteller

Lösung

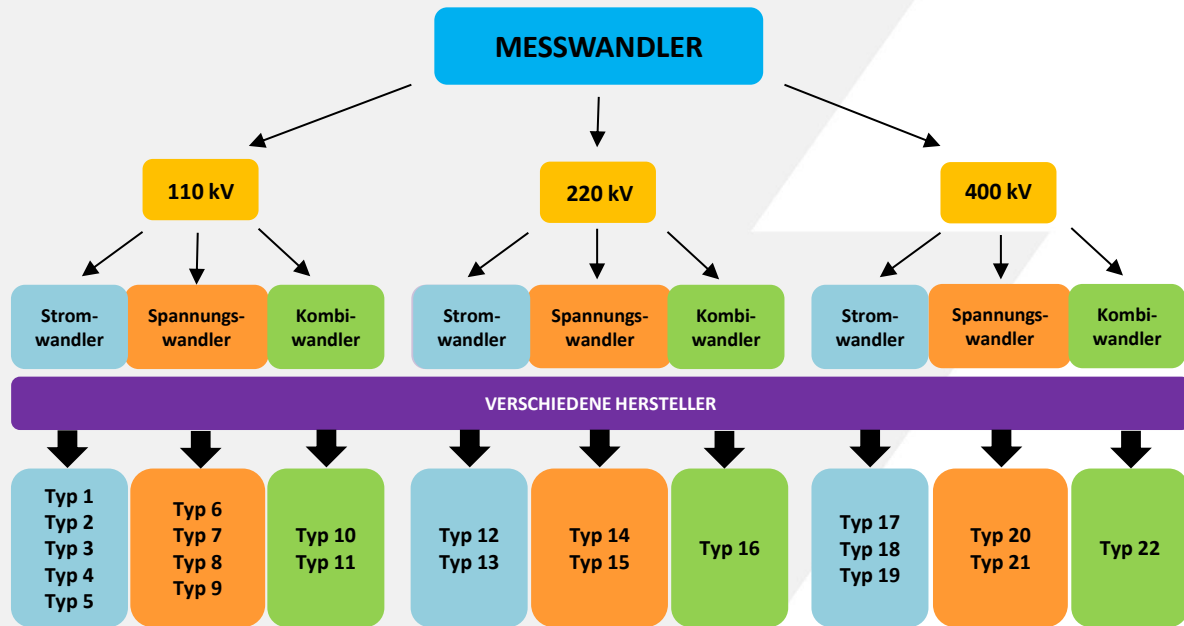
Bewertung nach Transformatorentypen und Alter



# ÜBERBLICK ÜBER LETZTEN 25 JAHRE

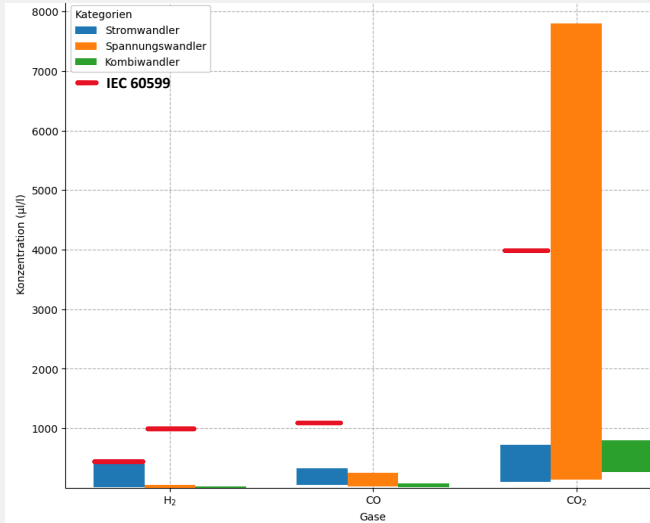
Mehr als 1300 Einheiten von 4 verschiedenen Herstellern

- 22 unterschiedlichen Typen
- Großteil – 1x analysiert
- < 100 einheiten – 2x analysiert
- Kleinanteil – 3x analysiert

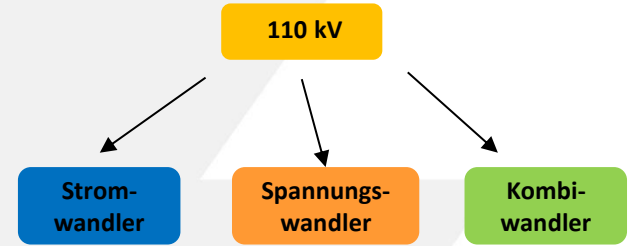
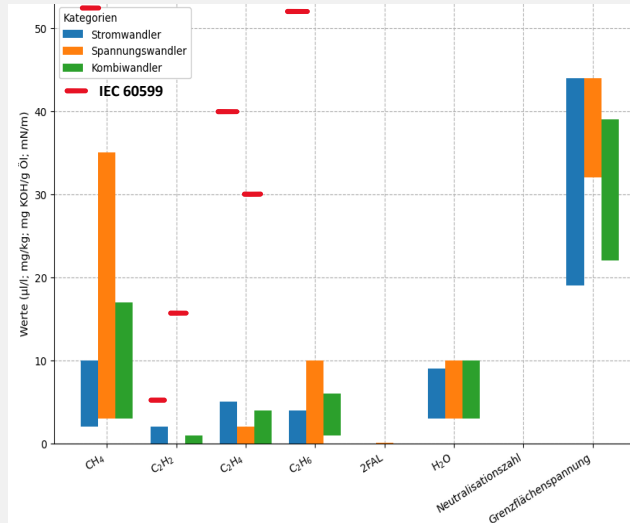


# TYPISCHE WERTE 110 kV

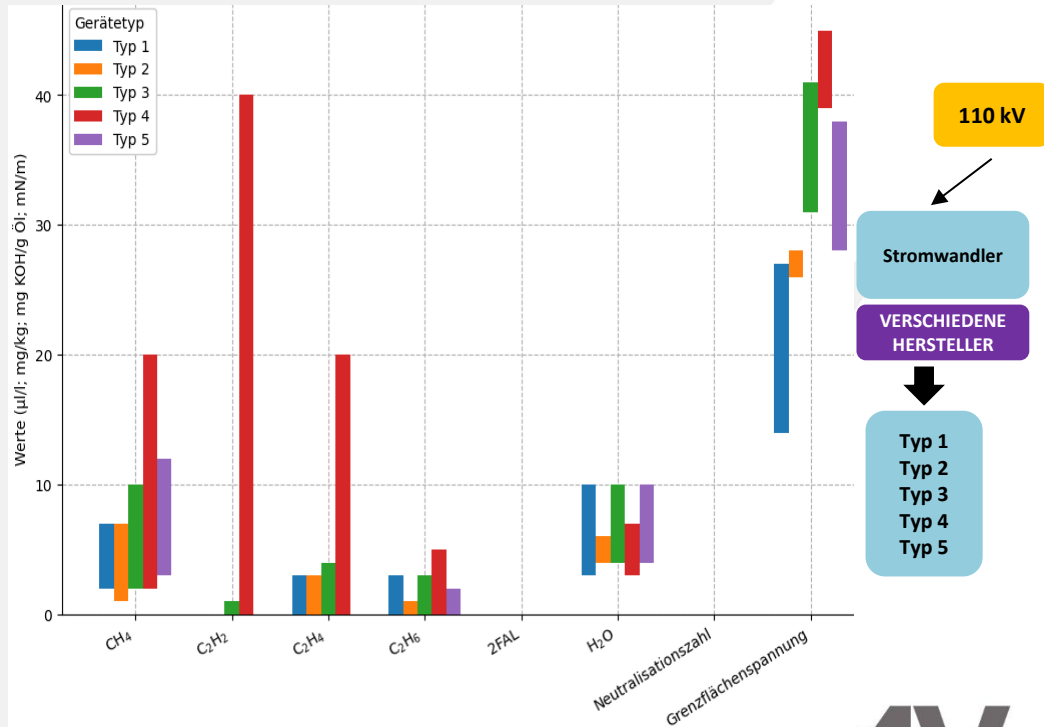
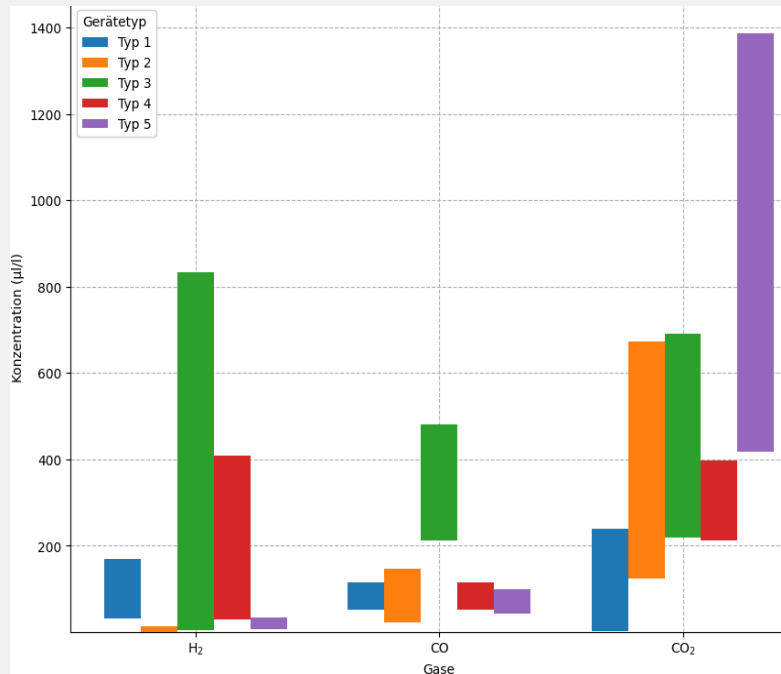
Interpretation der Ergebnisse muss nach Transformatorentyp betrachtet werden



- Deutliche Unterschiede bei CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und Grenzflächenspannung
- Abweichungen in Abhängigkeit vom Transformatorentyp

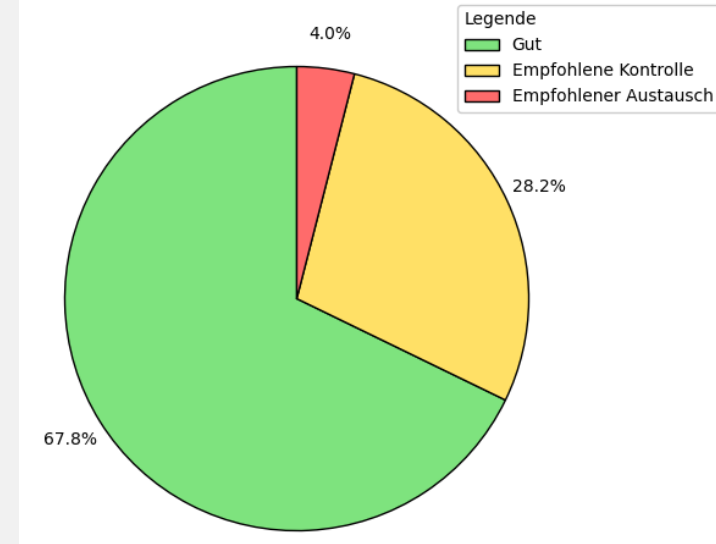
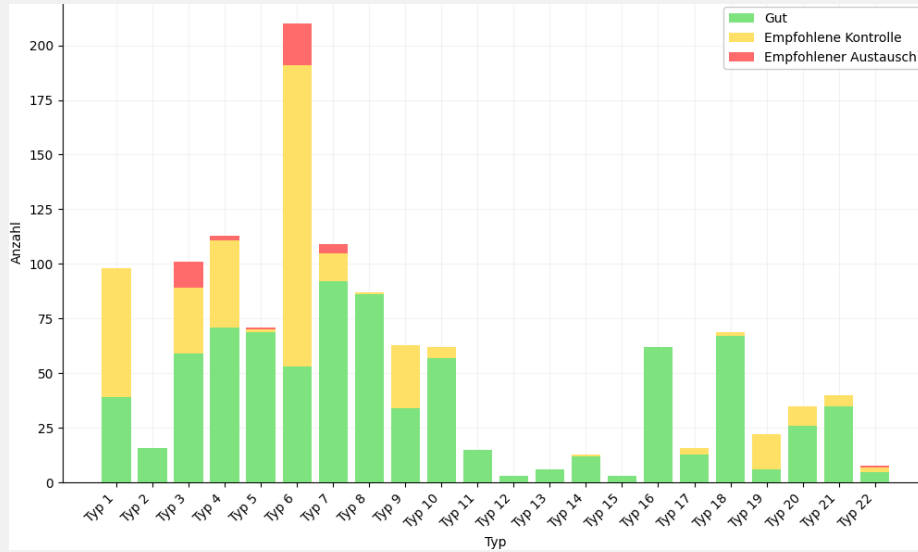


# 110 kV STROMWANDLER - TYPISCHE WERTE



- Abweichungen innerhalb einzelnen Parameters
- Unterschiede in Bezug auf die Konstruktionsmerkmale
- Korrekte Interpretation der Ergebnisse!

# ZUSTANDSÜBERSICHT



- Kriterien, die sich ausschließlich auf die Geräteart beziehen sind nicht ausreichend genau
- Interpretation der Ergebnisse ist von entscheidender Bedeutung
- Zu berücksichtigen: Standard, Herstellerempfehlung
- Ein ganzheitlicher Ansatz ist für eine zuverlässige Zustandsbewertung erforderlich



Diagnose von  
Transformatoröl



Präventive  
Erkennung von  
Störungen



Zuverlässiges  
Elektroenergiesystem

## Die häufigsten Ursachen von Störungen in Slowenien

- Fertigungsfehler der Transformatoren
- Austausch verschiedener Einbaumaterialien - Inkompatibilität

# PHYSICAL-CHEMICAL TRANSFORMER DIAGNOSTICS DEPARTMENT



[www.eimv.si/chem](http://www.eimv.si/chem)



**SLOVENSKA  
AKREDITACIJA**  
SIST EN ISO/IEC 17025  
**LP-102**



**EIMV**

[www.eimv.si](http://www.eimv.si)