

**ENERGIE
NETZE**
STEIERMARK

Ein Unternehmen der
ENERGIE STEIERMARK

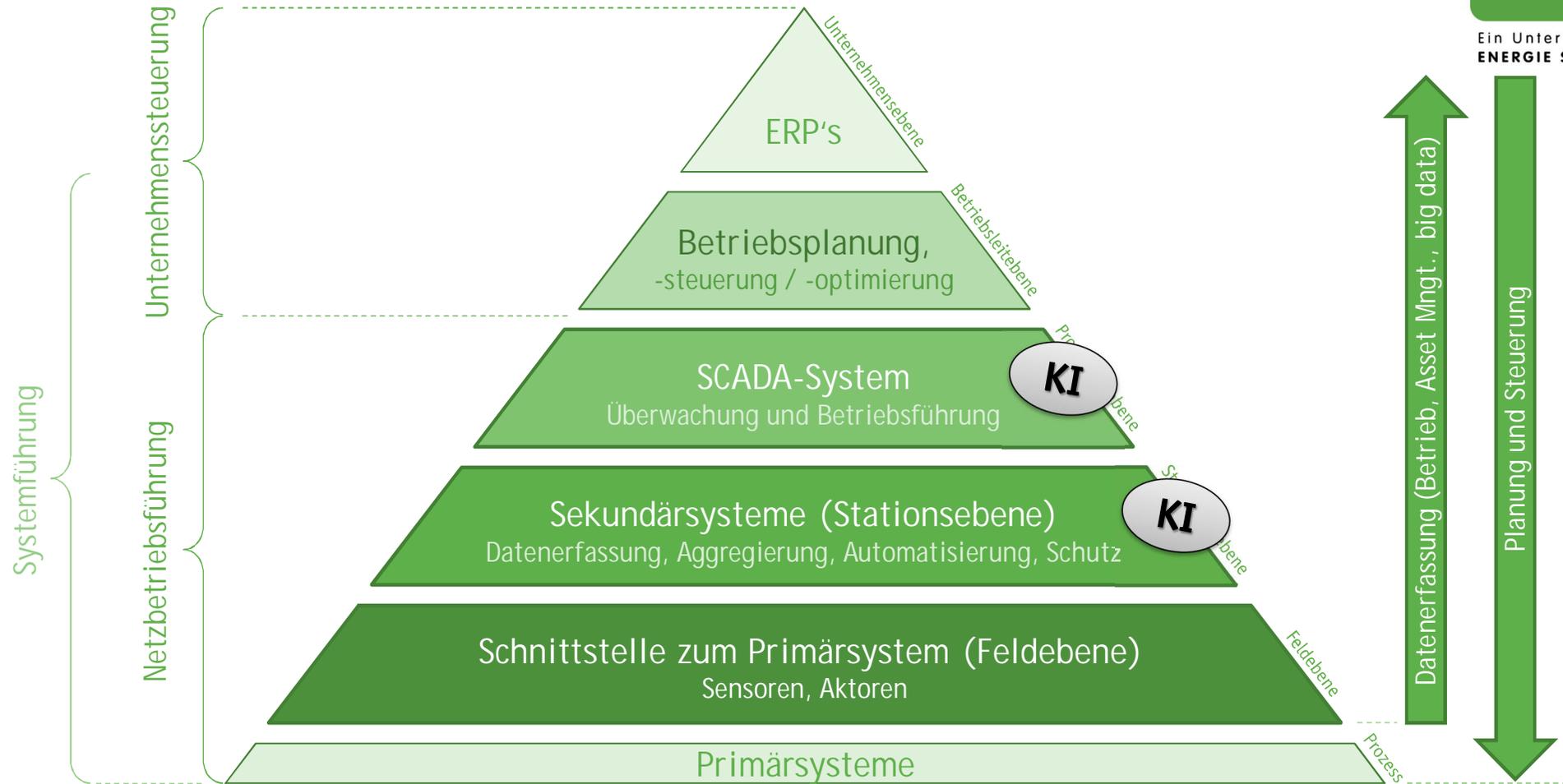
Netzschutz und Überwachung von Schaltgeräten durch KI

Klassifikation - **Public**

■ Agenda

- KI im Umfeld eines Netzbetreibers
- KI in technischen Anwendungen
- Beispiele für KI im technischen Umfeld eines Netzbetreibers

■ Automatisierungspyramide



Ein Unternehmen der
ENERGIE STEIERMARK

■ Künstliche Intelligenz in technischen Anwendungen

Schwache KI (weak/narrow AI)

- Konkrete Anwendungsbereiche
 - ❖ z.B. Texte verfassen, Bilder erstellen
- Mathematische Methoden
- Kein tiefes Verständnis
- Oberflächliches Intelligenz-Level

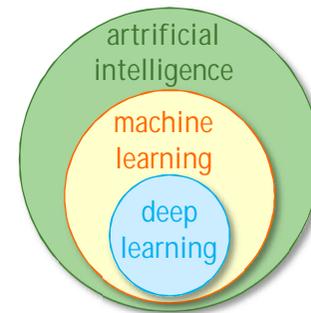
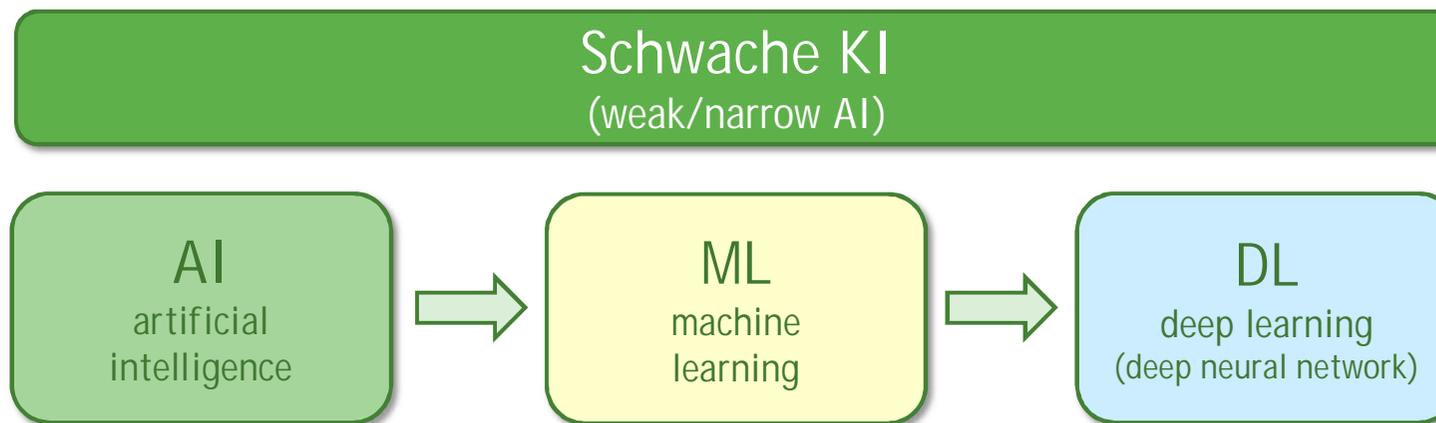
- Beispiele:
 - ❖ Zeichen- bzw. Texterkennungsprogrammen
 - ❖ Navigationssystemen
 - ❖ Spracherkennung
 - ❖ Individuelle Anzeige von Werbung

Starke KI (strong/general AI)

- Eigenes, intelligentes und flexibles Handeln
- Keine Beschränkung auf konkrete Probleme
- Intellektuelle Fähigkeit des Mensch
- Bis dato keine starken KI-Systeme entwickelt

- Mögliche Beispiele:
 - ❖ Logisches Denkvermögen
 - ❖ Entscheidungsfähigkeit trotz möglicher Unsicherheit
 - ❖ Planungs- und Lernfähigkeit
 - ❖ Kommunikationsfähigkeit in natürlicher Sprache
 - ❖ Kombination aller Fähigkeiten, um ein übergeordnetes Ziel zu erreichen

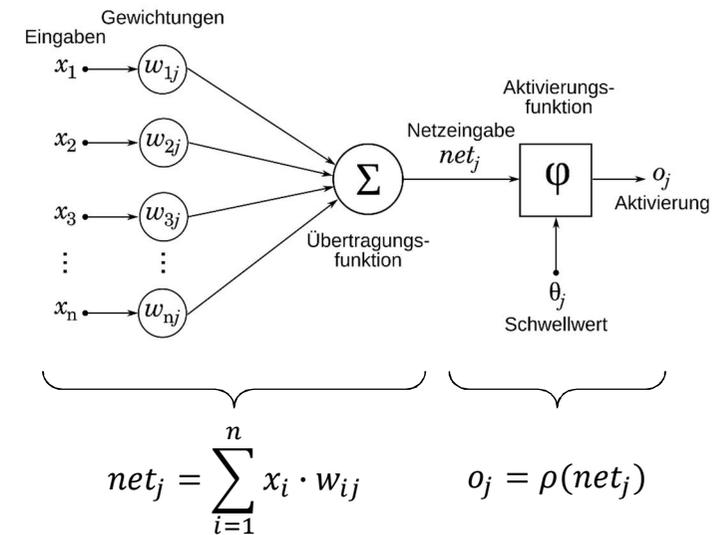
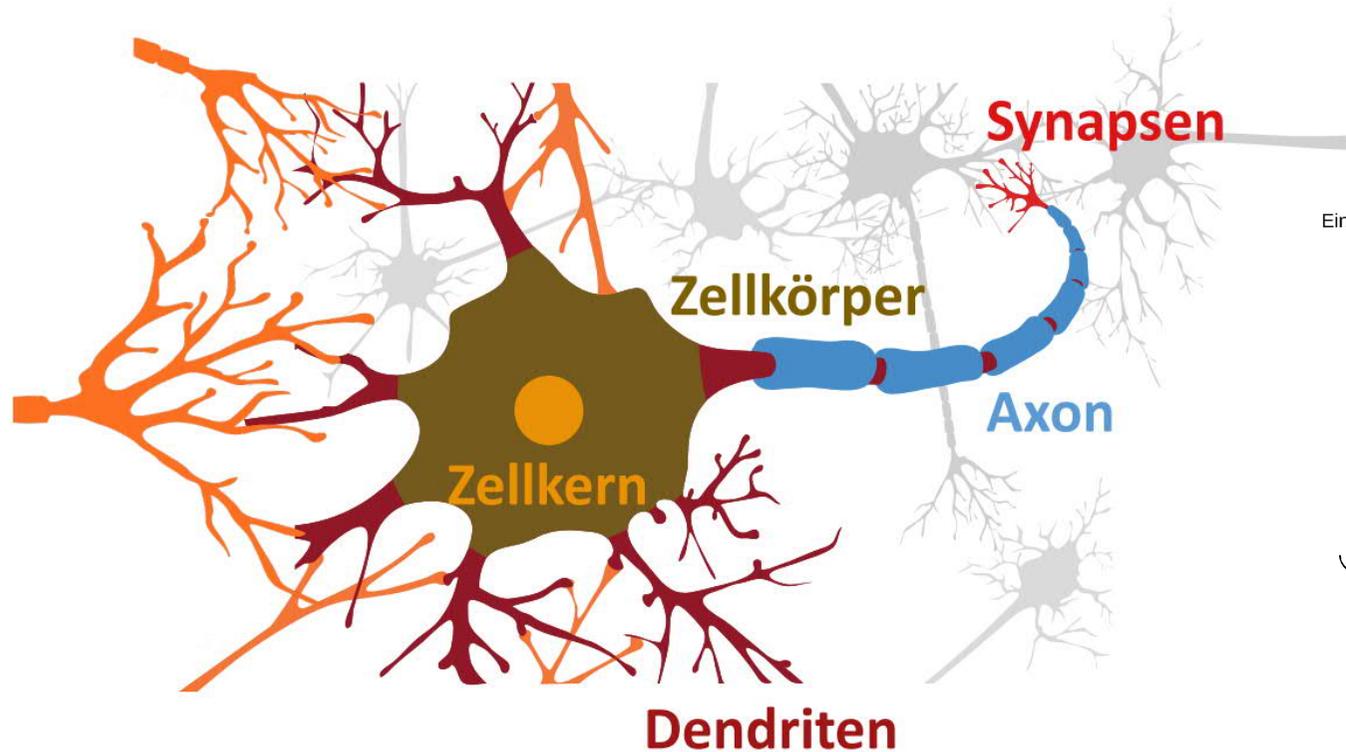
■ Künstliche Intelligenz in technischen Anwendungen



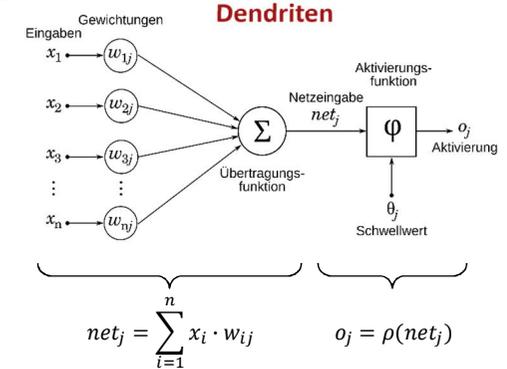
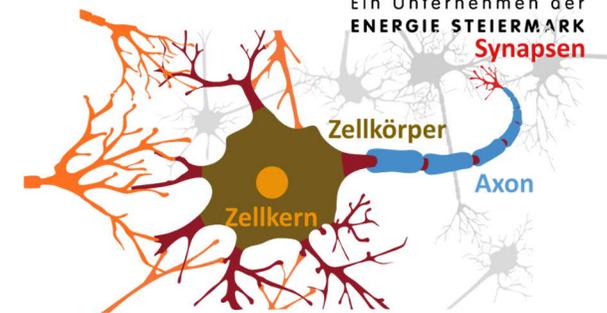
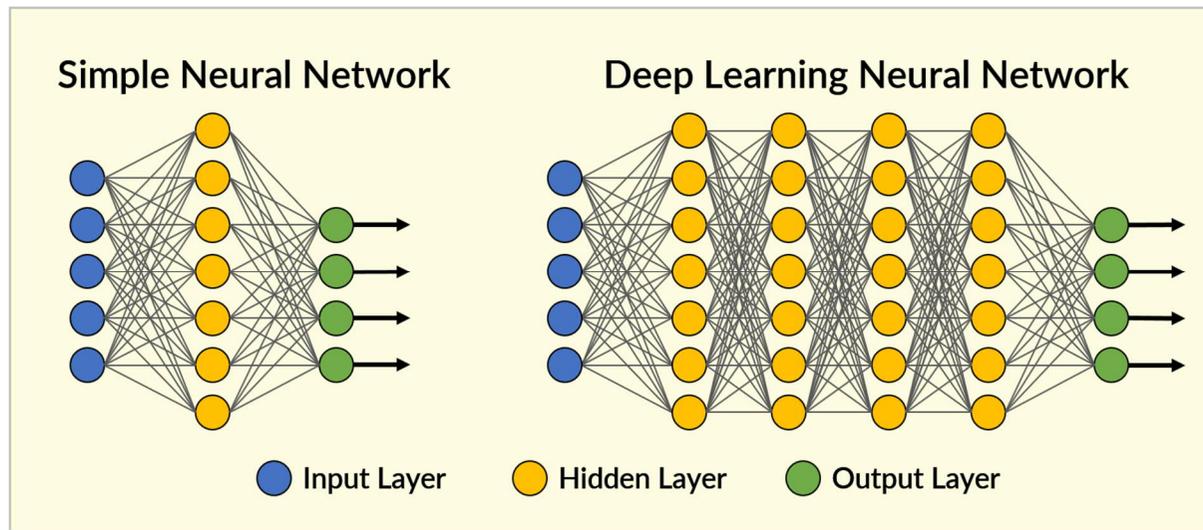
- Expertensysteme
 - ❖ Lernen aus (hybriden/ synthetischen) Daten
- Mathematische Algorithmen für Verarbeitungs- und Lernprozess (statistische Verfahren)
- Klassifizierung/Zuordnung
- Überwacht / unüberwachtes lernen

- Orientierung am menschlichen Hirn
 - ❖ Vernetzung von Eingangs-, Zwischen- und Ausgangsneuronen für einen stetigen Lernprozess
- Big Data: Suchen von Muster und Modellen

■ Künstliche Intelligenz in technischen Anwendungen

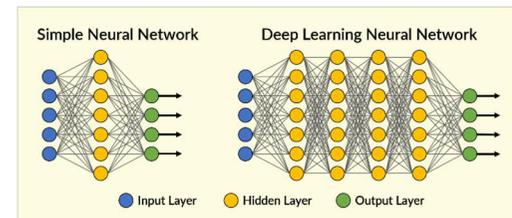
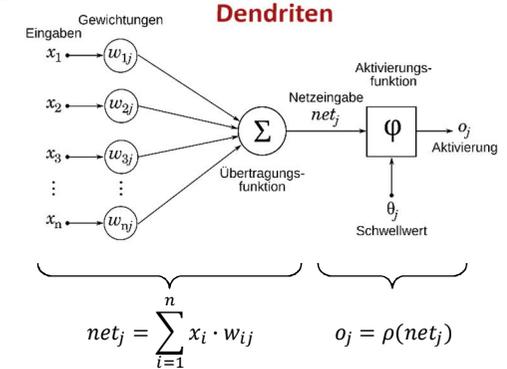
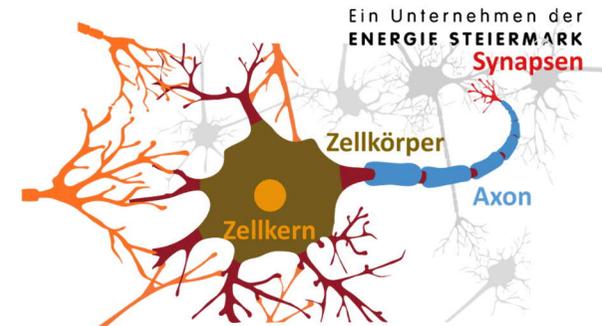
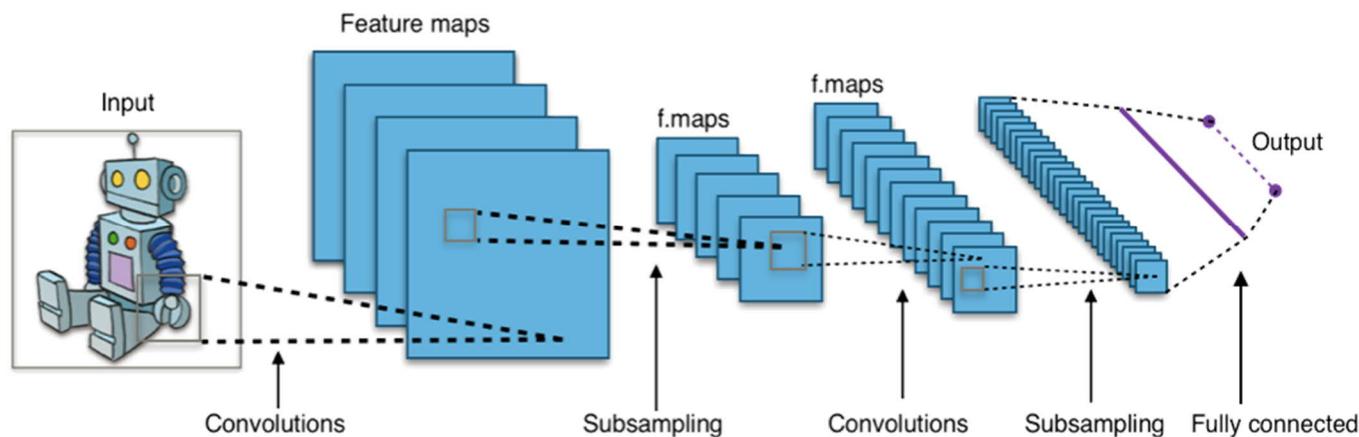


■ Künstliche Intelligenz in technischen Anwendungen

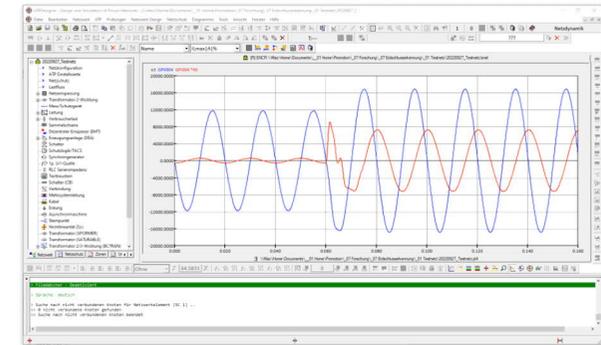


■ Künstliche Intelligenz in technischen Anwendungen

- Faltungsmatrix schrittweise über das gesamte Bild bewegen (Convolution)
- Entfernen überflüssiger Informationen (Polling/Subsampling)



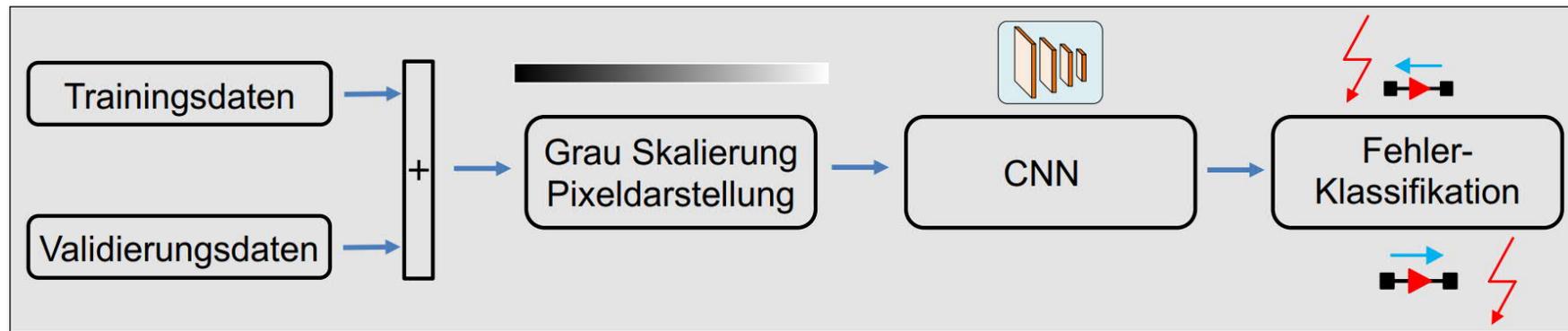
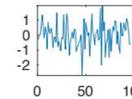
Quellen: Wikipedia 2022/2024, Andreas Winter 2022



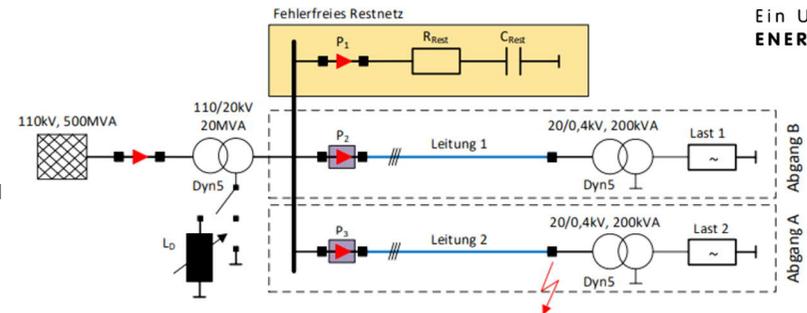
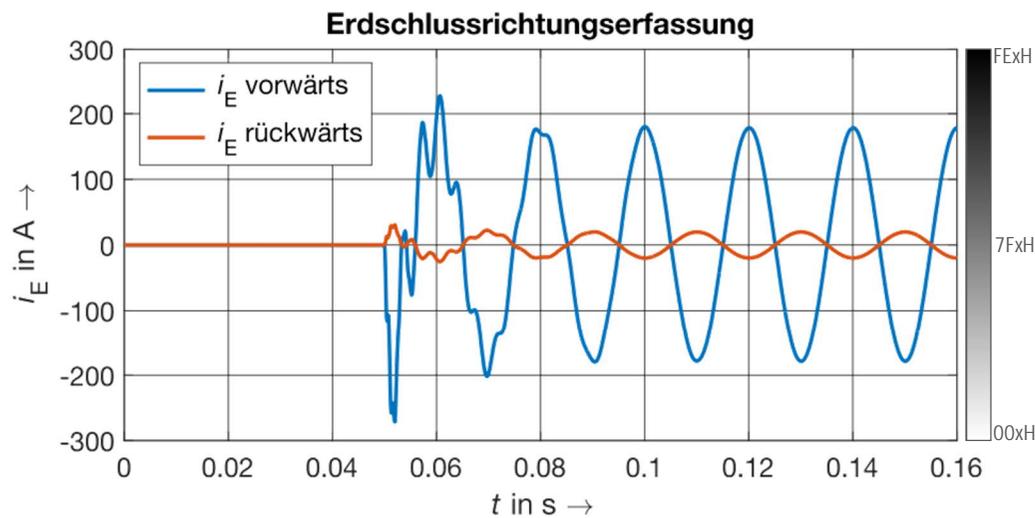
■ Beispiele für KI im technischen Umfeld

■ Fehlerortlokalisierung

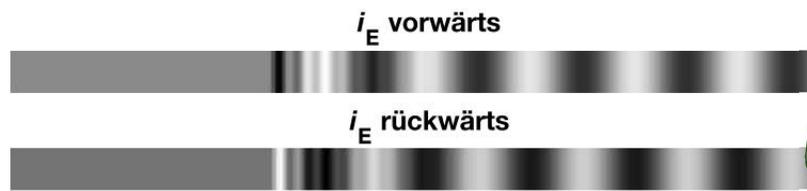
- Generierung einer großen Anzahl an Trainingsdaten (Netzberechnungsprogramm, Störfalldaten, Closed-Loop-Tests, ...)
- Variation von Fehlerparameter (Eintrittswinkel, Übergangswiderstand, ...)
- Vermeidung von Overfitting → Addition von Rauschen



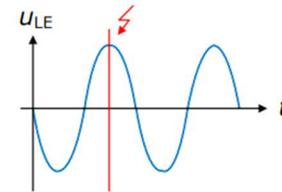
- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Fehlerortlokalisierung



- Schutzgerät P2 zeigt einen Erdschluss in **Rückwärtsrichtung**
- Schutzgerät P3 zeigt einen Erdschluss in **Vorwärtsrichtung**
- Variation der Fehlereintrittsbedingungen

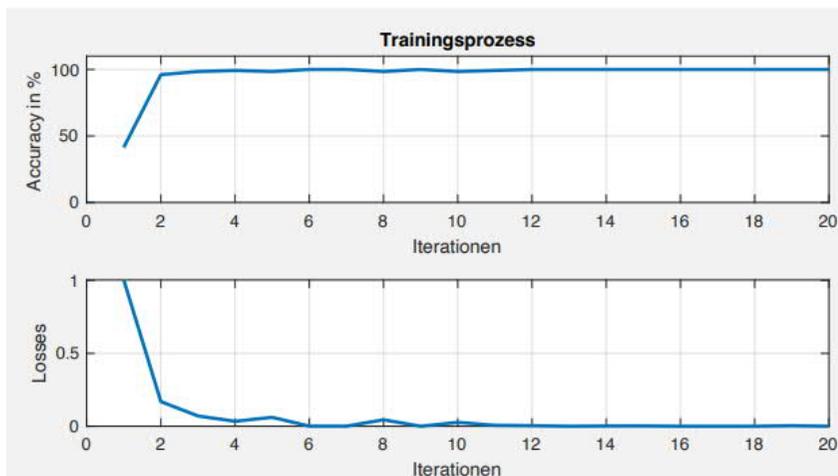


... und 3-phasig?
RGB-Farbraum



■ Beispiele für KI im technischen Umfeld

■ Fehlerortlokalisierung



- Nach wenigen Iterationen liefert das CNN die Klassifikation „vorwärts“ oder „rückwärts“ mit einer hohen Genauigkeit.
- Nach dem Trainingsprozess liegt eine Validierungsgenauigkeit von 98,6 % vor.

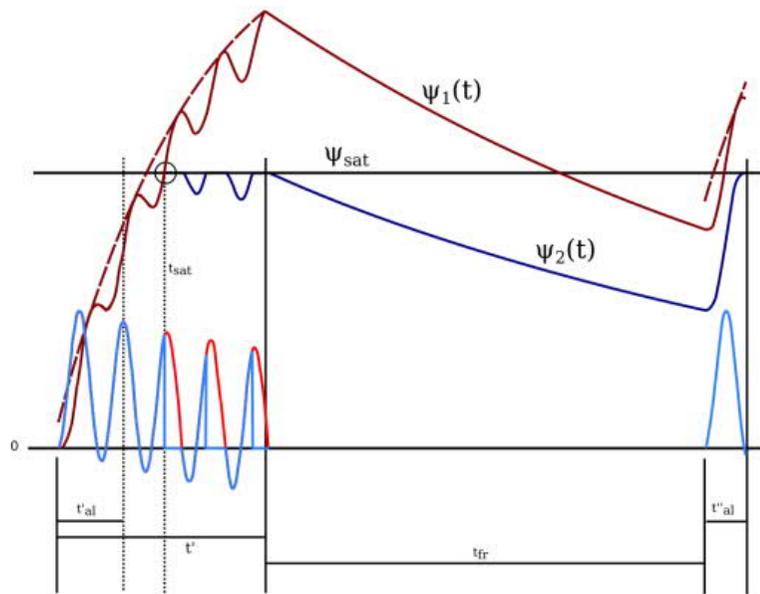
Erdschluss in Rückwärtsrichtung



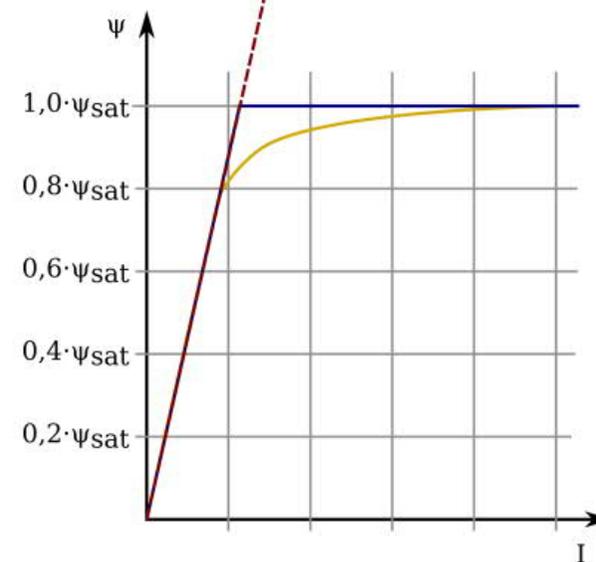
Erdschluss in Vorwärtsrichtung



- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Sättigungserkennung



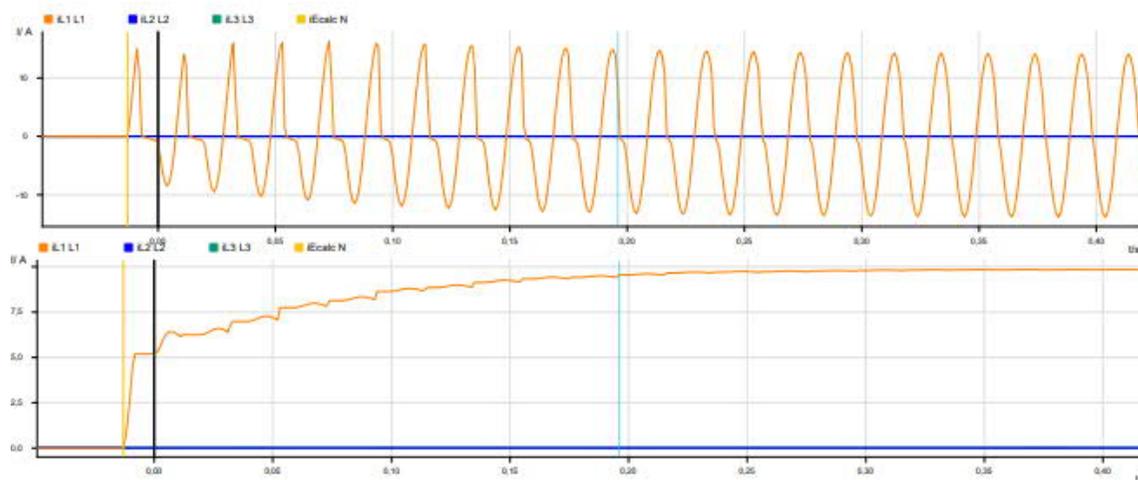
Quelle IEC 61869-2 Figure 2B.7



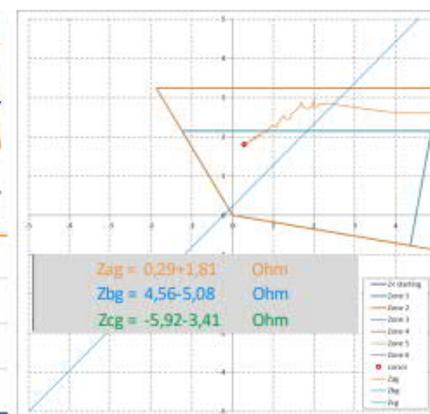
Beispiel Magnetisierungskennlinie

■ Beispiele für KI im technischen Umfeld

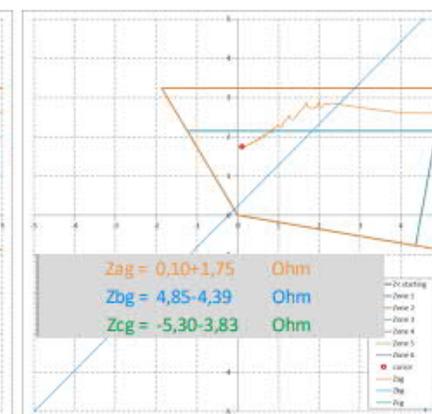
- Sättigungserkennung



$t = 196 \text{ ms}$

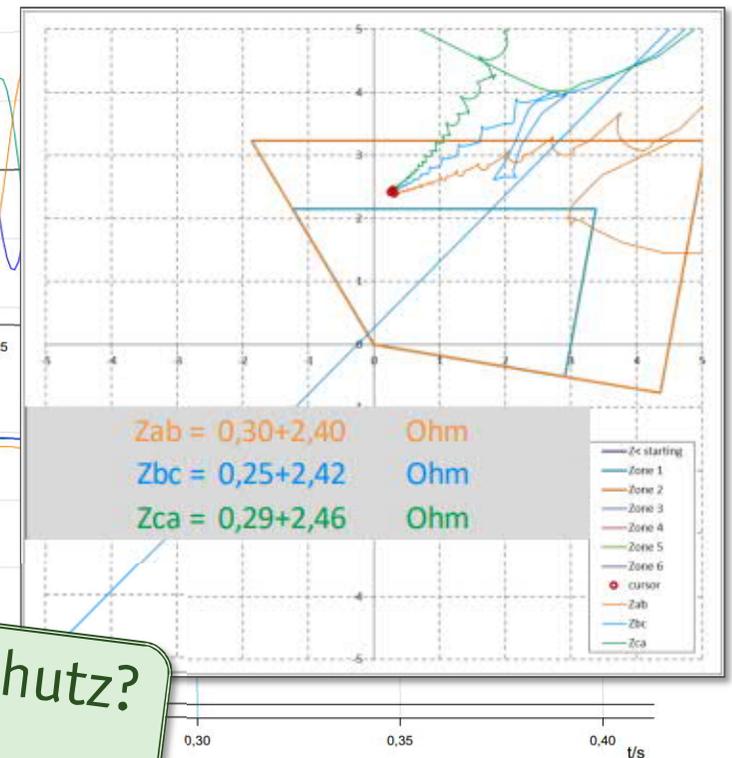
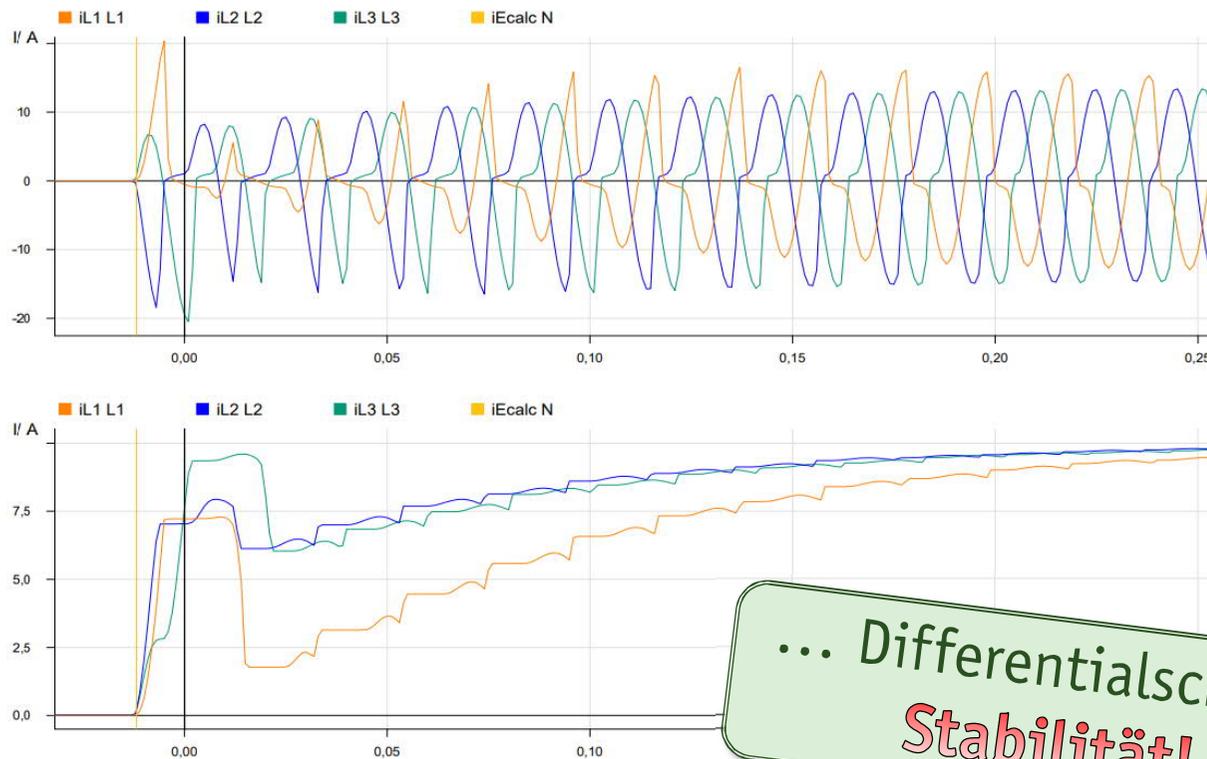


$t = 500 \text{ ms}$



Beispiele für KI im technischen Umfeld

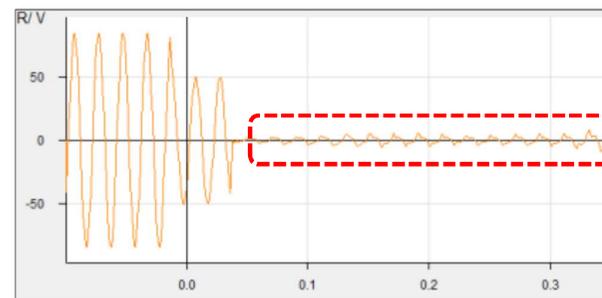
- Sättigungserkennung



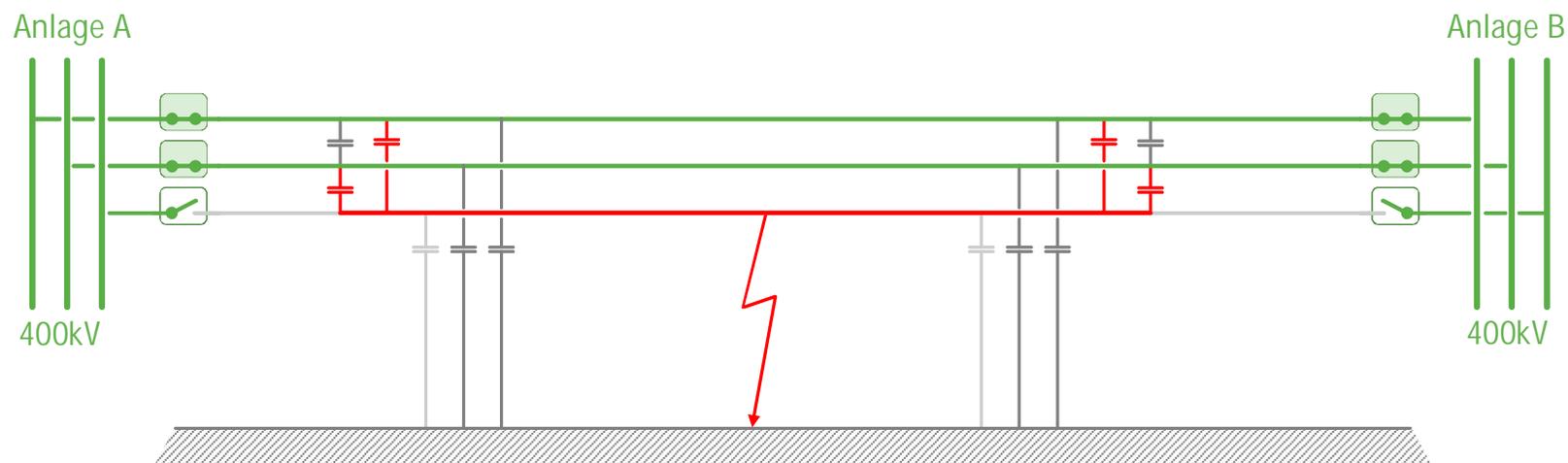
... Differentialschutz?
Stabilität!

■ Beispiele für KI im technischen Umfeld

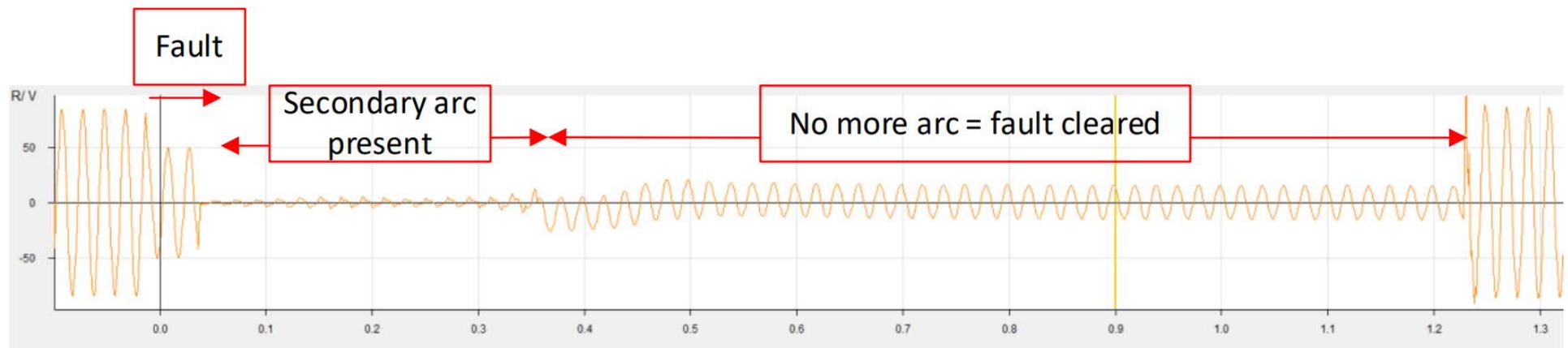
- Secondary arc detection – adaptive AWE



Quelle: Siprotec Application



- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Secondary arc detection – adaptive AWE



- Erkennung „secondary arc“ mit KI und Auswertung der Harmonischen (THD) – Gewichtung
- Entscheidung ob 1-polige Wiederzuschaltung erfolgt oder ob 3-polige Wiederzuschaltung gestartet wird
- Verkürzung der Pausenzeit nach Lichtbogenlöschung möglich

- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Anomalie Erkennung bei Schalthandlungen

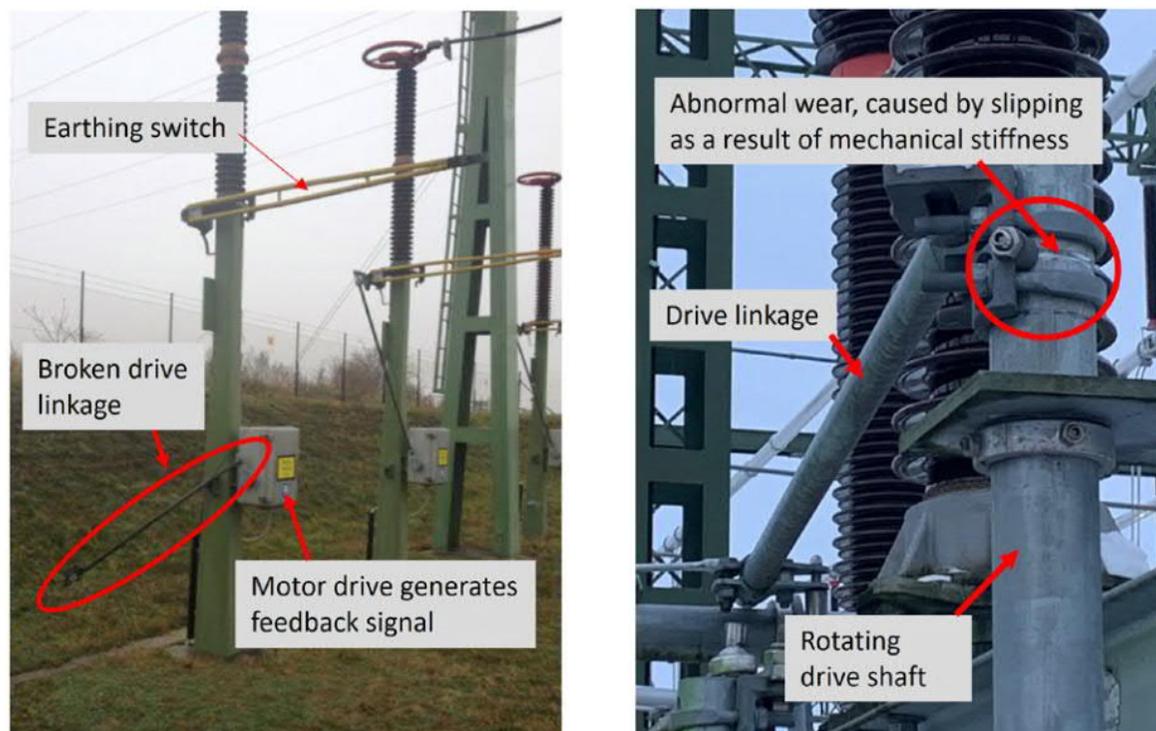
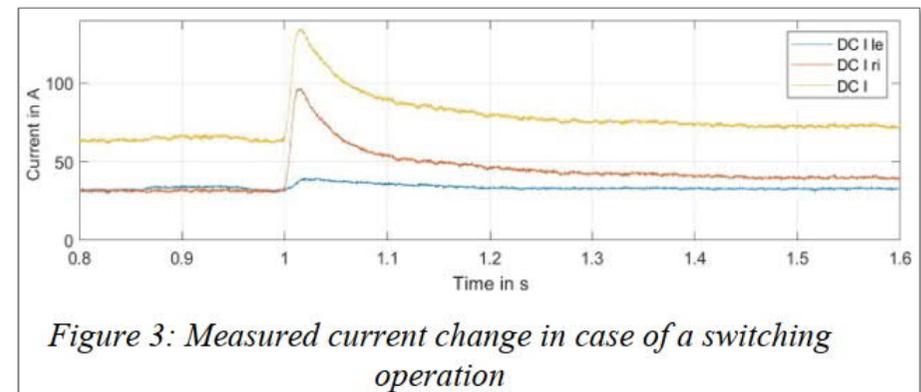
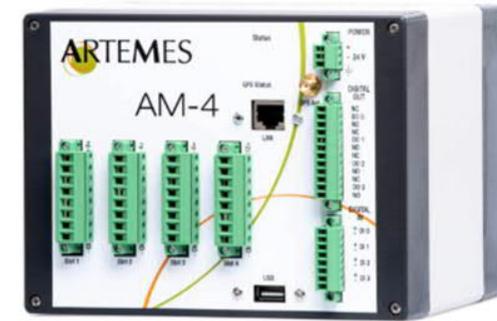
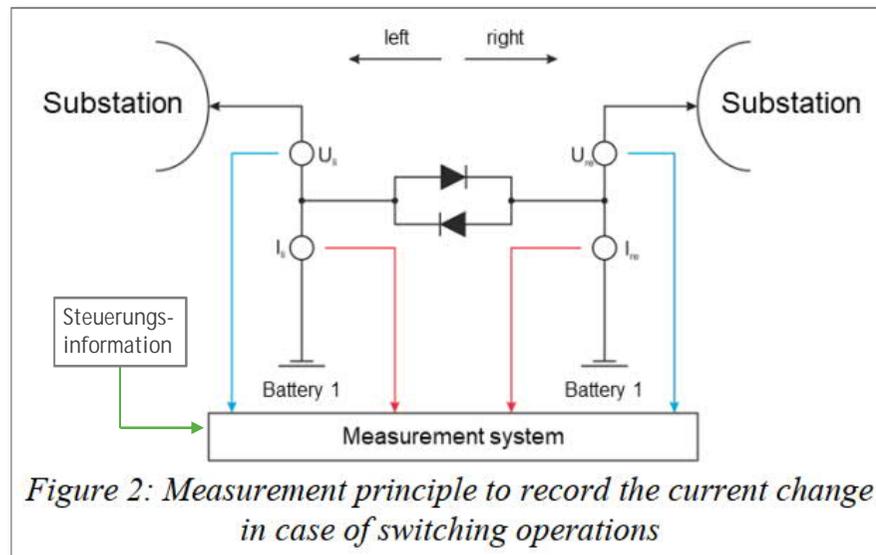


Figure 1: Examples of faulty earthing switch and circuit breakers

- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Anomalie Erkennung bei Schalthandlungen



- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Anomalie Erkennung bei Schalthandlungen

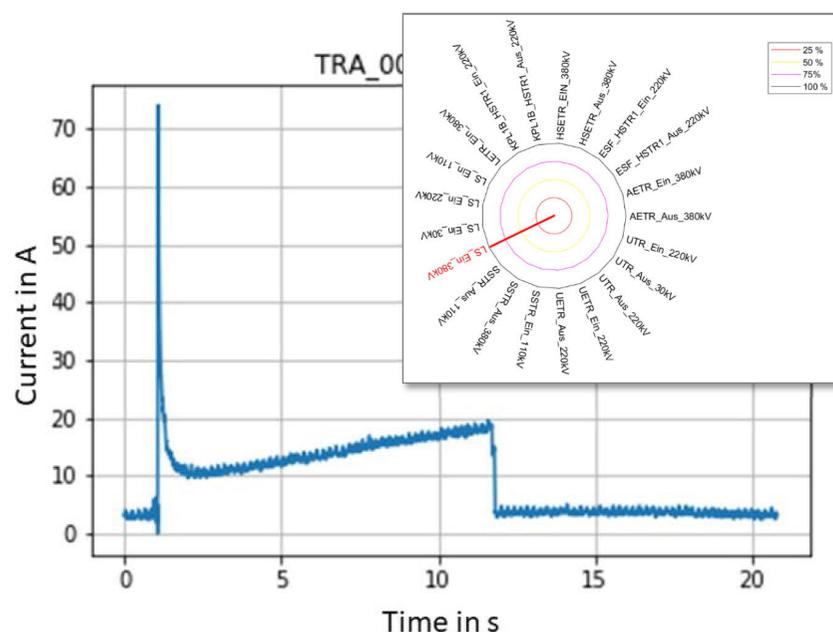


Figure 5: Measured current shape of a circuit breaker

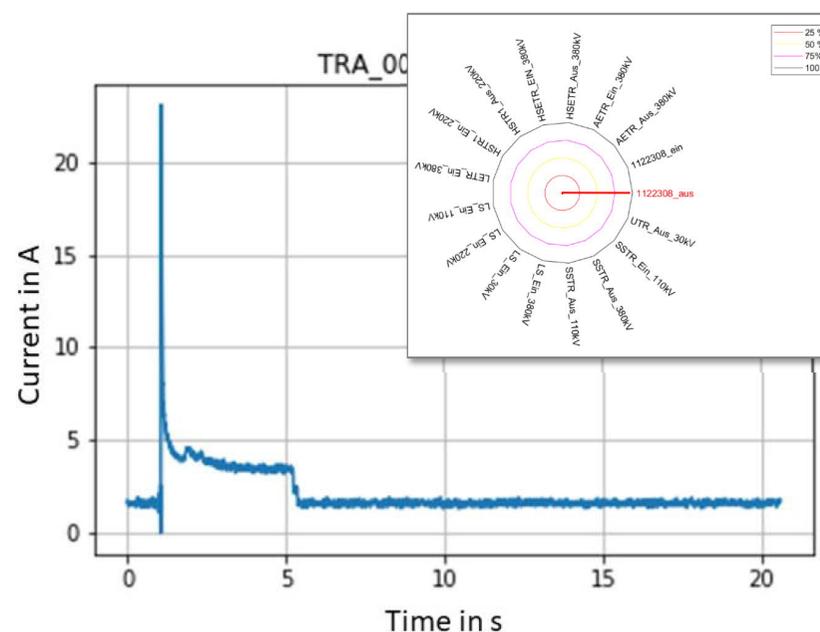


Figure 7: Measured current shape in case of a normal operation in station 2 of switch 1122306

- Beispiele für KI im technischen Umfeld
 - Anomalie Erkennung bei Schalthandlungen

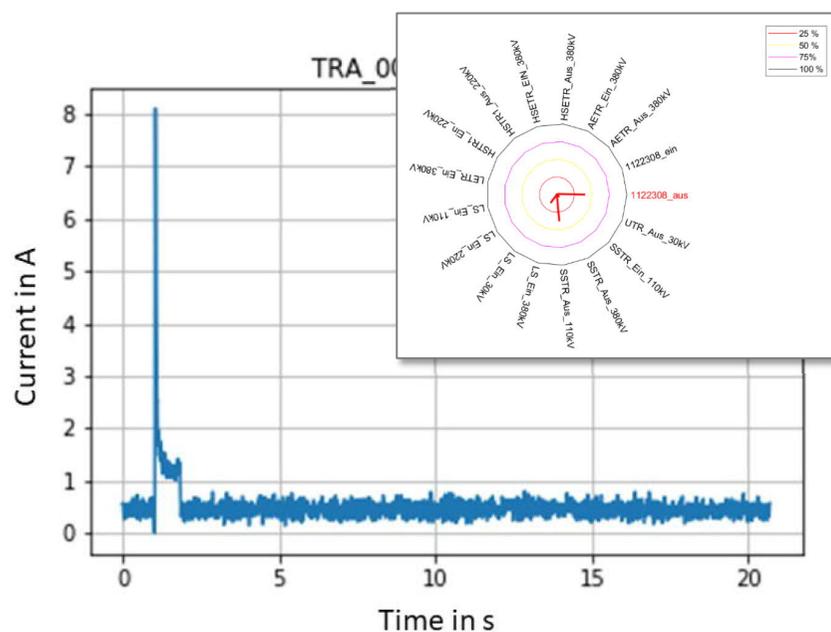


Figure 9: Measured current shape in case of a faulty operation

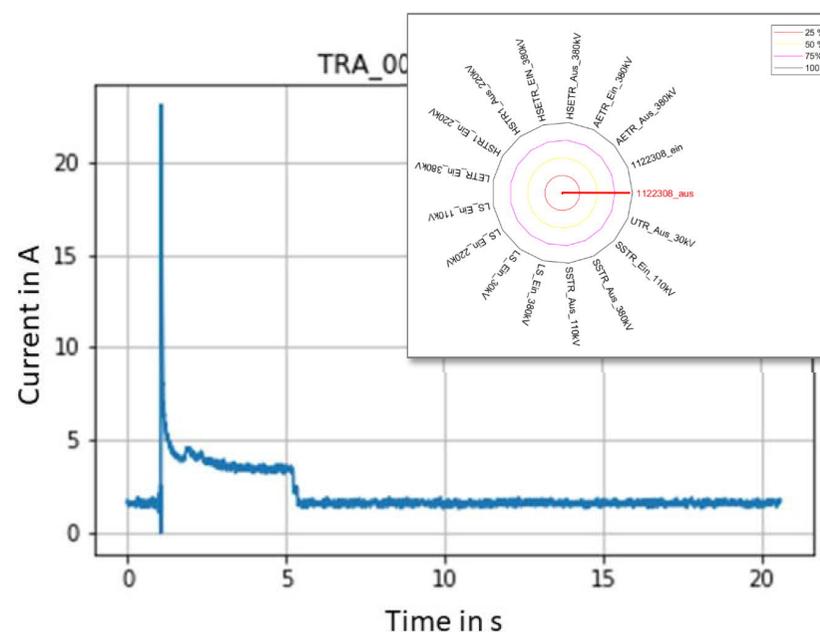
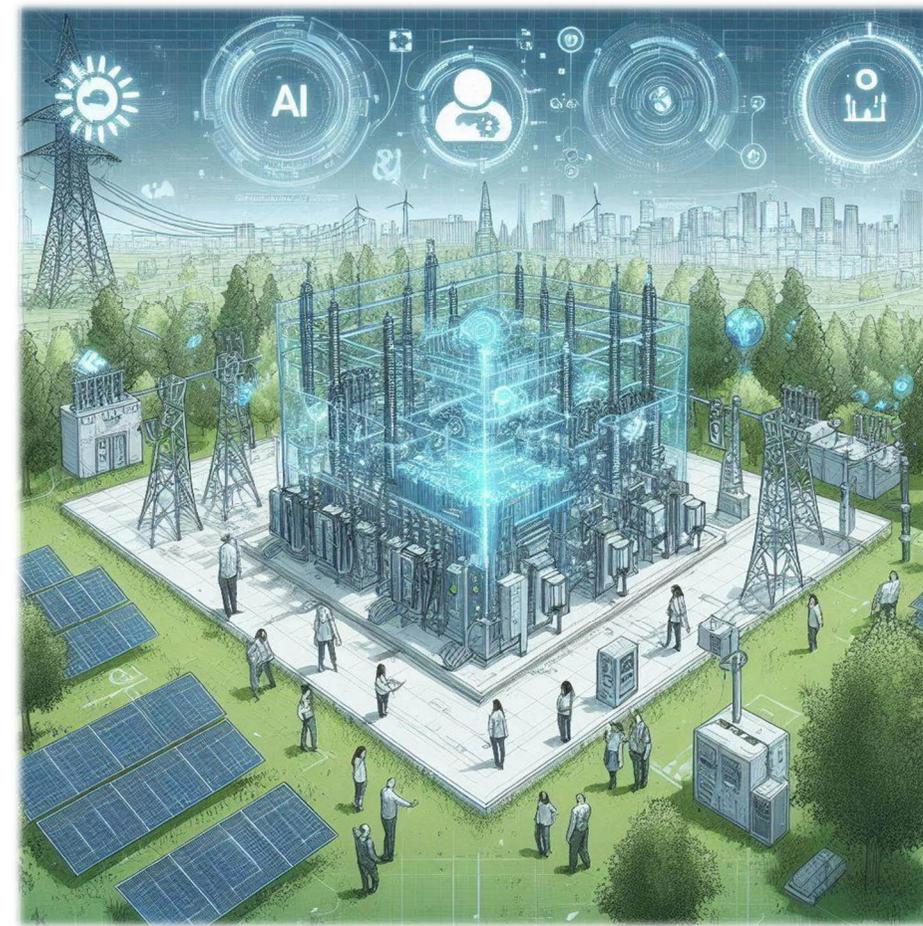


Figure 7: Measured current shape in case of a normal operation in station 2 of switch 1122306

■ Resümee

- **KI:** Im Umfeld der ÜNB/VNB in allen Ebenen angekommen
- **KI:** machine learned / deep learning Mustererkennung und Klassifizierung
- **KI:** In technische Anwendungen meist parallel zu konventionellen Methoden in Betrieb und wirkt gewichtet



**ENERGIE
NETZE**
STEIERMARK

Ein Unternehmen der
ENERGIE STEIERMARK

Netzschutz und Überwachung von Schaltgeräten durch KI

Klassifikation - **Public**