

Simulation des Echtzeitverhaltens eines Distanzschutzes in Netzen mit dezentralen Erzeugungsanlagen

Workshop 3: Dezentrale Erzeuger – Umsetzung von Schutz- und Leitkonzepten

Prof. Dr.-Ing. Michael Igel
Institut für Elektrische Energiesysteme
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Saarbrücken



Dipl.-Ing. Christian Hardt
SMA Solar Technology AG, Niestetal



23. Februar 2016



Aktueller Stand im Zertifizierungsprozess

Normen und technische Richtlinien für Erzeugungsanlagen (EZA)

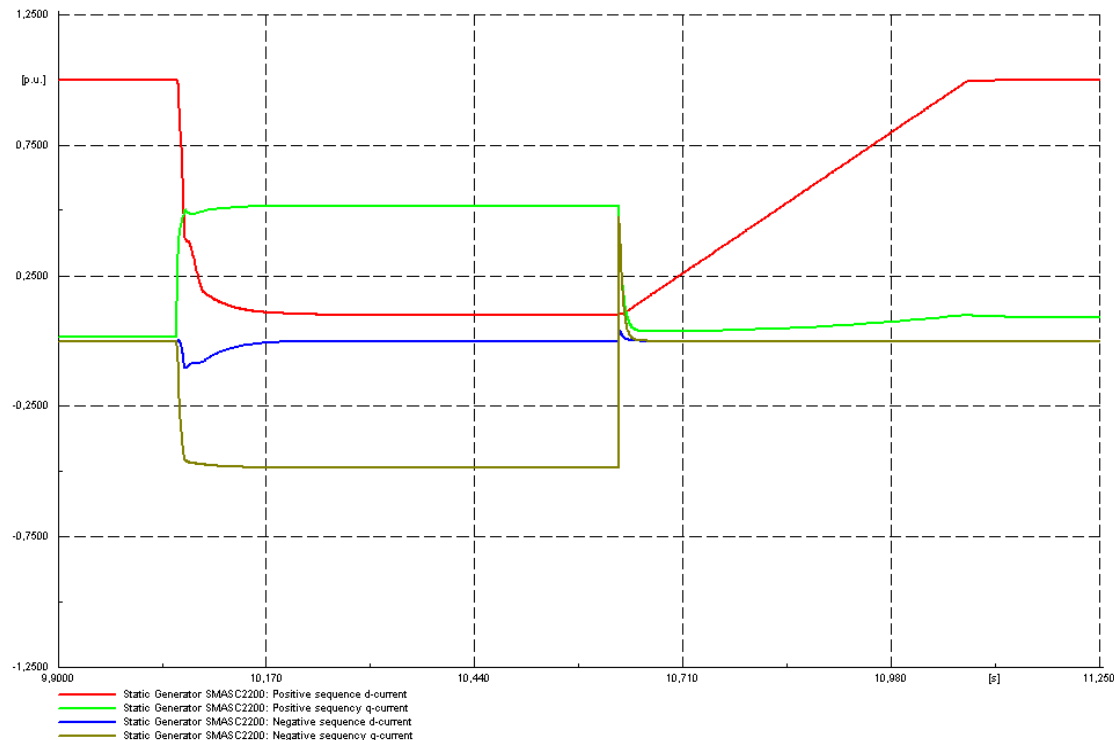
- Technische Richtlinie für Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz (MSR2008)
- Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen der FGW

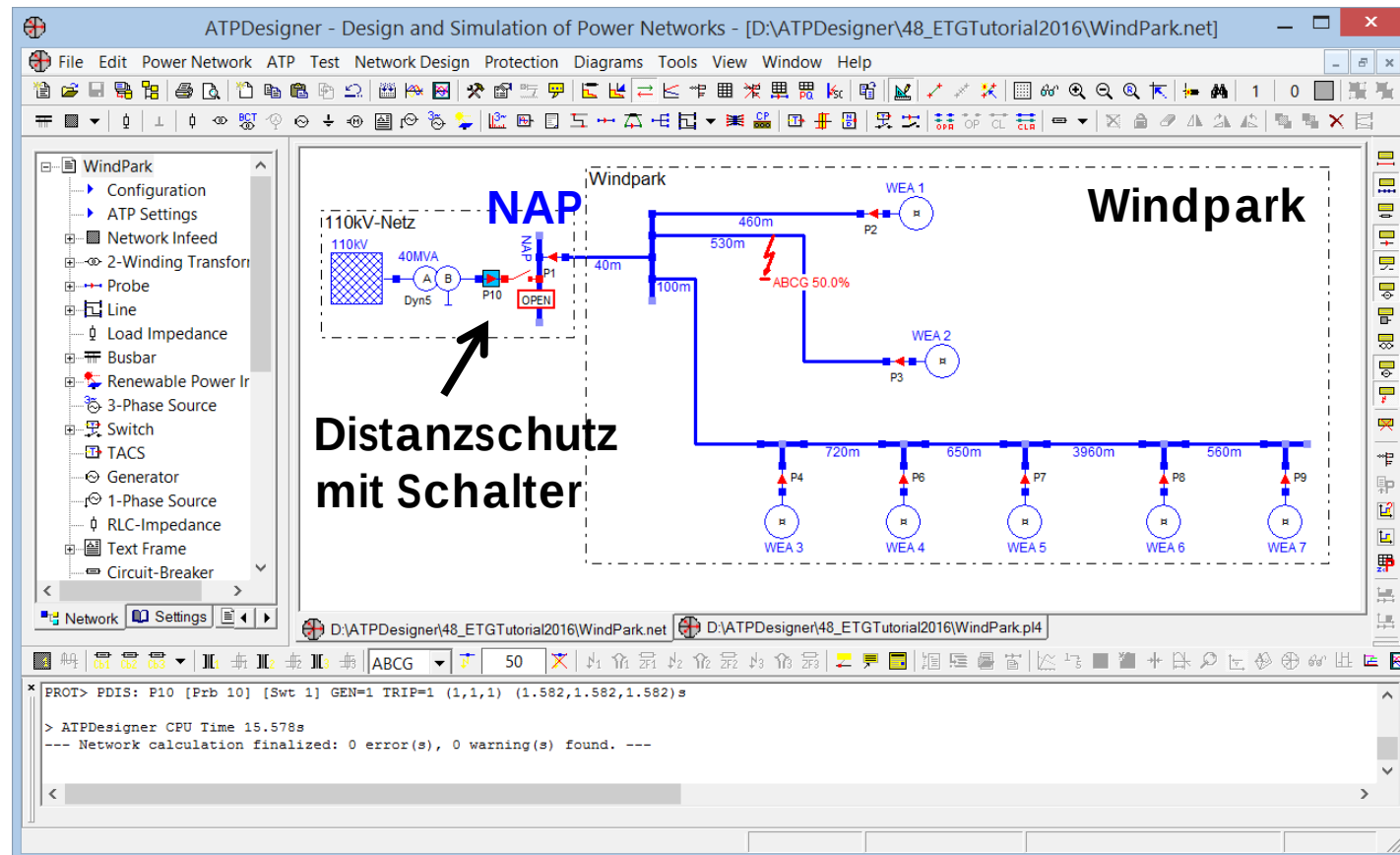
„Der Nachweis gründet sich im Wesentlichen auf Berechnungen, zum Teil unter Zuhilfenahme der im Einheitenzertifikat validierten Einheitenmodelle.“ (Quelle: FGW Teil 8, Rev. 6, Seite 28, Kap. 4.3)

 Frage: Kann der Einfluss einer dezentralen Erzeugungsanlage auf den Netzschutz mit den Einheitenmodellen untersucht werden ?

Aktueller Stand im Zertifizierungsprozess

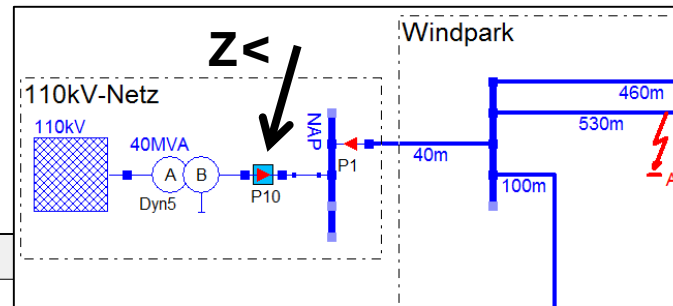
- EZE-Modelle werden auf Basis der elektrischen Vermessung für Netzberechnungsprogramme z.B. PowerFactory oder Matlab erstellt.
- Diese Modelle ermöglichen keine Berechnung dynamischer Netzvorgänge im Sinne von Augenblickswerten.



$$X_k = \frac{\int_{t_1}^{t_6} u \, dt \cdot \int_{t_6}^{t_{11}} i \, dt - \int_{t_6}^{t_{11}} u \, dt \cdot \int_{t_1}^{t_6} i \, dt}{(i_6 - i_1) \cdot \int_{t_6}^{t_{11}} i \, dt - (i_{11} - i_6) \cdot \int_{t_1}^{t_6} i \, dt}$$


Distanzschutz mit Windpark beim 3p-Kurzschluss

- Dezentrale Erzeugungsanlagen des Windparks: **AUS**
- Zeitlicher Verlauf der KS-Reaktanz $X_k(t)$ mit Kurzschlusseintritt $t_k = 1,5s$
- **Generalanregung**
- **AUS-Kommando**
- **KS-Reaktanz $X_k(t)$**



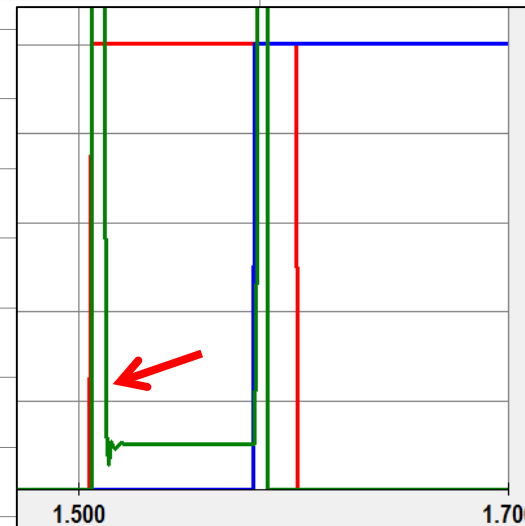
x:t MODELS - DA0010 MODELS - DTP010 MODELS - XAB010

20.0000
18.0000
16.0000

x:t TACS - API010 TACS - BPI010 TACS - CPI010

Leiterströme $i_{L123}(t)$ am
Messort des Distanzschutz

3p-Kurzschluss



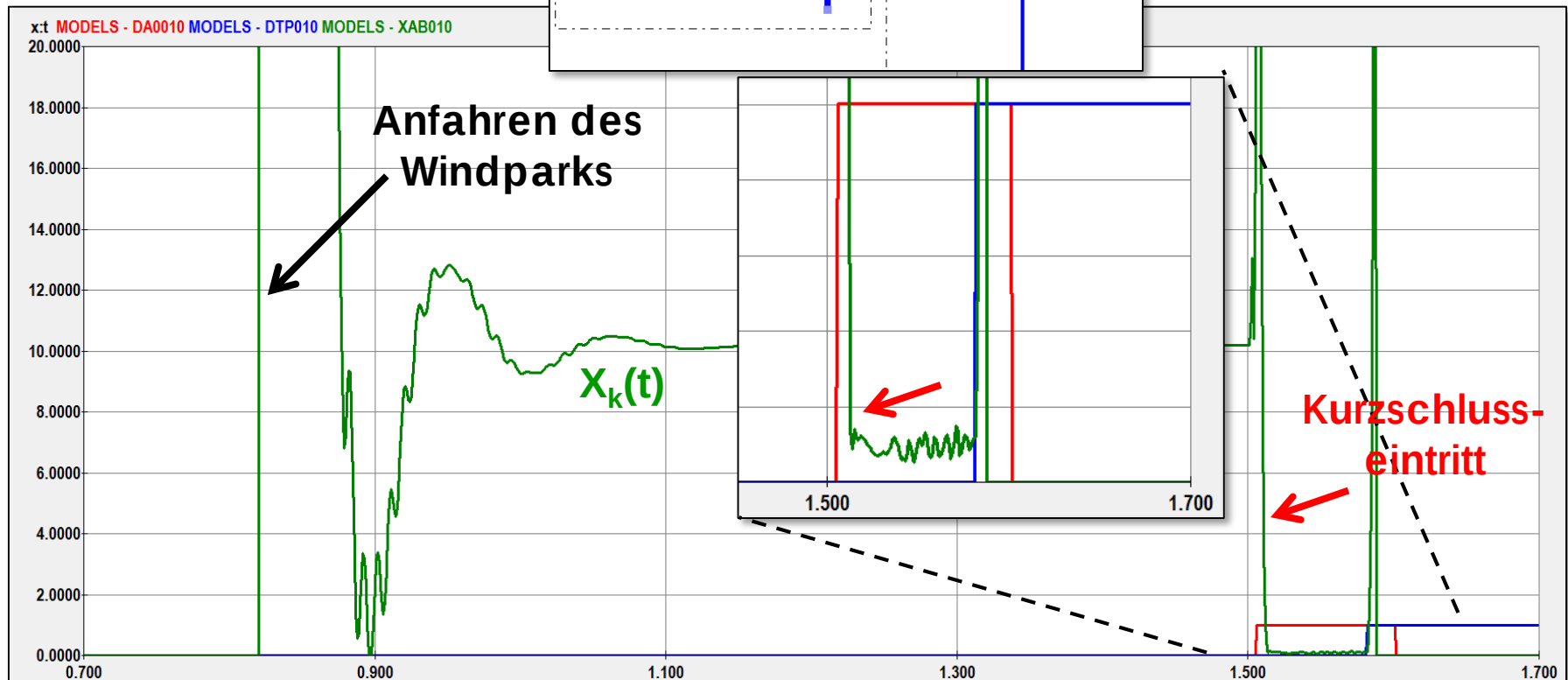
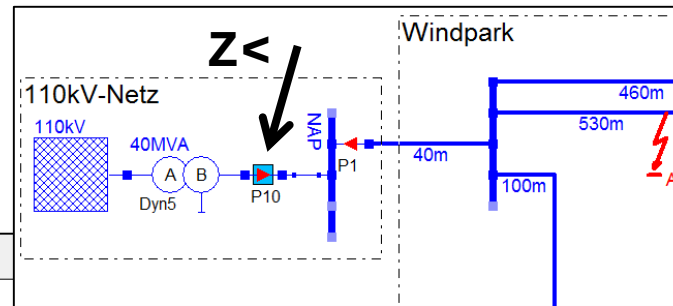
$X_k(t)$

**Kurzschluss-
eintritt**

2.0000
0.0000
0.700 0.900 1.100 1.300 1.500 1.700

Distanzschutz mit Windpark beim 3p-Kurzschluss

- Dezentrale Erzeugungsanlagen des Windparks: **EIN**
- Zeitlicher Verlauf der KS-Reaktanz $X_k(t)$ mit Kurzschlusseintritt $t_k = 1,5s$
- **Generalanregung**
- **AUS-Kommando**
- **KS-Reaktanz $X_k(t)$**



Simulation des Echtzeitverhaltens von DEA

Frage: Ist es möglich, das Echtzeitverhalten von DEA im Sinne von Augenblickswerten $i(t)$ zu berechnen ?

▪ Simulationswerkzeuge

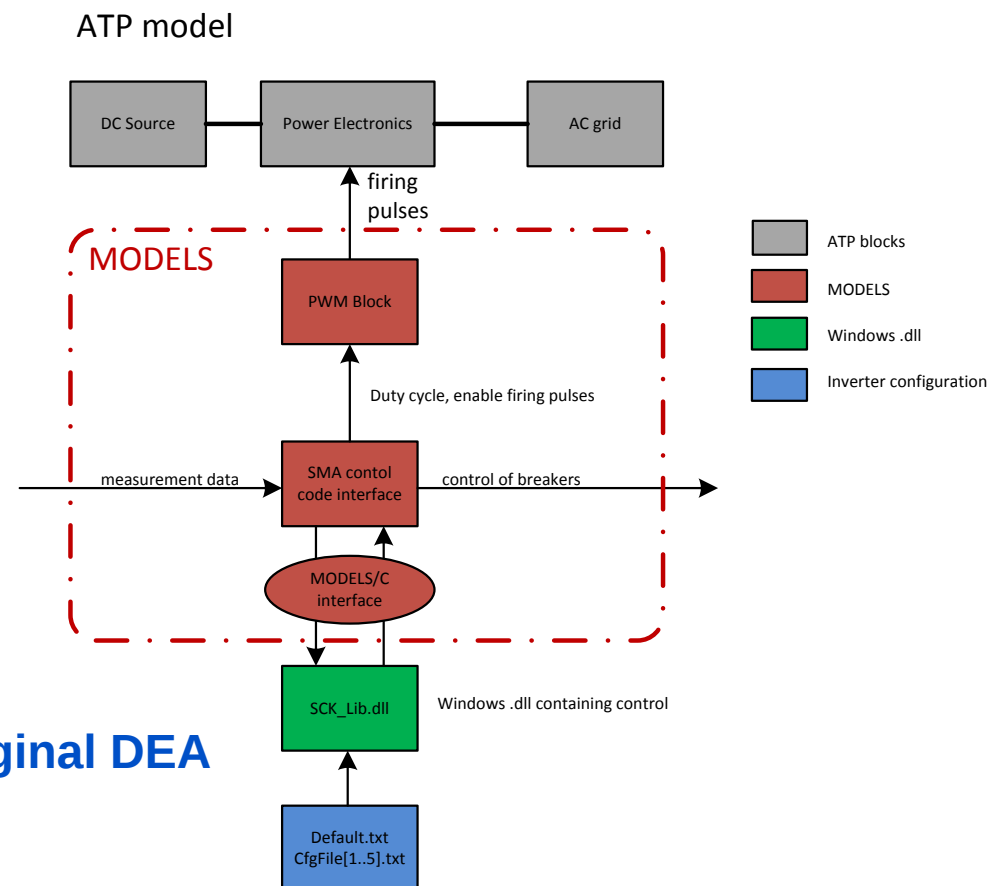
- ATP (Alternative Transients Program, www.emtp.org)
Software zur Berechnung der Momentanwerte (EMT-Berechnung)
- ATPDesigner als grafische Benutzeroberfläche zum ATP
- MODELS
 - Skriptsprache des ATP für anwenderspezifische Simulationsmodelle
 - Interface um externe („Foreign“) Software zum ATP zu linken

▪ Regelungstechnisch relevanter Teil der Firmware des Zentralwechselrichters SMA SC 2200

- Regelung mit Matlab/Simulink als DLL (Dynamic Link Library) erstellt
- DLL wird mit dem ATP gelinkt → Ausführung mit dem ATP möglich

MODELS-Interface zwischen ATP und DEA-Regelung

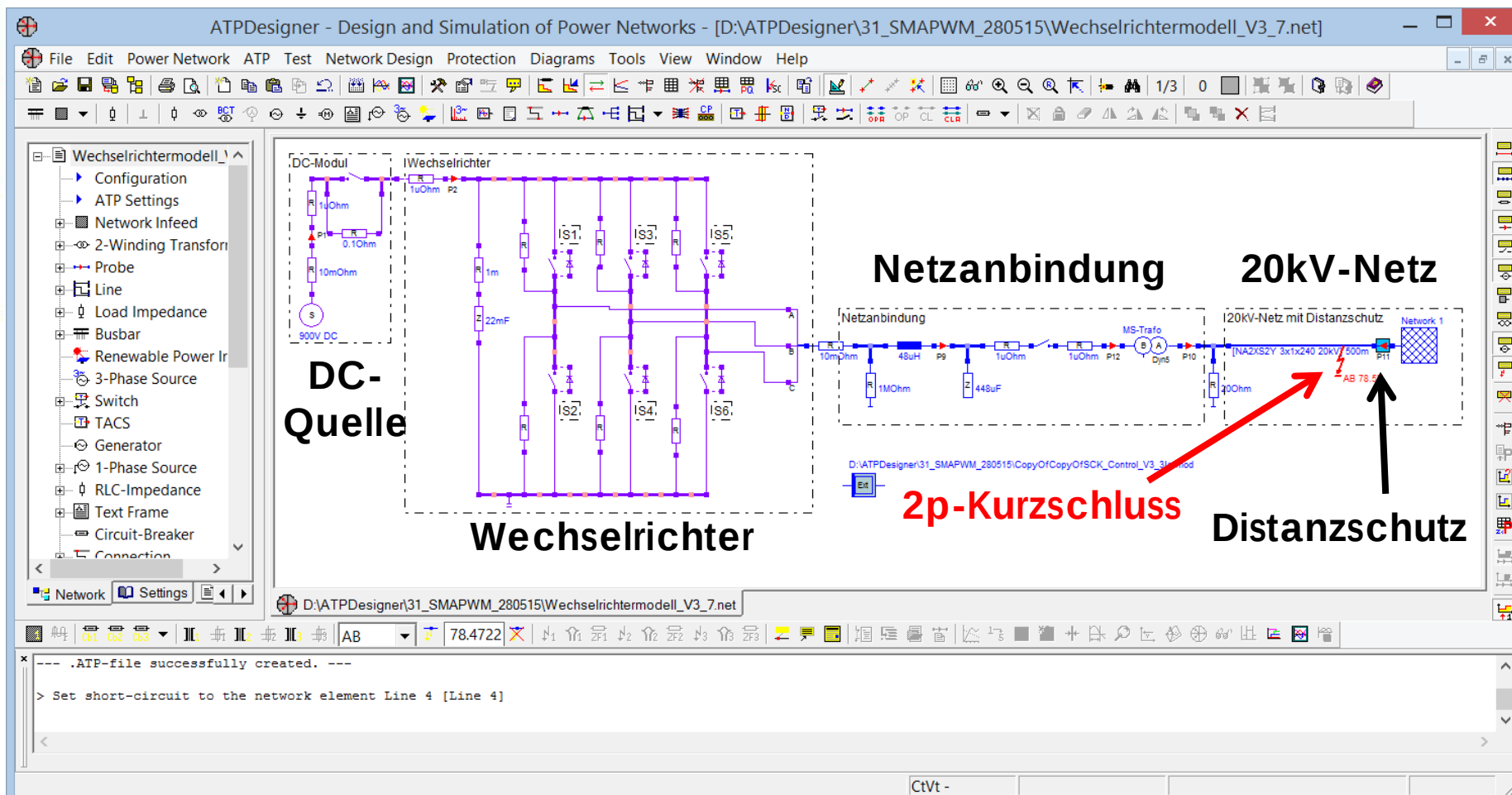
- Nachbildung der Wechselrichter Hardware und Umgebung mit ATP Blöcken (IGBTs, Drosseln, Netz, DC Quelle etc.)
- MODELS als Schnittstelle zwischen ATP Hardware Modell und DLL
- Simulierte $u(t)$ und $i(t)$ Werte werden über die MODELS Schnittstelle an die DLL geleitet
- Regelung berechnet PWM Stellgrade, Signale für Leistungsschalter, etc.
- Parametrierung sämtlicher WR Funktionen über Konfigurationsdateien



→ Sehr detailliertes Modell mit original DEA Regelung

Zentralwechselrichter am 20kV-Netz

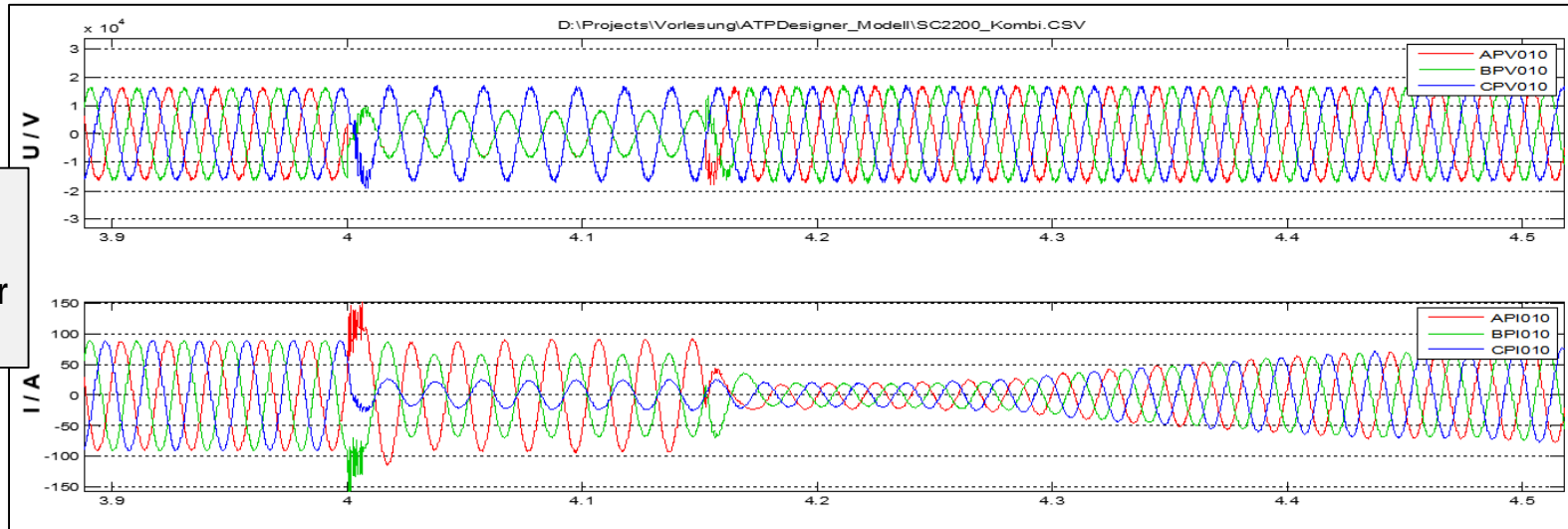
- Berechnung des Echtzeitverhaltens beim 2p-Kurzschluss im 20kV-Netz
- Berechnung der Leiterströme als Augenblickswerte $i_{L123}(t)$



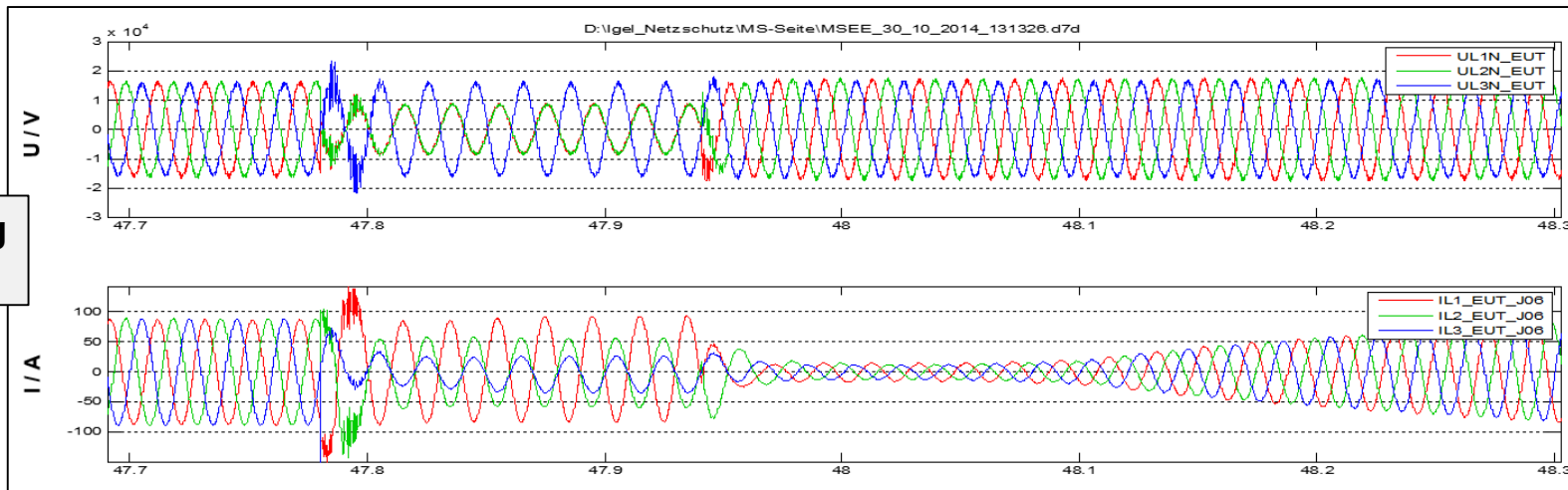
Vergleich Simulation und Messung beim 2p-Kurzschluss

- Ströme $i_{L123}(t)$ und Spannungen $u_{L123}(t)$ am Messort des Distanzschutz

Simulation
mit
ATPDesigner
und ATP



Messung
im Netz



Zusammenfassung

- Einbindung der original DEA Regelung als DLL ermöglicht das Maximum an Realitätsgrad bezüglich Geräteverhalten, welches mit Simulation erreichbar ist
- Einbindung als DLL schützt geistiges Eigentum der Gerätehersteller („Blackboxing“)
- Einfluss von DEA auf Netzschutzkonzepte kann sehr detailliert untersucht werden