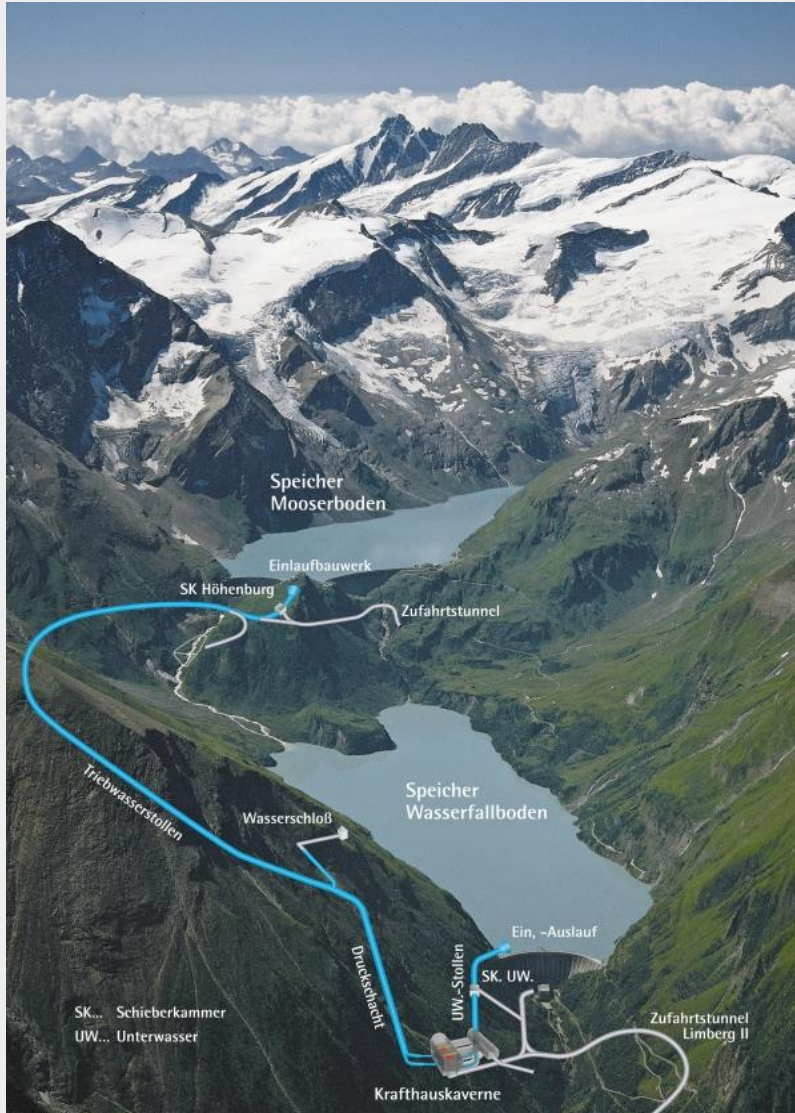


ANFAHREN MASCHINENSÄTZE PSW LIMBERG II MIT HILFE DER VOLL- UMRICHTER KAPRUN-OBERSTUFE

Dr. Martin Janßen, GE Vernova's Power Conversion Business
Rudolf Palzenberger, Verbund Hydro Power

12.09.2023

Kraftwerk Limberg II



Anzahl Maschinensätze:	2
Turbinentyp:	vertikale Pumpturbine
Mittlerer Rohfallhöhe:	365 m
Max. Turbinenleistung:	2 x 240 MW
Max. Pumpleistung:	2 x 240 MW
Max. Durchfluss je MS:	72 m ³ /s
Drehstromsychrongenerator:	270 MVA, 15 kV
Bemessungsdrehzahl:	428,6 U/min
Inbetriebnahme:	2011

VERBUND HYDRO POWER – DIE AUSGANGSLAGE

SCHADEN AN DER STARTVORRICHTUNG LIMGERG II

V



Chronologie

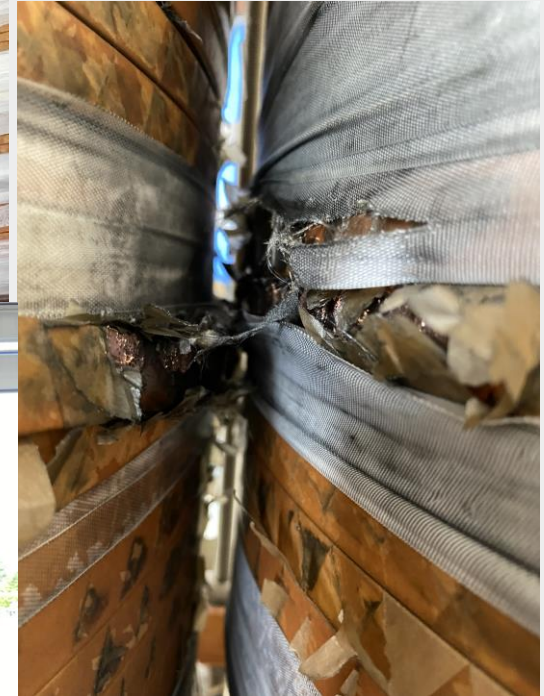
24.5.2022: 2 poligen Kurzschluss, der 6 ms später in einen 3 poligen Kurzschluss überging
Trafo-Differentialschutz als auch der Buchholz-Schutz haben ordnungsgemäß funktioniert
Öl-Austritt aus Trafo; in Ölproben wurden Verbrennungsrückstände gefunden.
DGA (Gas in Öl-Analyse): energiereiche Entladungen (Wasserstoff und Ethin)

Gesetzte Maßnahmen:

- Beginn Demontage Transformator
- Kontaktaufnahme mit Hersteller und anderen Traforeparaturwerkstätten
- Aktivierung des Back-to-Back Anlaufes
- Transport des Trafos ins Herstellerwerk (Mailand)

21.6.2022: Ergebnis der visuelle Befundung: der gesamte Aktivteil muss neu gefertigt werden.

Schadensfotos:



Reparaturstrategie:

Zeit ist Geld:

Statistische Ausfallskosten (6 Monate) Faktor ca. 50 x höher als Reparaturkosten

Sofortbeauftragung des Lieferanten mit der kürzesten Lieferzeit (Originalhersteller) ca. 6 Monate (d.h. 01/2023)

Beschleunigungszahlungen: > negativ

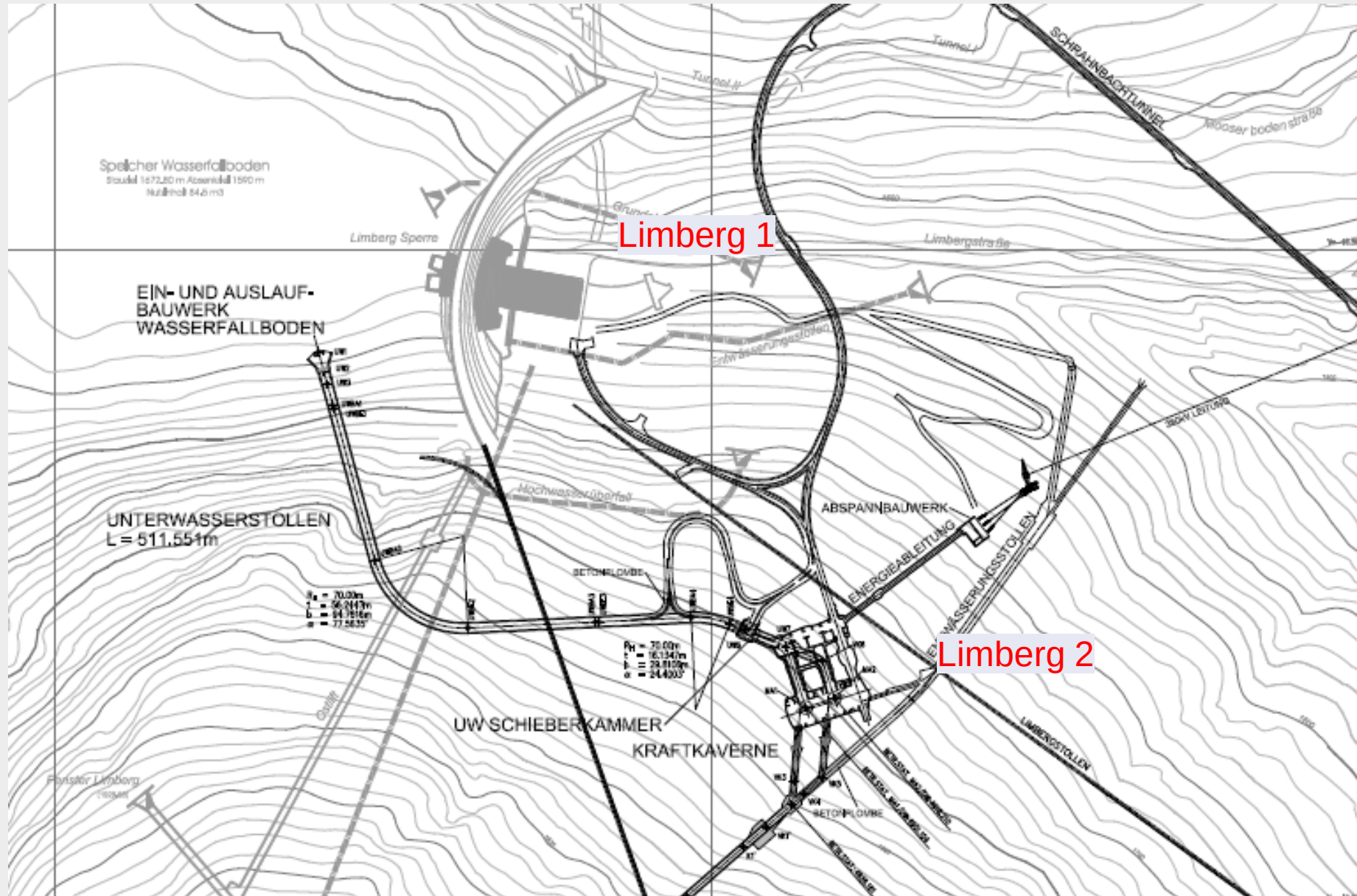
Suche nach Ersatztransformatoren; EU, USA, Asien > negativ

Projektidee: Umrichter Limberg 1 könnte geeignet sein

1. Rückmeldung: frühestens 6 Monate ab Bestellung d.h. etwa zugleich mit Trafolieferung; somit nicht relevant

09/2022: Trafo verzögert sich weiter, zumindest um 3 Monate, d.h. März 2023
Neuerlicher Anlauf und Anfrage hinsichtlich Machbarkeit
Risikoübernahme durch Verbund

Lageplan: Limberg 1/Limberg 2



Erforderliche Maßnahmen:

Einbau von 2 Trennschaltern in den Umrichter Oberstufe

Kabelweg Limberg 1 nach Limberg 2

- Ca. 500 m Tragsysteme
- Ca. 3 km Hochspannungskabel
- Ca. 1 km Steuerkabel, LWL

HochspannungsfILTER

Datenkoppelschränke, LT-Hardware,...

Leittechnik: Neue Sequenzen (sowohl Limberg 1 als auch Limberg 2);

Adaptierung Schutzeinstellungen (sowohl Limberg 1 als auch Limberg 2);

Anpassungen Erregung (nur Limberg 2);

Bauliche Maßnahmen (Kernbohrungen, Brandschotte,....)

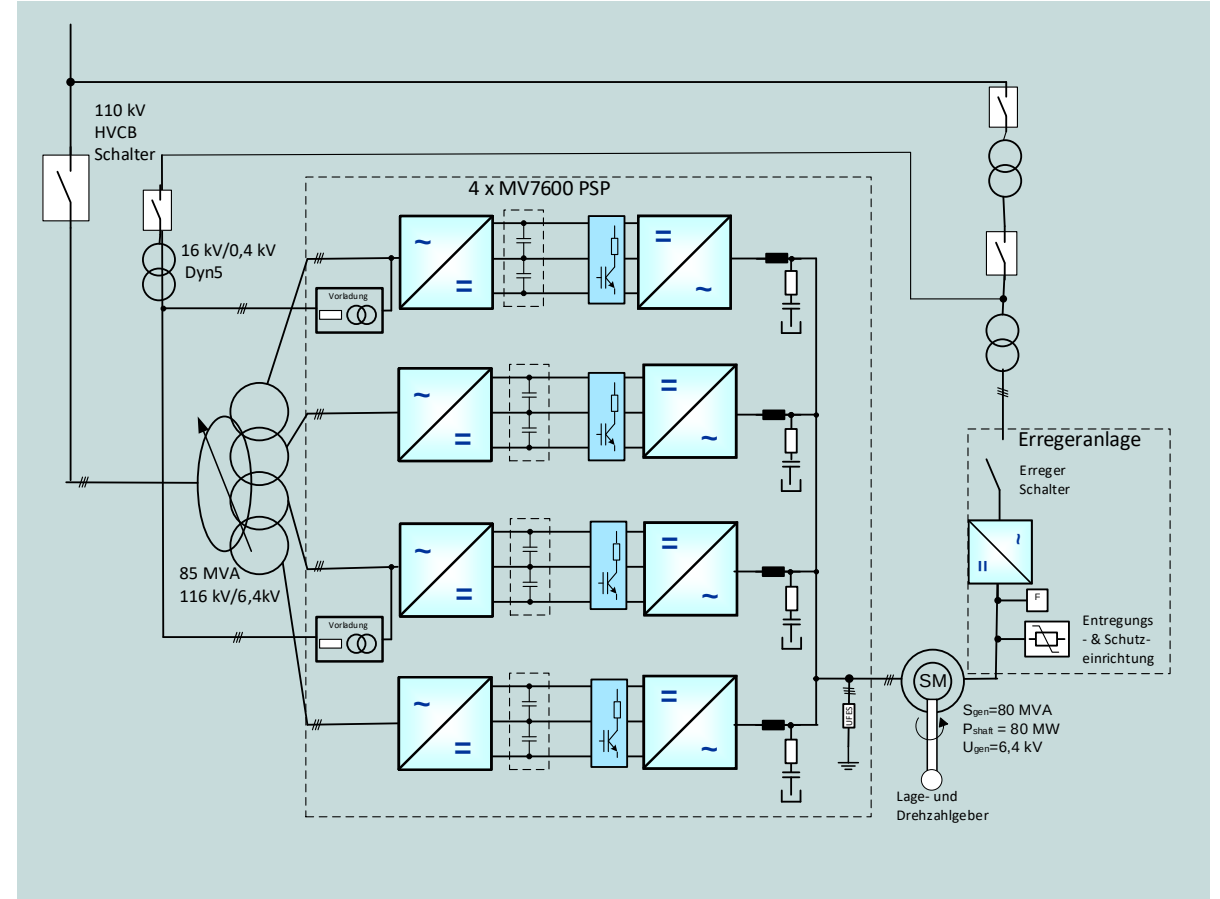
.....

VOLLUMRICHTER KAPRUN OBERSTUFE (TKO)

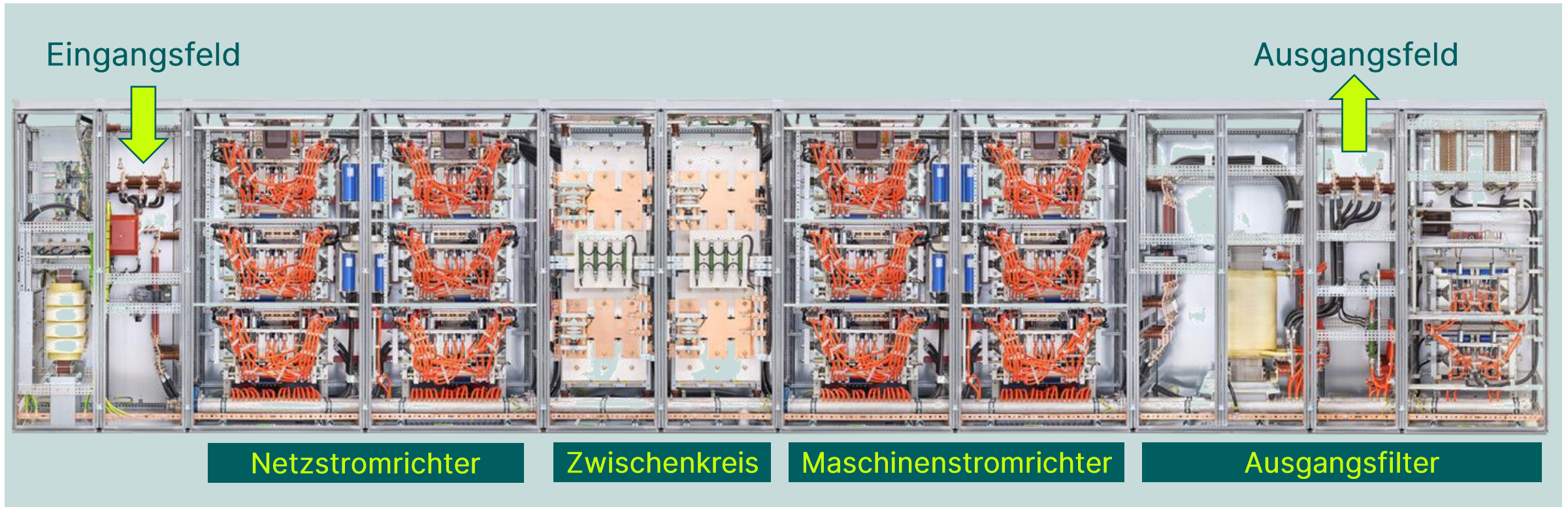
Übersicht der Anlage



Vollgespeiste Synchronmaschinen 2*80MVA
GE-Umrichter MV7600, pro Anlage 4*20MVA



MV7600 Umrichter



MV7600 Umrichter – 6,6kV, 20MW; Spannungszwischenkreis-Umrichter

UMRICHTER TKO ALS ANFAHRUMRICHTER

Prinzipielle Eignung des Umrichters

Voraussetzungen

- MV7600: Flexible Spannungsquelle für Frequenzen von 0 Hz bis >>50 Hz
- Erforderliche Leistung: bisheriger Anfahrumsrichter ca. 15 MW bei 4,5 kV
TKO Umrichter kann 80 MVA bei 6,6 kV bereitstellen
- Gesteuerter Anfahrbetrieb von Synchronmaschinen wird z. B. bei Inbetriebnahmen benutzt

⇒ Betrieb als Anfahrumsrichter möglich

Risiken

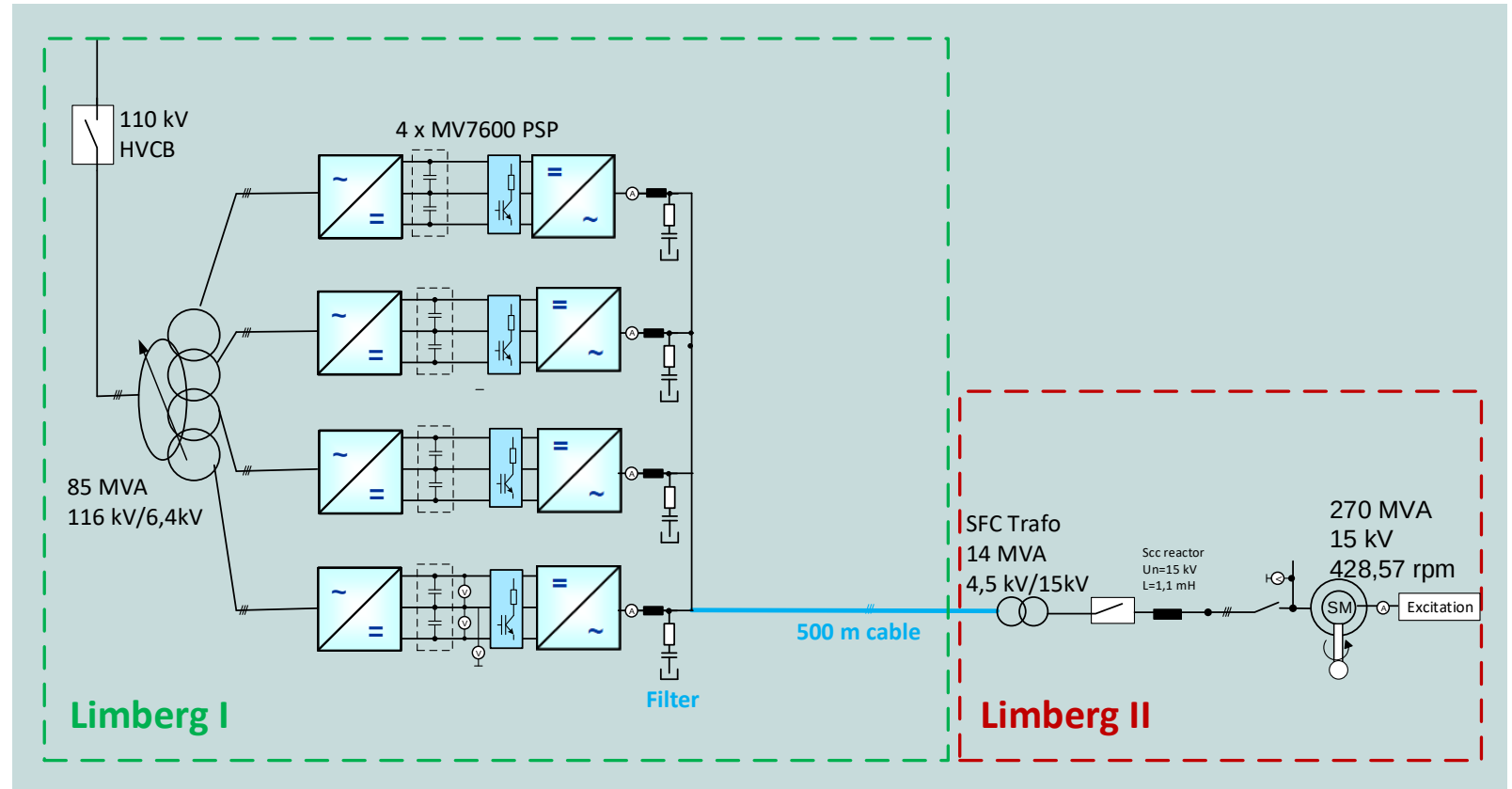
- Hohes dU/dt der Umrichterspannung – Komponenten in Limberg II sind nicht für U-Umrichter ausgelegt
- Kabelschwingungen durch 500 m Mittelspannungskabel – jede IGBT Schaltung regt Schwingung an
- Kein ausreichend genaues Drehzahlsignal verfügbar, mechanische Schwingung möglich
- Materialverfügbarkeit, personelle Ressourcen

⇒ Systemstudie zur Überprüfung der Belastung der Komponenten und des Regelungskonzepts

Systemsimulation

Umrichter <> Kabel <> SFC Trafo <> Generator

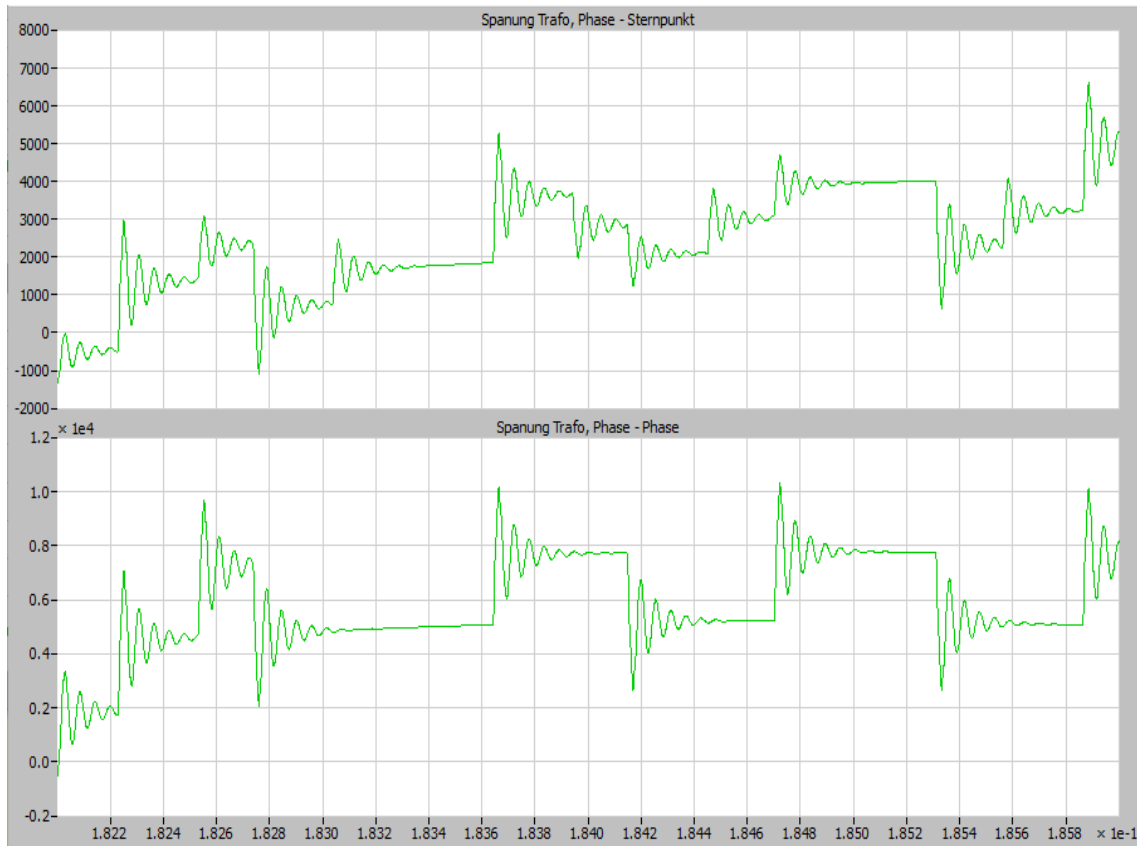
- Untersuchung der Auswirkungen des Kabels
- Dimensionierung eines Filters



Systemsimulation

Spannung am SFC Transformator (4,5 kV Seite)

Standard dU/dt Filter des Umrichters
Starke Schwingung, hohe Spannungsspitzen, erhöhte
Belastung aller Komponenten und des Umrichters



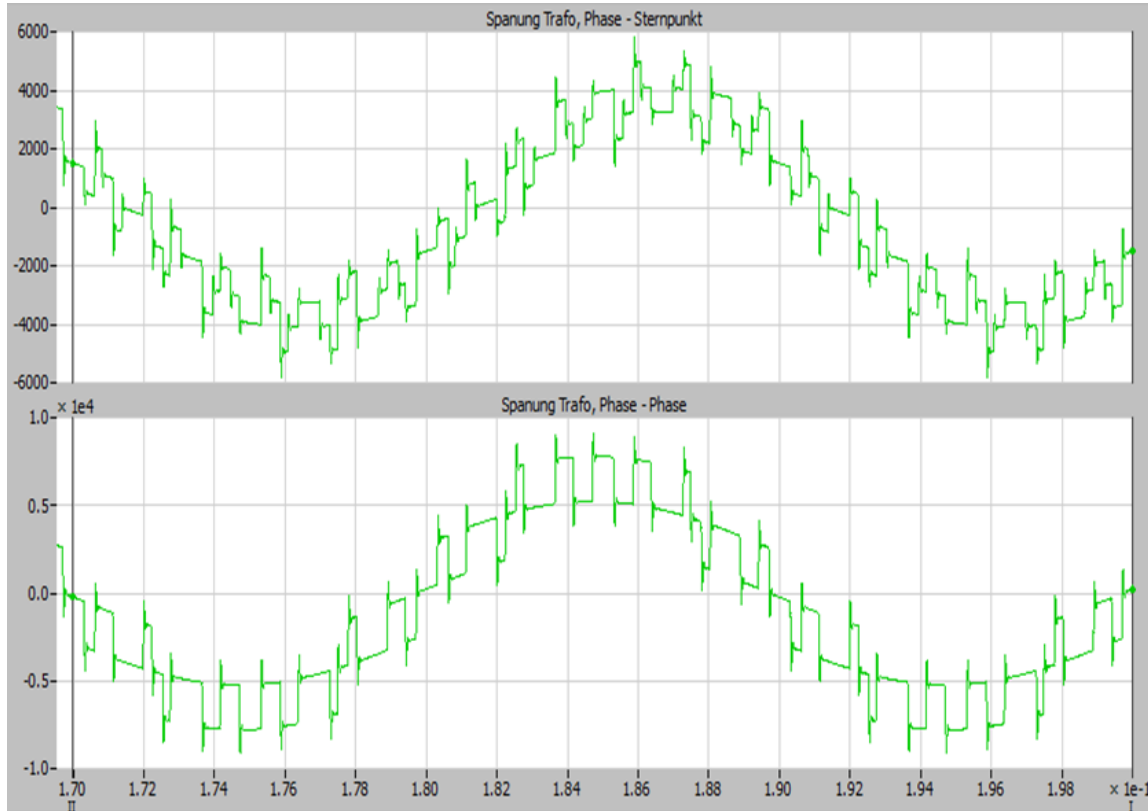
dU/dt Filter mit 4-facher Kapazität
Schwingungen sind ausreichend gedämpft



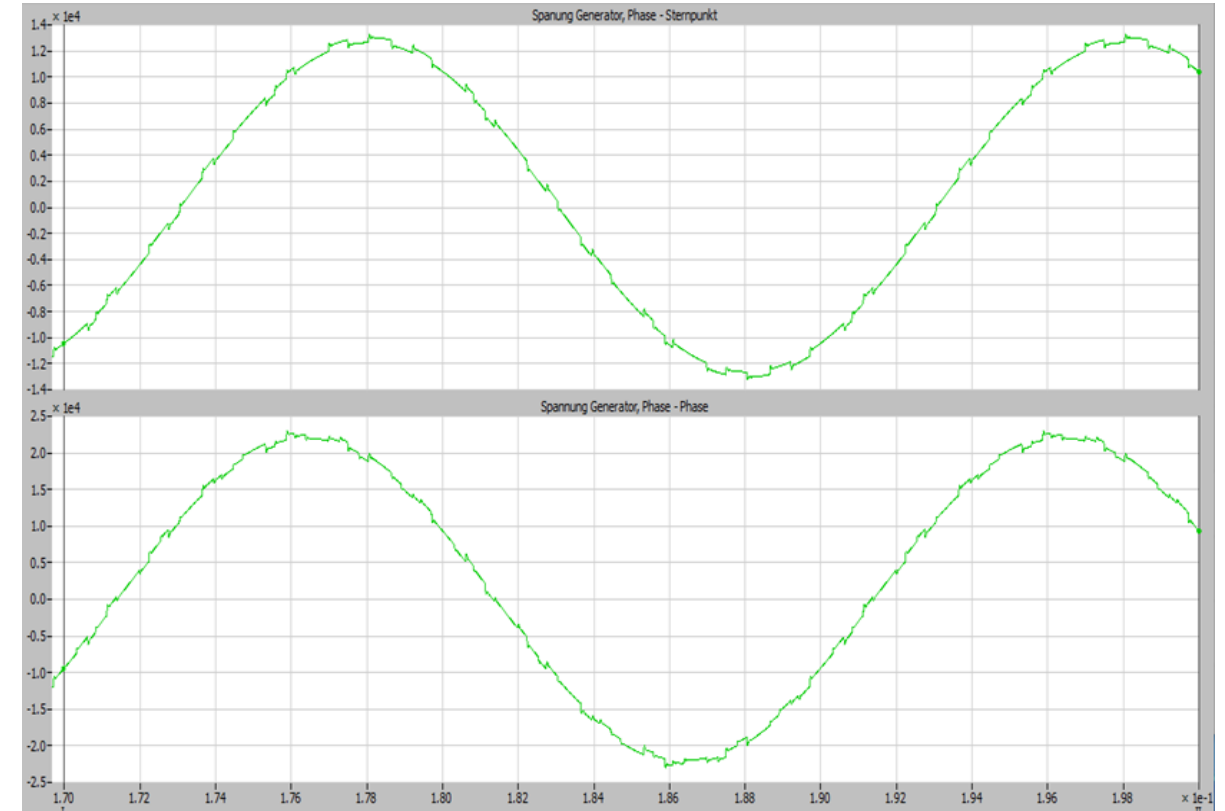
Systemsimulation

Spannung mit verstärktem dU/dt Filter

Spannung am SFC Transformator



Spannung am Generator



Konzept für den Anfahrbetrieb

- Es wird nur ein 20 MVA Teilumrichter benutzt
⇒ Abkopplung des Teilumrichters vom Generator Limberg I und Verbindung mit Limberg II mit zusätzlichen Trennern
- Verstärktes dU/dt Filter
- Aus Platzgründen konnten die Filter der 3 anderen Umrichter nicht mitbenutzt werden
- Für den „Normalbetrieb“ darf das dU/dt Filter nicht verändert werden
⇒ Zusätzliches externes Filter

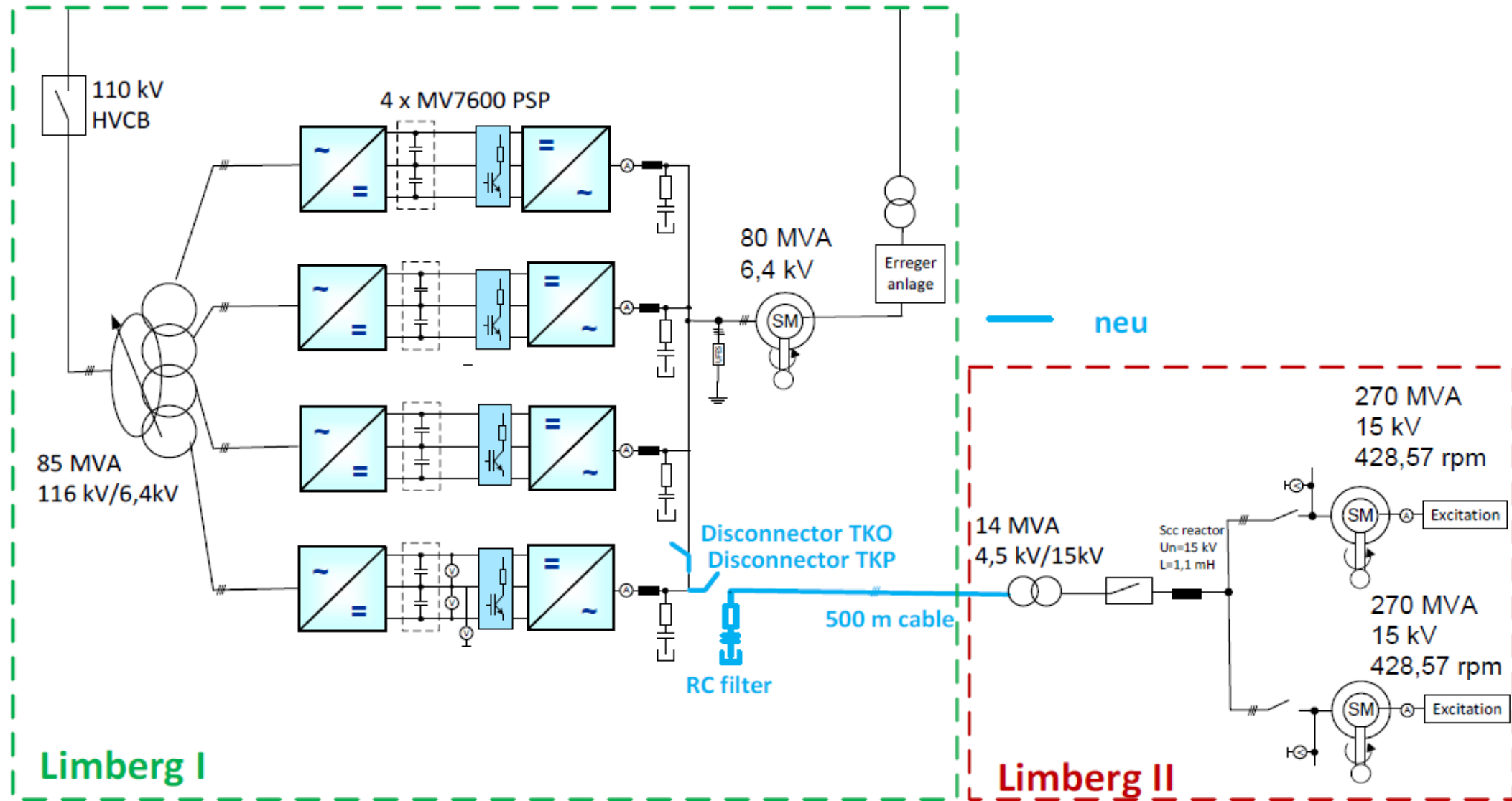
Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Belastung der Anlagenkomponenten

- Reduzierung der Zwischenkreisspannung des Umrichters um 20 %
Absenkung der Eingangsspannung des Umrichters durch den 110 kV Tapchanger
- Reduzierung der Schaltfrequenz des Umrichters

Regelung

- Gesteuertes Anfahren mit Stromeinprägung

Konzept für den Anfahrbetrieb



REALISIERUNG

Realisierung des Anschlusses an Limberg II

Vorher:

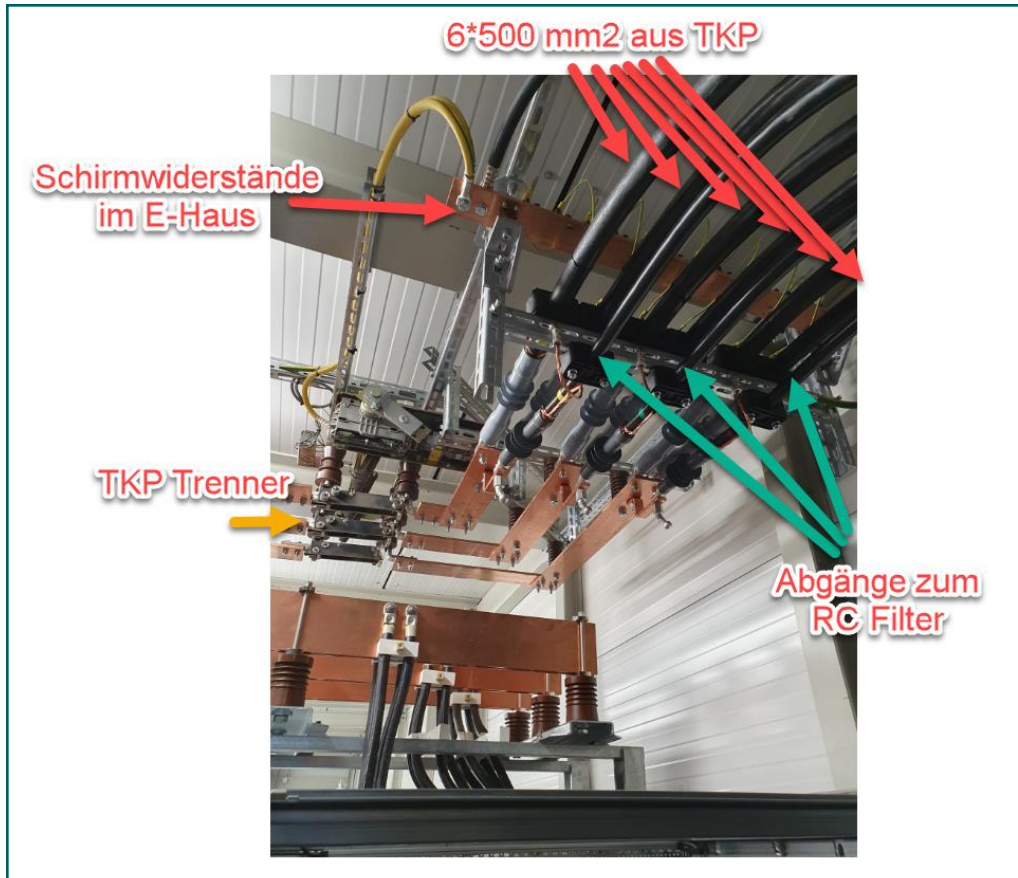


Abtrennung des Teilumrichters



Realisierung des Anschlusses an Limberg II

Verbindung zu Limberg II



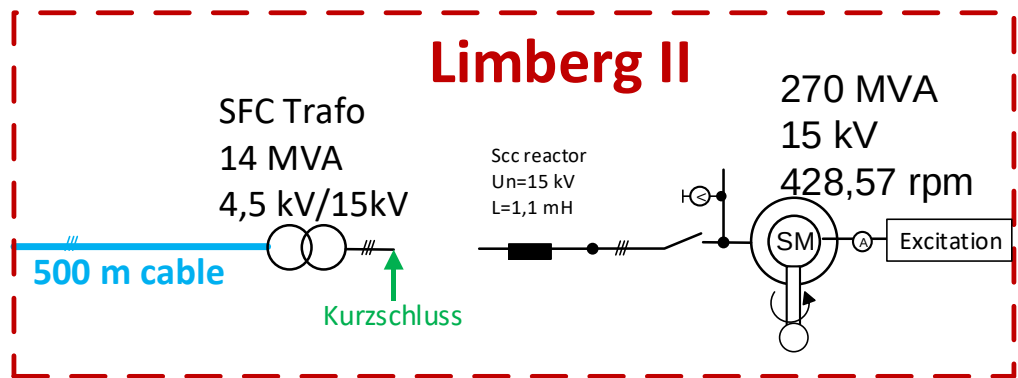
Zusätzliches RC-Filter



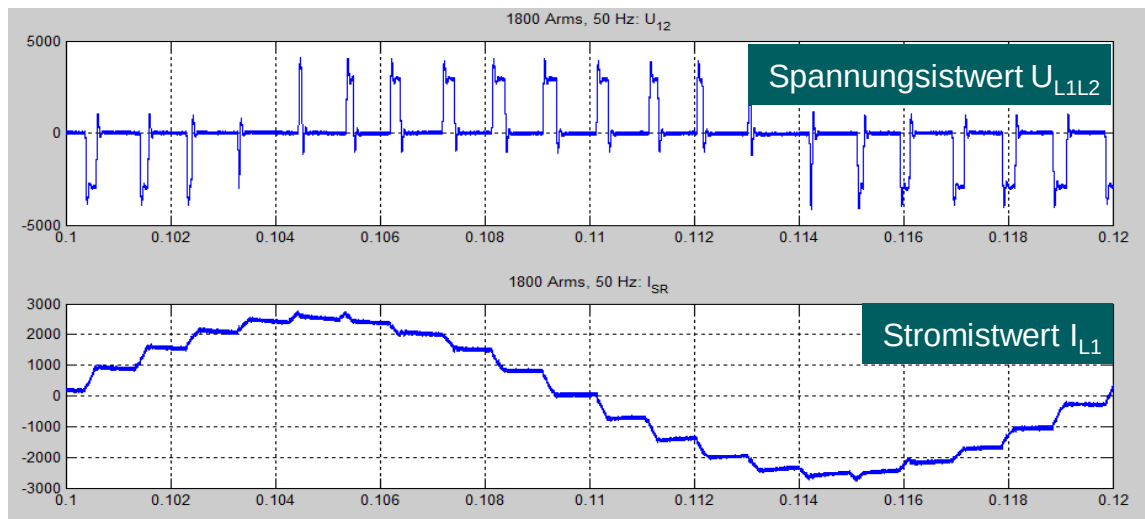
- **Kein Eingriff in die Steuerung des bestehen Anfahrumrichters**
Der Bypass des Anfahrtransformators wird nicht benutzt
- **Änderungen der Sequenzen der Leittechnik Limberg II und TKO**
Im Anfahrbetrieb übernimmt die Leittechnik Limberg II die Steuerung des Umrichters TKO
- **Anlagenschutz**
 - Während des Anfahrens muss der Umrichter TKO in den Schutz von Limberg II eingebunden werden
 - Der Schutz von TKO darf beim Anfahren nicht zu unnötigen Abschaltung führen
 - Im Normalbetrieb TKO dürfen sich die beiden Anlagen nicht beeinflussen
- **Schneller Wechsel zwischen Betrieb TKO und Anfahren Limberg II durch automatisierten Ablauf**
 - Anwahl des Anfahrbetrieb durch die Leittechnik Limberg II im AUS Zustand des Umrichters
 - Umschalten der Trenner, Verfahren des 110kV Tabchangers
 - Umschalten der Steuersignale der Leittechnik TKO / Limberg II
- Die Erregeranlagen Limberg II werden beim Anfahren durch den Umrichter TKO gesteuert
- Die Regelung des Anfahrens erfolgt nur mit Messwerte aus dem Umrichter TKO
 - Stromregelung, SchwingungsdämpfungDer Erregerstromistwert wird zur Einschaltüberwachung der Erregung benutzt; Weitere Messwerte aus Limberg II stehen zur Verfügung (Reserve)

INBETRIEBNAHME

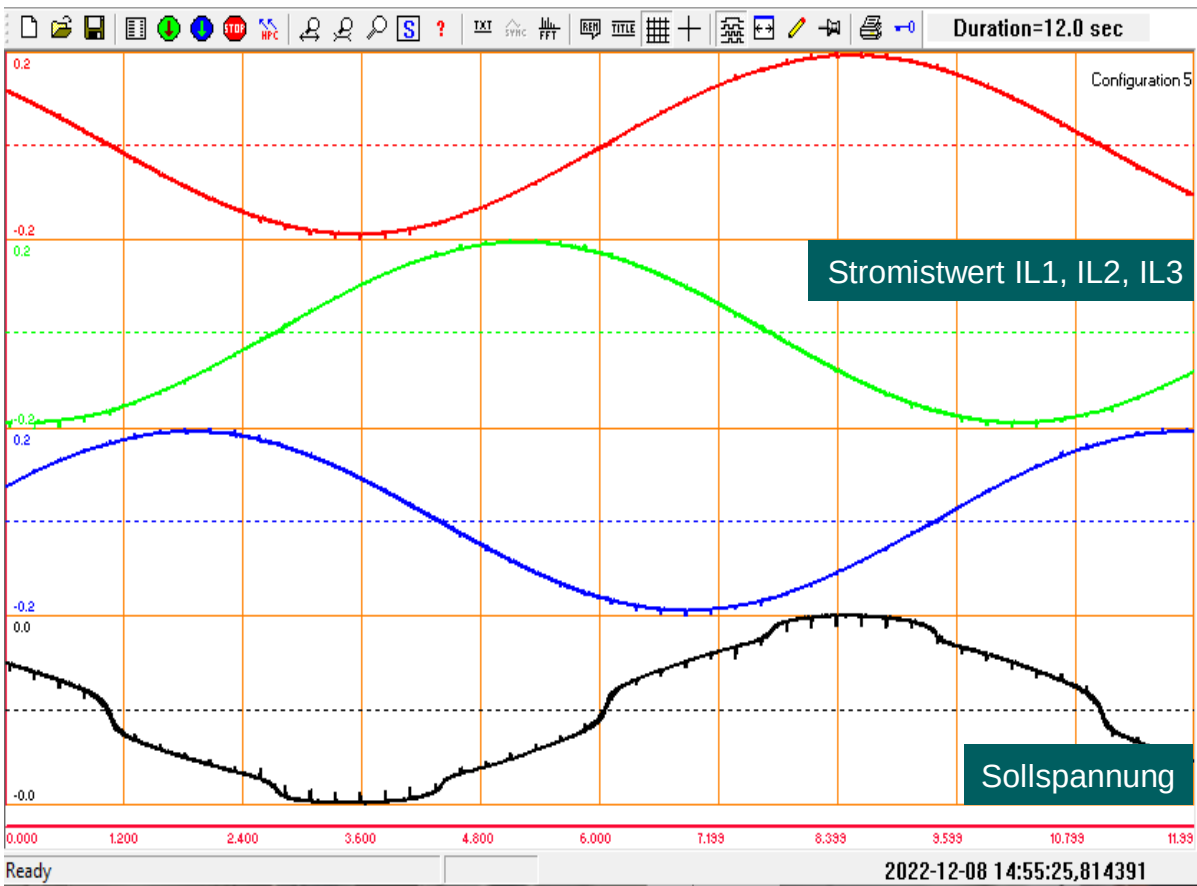
Tests mit kurzgeschlossenem SFC-Trafo



1800 A bei 50 Hz; Messung mit Oszilloskop

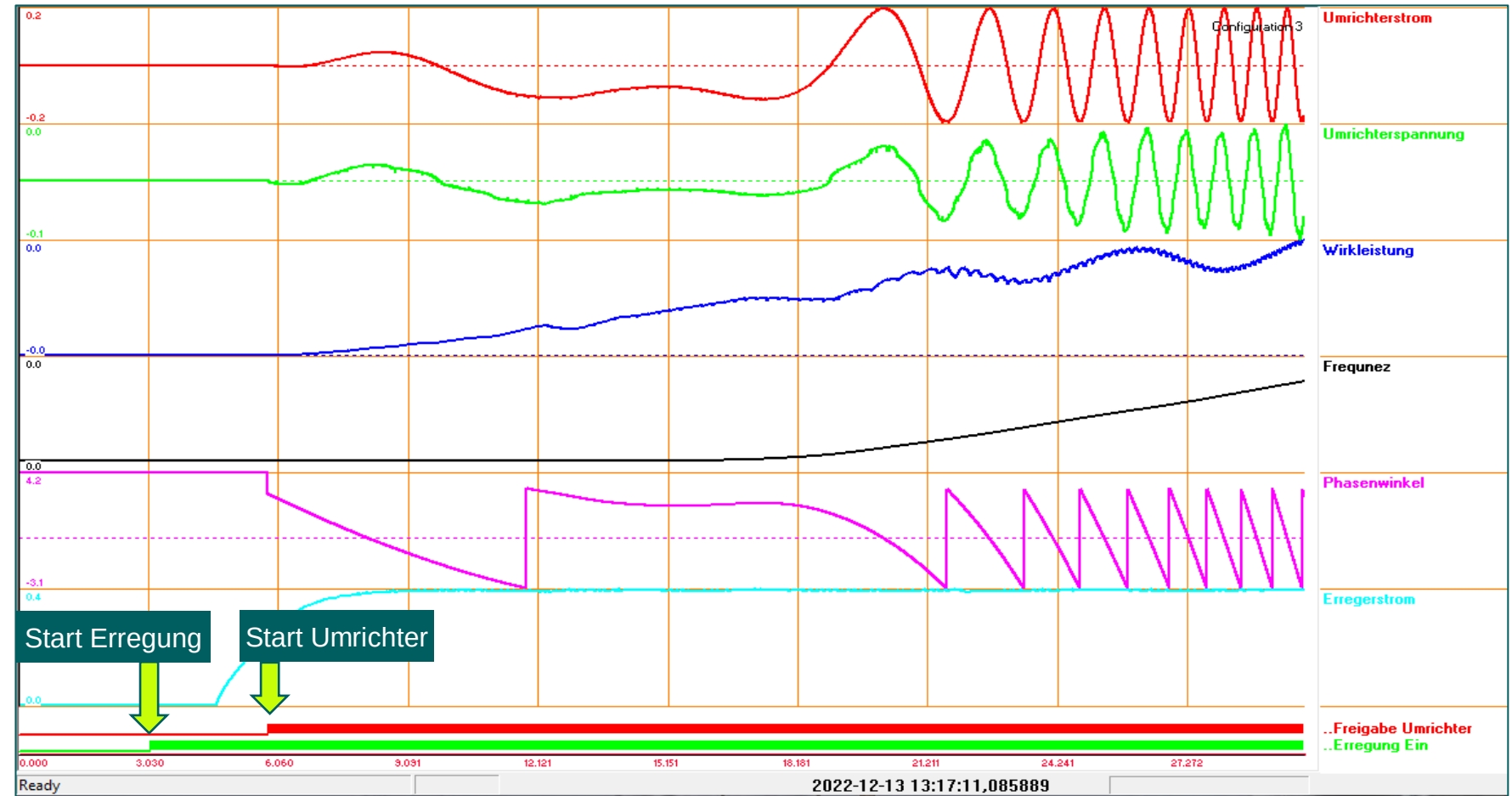


1.260A bei 0,1Hz - keine Sättigung erkennbar
Signale der Umrichtersteuerung



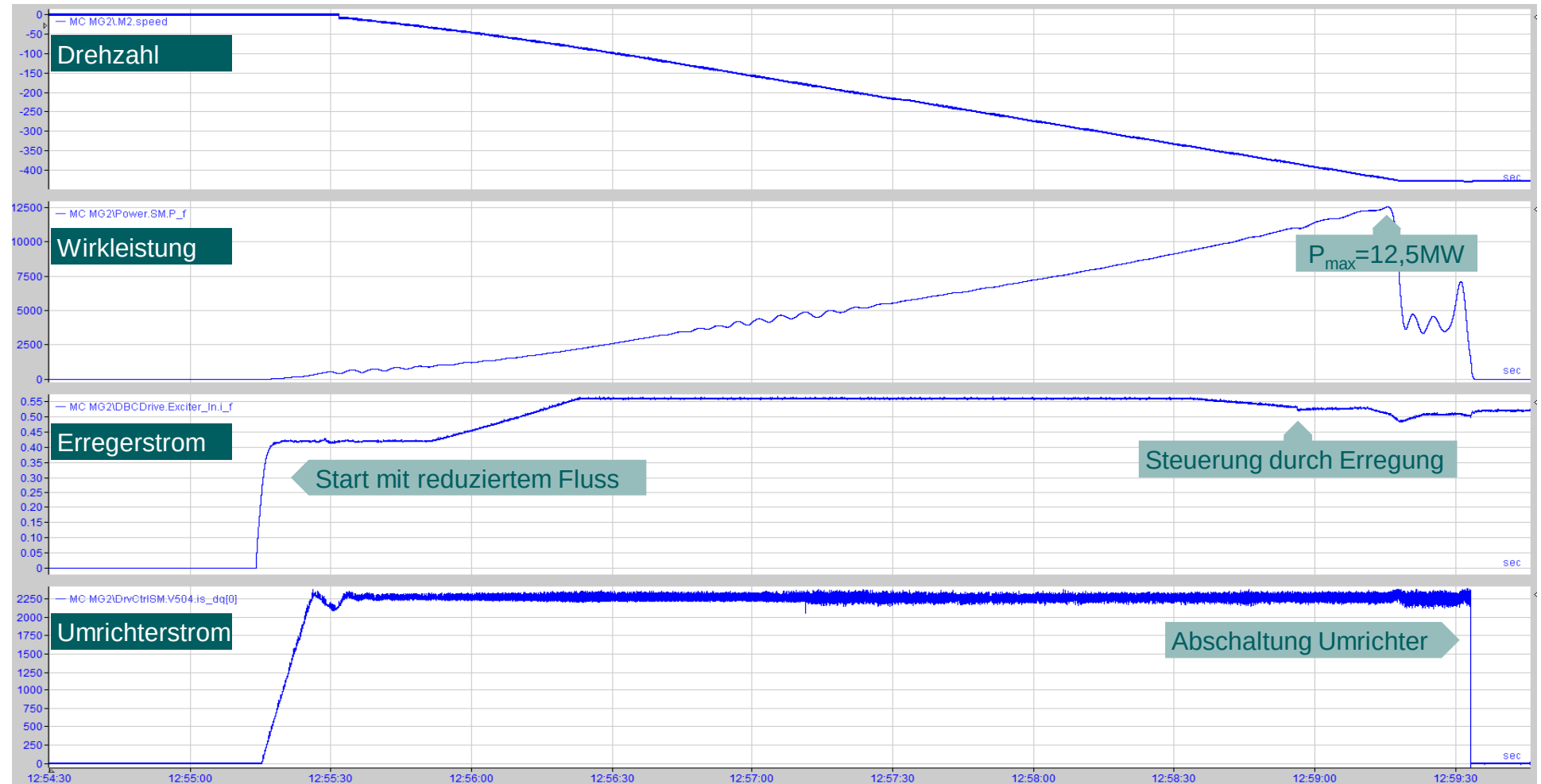
Anfahren aus dem Stillstand 0,2Hz bis 1,5Hz

- Umrichter startet mit 0,2Hz zur Vermeidung von Trafosättigung
- Über die gemessene Leistung werden Schwingungen erkannt und gedämpft



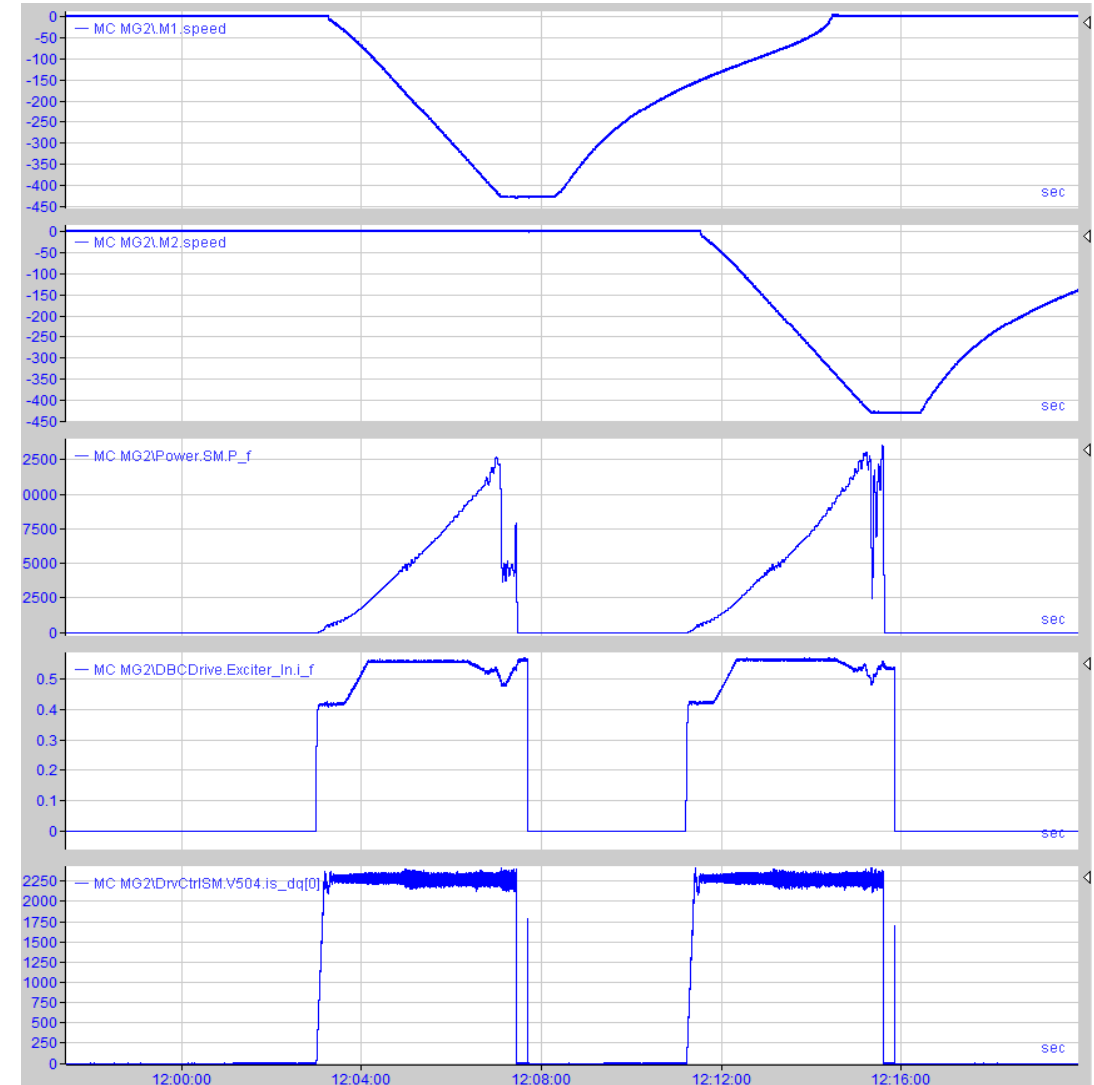
Anfahrvorgang

- Dauer
ca. 4 Minuten
- Maximale Leistung
12,5MW



Zeitlicher Ablauf

- 23.09.2022 Prinzipielle Machbarkeit bestätigt
- 14.10.2022 Beauftragung und Start durch Verbund
- 07.11.2022 Start Montagearbeiten
- 02.12.2022 Start Signaltests
- 08.12.2022 Start IBN mit kurzgeschlossenem Trafo
- 12.12.2022 Start IBN mit Generator
- 13.12.2022 Erste Netzsynchronisation
- 14.12.2022 Pumpbetrieb sichergestellt
- 15.12.2022 Abschließender Test mit beiden Generatoren





GE VERNOVA