

# Cerberus

## Anwendertreffen 2012

Chemnitz, 17.10.2012

**adapted solutions**  
power for your vision

9:30 – 10:30 Uhr

## **CERBERUS: Neuigkeiten in Version 8.0 / Schwerpunkte künftiger Entwicklungen**

Dr. Thomas Barucki, Adapted Solutions GmbH Chemnitz

10:45 – 11:30 Uhr

## **Intelligente Steuerung des Niederspannungsnetzes – Realisierung und Feldtest der Systemlösung iNES**

Martin Stiegler, SAG GmbH Langen

11:30 – 12:15 Uhr

## **Messungen und Analysen im Verteilnetz als Grundlage für die Netzplanung**

Robert Köberle, ALGÄUER ÜBERLANDWERK GmbH

13:15 – 13:45 Uhr

## **Modellierung eines Netzwerkes zur Bewertung des Einflusses anwachsender regenerativer Einspeisung**

Prof. Lutz Rauchfuß, Hochschule Mittweida

13:45 – 14:15 Uhr

## **Elektroenergieversorgungsnetze im Wandel - Reichweitenerhöhung in der straßenorientierten Elektromobilität**

S. Amstein; T. Hempel; S. Hommel; Prof. M. Bodach, Westsächsische Hochschule Zwickau

14:15 – 15:45 Uhr

## **Potential eines Smart Grid am Beispiel eines Stromverteilungsnetzes im ländlichen Raum**

Fritz Schweiger, E-Werk Schweiger Schwaig

15:00 – 15:30 Uhr

## **Untersuchungen mit CERBERUS zur Vermeidung von Netzausbau-Kosten in einem ländlichen Verteilnetz**

Dr. Thomas Barucki; Wolfgang Kratsch, Adapted Solutions GmbH Chemnitz

15:30 – 16 Uhr

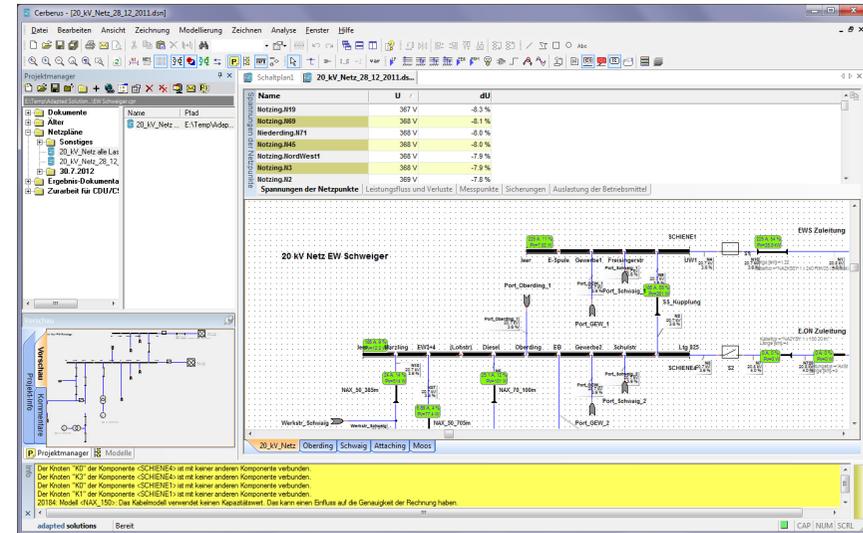
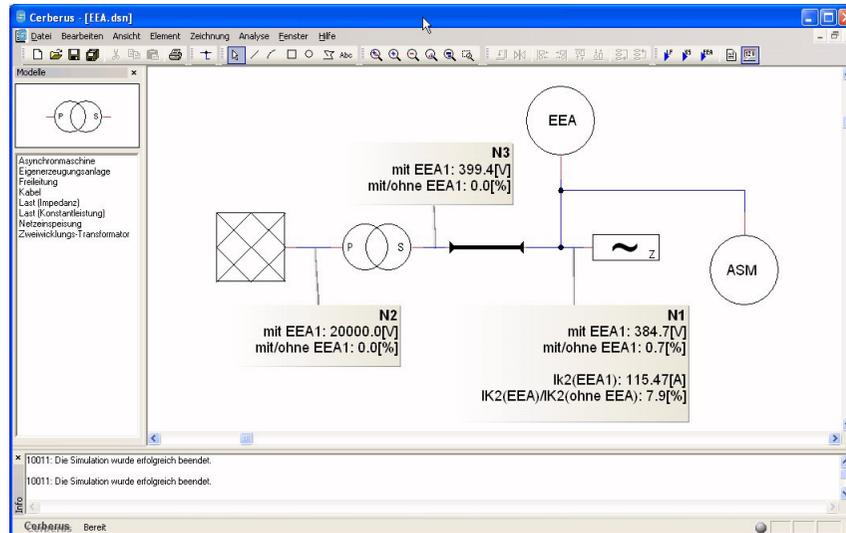
## **Abschluss-Diskussion**

# CERBERUS: Neuigkeiten in Version 8.0 Schwerpunkte künftiger Entwicklungen

Dr.-Ing. Thomas Barucki

**adapted solutions**  
power for your vision

# Entwicklung CERBERUS



## 2004:

- Lastfluss-, Kurzschluss-, EEA-Analyse
- Protokoll-Funktion
- Verwaltung von Betriebsmittel-Daten

## 2012:

- ...
- Subsysteme / Mehrseitentechnologie
- Verringerung der Rechenzeit (mind. Faktor 10)
- Berechnung von Netzurückwirkungen, unsymmetrischen Fehlerfällen
- Erweiterte Modelle der Betriebsmittel
- Projekt-Manager
- ...

# Tendenzen in Energieversorgung



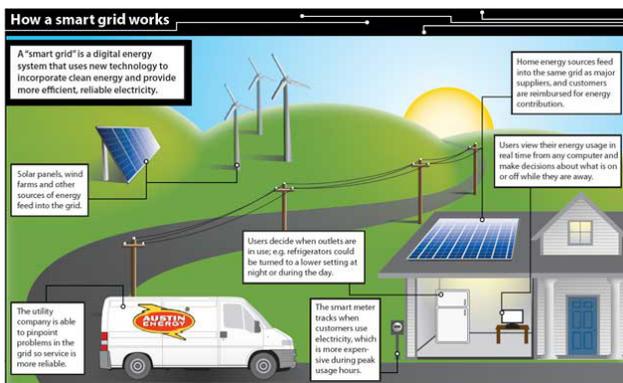
## Energiewende

- dezentrale Anlagen
- Speicher



## Elektro-Mobilität

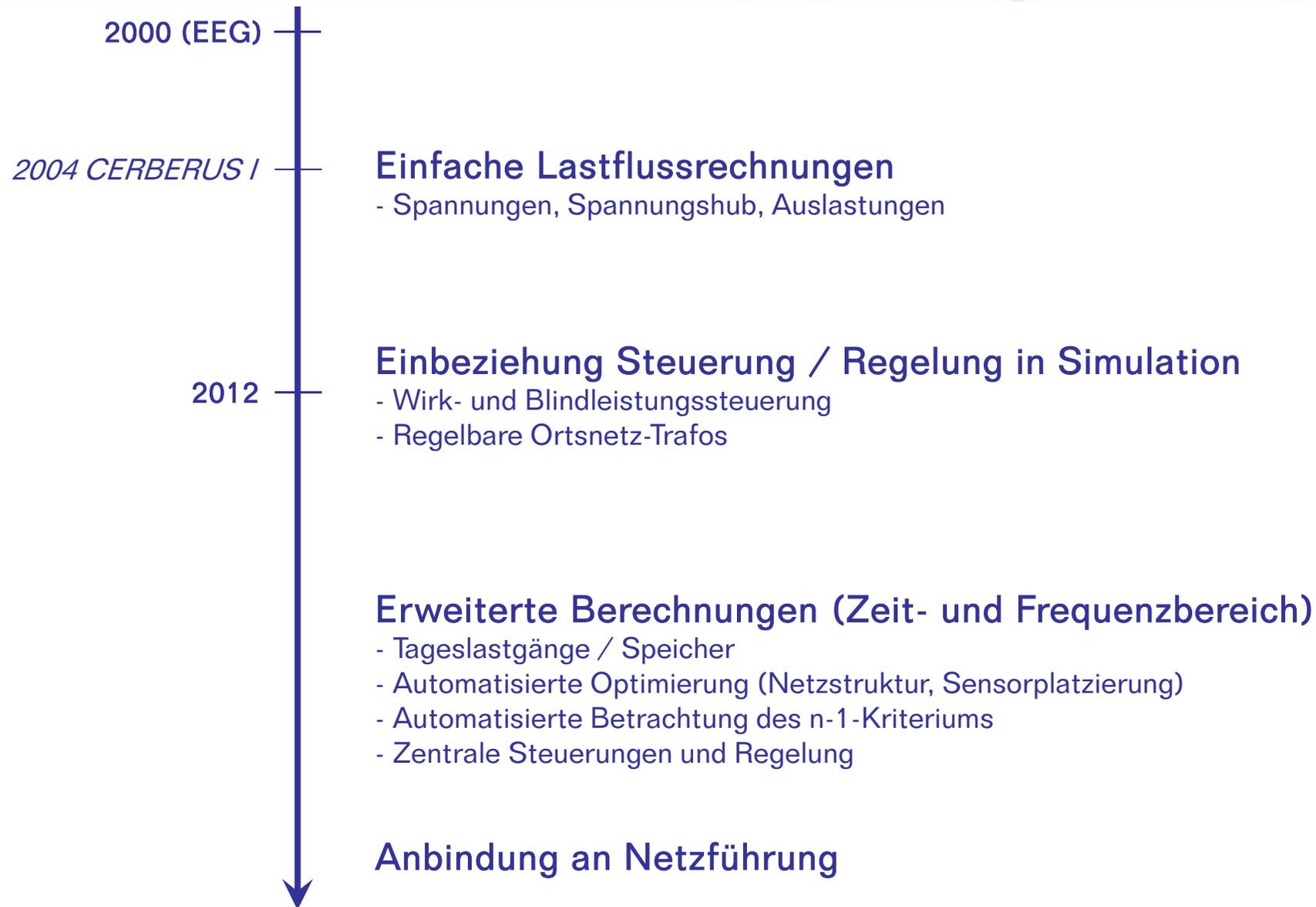
- Verschiebungen in Tageslastgängen

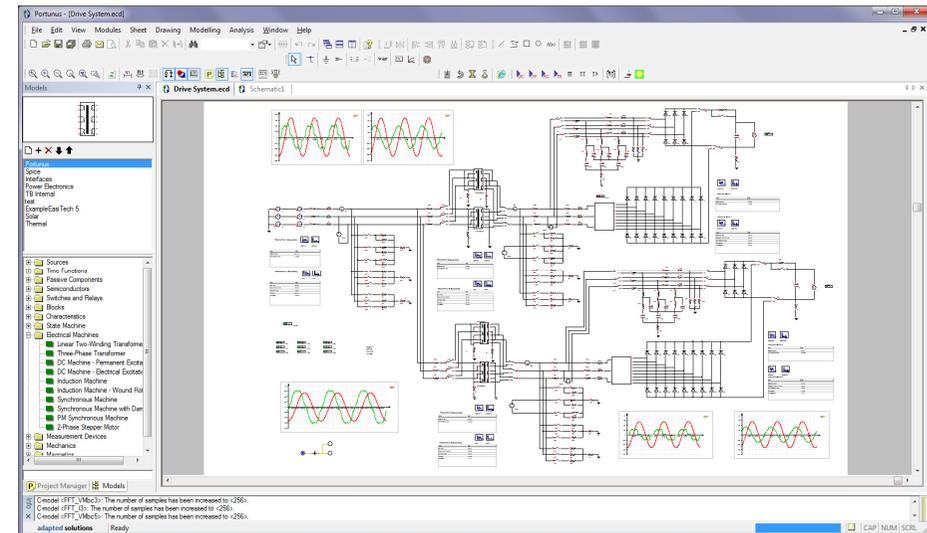
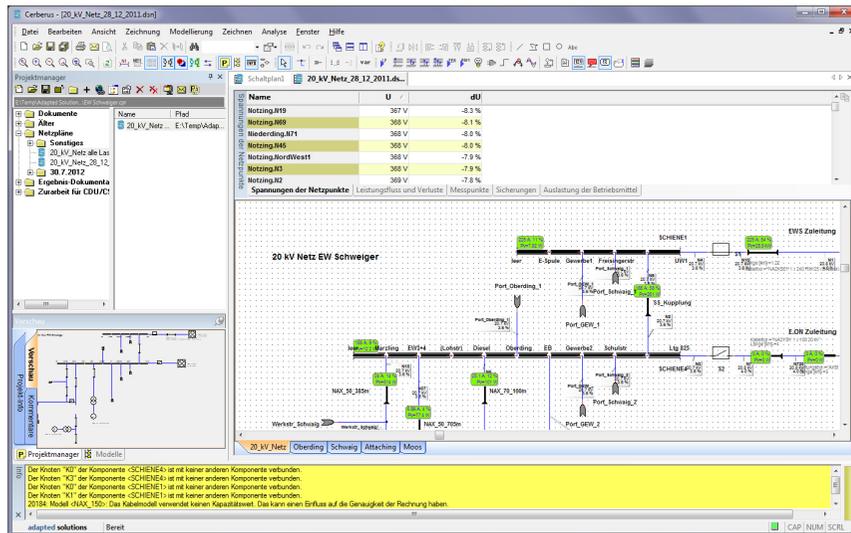


## Smart Grids

- dezentrale und zentrale Intelligenz
- Erfassung und Regelung von Netzgrößen

- Teilweiser Übergang von stationärer Lastfluss-Berechnung zu transienter Netzberechnung
- Einbeziehung von System-Größen, die keine sinus-förmigen Größen darstellen (z.B. Speicher)
- Tools für die Abbildung der Steuerung / Regelung in der Netzberechnung
- Bereitstellung von Schnittstellen für Datenaustausch





## CERBERUS

- Intuitive, leistungsfähige Netzberechnungs-Software

## Portunus

- Software für den Entwurf von Systemen der Leistungselektronik, Antriebstechnik ...

- Berechnungen im Zeit- und Frequenzbereich
- Automatisierungs- und Programmierschnittstellen
- Abbildung von Steuerung und Regelung durch Blockschaltbilder, Zustandsgraphen oder mittels Modellbeschreibungssprache

Perspektivisch werden in der Energieversorgung Werkzeuge benötigt, die die Funktionalität von CERBERUS und Portunus vereinen.

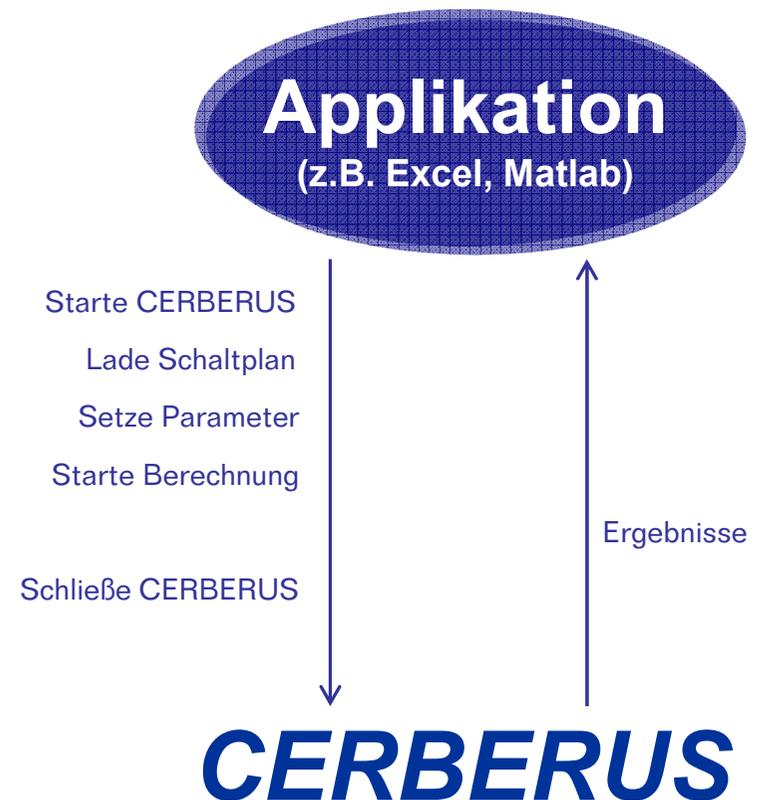
- **Erweiterungen / Detailverbesserungen im Rahmen des gegenwärtigen Einsatzes von CERBERUS**
  - Modellerweiterungen (z.B. Regelbarer Ortsnetztransformator)
  - Funktionen zur Netzdokumentation
  - Erweiterungen bei hierarchischer Modellierung (Parameter-Übergabe in Subsysteme, mehrere Hierarchie-Ebenen)
  - unsymmetrische Betriebszustände (Schieflast, unsymm. Einspeisung)
- **Bereitstellung von Schnittstellen und zusätzlichen Funktionen**
  - Automatisierungs-Schnittstelle (skriptgesteuerte Nutzung von CERBERUS zur Netzanalyse und -optimierung)
  - XML-Schnittstelle (Import-Funktionen, z.B. für GIS)
  - http-Schnittstelle (Kommunikation mit Web-Server und anderen Applikationen)
- **Analysen im Zeitbereich**

Mit der Automatisierungs-Schnittstelle wird es möglich,

- CERBERUS aus einem anderen Programm heraus zu starten,
- Schaltpläne zu laden und zu speichern,
- Modell-Parameter zu modifizieren,
- Lastfluss-Berechnungen zu starten und
- Ergebnisse auszulesen.

Typische Anwendungen sind

- automatisierte Berechnung verschiedener Betriebszustände,
- Optimierungsrechnungen,
- automatisierte Lastgang-Analysen.



Die XML-Schnittstelle definiert (z.B. für GIS-Anbindung) Formate zur Netzlistenbeschreibung und den Export der Ergebnisse.

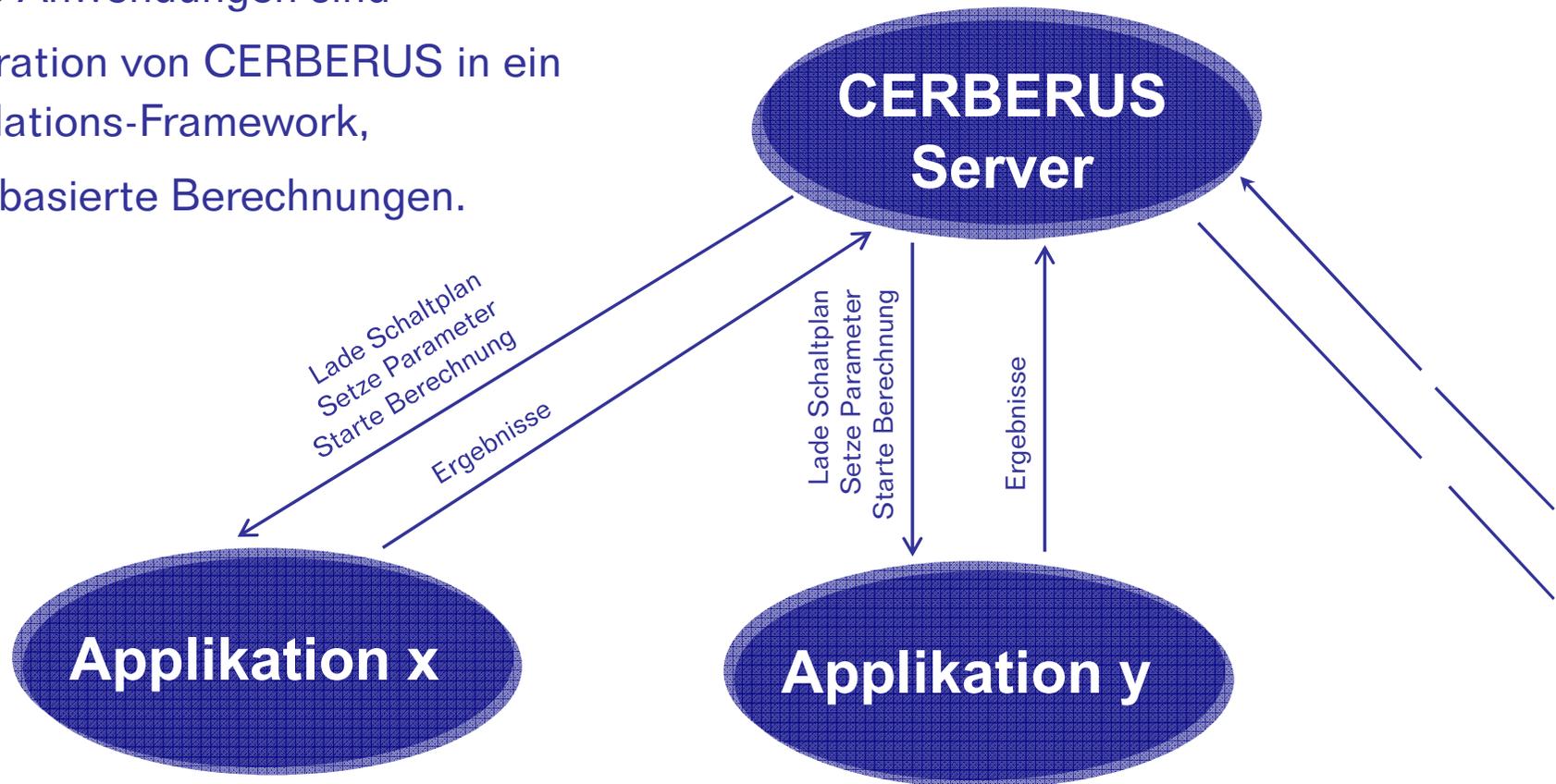
```
- <Netlist Name="DEMO" Version="1">
  <Analysis Name="Loadflow" TEMP="70.0" GZF="1.0" EEF="1.0" />
  - <Models>
    - <Model Name="Netz" Type="NETZ">
      - <Connections>
        <Connection Pin="N1" Net="N5" />
      </Connections>
      - <Parameters>
        <Parameter Name="Unenn" Value="20000" />
        <Parameter Name="CLF" Value="1" />
        <Parameter Name="R" Value="0.4378" />
        <Parameter Name="X" Value="4.378" />
        <Parameter Name="RX_LF" Value="0" />
        <Parameter Name="Phase" Value="0" />
      </Parameters>
    </Model>
    - <Model Name="Leitung" Type="LEITUNG">
      - <Connections>
        <Connection Pin="N1" Net="N5" />
        <Connection Pin="N2" Net="N3" />
      </Connections>
      - <Parameters>
        <Parameter Name="R_rel" Value="0.413" />
        <Parameter Name="X_rel" Value="0.372" />
        <Parameter Name="Laenge" Value="5" />
        <Parameter Name="Cb_rel" Value="2e-8" />
        <Parameter Name="Ce_rel" Value="2e-8" />
      </Parameters>
    </Model>
    - <Model Name="Trf1" Type="TRAFO2S">
      - <Connections>
        <Connection Pin="NP" Net="N3" />
        <Connection Pin="NS" Net="N1" />
      </Connections>
      - <Parameters>
        <Parameter Name="Rfe" Value="" />
        <Parameter Name="Xh" Value="" />
        <Parameter Name="AddZh" Value="0" />
        <Parameter Name="Unenn1" Value="20000" />
        <Parameter Name="Unenn2" Value="400" />
      </Parameters>
    </Model>
  </Models>
</Netlist>
```

```
- <Outputs Name="DEMO" Version="1.0" Date="7.2.2012" Time="10:30">
  <Analysis Name="LoadFlow" Temp="70.0" GZF="1.0" EEF="1.0" />
  - <Nets>
    <Net Name="N5" OutName="V" Value="20000" />
    <Net Name="N3" OutName="V" Value="20000" />
    <Net Name="N4" OutName="V" Value="420" />
    <Net Name="N1" OutName="V" Value="400" />
  </Nets>
  <Model Name="EEA1" OutName="Power" Value="-60000" />
  <Model Name="EEA1" OutName="Q_out" Value="24071" />
  <Model Name="Cable1" OutName="I" Value="88.79" />
  <Model Name="Cable1" OutName="Pv" Value="3802.98" />
  <Model Name="Cable1" OutName="Q_out" Value="941" />
  <Model Name="Leitung" OutName="I" Value="1.776" />
  <Model Name="Leitung" OutName="Pv" Value="21.8" />
  <Model Name="Leitung" OutName="Q_out" Value="-12553" />
  <Model Name="Netz" OutName="Power" Value="56099.5" />
  <Model Name="Netz" OutName="Q_out" Value="-12672.8" />
  <Model Name="Trf1" OutName="Imax" Value="28.867" />
  <Model Name="Trf1" OutName="I" Value="1.776" />
  <Model Name="Trf1" OutName="Pv" Value="75.68" />
  <Model Name="Trf1" OutName="Q_out" Value="214" />
</Outputs>
```

Mit der http-Schnittstelle wird eine Kommunikation von CERBERUS mit anderen Applikationen über einen Server ermöglicht. Die Server-Funktionen entsprechen denen der Automatisierungs-Schnittstelle.

Typische Anwendungen sind

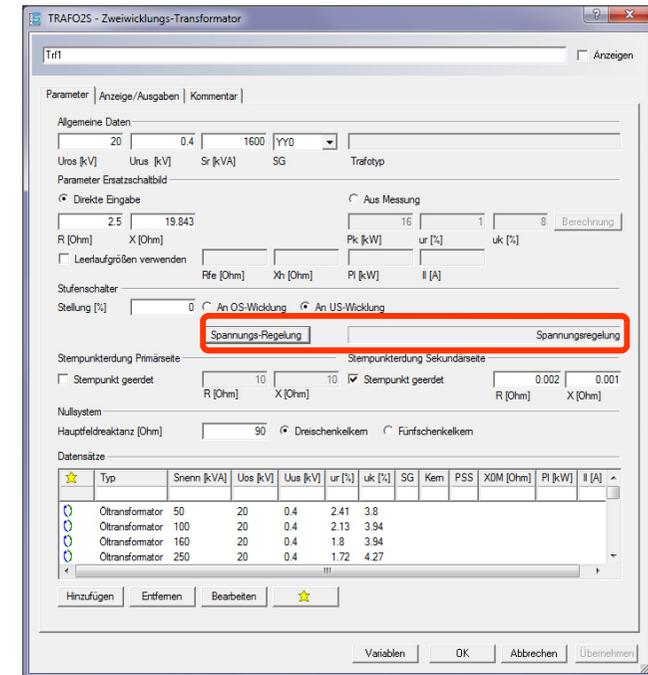
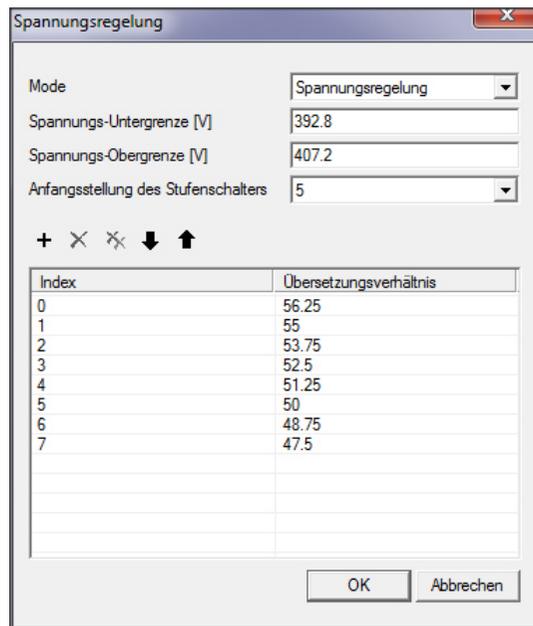
- Integration von CERBERUS in ein Simulations-Framework,
- Web-basierte Berechnungen.



Das Modell des Zweiwicklungs-Transformators wurde um die Option einer einfachen Spannungsregelung erweitert.

Beim Unterschreiten der Spannungs-Untergrenze wird auf das nächst-kleinere Übersetzungsverhältnis umgeschaltet.

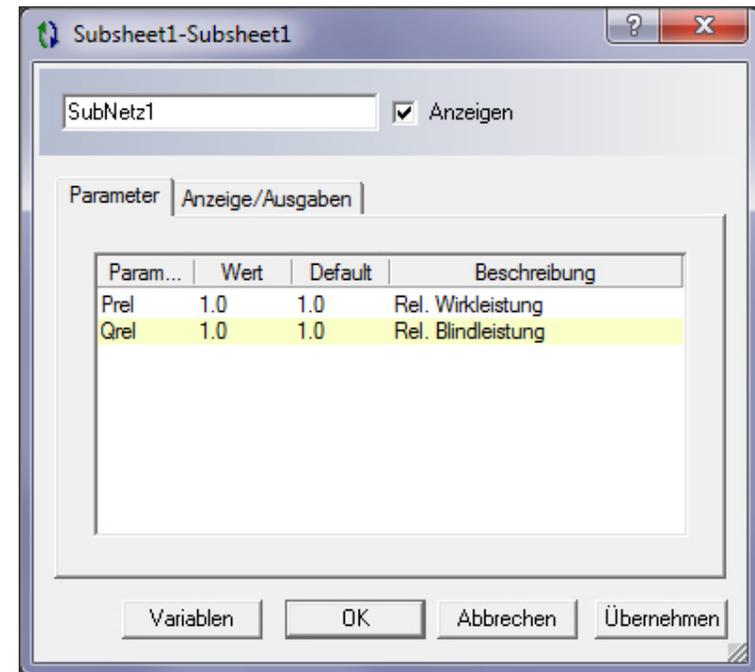
Beim Überschreiten der Spannungs-Obergrenze wird auf das nächst-höhere Übersetzungsverhältnis umgeschaltet.



Spannungsgrenzen und Stufung der Übersetzungsverhältnisse müssen konsistent zueinander sein.

Das Regelungs-Modell wird künftig an die Arbeitsweise der eingesetzten Transformatoren angepasst werden müssen.

- Übergabe von Parameter in Sub-Systeme
- Erweiterung der Blindleistungssteuerung im EEA-Modell  
(Angabe einer max. Scheinleistung, die ggf. zur Reduktion der Wirkleistung führt)
- Plausibilitäts-Check für Längenangabe bei Kabeln und Leitungen
- Angabe der mit einem Transformator verbundenen Lasten und Einspeiser  
(zusätzliche Information zur Trafo-Auslastung)



Neben der bisherigen Lizenzierung (an Hardware-Eigenschaften gebundenen Lizenz-Datei) wird *alternativ* eine Lizenzierung mittels Dongle angeboten.

Bei der Verwendung eines Dongles erfolgen erheblich weniger Lesezugriffe, so dass auch über einen längeren Nutzungs-Zeitraum keine Ausfälle zu erwarten sind.

Die angebotenen Lizenz-Formen (lokal, Netzwerk) bleiben unverändert.

Ein Dongle kann beliebig viele Lizenzen verwalten.

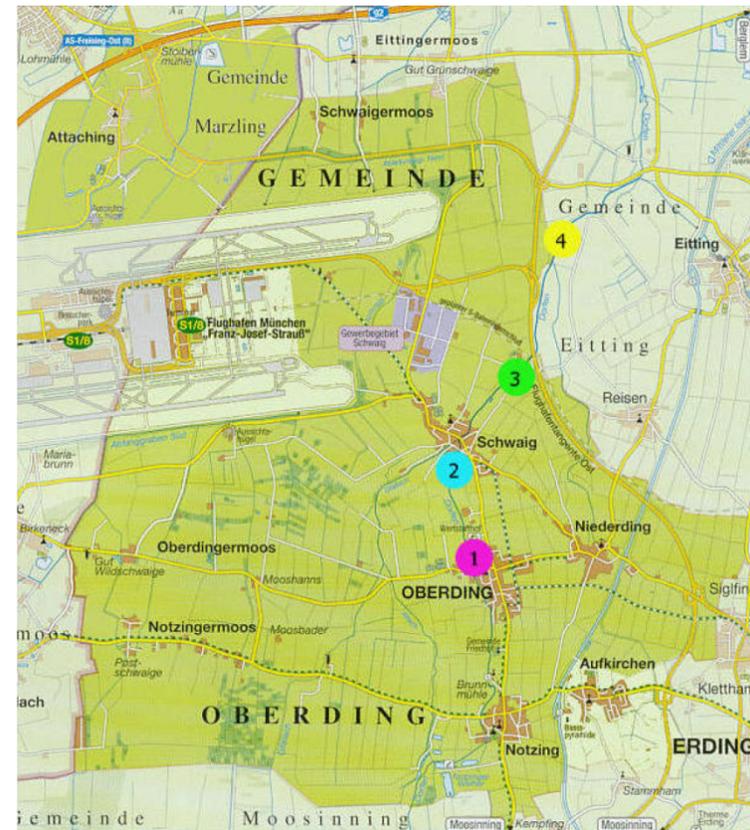


# Untersuchungen mit CERBERUS zur Vermeidung von Netzausbau-Kosten in einem ländlichen Verteilnetz

Dr.-Ing. Thomas Barucki /  
Wolfgang Kratsch

**adapted solutions**  
power for your vision

- Untersuchung, wie der zu erwartende weitere Anstieg von EEG-Anlagen mit einem Minimum an Netzausbau zu bewältigen ist.
- Betrachtung des normalen Netzzustandes sowie Fälle mit einer geöffneten Trennstelle.
- Beurteilung verschiedener Maßnahmen zur Einhaltung der Spannungsqualität.
- Erarbeitung einer möglichen Regelstrategie unter Verwendung geeigneter Messpunkte (perspektivisch).



- Verknüpfung der vorhandenen CERBERUS-Modelle des MS- und NS-Netzes der EW Schweiger zu einem CERBERUS-Modell (alle NS-Teil-Netze in Sub-Systeme).
- Definition typischer Werte für Verbraucher im Netz, Festlegung der anzunehmenden Leitertemperaturen (50° C).
- Definition der zu berechnenden Betriebszustände aus Kombination der Einflussgrößen:  
Max. Last – min. Einspeisung / Min. Last – max. Einspeisung  
Alle Trennstellen geschlossen / Trennstelle „xy“ geöffnet  
Min. Spannung an Sammelschiene UW / Max. Spannung an Sammelschiene UW
- Anlegen separater CERBERUS-Dateien für alle zu betrachtenden Netz-Betriebszustände und Durchführung der Netzberechnungen.
- Auswertung der Ergebnisse und Untersuchung zum Einfluss von Maßnahmen zur Verringerung der Spannungsschwankungen.

# Umsetzung



Cerberus - [20\_kV\_Netz alle Lasten alle Einspeiser.dsn]

Projektmanager

- Dokumente
  - 11\_09\_23 Konzept.pdf
  - Vorschlag zur Vorgehensweise im Projekt 11\_11\_25.pdf
  - Energie Innovativ 051211 Dr. Stump.pdf
  - 12\_01\_18 Telco EWS AS WK.pdf
  - 12\_02\_17 Telco EWS AS WK.pdf
  - 12\_03\_20 Telco EWS AS WK.pdf
- Netzpläne
  - 20\_kV\_Netz alle Lasten alle Einspeiser.dsn
  - 20\_kV\_Netz\_28\_12\_2011.dsn
- Älter
- Sonstiges
- Ergebnis-Dokumentation
  - Templates
    - Berechnungen Kratsch 18.3.2012
    - April 2012 Bericht I
    - CERBERUS-Dateien
      - Excel-Dateien
        - Bericht zum Projekt EW Schweiger (1. Fassung Kratsch)
        - Bericht zum Projekt EW Schweiger.docx

Projekt-Info

Erstellt am: 23.11.2011 09:04:11  
Erstellt durch: Barudt  
Letzte Änderung am: 08.10.2012 13:46:11  
Letzte Änderung durch: Barudt

Version:

Kommentar:

Projektmanager Modelle

Name	U	dU
N1	20.8 kV	4.0 %
N7	20.8 kV	4.0 %
N10	20.8 kV	3.8 %
N9	20.8 kV	3.8 %
N4	20.8 kV	3.8 %
N3	20.8 kV	3.8 %

Spannungen der Netzpunkte | Leistungsfluss und Verluste | Messpunkte | Sicherungen | Auslastung der Betriebsmittel

Phenn [W] = 96.4 [EEA] \* 1000

Der Knoten "K0" der Komponente <SCHIENE4> ist mit keiner anderen Komponente verbunden.  
Der Knoten "K3" der Komponente <SCHIENE4> ist mit keiner anderen Komponente verbunden.  
Der Knoten "K0" der Komponente <SCHIENE1> ist mit keiner anderen Komponente verbunden.  
Der Knoten "K1" der Komponente <SCHIENE1> ist mit keiner anderen Komponente verbunden.  
Simulation erfolgreich beendet.

adapted solutions Bereit

## Lasten

EH = 2 kW	Einfamilienhaus
MH = 3 kW	Mehrfamilienhaus
LW = 4 kW	Landwirtschaft
GW = 5 kW	Kleingewerbe
SV = 10 kW	Kleine Sonderkunden
GFL = 0,7	Gleichzeitigkeitsfaktor für Lasten größerer, lastgemessener Verbraucher
GFE_D_EWS = 0..1	Relative Leistung des Diesellaggregats der EW Schweiger (910 kW)
GFE_W_EWS = 0..1	Gleichzeitigkeitsfaktor für Wasserkraft-Generatoren der EW Schweiger
GFE_W_P = 0,8	Gleichzeitigkeitsfaktor für private Wasserkraft-Generatoren
EEA = 0/1	Gleichzeitigkeitsfaktor für PV-Anlagen

## Spannung an Sammelschiene des Umspannwerkes

$$U_{\min} = 20.4 \text{ kV}$$

$$U_{\max} = 21.5 \text{ kV}$$

# Betrachtete Betriebszustände



	Max. Last, min. Einspeisung	Min. Last, max. Einspeisung
Spannung UW [kV]	20.4	21.5
EH [kW]	2	1
MH [kW]	3	1,5
LW [kW]	4	2
GW [kW]	5	2
SV [kW]	10	2
GFL [/]	0,7	0,3
GFE_D_EWS [/]	1	0
GFE_W_EWS [/]	0,8	0,8
GFE_W_P [/]	0,8	0,8
EEA [/]	0	1

- Ohne geöffnete Trennstellen ergeben sich für keinen Betriebszustand unzulässige Spannungen. Allerdings ergeben sich bei den extremen Kombinationen des Last- und Einspeisezustandes mit der Spannung am UW nur noch geringe Reserven zu den Grenzwerten:

Max. Last, min Einspeisung:

$$U_{UW} = 20.8 \text{ kV} \Rightarrow U_{\min} = 368 \text{ V} \quad U_{UW} = 20.4 \text{ kV} \Rightarrow U_{\min} = 362 \text{ V}$$

Min. Last, max Einspeisung:

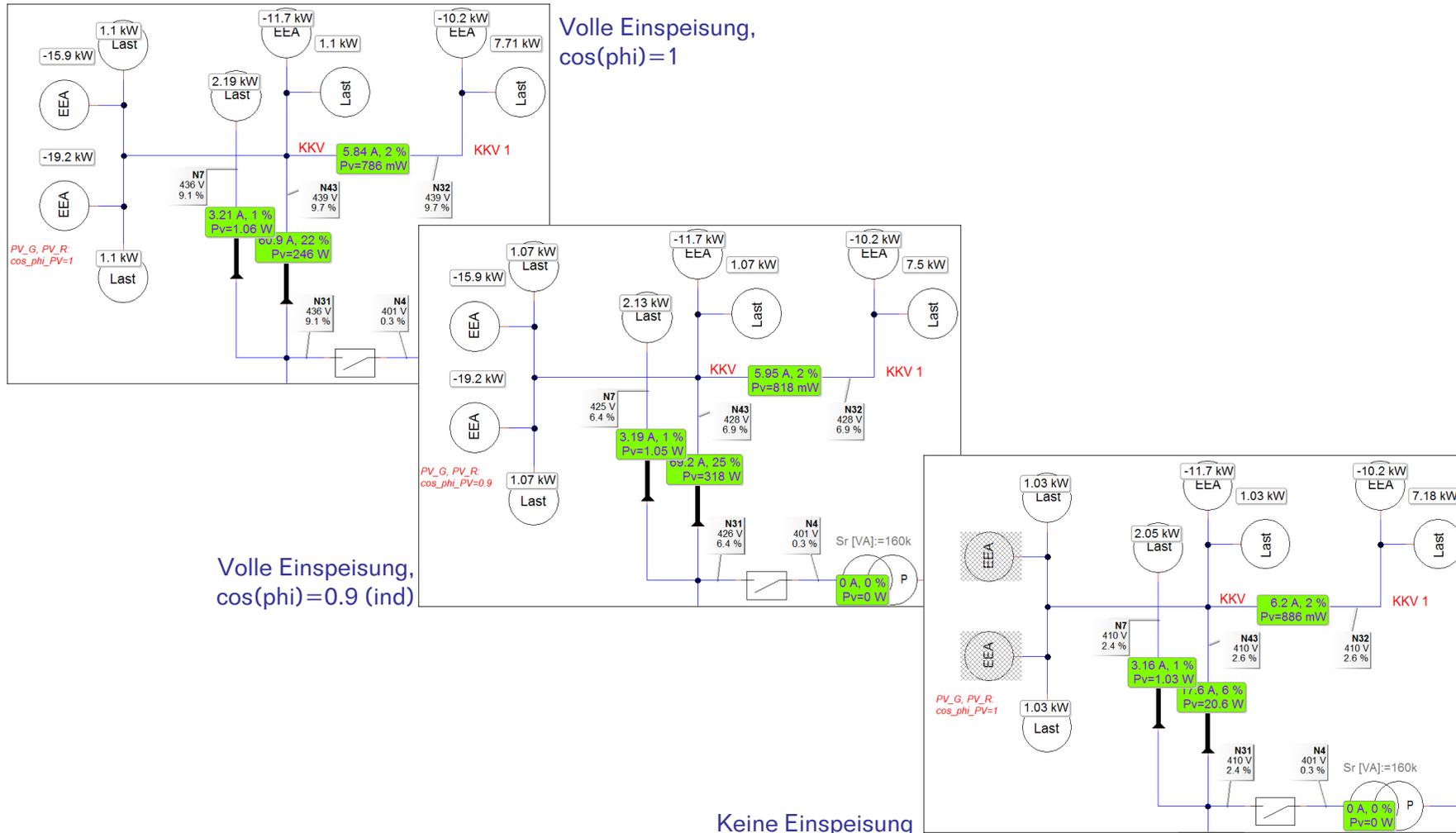
$$U_{UW} = 20.8 \text{ kV} \Rightarrow U_{\max} = 416 \text{ V} \quad U_{UW} = 21.5 \text{ kV} \Rightarrow U_{\min} = 429 \text{ V}$$

- Das Öffnen einer der beiden betrachteten Trennstellen führt zu unzulässigen Spannungswerten und kann somit ohne besondere Vorkehrungen (Abschalten von Lasten) nicht durchgeführt werden.
- Das Öffnen der zweiten betrachteten Trennstelle führt bei einer Kombination von maximaler Einspeisung, minimaler Last und maximaler Spannung im Umspannwerk zu einem leichten Überschreiten des Grenzwertes von 440 V. Durch spannungsabhängige Wirkleistungsreduktion bzw. Blindleistungseinspeisung könnte dem entgegengewirkt werden.
- Das Spannungs-Niveau im MS-Netz ist nahezu unbeeinflusst von der Last- und Einspeisesituation.

# Beeinflussung der EEA



Das Potential der Verbesserung der Spannungsqualität durch Leistungsreduktion bzw. Blindleistungsaufnahme der EEA kann mit den Netzberechnungen deutlich nachgewiesen werden:



Mit der Möglichkeit der Übergabe von Parametern in Sub-Systeme wird sich zukünftig die Definition der Betriebszustände deutlich vereinfachen.

Durch die in CERBERUS 8.0 implementierte Automatisierungs-Schnittstelle kann die Berechnung und Auswertung mehrerer Betriebszustände (beispielsweise in Excel) künftig automatisiert durchgeführt werden.

Es wird angestrebt, zukünftig Algorithmen zur automatisierten Lösung folgender Aufgaben bereitstellen zu können:

- Beurteilung aller möglichen Extremzustände im Netz,
- Auswahl der geeignetsten Maßnahmen zur Reduktion von Über- bzw. Unterspannungen,
- Auswahl optimaler Messpunkte zur Überwachung des Netzes.