Fette
Vom Netz zum System

Neue EU-Grid Codes und Resiliente Systeme

Berlin, 10. November 2017

Michael Fette, Joachim Klute

Fette
Vom Netz zum System

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Michael Fette

- Berufsausbildung zum Energieanlagenelektroniker
- Diplom-Ingenieur Allgemeine Elektrotechnik
- Promotion „Strukturelle Analyse elektrischer Energieversorgungssysteme"
- Habilitation „Dynamik nichtlinearer Elektroenergiesysteme"
- Venia legendi für Systemdynamik / Systemtheorie
- Gründung System & Dynamik Beratungsunternehmen
- Gesellschafter Samco Networks GmbH & Co. KG
- Professur Regenerative Energiesysteme und Automatisierung, Bielefeld
- Privatdozent für Netzdynamik, Universität Paderborn
- Geschäftsführer IT-Unternehmen
- 2013: Fette Dynamics GmbH
- 2016: Fette Consulting UG (haftungsbeschränkt)
- Vorsitzender VDE OWL e.V.
- Vorsitzender Netzwerk „Competence in Energy"
- Stellv. Vorsitzender FNN LK MS/NS-Netze
- Mitglied FNN PG TAR 4110 (MS-Netz)
- Mitglied Task Force FNN Sicherer Systembetrieb mit DEZ

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Der fundamentale Systemwandel wird über ein EU-Verordnungspaket geführt, dass die Mitgliedsunternehmen 1:1 umsetzen müssen.

Aktuelle Situation

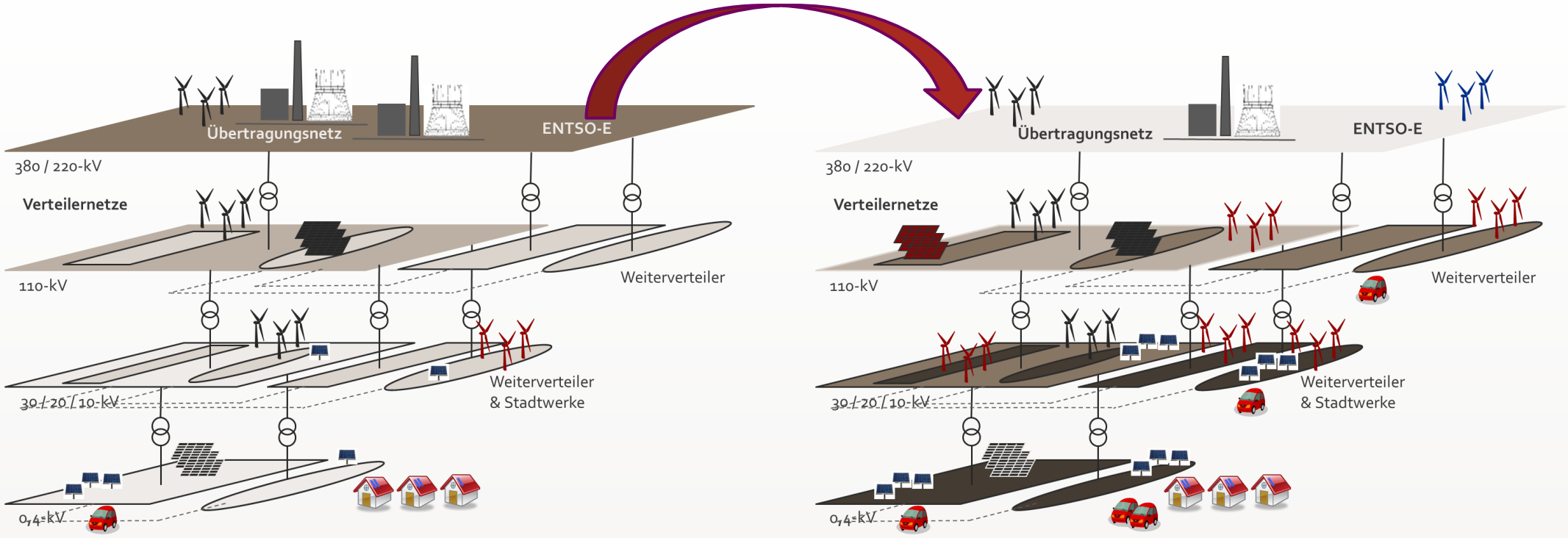
- EU-seitig erarbeitete „Network Codes" sind als **EU-Verordnung** veröffentlicht und wirksam
  - 2016, April 27th – „Requirements for Generators - RfG"
  - 2016, May 17th – Inkrafttreten der Verordnung
  - 2016, August 18th – „Demand Connection Code – DCC"
  - 2016, September 7th – Inkrafttreten der Verordnung
- Umsetzung in nationales Regelwerk derzeit in Arbeit (BMWi, BNetzA, FNN ...)
  - 17.05.2018 – verbindliche Umsetzung aller nationalen Verordnungen, Gesetze usw.
  - 27.04.2019 – Ablauf aller Umsetzungsfristen in der Praxis der Netzgesellschaften, Hersteller, Produkte, usw.

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Die neuen EU Grid Codes-Verordnungen stellen große Anforderungen – sie bieten aber auch neue Geschäftsmodelle.

Systemwandel aktiv gestalten!

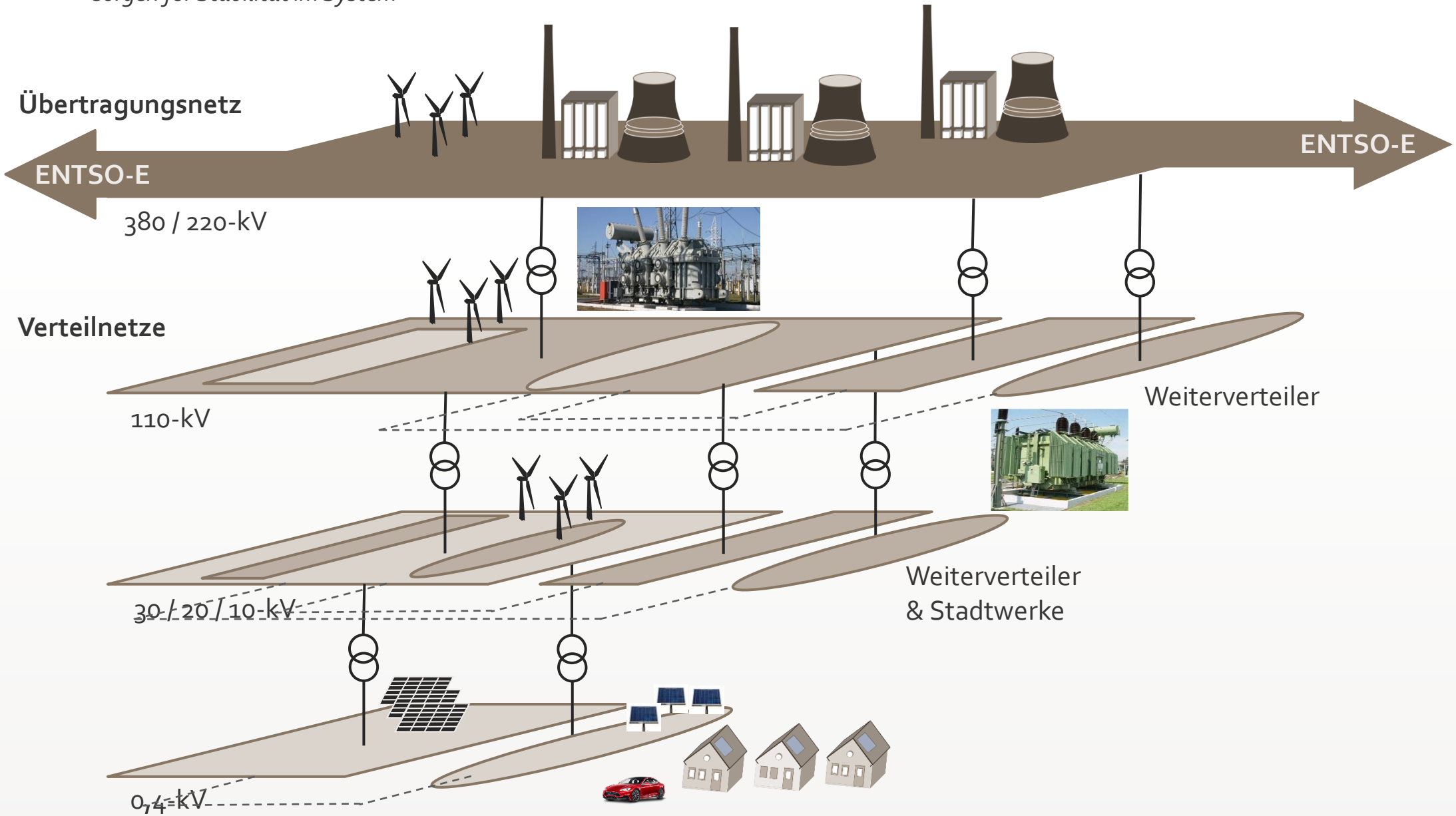


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Ausgangssituation: Die Übertragungsnetze bieten Systemdienstleistungen und sorgen für Stabilität im System

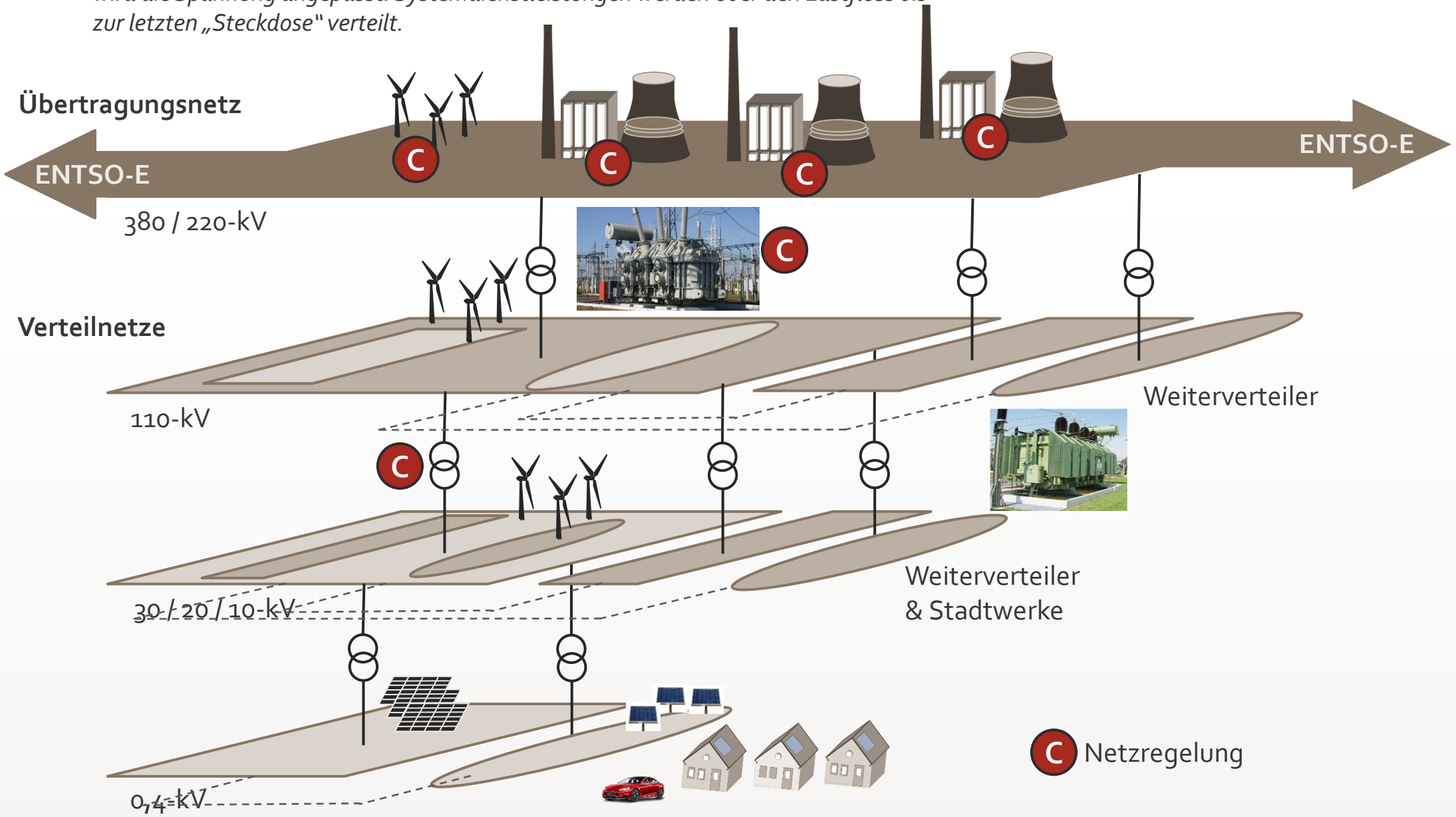


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

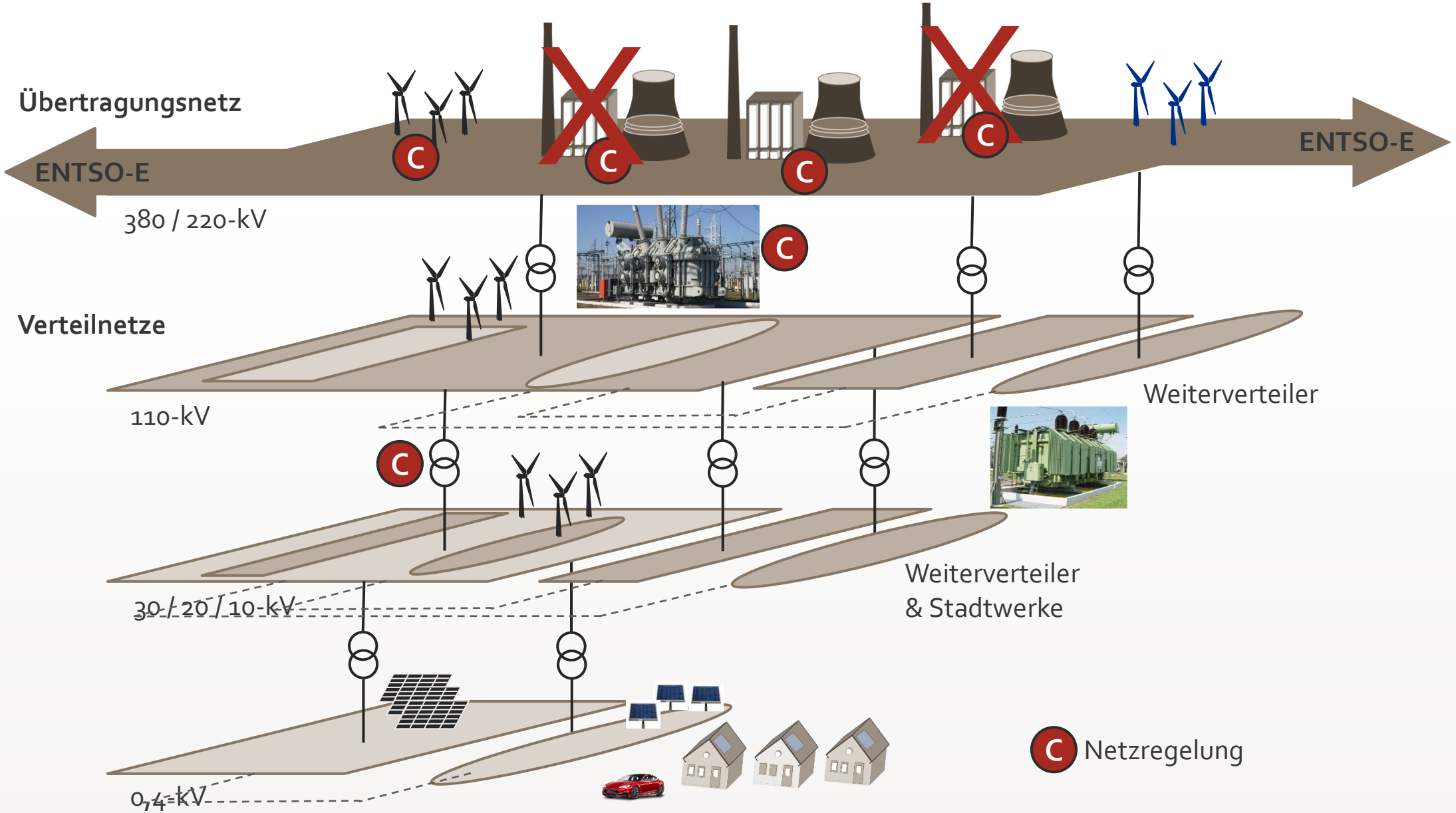
Regelaufgaben werden überwiegend im Übertragungsnetz realisiert. Im Verteilnetz wird die Spannung angepasst. Systemdienstleistungen werden über den Lastfluss bis zur letzten „Steckdose" verteilt.



© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Seit einigen Jahren werden große Erzeugungseinheiten vom Netz genommen.

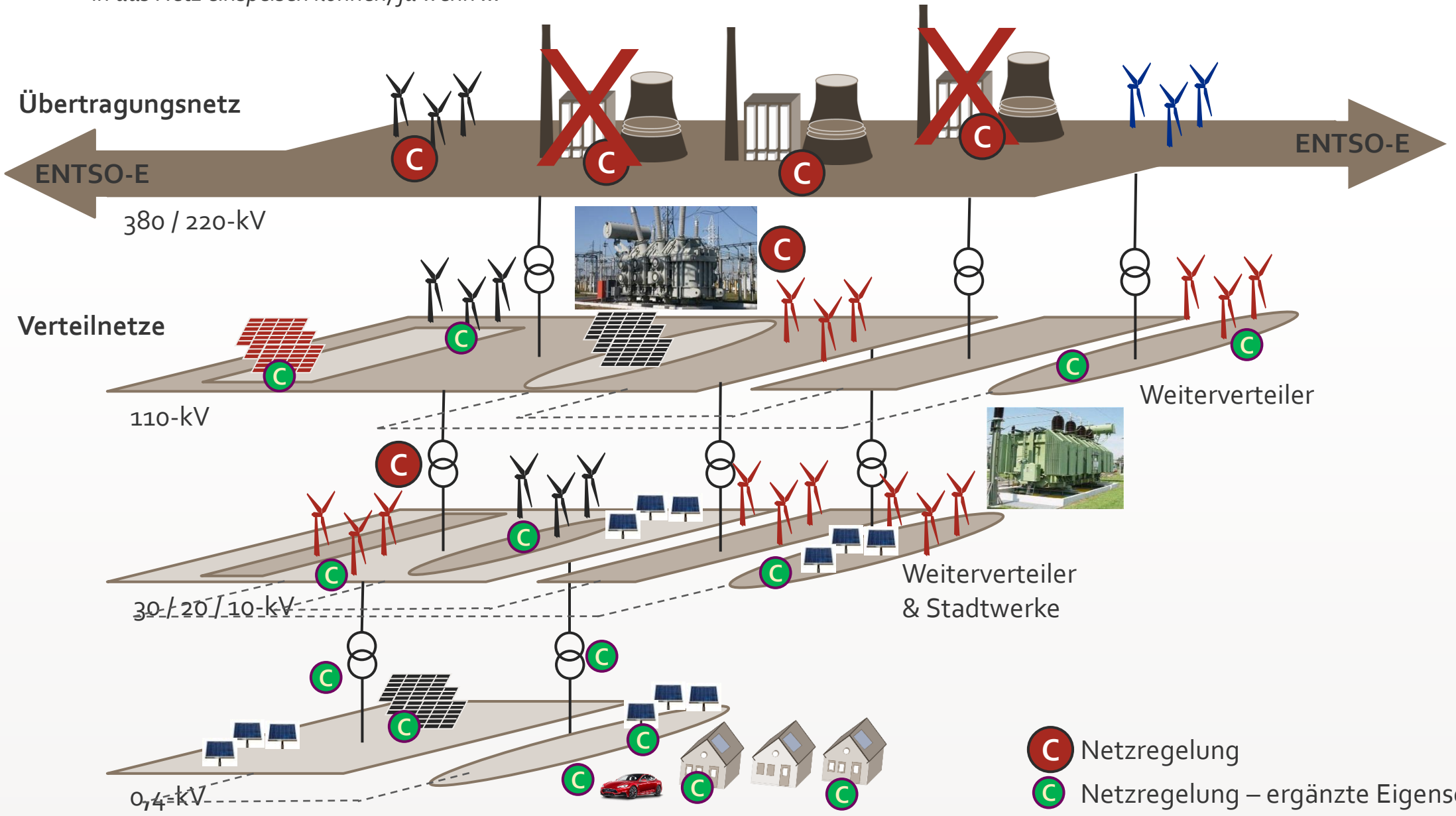


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Im Verteilnetz werden immer mehr Anlagen errichtet, die eine beträchtliche Leistung in das Netz einspeisen können, ja wenn …

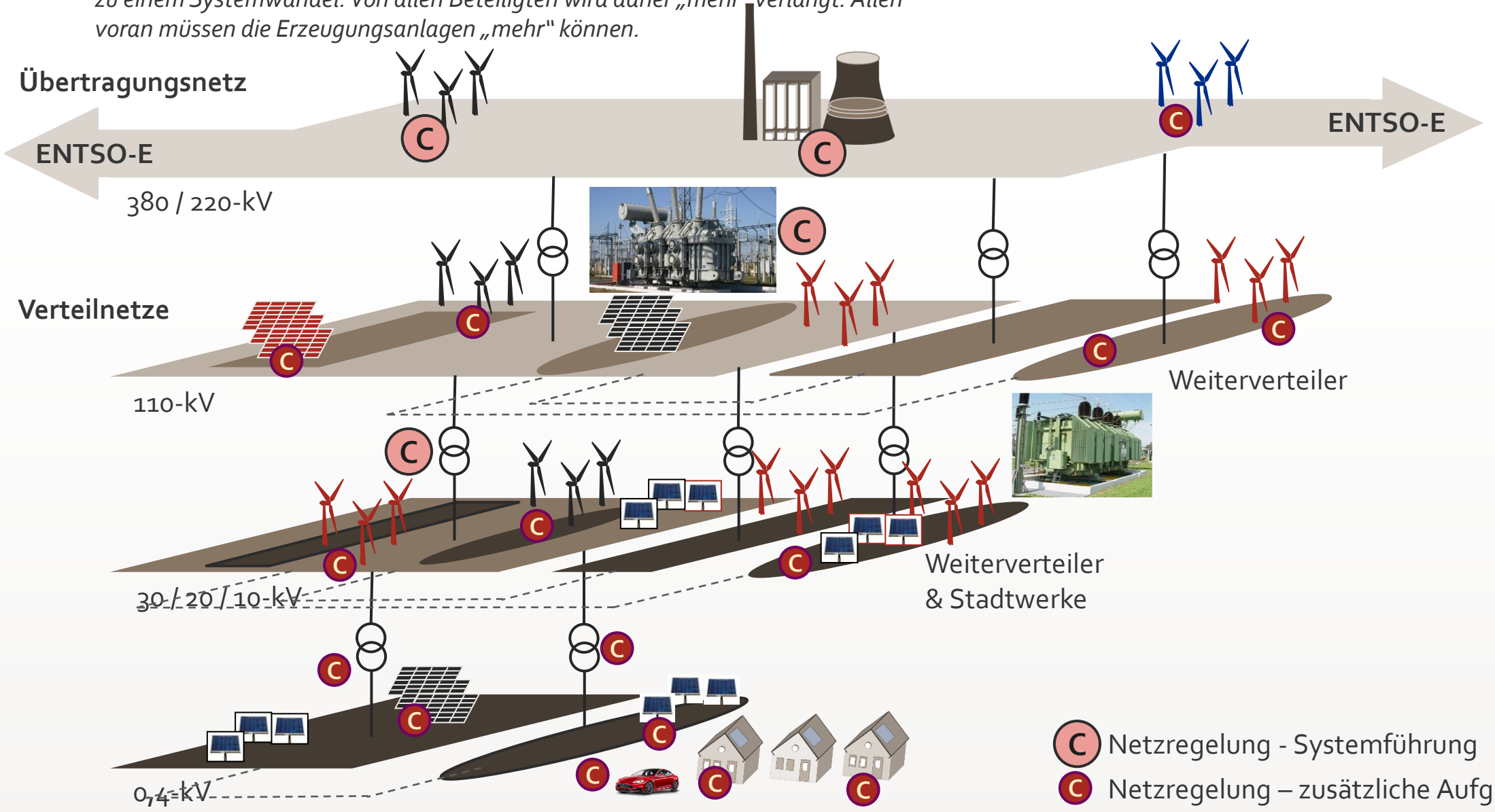


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Verteilernetze werden in die Systemverantwortung genommen. Die Erbringung von Systemdienstleistungen wandert ebenfalls signifikant in die Verteilernetze. Das führt zu einem Systemwandel. Von allen Beteiligten wird daher „mehr" verlangt. Allen voran müssen die Erzeugungsanlagen „mehr" können.

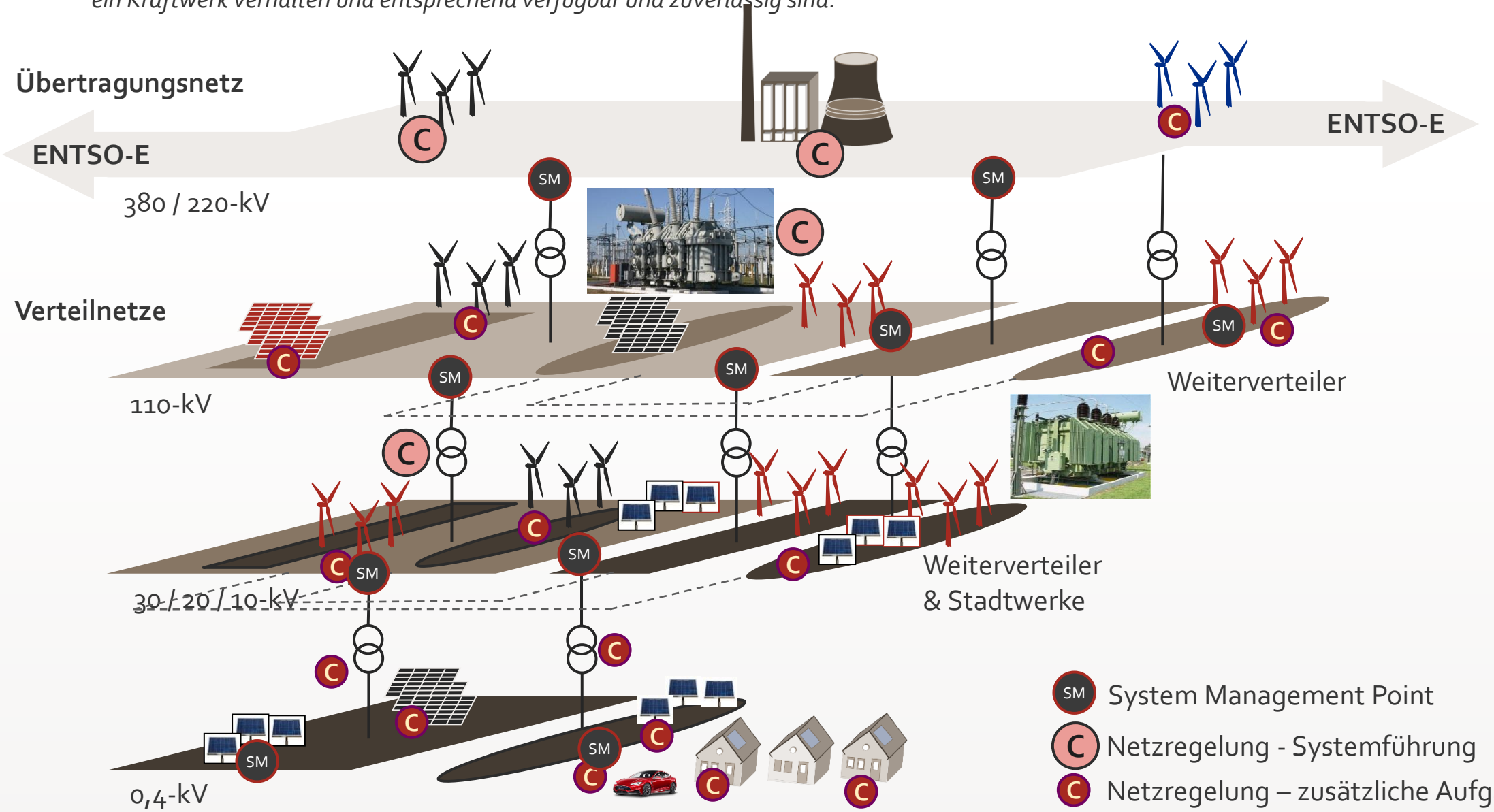


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Der fundamentale Systemwandel führt auch dazu, dass an „Connection Points" kraftwerksähnliche „Strukturen" entstehen müssen, die im Gesamtkontext sich wie ein Kraftwerk verhalten und entsprechend verfügbar und zuverlässig sind.



Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

RfG (Requirements for Generators) Anforderungen – Korrektur ~~04.2017~~ 05.10.2017

Typ D
~~ab 75 MW~~ ~~**50 MVA**~~ **45 MW**

Typ C
~~ab 50 MW~~ ~~**40 MVA**~~ **36 MW**

Typ B
~~ab 1 MW~~ ~~**150 kVA**~~ **135 kW**

Typ A
ab 800 W

Großräumiger Systembetrieb und Stabilität inkl. europ. Regelbetrieb

Stabile und regelbare automatische Reaktionsfähigkeit in allen Betriebszuständen

Automatische Reaktion und Unempfindlichkeit ggü. betrieblichen Ereignissen zzgl. Regelung durch Systemführer

Basisfähigkeit zur Überstehung großräumiger kritischer Vorgänge, begrenzte automatische Antwort / Regelfähigkeit

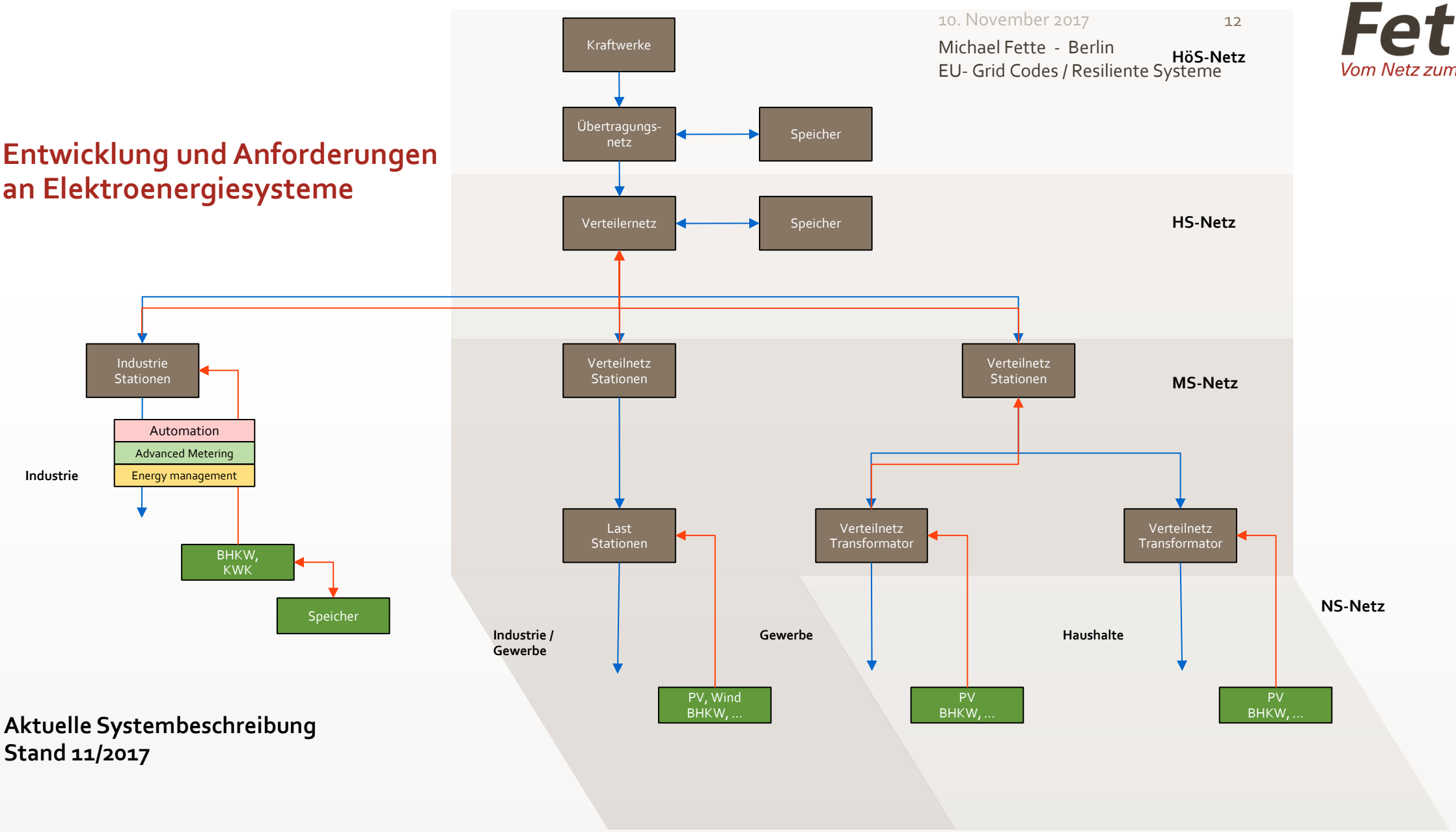
Struktur der Anforderungen der Europäischen Network Codes nach Leistungsklassen muss in die nationale Struktur überführt werden

Quelle: 20151215_Suckow-FNN_Umsetzung-europ-NC_BDEW-Workshop

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



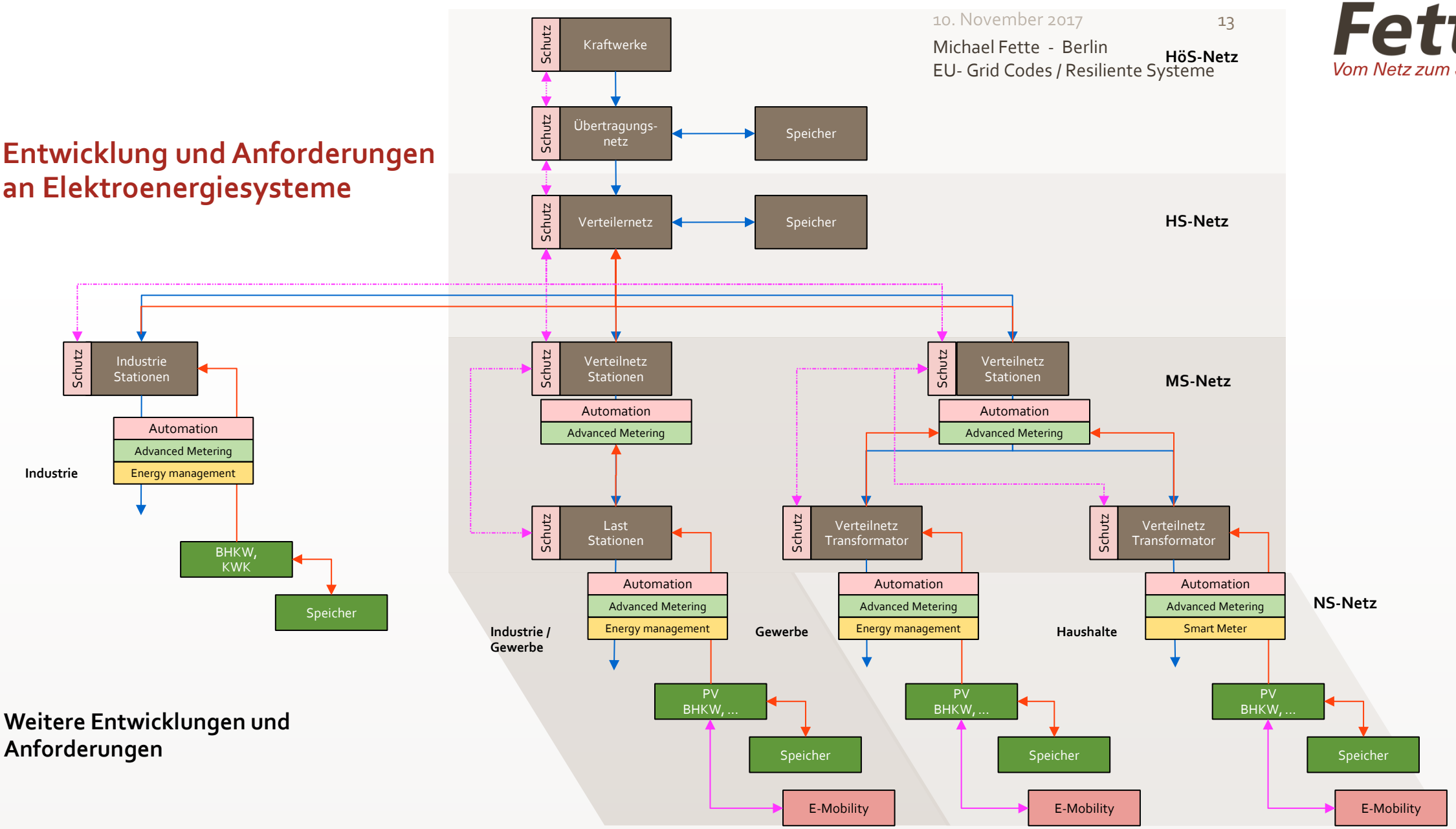
Aktuelle Systembeschreibung
Stand 11/2017

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



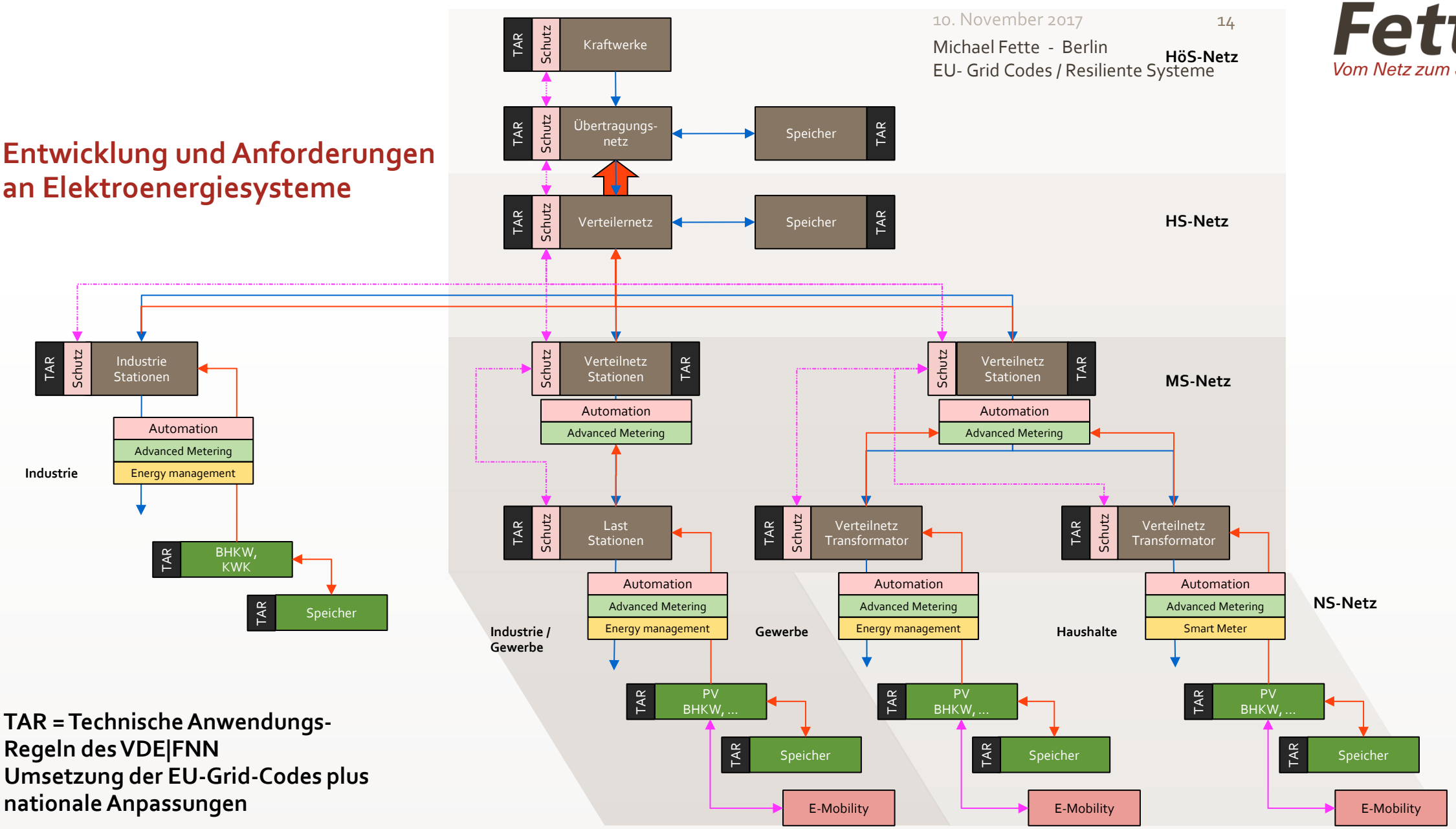
Weitere Entwicklungen und Anforderungen

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



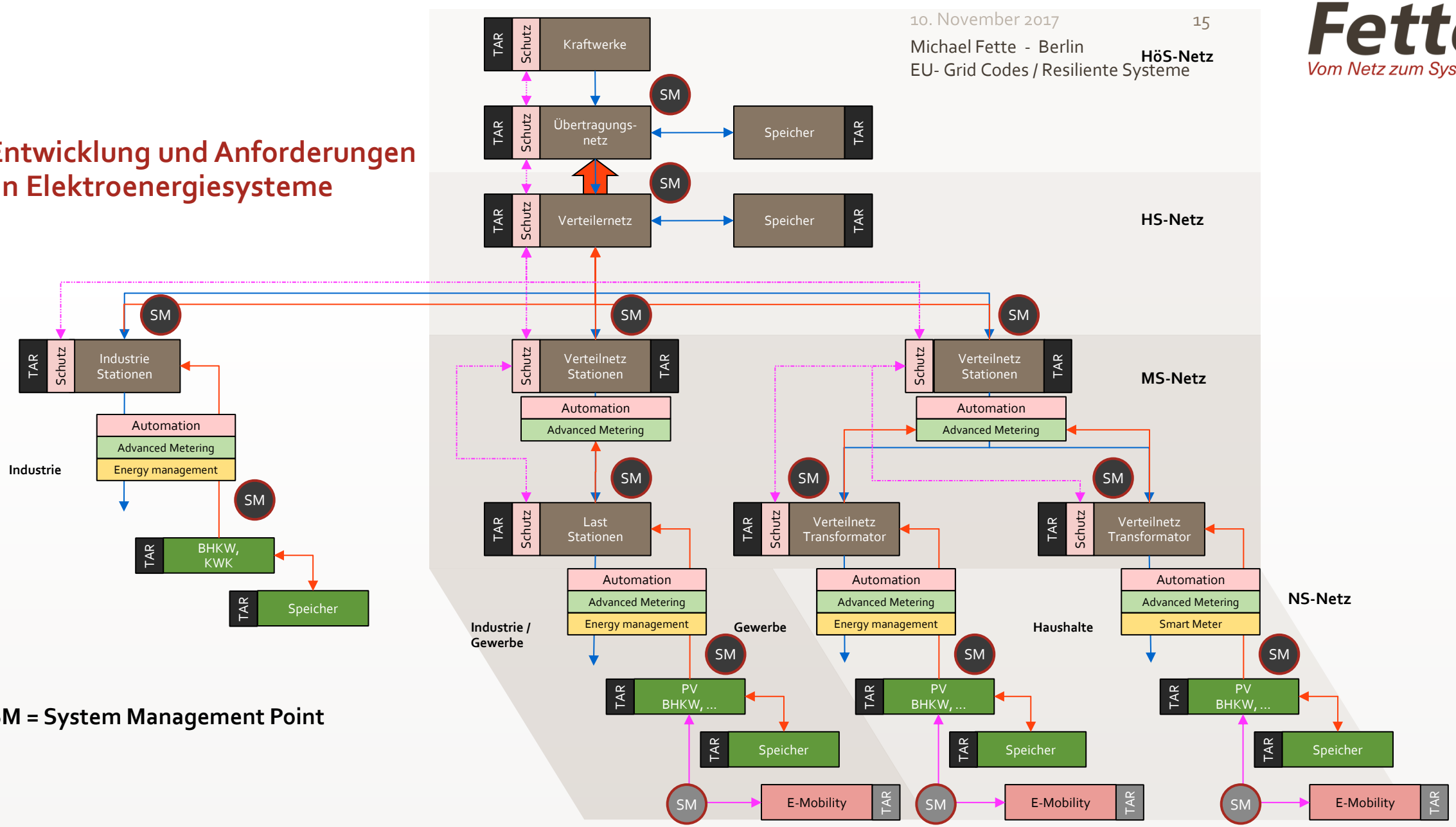
TAR = Technische Anwendungs-Regeln des VDE|FNN
Umsetzung der EU-Grid-Codes plus nationale Anpassungen

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



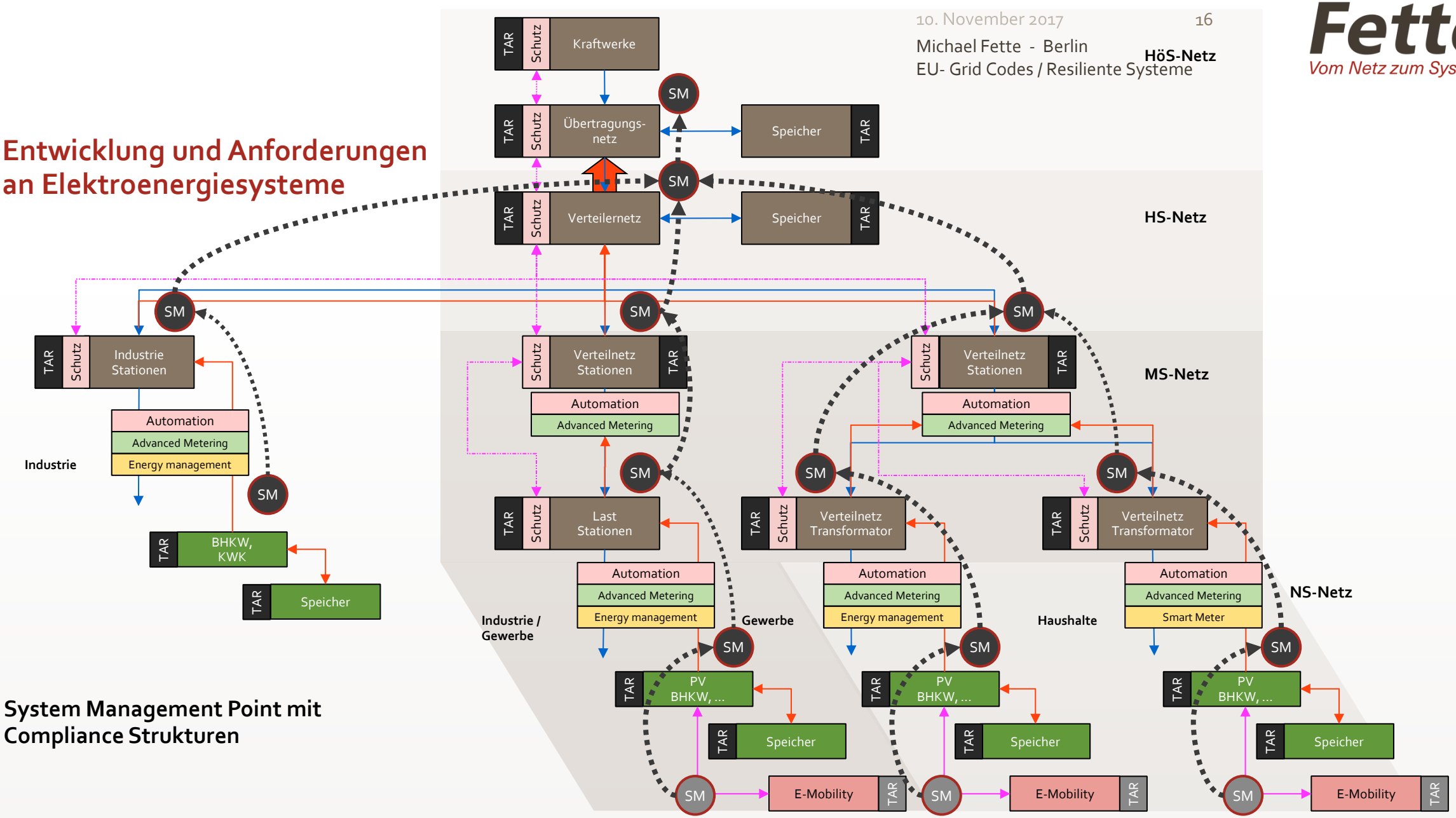
SM = System Management Point

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



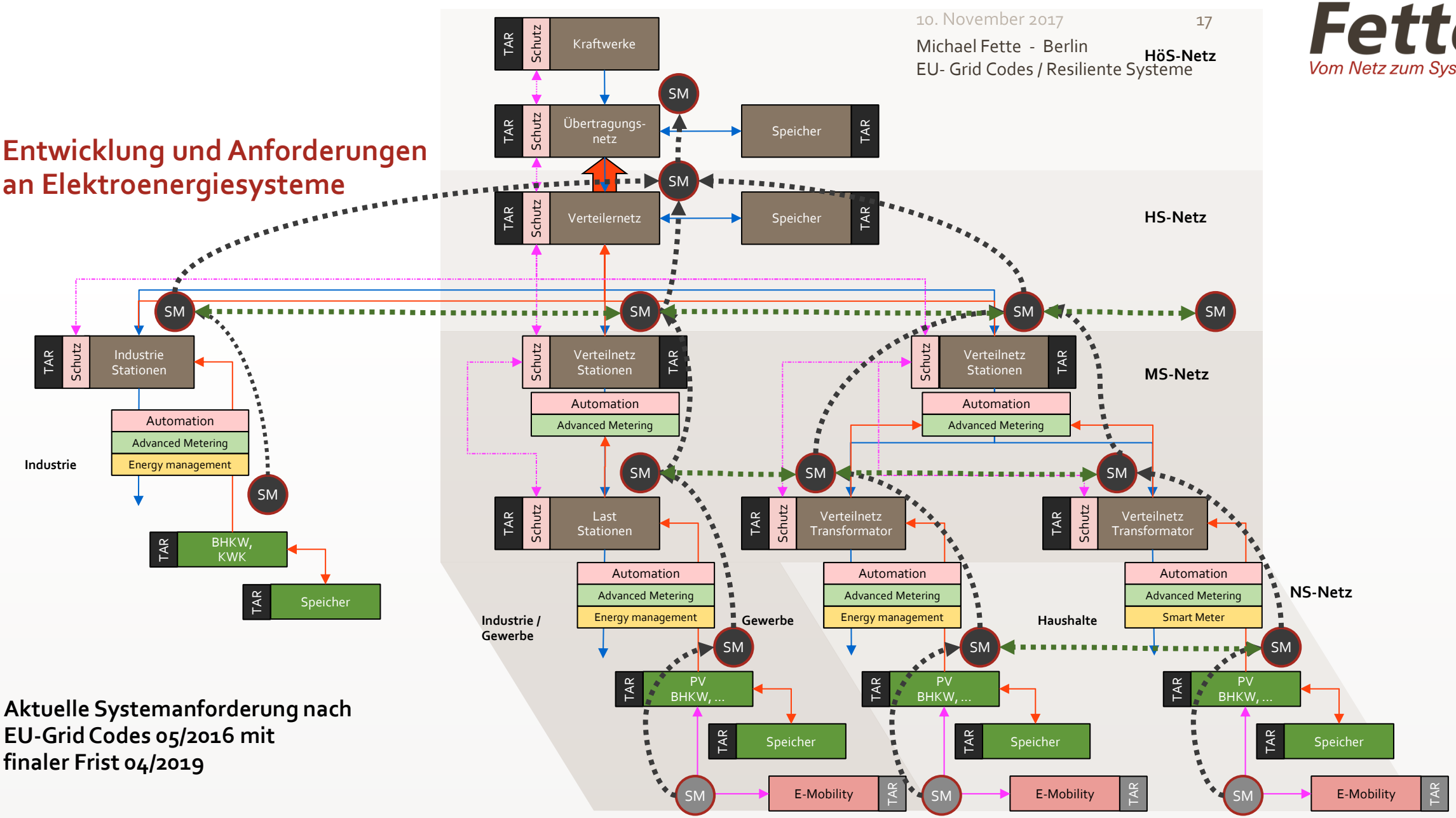
System Management Point mit Compliance Strukturen

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



Aktuelle Systemanforderung nach EU-Grid Codes 05/2016 mit finaler Frist 04/2019

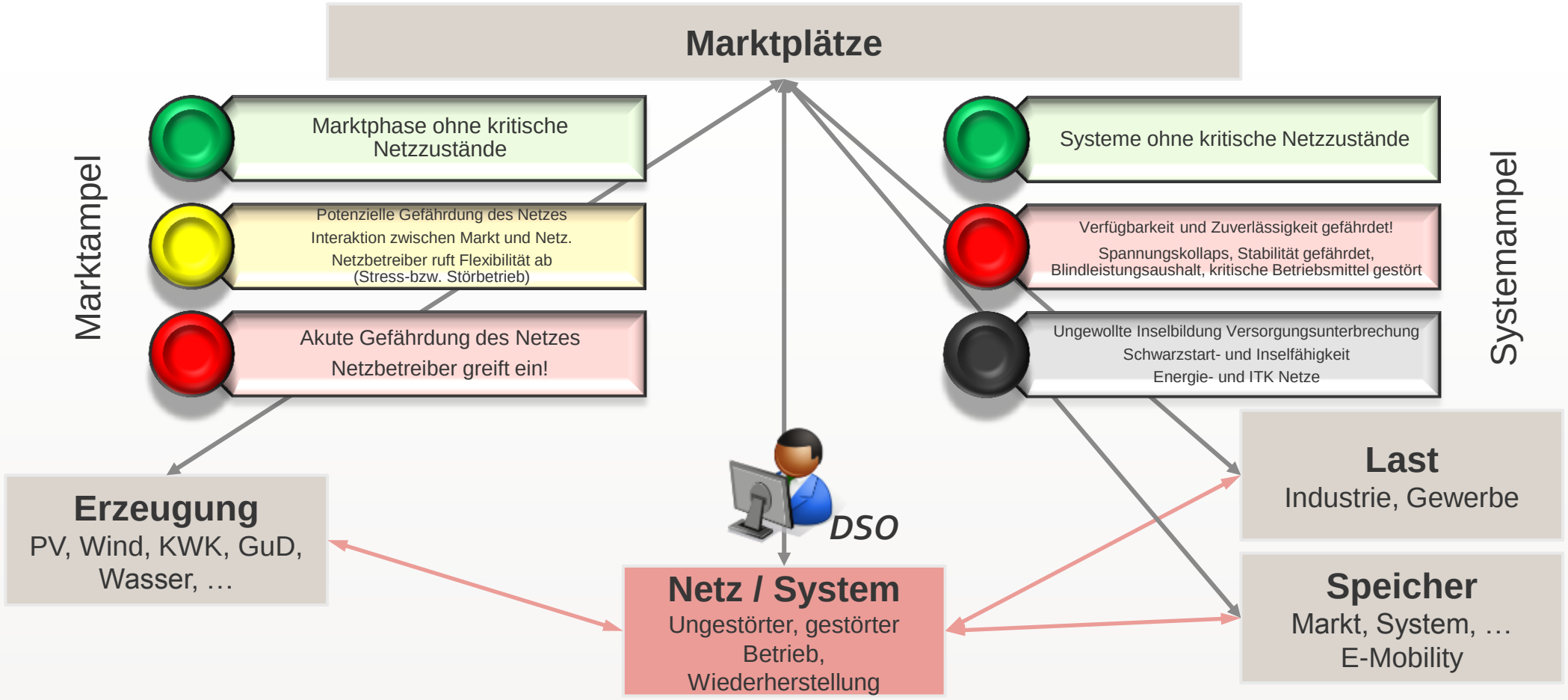
Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Das Ampelkonzept des BDEW ist marktorientiert. Es gibt aber eine Vielzahl von Situationen im Netz, die aus der Systemsicht für das System gelöst werden müssen.

Früher Netzgesellschaft – zukünftig *Systemmanager*



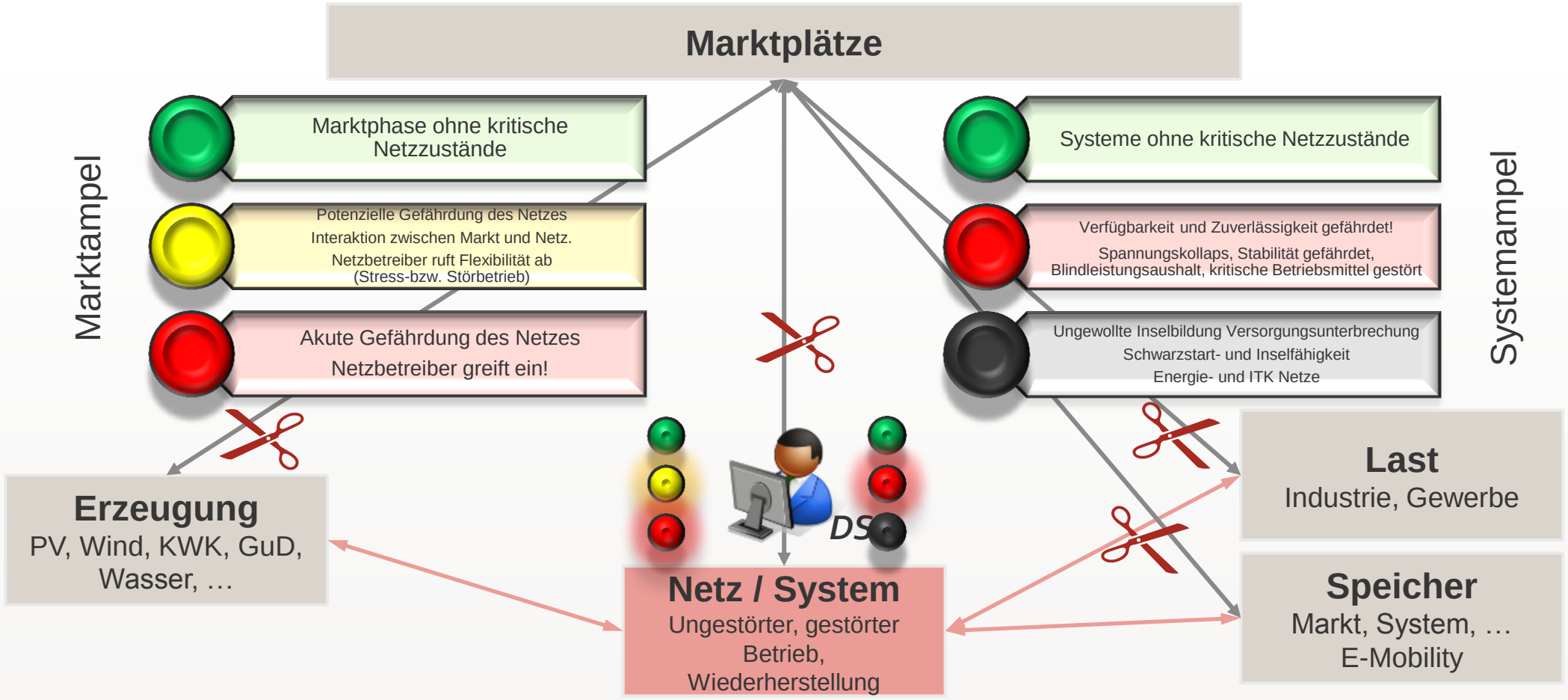
Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Das Ampelkonzept des BDEW ist marktorientiert. Es gibt aber eine Vielzahl von Situationen im Netz, die aus der Systemsicht für das System gelöst werden müssen.

Früher Netzgesellschaft – zukünftig *Systemmanager*



Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

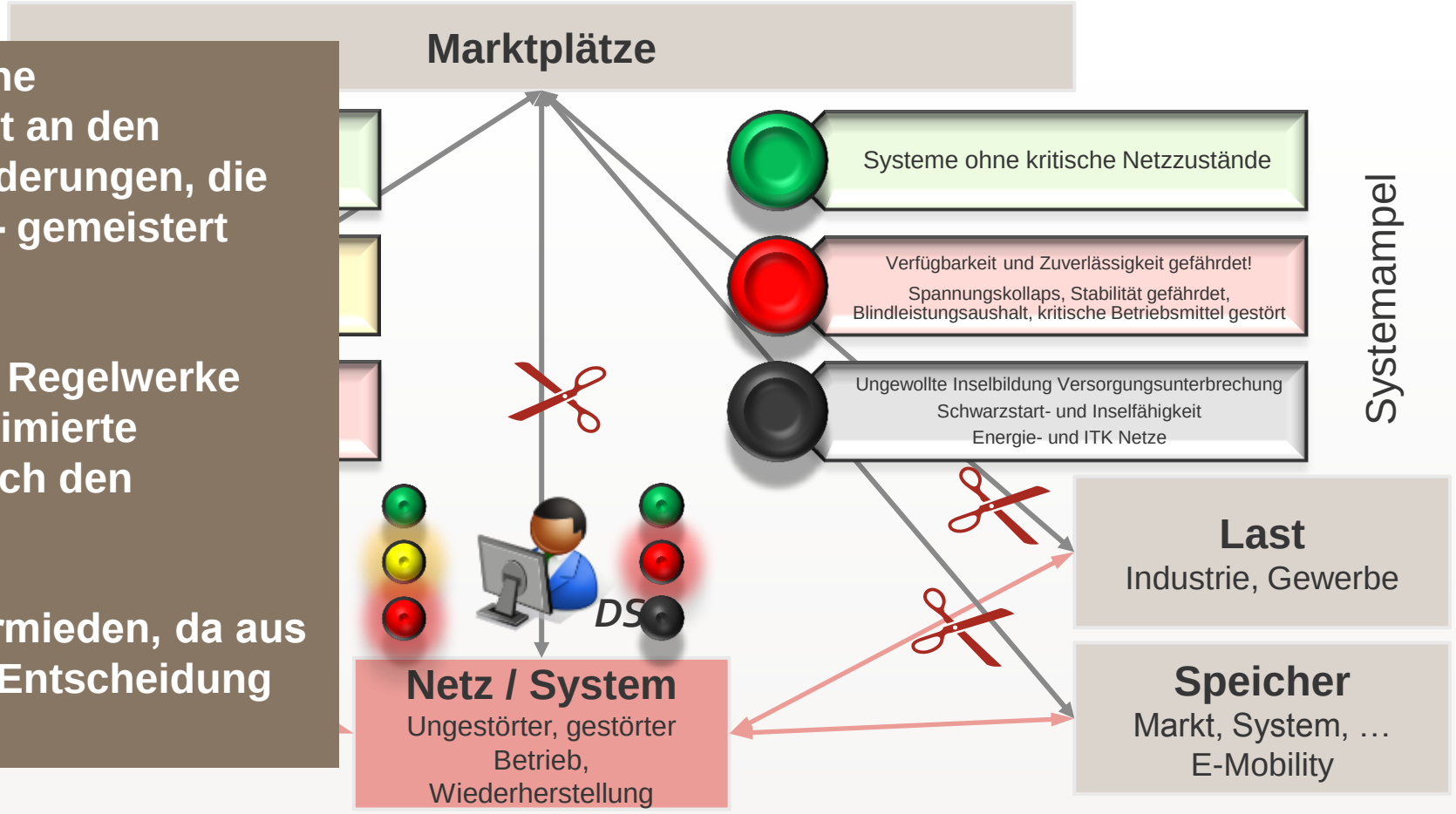
Das Ampelkonzept des BDEW ist marktorientiert. Es gibt aber eine Vielzahl von Situationen im Netz, die aus der Systemsicht für das System gelöst werden müssen.

Früher Netzgesellschaft – zukünftig *Systemmanager*

Die rechte Ampel ist eine Systemampel, orientiert an den technischen Herausforderungen, die im Netzbetrieb – lokal – gemeistert werden müssen.

Die neuen technischen Regelwerke sehen hier explizit legitimierte Eingriffsmöglichen durch den Netzbetreiber vor!

Die Farbe „gelb“ ist vermieden, da aus technischer Sicht jede Entscheidung eindeutig sein muss.

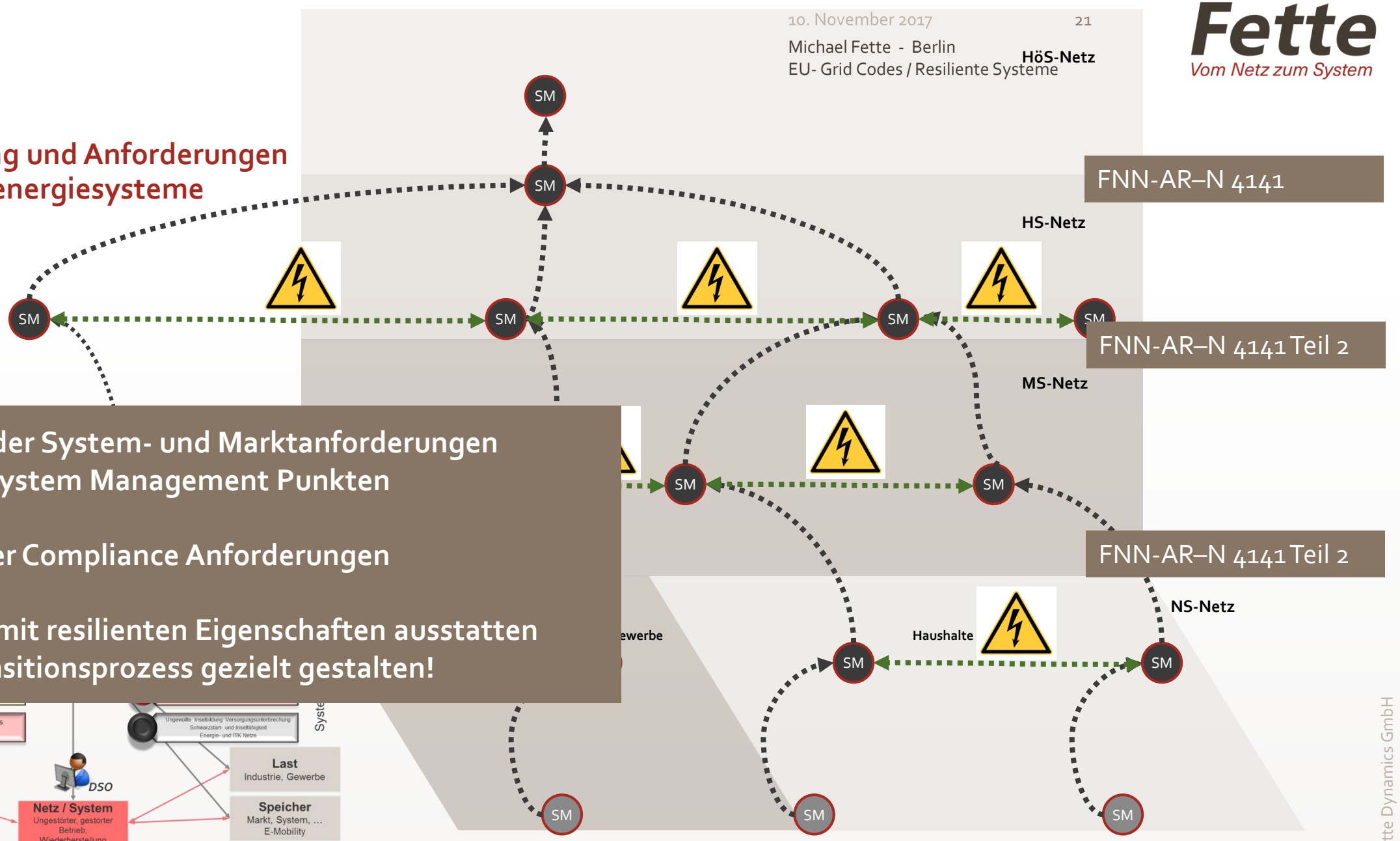


Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Entwicklung und Anforderungen an Elektroenergiesysteme



Realisierung der System- und Marktanforderungen an den SM - System Management Punkten

Einhaltung der Compliance Anforderungen

Chance: SM mit resilienten Eigenschaften ausstatten
Transitionsprozess gezielt gestalten!

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Wichtige Regelwerke und Verordnungen im Umfeld

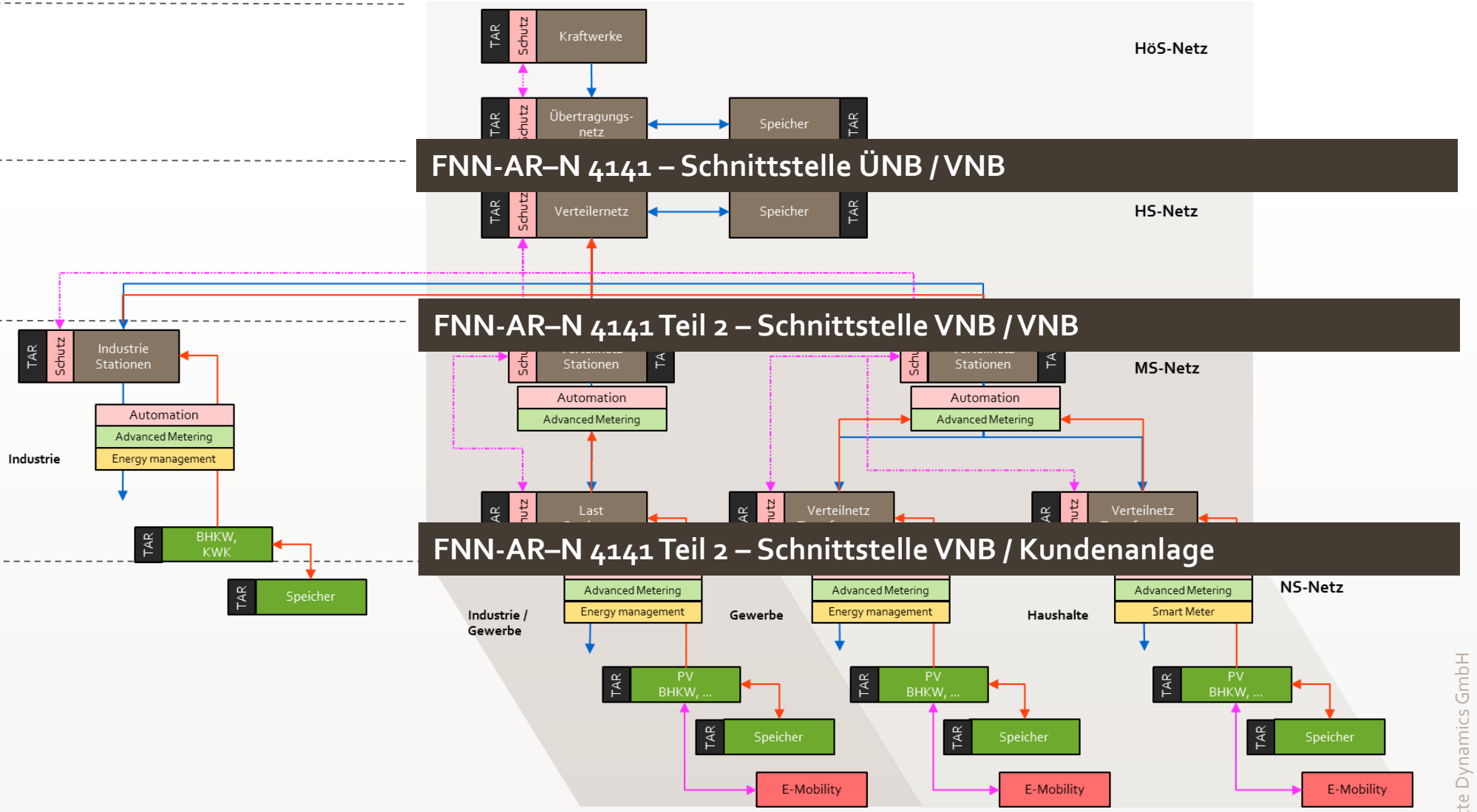
EU-VO 2016/631 + weitere
ISO/IEC 31000ff, 31019ff

TAR 4130
AR-N 4141

TAR 4120
AR-N 4141 Teil 2

TAR 4110
AR-N 4141 Teil 2
- ISO 9001:2015
- ISMS ISO/IEC 27001:2013
- ISO/IEC 27019:2013
- KRITIS
- ISO/IEC 31000ff, 31019ff

TAR 4105
AR-N 4141 Teil 2
- ISO 9001:2015
- ISMS ISO/IEC 27001:2013
- ISO/IEC 27019:2013
- KRITIS
- ISO/IEC 31000ff, 31019ff



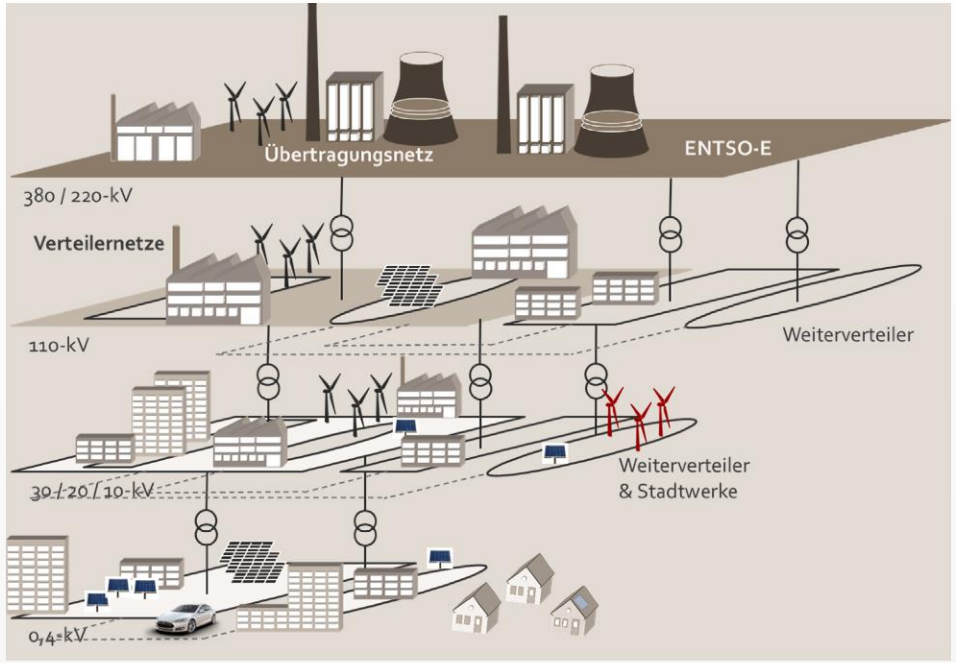
Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Grundsätzliche Aussagen

- Verteilnetze werden in Verantwortung genommen
- Grundlegend neues Systemmanagement
- Umsetzung der technischen Anforderungen in neuen oder angepassten VDE|FNN Technischen Anwendungsregeln (TAR)
  - 4100 – Niederspannung
  - 4105 – Niederspannung
  - 4110 – Mittelspannung
  - 4120 – Hochspannung
  - 4130 – Höchstspannung
  - 4141 – Schnittstellen

- Richtlinien
  - Sind miteinander technisch koordiniert
  - Alle Begriffe und Definitionen sind angepasst - Compliance!
  - Spezifika der Spannungsebenen



© Fette Dynamics GmbH

Was passiert heute eigentlich in der Realität, wenn viele Wechselrichter der heutigen Generation am Netz arbeiten?
Dazu ein Praxisbeispiel.

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Nice picture of a big solar plant in Southern Europe.

Was passiert, wenn viele Wechselrichter zusammenarbeiten und das Netz seine Eigenschaften ändert?

Interaction Processes Solar Park (South France)

Asset life time estimation

- Example: Large solar park
- Operation time app. **2,5 years**

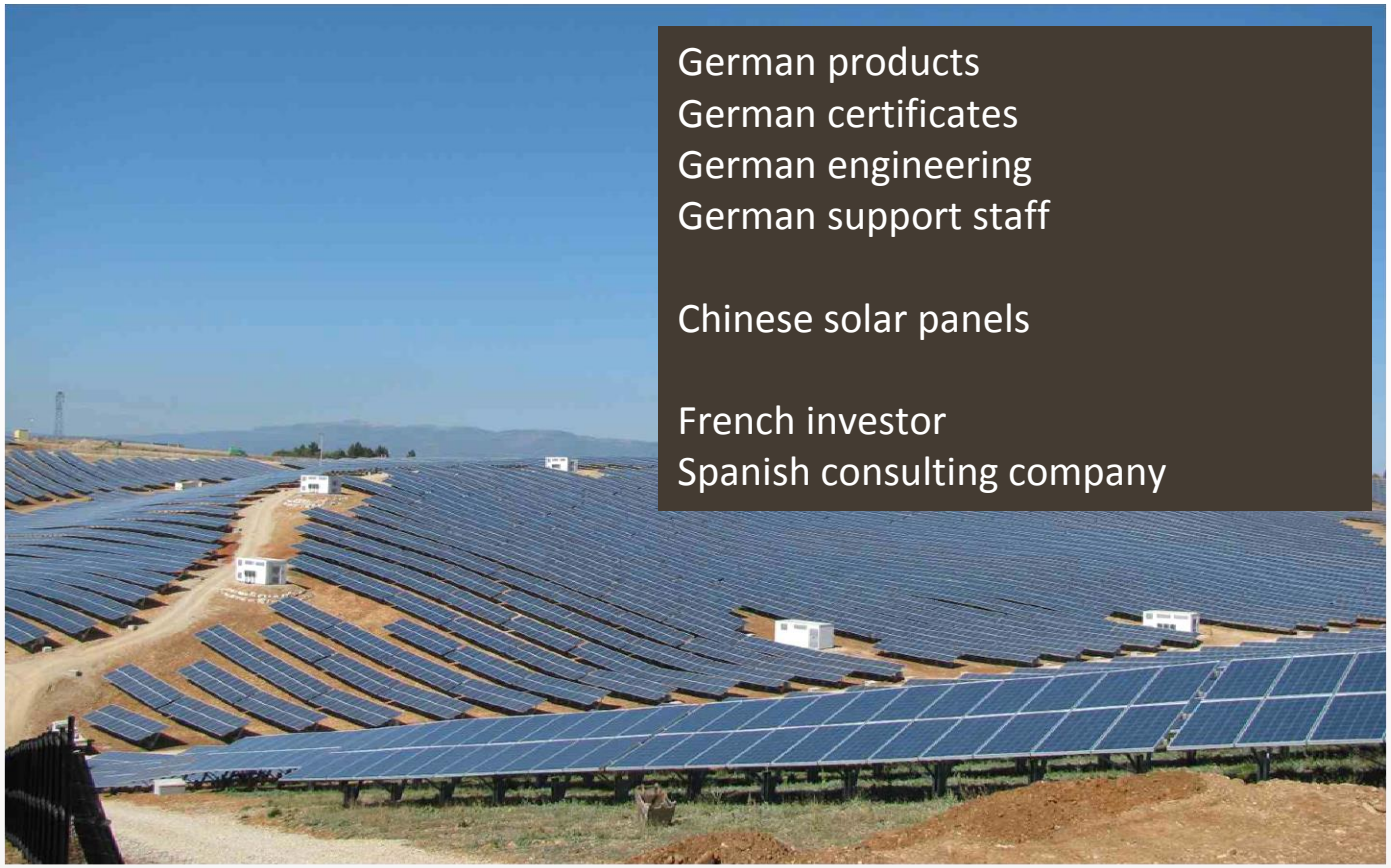
- Our Task: „The" question to be solved:

  15 from 9 transformers burnt!

  What is the reason?

- Analysis of Grid Dynamics gives the necessary answers!

- Repaired Transformers – life time: **2 weaks**!



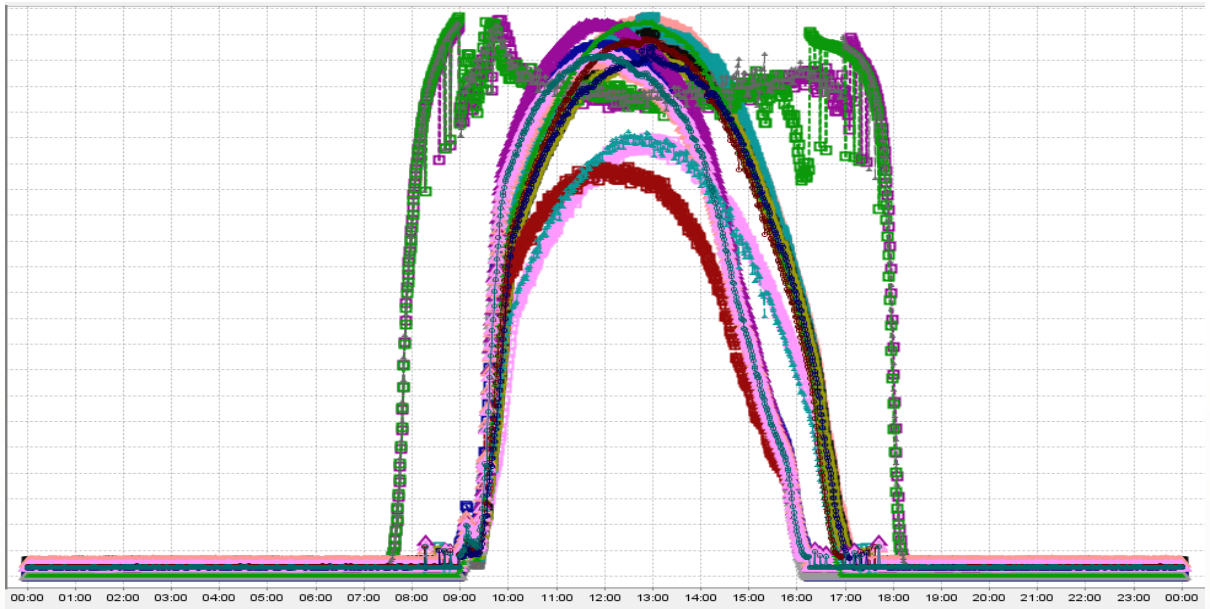
© Fette Dynamics GmbH

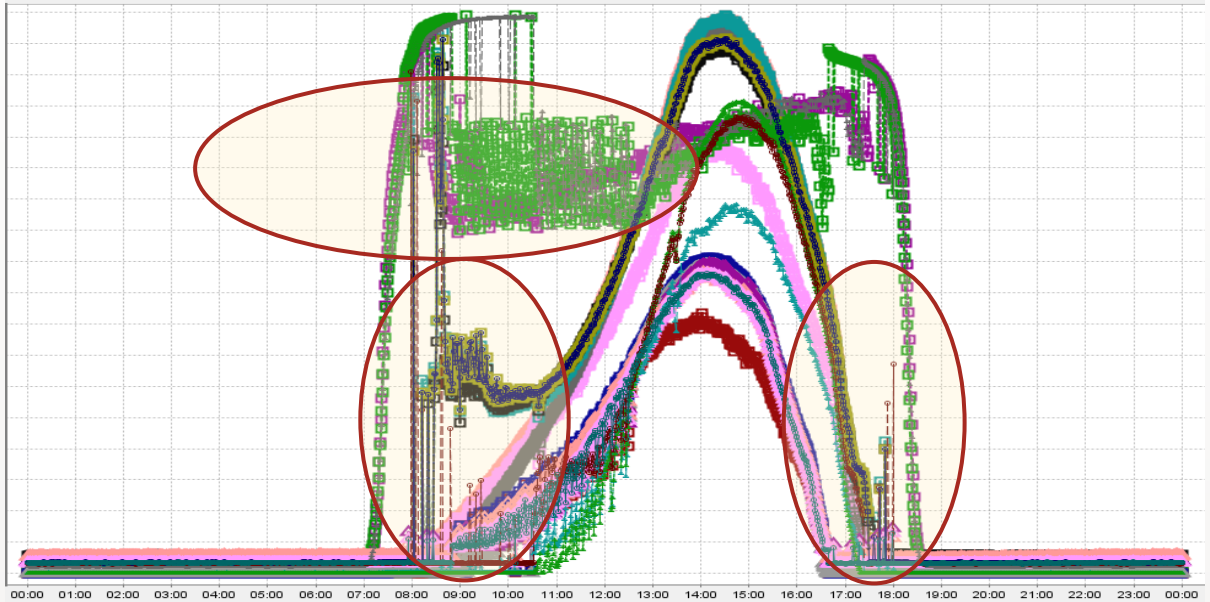
Fette
Vom Netz zum System

What happens, when a grid will be dominated by converters?

Measures from the SCADA-System – two different days

Above:	Behavior of the plant after a period of 0,5 years operating time
Down:	Behavior of the plant immediately after starting a further part in the direct neighborhood
Remark:	Everything is tested! Everything is certified!
Red curve:	Solar irradiation





Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

10 – the scaling factor for transformers with such kind of loadings.

Result of PQ-Measurements according to ANSI C 57.100

Malfunction of the Converters via Interaction Processes

- Red Curve: Solar Irradiation
- Other colours: currents

- Within the red labeled areas, a hugh amount of reactive power will be interchanged between the converters.

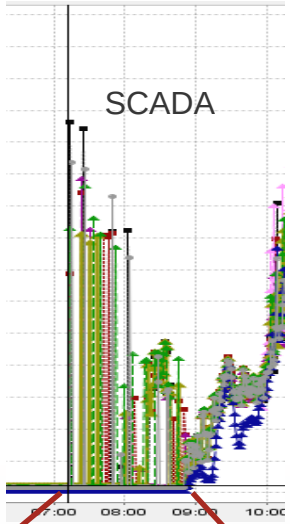
- **Transformers must be scaled up for such a load type by a faktor of 10, or the must be reduced up to a load level app. 20%**

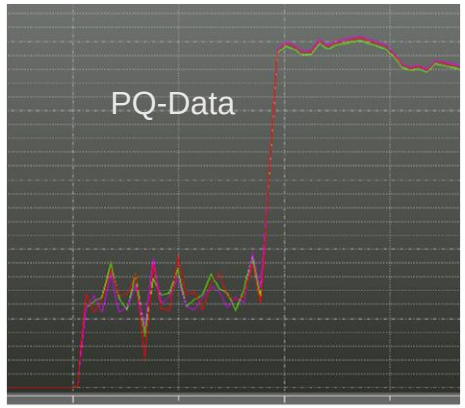
  Factor: *10* (ANSI C.57.110 – worst case)

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Converters detect their neighbours as the grid and try to deliver them energy. - That will not work!





Dynamical Interactions

- SCADA-Systems do not give any inside into the real behavior
- Power Quality Analysis according to e.g. EN 50160 does not help – the standard is limited to some frequencies only and uses averaging processes.
- Low frequency processes with big time constants.
- Currents behave like DC-currents.

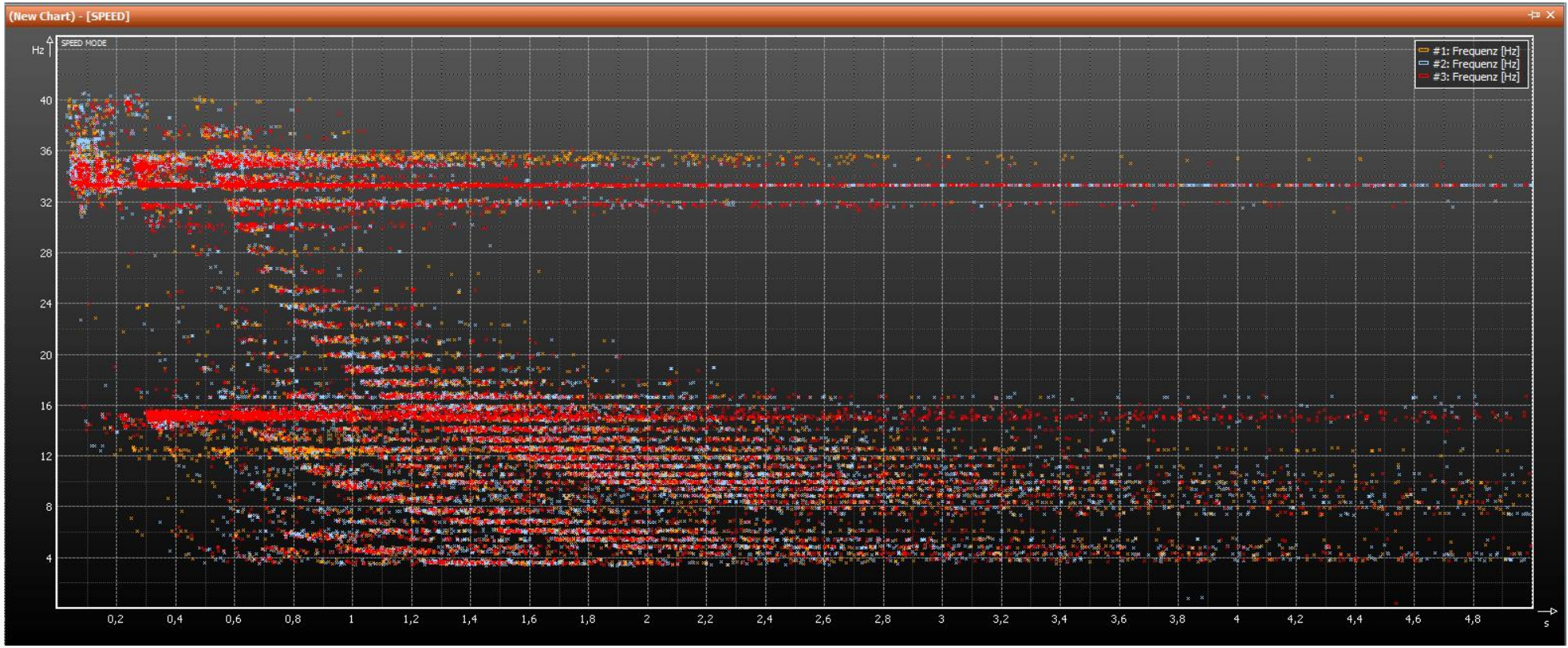
- ***Assets will be destroyed by overload in the morning and evening hours – with „zero"-classical load conditions.***

Loading of the system is immense!
Thank`s to e.Power Quality Standards, the world is in order! - Or not?

Frequeny-Distributions vs. Duration of Events

- Complete measurement interval.
- Color code with respect to 3 different measurement periods.

- Frequencies from 0 to 45 Hz
- Durations from 0 to 5 seconds
- Some interacting processes lasted more than some minutes!



- Frequency bands are visible clearly.
- Reflexions could be obervered – analogously to the old analog TV-sets, where the pictures were disturbed, when the characteristic wave impedance was not matched to each other.
- The frequency band are typical for devices and manufacturers – we have a lot of „patterns" from the grid, to find solutions very fast. **The associated aging behavior is now well known by us!**

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

110-kV Grid with Industrial Loads

Disturbances with 184 kV prior to our measurements

Industrial Plant – Well known Premium Car Manufacturer

- A lot of dynamics will be exported from the manufacturing process into the grid
- The marked areas will generate in power quality analysis the value ZERO.

Everything seems to be in order!

But the complete grid area has problems!

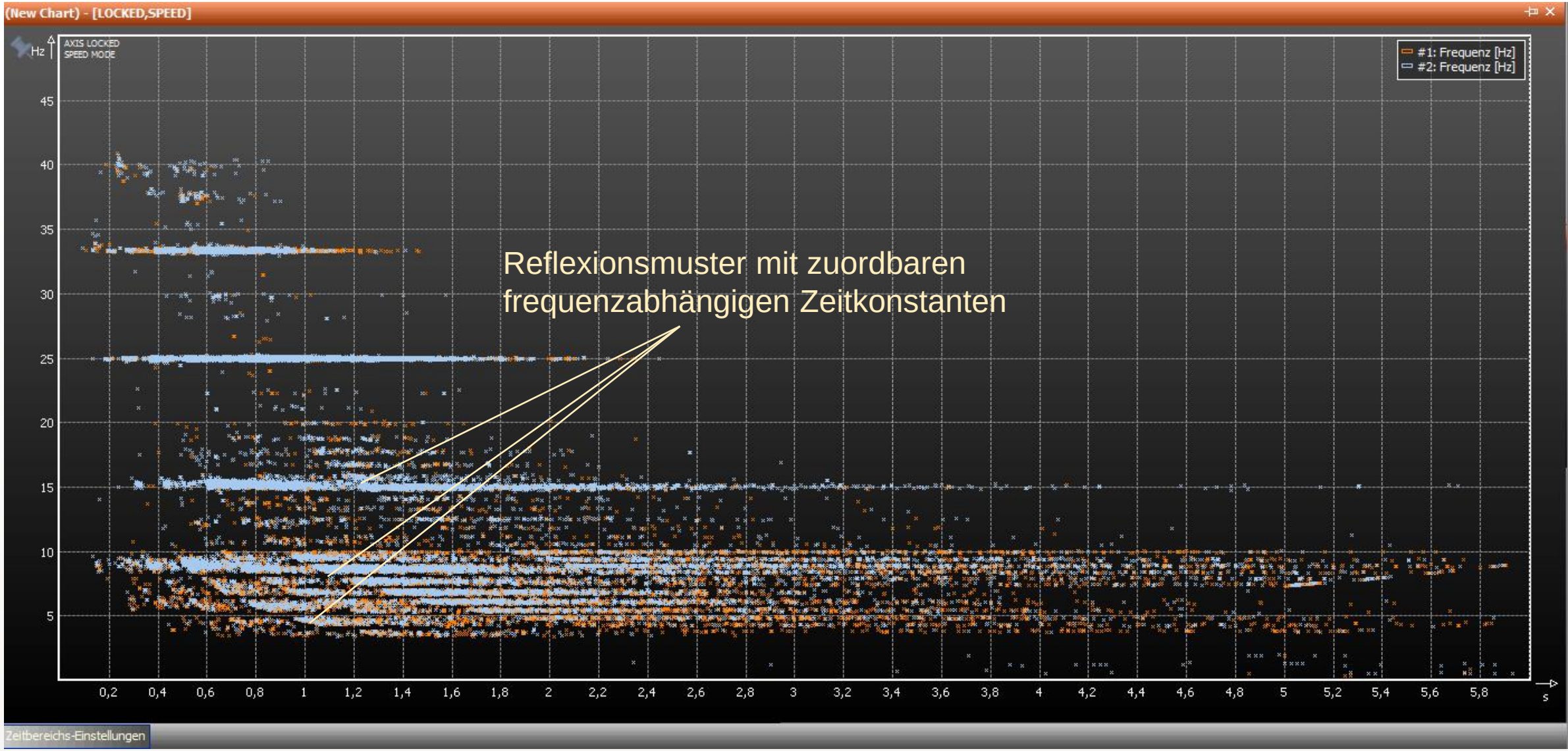
Don´t think the renewables generate the problems, only!

60 to 70 % of the actual disturbances of that kind are generated by industrial plants!!!

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Frequency-Patterns – 20-kV-Grid Germany



Reflexionsmuster mit zuordbaren frequenzabhängigen Zeitkonstanten

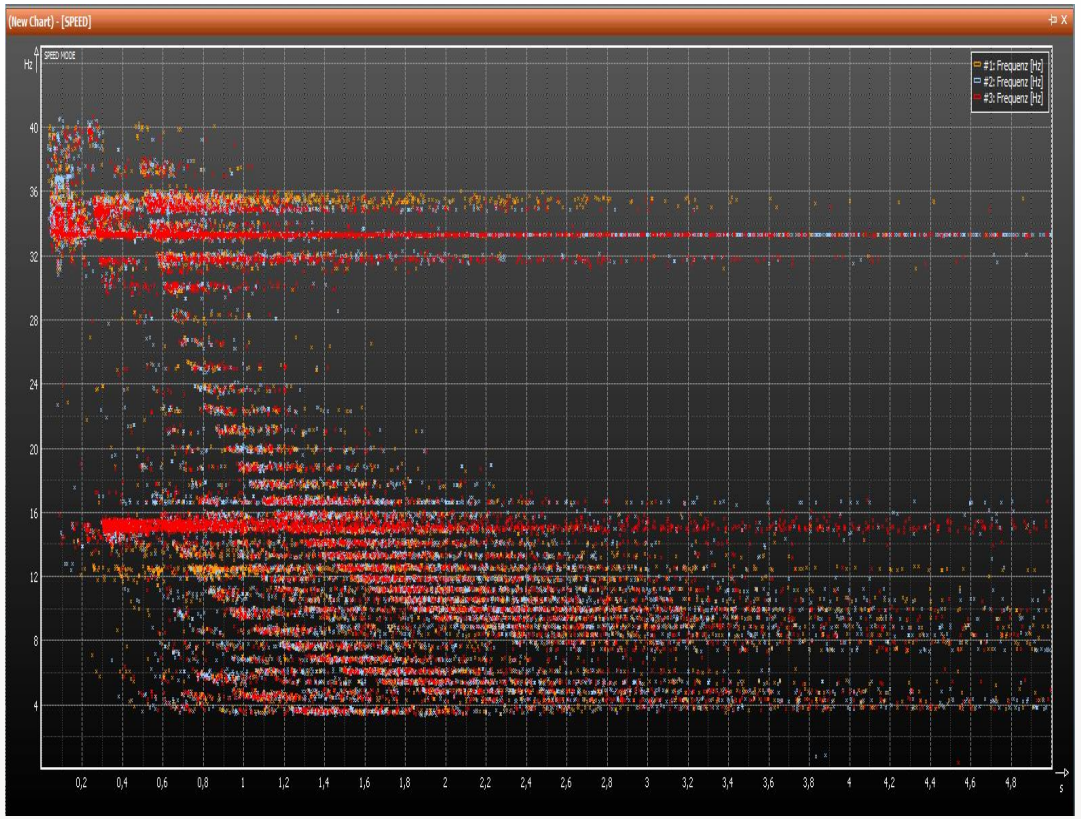
Fette
Vom Netz zum System

Spezifische Frequenzmuster mit unterschiedlichen Konsequenzen für Netz und Betriebsmittel – alle Anlagen sind Bestandteil des Systems!

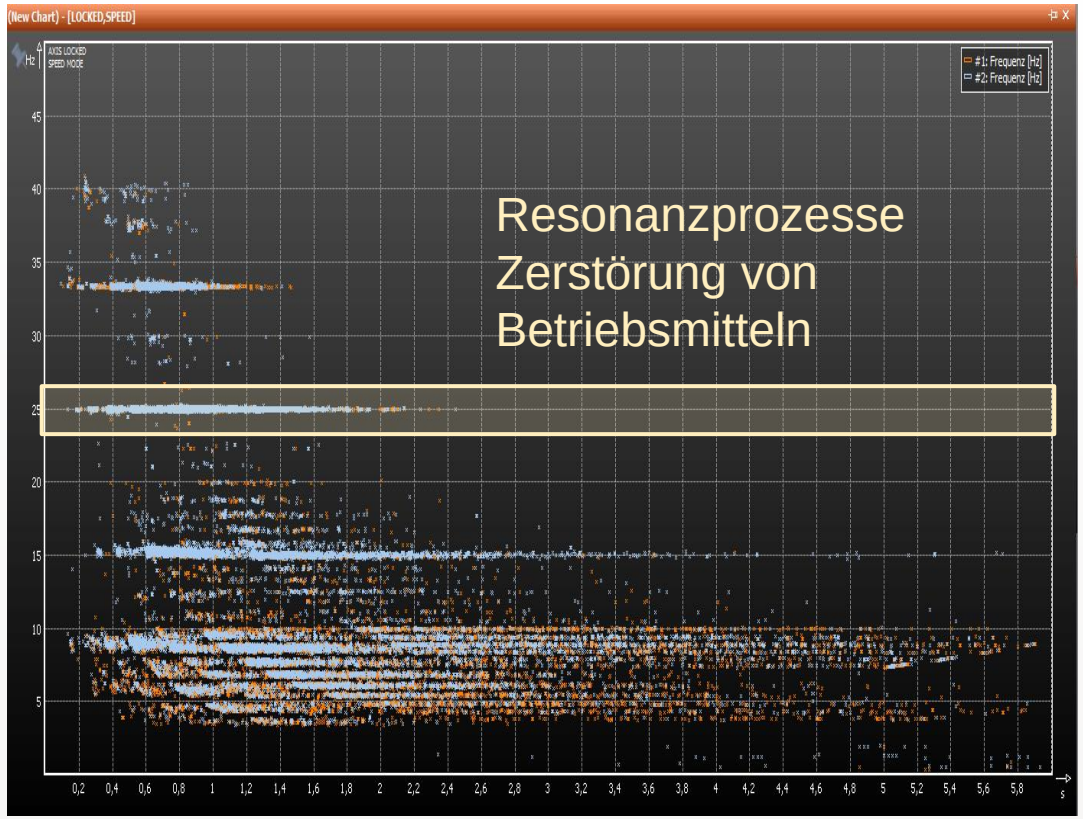
Süd-Frankreich ist weit weg? Unser Netz ist anders?

(Frequenz über Oszillationsdauer-Diagramm)

Süd-Frankreich – PV-Anlage (2016)



Deutschland – Mittelspannungsnetz (2015)



Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Konsequenz

Mit diesem Systemverhalten sind resiliente Eigenschaften der Systeme nicht erreichbar!

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Konsequenz

- Um resiliente Eigenschaften zu erreichen, muss eine neue Generation Wechselrichter entwickelt werden.
- Überlegungen des FNN gehen in die Richtung, dass perspektivisch wechselwirkungsfreie / - arme Betriebsmittel im System notwendig sind.

- Aktuell werden die Anforderungen der EU-Grid-Codes umgesetzt, die in der Praxis schon jetzt eine „Revolution" darstellen.
- Eine Umstellung der Netze auf eine vollständige Realisierung der Grid Codes wird viele Jahre benötigen!

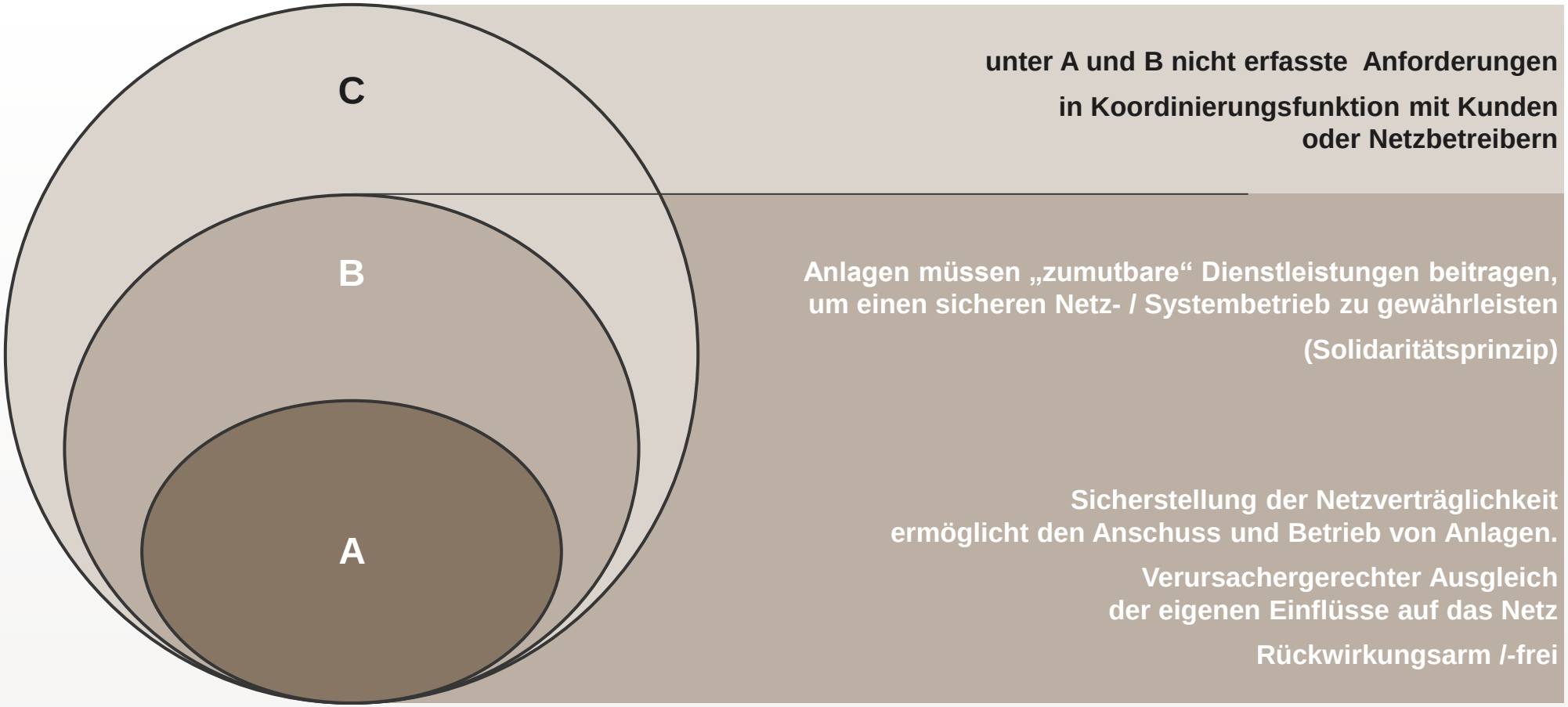
- Die Erbringung und das Management von Systemdienstleistungen muss in allen Betriebsarten des Systems funktionieren (ungestörter , gestörter, Wiederherstellungs-Betrieb).
- Ohne neue Marktmodelle / Marktanreize wird das nicht funktionieren.

© Fette Dynamics GmbH

Zukünftig: Neue Anforderungen an Eigenschaften der Geräte und Anlagen im Zusammenspiel miteinander.

Die aktuelle Technologie-Generation ist unter anderen Bedingungen entwickelt worden. Geräte am Netz! Was ist am???

Abgrenzung von Mindestanforderungen und Zusatzleistungen (marktfähig)



© Fette Dynamics GmbH

Dezentrale Systeme – etwas Theorie

- „Input-Output Analysis of Large-Scale Interconnected Systems – Decomposition, Well-Posedness and Stability"

  M. Vidyasagar
  (Lecture Notes in Control and Information Sciences, Springer-Verlag, 1981)

  „A subsystem level analysis can produce sufficient conditions for stability and sufficient conditions for instability, *but not necessary and sufficient conditions.*"

- Untersucht wurden lineare Systeme. Mit der Einführung neuer Regelstrukturen verändert man die Stabilität des Systems maßgeblich. Damit entstehen durch Regelungskonzepte neue Risiken!

- Die Idee und die Konsequenzen müssen in der Umsetzung beachtet werden!
- Achtung: Unterschiedliche Zeitkonstanten – Risiko: Bifurkationsverhalten
  (IEEE Voltage Stability Assessment, Procedures and Guides, 2001)

© Fette Dynamics GmbH

Der Wandel vom Netz zum System!

Das neue Systemmanagement-Center kann die Aufgaben Schritt für Schritt übernehmen – ganz im Sinne eines Konversionsprozesses

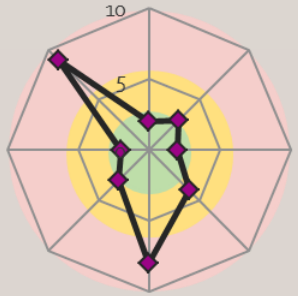
ORCA® vs. SCADA-Systeme – Neues aufbauen – Bewährtes erhalten!

Systemmanagement-Center

ORCA®

Zuverlässigkeit ***Verfügbarkeit***

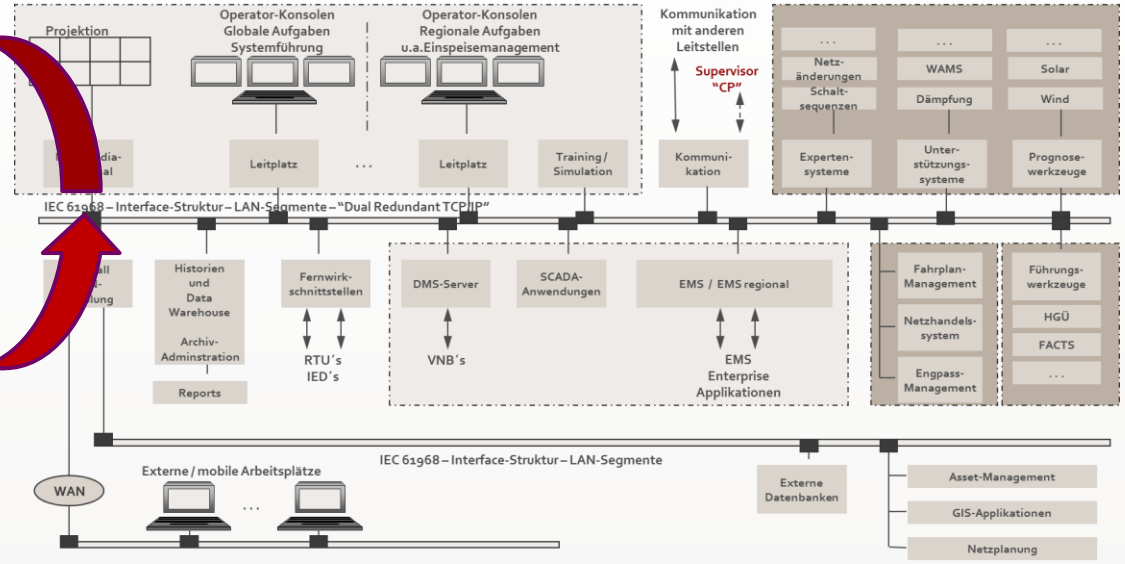
Systemmanager



Technik *Umwelt*
Image *Sicherheit*
Recht *Organisation*
Qualität *Effizienz*

EUIPO AMT DER EUROPÄISCHEN UNION FÜR GEISTIGES EIGENTUM *# 016189524*

DSO-Leitsystem mit übergeordneten Aufgaben



Vom Netz zum System

Netz

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit Ihres Netzes mit ORCA®
Die modulare, offene Lösung für den Wandel ins Systemmanagement!

ORCA®

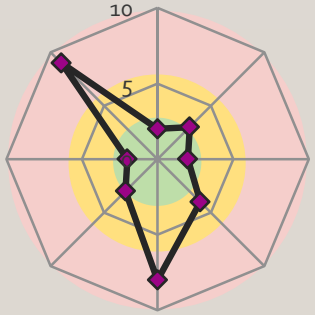
Zuverlässigkeit ***Verfügbarkeit***

"VNB / ÜNB" "SMP"

Kommunikation

Center für Innovationen

Systemmanager



Technik ***Umwelt***
Image ***Sicherheit***
Recht ***Organisation***
Qualität ***Effizienz***

Verträge

DMS / EMS Netz-Management Anwendungen
(Verteilnetz- / Energiemanagement Industrie und Gewerbe)

Upgrade ins Systemmanagement

IT Service-Center

System Management Point – Center

Center für Sicherheits-Anwendungen (IT, ISMS, ...)

Center für Zivil-Schutz

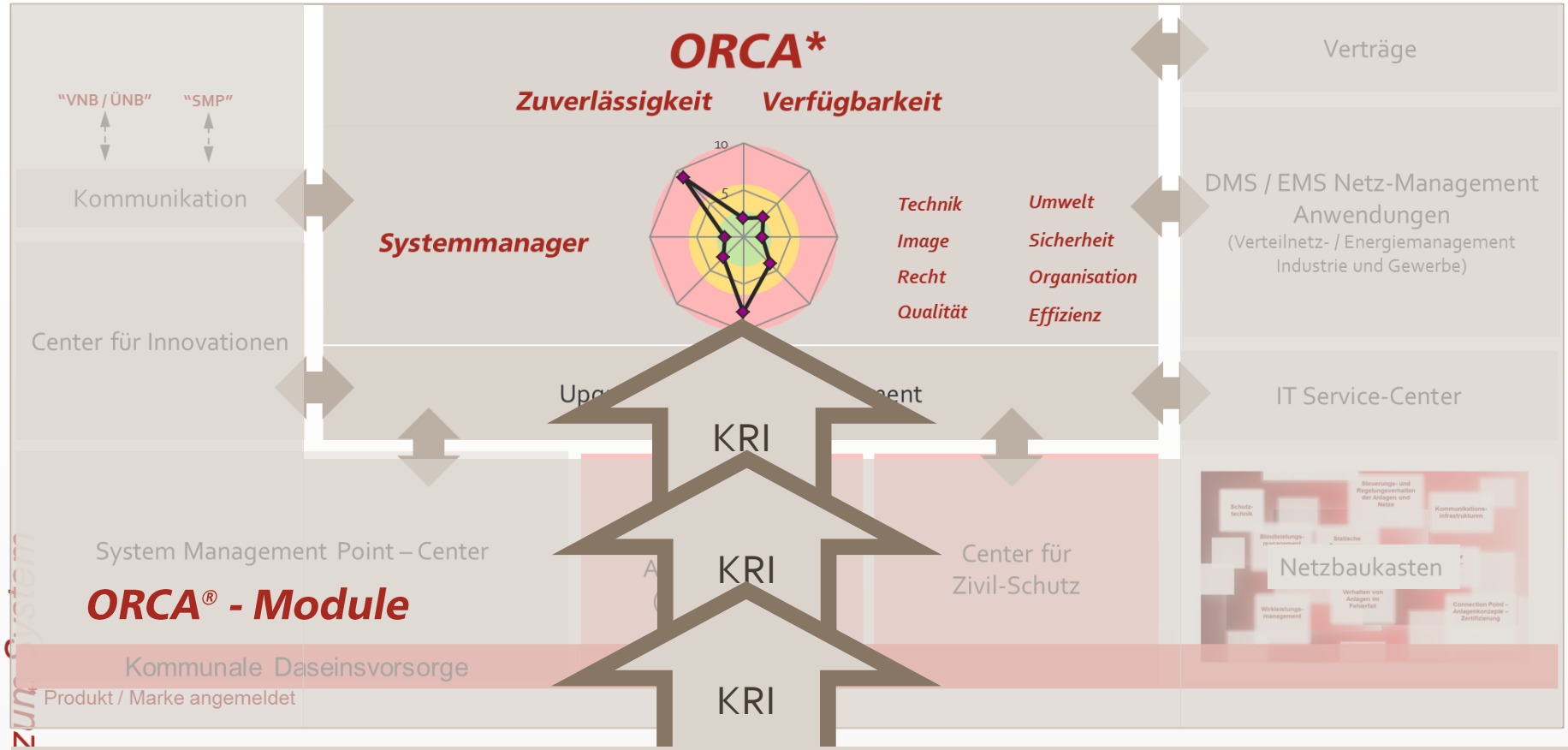
Kommunale Daseinsvorsorge

* Lizenzprodukt / registrierte Marke

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit mit ORCA®



Sicherheit, Zuverlässigkeit

- Nicht autorisierte Inselbildung
- Dynamische Eigenschaften
- Koordinierung Schutztechnik
- Schutztechnik, Betriebsmittel, Wechselrichter, Regelungseinrichtungen
- Alterungsprozesse
- Modellbildung

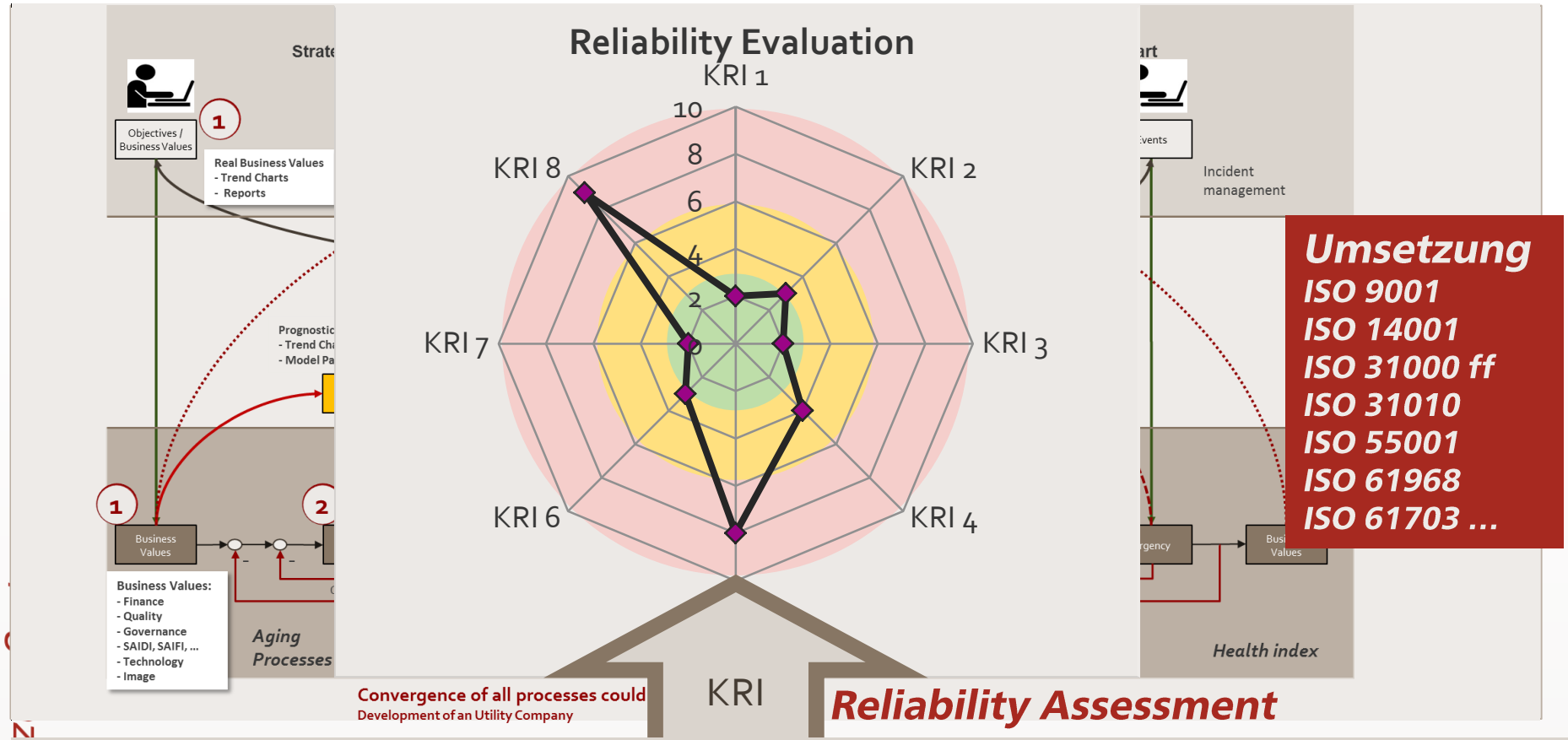
Neues Wissen bewertet!

KRI 1: KRI 2: KRI 3: KRI 4: KRI 5:	EU Grid Code – Monitoring Umsetzung Verordnung EU 2016/1388	KRI 6: KRI 7: KRI 8: KRI 9: KRI 10:	Alterungsprozesse ISO 55001	KRI 11: KRI 12: KRI 13: KRI 14: KRI 15:	Stabilität – Modellierung RfG / DCC
	Alterungsprozesse		Stabilität – Modellierung RfG / DCC		Alterung – Health Index
					Industrieanlagen

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

ORCA® basiert auf ISO-Richtlinien



Reliability Assessment

Umsetzung
ISO 9001
ISO 14001
ISO 31000 ff
ISO 31010
ISO 55001
ISO 61968
ISO 61703 ...

ORCA®-KRI

ISO 31000 – Risk Management
ISO 31010 – Risk Assessment Techniques

ISO 55001 – Asset Management

- 4.2 Understanding the needs and expectations of the stakeholders
- 4.4 Asset management system
- 6.1 Actions to address risks and opportunities for the asset management system
- 6.2.1 Asset management objectives
- 7.3 Awareness
- 8.2 Management of change
- 9.1 Monitoring, measurements, analysis and evaluation

KRI 1: KRI 2: KRI 3: KRI 4: KRI 5:	EU Grid Code – Monitoring Umsetzung Verordnung EU 2016/1388	KRI 6: KRI 7: KRI 8: KRI 9: KRI 10:	Alterungsprozesse ISO 55001	KRI 11: KRI 12:	Stabilität – Modellierung RfG / DCC
				KRI 13: KRI 14:	Alterung – Health Index
	Alterungsprozesse		Stabilität – Modellierung RfG / DCC	KRI 15:	Industrieanlagen

© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

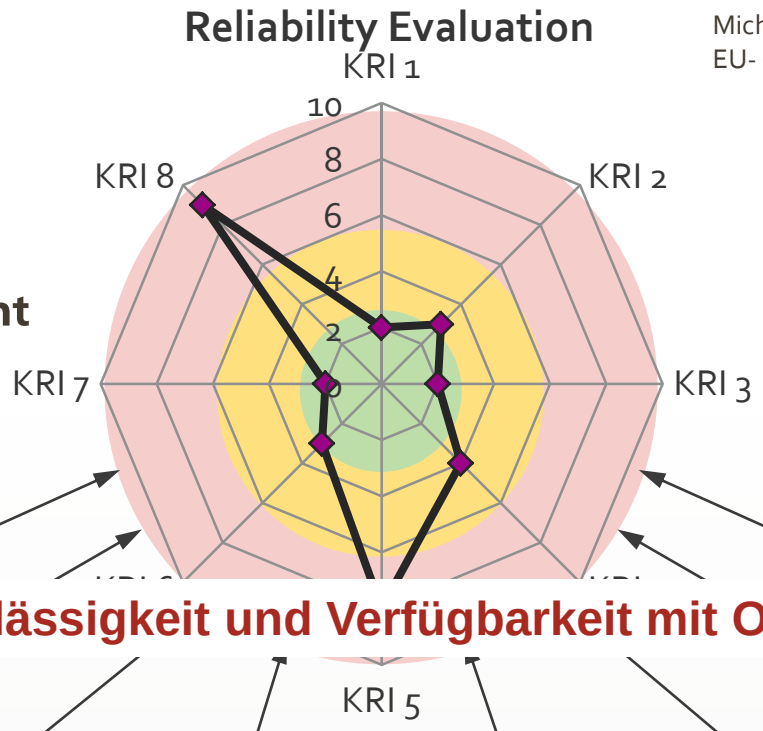
Wir benötigen neue Informationen aus dem Netz!

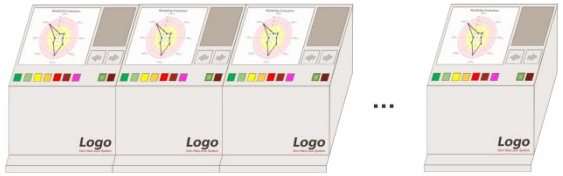
CRD

CORE - Reliability Management Devices

CMD

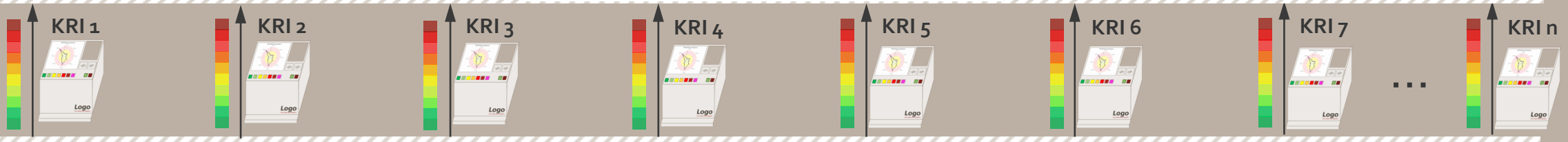
Compliance Monitoring Device





Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit mit ORCA®

KRI – Key Reliability Indicator 1 … n



Netz

Vom Netz zum System

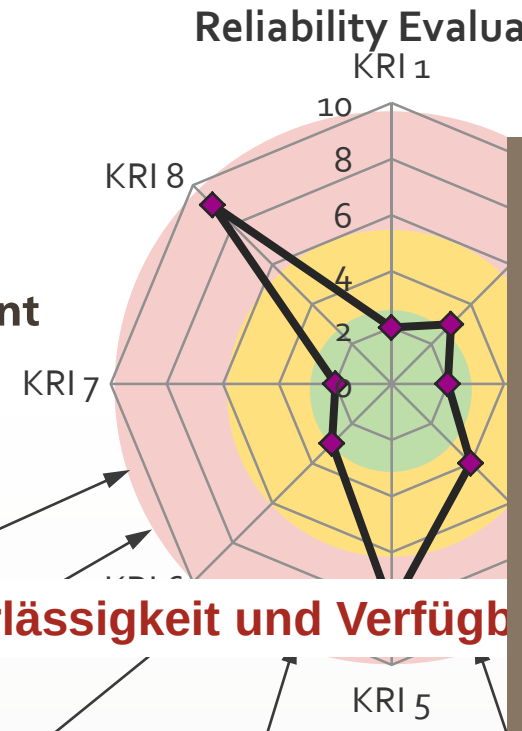
© Fette Dynamics GmbH

Fette
Vom Netz zum System

Wir benötigen neue Informationen aus dem Netz!

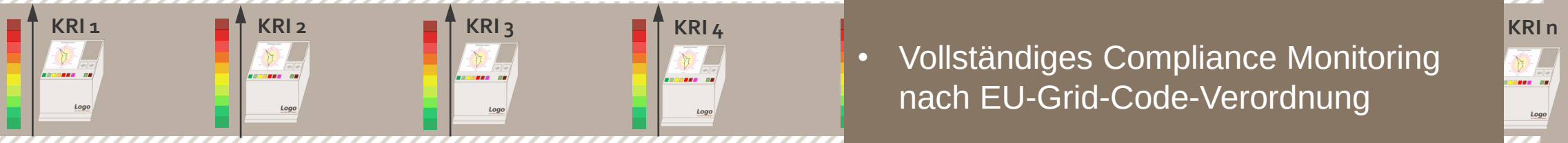
CRD
CORE - Reliability Management Devices

CMD
Compliance Monitoring Device



Zuverlässigkeit und Verfügb

KRI – Key Reliability Indi



Netz

Vom Netz zum System

Vorteile:

- Normierte Status-Informationen des Netzes ohne Rückschluss auf direkte physikalische Eigenschaften
- Veränderungsprozesse im Netz direkt bewertbar und in Managementsystemen nutzbar
- **Nicht angreifbar und manipulierbar durch Attacken auf Informations-Infrastruktur (Hacker-Angriffe)**
- Vollständiges Compliance Monitoring nach EU-Grid-Code-Verordnung
- Zukünftig: regionale Netzführung nach dynamischen Kriterien

© Fette Dynamics GmbH

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit Ihres Netzes mit ORCA®

Die modulare, offene Lösung hin zum Systemmanagement!

"VNB / ÜNB" "SMP"

Kommunikation

Center für Innovatio

System Mana

Kommunale D

* Lizenzprodukt / registri

Vorteile:

- Netzgesellschaften bleiben mit den bestehenden Strukturen und Abläufen operativ und sichern die Energieversorgung wie bisher
- Neue Anforderungen aus den Grid Codes sind in ORCA® als Produkte Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit (Reliability) integriert
- Unternehmen können später entscheiden, wie sie ORCA® einbinden
- Gebietsorientierte Zusammenarbeit, Aufbau und Austausch von Kompetenzen zur Bildung „relevanter Netzgebiete“
- Umsetzung neuer Geschäftsprozesse, um vor allem der Industrie eine verfügbarkeits- und zuverlässigkeitsorientierte Versorgung zu bieten!
- Lokale Aspekte der Daseinsvorsorge mit Kopplung kommunaler Informationen / Leitstellen können realisiert werden
- Resiliente Systemeigenschaften können gebildet werden – gesicherter Transitionsprozess!
- Neues aufbauen – Bewährtes erhalten!

© Fette Dynamics GmbH

Konsequenz

Wenn es uns gelingt, die Forderungen der Systemtheorie auch in der Praxis (Hersteller, Netzbetreiber, Systemkoordinatoren, Markt, usw.) zu etablieren, dann sind wir auf dem richtigen Weg!

Aktuell leider *noch* nicht!

Aber: ORCA® und die KRI`s schaffen die Grundlage!

© Fette Dynamics GmbH

Vom Netz zum System

Competence in Energy

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH

Fette

Vom Netz zum System

info@fette-dynamics.com

Vom Netz zum System

© Fette Dynamics GmbH