

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

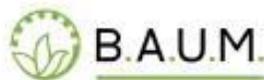
STROMNETZE
Forschungsinitiative der Bundesregierung



PolyEnergyNet

Holare Systeme für den Umgang mit komplexen Anforderungen im Strom-, Gas- und Wärmesystem

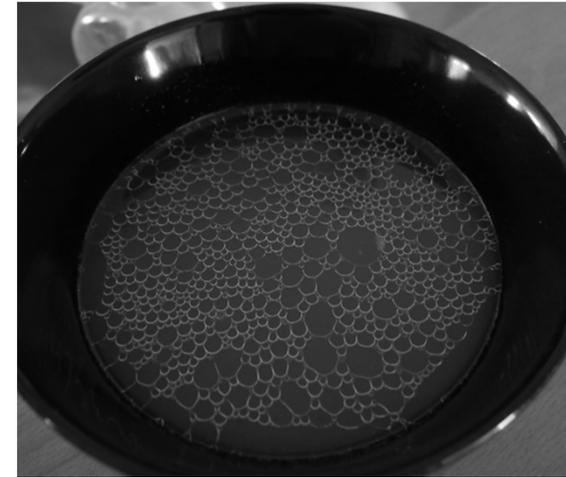
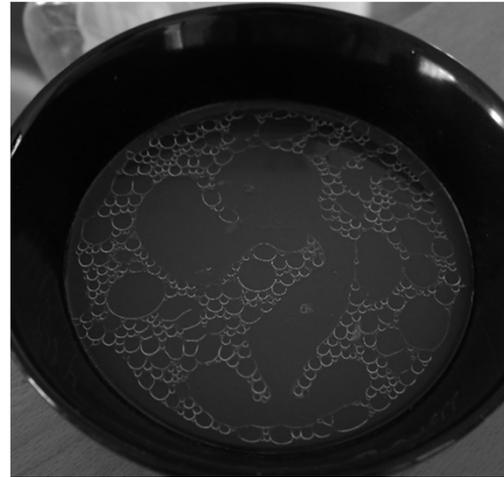
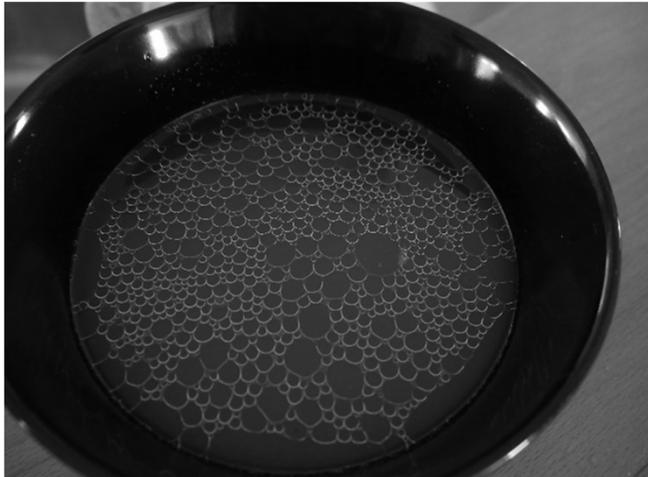
Ludwig Karg, B.A.U.M. Consult München / Berlin



Analogie



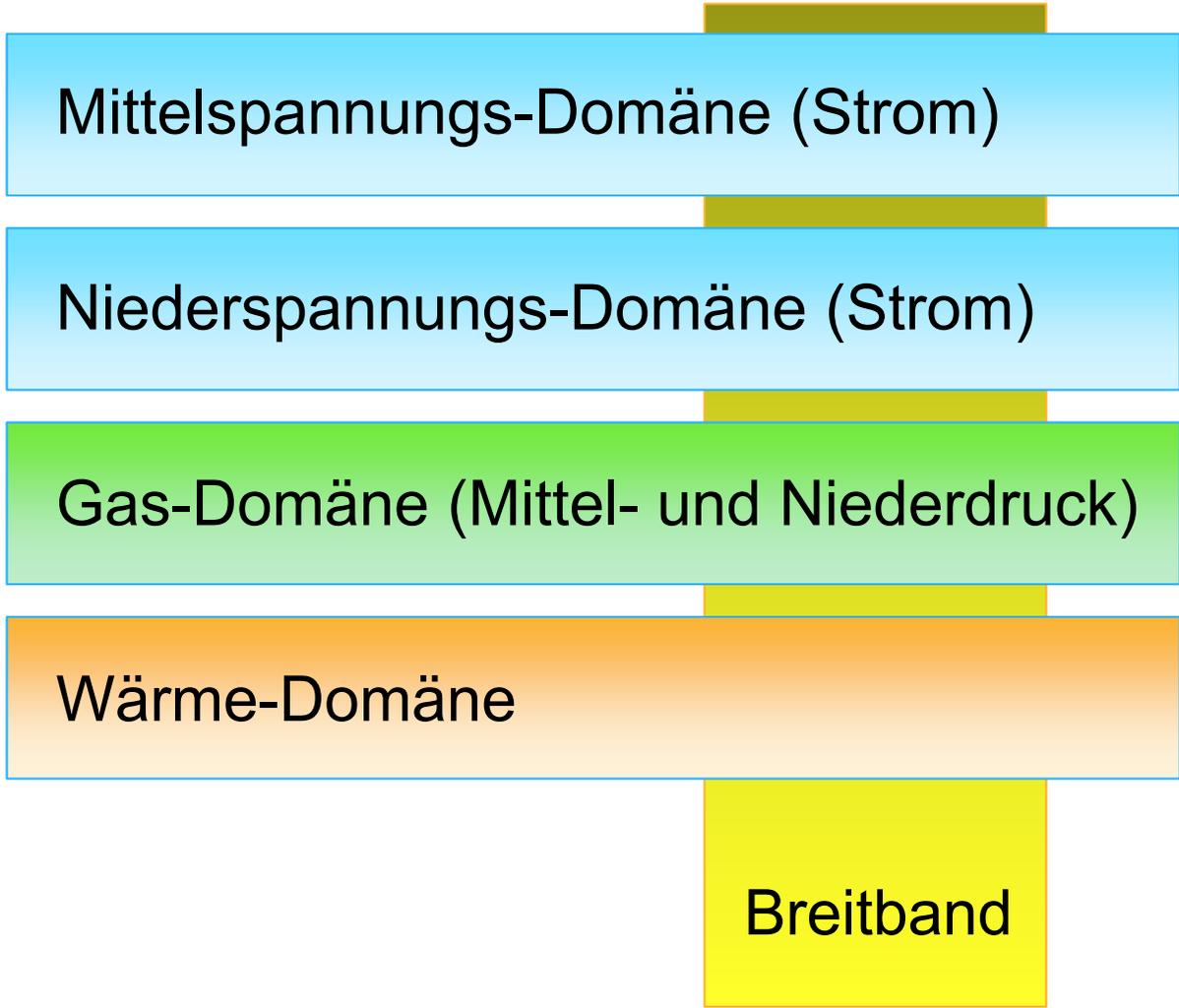
Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Domänen von PolyEnergyNet



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Auf dem Weg in eine neue Welt



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

herkömmliches System

Ergänzung des Netzes durch **Sensorik**
zur Verbesserung der Planbarkeit

Ergänzung durch **Aktorik** zur Automatisierung häufiger(er)
Schaltvorgänge im Netz (intelligente Netze)

Einsatz von Sensorik und Aktorik zur
Einbindung von Netznutzern (Smart Grids)

statische Gruppen von Erzeugern und Verbrauchern
(Virtuelle Kraftwerke, zellulare Systeme)

dynamisch veränderbare Gruppen von Erzeugern
und Verbrauchern (**Holares System**)

Energetische Holone sind dynamisch veränderbare Gruppen von Holaren Elementen. Sie besitzen (in Anlehnung an das von Arthur Koestler definierte systemtheoretische Modell) folgende grundlegende Fähigkeiten:

- über die eigenen Angelegenheiten selbst entscheiden (**Autonomie**)
- mit anderen Holonen Informationen zu deren Zustand austauschen (**Kommunion**)
- sich mit anderen Holonen zu einem neuen Holon zusammenschließen (**Fusion**)
- in neue Holone zerfallen (**Division**)
- Elemente integrieren, die zuvor keinem Holon angehört haben (**Integration**), oder Elemente ausscheiden (**Separation**).

Das holare Modell (Auszug)



- Das gesamte **Holare Versorgungssystem** setzt sich aus Holonen zusammen.
- Innerhalb jedes Holons wird zu jedem Zeitpunkt gleich viel Energie bereitgestellt („erzeugt“) wie verbraucht.
- Holone bestehen aus **Holaren (energetischen) Elementen**.
- Holare Elemente besitzen die Möglichkeit, mit mindestens einem **Holonmanager** zu kommunizieren.
- Holonmanager können **holare Elemente über Steuersignale beeinflussen** (z. B. Erzeugung, maximaler Verbrauch).
- In jedem Holon gibt es eine Instanz **Holonkoordinator**, die mit Holonmanagern im eigenen Holon und den Holonkoordinatoren in anderen Holonen kommunizieren kann.
- Alle holaren Elemente, die mit dem gleichen Holonmanager kommunizieren, bilden ein **Holares Objekt**.
- Holone können sich nach **Holon-Regeln** zu größeren Holonen zusammenschließen oder in kleinere Holone zerfallen. Die Umsetzung der Regeln erfolgt dezentral durch die Holonkoordinatoren und Holonmanager.

Holare Elemente



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erzeugungselement (EE)

stellt Energie bereit, die von Verbrauchern im Holon genutzt wird (z. B. PV-Anlage, Windrad, BHKW); stellt auch Systemdienstleistungen (z. B. Blindleistung) bereit



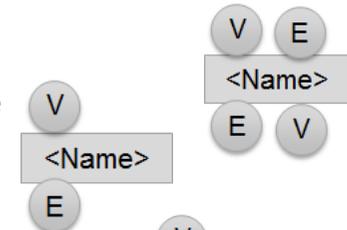
Verbrauchselement (VE)

verbraucht Energie, die von Erzeugern im Holon bereitgestellt wird (z. B. Kühlschrank, Ladegerät, Gasheizung, E-Auto-Batterie)



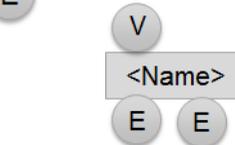
Umwandlungselement (UE)

wandelt Energie aus einer Energiedomäne in die Energieform einer oder mehrerer anderer Energiedomänen um. Die Teilelemente E und V gehören jeweils zu (unterschiedlichen) Holonen in den jeweiligen Energiedomänen. (z. B. BHKW, Gasheizung, PtG, PtH, Ortsnetztrafo ...)



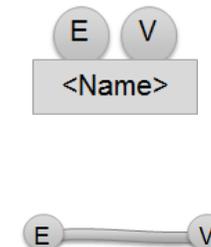
Speicherelement (SE)

nimmt Energie aus einer Domäne auf und gibt sie zeitlich verschoben wieder in die gleiche Domäne ab (z. B. Pumpspeicher, stationäre Batterie, rückspeisefähige E-Auto-Batterie)



Leitungselement (LE)

verbindet EE, VE, UE und SE und ist in der Lage, den Energiefluss zwischen Elementen abzubilden

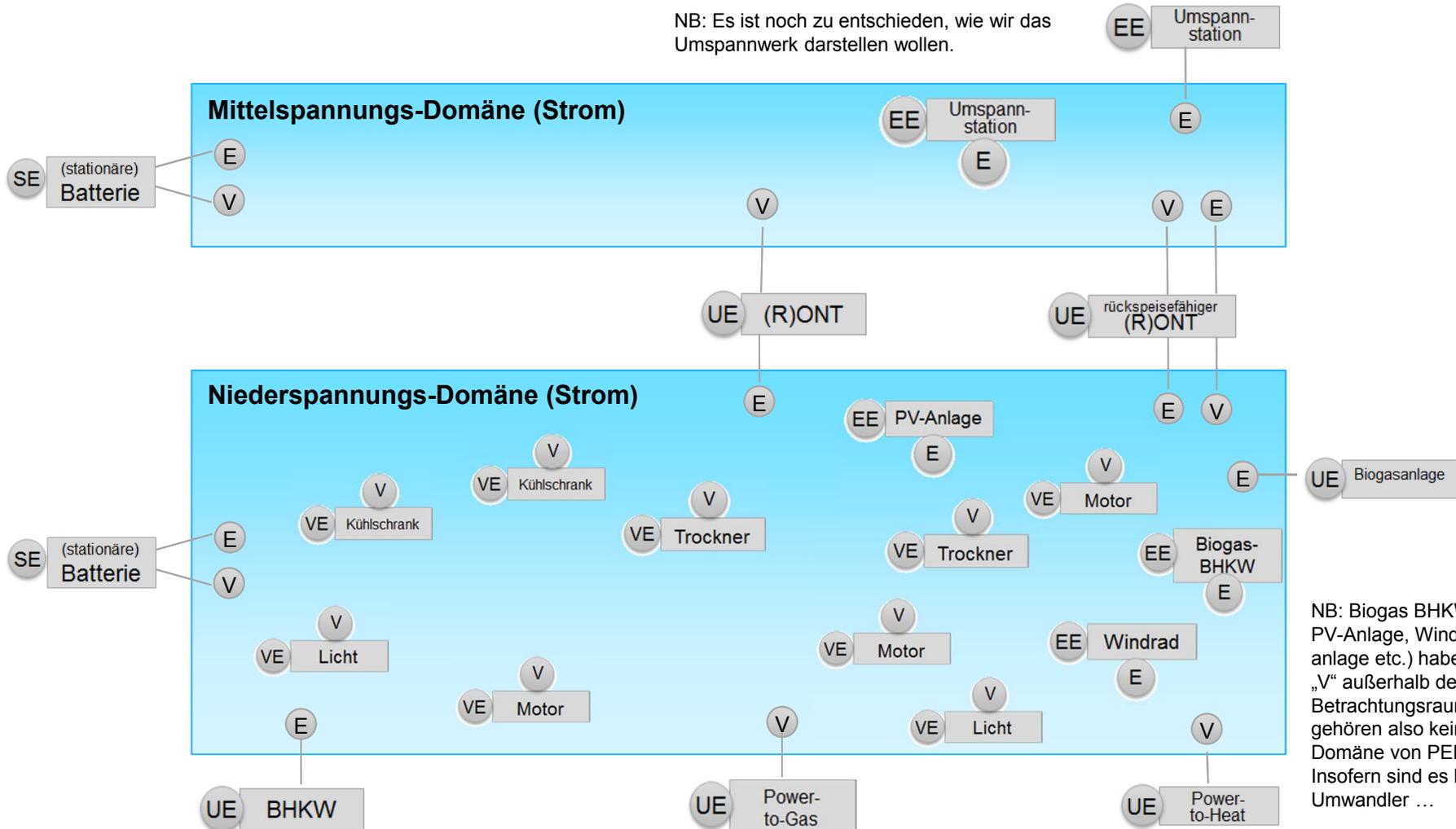


Domänen und Holare Elemente



Gefördert durch:
 Bundesministerium
 für Wirtschaft
 und Energie
 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

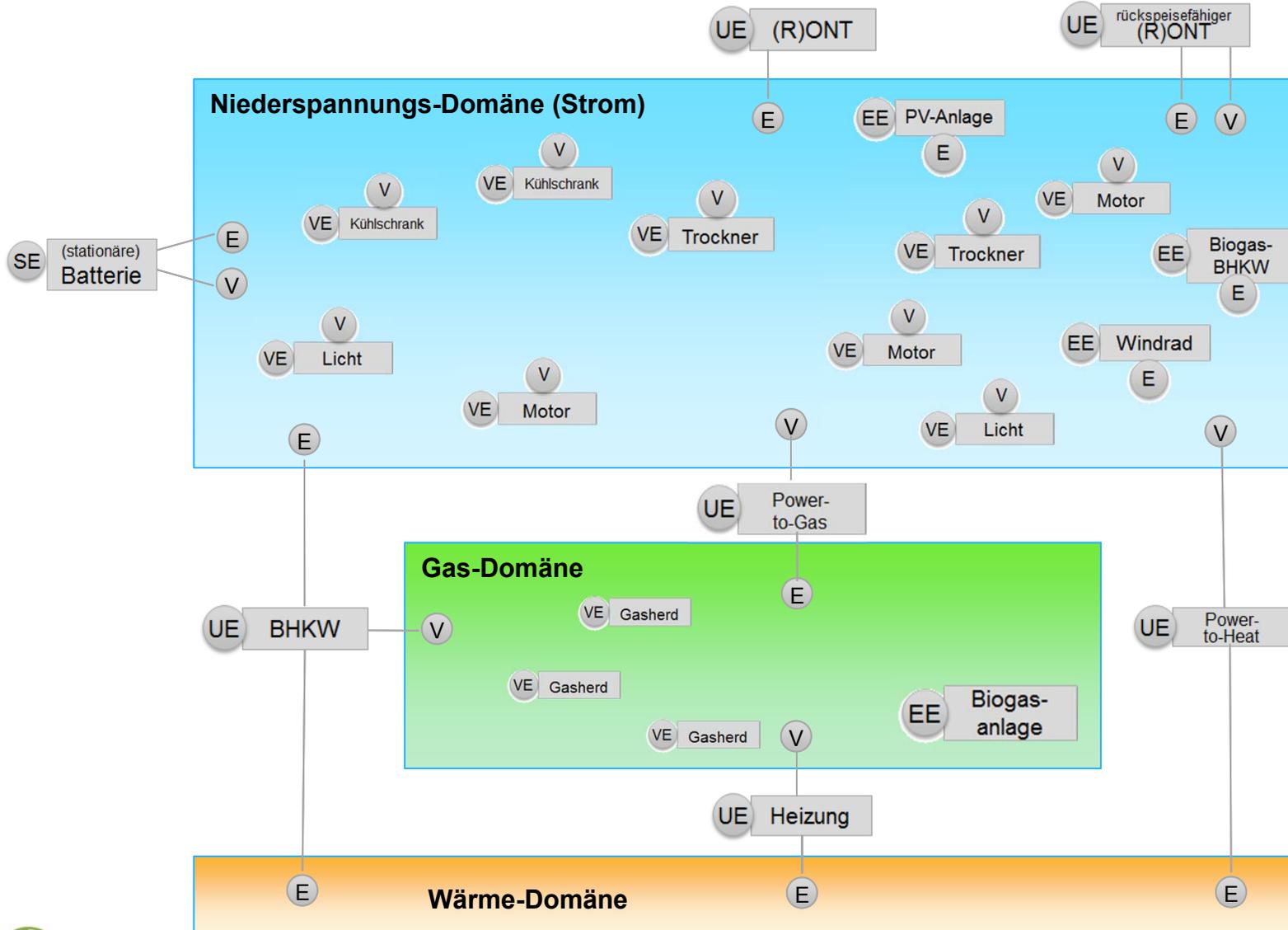
NB: Es ist noch zu entscheiden, wie wir das Umspannwerk darstellen wollen.



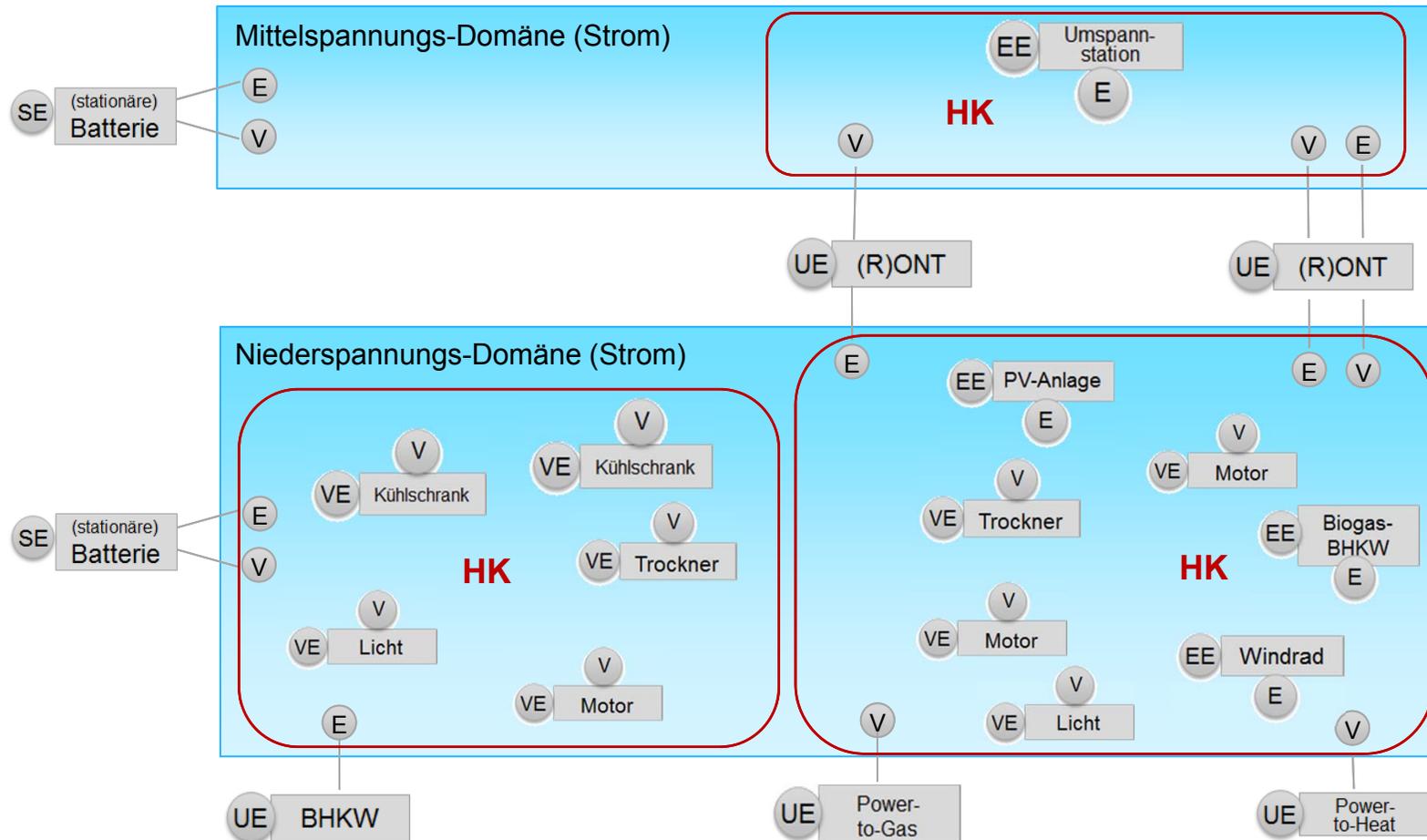
NB: Biogas BHKW, PV-Anlage, Windanlage etc.) haben ihr „V“ außerhalb des Betrachtungsraums, gehören also keiner Domäne von PEN an. Insofern sind es keine Umwandler ...

Umwandler und nur diese stehen generell zwischen Domänen und verbinden diese.

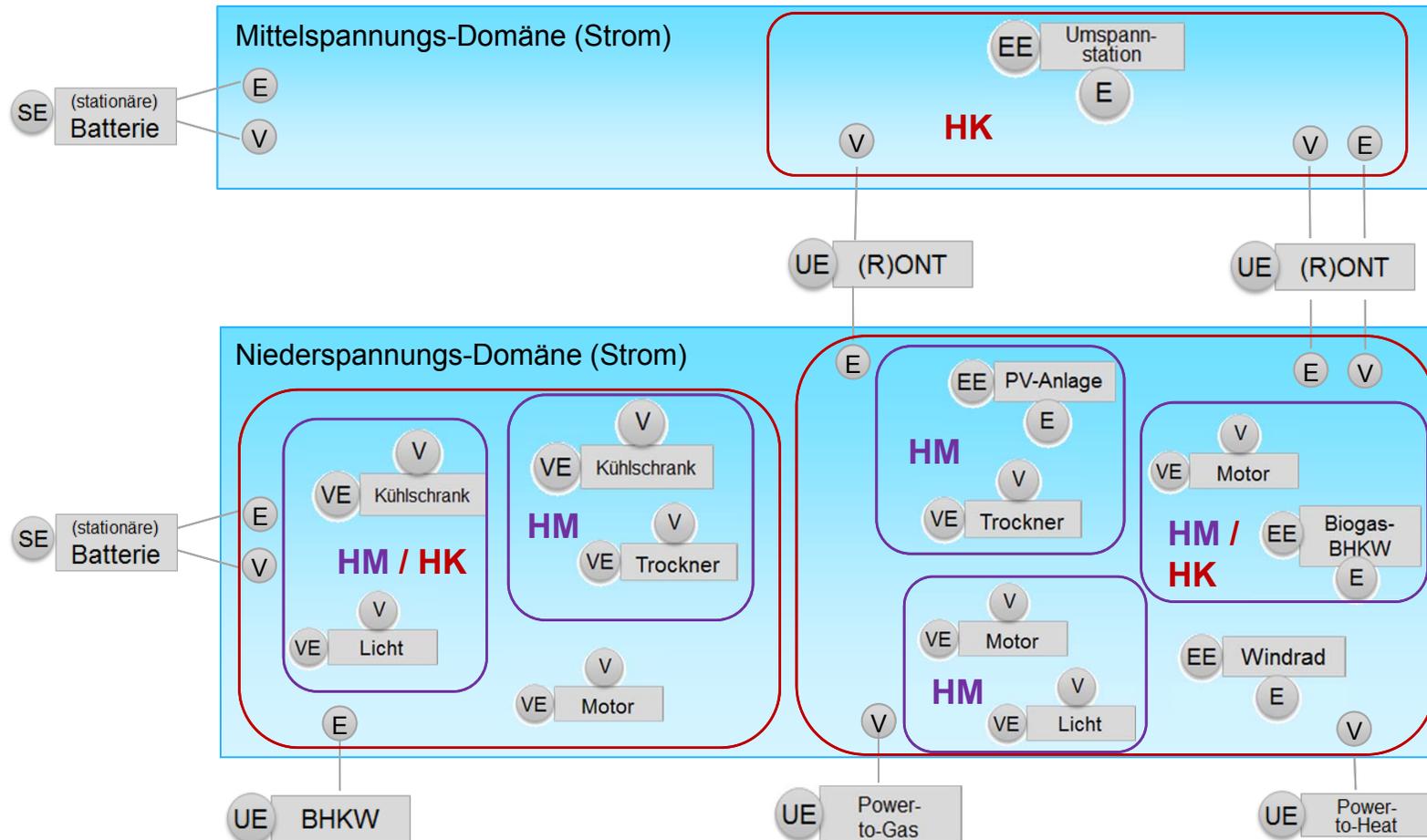
Domänen und Holare Elemente



Holone in den Domänen



Holone und Holare Objekte



Beispiele Holarer Elemente



Gefördert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

VE:Kühlschrank:12.4.156			
TYP	VE		
MAX	150W	MAXMAX	150W
MIN	0W	MINMIN	0W
LG	Lastgang -----		
AKT	150W		
FLX	max. Länge der „Aus“-Phase;		
ASB	EE-Bus		
AKF	EE-Bus		
ZHM			
VES	230V Hausnetz		
VIS	EE-Bus		
LAG	32U 461344 5481788		
BES	Huber		

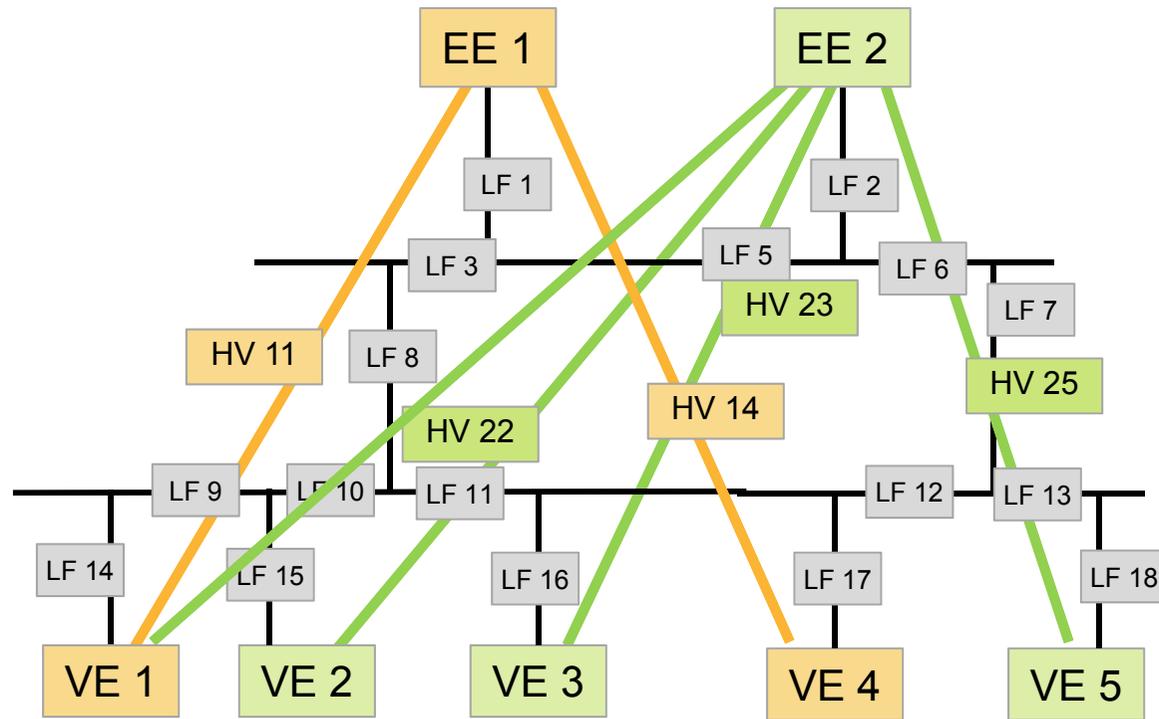
VE:PV-Anlage:12.4.156			
TYP	EE		
MAX	3,5 kWp	MAXMAX	4,5 kWp
MIN	0W	MINMIN	0
LG	Lastgang (Prognose)		
AKT	2 kW		
FLX	jeder Leistungswert zwischen 0 und einem Prognosewert einstellbar		
ASB	ansteuerbarer Wechselrichter		
AKF	ansteuerbarer Wechselrichter		
ZHM	-		
VES	230V Hausnetz		
VIS	WLAN		
LAG	32U 3213433 54817435		
BES	Maier		

SE:Batterie:17.4.113		
TYP	SE/E	
MAX	4 kW	MAXMAX 5 kW
MIN		MINMIN 0
LG		
AKT	-	
FLX	abhängig von Kapazität und Ladezustand; für Regelleistung freigehaltene Zeiten und Kapazitäten	
ASB	über Internet ansteuerbarer Wechselrichter	
AKF	Ladezustand etc.	
ZHM		
VES	400 V Hausnetz	
VIS		
LAG	34U 46134444441745	

Holare Verbindungen



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Energetische Zustände im Holon

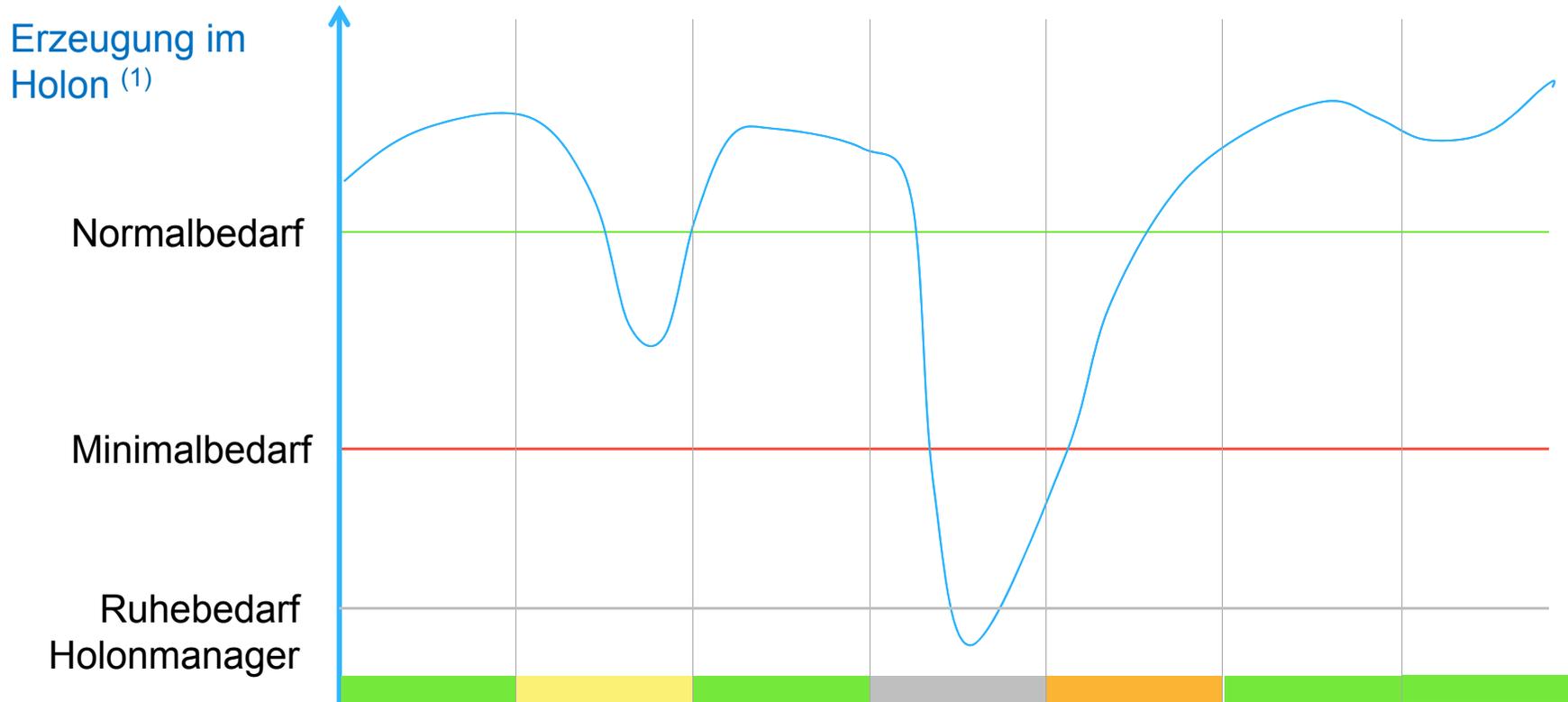


	Überversorgung	Der Bedarf (Energie, Leistung, Qualität) aller Verbraucher in allen eingeschlossenen holaren Elementen kann (von Erzeugern, Speichern, Umsetzern im Holon) gedeckt werden (grün), wobei ggf. mehr produziert und abgegeben werden könnte (dunkelgrün).
	Normalversorgung	
	Minimalversorgung	Der für das Holon definierte Minimalbedarf (Energie, Leistung) kann für alle holaren Elemente (unter Nutzung deren Flexibilitäten) gedeckt werden.
	Holarer Brownout	Die „Minimalversorgung“ ist nicht gesichert, aber alle Holonkoordinatoren, Holonmanager und Steuerboxen sind voll versorgt und in der Lage, das Holon in eine „Minimalversorgung“ zu bringen bzw. mit einem anderen Holon zu fusionieren
	Heartbeat-Zustand	Holonmanager und Steuerboxen sind im Ruhezustand und können von einem vollversorgten Holon-Koordinator geweckt werden
	Holarer Blackout	Holonkoordinator, Holonmanager und Steuerboxen sind nicht versorgt bzw. ausgeschaltet.

Zustände eines Holons



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



(1) Zur Erzeugung zählt auch die vom (R)ONT bzw. Umspannwerk bereitgestellte Leistung. In Phase 4 dürfte die Erzeugung ausschließlich von einem Batteriesystem bei den Holonmanagern stammen.

Ziele und Strategien im holaren System



1. **Soweit möglich** sollen alle Verbraucher in allen holaren Elementen in allen Holonen des Gesamtsystems **vollversorgt** werden (gemäß Normalbedarf).
2. Ist eine Vollversorgung nicht möglich, so soll (ggf. durch Neuordnung der Holone) **für möglichst viele holare Elemente eine Mindestversorgung** ¹⁾ ihrer Verbraucher gewährleistet werden.
3. Im Falle von negativen internen oder externen Einflüssen
 - sollen deren **Auswirkungen auf die Versorgung minimiert** werden - auch unter Betrachtung von Kostenaspekten - (auch durch präventive Maßnahmen)
 - soll **möglichst schnell und möglichst kostengünstig ein fehlerfreier Zustand** erreicht werden.

1) Die Mindestversorgung ist je holarem Element individuell und dynamisch zu definieren.

Prinzipien der Holonbildung

(Diskussionsgrundlage)



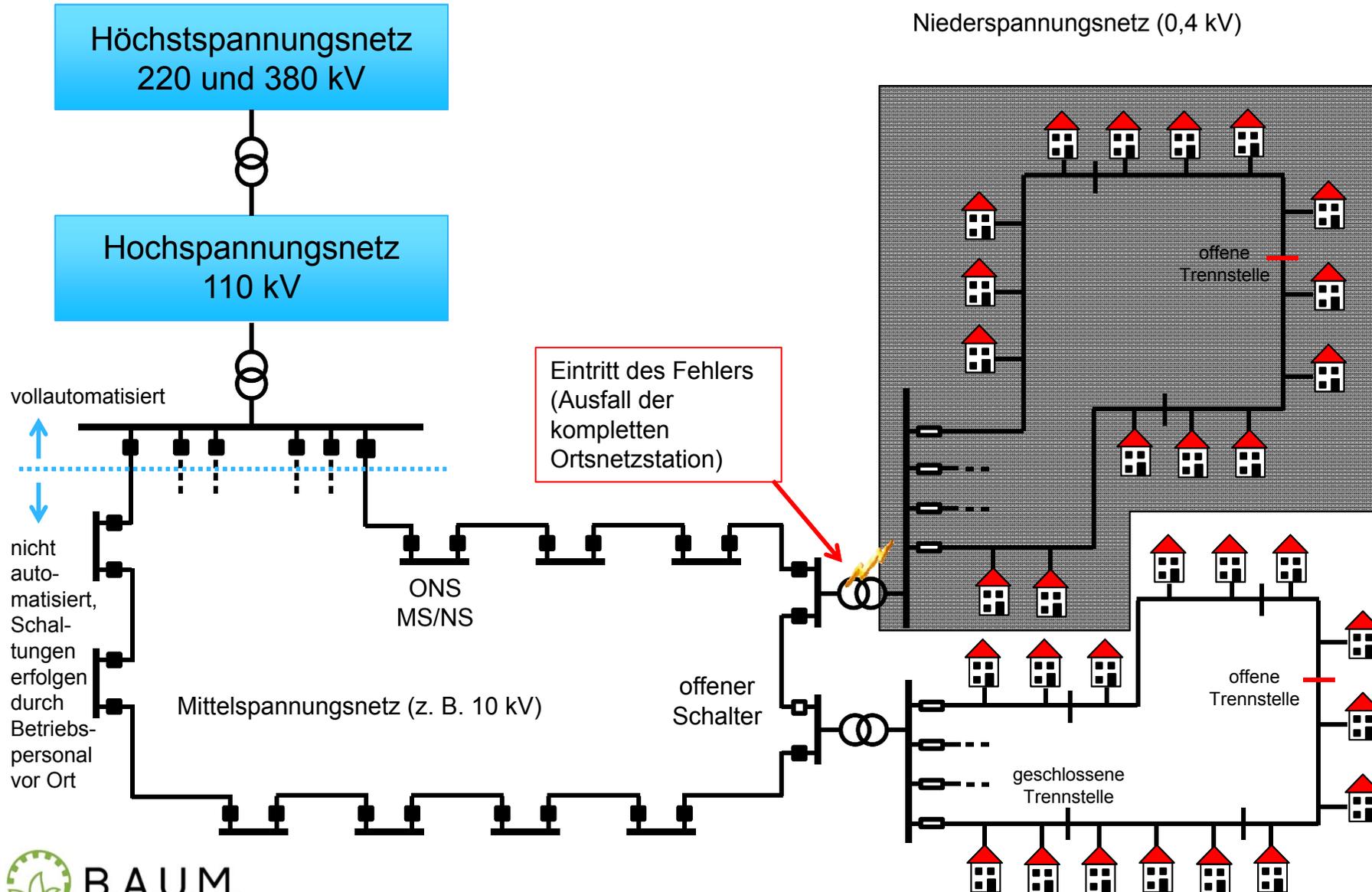
- Gerät ein Holon in den gelben Zustand, so wird versucht, es mit anderen Holonen zu einem neuen Holon zusammenzuschließen, das sich dann im grünen Zustand befindet.
- Ist ein Holon im gelben Zustand und ein Übergang in den grünen Zustand nicht möglich, so wird für alle Holaren Elemente zuvorderst deren Minimalversorgung gewährleistet, eine vereinzelt höhere Versorgung ist entsprechend vorherigen Vereinbarungen zu leisten. In dieser Situation wird weiterhin hin versucht zu fusionieren.
- Ist ein Holon im grünen Zustand, so wird versucht es in kleinere Holone zu zerlegen, sofern diese alle im grünen Zustand bleiben und die Rahmenbedingungen (Wirtschaftlichkeit, Resilienz, ...) erfüllt sind.
- Kommt ein Holon in den dunkelgrünen Zustand, so bietet es seinen Überschuss an und zeigt die Bereitschaft, mit anderen Holonen zu fusionieren und damit ggf. ein größeres Holon zu bilden, das sich im (dunkel)grünen Zustand befindet).
- ...

Fehlereintritt

traditionell



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

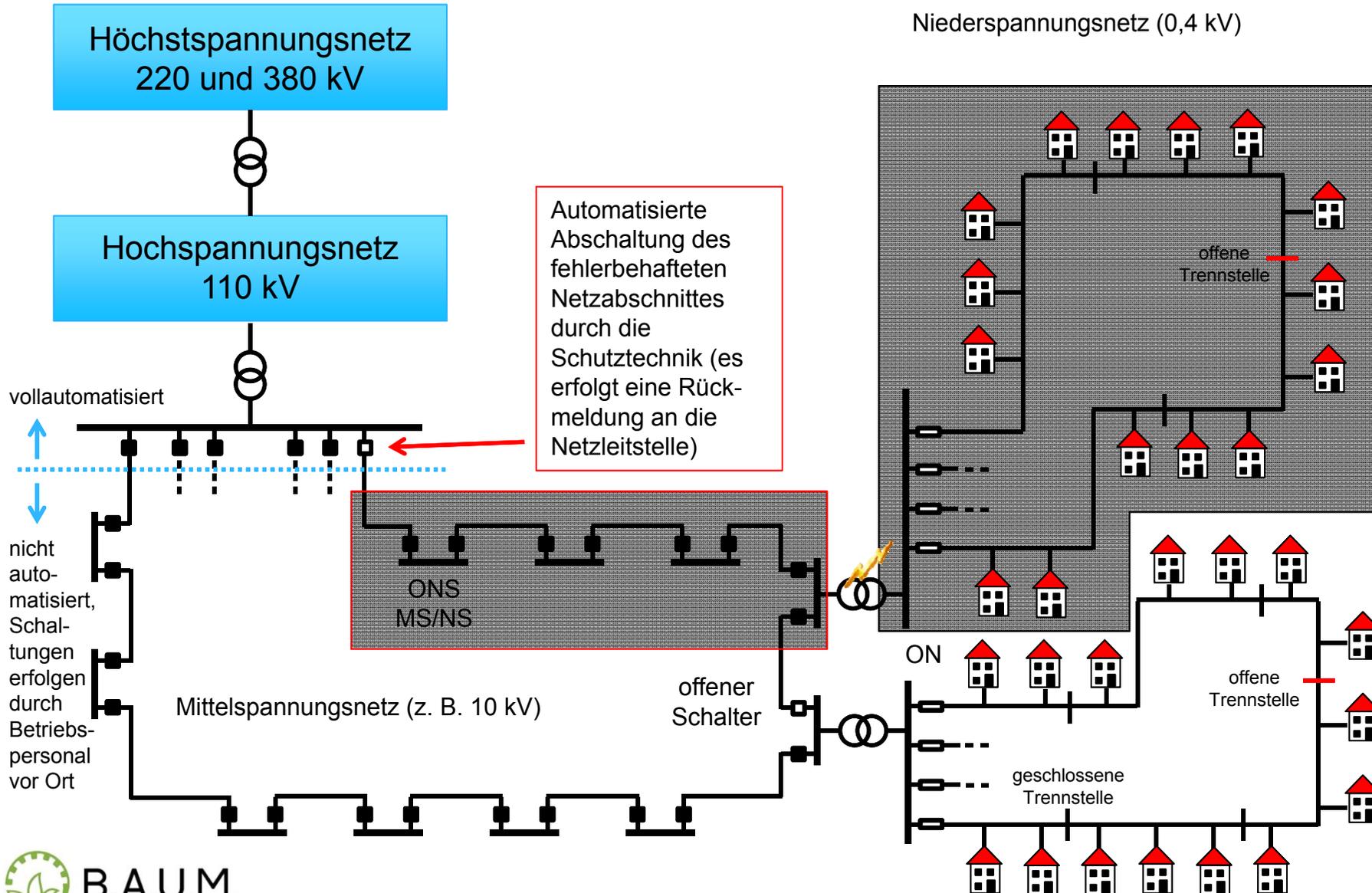


Netzabschaltung

traditionell



Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

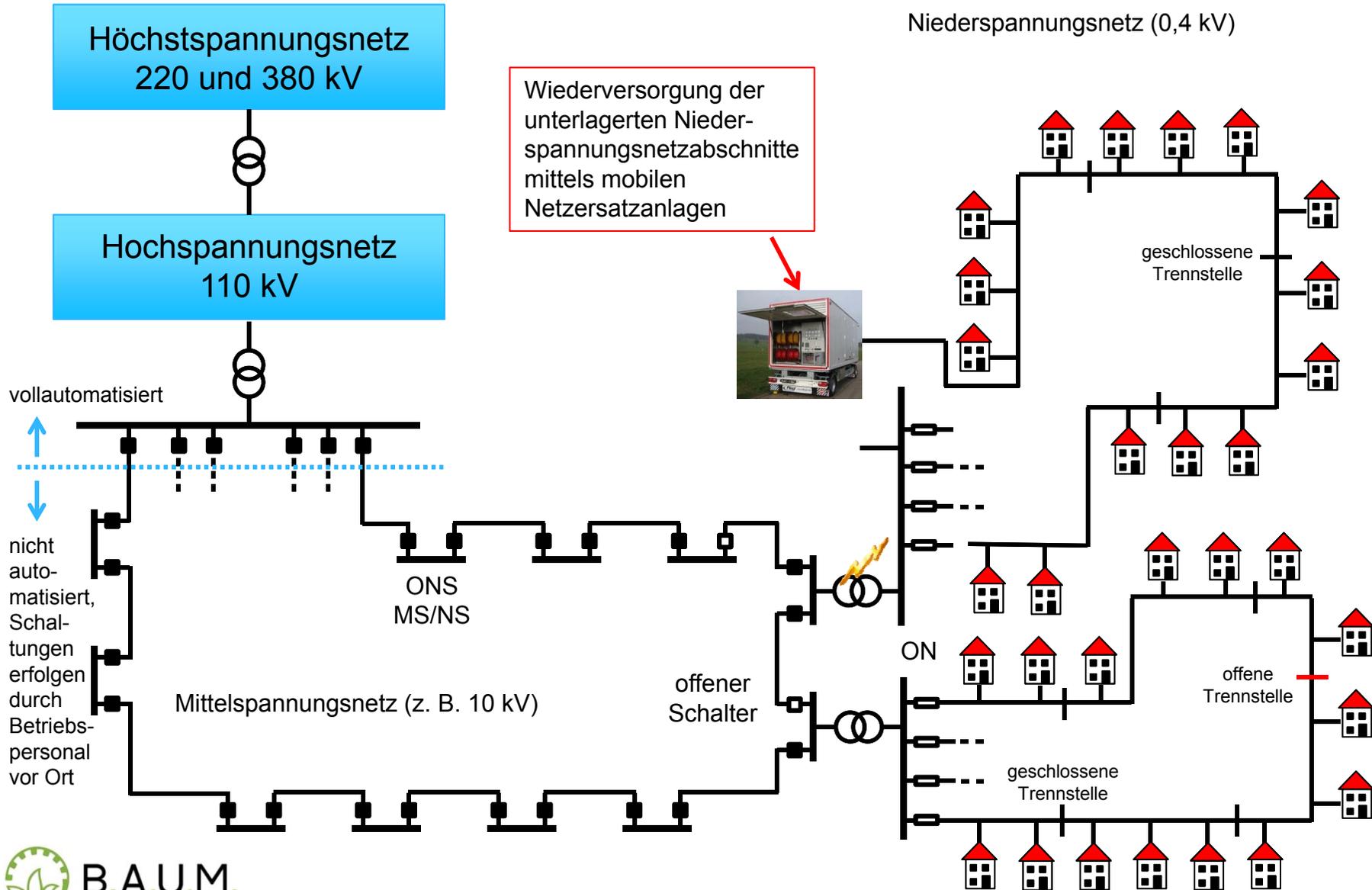


Ersatzversorgung

traditionell



Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

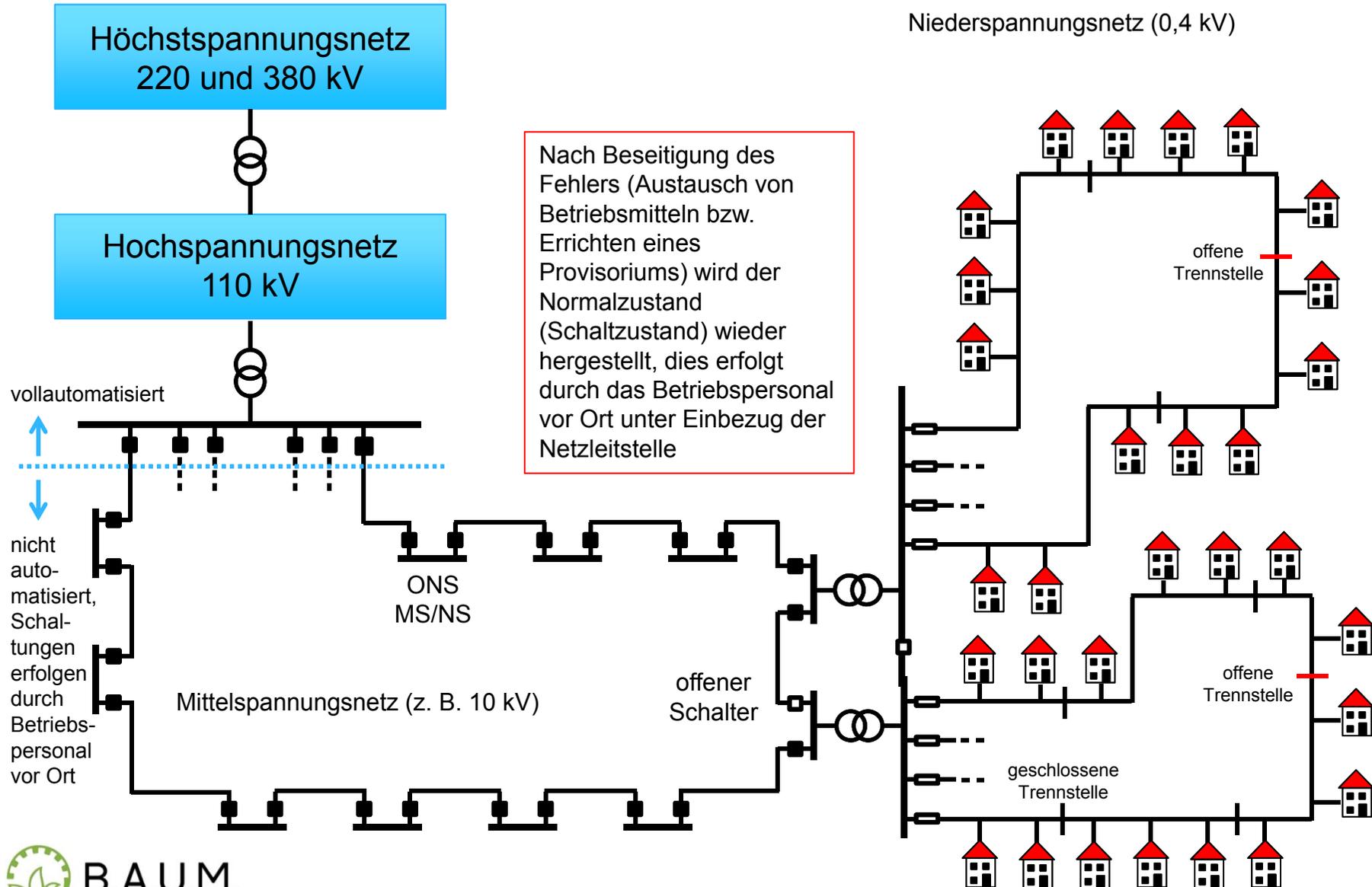


Wiederherstellung

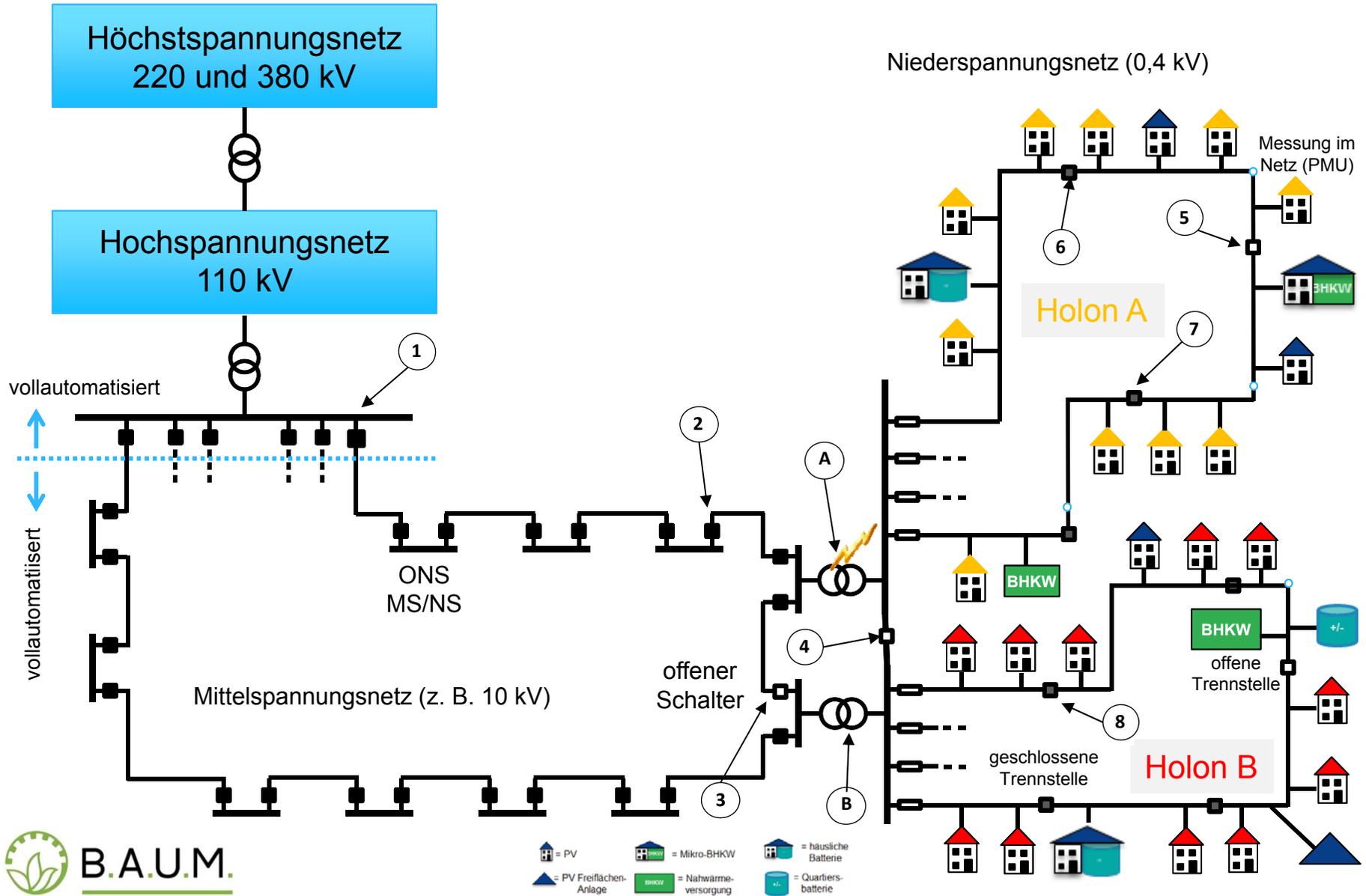
traditionell



Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fehlereintritt

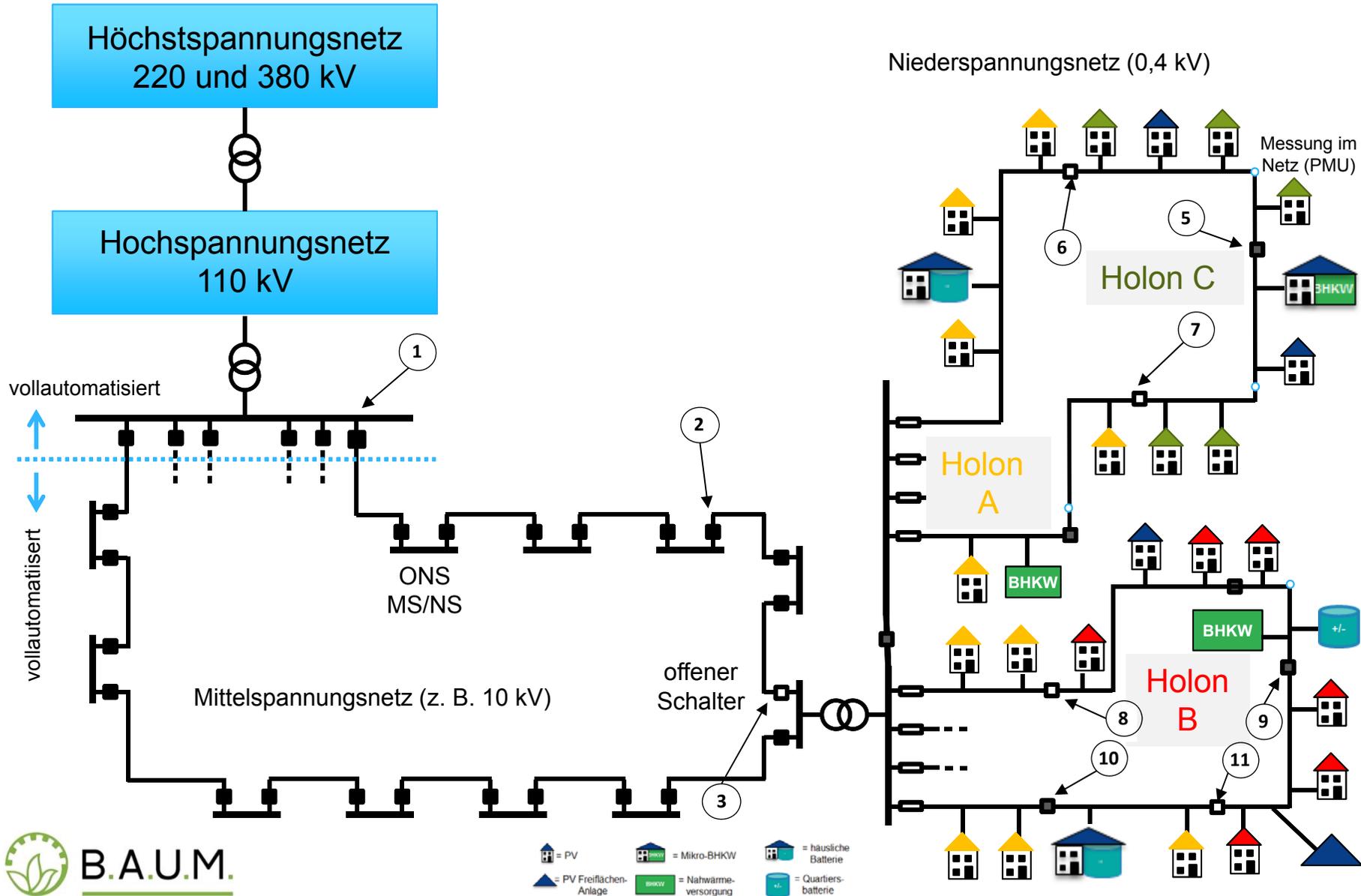


Neubildung von Holonen

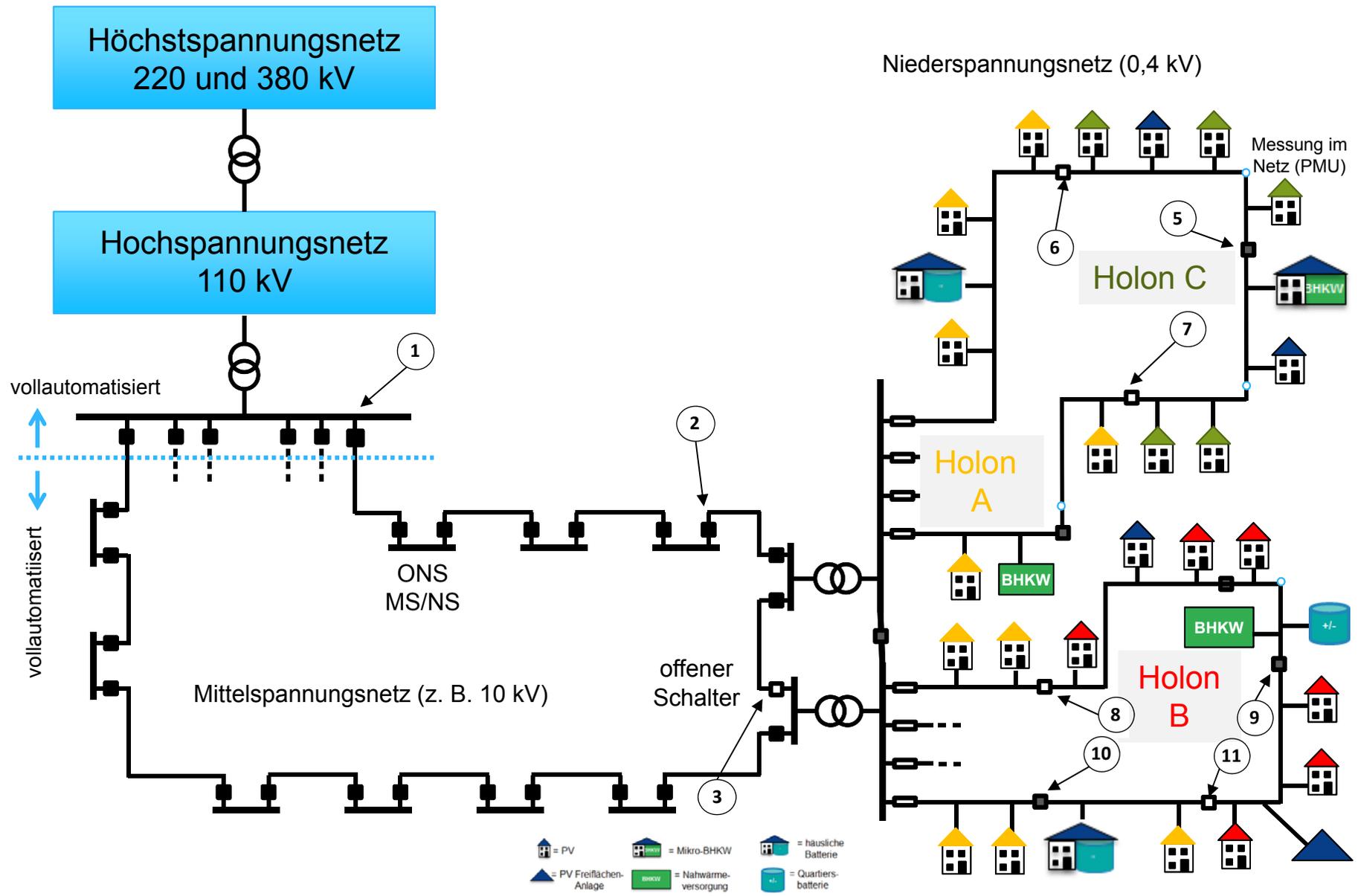
holares System



Gefördert durch:
 Bundesministerium
 für Wirtschaft
 und Energie
 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

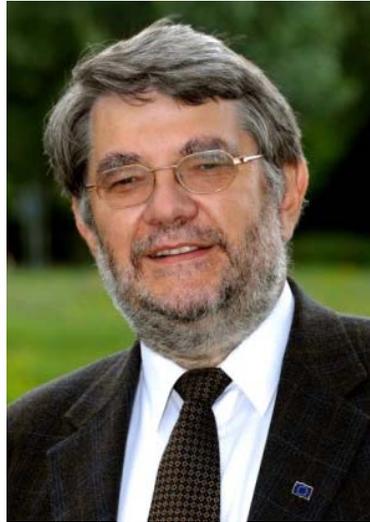


Wiederherstellung



- Das Holare Modell erlaubt eine einheitliche Beschreibung mehrerer Energiedomänen. ¹⁾
- Holare Systeme versprechen hohe Resilienz bei niedrigen Kosten.
- Holare Objekte könnten die Elemente eines neuen Marktmodells sein.

¹⁾ auch in einem zukünftigen Gleichstromsystem



Ludwig Karg

L.Karg@baumgroup.de

www.polyenergynet.de