

Netzbildender Betriebsmodus

Funktionsweise des netzbildenden Betriebsmodus und
Projektierungshinweise zur Integration in Industrie- und
Gewerbeversorgungsnetzen

V1.8 – Stand: 13.10.2022

Netzparallelbetrieb vs. Netzbildender Betrieb

▶ Netzparallelbetrieb / stromgeführter Betrieb:

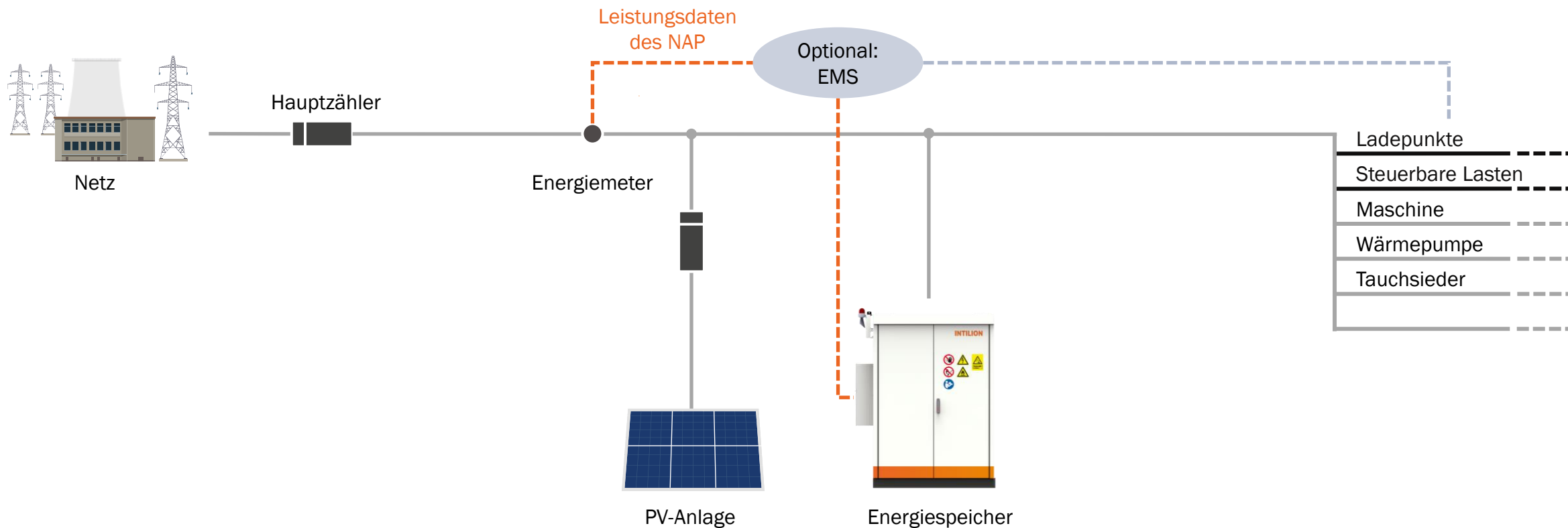
- Spannung und Frequenz ist vom Netz gegeben und der Strom wird vorgegeben / geregelt, um resultierende Wirk- und Blindleistung zu generieren.
- Wirkleistung (P) / Blindleistung (Q) werden vorgegeben (intern oder extern gesteuert)
- **Anwendungsbereiche:** externe Sollwertvorgabe, Eigenverbrauchsoptimierung, Lastmanagement, Peak Shaving, PRL, usw.

▶ Netzbildender Betrieb / spannungsgeführter Betrieb:

- Spannung und Frequenz werden von dem Speichersystem gebildet/geführt
- Wirkleistung (P) / Blindleistung (Q) stellt sich durch die angeschlossenen Lasten / Erzeuger ein
- Spannung und Frequenz sind abhängig von P und Q bzw. P(f)- und Q(U)-Kennlinie
- **Anwendungsbereiche:** Netzersatzanlagen (NEA), Inselnetze, Netzstabilisierung, ...

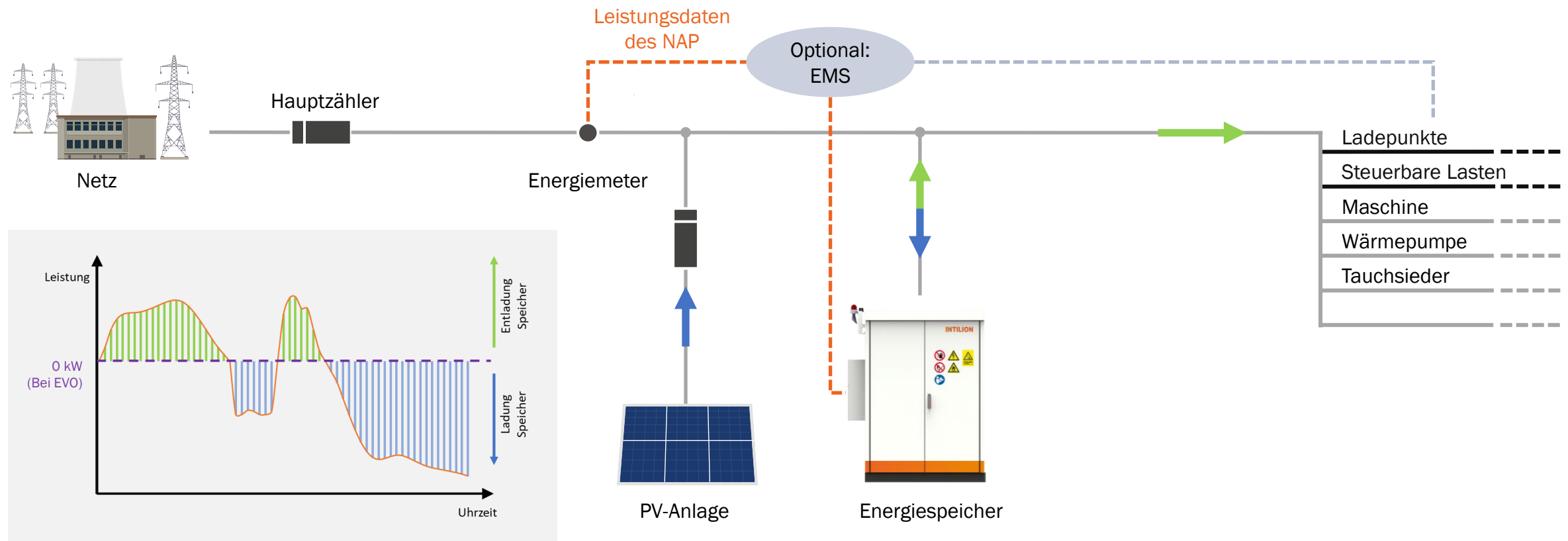
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS in Netzparallelbetrieb

BtM Anwendung am Beispiel des INTILION | scalebloc



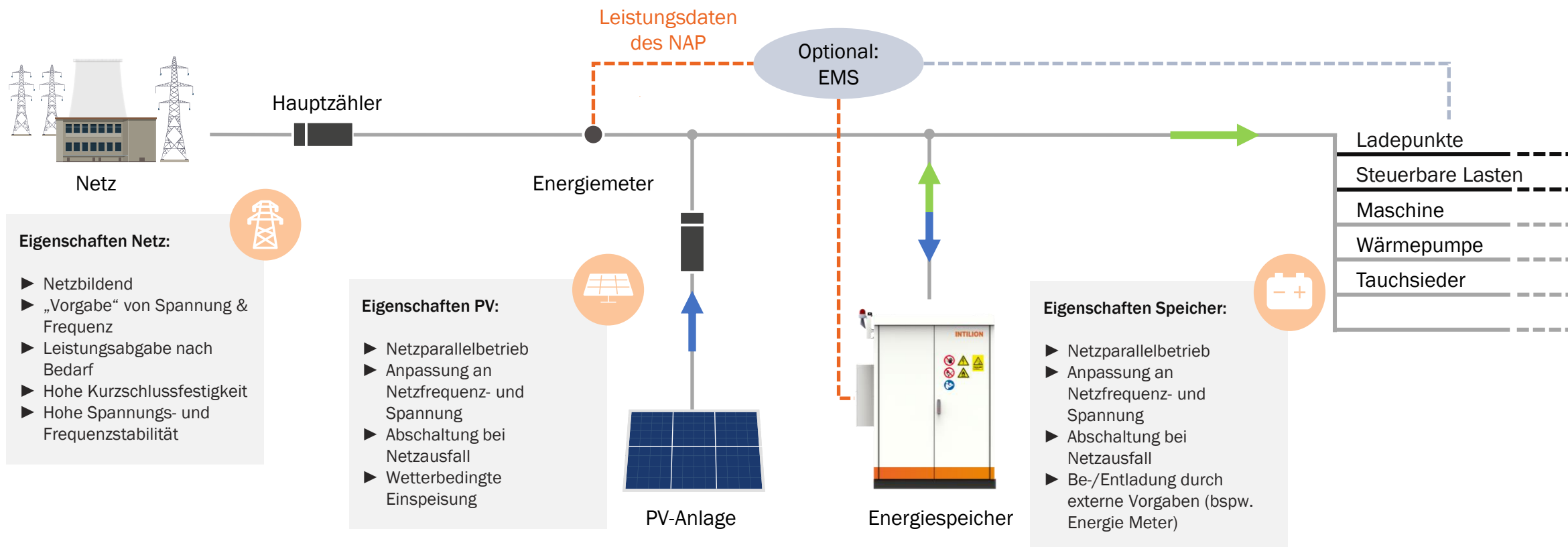
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS in Netzparallelbetrieb

BtM Anwendung am Beispiel des INTILION | scalebloc



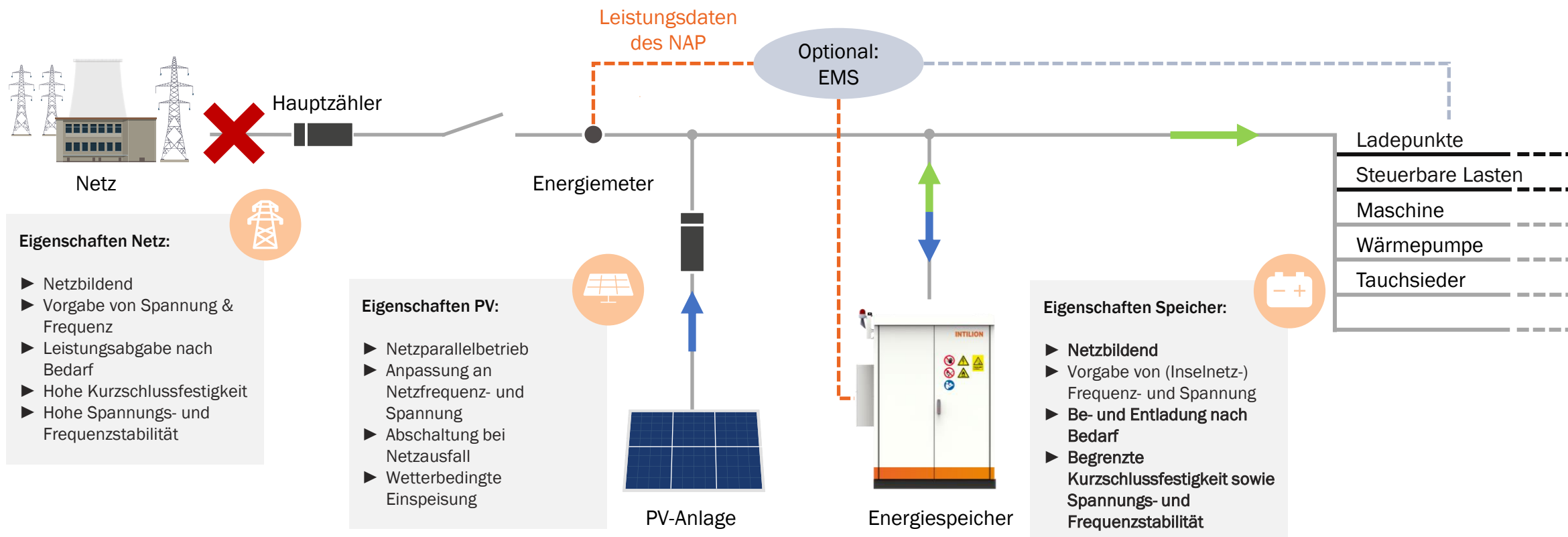
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS in Netzparallelbetrieb

Eigenschaften der Energiequellen in einer lokalen Energieinfrastruktur



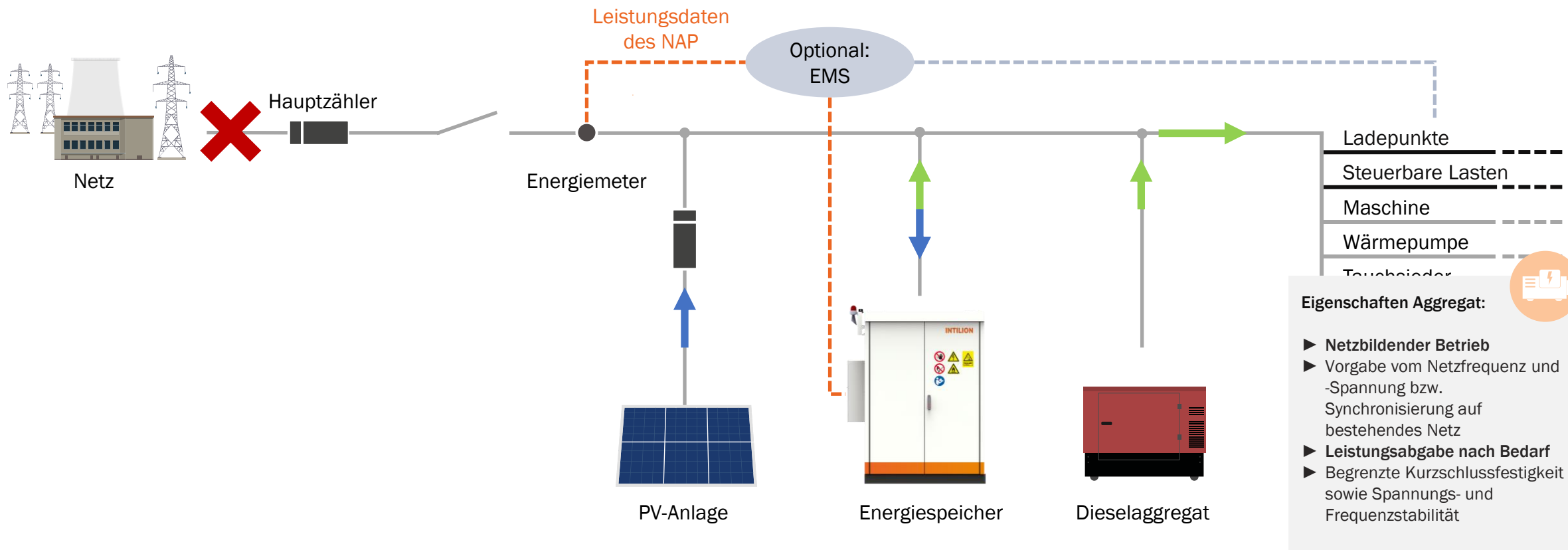
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes mit PV-Anlage



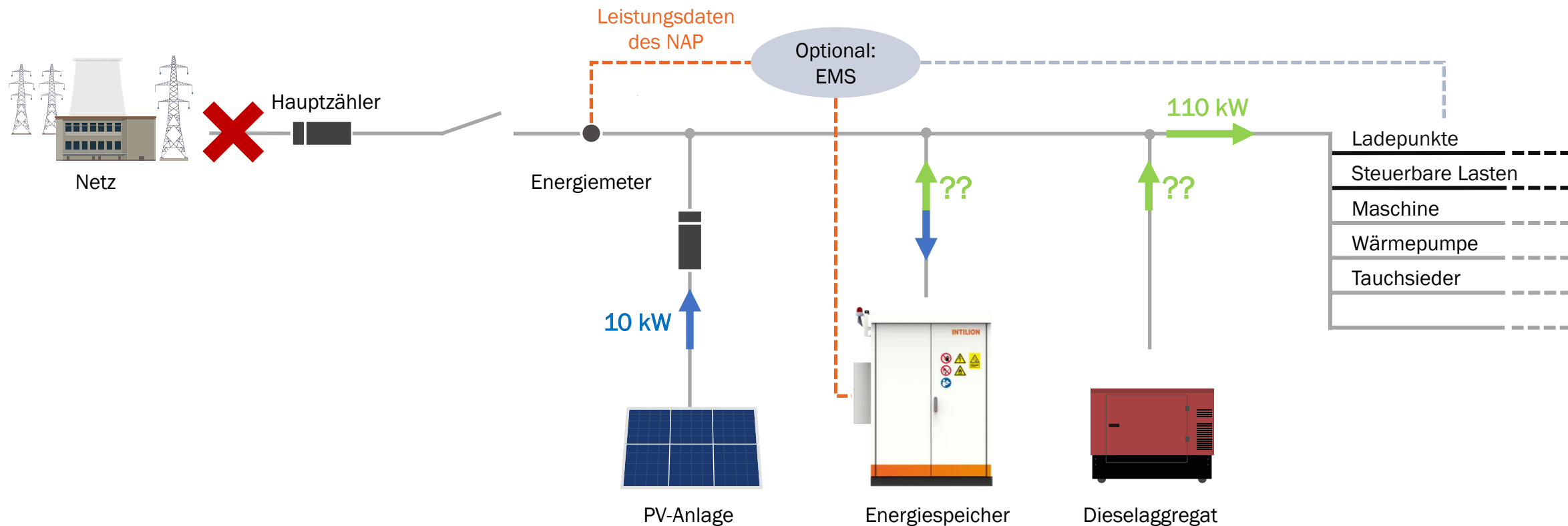
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes mit PV-Anlage und Gen-Set



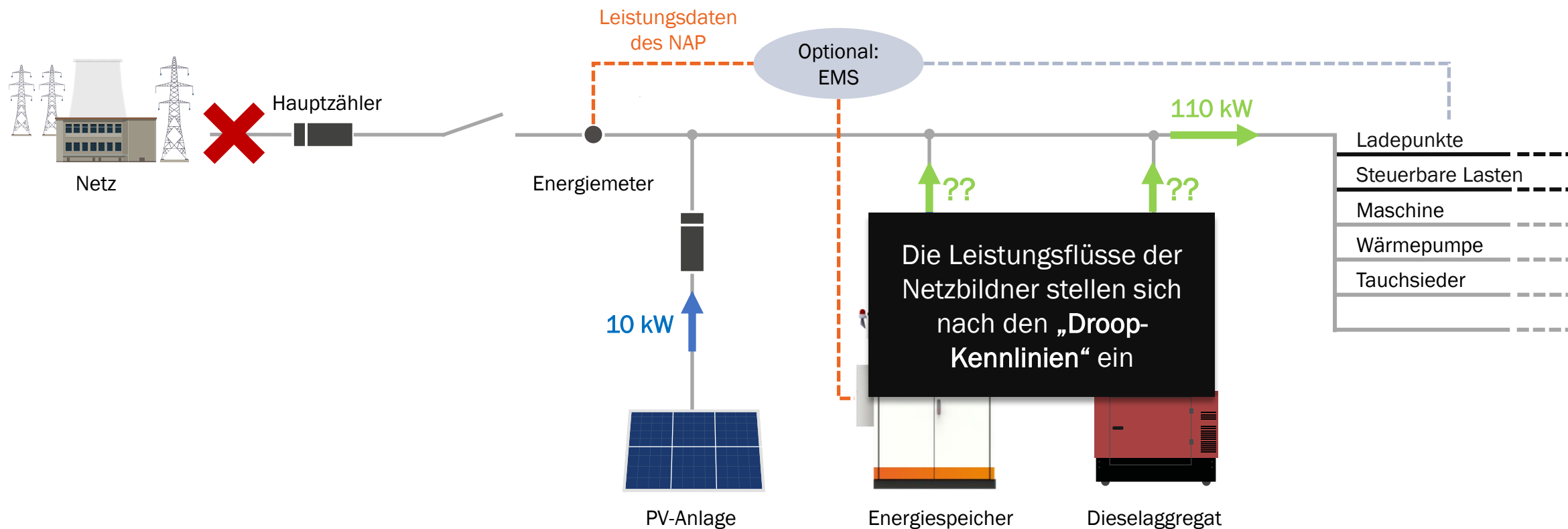
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes mit PV-Anlage und Gen-Set



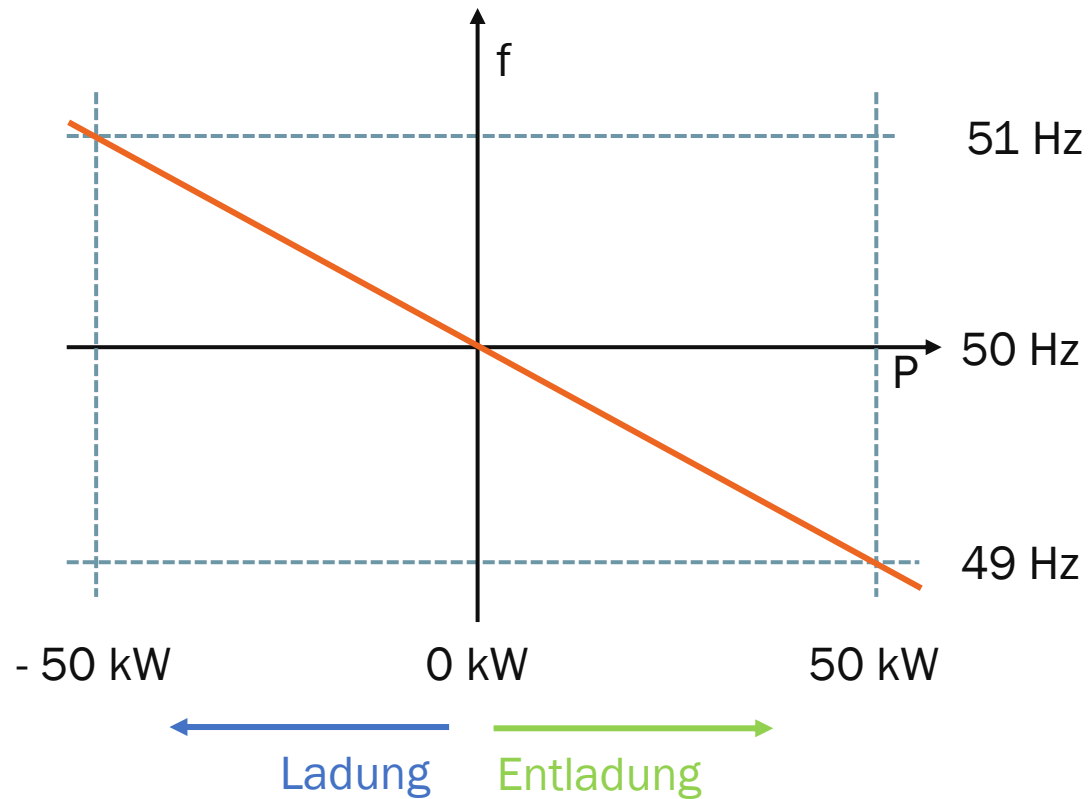
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes mit PV-Anlage und Gen-Set



Einstellung der Droop-Kennlinie

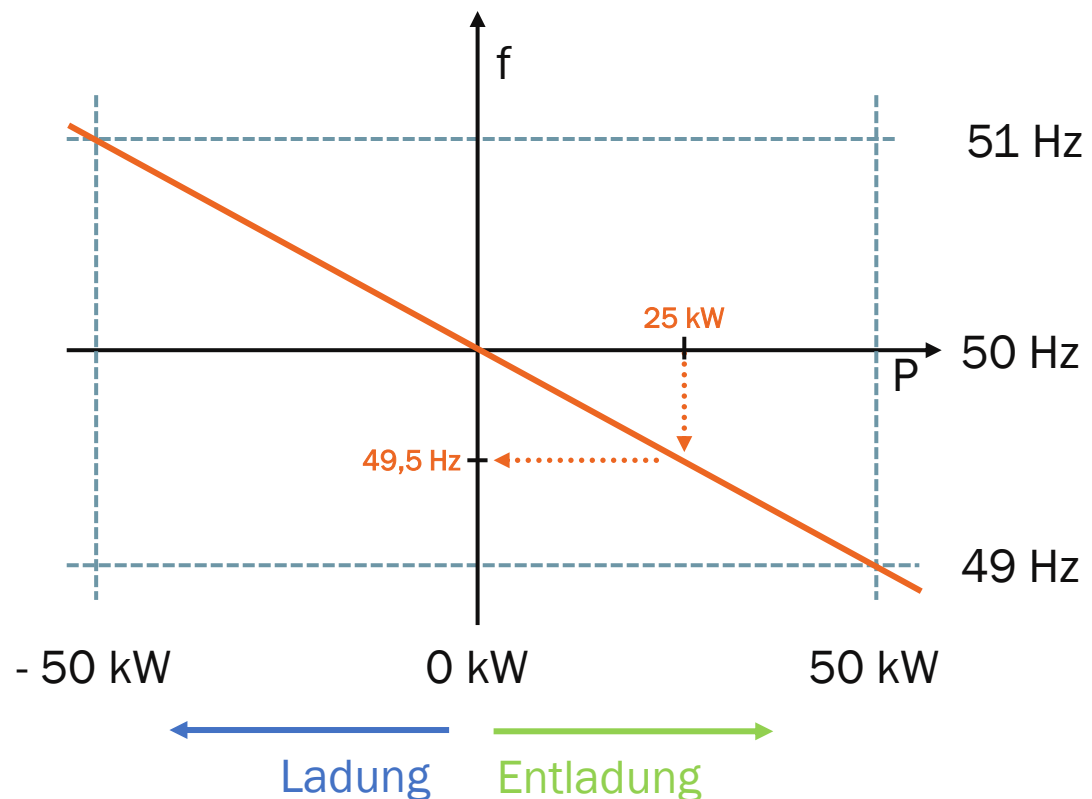
Standardeinstellung (Default) der P-f-Kennlinie am Beispiel des INTILION | scalebloc power (50 kVA)



Speicher:
P_{nom}=50 kW

Einstellung der Droop-Kennlinie

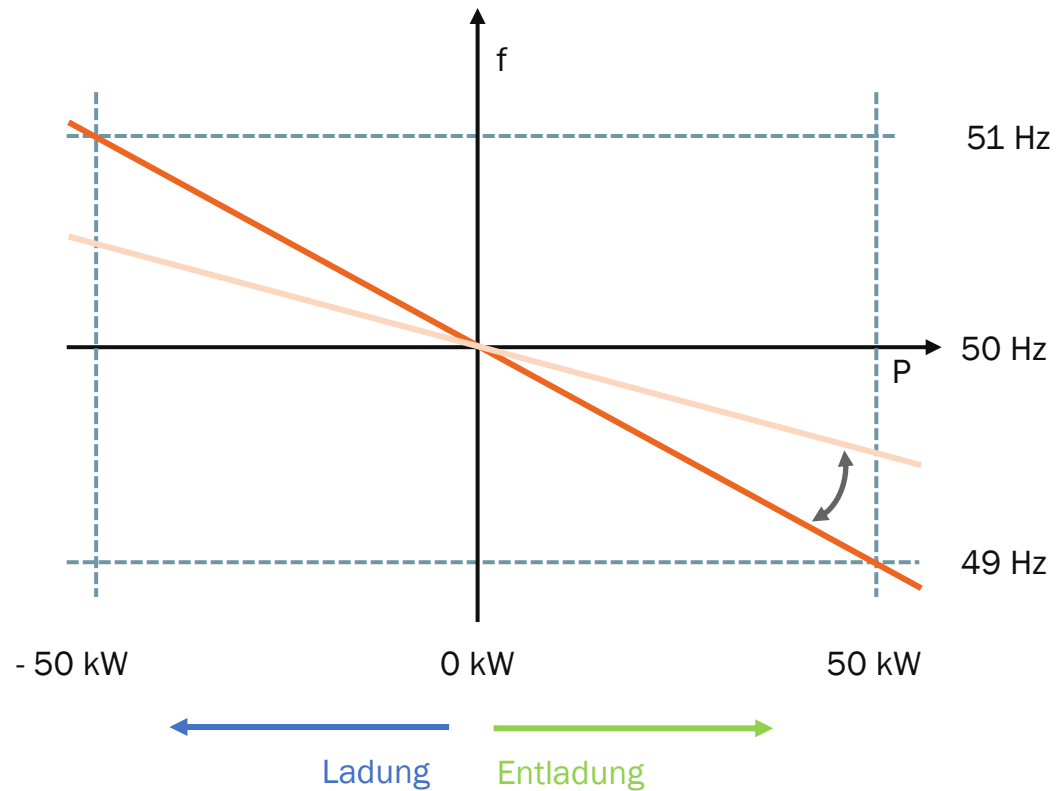
Standardeinstellung (Default) der P-f-Kennlinie am Beispiel des INTILION | scalebloc power (50 kVA)



Speicher:
P_{nom}=50 kW

Einstellung der Droop-Kennlinie

Anpassung der P-f-Kennlinie am Beispiel des INTILION | scalebloc power (50 kVA)



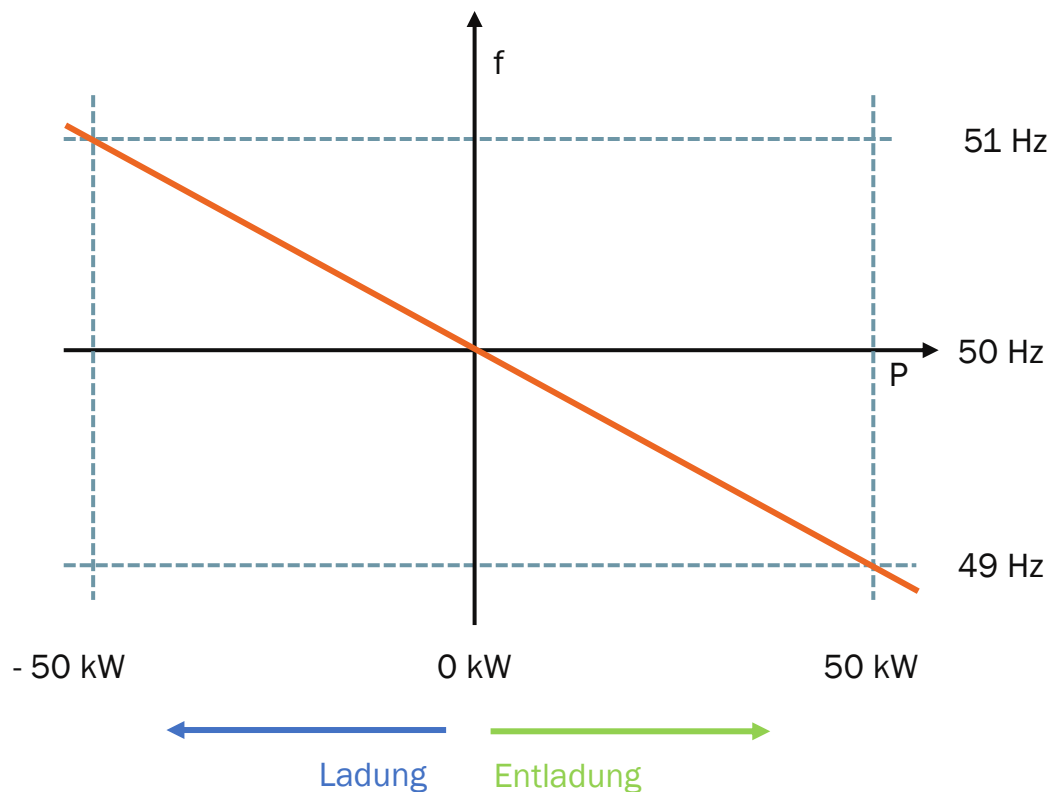
Speicher:
P_{nom}=50 kW

Notiz:

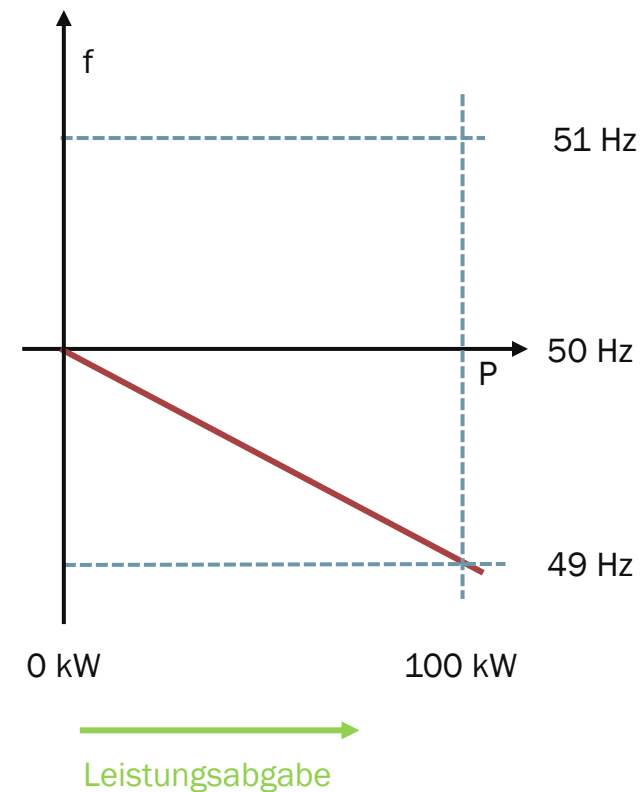
Die Steilheit der P-f - und Q-U - Kennlinien kann am Batteriespeichersystem konfiguriert / angepasst werden.

Einstellung der Droop-Kennlinie

Standardeinstellung (Default) der P-f-Kennlinie am Beispiel des INTILION | scalebloc power (50 kVA)



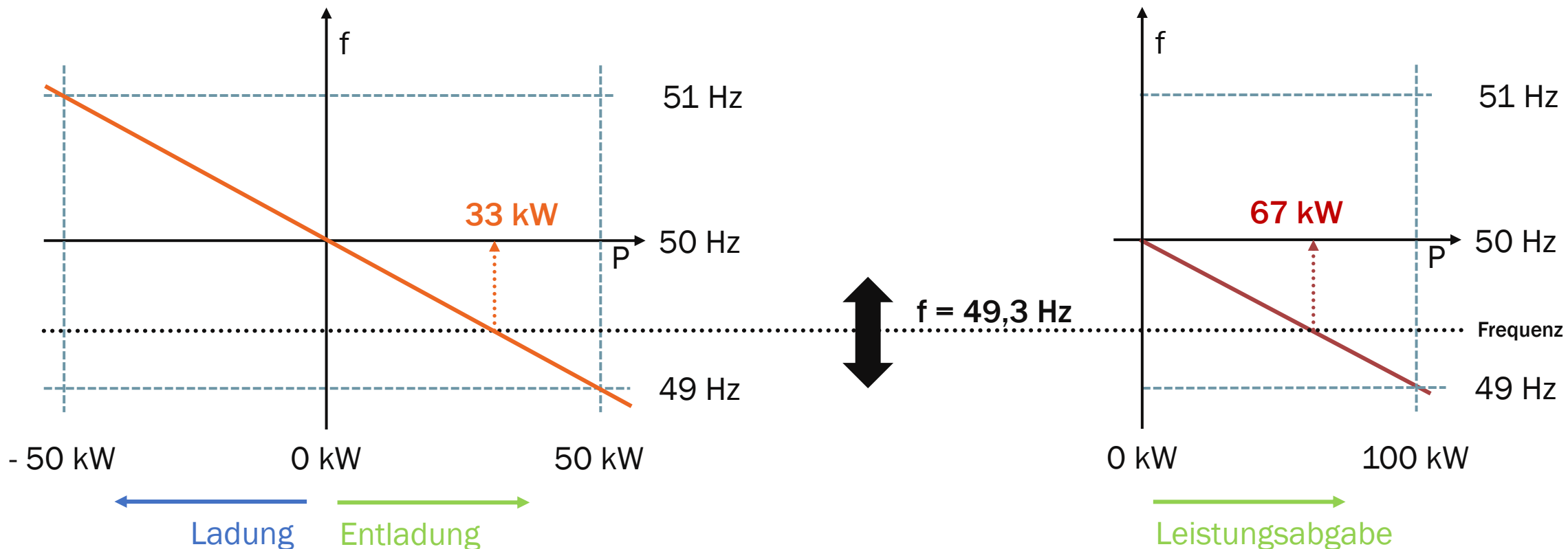
Speicher:
P_{nom}=50 kW



Diesel-Aggregat:
P_{nom}=100 kW

Einstellung der Droop-Kennlinie

Standardeinstellung (Default) der P-f-Kennlinie am Beispiel des INTILION | scalebloc power (50 kVA)



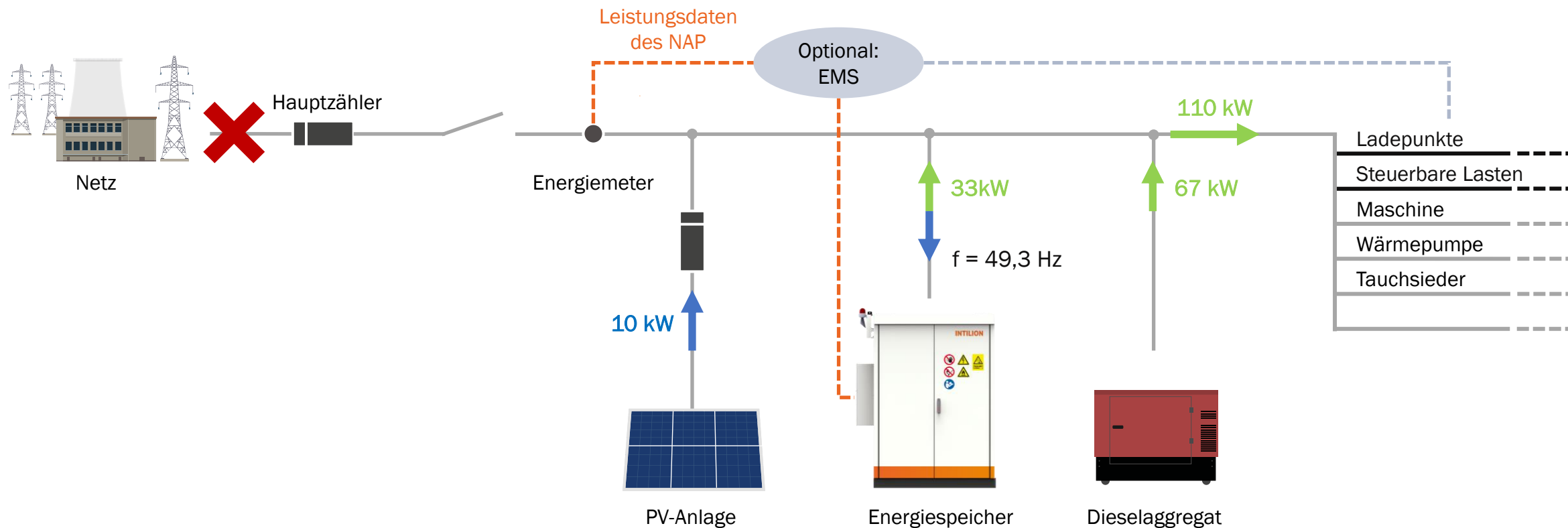
Speicher:
P_{nom}=50 kW



Diesel-Aggregat:
P_{nom}=100 kW

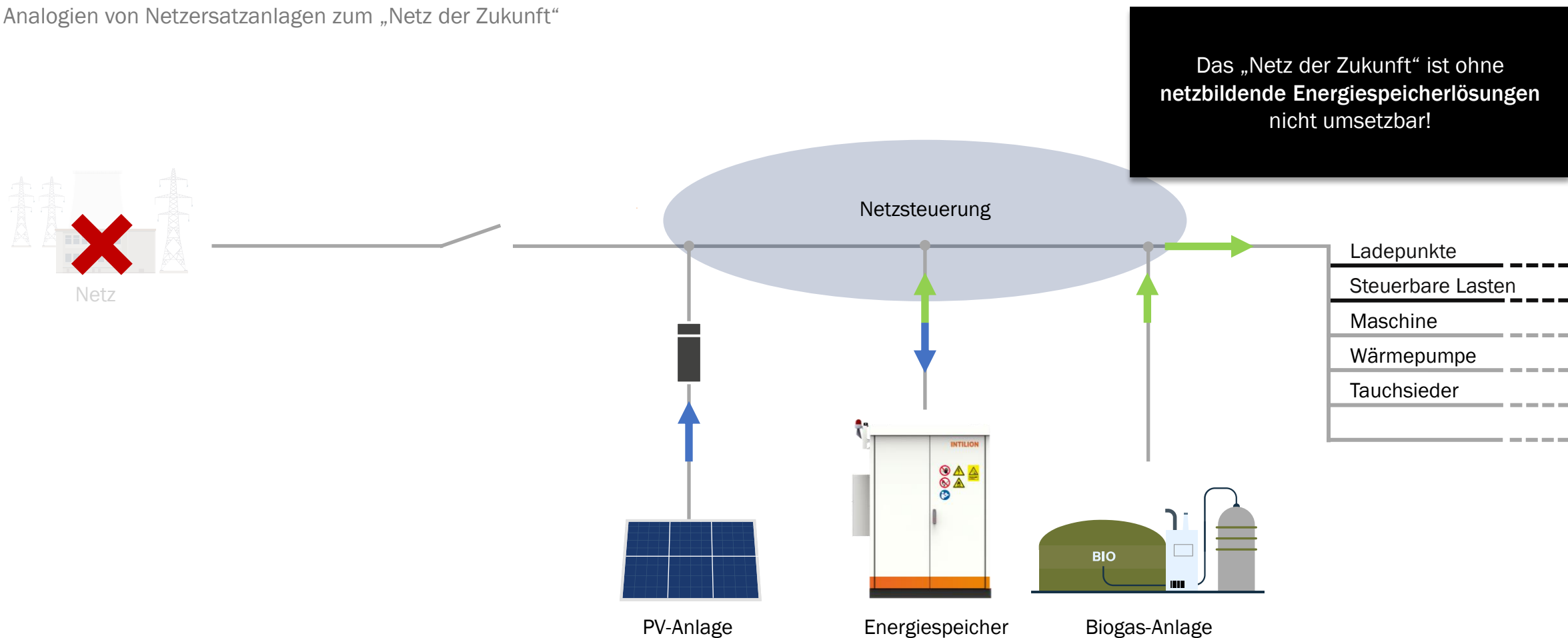
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes mit PV-Anlage und Gen-Set

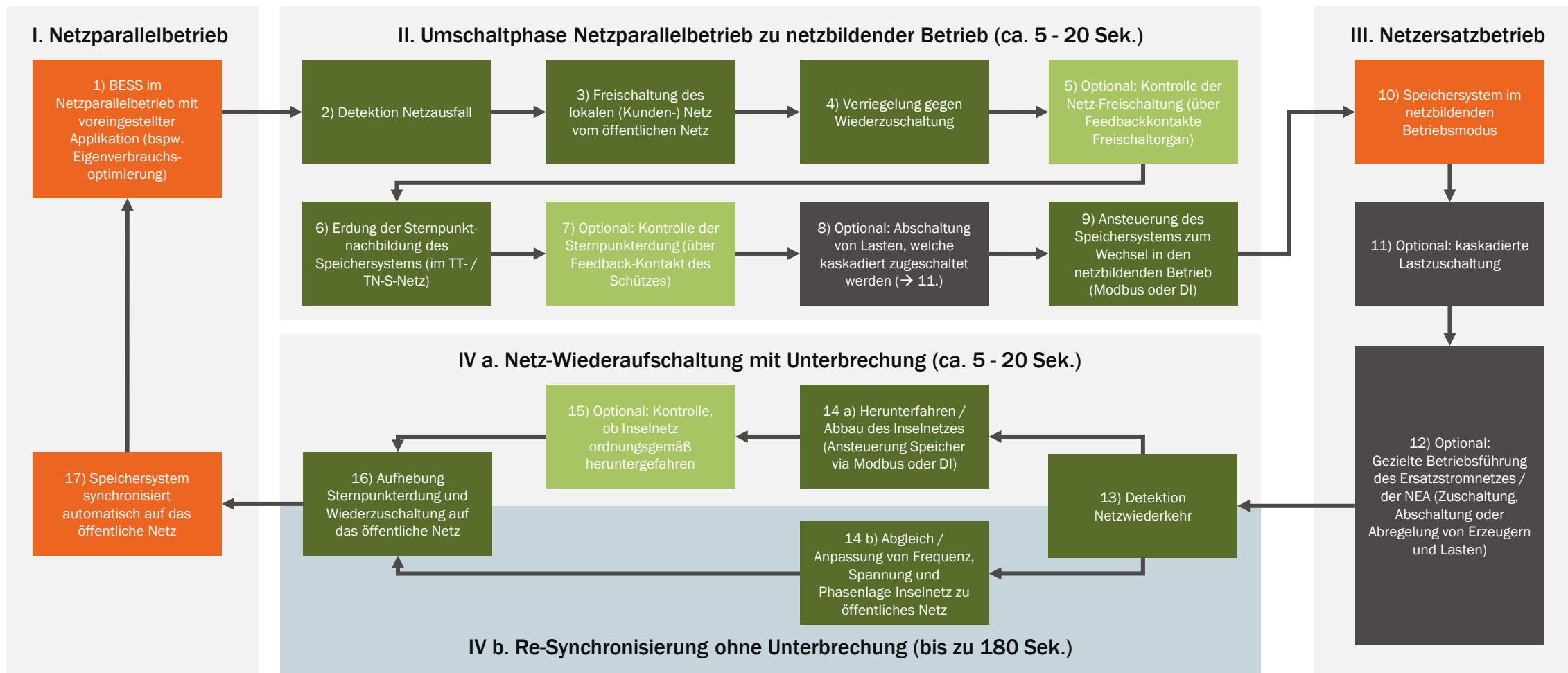


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Analogien von Netzersatzanlagen zum „Netz der Zukunft“

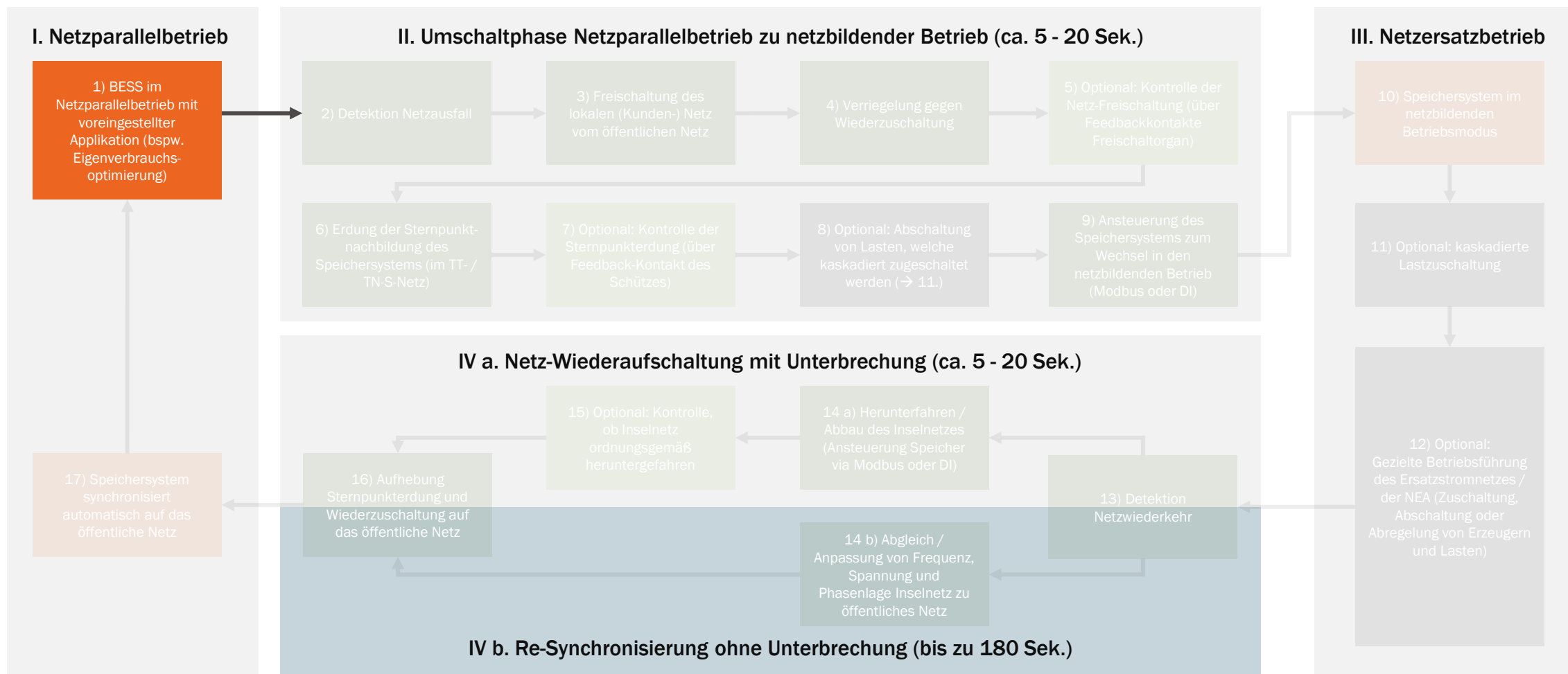


Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



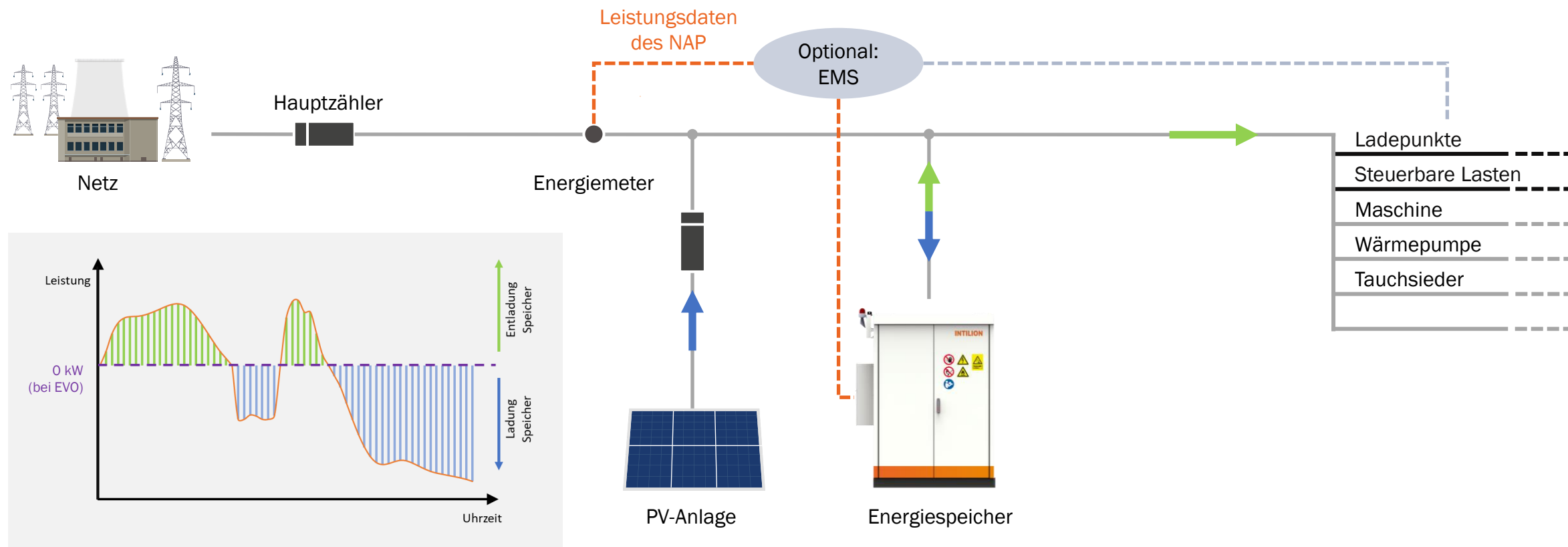
■ Basisfunktionalität BESS
 ■ Notwendige externe Peripherie / Steuerung
 ■ Optionale externe Peripherie / Steuerung
 ■ Erweiterte Betriebsführung

Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



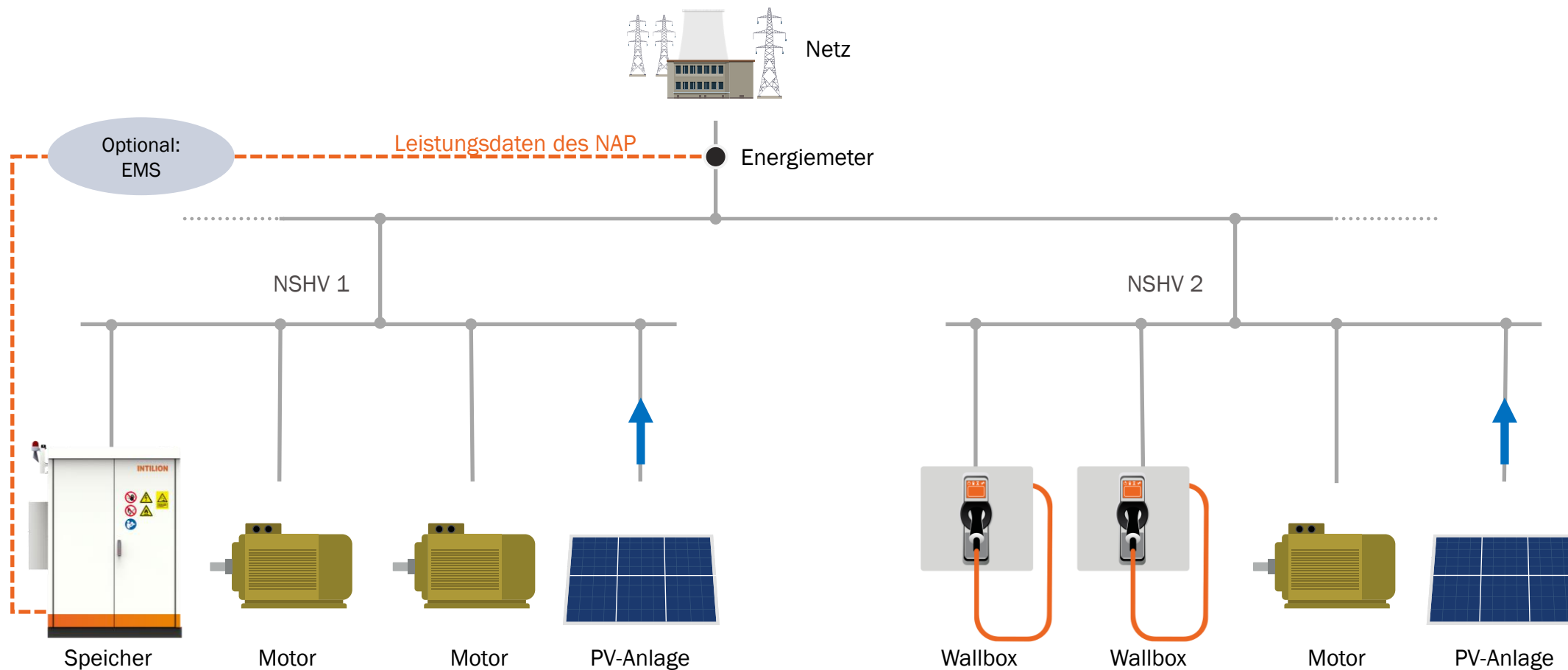
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS in Netzparallelbetrieb

BtM Anwendung am Beispiel des INTILION | scalebloc

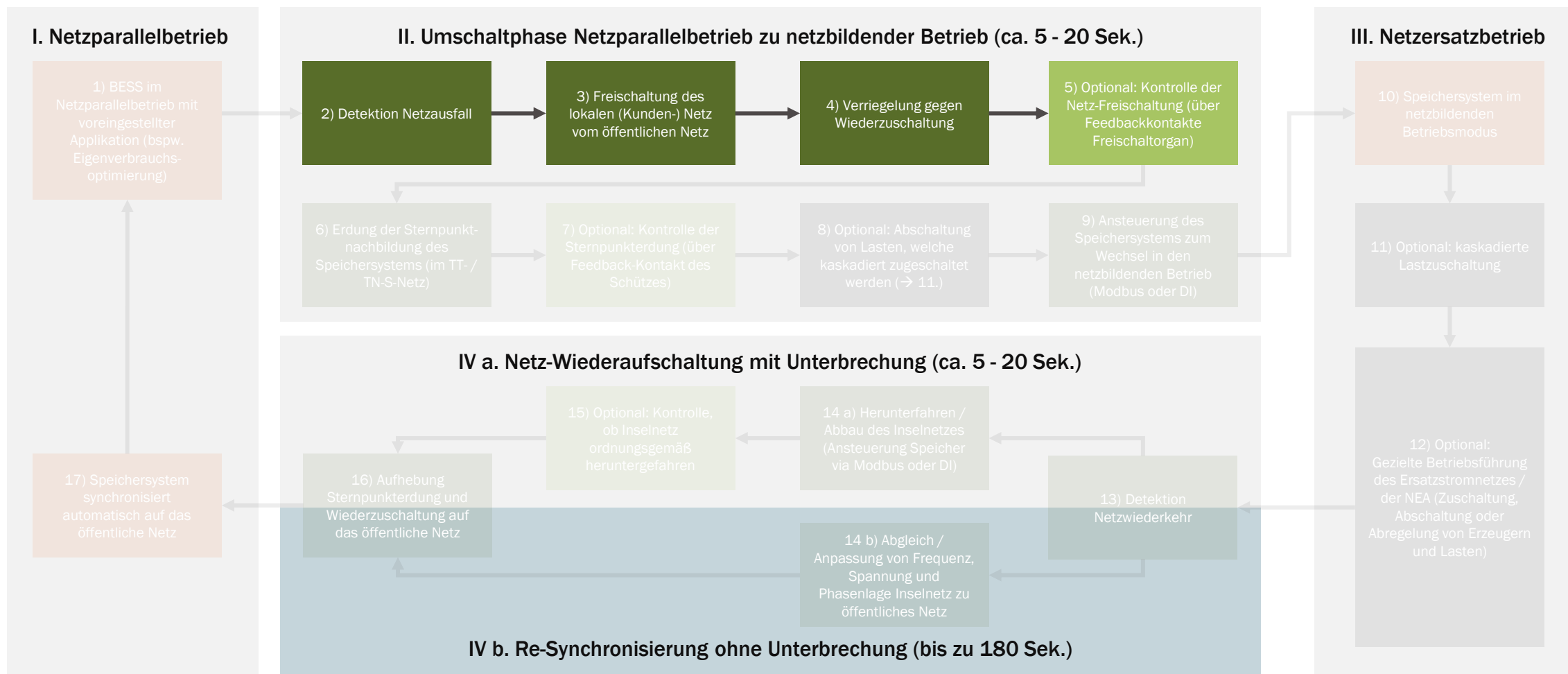


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS in Netzparallelbetrieb

Vereinfachtes Anschlussschema einer Kundenanlage im industriellen Umfeld

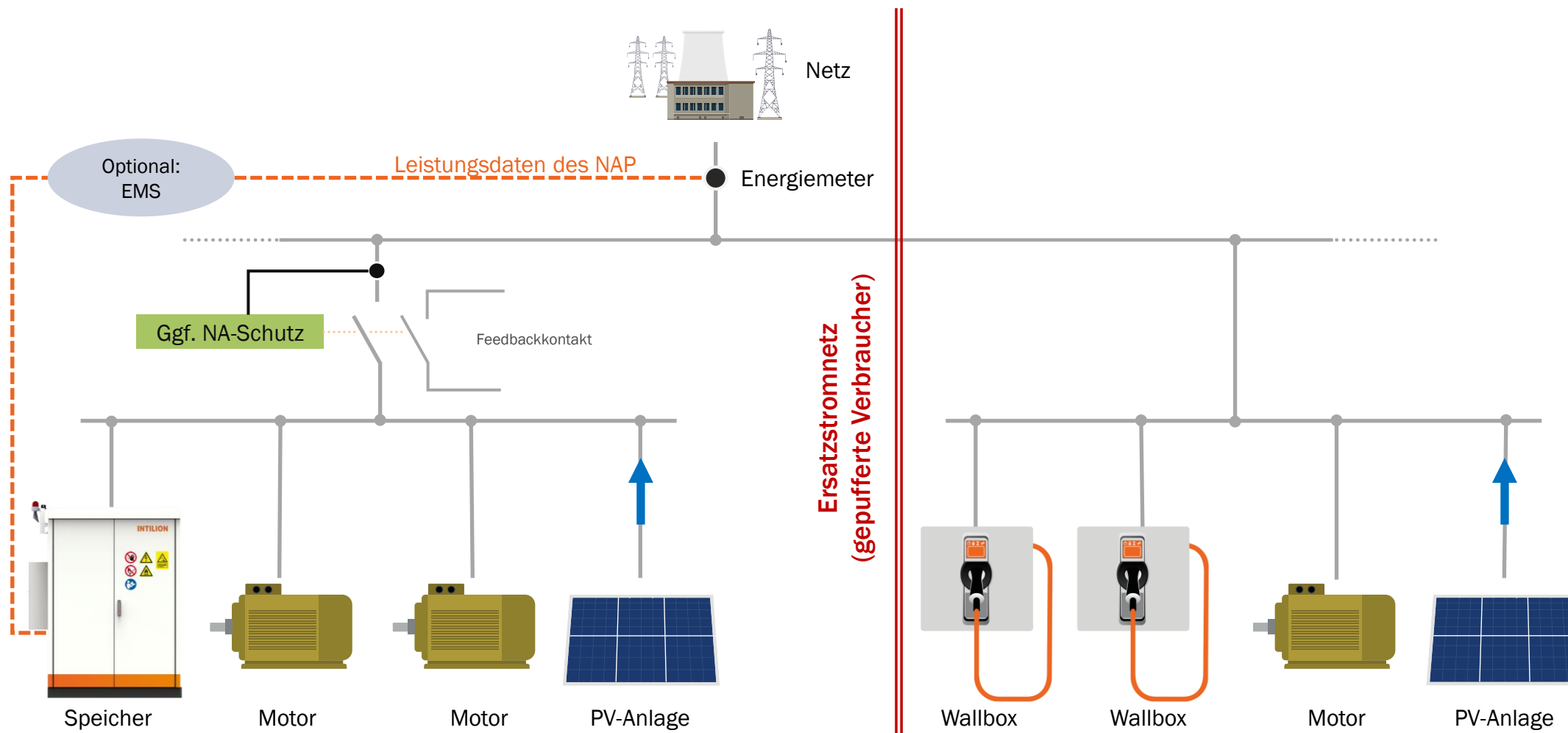


Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



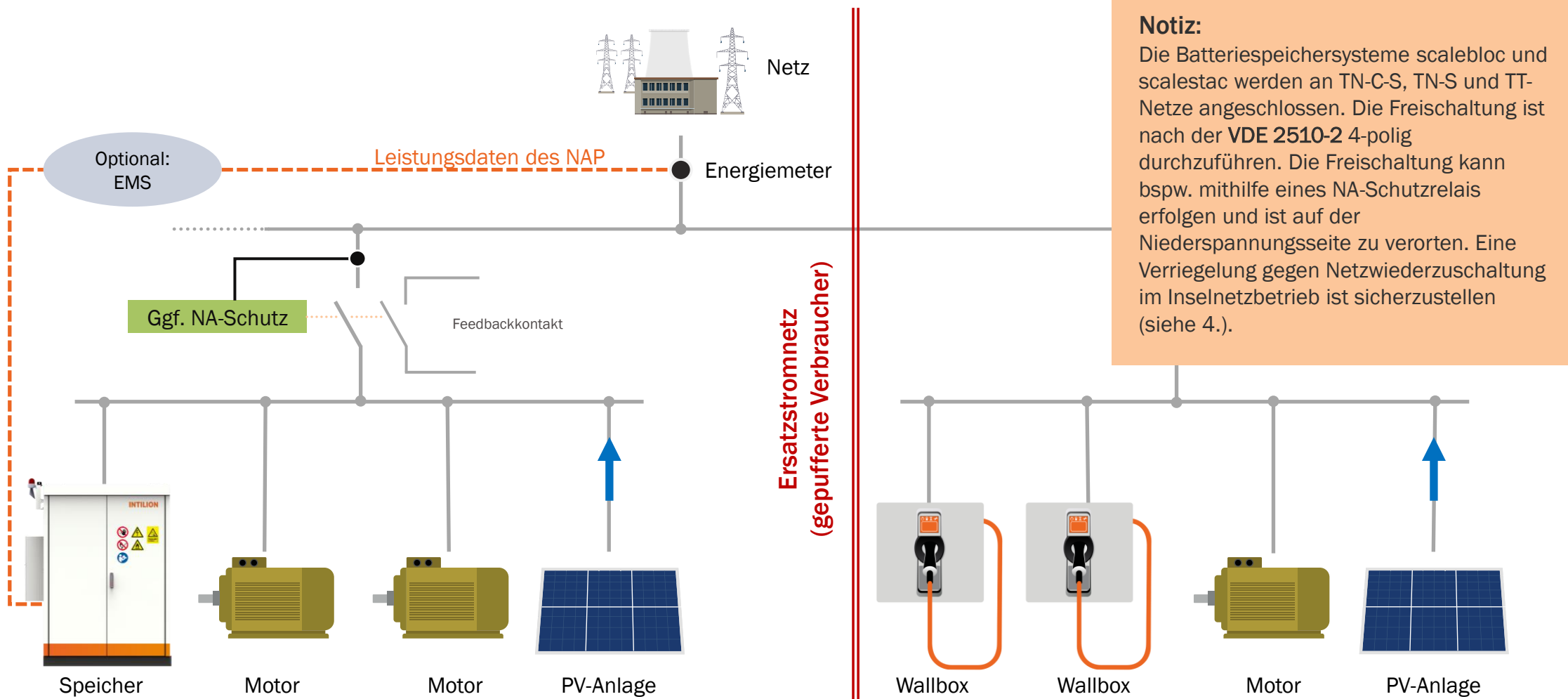
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Detektion Netzausfall und Netzfreischtaltung

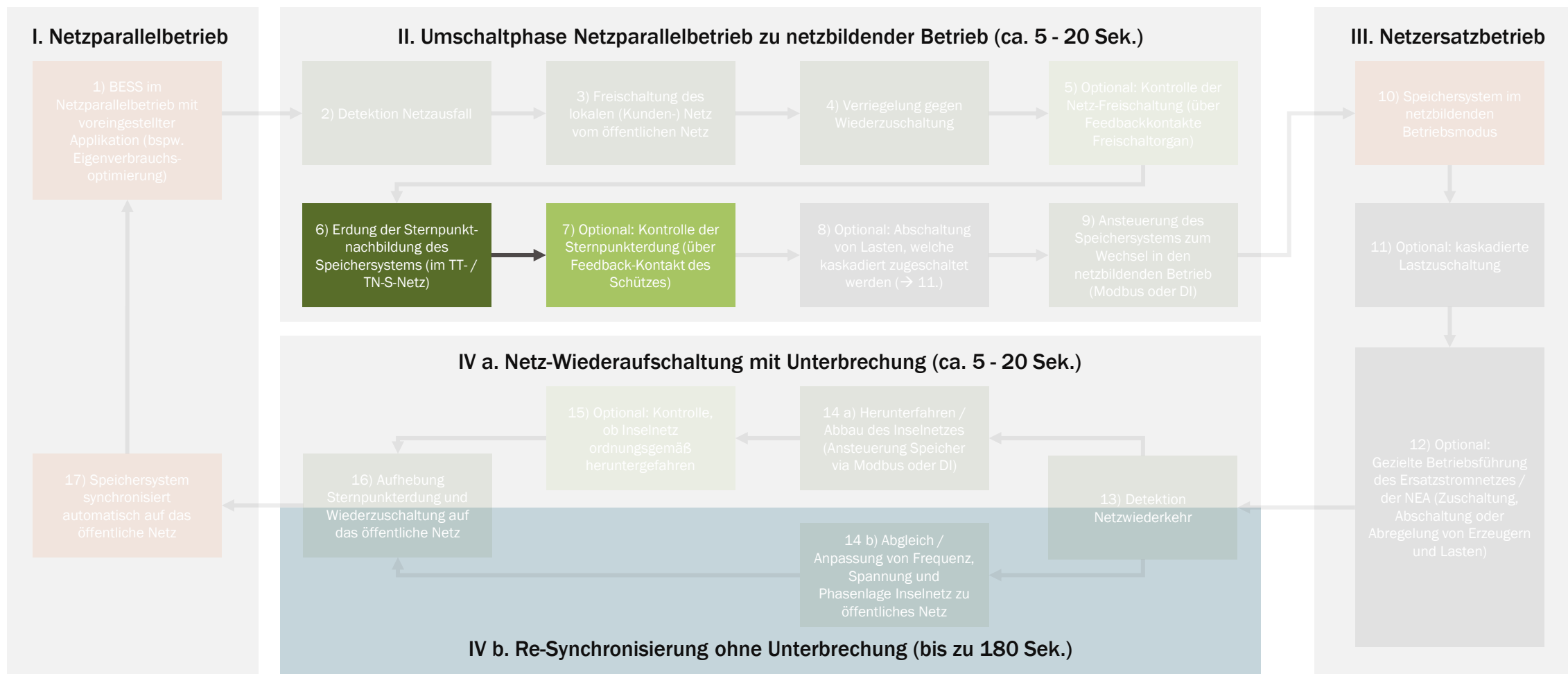


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Detektion Netzausfall und Netzfreischaltung

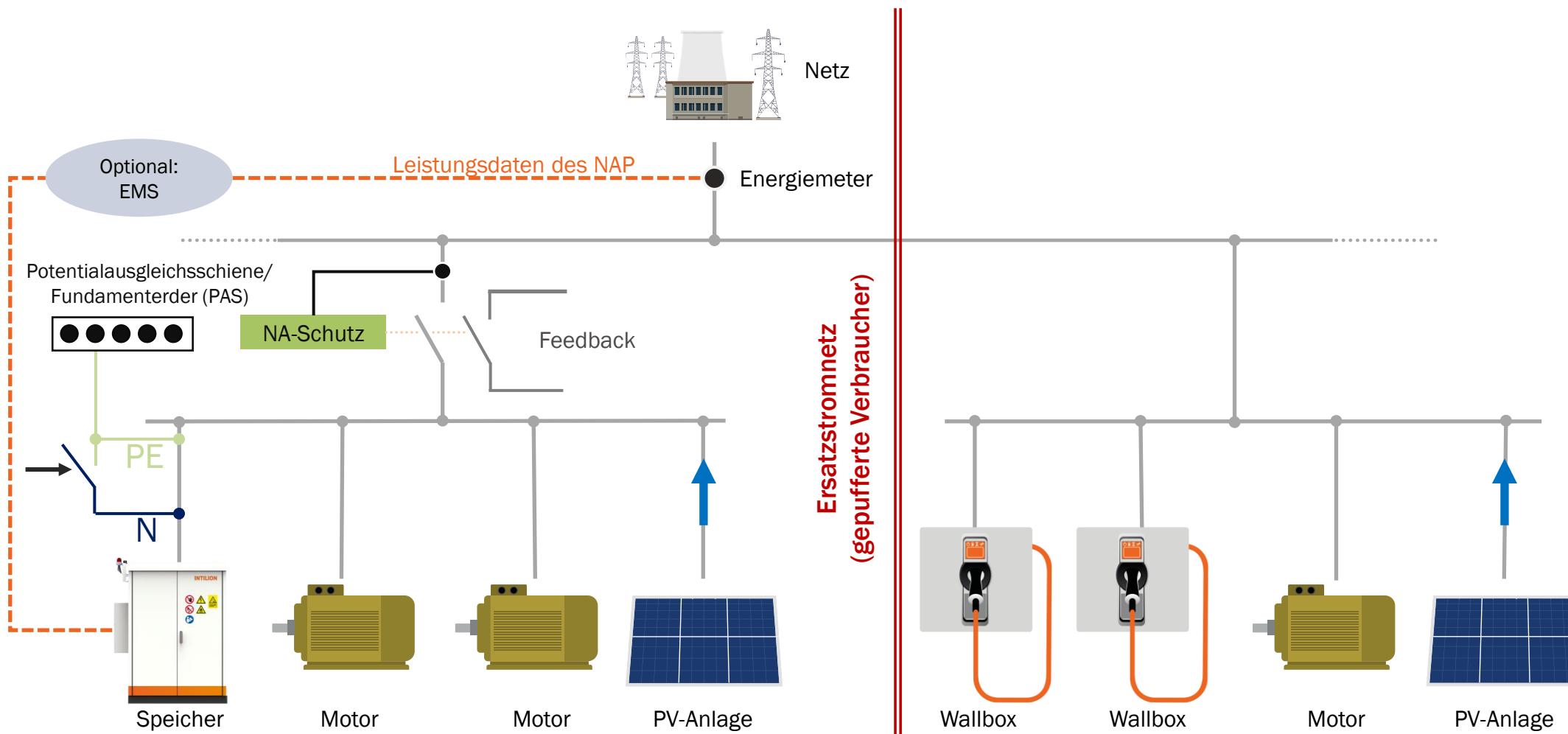


Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



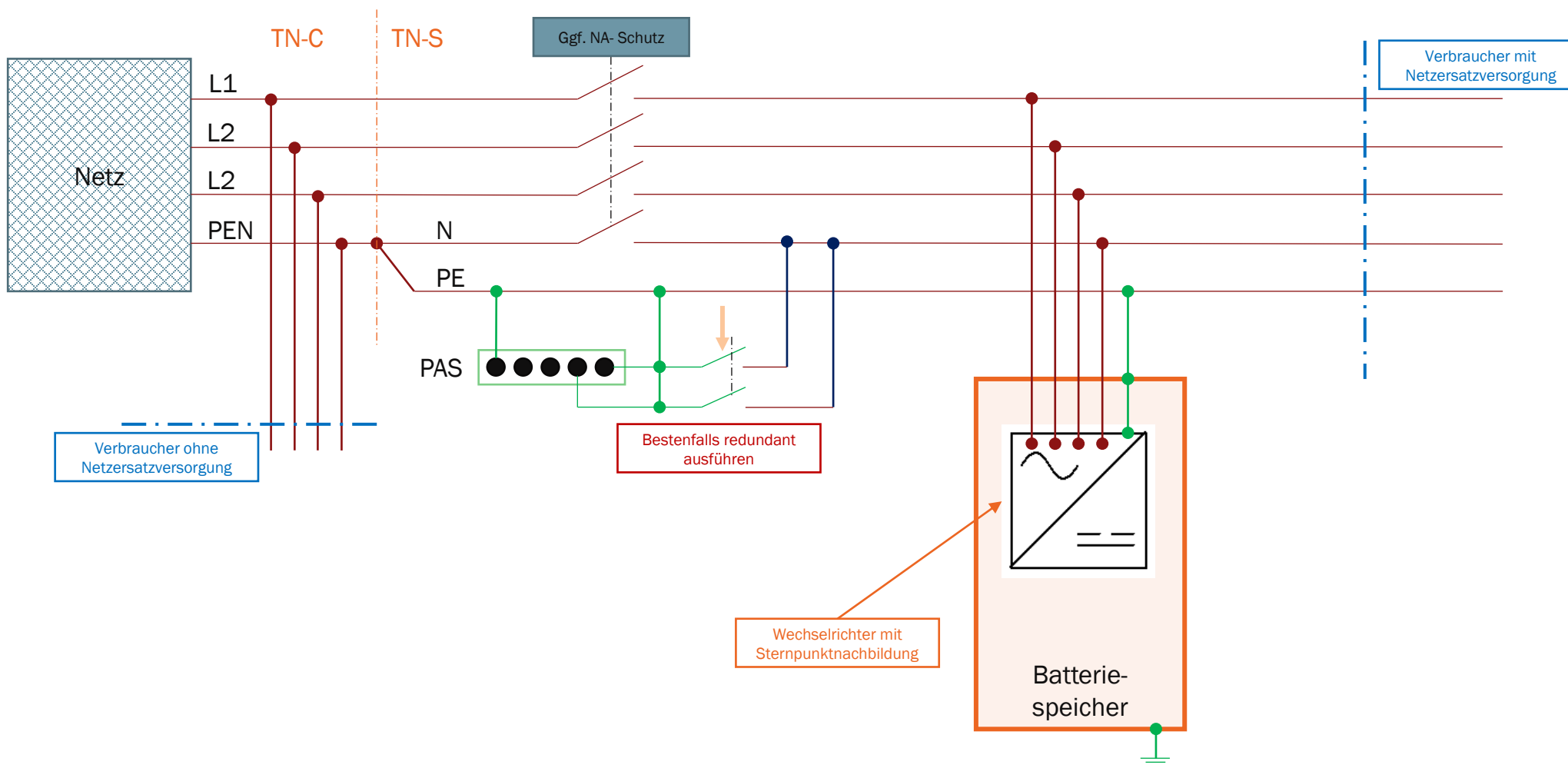
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Erdung der Sternpunktnachbildung im TN-S Netz



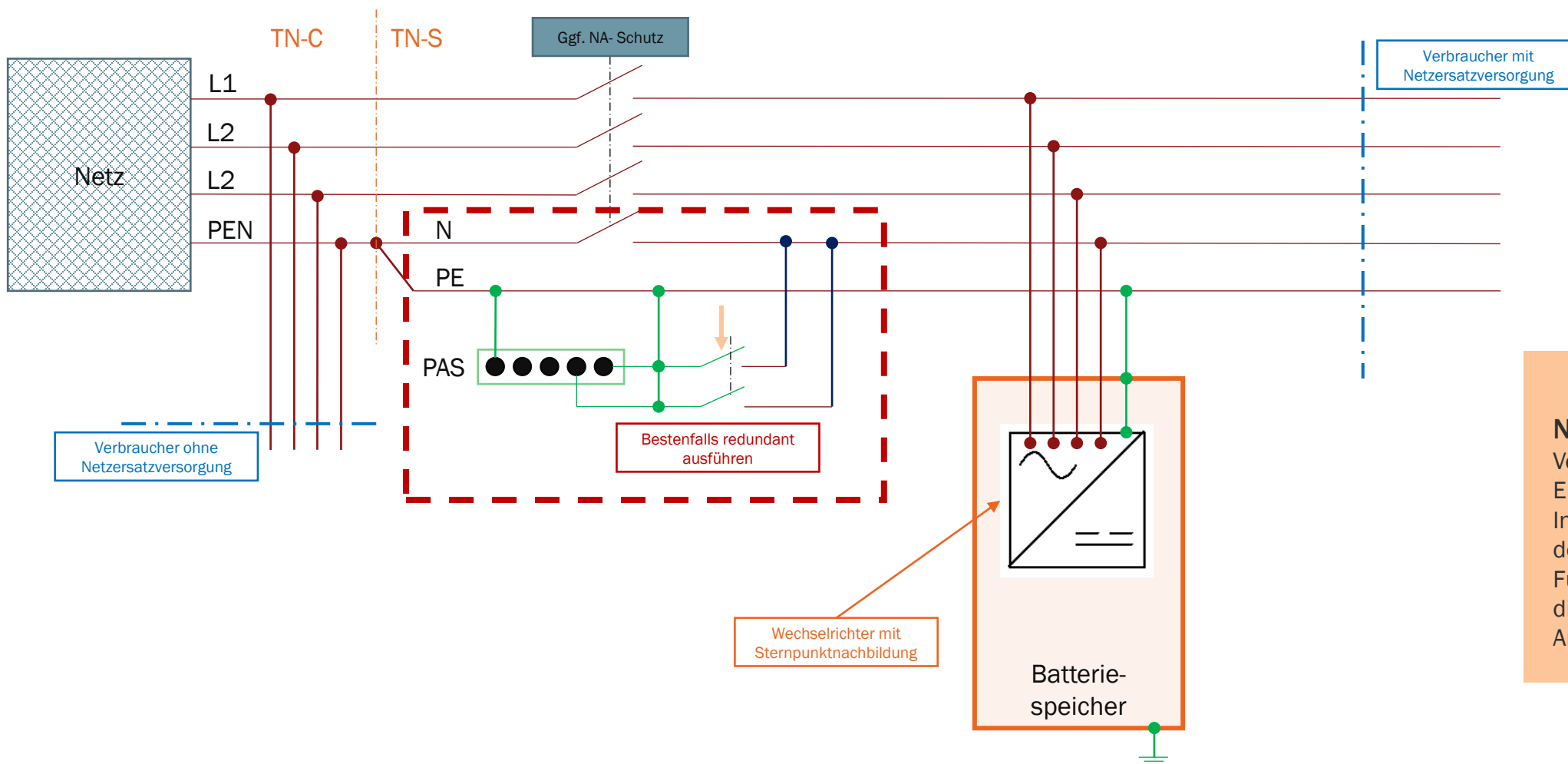
Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS

Projektierungshinweis: Sternpunktnachbildung und -erdung des Batteriesystems im TN-C-S Netz



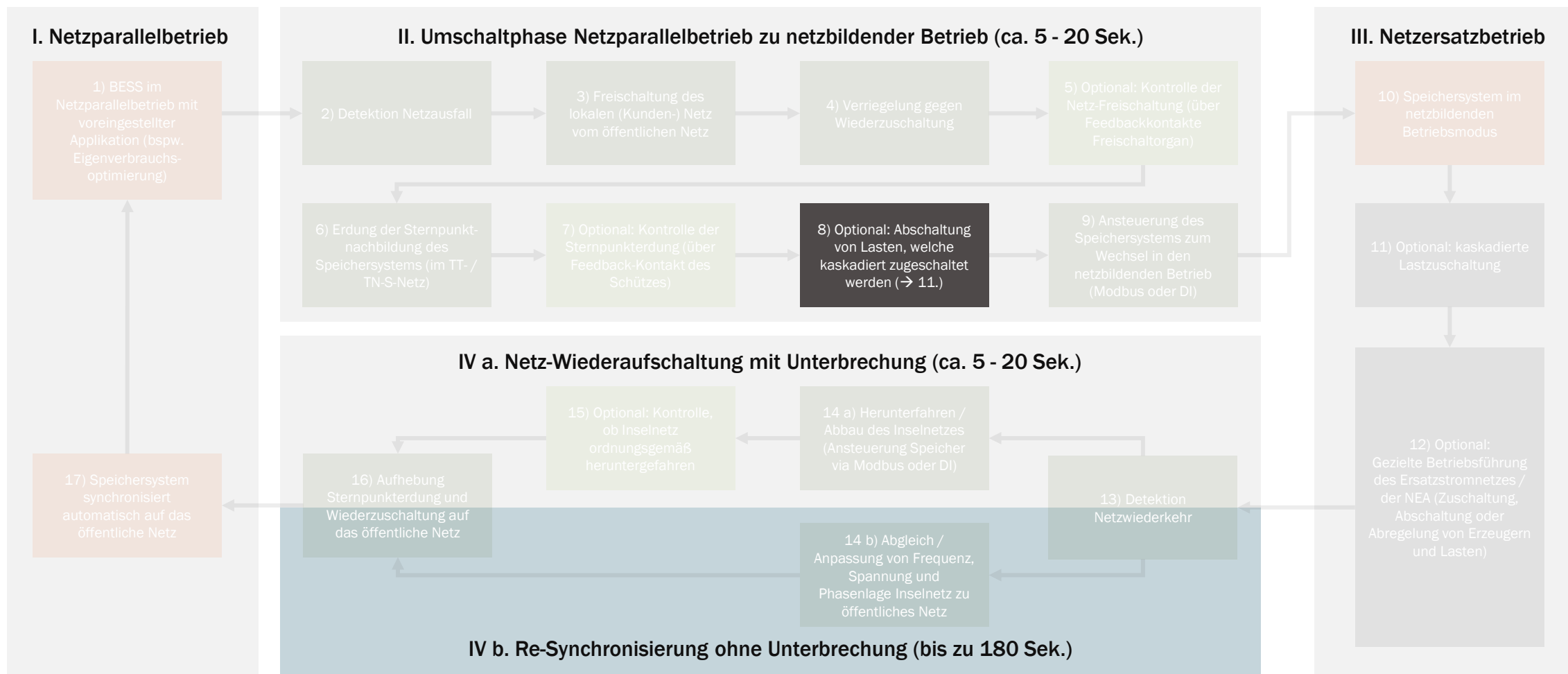
Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS

Projektierungshinweis: Sternpunktnachbildung und -erdung des Batteriesystems im TN-C-S Netz



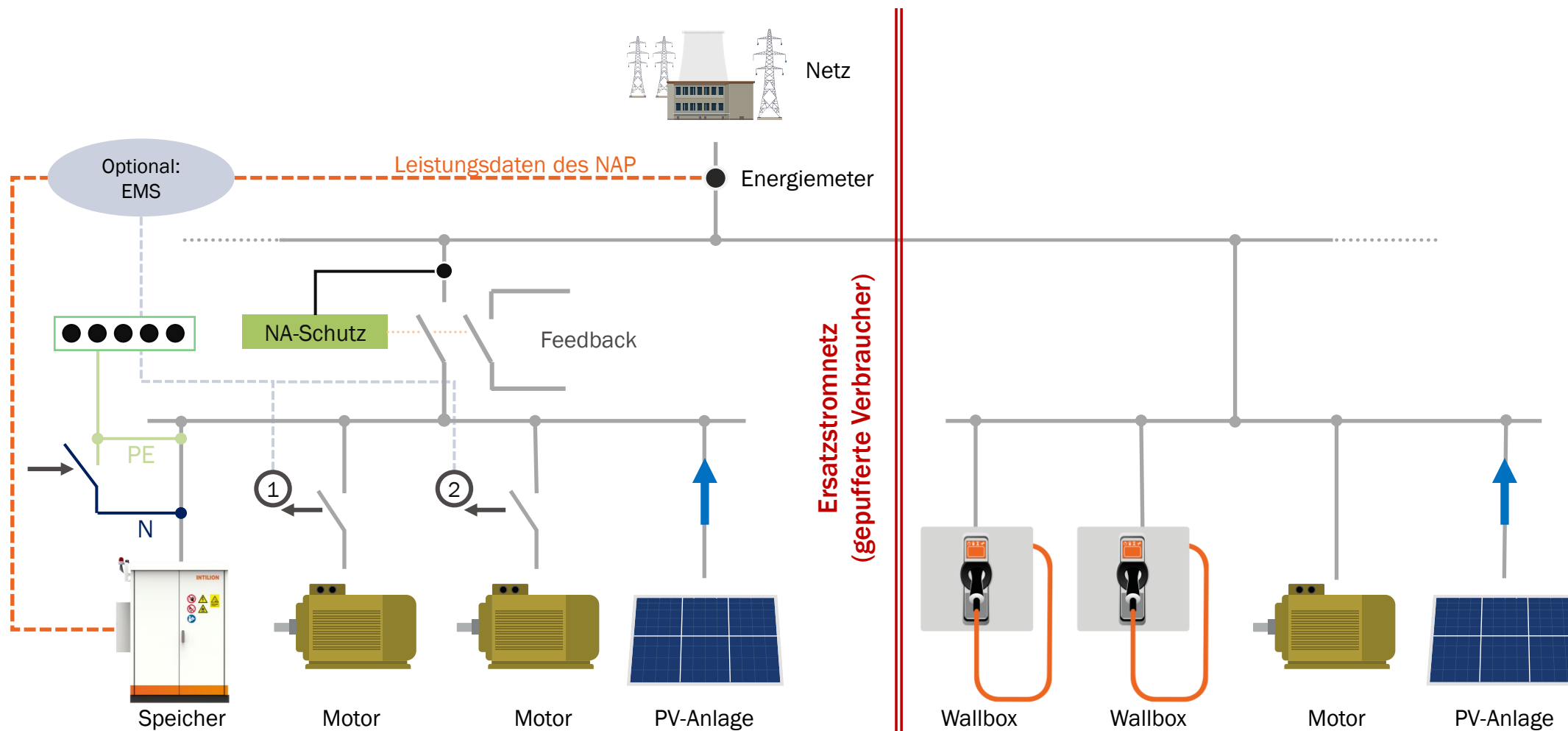
Notiz:
 Vereinfachte Darstellung! Die Erdung einer NEA ist für die Installationen in Deutschland in der VDE 2510-2 beschrieben. Für alle weiteren Länder sind die jeweiligen normativen Anforderungen zu beachten.

Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



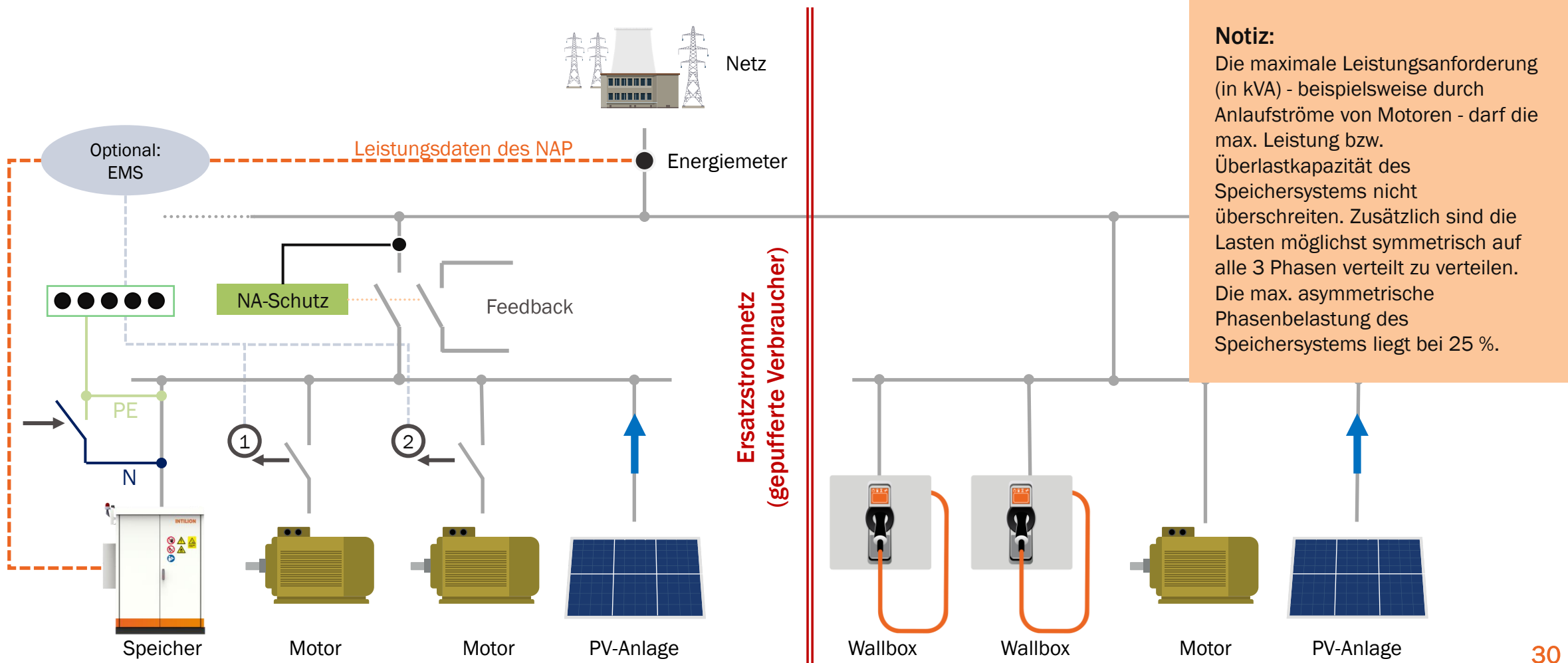
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Kaskadierte Zuschaltung von Lasten mit hohen Anlaufströmen

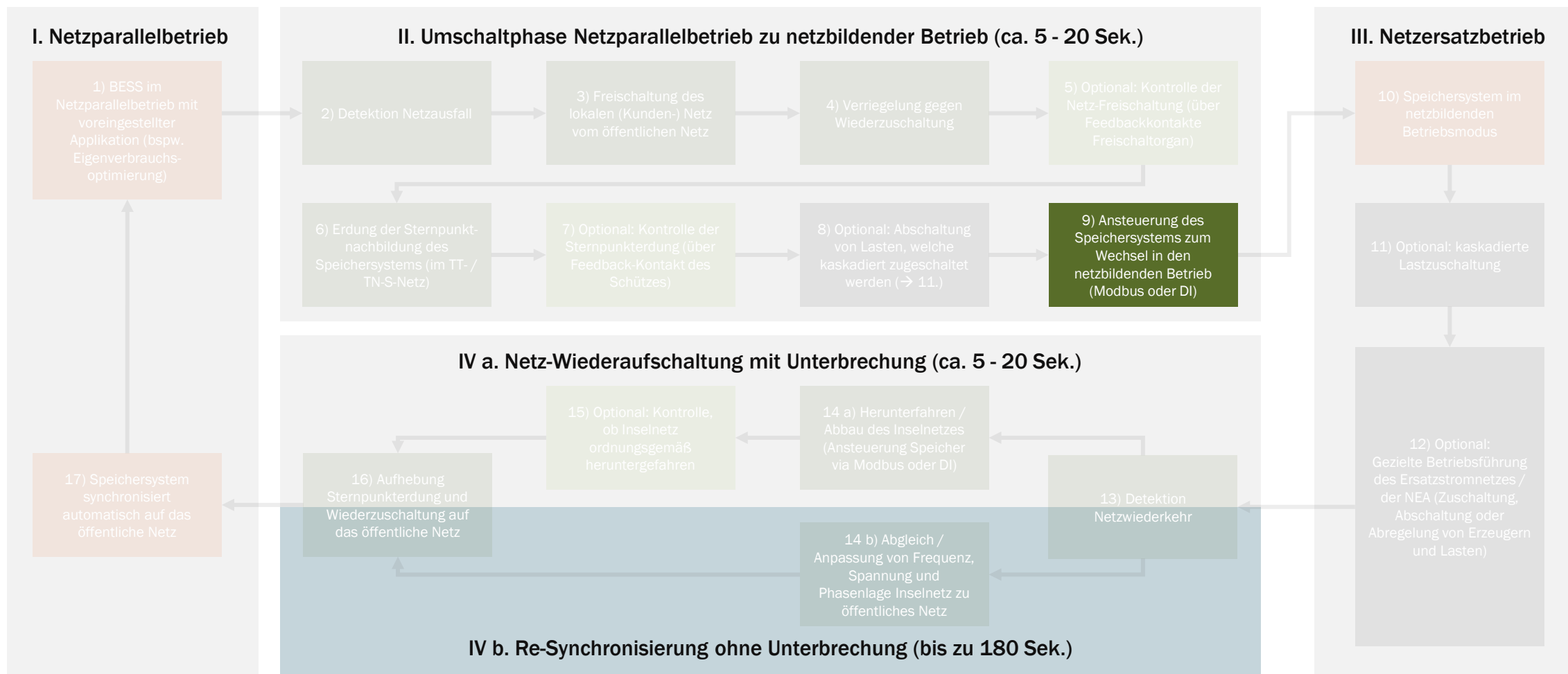


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

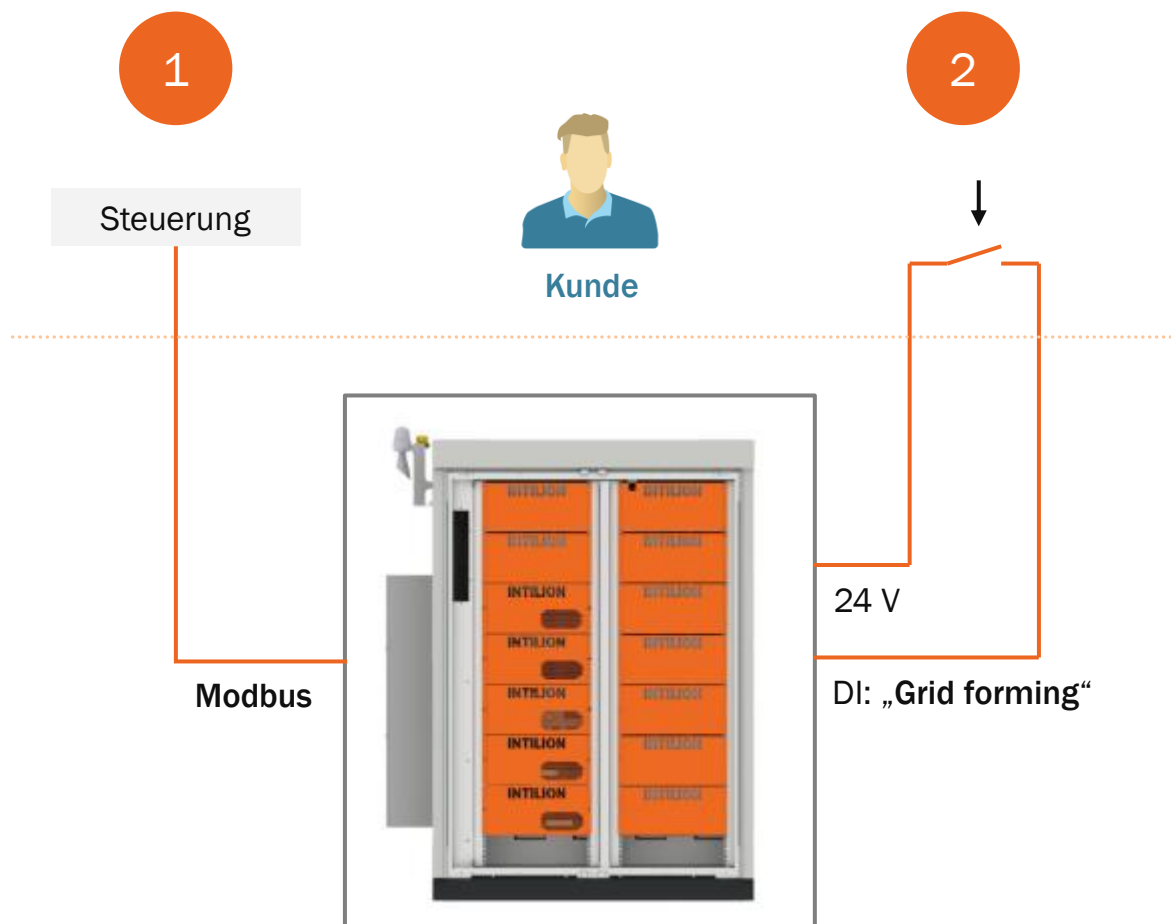
Projektierungshinweis: Kaskadierte Zuschaltung von Lasten mit hohen Anlaufströmen



Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



Umschaltung in den netzbildenden Betrieb

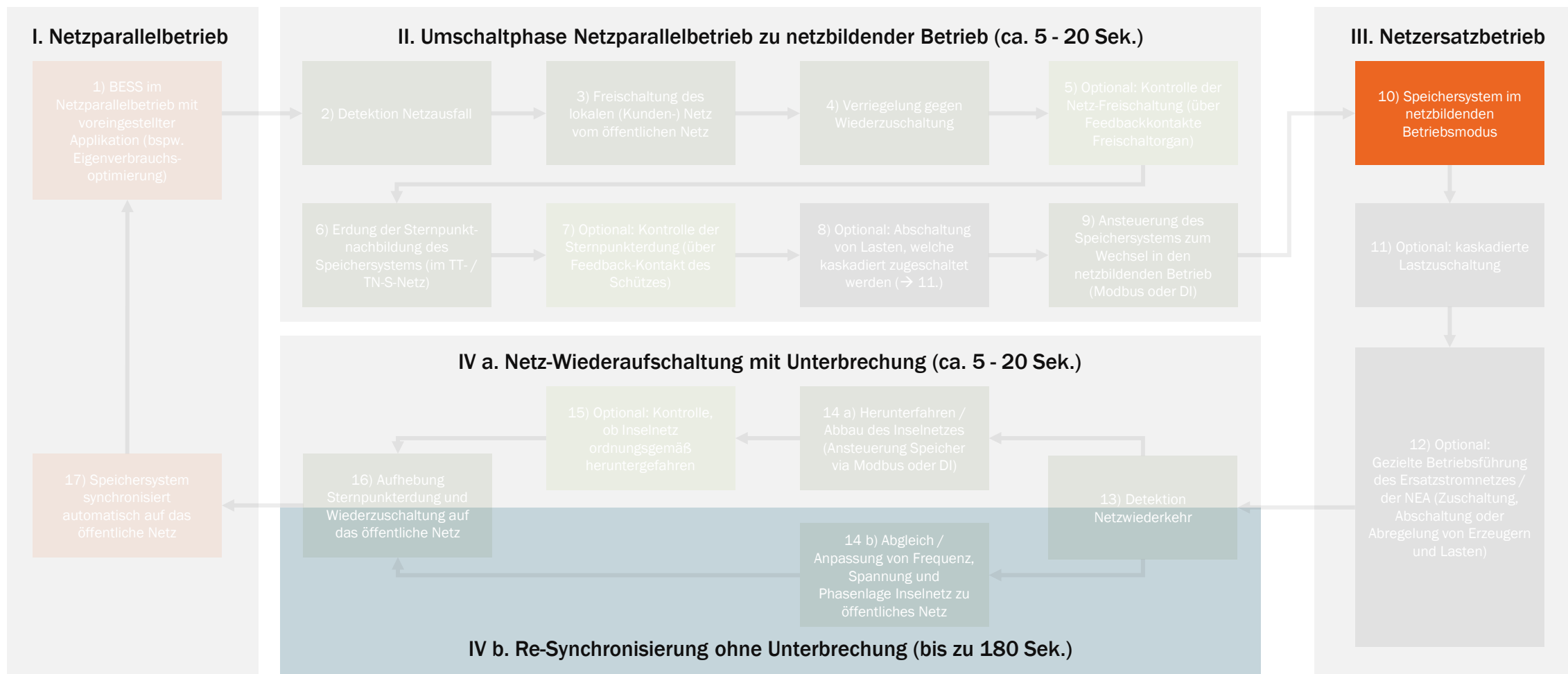


Für die Umschaltung in den netzbildenden Betriebsmodus stehen dem Kunden zwei Optionen zur Verfügung:

1. **Via Modbus-Befehl:** Umschaltung der Betriebsmodi (Netzparallelbetrieb, netzbildender Betrieb) über Modbus-Register. Die Umschaltung des Betriebsmodus erfolgt im „stop“-Zustand. Alle weiteren Infos sind aus der Modbusliste zu entnehmen
2. **Über einen potentialfreien Kontakt „Grid forming“:** Während der Kontakt geschlossen ist, befindet sich das System im netzbildenden Betrieb. Dabei werden die **Default-Parameter** angenommen. Bei geöffnetem Kontakt fährt das System im Netzparallelbetrieb hoch, sobald die Zuschaltbedingungen erfüllt sind.

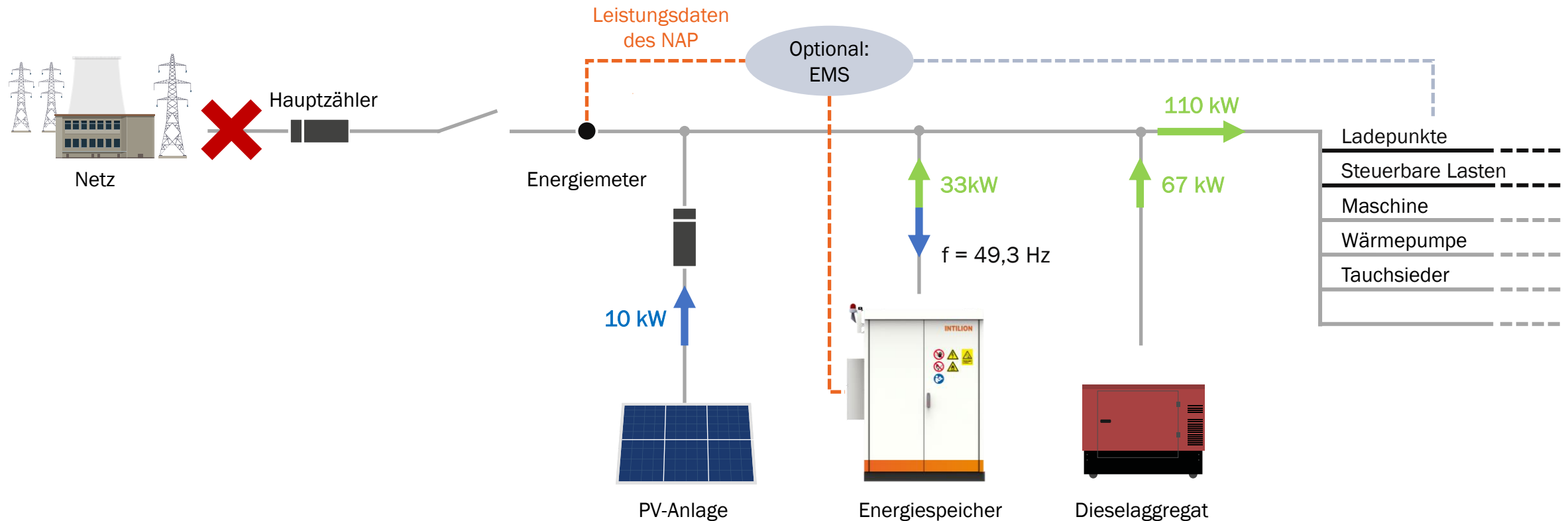
Die **Umschaltzeit** beträgt bei beiden Optionen **>5s** nach Ansteuerung des Speichersystems.

Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS

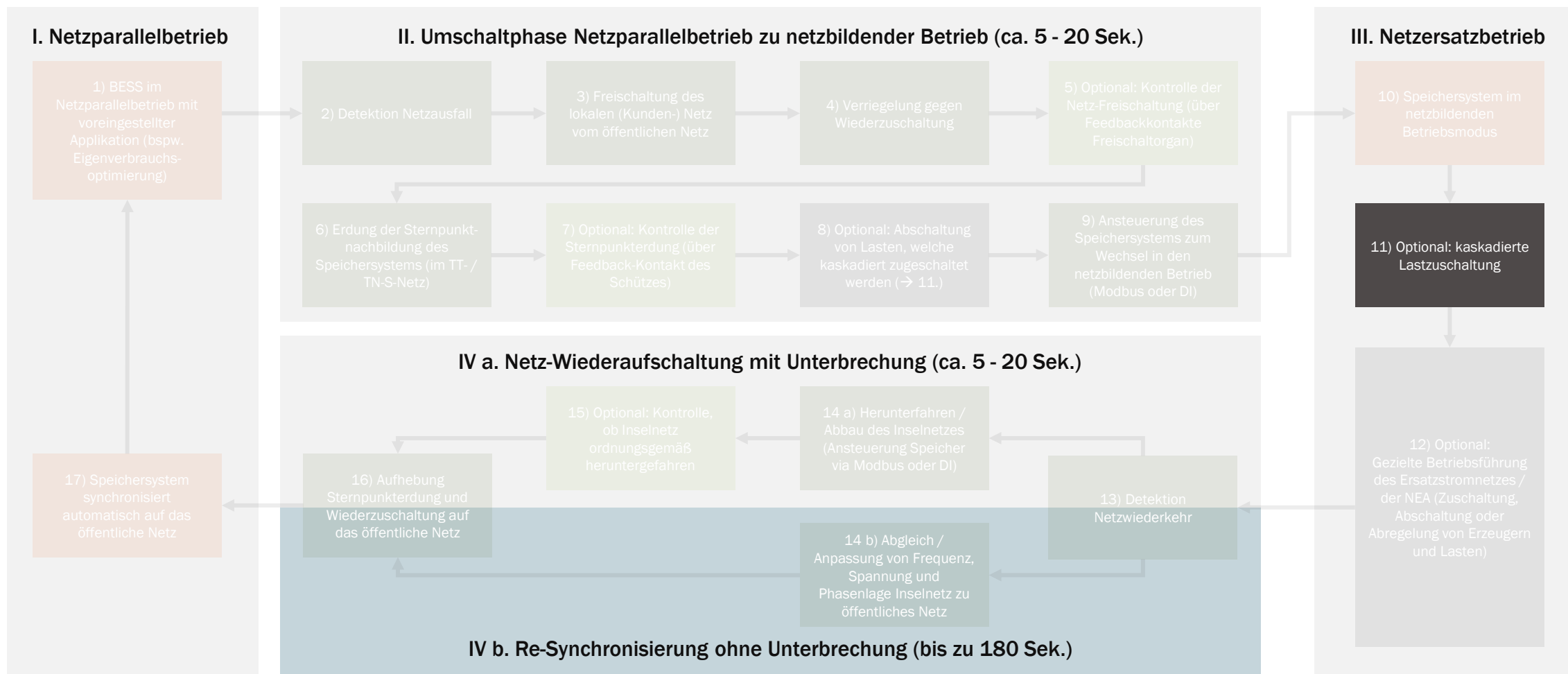


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes

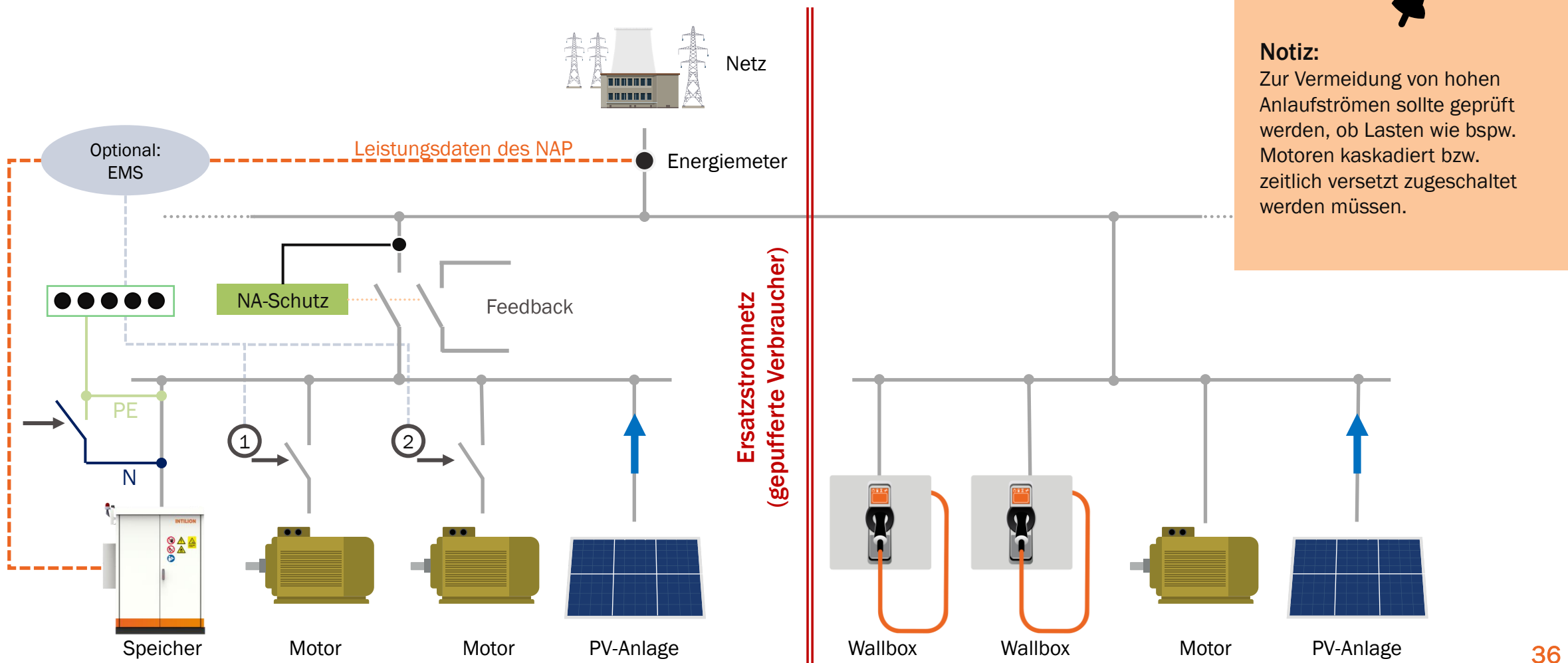


Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS

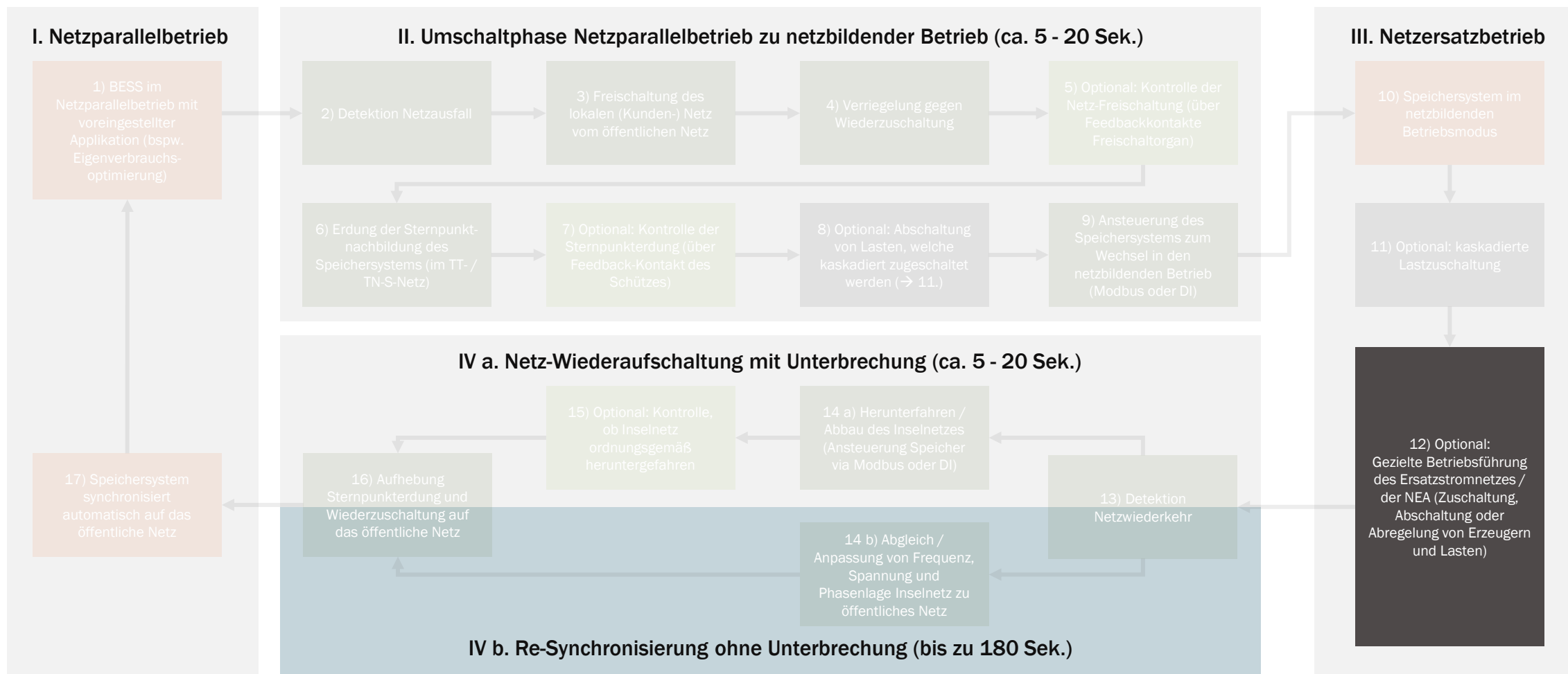


Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Kaskadierte Zuschaltung von Lasten mit hohen Anlaufströmen

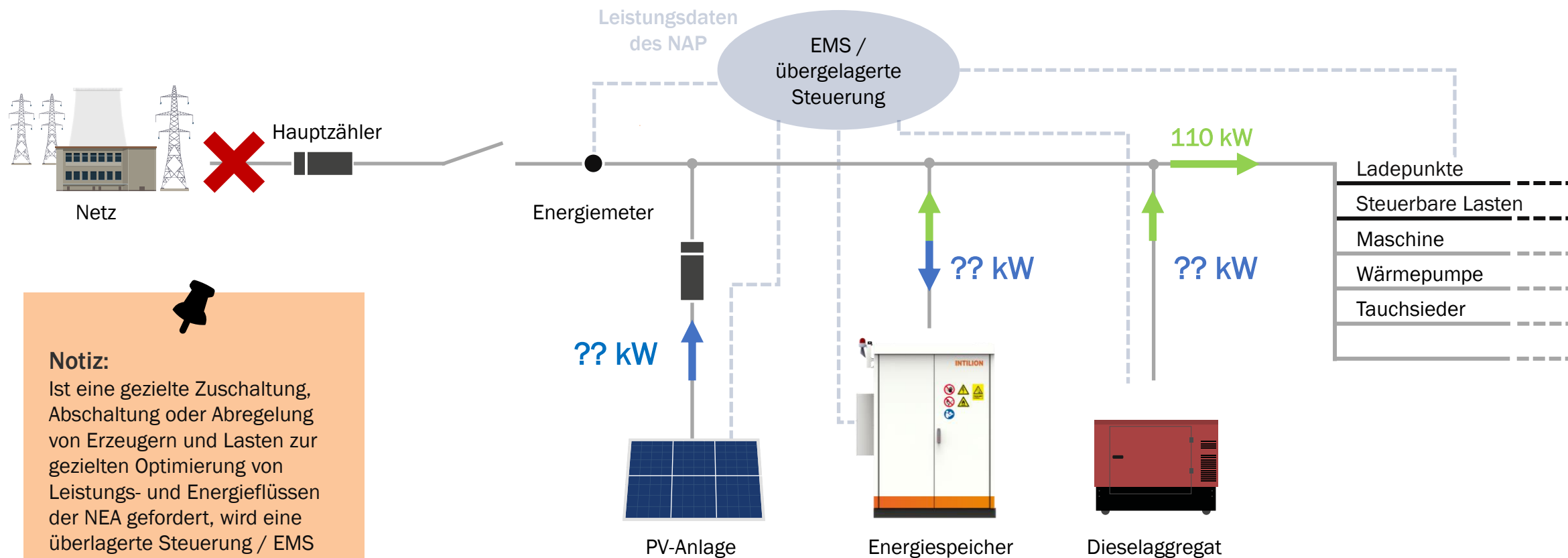


Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



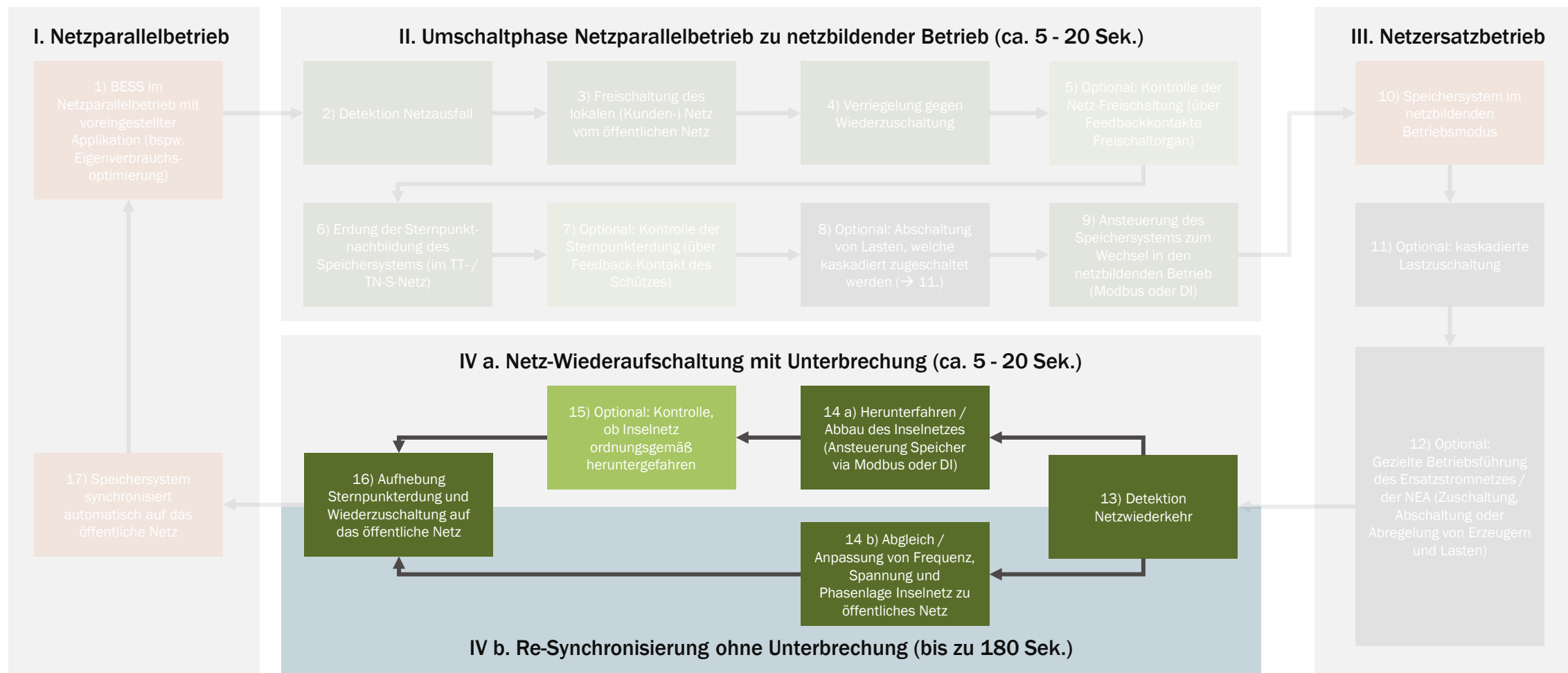
Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Vereinfachte Topologie einer Netzersatzanlage (NEA) / eines Ersatzstromnetzes



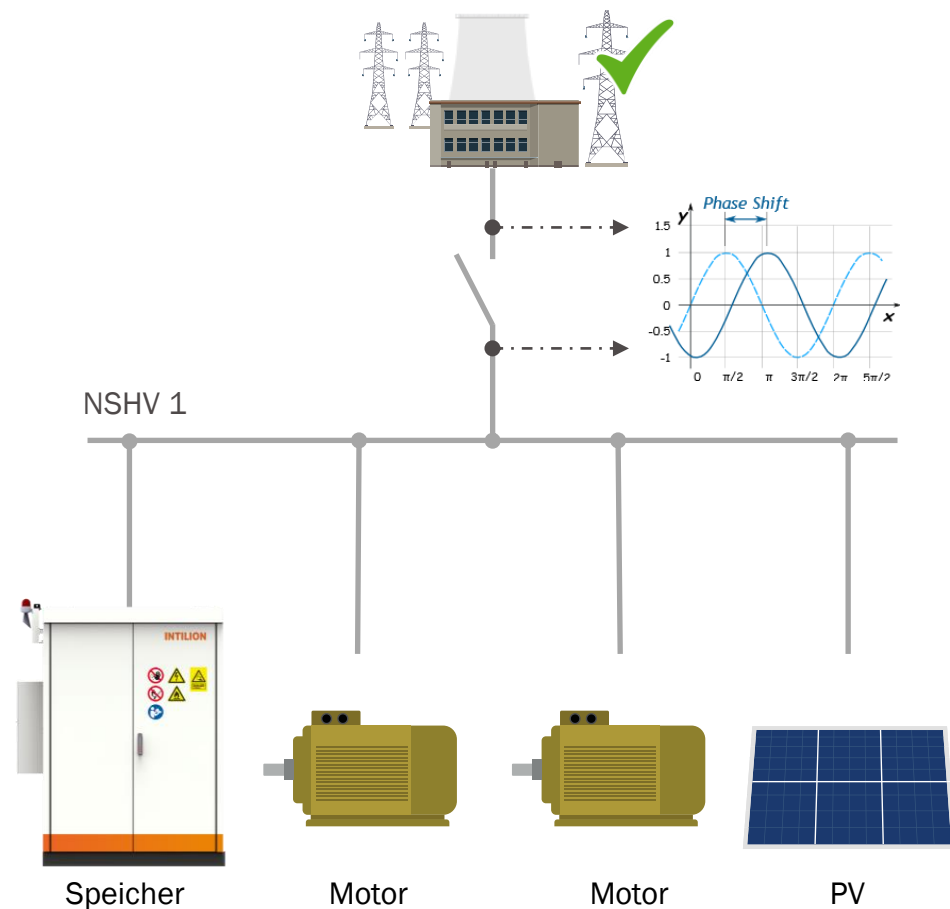
Notiz:
Ist eine gezielte Zuschaltung, Abschaltung oder Abregelung von Erzeugern und Lasten zur gezielten Optimierung von Leistungs- und Energieflüssen der NEA gefordert, wird eine überlagerte Steuerung / EMS empfohlen.

Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Netzwiederaufschaltung vs. Re-Synchronisierung



IV a. Netz-Wiederaufschaltung mit Unterbrechung

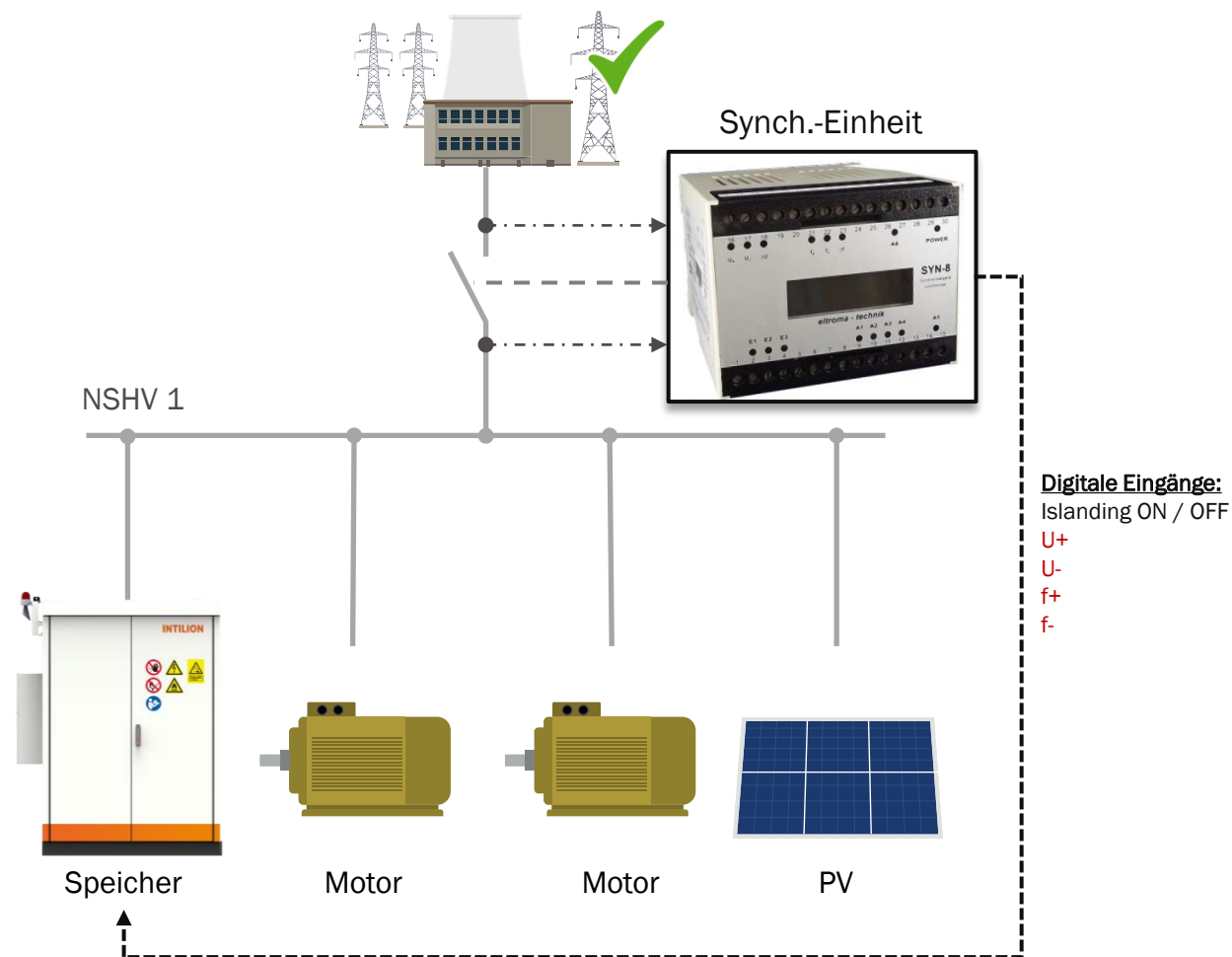
- ▶ Die Netzwiederkehr wird detektiert
- ▶ Das Inselnetz des Speichersystems abbauen
- ▶ Netzzuschaltung / Erdung aufheben
- ▶ Speichersystem wird in den Netzparallelbetrieb geschaltet
- ▶ Speichersystem wechselt in die voreingestellte Applikation (bspw. EVO) im Netzparallelbetrieb

IV b. Re-Synchronisierung ohne Unterbrechung

- ▶ Die Netzwiederkehr wird detektiert
- ▶ Spannung und Frequenz vor/hinter Freischaltung messen
- ▶ Spannung und Frequenz des Inselnetzes und die Phasenlage angleichen
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben
- ▶ Speichersystem wird in den Netzparallelbetrieb geschaltet
- ▶ Speichersystem wechselt in die voreingestellte Applikation (bspw. EVO) im Netzparallelbetrieb

Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Netzwiederaufschaltung und Re-Synchronisierung via Synchronisationsrelais



IV a. Netz-Wiederaufschaltung mit Unterbrechung

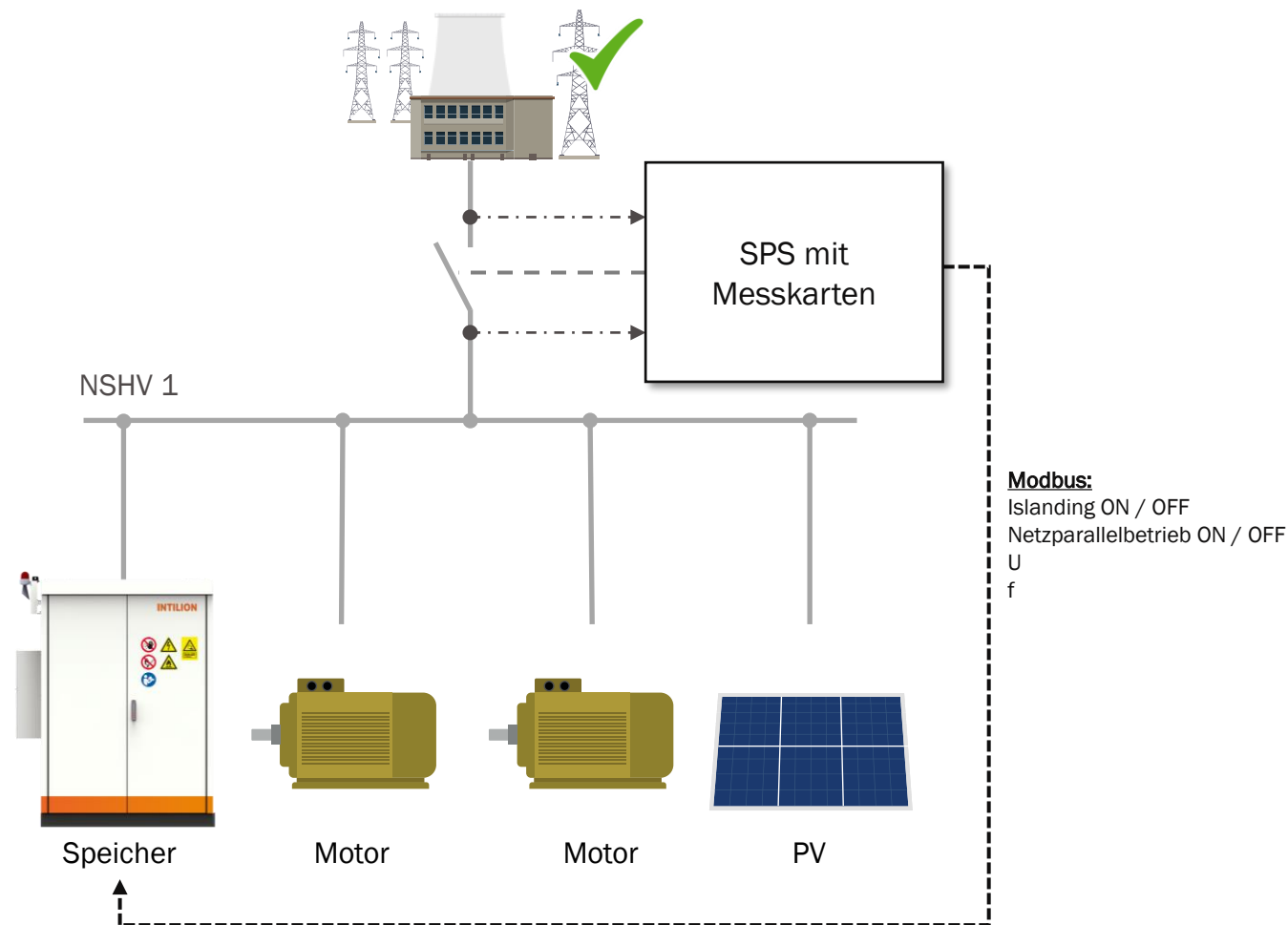
- ▶ Die Netzwiederkehr wird durch das Relais detektiert
- ▶ Das Relais öffnet den potentialfreien Kontakt des Speichersystems zum Abbau des Inselnetzes
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben (Ansteuerung der Schütze über das Relais)
- ▶ Speicher wechselt in die voreingestellte Applikation (bspw. EVO) im Netzparallelbetrieb

IV b. Re-Synchronisierung ohne Unterbrechung (in Planung)

- ▶ Die Netzwiederkehr wird detektiert
- ▶ Spannung und Frequenz vor/hinter Freischaltung werden durch das Relais gemessen
- ▶ Spannung und Frequenz des Inselnetzes und die Phasenlage wird durch das Relais angeglichen (über digitale Eingänge U+, U-, f+, f- am Speichersystem) → Analog zu modernen Gen-Sets
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben (Ansteuerung der Schütze über das Relais)
- ▶ Speicher wechselt in die voreingestellte Applikation (bspw. EVO) im Netzparallelbetrieb

Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Netzwiederaufschaltung und Re-Synchronisierung mit überlagerter Steuerung



IV a. Netz-Wiederaufschaltung mit Unterbrechung

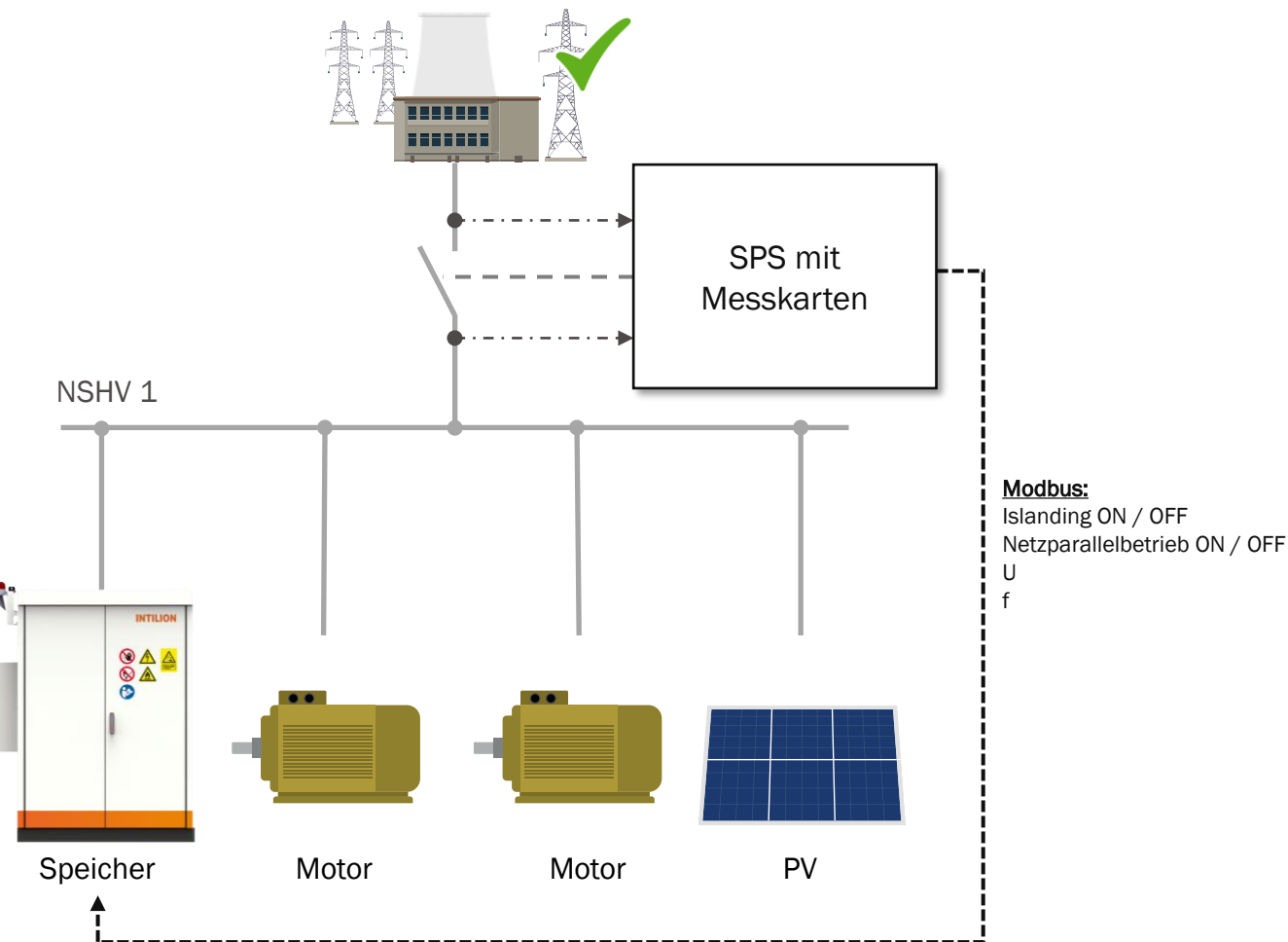
- ▶ Die Netzwiederkehr wird durch SPS / EMS detektiert (Messkarte)
- ▶ SPS / EMS fährt das Inselnetz des Speichersystems durch Modbus Ansteuerung herunter
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben (Ansteuerung der Schütze über SPS)
- ▶ SPS / EMS fährt das Speichersystem im Netzparallelbetrieb durch Modbus Ansteuerung hoch

IV b. Re-Synchronisierung ohne Unterbrechung

- ▶ Die Netzwiederkehr wird durch SPS / EMS detektiert
- ▶ SPS / EMS gleicht Spannung, Frequenz und Phasenlage von Inselnetz und öffentlichem Netz an (Modbus-Ansteuerung Speicher)
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben (Ansteuerung der Schütze über SPS)
- ▶ SPS / EMS schaltet den Betriebsmodus des Speichersystems von Netzbildend in Netzparallel via Modbus

Vereinfachte schematische Darstellung des BESS im netzbildenden Betrieb

Projektierungshinweis: Netzwiederaufschaltung und Re-Synchronisierung mit überlagerter Steuerung



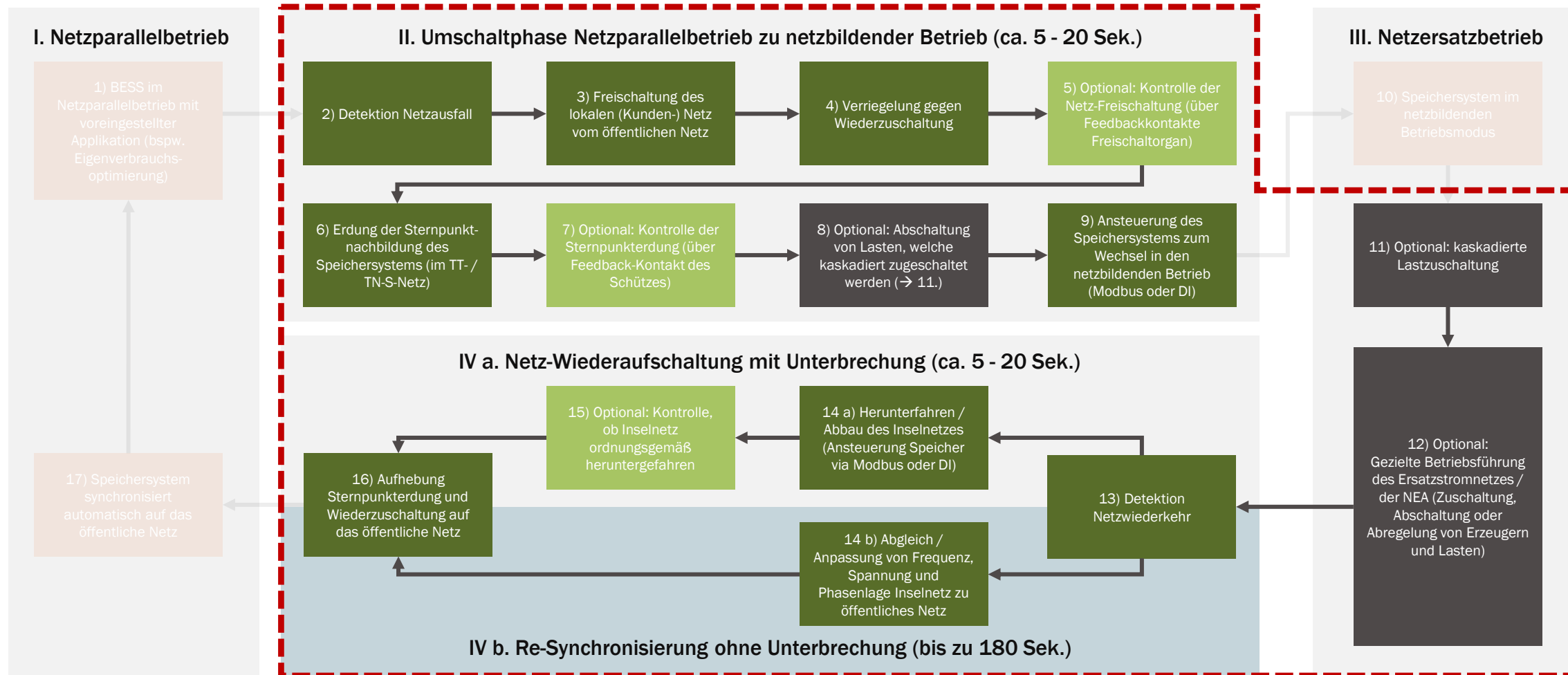
Notiz:
 Laut VDE 2510-2 darf das netzbildende System max. 200 ms nach der Re-Synchronisation im Netzbildenden Betrieb verbleiben, bis dieses zurück in den Netzparallelbetrieb wechselt. Der Wechsel der Betriebsmodi erfolgt via Modbus.

Unterbrechung
 ...ktiert (Messkarte)
 ...tems durch Modbus
 ...ung der Schütze über SPS)
 ...parallelbetrieb durch Modbus

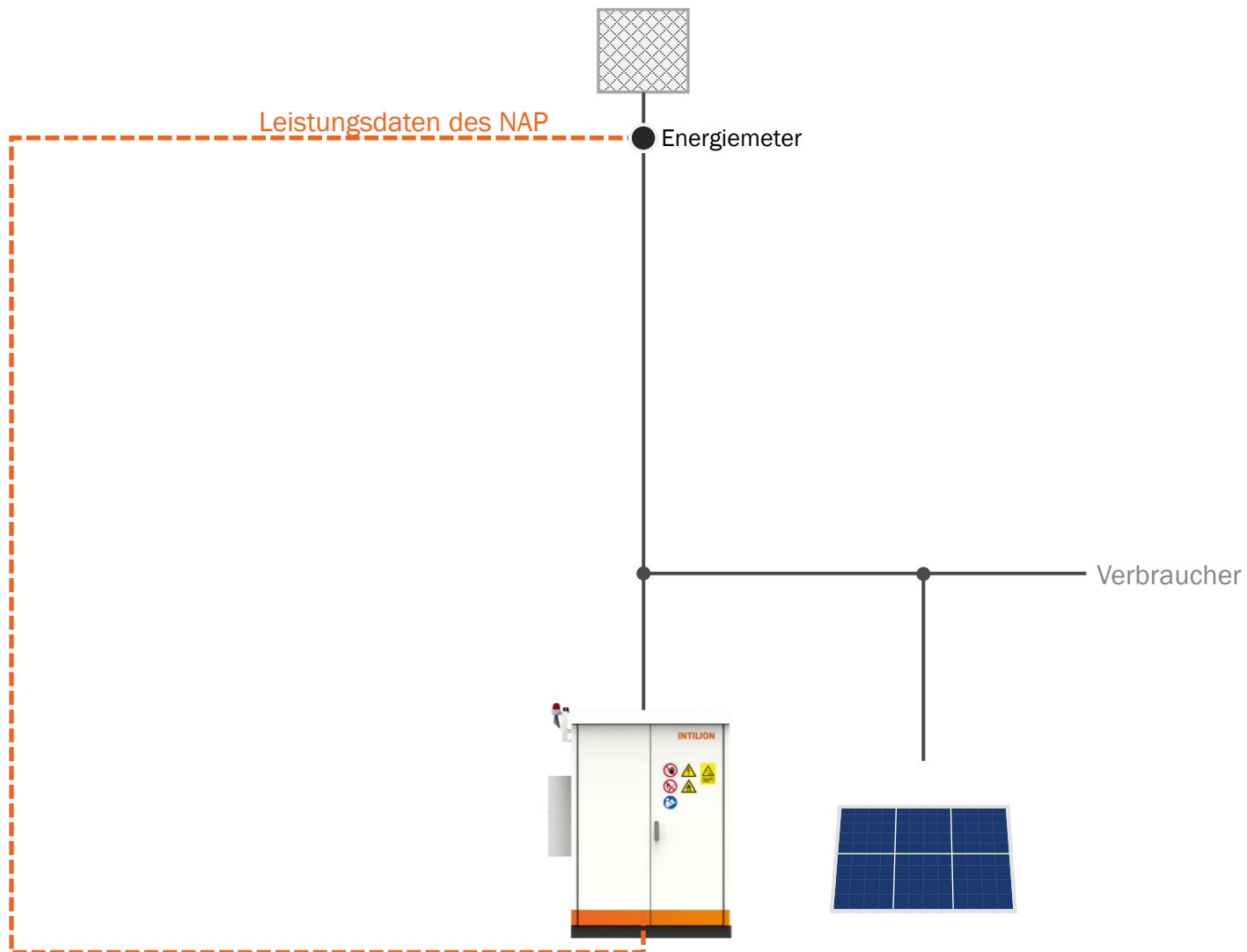
IV b. Re-Synchronisierung ohne Unterbrechung

- ▶ Die Netzwiederkehr wird durch SPS / EMS detektiert
- ▶ SPS / EMS gleicht Spannung, Frequenz und Phasenlage von Inselnetz und öffentlichem Netz an (Modbus-Ansteuerung Speicher)
- ▶ Netzfreeschaltung / Erdung aufheben (Ansteuerung der Schütze über SPS)
- ▶ SPS / EMS schaltet den Betriebsmodus des Speichersystems von Netzbildend in Netzparallel via Modbus

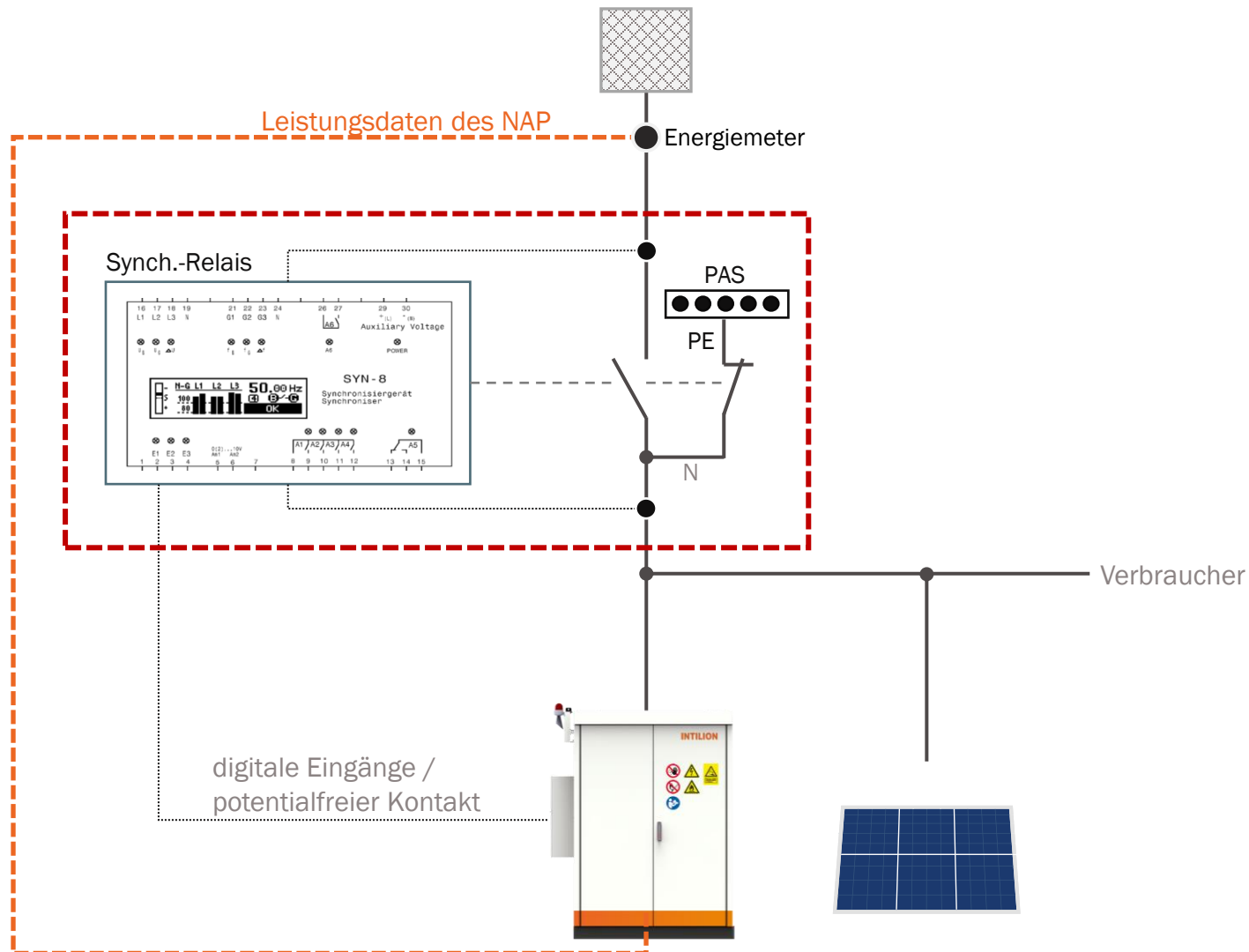
Zustandsabfolge für die Projektierung von NEA mit BESS



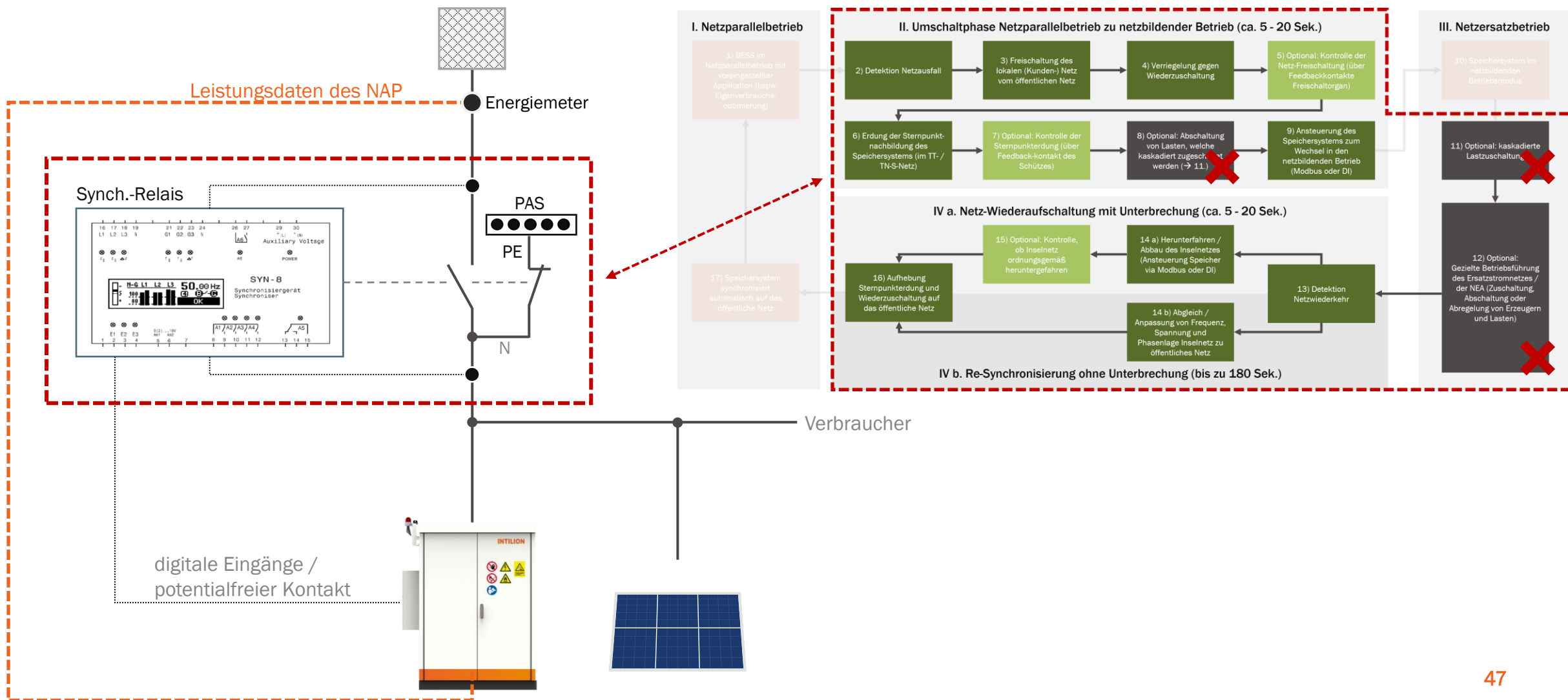
„Projektierungsvorschlag: Synch.-Relais + BESS“ (vereinfachte Darstellung)



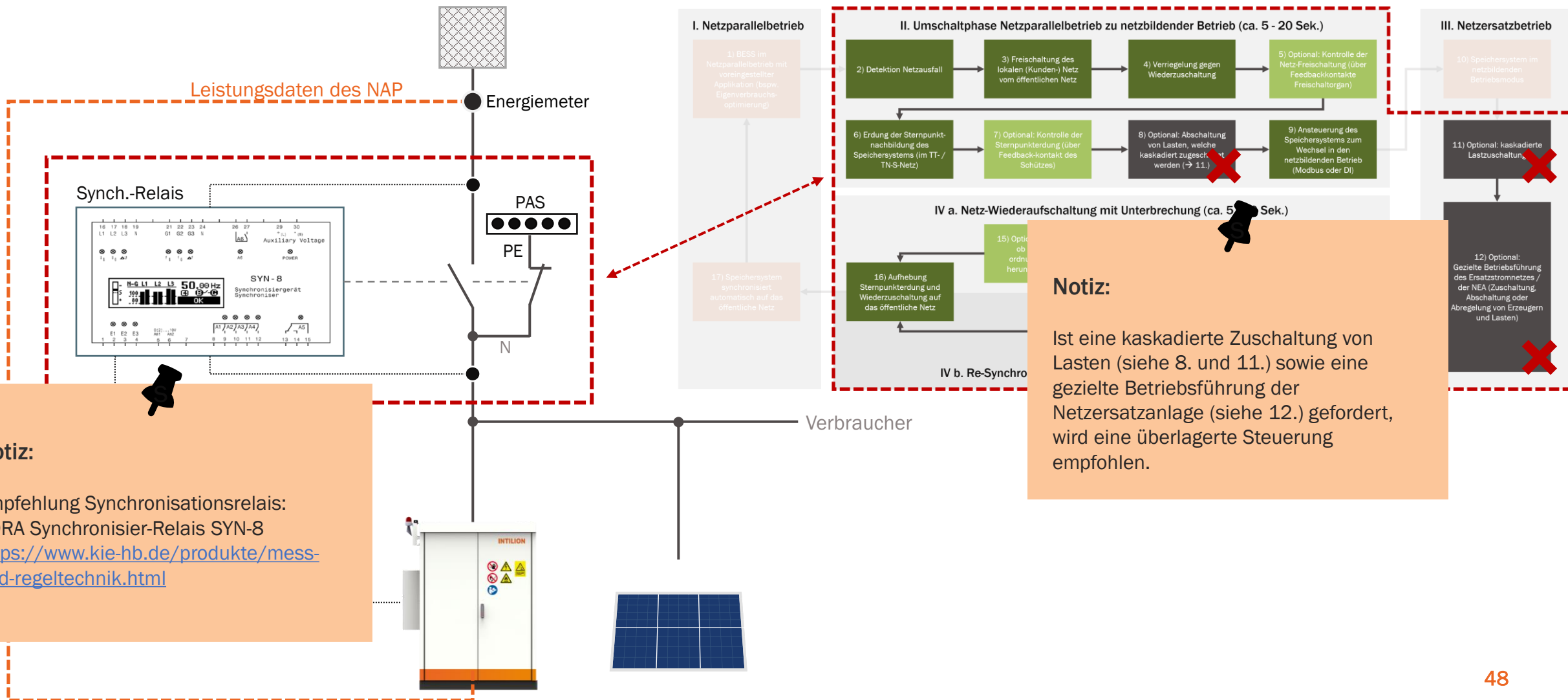
„Projektierungsvorschlag: Synch.-Relais + BESS“ (vereinfachte Darstellung)



„Projektierungsvorschlag: Synch.-Relais + BESS“ (vereinfachte Darstellung)



„Projektierungsvorschlag: Synch.-Relais + BESS“ (vereinfachte Darstellung)



Notiz:

Empfehlung Synchronisationsrelais:
 KORA Synchronisier-Relais SYN-8
<https://www.kie-hb.de/produkte/mess-und-regeltechnik.html>

Weiterführende und individuelle Projektierungshinweise

Überlast- Schieflastfähigkeit des INTILION | scalebloc im netzbildenden Betrieb

- ▶ Anlaufströme und kurzzeitige Peak-Leistungen der Lasten in der NEA dürfen die Überlastkapazität des Batteriespeichers nicht überschreiten. Hierbei ist die Scheinleistung der Lasten (in kVA) relevant. Anlaufströme von Motoren können teilweise den 8-fachen Nennstrom haben.
- ▶ Die (Peak-) Leistungen aller Erzeugungsanlagen - wie bspw. einer PV-Anlage - in der NEA dürfen die Überlastkapazität des Batteriespeichers nicht überschreiten
- ▶ Große Erzeugungsanlagen sind entsprechend zu drosseln
- ▶ Einphasige Lasten und Erzeuger sind symmetrisch auf alle drei Phasen zu verteilen, sodass die max. asymmetrische Phasenbelastung nicht überschritten wird

Variante / Typ	Überlastfähigkeit*	Asymmetrische Phasenbelastung**
scalebloc energy (25 kVA)	Bis zu 150 % (37,5 kVA)	25 %
scalebloc power (50 kVA)	Bis zu 150 % (75 kVA)	25 %
scalebloc power boost (68,5 kVA)	Bis zu 125 % (85,6 kVA)	25 %

*für dynamische Last/Erzeugerzuschaltung < 1min bei Nennspannung 230 V AC

**Asymmetrische Belastung der Phasen bis zu 25 % pro Phase bezogen auf P_nom

Überlast- Schiefastfähigkeit des INTILION | scalestac im netzbildenden Betrieb

- ▶ Anlaufströme und kurzzeitige Peak-Leistungen der Lasten in der NEA dürfen die Überlastkapazität des Batteriespeichers nicht überschreiten. Hierbei ist die Scheinleistung der Lasten (in kVA) relevant. Anlaufströme von Motoren können teilweise den 8-fachen Nennstrom haben.
- ▶ Die (Peak-) Leistungen aller Erzeugungsanlagen - wie bspw. einer PV-Anlage - in der NEA dürfen die Überlastkapazität des Batteriespeichers nicht überschreiten
- ▶ Große Erzeugungsanlagen sind entsprechend zu drosseln
- ▶ Einphasige Lasten und Erzeuger sind symmetrisch auf alle drei Phasen zu verteilen, sodass die max. asymmetrische Phasenbelastung nicht überschritten wird

Variante / Typ	Überlastfähigkeit*	Asymmetrische Phasenbelastung**
scalestac (25 kVA – 100 kVA)	Bis zu 150 % (37,5 kVA – 150 kVA)	25 %
scalestac (125 kVA – 275 kVA)	Bis zu 150 %*** (187 kVA – 412 kVA)	25 %
scalestac (300 kVA – 400 kVA)	Bis zu 125 %*** (375 kVA – 500 kVA)	25 %

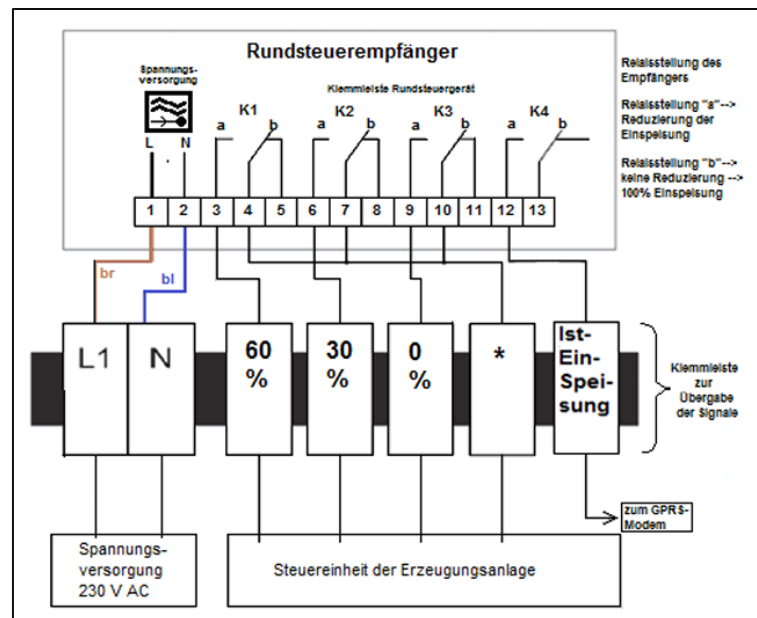
* für dynamische Last/Erzeugerschaltung < 1min bei Nennspannung 230 V AC

** Asymmetrische Belastung der Phasen bis zu 25 % pro Phase bezogen auf P_nom

*** Bei ausreichend Batteriekapazität (pro Rack sind maximal 150 kVA möglich)

Möglichkeit zur Abregelung von Erzeugungsanlagen

- ▶ Große PV-Anlagen können über Kontakte des Rundsteuerempfängers (0%-, 30%-, 60%-Abregelungen) gedrosselt werden – siehe Abbildung unten.
- ▶ Eine dynamische Abregelung ist durch eine gezielte Frequenzanhebung möglich (Abregelung in Abhängigkeit der eingestellten Grid-Codes bzw. P(f)-Kennlinie)



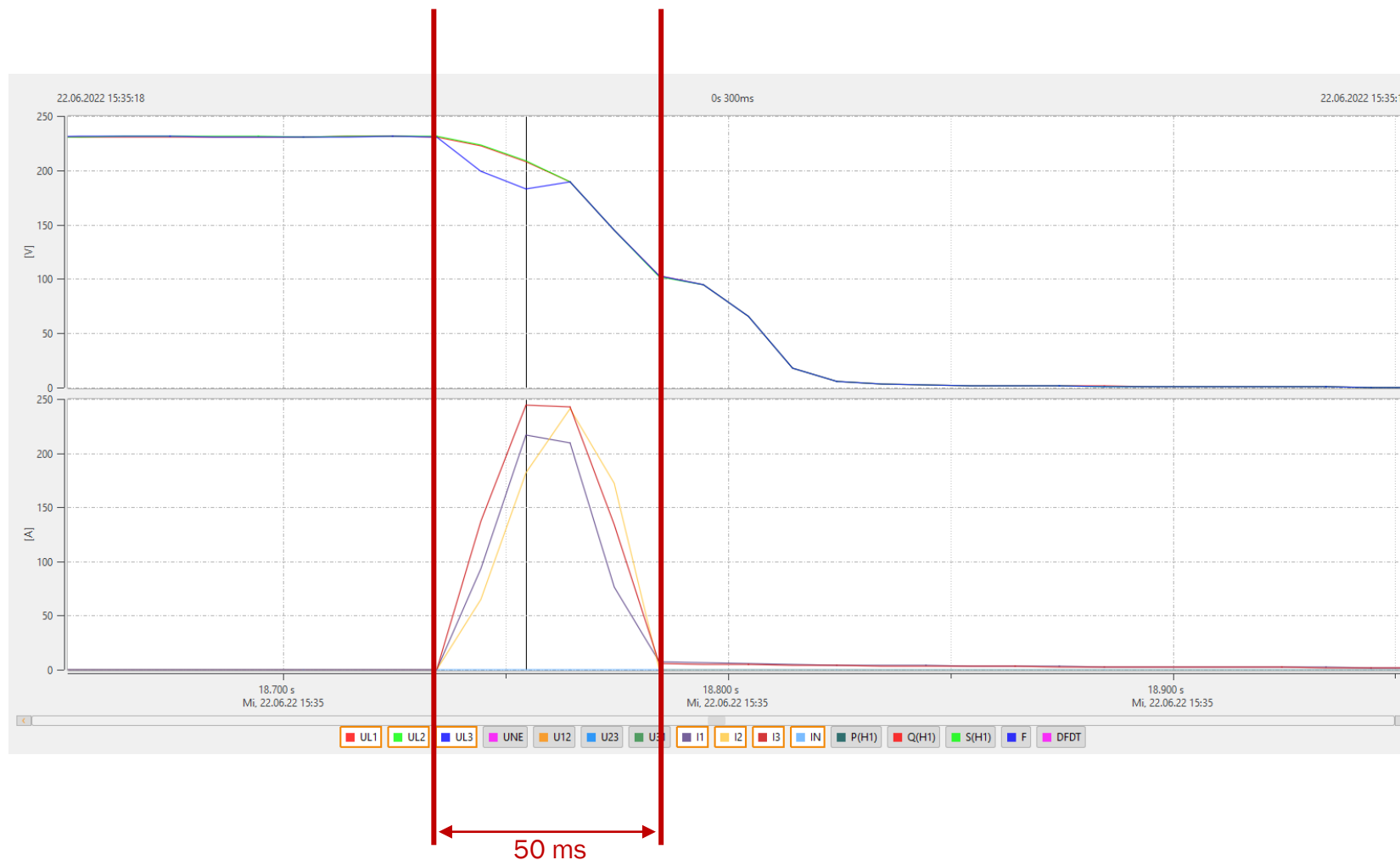
Kurzschlussstrom des INTILION | scalebloc im netzbildenden Betrieb

- ▶ Der Kurzschlussstrom des Batteriespeichersystem ist idR deutlich geringer als der des öffentlichen Netzes
- ▶ Es stellt sich kurzzeitig (<50ms) der ca. dreifache Nennstrom des System an den AC-Anschlussklemmen ein
- ▶ Das Batteriespeichersystem schaltet innerhalb von 50 ms nach Eintritt des Kurzschlussstroms ab und fährt herunter bzw. baut das Inselnetz ab
- ▶ Ein Herunterfahren des Systems im Kurzschlussfall kann durch die Auslegung der Sicherungsorgane auf die max. Überlastkapazität vermieden werden
- ▶ In der nachstehenden Tabelle sind Labormessungen aufgeführt

Variante / Typ	Kurzzeitiger Kurzschlussstrom*
scalebloc energy (25 kVA)	> 80 A
scalebloc power (50 kVA)	> 150 A
scalebloc power boost (68,5 kVA)	> 200 A

* Das Batteriespeichersystem schaltet innerhalb von 50 ms nach Eintritt des Kurzschlussstroms ab und fährt herunter. Der Kurzschlussstrom ist an den AC-Klemmen des Speichersystem über einen 3-poligen Kurzschlussstest gemessen worden.

Kurzschlussmessung INTILION | scalebloc power boost (68,5 kVA)



Parallelerschaltung im netzbildenden Betrieb

- ▶ Eine **Parallelerschaltung** von mehreren scaleblocs oder scalestacs im netzbildenden Betrieb ist aktuell nicht möglich
- ▶ Die Fähigkeit des netzbildenden Betriebs **beschränkt sich auf einen scalebloc Master bzw. einen scalestac** – weitere parallelgeschaltete scaleblocs / scalestacs schalten während des netzbildenden Betriebs in den „Idle-Modus“
- ▶ Parallelerschaltung ist in der Planung (Terminierung wird zeitnah bekannt gegeben)

Dokument Versionierung

Autor	Version	Kategorie	Kommentar	Datum
Pascal Lefarth	1.0	internal, confidential, Draft	Basisversion	22.04.2022
Pascal Lefarth	1.1	internal, confidential, Draft	Erweiterung Projektierungshinweise	17.05.2022
Pascal Lefarth	1.2	internal, confidential, Draft	Überlastfähigkeit, Erdung, Integration Erzeuger	08.07.2022
Pascal Lefarth	1.3	internal, confidential, Draft	Abgrenzung Parallelverschaltung	11.07.2022
Pascal Lefarth	1.4	internal, confidential, Draft	Erdung nach VDE	14.07.2022
Pascal Lefarth	1.5	internal, confidential, Draft	Aufnahme scalestac, asymmetrische Lastverteilung	22.07.2022
Pascal Lefarth	1.6	internal, confidential, Draft	Input System-Engineering	09.08.2022
Pascal Lefarth	1.7	internal, confidential, Draft	Vorbereitung interne Schulung	07.09.2022
Pascal Lefarth	1.8	External, confidential	Finalisierung für Freigabe an Partner	13.10.2022

Vielen Dank!