



LINDA 2.0

Optimierte Notversorgung
mit erneuerbaren Energien

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Unsere Mission: Von LINDA zu LINDA 2.0

In den Medien und der Politik wird die Wahrscheinlichkeit eines großflächigen, lang anhaltenden Blackouts, dessen Ursachen, mögliche Gegenmaßnahmen und die Vorbereitung des Staates und der Bevölkerung zunehmend thematisiert. Laut dem Bericht des „Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag“ bieten lokale Inselnetze eine Möglichkeit die schwerwiegenden Folgen eines solchen Blackouts zu minimieren.

Im Forschungsprojekt LINDA wurde ein Konzept entwickelt, wie im Falle eines solchen Blackouts kritische Infrastrukturen mit elektrischer Energie versorgt werden können. Im Projekt LINDA 2.0 soll dieses erarbeitete Konzept nun weiterentwickelt werden. Forschungsschwerpunkte sind die Übertragung auf andere Netzregionen bzw. kritische Infrastrukturen, die (Teil-)Automatisierung von Abläufen und die Entwicklung einer hybriden Netzersatzanlage.

Der optimale Normalzustand

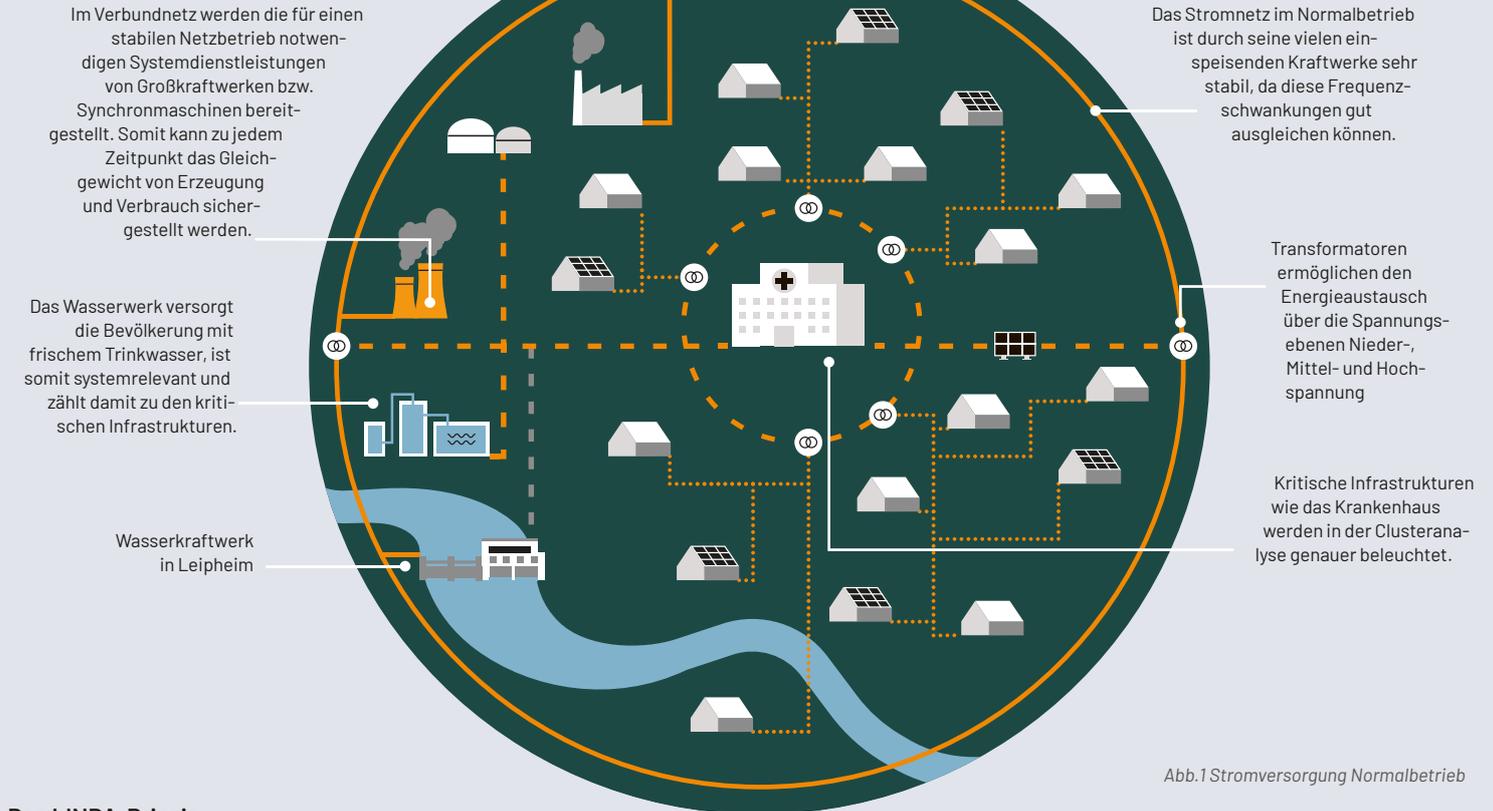


Abb.1 Stromversorgung Normalbetrieb

Das LINDA-Prinzip:

Kernelement ist eine schwarzstartfähige inselnetzbildende Einheit, welche für die Leistungsbalance verantwortlich ist. Die weiteren DEA (dezentrale Erzeugungsanlagen) im Inselnetzgebiet tragen durch ihre normativ vorgegebene Wirkleistungsreduktion in Überfrequenzsituationen und Blindleistungsbereitstellung zu einem stabilen Inselnetzbetrieb bei.



Welche kritischen Infrastrukturen können mit dem LINDA-Konzept versorgt werden?

In LINDA 2.0 soll das Prinzip einer Notstromversorgung mittels Inselnetzen auf andere kritische Infrastrukturen der in Abb. 2 gezeigten Cluster übertragen werden.

Kritische Infrastrukturen können sich hinsichtlich der zu versorgenden Betriebsmittel, der auftretenden Lastsprünge, etc. sehr stark voneinander unterscheiden, wodurch unterschiedliche Anforderungen an die Lastschaltperformance der Führungskraftwerke resultieren. Um eine Clusterung verschiedener kritischer Infrastrukturen anhand deren elektrischen Betriebsmitteln zu ermöglichen, wird in LINDA 2.0 die Laststruktur in Expertengesprächen sowie mittels eines Fragebogens an die Betreiber kritischer Infrastruktur analysiert und an ausgewählten, relevanten Betriebsmitteln Messungen durchgeführt.

Vorgehensweise

1. Expertengespräche
2. Fragebögen ausfüllen
3. Messungen tätigen

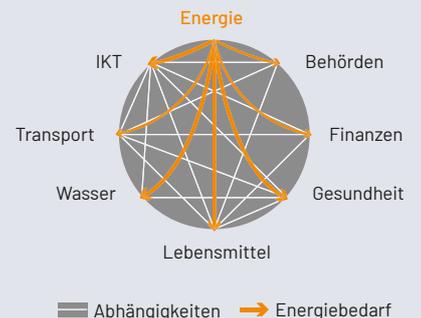


Abb.2 Abhängigkeiten von kritischen Infrastrukturen

Teilprojekt 1: Wasserkraftwerk übernimmt Stromversorgung

In diesem Teilprojekt wird das ODK Wasserkraftwerk Leipheim die Pumpen des Förderwerk Niederstotzingen des Zweckverbandes Landeswasserversorgung im Inselnetzbetrieb mit Strom versorgen. Dieser Notstrombetrieb soll möglichst automatisiert und ohne zusätz-

lichen Personaleinsatz aufgebaut und anschließend betrieben werden. Hierfür entwickeln die Projektpartner die erforderlichen Programme, Routinen und Betriebsführungstools, die dann in mehreren Feldtests erprobt werden.

Hilfe ein Stromausfall – was nun?

1 Nichts mit Wasser...



Aufbau

- Großflächiger, lang anhaltender Stromausfall und Ausfall der Trinkwasserversorgung

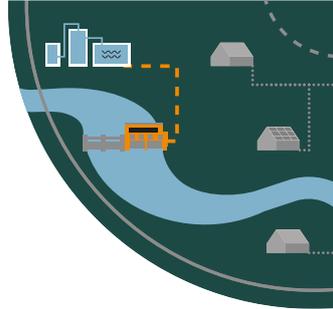
2 Hilfe naht!



Betrieb

- Durch teilautomatisierte Abläufe Netzumschaltung
- Führung mit Betriebsführungstool
- Anpassen der Regelparmeter des Führungskraftwerks

3 Die Trinkwasserversorgung ist gesichert



- Wasserkraftwerk passt Erzeugung an Verbrauch an
- Keine Kommunikation vorgesehen, sondern Regelung wie im Verbundbetrieb anhand der Netzfrequenz

Abb.3 Inselbetrieb Wasserkraftwerk

Ein Knopfdruck genügt

Damit im Krisenfall das Inselnetz mit nur wenigen Fachkräften ohne tiefgehendes Systemverständnis in Bezug auf lokale Inselnetze betrieben werden kann, müssen die Abläufe im Forschungsprojekt LINDA 2.0 (teil-)automatisiert werden. Dadurch kann die Notstromversorgung per Fernsteuerung gestartet werden, ohne dass Mitarbeiter vor Ort sein müssen. Zusätzlich ist ein Berechnungstool zur Systemstabilität zu entwickeln, welches die Mitarbeiter in der Systemführung dahingehend unterstützt, ob kritische Schalthandlungen (z.B. Zu-/Abschalten weiterer Pumpen) durchgeführt werden können.

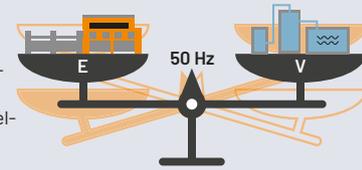


Abb.4 Vorteile Automatisierung

Stabilität ist das A und O

Erzeuger

Bspw. Generatoren im Netz, aktuelles Regelverhalten der Generatoren bzw. der Turbinenregler



Verbraucher

Pumpen, Lüfter, Heizungen, etc.



Für ein stabiles Inselnetz müssen Erzeugung und Verbrauch immer im Gleichgewicht sein. Wenn nicht, bricht das System zusammen.

Berechnungstool zur Zustandsschätzung des Inselnetzes



Die geplante Schalthandlung ist....

- ...unkritisch
- ...ggf. kritisch
- ...kritisch / nicht möglich

Abb.5 Abschätzung der Stabilität im Inselnetz

Die praktische Umsetzung

Feldversuch 1: Übertragung des LINDA-Konzeptes

Im ersten Schritt wird die Übertragung des LINDA-Konzeptes auf das Wasserkraftwerk Leipheim und die Pumpen des Wassergewinnungsgebiets Donauried des Zweckverbandes Landeswasserversorgung getestet.

Feldversuch 2: Prototyp testen

Im zweiten Schritt wird dann der Prototyp der Automatisierung und die mit Hilfe des Simulationsmodells optimierten Betriebsparameter in der Praxis getestet.

Feldversuch 3: Test des Berechnungstools

Der Test der fortgeschrittenen Automatisierung und die Zustandsschätzung mit dem entwickelten Berechnungstool stellen den Schlusspunkt der Feldversuchsreihe dar.

Datenaustausch

Theoretische Versuche am Modell

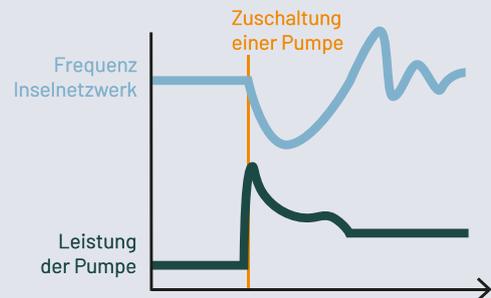


Abb.6 Auswirkung der Zuschaltung einer Pumpe im Simulationsmodell

Das dynamische Simulationsmodell dient als zentraler Baustein. Zu Beginn wird anhand der im Feldversuch 1 aufgenommenen Messdaten dieses Modell optimiert um die Realität bestmöglich nachbilden zu können. Danach wird das Simulationsmodell für die Abschätzung kritischer Zustände während den Feldversuchen verwendet und kann außerdem Erkenntnisse für andere Kombinationen aus Erzeugungsanlagen und Lasten liefern. Zusätzlich bietet es die Möglichkeit, verschiedene Automatisierungsschritte und Abläufe zu testen und das Berechnungstool zur Zustandsschätzung zu entwickeln.

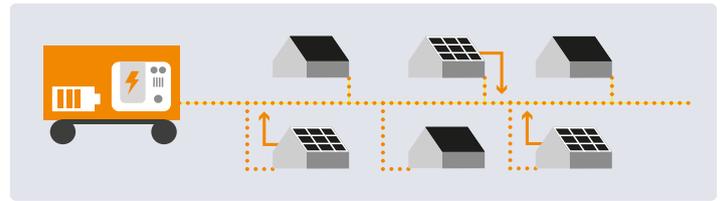
Teilprojekt 2: Stabilere Notversorgung durch NEAs mit Batteriespeicher

Während eines lokalen Stromausfalls oder während Wartungsarbeiten im Mittelspannungsnetz können einzelne Ortsnetze mit Hilfe einer Netzersatzanlage versorgt werden. Der bisherige Betrieb der Netzersatzanlagen (NEAs) lässt keine Einspeisung von erneuerbaren Energien zu, da diese das Netz aufgrund ihrer volatilen Einspeisung destabilisieren können. Mit Hilfe eines geeigneten Regelkonzepts für einen Batteriespeicher, kann die eingespeiste Leistung aus erneuerbaren Energien genutzt und deren volatile Einspeisung geregelt werden. Sollte die Batterieladung aufgrund von zu wenig Sonneneinstrahlung während des Betriebs zu Neige gehen, ist ein Dieselmotor als „Range Extender“ vorhanden. Zusätzlich kann der Dieselmotor genutzt werden, falls die Ausgangsleistung des Batteriewechselrichters für die Deckung der Spitzenlast des Netzes nicht ausreicht.

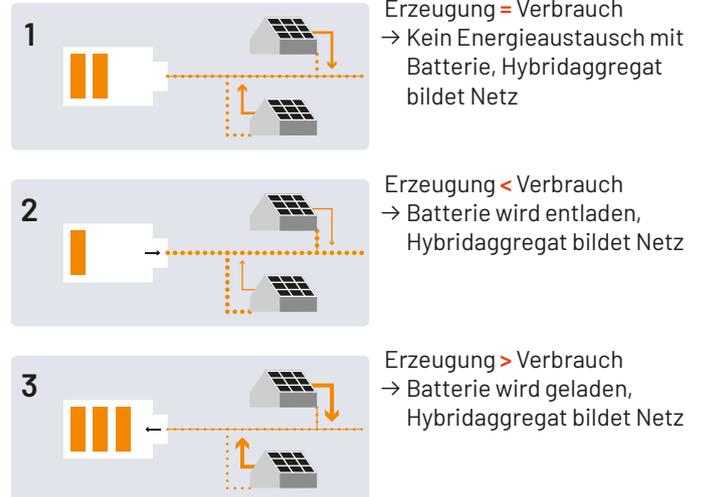
So gehen wir vor:

Damit die Komponenten hinsichtlich Leistung und Kapazität passend aufeinander abgestimmt werden können, wird im Voraus in verschiedenen Netzgebieten ein vergleichbarer Betrieb erprobt. Hierfür wird ein bestehendes Netzersatzaggregat mit einer Lastbank aufgerüstet, die den Ladebetrieb der Batterie simulieren soll. Diese erhöht die Last im Netz stufenweise, damit dieses nicht in Rückspeisung geht. Zur Entwicklung einer solchen hybriden Netzersatzanlage, sind außerdem Untersuchungen des Netzes hinsichtlich des statischen und dynamischen frequenz- und spannungsabhängigen Verhaltens notwendig.

Der Vorteil von Netzersatzanlagen mit Batterie



3 mögliche Szenarien:



Dieselmotor/Generator
 Batterie

Abb.8 Netzersatzanlagen mit Batterie

Die NEA übernimmt die Führung

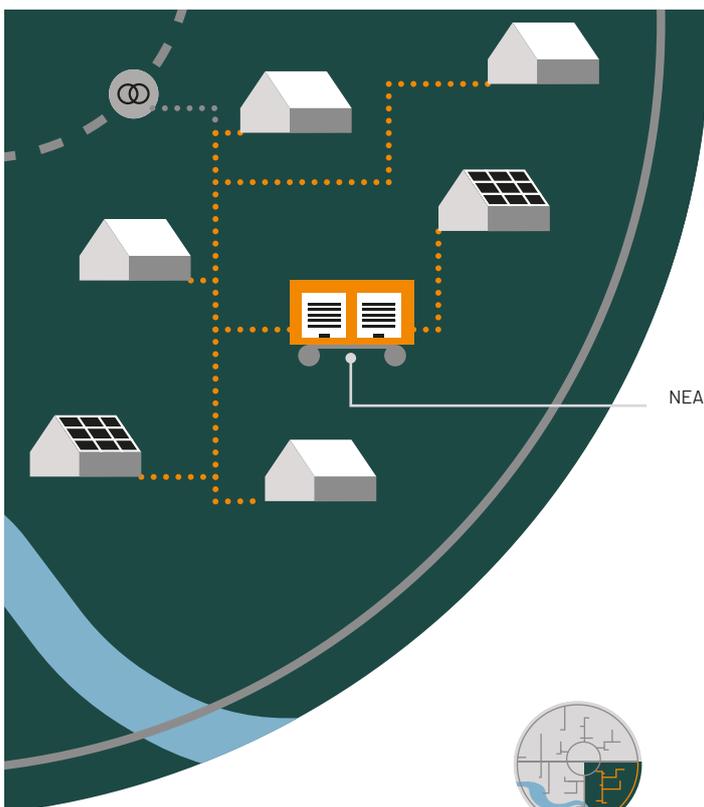


Abb.7 Inselbetrieb Netzersatzanlage (NEA)

Die praktische Umsetzung

Während den Einsätzen im Verteilnetz mit dem Netzersatzaggregat soll das Systemverhalten der Lasten und Erzeugungsanlagen in verschiedenen Netzgebieten der LVN ermittelt werden um damit die Regelstrategien für das Batterieaggregat zu entwickeln. Zusätzlich werden Anregungen im erweiterten Frequenz-Spannungsbereich an den Niederspannungsnetzen durchgeführt, welche anschließend für die Analysen zur Systemstabilität genutzt werden.

↓ Datenaustausch ↑

Theoretische Versuche am Modell

Mit dem Simulationsmodell wird das Verhalten der Netze und inselnetzbildenden Einheiten nachgebildet. Wenn das Modell die Realität bestmöglich wiedergibt, wird es bei der Entwicklung und für verschiedene Tests der Regelstrategien für den Batteriespeicher verwendet.

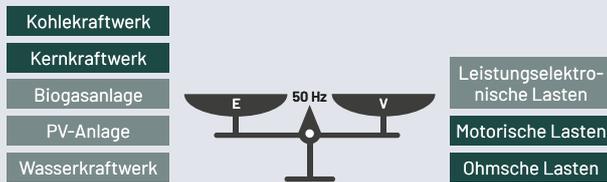
Übertragbarkeit auf andere Systeme

In weiterführenden Untersuchungen sollen Regelstrategien und Regelparameter für andere Erzeugungsanlagen wie Gas- oder Dieselmotoren hinsichtlich deren Einsatz als inselnetzbildende Einheit nach dem LINDA Prinzip entwickelt werden.

Analysen zur Systemstabilität

Ausgangssituation

- Hoher Anteil an ohmschen und motorischen Lasten, wenig Leistungselektronik → guter Netzselbstregelleffekt
- Erzeugungsanlagen, die den Leistungsbedarf in jedem Fall decken und Leistungsungleichgewichte ausgleichen können



Neue Netzsituation

- Steigender Anteil an leistungselektronischen Lasten, durch die sich der Netzselbstregelleffekt reduziert
- Höherer Anteil an erneuerbaren Energien, die eine hohe Volatilität aufweisen

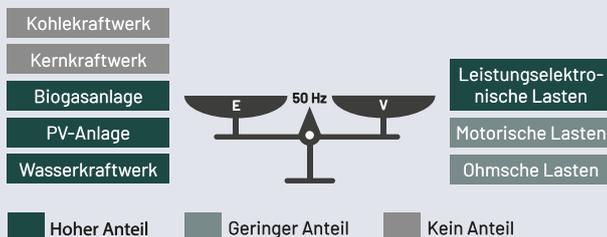


Abb.9 Rolle der Erzeuger und Verbraucher in den verschiedenen Situationen

Die dargestellte Veränderung bei Lasten und Erzeugungsanlagen wirkt sich auf die Systemstabilität aus. Damit auch in Zukunft ein stabiler Netzbetrieb, sowohl im Verbundnetz, als auch im Inselnetz möglich ist, ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Wie kann durch eine geschickte Parameterauswahl der Selbstregelleffekt auch bei leistungselektronischen Lasten gegeben sein?
- Kann durch Anpassung des Netzverhaltens von erneuerbaren Energien die Netzstabilität von Seiten der Erzeuger verbessert werden?

Mit Hilfe der NEA mit Lastbank werden in verschiedenen Niederspannungsnetzen Messdaten aufgenommen und damit das frequenz- und spannungsabhängige Verhalten zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten, unterschiedlicher PV-Durchdringung sowie verschiedenen Wetterlagen ermittelt.

Ausblick: Mit LINDA in eine bessere Zukunft

Durch viele Vorsorgemaßnahmen wird bestmöglich vermieden, dass langanhaltende, flächenentdeckende Stromausfälle eintreten, jedoch kann ein solches Szenario nicht gänzlich ausgeschlossen werden (höhere Gewalt, wie Extremwetterereignisse, Erdbeben, menschliches Versagen, o.ä.). Das Projekt LINDA 2.0 stellt einen wichtigen Baustein dar, um die schwerwiegenden, tiefgreifenden Folgen eines solchen Ereignisses abzumildern.

Die Weiterentwicklung des LINDA-Konzepts bietet durch die Nutzung von bestehenden Anlagen die Möglichkeit, flächendeckend Notstromversorgungskonzepte auf Basis kleiner Netzinseln umzusetzen. Zusätzlich können die Erkenntnisse und Ergebnisse als Grundlage für die Untersuchung von leistungselektronischen Stromnetzen verwendet werden. Die gewonnenen Forschungsergebnisse werden zur Arbeit in Fachkreisen und Gremien genutzt.

Projektpartner



Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg
Prof. Dr.-Ing Michael Finkel, MBA (Projektkoordinator)



Technische Universität München
Prof. Dr.-Ing Rolf Witzmann



Zweckverband Landeswasserversorgung
Günther Störzer



KIMA Automatisierung, Gesellschaft für elektronische Steuerungstechnik und Konstruktion mbH
Dirk Menker



LEW Wasserkraft GmbH
Christian Moser



LEW Verteilnetz GmbH
Udo Welther



AVS Aggregatebau GmbH
Steffen Herrmann



Obere Donau Kraftwerke AG (ODK)
Dr. Jörg Franke



Universitätsklinikum Leipzig AöR
Jens Kühne



Cluster Leistungselektronik
Dr.-Ing Bernd Bitterlich



Rolls-Royce Solutions Augsburg GmbH
Michael Kreißl