

Ein Industrienetz wird zur Energiezelle

Josef Bayer Head of Research & Development Energy Systems Fa. MaxBögl E-Mail: jobayer@max-boegl.de

Die Transformation eines Industriestandortes in ein resiliente Energiezelle mit hohen Eigenerzeugungsanteil und dem Potential für Netzdienstleistungen und Netzwiederaufbau.

Kurzfassung

Mit der Umsetzung des Konzeptes der Energiezelle an einem Industriestandort wird erstmals im großen Maßstab aufgezeigt wie die Struktur einer dezentralen Energieversorgung funktionieren kann. In der Energiezelle Max Bögl werden neue Planungsmethoden und Betriebskonzepte für die optimale Integration und Betrieb unterschiedlicher regenerativer Erzeugungsanlagen (Wind, PV, KWK) mit Verbrauchern und Speichern entwickelt. Eine ganzheitliche Planung unter Berücksichtigung der schrittweisen Transformation vorhandener Strukturen in ein vernetztes, resilientes Energiesystem steht dabei im Mittelpunkt. Der zellulare Ansatz ermöglicht dabei die Entwicklung und Umsetzung von Multi Use Konzepten welche die Wirtschaftlichkeit einzelner Projekte wesentlich erhöht.

Mit den entwickelten Lösungskonzepten können bestehende Industriestandorte wirtschaftlich Schritt für Schritt in moderne CO² neutrale Energiezellen mit hoher Flexibilität und Versorgungssicherheit transformiert werden. Industriezellen können damit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und Netzstabilität leisten.

Auf den nächsten Seiten stelle ich Ihnen die Energiezelle Max Bögl vor und geben Ihnen einen kurzen Einblick in unsere Planungsstrategien als auch in das Forschungsvorhaben INZELL und deren Potentiale.

1 Energiezelle Max Bögl Überblick

Das Energienetz am Hauptsitz der Firmengruppe Max Bögl umfasst derzeit 30 Kilometer Mittelspannungsnetz, 25 Trafostationen, einen Li.Io. Speicher mit 2,5MW, PV Anlagen mit 2,5MWp, Windenergieanlagen 9,6MW und einen Dampfmotor mit 0,4MW. Mit einem Energiemanager werden alle Komponenten in einem Netzparallelbetrieb kombiniert und ermöglichen eine Stromgenerierung von 25,5GWh im Jahr aus rein regenerativen Quellen. (Bild 1)

Dies entspricht ungefähr dem Energieverbrauch einer Stadt mit knapp 30.000 Einwohnern.

Dem gegenüber steht ein Jahresverbrauch von derzeit ca. 25GWh an elektrischer Energie.

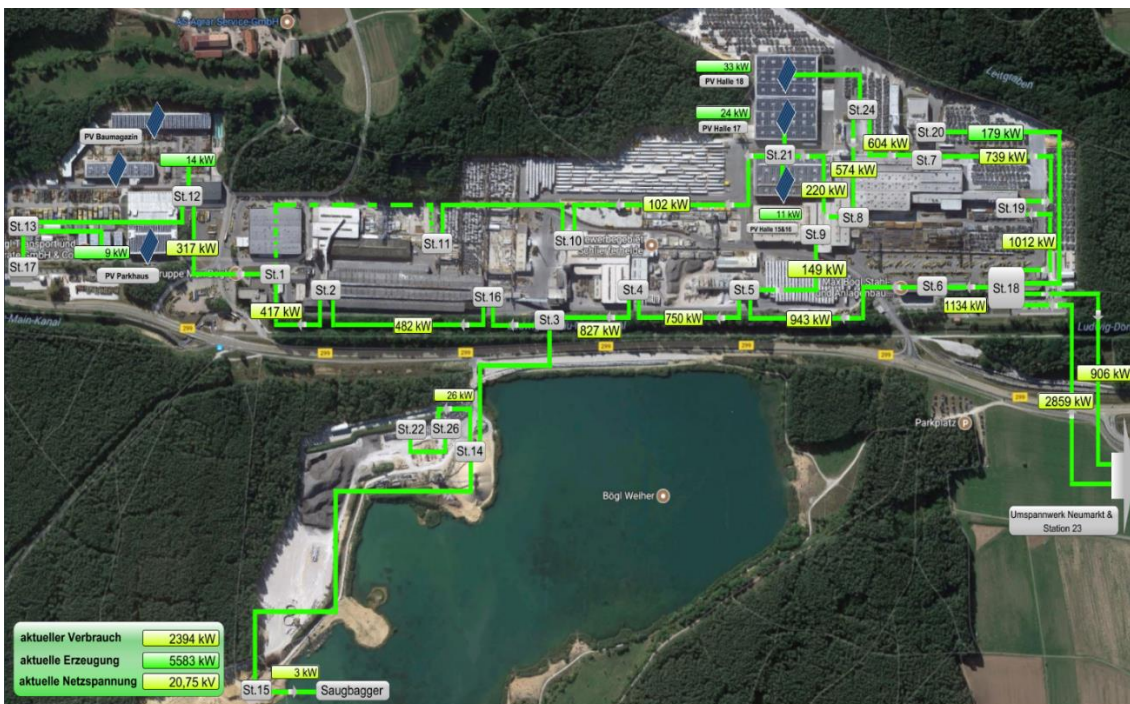


Bild 1 Luftbild Übersicht aus Max Bögl Leitwarte

1.1 Entwicklung der Energiezelle Max Bögl

Die ersten strategischen Schritte zur Energiezelle wurden 2014 mit der Modernisierung unseres Mittelspannungsnetzes eingeleitet. Wie bei vielen Unternehmen ist unser Stromnetz mit dem Unternehmen mitgewachsen. Dadurch hatten wir von 50 Jahre alten Schaltanlagen mit Öl getränkten Mittelspannungskabeln bis zu modernen gisolierten MS Schaltanlagen alles in unserem Netz. Als eine 3. Windturbine in unser Netz angeschlossen werden sollte, stieg die Leistung an erneuerbaren Anlagen in unserem Netz auf über 10 MW. Manche Komponenten in unserem Netz kamen dadurch an ihre Leistungsgrenze. Mit der Erneuerung dieser Komponenten und dem Beginn der strategischen Netzplanung begann die Entwicklung zur Energiezelle. Der Weg war frei für weitere erneuerbare Anlagen in unserem Netz, wobei die spätere Entwicklung zur Energiezelle zum damaligen Zeitpunkt noch nicht in Gänze absehbar war. Mit der Digitalisierung unseres Energienetzes und dem Aufbau unserer virtuellen Leitwarte erhielten wir die notwendige Transparenz über die genauen Energieflüsse und konnten daraus die nächsten genau angepassten Entwicklungsschritte planen. Die weiteren Schritte zeigten sich immer deutlicher ab und werden im Moment vorbereitet.

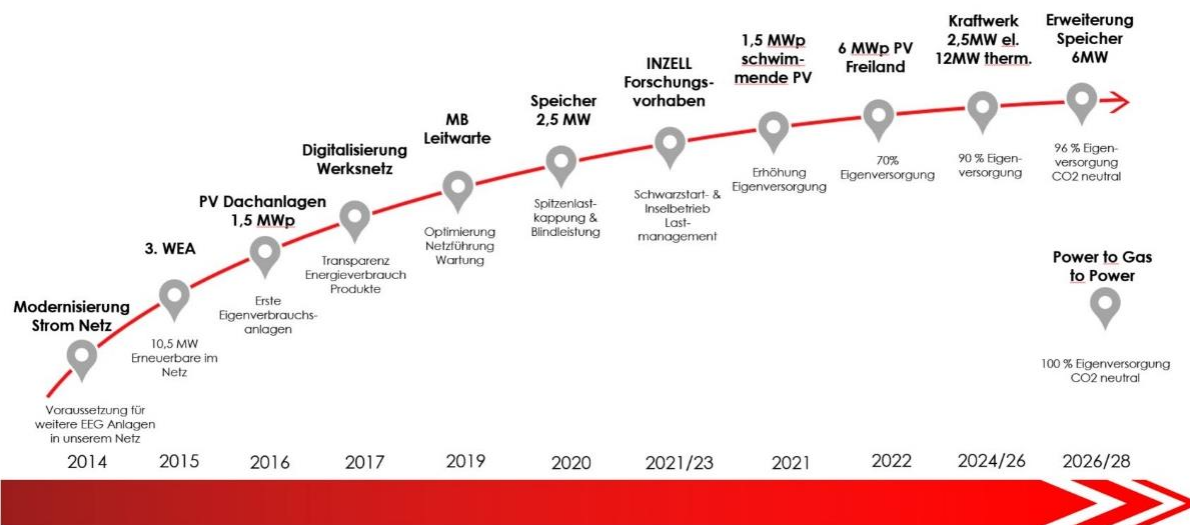


Bild 2 Entstehung Energiezelle Max Bögl mit Ausblick auf erkennbare Entwicklungsziele

Durch eine ganzheitliche Planung können das Zusammenspiel der unterschiedlichen Energieerzeuger, Verbraucher, Speicher und Lastmanagement optimal aufeinander abgestimmt werden. Dadurch ergeben sich Synergien, welche aus der Einzelfallbetrachtung nicht möglich sind. Infolgedessen können wir mit einem geringstmöglichen Ressourceneinsatz ein Maximum an Versorgungsautarkie und CO² Einsparung erreichen.

2 Planungsstrategien für langfristige Investitionen

Wie bereitet man ein Unternehmen bestmöglich auf eine energetische Zukunft vor, die man nicht kennt und bestenfalls in ihren groben Tendenzen bestimmen kann?

Indem man mit jedem Anpassungsschritt die Anzahl an Optionen vergrößert, mit denen auf veränderte Rahmenbedingungen reagiert werden kann.

Die konsequente Erhöhung der Möglichkeiten/ Potentiale als planerischer strategischer Grundgedanke



Bild 3 Der beste Weg in eine unbekannte Zukunft

Bei einem flexiblen System zeigt sich die Resilienz gegenüber Veränderungen nicht daran, dass es seine Verteidigungsmechanismen ausbaut, sondern daran, dass es seine Anpassungsfähigkeit erweitert

2.1 Wie sieht eine solche Planungsstrategie konkret aus?

Als Beispiel nehmen wir unseren LiIo Speicher der Ende 2020 aufgebaut wurde.

Anschlussleistung: 2,5MW
Speicherkapazität: 2,25MWh

Für diesen Speicher haben wir verschiedene aufeinander aufbauende Nutzungskonzepte entwickelt.

1. Spitzenlastkappung Speicher alleine. Kappung 730kW; bei 114€/kW Spitzenlastkosten 2020
2. Optimierung der Speichernutzung durch Kombination mit geplantem Notstrom auf 1,3MW/114€/kW
3. Speichernutzung zur Blindleistungskompensation
4. Zur Erweiterung des Notversorgungskonzeptes
5. Zur Eigenverbrauchsoptimierung
6. Einsatz des Systems für Netzdienstleistung
7. Einsparung durch Entfall des Baukostenschlags wegen vermiedener Erhöhung der Anschlussleistung

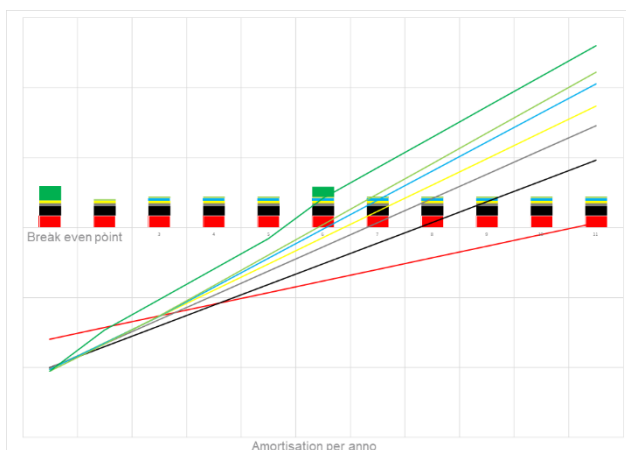


Bild 5 Auswirkung der einzelnen Optimierungsschritte auf die Amortisation

In der Speicherkonfiguration wurden alle diese Anwendungsszenarien bereits berücksichtigt. Mit den Varianten 1 bis 3 wurde das Business Konzept ausgearbeitet und umgesetzt.

Kurz nach der Inbetriebnahme haben sich die Rahmenbedingungen deutlich geändert. Die Spitzenlastabgabe, welche in den letzten 10 Jahren kontinuierlich gestiegen ist, sank von 114€/kW auf nur noch 96€/kW. Damit haben sich die möglichen Einsparungen daraus um 19% verringert. Dies hätte erhebliche Auswirkungen auf die Rentabilität. Da jedoch der Speicher auch für die Blindleistungskompensation genutzt wird, ist die Verringerung der Einsparung real nur noch bei 16%.

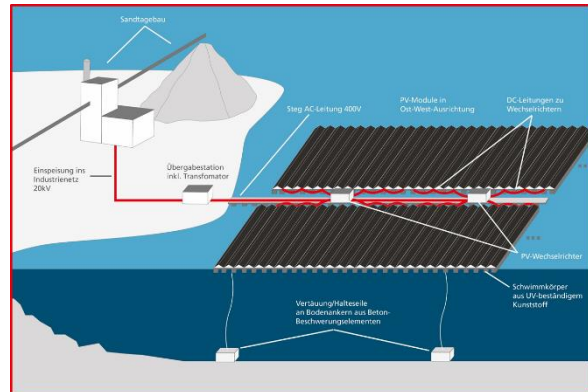


Bild 6 1,5MWp schwimmende PV in 2021

Parallel zum Batteriespeicher wurden in unserer Energiezelle 1,5 MWp schwimmende PV und 6MWp Freiflächen PV Projekte entwickelt. Durch diesen hohen Zugewinn an Erzeugungsleistung stiegen die Tage, an denen Eigenverbrauchsanlagen ihre Überschüsse ins vorgelagerte Netz zurückspeisen (die älteren EEG Anlagen sind noch nicht im Eigenverbrauch). Indem wir jetzt die Nutzungsvariante 5 Eigenverbrauchsoptimierung zusammen mit den PV Anlagen aktivieren, können wir den Rückgang aus der Spitzenlastkappung komplett ausgleichen. Damit kann die langfristig gute Wirtschaftlichkeit der Investition weiter sichergestellt werden.



Bild 7 6MWp Planung Freiflächen PV an bestehender WEA in 2022

2.2 Wie kann ein solcher Umbau in eine Energiezelle konkret gelingen?

Basis für die Planung und den Betrieb von zellularen Energiesystemen sind Informationen.

Daten alleine ergeben noch keine Information. Erst die sinnvolle Kombination von Daten ergeben einen Mehrwert, aus dem Planungskonzepte oder Betriebsabläufe generiert werden können. Dabei ist die Datenqualität von entscheidender Bedeutung. Energiedaten welche nicht zeit-synchronisiert sind, haben z.B. nur einen geringen Informationswert und können nur bedingt weiterverarbeitet werden.

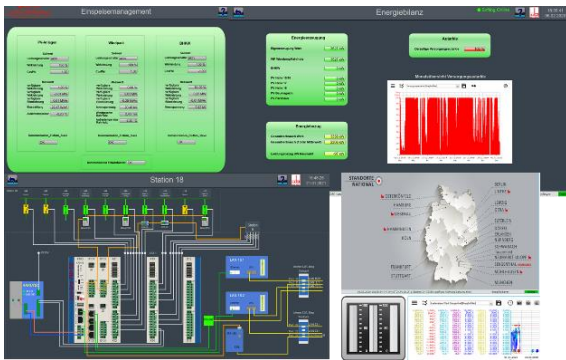


Bild 8 Darstellungen aus MB Leitwarte

Wir haben dafür eine redundante Messwerverfassung sowohl in unserem MS Netz als auch tief in unser Niederspannungsnetz hinein entwickelt. Weiterverarbeitet werden diese Daten sowohl in unserer virtuellen Leitwarte als auch unserem Energiemanager und unserer ISO 5001 Erfassung. Zudem generieren wir mit diesen Daten aktuelle Bestandsbilder über den Zustand und die Sicherheit in unserem Netz. Dadurch lassen sich wiederkehrende Prüfungen vermindern und Fehler frühzeitig erkennen, bevor es zu Ausfällen kommt.

Ohne dieses genaue Wissen über die Energieflüsse könnte ein Speicher in einem komplexen Prosumernetz überhaupt nicht betrieben werden, da die momentane Last als Stellgröße nicht an einem Ort gemessen, sondern nur rechnerisch bilanziert werden kann.

Mit diesen Daten können wir aus den Standortpotentialen (Wind, PV, Speicher BHKW, Lastmanagement usw.) die Systeme auswählen und optimieren, welche unsere Energiezelle am besten unterstützen und voranbringen. Die einzelnen Umsetzungsschritte werden jedoch nicht im Hinblick auf ein mögliches endgültiges Schlusszenario entwickelt, sondern haben das Ziel, die Energiezelle mit jedem einzelnen Entwicklungsschritt ein wenig flexibler, wirtschaftlicher und CO₂ neutraler zu machen, ohne dabei zukünftige Entwicklungspotentiale zu verbauen.

Die Umsetzung ist dabei als additiver Kreisprozess zu verstehen bei dem wir uns mit jedem Schritt dem möglichen Optimum annähern.



Bild 9 Planungsprozess ein additiver Kreisprozess

(Quelle VDE AG Planung zellulärer Energiesysteme)

3 Forschungsvorhaben INZELL

3.1 Entwicklung und Erprobung der Netzstützung und Systemdienstleistungserbringung durch die Industriezelle Max Bögl

Das neue Bundesforschungsprojekt mit dem Titel „Netzstützung und Systemdienstleistungserbringung durch eine Industriezelle mit Inselnetzfähigkeit und erneuerbaren Energien“, kurz INZELL, ist gestartet. Im Fokus steht die Untersuchung von Fragestellungen und Forschungsaspekten rund um das optimierte Zusammenspiel unterschiedlicher Erzeugungsanlagen, Speicher und Lastmanagementsysteme. Dabei soll sowohl ein Inselnetzbetrieb der Industriezelle der Firmengruppe Max Bögl im Falle von Versorgungsunterbrechungen ermöglicht, als auch dazu beigetragen werden, die Stabilität des öffentlichen Stromnetzes kostengünstiger sicherstellen zu können. Industriebetriebe werden so zunehmend zum Schlüsselbaustein für eine erfolgreiche und kostengünstige Umsetzung der Energiewende. Das Forschungsvorhaben hat eine Projektlaufzeit von 3 Jahren und wird mit einem Gesamtvolumen von 1,65 Mio. € durch das BMWi gefördert.

Als Projektkoordinator leitet die Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Regensburg zusammen mit der Max Bögl Wind AG das Bundesforschungsprojekt. Als Verbundpartner aus der Forschung unterstützen die Technische Universität München, die Technische Universität Clausthal und das Zentrum für angewandte Energieforschung Bayern e.V. Weitere Industriepartner sind die Firma INTILION GmbH, die Bayernwerk Netz GmbH, die Bredenoord BV, die OMICRON electronics GmbH und die Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG.

3.2 Was sind die besonderen Herausforderungen?

Das Konsortium rund um die Max Bögl Wind AG und die OTH Regensburg hat sich mit dem Forschungsprojekt INZELL das Ziel gesetzt, eine automatisierte Anlageneinsatzplanung sowie einen Netzmanager zu entwickeln, die zusammen einerseits die Möglichkeiten zur Systemdienstleistungserbringung und damit zur Netzstützung durch die Industriezelle von Max Bögl identifizieren und andererseits einen Inselnetzbetrieb erproben sollen. Das Projekt hebt sich durch die geplante Erprobung des entwickelten Netzmanagers in Feldversuchen hervor. Dabei wird das Industriemittelspannungsnetz kontrolliert in den Schwarzfall gefahren. Durch das innovative Zusammenspiel des Batteriespeichers mit einer Windenergieanlage sowie den weiteren EE-Anlagen und Verbrauchslasten sollen daraufhin der Wiederaufbau und der Betrieb des Inselnetzes sichergestellt werden. Eine Besonderheit liegt darin, dass hier die Verbrauchslast deutlich die Batteriespeicherleistung übersteigt und Aufbau und Betrieb des Inselnetzes nur zusammen mit einer netzbildenden Regelung des Batteriespeichers und einer im Industrienetz angeschlossenen Windenergieanlage gelingen können. Bisherige Inselnetzbetriebskonzepte basieren immer auf einem Kraftwerk (z. B. Wasserkraftwerk) oder einem Batteriespeicher mit ausreichend großer gesicherter Leistung. Dies ist hier nicht der Fall, das neue Konzept ist weltweit einmalig.

Mit Hilfe eines Last- und Erzeugungsprognoseverfahrens sowie einer automatisierten Anlageneinsatzplanung soll der Netzmanager Planungssicherheit bieten. Dabei sollen Flexibilitäten im elektrischen Verhalten des Industrienetzes gezielt aufgedeckt und Kriterien für eine Vermarktung der möglichen Systemdienstleistungen zur Stützung des öffentlichen Netzes definiert werden. Im Umkehrschluss sollen Leistungsspitzen vermieden werden, um die elektrischen Energieversorgungskosten zu senken. Dafür entwickelt das Unternehmen Max Bögl auch ein modulares, dezentrales Lastmanagementsystem, welches in der Lage ist, den Energieverbrauch der unterschiedlichen Produktionsprozesse zu managen. Neben der planerischen Seite werden für einen stabilen Netzbetrieb auch Steuerungs- und Regelmechanismen benötigt. Schwerpunkte sind hier die Netztrennung und die Resynchronisation zum übergeordneten Verbundnetz sowie zentrale und dezentrale Regelverfahren, um bei Prognoseschwankungen und unvorhergesehenen Ereignissen den Netzparallel- und den Inselnetzbetrieb zu stabilisieren.

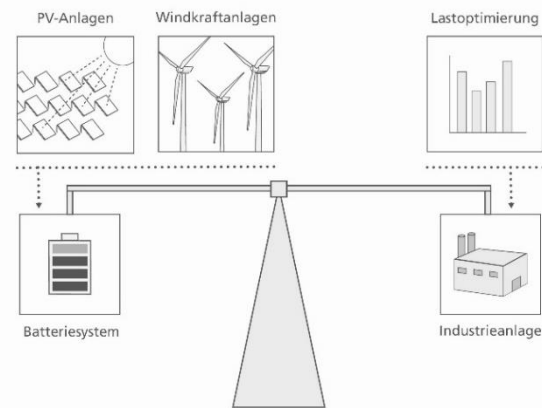


Bild 10 INZELL optimierter Betrieb aller Netzteilnehmer

Kern des Projektes ist es, das Systemdesign und den Betrieb von hybriden Strukturen aus verschiedenen Energieerzeugern und Verbrauchern zu analysieren und optimieren.

Diese Optimierung der internen Energieflüsse ermöglicht nicht nur einen höchstmöglichen CO²-neutrale Eigenversorgungsgrad und Sicherheit, sondern dient auch der Stabilisierung und Entlastung der vorgelagerten Verteilnetze. Dadurch kann der Netzausbau in diesen Verteilnetzen minimiert und die Versorgungssicherheit erhöht werden.



Bild 11 INZELL Projektbeteiligte

3.3 Wie passt INZELL in die Entwicklungsstrategie unserer Energiezelle?

Durch eine Optimierung unserer Energieflüsse steigt der Eigenverbrauch und sinken unsere Strombezugskosten. Mit der Schwarzstartfähigkeit und Inselbetriebsfähigkeit vergrößert sich die Sicherheit unserer Energieversorgung und es ergeben sich neue Möglichkeiten diese netzdienlichen Fähigkeiten zu vermarkten. Derzeit entwickeln wir weitergehende Konzepte, in denen wir mit unseren zukünftigen Fähigkeiten nicht nur das vorgelagerte Verteilnetz stützen können, sondern entwickeln auch ein neues dezentrales Netzwiederaufbaukonzept für das vorgelagerte Umspannwerk-Gebiet mit einer möglichen Notversorgung der wichtigsten Anschlussnehmer.

4 Sind solche komplexen Energiesysteme überhaupt sicher?

Mit der Zunahme der regenerativen Erzeugung, dem Wegfall von immer mehr Großkraftwerken und der zeitweisen Umkehrung der Energieflüsse, steigt die Komplexität unserer Versorgungsnetze kontinuierlich an. Damit ändert sich auch das Systemverhalten unsere Netze.

Alte Lösungen aus einer zentralen Energieversorgung mit zentraler Steuerung für immer größer werdende komplexen dezentralen Erzeuger- und Verbraucherstruktur führt zwangsläufig zu einem Systemversagen.

Daher wird uns ein „more of the same“ oder „weiter wie bisher“ nicht weiterbringen.

In der Natur gibt es hingegen nur offene, komplexe Systeme. Daher sollten wir von der Natur lernen und die Erkenntnisse auf unsere komplexen technischen Systeme übertragen.

Stabilität entsteht durch Netzwerke, die sich in einem Gleichgewicht zwischen Ordnung und Chaos befinden. Durch die Gestaltung der Beziehungen und Interaktionen zwischen den Teilchen entsteht Stabilität. Ein resilientes, sich selbst stabilisierendes System.

Diese Stabilität muss dabei nicht von einer zentralen Stelle gesteuert werden, sondern funktioniert bei einem Ausfall der Kommunikation auch eigenständig in jeder Zelle. Bezugsgröße für dieses automatische netzstützende Verhalten ist dabei in jeden Zellmanager im GridCode hinterlegt. Als Referenzgröße ist dabei die Frequenz ausreichend.

Der Zugewinn an Sicherheit entsteht auch innerhalb von komplexen Energiezellen. Durch die Vielzahl an Systemen wie, PV, Wind, BHKW, Speicher und Lastmanagement können einzelne Ausfälle in einer Zelle leichter kompensiert werden. Der größere Eigenerzeugungsanteil erhöht automatisch die Versorgungssicherheit einer solchen Energiezelle/ Zellcluster. Insbesondere wenn diese auch über eigene Netzbildner wie zum Beispiel inselnetzfähige Speicher verfügen. Zudem können solche Energiezellen/ Zellcluster auch die Stabilität des Gesamtsystems erhöhen, indem Sie Bezugsschwankungen ausgleichen und Netzdienstleistungen zur Stabilisierung des vorgelagerten Netzes anbieten. Damit leisten sie einen solidarischen Beitrag zum gesamten Energiesystem.

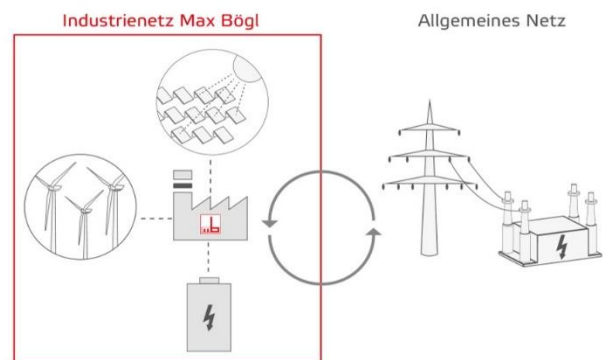


Bild 12 Industriezelle als aktiver Teilnehmer am Stromnetz

Mit der Weiterentwicklung der Energiezelle führt die Firmengruppe Max Bögl die begonnene Umstellung der Energieversorgung des Unternehmens mit eigenen erneuerbaren Stromquellen fort und erreicht dadurch eine Minderung ihres ökologischen Fußabdruckes, als auch einen hohen Grad an Autarkie und Kosteneinsparungen.

5 Literatur

- [1] VDE-Fachbeitrag Zellulares Energiesystem 2019
- [2] Strom Mangel Wirtschaft Herbert Saurugg
- [3] VDE- Fachbeitrag Planung zellularer Energiesysteme
- [4] Grundlage der Massenfähigkeit C/sells Teilprojekt 2 Arbeitspaket 2.8