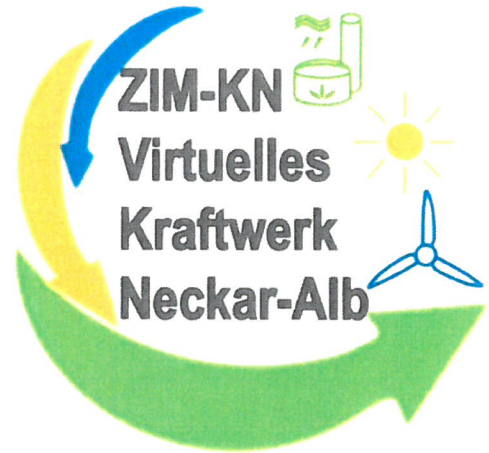




Deutsche
Bundesstiftung Umwelt



Projektantrag

Virtuelles Kraftwerk als Kooperationsmodell

Antragsteller:
Virtuelles Kraftwerk
Neckar-Alb

AZ 33154/01
Juni 2016

Kurzfassung

Mit dem Ausbau dezentraler, regenerativer Stromquellen, die überwiegend volatile Leistung anbieten, gehen zunehmend konventionelle Kraftwerke mit ihren „großen rotierenden Massen“ vom Netz. Damit wächst die Notwendigkeit, die heute von Großkraftwerken erbrachten Netzdienstleistungen Frequenz- und Spannungshaltung, Kurzschlussleistung, Engpassmanagement und Versorgungs-Wiederaufbau ebenfalls zu dezentralisieren. Ein Ansatz hierzu sind virtuelle Kraftwerke, die vorwiegend dann arbeiten, wenn Sonne und Wind nicht die von den Verbrauchern nachgefragte Leistung liefern. Zu Zeiten regenerativer Leistungsspitzen geht das virtuelle Kraftwerk vom Netz oder stellt im Idealfall Speicherkapazitäten bereit.

Virtuelle Kraftwerke bestehen heute meist aus einer Vielzahl kleiner und mittlerer Erzeuger und Speicher, überwiegend in Wohngebäuden, welche von einer zentralen Leitwarte via Fernsteuerung koordiniert werden, so dass sie in der Summe die Leistung eines konventionellen Kraftwerks erbringen und darüber hinaus ein besseres zeitliches Regelverhalten aufweisen.

Das Virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb (VK NA) will diesen Ansatz für KMUs, vorwiegend Industrie, Gewerbe und Logistik, in drei Richtungen erweitern.

- Flexibilitäten (Lastverschiebungen oder geänderte Betriebsmodi) beim Betrieb von Gebäuden, Produktionsanlagen und Prozessen können als „Stromspeicher“ fungieren, welche bei Stromüberschuss Leistung aus dem Netz aufnehmen und bei Strommangel Leistung ins Netz einspeisen. Da hierfür kein physischer Stromspeicher notwendig ist, handelt es sich um virtuelle Speicher. Im Zusammenspiel mit einer eigenen Stromerzeugung aus Photovoltaik und/oder Kraft-Wärme-Kopplung soll in fünf überwiegend mittelständischen Betrieben untersucht werden, wie sich ein energetisch optimierter und gleichzeitig netzdienlicher Betrieb realisieren lässt.
- Da eine Fernsteuerung ihrer (Produktions-) Anlagen durch Dritte für Betriebe in der Regel keine Option darstellt, entwickelt das VK NA, in Anlehnung an das Modell einer industriellen Symbiose, eine Methode, bei der jedes Unternehmen Herr seiner Daten und Prozesse bleibt. Die Basis bildet eine Kooperations-Plattform, auf der die teilnehmenden Betriebe sowohl untereinander Leistungen austauschen als auch gemeinsam an der Strombörse auftreten können. Das Projekt soll die Voraussetzungen für eine solche Plattform im Hinblick auf eine weitgehende regelbasierte Automatisierung untersuchen; ebenso soll anhand der Musterbetriebe die Kopplung an die betriebliche Produktionsplanung (z.B. ERP Software) ausgelotet werden.
- Die Frage, wie ein kleines Stadtwerk die Rolle eines Aggregators übernehmen und die Kooperations-Plattform betreiben kann, ist ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen.

Ziel des Projekts ist es, die Grundlagen für eine Kooperation nach dem Vorbild einer industriellen Symbiose zu erarbeiten und die notwendigen Werkzeuge für den Betrieb eines so strukturierten virtuellen Kraftwerks zu entwickeln.

1 Projektbeschreibung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Technik und Problemstellung	2
1.3 Ansatz	3
1.4 Vorarbeiten und parallele Entwicklungen	7
1.5 Ziele	7
1.6 Vorgehensweise	9
1.6.1 AP 6: Geschäftsmodelle für ein Stadtwerk als Aggregator des virtuellen Kraftwerks (SWB)	9
[...]	
1.7 Umweltrelevanz	21
1.8 Innovation	22
1.9 Modellcharakter	22
1.10 Zielgruppen	23

1 Projektbeschreibung

1.1 Motivation

Die Umsetzung der Energiewende wird im Strom-Sektor zu einer grundlegenden Umstrukturierung der Erzeugung und Verteilung führen. Aus einem hierarchisch, zentralisierten Aufbau mit wenigen Großkraftwerken wird eine dezentrale, „demokratische“ Struktur mit zahlreichen Prosumenten, die dezentral, auf unterschiedlichen Spannungsebenen in das Netz einspeisen (s. Abb. 1).

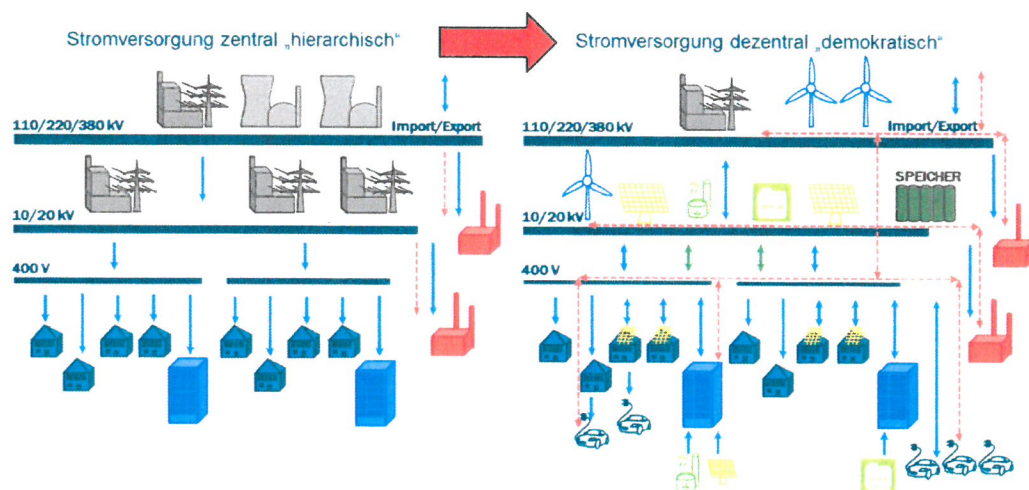


Abb. 1 Alte und neue Struktur der Elektrizitätsversorgung

Um bei einem zunehmenden Anteil volatiler, regenerativer Stromquellen das heutige Niveau an Versorgungssicherheit und Netzqualität halten zu können, besteht zukünftig ein erheblicher Abstimmungsbedarf zwischen den zahlreichen Akteuren. Mit jedem Stromfluss wird ein Datenfluss verknüpft sein. Den rechtlichen Rahmen dafür bildet das im Gesetzgebungsverfahren befindliche Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende.

In Zukunft werden virtuelle Kraftwerke (VK) als wirtschaftliche und informationstechnische Zusammenschlüsse vieler Akteure in wachsendem Maße die Netzdienstleistungen konventioneller Kraftwerke übernehmen. Das Virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb (VK NA) plant den Aufbau eines solchen Zusammenschlusses mit Teilnehmern aus Gewerbebetrieben verschiedener Branchen im Kammerbezirk der IHK Reutlingen².

² Der Terminus „im Kammerbezirk“ soll den regionalen Ansatz hervorheben, ist jedoch keine strenge Voraussetzung für eine Teilnahme von Unternehmen.

1.2 Stand der Technik und Problemstellung

Heute existieren bereits mehrere überregional operierende virtuelle Kraftwerke, z.B. „Next Kraftwerke“ oder „Lichtblick“, die vorwiegend Biogas-Anlagen und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen in Wohngebäuden in ihrem Portfolio haben. Daneben betreiben zahlreiche Stadtwerke ihr lokales VK, z.B. die Stadtwerke Tübingen, die flexible Leistungen aus Laufwasser, Trinkwasser, KWK und Power-to-Heat als positive und negative Sekundär-Regelleistung vermarkten (s. Abb. 2).

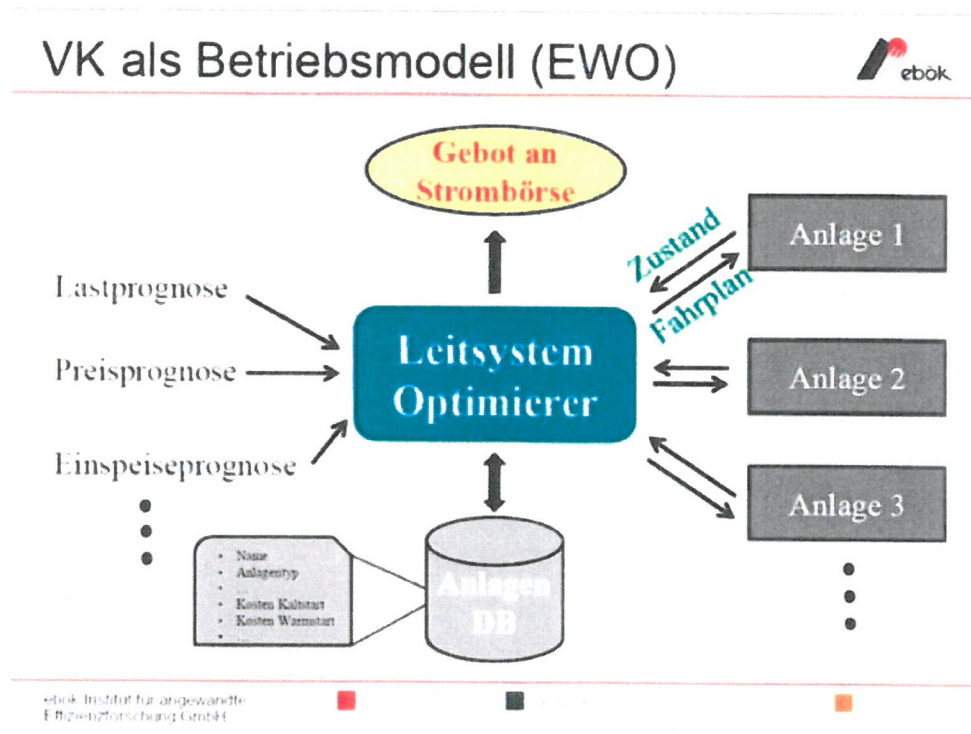


Abb. 2 Vereinfachtes Funktionsschema eines virtuellen Kraftwerks mit Fernsteuerung der einzelnen Anlagen (EWO: Enterprise-Wide Optimisation)

Alle diese Betriebsmodelle beruhen auf dem Prinzip der **Fernsteuerung**, d.h., Strom-/Wärmequellen, Speicher und Verbraucher/"Prosumenten" sind über das Internet in Echtzeit verbunden (IoT) und werden von einer Zentrale verbrauchs- bzw. lastgesteuert gemanagt. Dabei bestimmt die Zentrale des VK, unter Berücksichtigung von Prognosen und Anlagenzuständen, den optimalen Einsatz der unterschiedlichen Aggregate und erstellt detaillierte Fahrpläne, die diese abarbeiten.

Theoretisch liefert ein solches Betriebsmodell die besten Ergebnisse für das Ensemble der beteiligten Anlagen – in der Praxis ist natürlich die Qualität der Prognosen und des Optimierungsalgorithmus ein entscheidender Faktor.

Wenn auch Wirtschaftsunternehmen in ein solches System eingebunden werden sollen, befürchten diese jedoch, zum „gläsernen Akteur“ zu werden: Jeder Betreiber einer Produktionsanlage müsste im Prinzip der Zentrale des VK alle wirtschaftlichen und technischen Daten offenlegen, damit diese die Optimierung durchführen kann.

Das beantragte Projekt setzt an diesem außerordentlich großen Hemmnis für die Integration von gewerblichen Teilnehmern an. Es behandelt die Frage, wie KMUs die Hoheit über ihre Daten und Anlagen erhalten und gleichzeitig am Strommarkt partizipieren können. Aus dieser Grundfrage leiten sich eine Reihe von technischen und organisatorisch-administrativen Problemstellungen ab, für die neue Lösungsansätze entwickelt und erprobt werden sollen:

- Wie können KMUs ihren potentiellen Beitrag zur Netzdienlichkeit identifizieren und quantifizieren?
- Welche Möglichkeiten besitzen sie, netzdienliches Verhalten in ihren Produktionsablauf zu integrieren?
- Welche Informationen und Steuerungselemente benötigen sie dafür?
- Wie können sie netzdienliches Verhalten vermarkten?

Auch die Betreiber von VKs müssen in diesem Umfeld ein neues Rollenverständnis entwickeln. Sie müssen Antworten auf die folgenden Fragestellungen finden:

- Auf welches Leistungsportfolio kann zurückgegriffen werden und wie verlässlich lassen sich diese Leistungen einplanen?
- Welche Abrufmechanismen gewährleisten eine störungsfreie Funktion des VK?
- Wie lässt sich eine stabile Geschäftsbeziehung zu den teilnehmenden Betrieben gestalten?
- Auf welchen Strommärkten kann das VK aktiv werden und lassen sich Synergien zu anderen Aktivitäten des Betreibers nutzen?

Mit dem unten vorgestellten Ansatz wird das Projekt neue Ansätze entwickeln bzw. bestehende Instrumente auf ihre Leistungsfähigkeit überprüfen und damit eine Methode zum Betrieb eines VK mit KMUs als Teilnehmern entwickeln.

1.3 Ansatz

Gewerbliche Betriebe besitzen i.d.R. wesentlich größere Anschlussleistungen als private Haushalte, dies erlaubt einen angemessenen Aufwand bei der Erschließung von Potentialen. Aus diesem Grund konzentriert sich das VK NA auf die individuelle Anbindung von Unternehmen.

Je nach Branche befinden sich in Betrieben zahlreiche Stromverbraucher, die einen teilweise ausgeprägten Lastgang aufweisen. Lässt sich ein solcher Lastgang, durch zeitliche Verschiebung oder veränderte Betriebsweise der Anlage, flexibel gestalten, so kann aus Sicht des Netzes dieser Verbraucher wie ein zugeschalteter Stromspeicher agieren. Er kann netzdienlich wirken, indem er zu Zeiten überschüssigen Stroms diesen abnimmt und bei Stromknappheit seine Last reduziert, was bilanziell einer Einspeisung gleichkommt.

Tab. 1 zeigt drei Beispiele, wie flexible Verbraucher als Speicher wirken können. Diese Sichtweise liefert einen einheitlichen methodischen Ansatz für die Kategorisierung zahlreicher Prozesse, sie lassen sich durch Leistung, Kapazität, Ansprechverhalten und eine Speichergüte charakterisieren. Besonders interessant wird diese Darstellung im Zusammenspiel mit einer Eigenstromerzeugung der Betriebe aus KWK und/oder Photovoltaik. Dabei kann der Betrieb der Anlage (KWK) als auch der Wechsel zwischen Eigenverbrauch und Netzeinspeisung die Effekte der Lastverschiebung deutlich verstärken.

Tab. 1 Drei Beispiele für die Speicherfunktion flexibler Lasten

Beispiel 1, Sinterofen

Voraussetzungen: Teillastbetrieb, digitale Produktionsplanung

Schaltbare Leistung: installierte Leistung

Flexibilisierungsparameter: Prozessstart, Prozessdauer (Anzahl Chargen)

Speichertyp: Stoffspeicher (Zwischenprodukte)

Speicherkapazität: Funktion der Lagertiefe und Transportkapazität

Speichergüte: sehr hoch

Speicherdauer: unbegrenzt

Verfügbarkeit: ganzjährig

Beispiel 2, Bürogebäude

Voraussetzungen: monovalente el. Wärmepumpe für Heizen und Kühlen

Schaltbare Leistung: Differenz zwischen installierter und aktuell nachgefragter Leistung

Flexibilisierungsparameter: Zykluszeit eines Wärmepumpen-Starts

Speichertyp: zweistufig, (1) Wärme- und Kälte-Pufferspeicher (z.B. Eisspeicher), (2) Gebäudemasse

Speicherkapazität: Funktion der Bauweise und des raumklimatisch tolerierten Temperatur-Hubs

Speichergüte: Funktion der Transmissions- und Lüftungs-Wärmeverluste
 Speicherdauer: Funktion der Transmissions- und Lüftungs-Wärmeverluste
 Verfügbarkeit: Heiz- und Kühlperiode

Beispiel 3, Datacenter

Voraussetzungen: virtualisierte Server
 Schaltbare Leistung: Leistungsaufnahme und Kühllast nicht benötigter physischer Server
 Flexibilisierungsparameter: Startzeit und Priorität von Batch-Jobs (rescheduling)
 Speichertyp: Datenoutput
 Speicherkapazität: Funktion des Lastgangs, spez. Echtzeit- und Batch-Verarbeitung
 Speichergüte: verlustfrei
 Speicherdauer: unbegrenzt
 Verfügbarkeit: ganzjährig

Große Unternehmen besitzen die Möglichkeit, ihre Flexibilitäten in Eigenregie zu vermarkten, z.B. als Sekundär-Regelleistung³ (SRL). KMUs verfügen dagegen i.d.R. weder über die Kapazität, um mehr als 5 MW SRL anbieten zu können, noch über das notwendige Know-how oder die personellen Möglichkeiten für eine Teilnahme am Strommarkt⁴.

Der Ansatz dieses Forschungsprojekts, die Potentiale zur Netzdienlichkeit von KMUs nutzbar zu machen, besteht in der Zusammenfassung ihrer Leistungen zu einem virtuellen Kraftwerk. Dieses kann jedoch nicht nach dem oben beschriebenen Schema der Fernsteuerung arbeiten, da kein Unternehmen die Kontrolle über seine Anlagen an die Zentrale des VK abgeben wird und schon gar nicht bereit ist, die für die Optimierung notwendigen technischen Daten sowie seine Kostenstruktur etc. offenzulegen. Diese sind notwendig, damit ein Optimierer die Merit-Order Liste der einzusetzenden Anlagen erstellen kann.

Der Ansatz zur Lösung des beschriebenen Dilemmas besteht in einer veränderten Kommunikationsstruktur, die an das Modell der industriellen Symbiose angelehnt ist. Dabei ist jedes Unternehmen aus Sicht der Zentrale eine „Grey-Box“, die alle internen Daten und Abläufe verbirgt, indem sie mit der Zentrale nur zum Thema „Stromlieferung“ kommuniziert. Konkret verhandelt die Zentrale mit jedem Teilnehmer, ob er sich an einem Gebot an der Strombörse beteiligen möchte. Der Betrieb

³ Im Folgenden werden sich die Beispiele am Markt für Regelleistung orientieren. Die vorgestellten Ansätze und Methoden sind jedoch nicht auf diesen Anwendungsfall beschränkt.

⁴ Die einzige Möglichkeit, auch heute schon „kleine“ Flexibilitäten direkt zu vermarkten, ist die „atypische Netznutzung“ -- auch diese wird von KMUs fast nicht genutzt.

kann dann, situationsbezogen für dieses spezielle Gebot, zusagen oder ablehnen. Umgekehrt können Betriebe auch bei der Zentrale anfragen, ob diese bestimmte Leistungen für sie vermarkten kann. Am Ende des Verhandlungs-Prozesses fasst die Zentrale die eingeworbenen Leistungsversprechen zu einem Angebot am SRL Markt zusammen, verwendet sie beim Bilanzkreis-Ausgleich oder für einen Leistungsaustausch zwischen zwei Partnern.

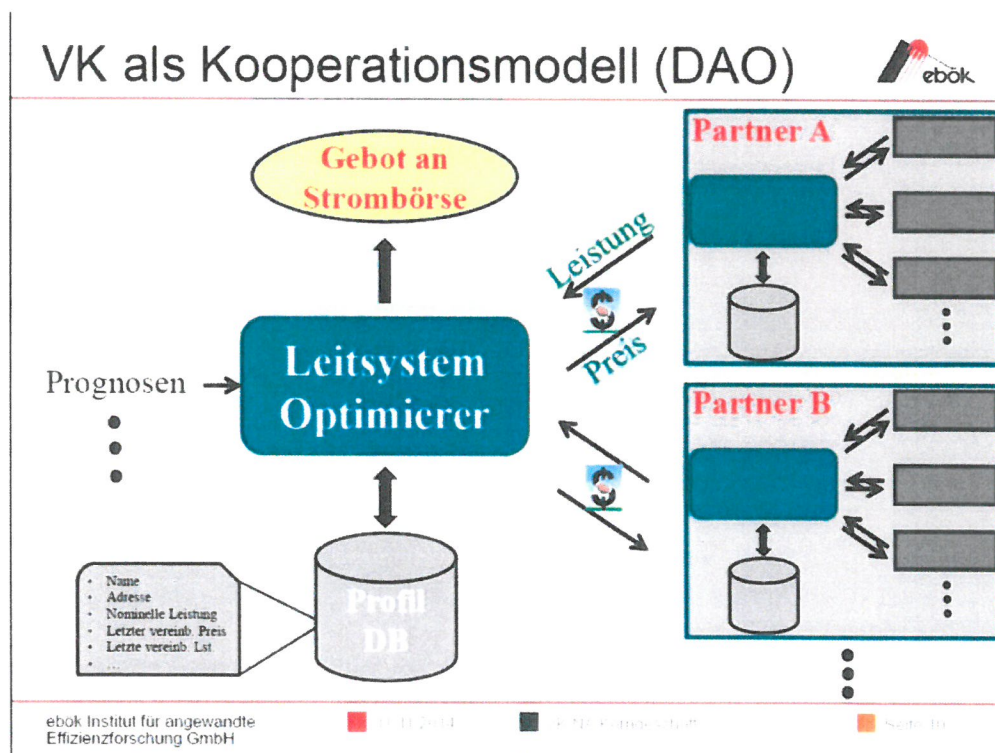


Abb. 3 Ein virtuelles Kraftwerk als DAO (Distributed Agent Optimisation).

In verwendeten Modell optimiert jedes Unternehmen seine Prozesse selbst – unter Maßgabe der vom VK übermittelten Preissignale, Prognosedaten etc., damit erweitert es sein Portfolio um das Produkt „Flexibilität beim Bezug und Liefern von Strom“, für das es Lieferverträge mit dem VK abschließt. Damit kann sich jeder Partner auf seine Kernkompetenz konzentrieren – die KMUs auf ihre Produktion oder Dienstleistung und das VK auf den Stromhandel.

Um eine breite Akzeptanz zu erreichen, sollen die Abläufe beim Aushandeln von Stromlieferungen weitgehend automatisiert werden. Das Entwicklungsziel ist ein regelbasiertes Multiagenten-System, in dem jeder Teilnehmer seine aktuellen Präferenzen, z.B. Preisschwellen oder Zeitkorridore, in seinem Agenten hinterlegt. Damit

können Optimierungsalgorithmen Entscheidungen herbeiführen oder zumindest vorbereiten.

1.4 Vorarbeiten und parallele Entwicklungen

Das Virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb (VK NA, www.virtuelles-kraftwerk-neckar-alb.de) ist ein von der IHK und Hochschule Reutlingen initiiertes Netzwerk, das seit 2014 vom BMWi als Kommunikationsnetzwerk im Rahmen des ZIM Programms gefördert wird. Mehrere Arbeitskreise befassen sich mit den verschiedenen Themen, die für den Aufbau eines virtuellen Kraftwerks in der Region notwendig sind.

Parallel zum vorliegenden Antrag haben sich aktuell zwei weitere Projekte konkretisiert:

- (1) Ein „Demonstrator virtuelles Kraftwerk“ an der Hochschule Reutlingen; dieses Projekt wird vom UM BW im Rahmen des Programms „Smart Grids und Speicher Baden-Württemberg“ seit November 2015 gefördert. Das Projekt verbindet auf dem Campus (in kleinem Maßstab) alle für ein virtuelles Kraftwerk wichtigen Technologien und stellt diese im Rahmen einer öffentlichen Ausstellung vor. Damit erlaubt das Projekt einen Testbetrieb, der auch von Forschung, Lehre und Weiterbildung genutzt werden kann.
- (2) Das Projekt „Steuerbox für ein virtuelles Kraftwerk“ befasst sich mit der Hard- und Software der Anbindung von Teilnehmern an ein virtuelles Kraftwerk. Auf Basis des offenen Standards IEC 61850 sollen sowohl Fernsteuerungs- als auch Aushandels-Funktionalitäten realisiert werden. Zudem ist die Implementation lokaler Mess- und Regelfunktionen vorgesehen. Hierfür wird aktuell ein Antrag erarbeitet, der beim ZIM Programm eingereicht werden soll.

Die drei Projekte besitzen deutlich unterscheidbare Schwerpunkte aber auch hinreichend Berührungsflächen, so dass sie sich im Sinne eines umfassenden Konzepts für den Betrieb eines VK befruchten und ergänzen können. Zur (fördertechnischen) Abgrenzung schlagen wir die in Kap. 3.1 verwendete pragmatische Formulierung vor, die eine Doppelförderung ausschließt ohne Informationsbarrieren zu errichten.

1.5 Ziele

Das Projekt verfolgt das übergeordnete Ziel, eine Methodik zu entwickeln, die **Flexibilitäten in Unternehmen identifiziert und nutzbar macht**. Damit bekommen auch KMUs, die ihre Leistungen in einem virtuellen Kraftwerk bündeln, einen Zugang zum Strommarkt. Für die Betriebe bedeutet dies die Entwicklung eines Geschäftsmodells für ein neues Koppelprodukt⁵, welches sich antizyklisch zum Kern-

⁵ Der Begriff „Koppelprodukt“ ist hier in dem Sinne zu verstehen, dass seine Herstellung keine eigenen Anlagen erfordert. Im Gegensatz zu anderen Koppelprodukten, wie Gips aus

geschäft verhält. Bei voller Auslastung der Produktion ist wenig Flexibilität vorhanden und mit nachlassender Auslastung steigt diese an.

Hierzu werden, anhand von fünf Musterbetrieben aus der Region, die notwendigen technischen und organisatorischen Schritte bis zur aktiven Teilnahme am Strommarkt auf ihre Eignung im konkreten Umfeld untersucht, begleitet und dokumentiert. Die Unternehmen sollen in die Lage versetzt werden, am Projektende selbst zu entscheiden, ob sie sich aktiv am Strommarkt beteiligen wollen.

Mit dem Schlussbericht legt das Projektteam einen Leitfaden für den Anschluss von Gewerbebetrieben an ein virtuelles Kraftwerk vor, der sowohl branchenübergreifende als auch branchenspezifische Vorgehensweisen vorstellt.

Als Gegenpol dazu entwickelt ein relativ kleines Stadtwerk (Partner SWB) seine Rolle als Aggregator und Betreiber der Kommunikationsplattform. Die Ergebnisse fließen in einen Leitfaden ein, der Stadtwerke und andere potentielle Aggregatoren bei der Implementation der Rolle unterstützt.

Die Ergebnisse werden auf Tagungen, z.B. dem Smart Grids Kongress Baden-Württemberg, präsentiert. Im Internet kann der Fortschritt des Projekts auf der Seite des VK NA (www.virtuelles-kraftwerk-neckar-alb.de) verfolgt werden.

Entschwefelungsanlagen von Kohlekraftwerken, die „nebenbei“ entstehen, ist hier jedoch eine aktive Einbindung in die Produktionsplanung notwendig.

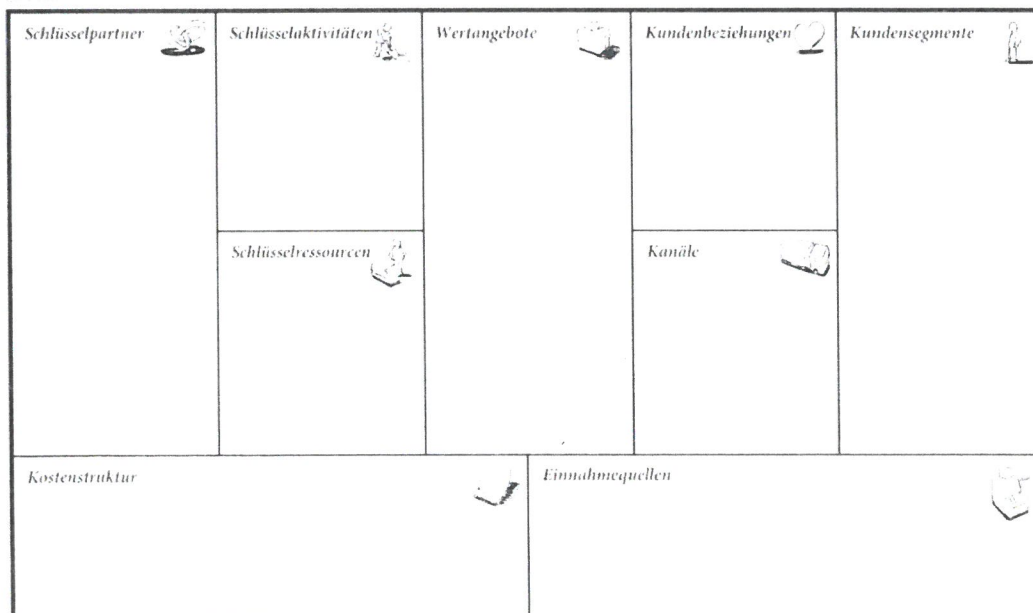
1.6 Vorgehensweise

Das Projekt gliedert sich in acht Arbeitspakete. Die ersten vier, AP 1 bis AP 4, befassen sich mit technischen und organisatorischen Fragen in den Betrieben. Die beiden Arbeitspakete AP 5 und AP 6 behandeln die korrespondierenden Fragestellungen in der Zentrale des virtuellen Kraftwerks. Die beiden letzten Arbeitspakete behandeln Dokumentation und Wissensverbreitung sowie Projektmanagement.

1.6.6 AP6: Geschäftsmodelle für ein Stadtwerk als Aggregator des virtuellen Kraftwerks (SWB) Laufzeit: M7 – M21

Das letzte inhaltliche Arbeitspaket behandelt, parallel zu AP 4, die Frage, wie die technischen Vorgaben aus AP 5 in der Organisation des Aggregators umgesetzt werden können. Hier soll es auch um die Fragestellungen gehen, wie sich Stadtwerke, die sich traditionell auf das inzwischen (langsam) erodierende Geschäftsmodell des lokalen Lieferanten gestützt haben, an die Situation des Strommarkts 2.0 anpassen können. Diese Aufgabe greift u.U. tief in die Strategie und Kultur der Unternehmen ein. Im Spannungsfeld zwischen Kostendruck einerseits und „Quality of Service“ andererseits, erhebt sich die Frage, ob der Betrieb eines virtuellen Kraftwerks mit (früheren) Stammkunden, den KMUs aus der Region, einen innovativen und vom Volumen her attraktiven Ansatz darstellt, um auch zukünftig im „eigenen Versorgungsgebiet“ erfolgreich agieren zu können.

Business Model Canvas



Quelle: www.businessmodelgeneration.com Deutsche Übersetzung: Ellmetz.com

© © © © ©

Abb. 4 Eine „Business Model Canvas“ leitet durch die Fragestellungen, die ein neues Produkt aufwirft und zeigt durch Größe und Anordnung der Felder Gewichte und Relationen an.

Die Aufgabe des VK-Betreibers besteht darin, die Leistungen der einzelnen Teilnehmer zu bündeln und daraus neue Möglichkeiten zu generieren. Indem z.B. die für SRL notwendige minimale Leistung von 5 MW auf mehrere Teilnehmer verteilt wird oder auch die in den Musterprotokollen der Übertragungsnetzbetreiber vorgeschriebenen Prozessschritte von mehreren Partnern erbracht werden. Von daher muss das VK sein eigenes Geschäftsmodell im Portfolio eines Stadtwerks erstellen.

Neben den oben erwähnten Märkten, die im Weißbuch des BMWi beschrieben sind¹⁴, ergeben sich in einem Stadtwerk noch Möglichkeiten im Bilanzkreis-Management oder im Geschäft mit Sondervertragskunden. Die Untersuchung der verschiedenen Märkte erlaubt es den Anwendern der Methode, ein für sie passendes Geschäftsmodell zu generieren.

Die Ergebnisse des Arbeitspakets werden in einem Leitfaden zusammengefasst, der die Implementation eines Aggregators, der die Kommunikationsplattform betreibt, in der Organisation eines Stadtwerks beschreibt.

Tab. 8 Taskliste AP 6

Bez.	Beschreibung	Aufwand
AP6.01	Grundlagen, Literaturarbeit, Materialbeschaffung, Abstimmung etc.	2,38 PM
AP6.02	Entwicklung einer Arbeitsstruktur und eines Wertschöpfungsmodells als Basis für die Entwicklung von Geschäftsmodellen eines VK-Betreibers (ungleich Aggregator)	0,66 PM
AP6.03	Entwicklung alternativer Business Model Canvases i.S.v. Optionen für die Aggregator-Rolle	1,51 PM
AP6.04	3 Workshops Geschäftsmodelle für VK-Betreiber, z.B. Stadtwerke	1,40 PM
AP6.05	Definition der erforderlichen Kompetenzen, Strukturen, Ressourcen und Prozesse zur Implementation des VK z.B. in einem Stadtwerk; Toolbox für Betrieb eines VK, z.B. Standardabläufe	4,29 PM
AP6.06	Entwicklung eines Business Plans für das Geschäftsmodell	1,14 PM
AP6.07	Beitrag des Betriebs virtueller Kraftwerke zur Unternehmensentwicklung (strategisch, strukturell, prozessual, kulturell) eines Stadtwerks	1,20 PM
AP6.08	Implementation der Aggregator-Rolle für VK im Stadtwerk	1,91 PM
AP6.09	Leitfaden zur Implementation der Kommunikationsplattform beim Aggregator	0,38 PM
AP6.10	Leitfaden zur Entwicklung eines geeigneten Geschäftsmodells "Aggregator" im Stadtwerk	1,11 PM
Summe		16,00 PM

1.7 Umweltrelevanz

Ca. 70% des deutschen Stromverbrauchs im Jahr 2014 entfielen auf kommerzielle Anwendungen (Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen). Dies zeigt, welche Relevanz der vorgestellte Ansatz besitzt. Eine aktuelle Studie des UBA (Oktober 2015) beziffert das technische Potential durch Lastverschiebung in neun Branchen industrieller Großverbraucher auf 6 GW. Auf der anderen Seite stammt nur etwa 1% der von den Übertragungsnetzbetreibern präqualifizierten SRL Leistung aus Lastverschiebung in der Industrie. Dies zeigt, dass nur ein sehr geringer Anteil des gewerblichen Lastverschiebe-Potentials bisher gehoben ist. Bei dieser Betrachtung ist die Flexibilität von KMUs und die von Erzeugungsanlagen noch nicht berücksichtigt.

Die Nutzung von Flexibilitäten bei der Nachfrage und Erzeugung elektrischer Energie bewirkt per se keine unmittelbare Energieeinsparung oder verminderte CO₂-Emissionen – im Gegenteil, jeder Speicher besitzt nur eine endliche Güte und so muss die Nutzung von Flexibilitäten mit zusätzlichem Aufwand erkaufte werden. Der Aufbau von virtuellen Kraftwerken, welche den größten Stromverbrauchs-Sektor aktivieren, hat jedoch erhebliche indirekte Effekte.

- Die mit der Aktivierung eines Teilnehmers einhergehende Optimierung seiner Prozesse führt oft schon zu Einsparungen von 10% des Stromverbrauchs.
- Jedes virtuelle Kraftwerk verbessert die Netzqualität und verhindert somit Produktionsausfälle aufgrund von Spannungseinbrüchen und Versorgungsunterbrechungen.
- Eine Stärkung der dezentralen Strukturen erspart einen Netzausbau auf allen Spannungsebenen.
- Durch Verstetigung der Stromproduktion können virtuelle Kraftwerke zu einer besseren Auslastung von Wind- und PV-Strom-Anlagen führen¹⁵, damit reduzieren sie den Flächenverbrauch und Materialeinsatz in solche Anlagen.

Die genannten Effekte lassen sich an dieser Stelle nicht quantifizieren, hierfür wären umfangreiche Untersuchungen über die Rolle virtueller Kraftwerke in den Stromnetzen der Zukunft erforderlich.

Als zentraler Baustein der Energiewende im Strombereich werden virtuelle Kraftwerke zweifellos eine Schlüsseltechnologie beim Erreichen der nationalen Klimaschutz-Ziele darstellen. Dies lässt sich aber nur erreichen, wenn der größte Verbrauchssektor integriert wird.

¹⁵ Ein gleichmäßiger Lastgang verhindert die Abregelung regenerativer Stromerzeuger, die, analog zu konventionellen Kraftwerken, bei zunehmender Erzeugungskapazität immer häufiger notwendig wird.

1.8 Innovation

Die Einbeziehung von Gewerbebetrieben in ein virtuelles Kraftwerk wird in der Literatur immer wieder diskutiert; i.d.R. werden dazu Simulationen vorgestellt (vergl. das vom BMWi geförderte Leitprojekt „RegModHarz“) oder Einzelbetriebe, die groß genug sind, um direkt am Strommarkt agieren zu können (vergl. Den Projektbericht DSM Baden-Württemberg).

Das Zusammenspiel von KMUs, die ihre Leistungen nach dem Vorbild einer industriellen Symbiose austauschen oder bündeln, ist bisher nach unserer Kenntnis nicht untersucht.

Das Projekt liefert somit wichtige Innovationen im technischen wie auch im organisatorisch-administrativen Bereich, die ein sehr großes Potential aktivieren können.

Konkret sind das:

- Modellbasierte Flexibilitätanalysen hoher Genauigkeit
- Detaillierte Kenntnisse über unterschiedliche Produktionsprozesse und deren energierelevanter Parameter
- Entwicklung exemplarischer systemübergreifender Steuerungsinstrumente
- Aufzeigen der Möglichkeiten einer horizontalen und vertikalen Datentransparenz in Unternehmen und unternehmensübergreifend
- Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für die Vermarktung flexibilisierter Prozesse und Stromerzeugung
- Entwicklung einer Kooperationsplattform
- Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für kleine Stadtwerke

1.9 Modellcharakter

Das Virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb konzentriert sich auf eine überschaubare Region, den Kammerbezirk der IHK Reutlingen. Hier gibt es aufgrund der Forschungs-Infrastruktur und zahlreicher innovativer KMUs gute Voraussetzungen für die Durchführung des Projekts; die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich jedoch problemlos auf andere Regionen übertragen, da das Projekt auf ein möglichst breites Spektrum von Branchen und Betriebsgrößen zielt.

Die Auswahl von fünf Betrieben aus vier Branchen deckt sicher nicht das gesamte Spektrum der KMUs in Deutschland ab; der geplante Leitfaden soll den Startpunkt für eine kontinuierliche Weiterentwicklung bilden, die hauptsächlich von den Nutzern der Methode getragen wird. Eine erste Quelle von Erweiterungen könnten Industrie-

partner von HSRT sein, die zwar kein Interesse am Strommarkt besitzen, die Charakteristika ihrer Prozesse aber dennoch offenlegen, da sie sich von den Prozessmodellen Einsparungen beim Energie- und Materialeinsatz versprechen.

1.10 Zielgruppen

Die Projektergebnisse sind für vier Zielgruppen von Interesse, die diese für die Entwicklung kommerzieller Produkte und Dienstleistungen nutzen können

- KMUs, die sich zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenschließen oder sich an ein solches anschließen wollen.
- Berater, die KMUs beim Anschluss an ein virtuelles Kraftwerk unterstützen.
- Stadtwerke oder andere Akteure am Strommarkt, die als Aggregator ein virtuelles Kraftwerk installieren wollen.
- Großbetriebe, die in eigener Regie am Strommarkt aktiv werden wollen oder unter einem Konzerndach mehrere Tochterunternehmen einbinden müssen.

Darüber hinaus können Hochschulen, IHKs und andere in der Weiterbildung aktive Institutionen Interesse an den Ergebnissen haben. Das parallel laufende „Demonstrator“ Projekt des VK NA kann sein Portfolio unmittelbar um beispielhafte Lösungen erweitern.

Die Teilnehmer des VK NA planen eine Weiterentwicklung der Methode, um aus dem Demonstrator ein am Strommarkt aktives VK entstehen zu lassen. Hierfür gilt es, die Attraktivität für die genannten Zielgruppen zu erhalten bzw. diese zu steigern.