
















3.3 Blaupause 5: Flexibilisierung von Querschnittstechnologien

Blaupause									
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betriebe mit energieintensiven Anlagen (Antriebe, Pumpen, Ventilatoren o. ä.) ■ Netzbetreiber ■ Aggregatoren / VK-Betreiber 								
Ausgangslage und Problemstellung	<p>Querschnittstechnologien wie Antriebe, Pumpen, Druckluft-, Lüftungs- oder Kälteanlagen kommen übergreifend in unterschiedlichen Industrieprozessen zum Einsatz. Zum Teil verfügen die Anlagen über Pufferspeicher oder sind redundant ausgelegt. Diese inhärenten Potenziale zur Lastverschiebung werden jedoch nur bedingt genutzt. Die Nutzbarmachung für den Strommarkt bzw. das Stromnetz setzt entsprechende Freiheitsgrade und Nachrüstungen voraus.</p>								
Lösungsansatz	<p>Die Flexibilisierung von Anlagen mit Freiheitsgraden, beispielsweise durch Überdimensionierung oder Pufferspeicher, erlaubt deren netz- oder marktdienlichen Einsatz und dadurch die Reduktion von Energiekosten. Die Anlagensteuerungen können automatisiert oder manuell entsprechend angepasst werden.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ausgereiftes, umfassendes Lastmanagement (Produktionsplanung, Verfügbarkeit elektrischer Leistung) stellt ungestörten Betrieb sicher; weitgehend automatisierte Steuerung der Anlagen ■ Lukrative Strompreisfluktuationen bzw. wirksame Anreize vom Regelenergiemarkt bedingen Wirtschaftlichkeit ■ Absicherung gegen finanzielle Nachteile durch etwaige Erhöhung von Netzbezugsspitzen bei Aktivierung der Flexibilität (Nachteilsausgleich) ■ Flexibilitätsabrufe mit hinreichender Dauer (mind. eine Stunde), um Anlagen und deren Effizienz nicht signifikant zu beeinflussen 								
Einordnung der Blaupause	<table border="1"> <tr> <td>Haushalte</td> <td>GHD</td> <td>Industrie</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>Flexibilisierung</td> <td>Sektorkopplung</td> <td colspan="2">Erzeugung</td> </tr> </table>	Haushalte	GHD	Industrie	Energie	Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung	
Haushalte	GHD	Industrie	Energie						
Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung							
Technologiereifegrad	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>TRL: Technologien wurden z. T. anwendungsnah getestet oder sind z. T. kommerziell verfügbar</p>								
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Flughafen Stuttgart ■ Wasser-Flex Cham </td> <td>  </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ E-Verdichter </td> <td>  </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Flex-Werkzeugkasten ■ Kommunale Lastverschiebung ■ Flüssigeispeicher ■ Flex im Einzelhandel ■ VK-Geschäftsmodelle </td> </tr> </table>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Flughafen Stuttgart ■ Wasser-Flex Cham 		 <ul style="list-style-type: none"> ■ E-Verdichter 		 <ul style="list-style-type: none"> ■ Flex-Werkzeugkasten ■ Kommunale Lastverschiebung ■ Flüssigeispeicher ■ Flex im Einzelhandel ■ VK-Geschäftsmodelle 			
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Flughafen Stuttgart ■ Wasser-Flex Cham 		 <ul style="list-style-type: none"> ■ E-Verdichter 		 <ul style="list-style-type: none"> ■ Flex-Werkzeugkasten ■ Kommunale Lastverschiebung ■ Flüssigeispeicher ■ Flex im Einzelhandel ■ VK-Geschäftsmodelle 					
Innovationsgehalt	<p>Forschung und Entwicklung zu Querschnittstechnologien zielen primär auf Effizienzsteigerungen ab. Die Flexibilisierung, bei möglichen Effizienzverlusten, ist bisher kaum Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Zum Teil kamen im Rahmen von SINTEG innovative Technologien zum Einsatz (bspw. Eisspeicher) und originäre Modelle wurden entwickelt. Der Einsatz erprobter Querschnittstechnologien mit Redundanzfunktionen oder Pufferspeichern ist nicht neuartig, aber die Einbindung in umfassende Energiemanagementsysteme bis hin zu Flexibilitätsmärkten ist in diesem Umfang erstmalig erfolgt.</p>								
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Energieintensive, elektrische Anlagen mit Freiheitsgraden (Entkopplung von Betrieb und Bedarf durch Pufferspeicher oder parallel ausgelegte Anlagen mit anderen Energieträgern) 								

Querschnittstechnologien wie Antriebe, Pumpen, Druckluft-, Lüftungs- oder Kälteanlagen kommen sektorenübergreifend in unterschiedlichen Industrieprozessen zum Einsatz. Zum Teil verfügen die Anlagen über Pufferspeicher oder sind redundant ausgelegt. Diese inhärenten Potenziale zur Lastverschiebung werden jedoch nur bedingt genutzt. Die Nutzbarmachung für den Strommarkt bzw. das Stromnetz setzt entsprechende Freiheitsgrade und Nachrüstungen voraus. In der Regel sind automatisierte Regelungen und Steuerungen der Anlagen bereits vorhanden. Es können (Fern-)Steuerboxen vorgeschaltet werden, die Signale bzw. Befehle zum Hoch- oder Herunterfahren der Leistungsaufnahme oder An- oder Abschalten der Anlage weitergeben. Hier kommen standardisierte Schnittstellen und Protokolle zum Einsatz.

Flexibilitäten aus dem Betrieb von Querschnittstechnologien können folglich, wie Flexibilitäten generell, markt- bzw. netzdienlich eingesetzt werden und die Energiekosten für den Betreiber senken. Die Kosteneinsparungen oder Erlöse können als Anreiz für Investitionen in Flexibilisierungstechnologien und/oder Neuinvestitionen in effizienteste Querschnittstechnologien dienen.

Das Fraunhofer IFF hat in WindNODE einen Flex-Werkzeugkasten entwickelt, der zur Analyse und Bewertung von Flexibilitätpotenzialen in Querschnittstechnologien, wie Druckluftbereitstellung, Belüftung, Klimatisierung und Kältebereitstellung, dient. Ein Multienergiesystem-Demonstrator bildet Betriebe aus der Prozessindustrie mit entsprechenden Anlagen nach. Das Institut ging der Frage nach, unter welchen technischen, operativen und wirtschaftlichen Bedingungen ein Prozess unterbrochen oder verschoben werden kann. Entsprechende Softwaremodelle ermöglichen die Übersetzung technischer Eigenschaften und Flexibilitäten in Geschäftsmodelle am Strommarkt. Daraus können optimierte Betriebsstrategien und Fahrpläne entwickelt werden.

Im Rahmen von enera wurde ein elektrischer Kompressor zur Erzeugung von Prozessdruck errichtet und flexibel eingesetzt. Der Gasfernleitungsnetzbetreiber Open Grid Europe (OGE) hat die Verdichtung von Erdgas damit flexibilisiert. Ein elektrisch angetriebener Kompressor mit einer Nennleistung von 13 MW verdichtet Erdgas für den Ausgleich von Druckunterschieden zwischen Netzen (50 auf 60 bar). Parallel existieren mit Gasturbinen angetriebene Kompressoren. Die redundante Auslegung ermöglicht einen Wechsel zwischen strombasierter und erdgasbasierter Druckerzeugung durch eine automatisierte Steuerung. Durch den Anschluss an das Stromverteilnetz der EWE NETZ und die räumliche Nähe zur erneuerbaren Erzeugung ist der Standort dafür gut geeignet. Im Rahmen von enera wurde der elektrische Verdichter gezielt angeschaltet, wenn zu viel Windstrom im Stromnetz prognostiziert wurde. In diesem Zusammenhang gab es die Randbedingung, dass er nur dann eingesetzt werden durfte, wenn der Einsatz gegenüber anderen Betriebsmitteln wirtschaftlich erfolgen konnte. Negative Preise am Intraday-Markt sind dafür prinzipiell ausschlaggebend.

In Feldtests hat die OGE-Anlage mehrfach negative Flexibilitätsleistungen zwischen 2,4 und 5,5 MW über jeweils eine Stunde an Netzbetreiber über den enera-Flexibilitätsmarkt geliefert. Die Flexibilitätslieferung verzögerte sich dabei um einige Minuten, überschritt anschließend für einige Minuten den Sollwert bis die kontrahierte Leistung schließlich konstant gehalten wurde. Der Datenaustausch an das virtuelle Kraftwerk über eine Fernwirktechnik beinhaltete Bereitschaftssignale, Messwerte und Restriktionen der Anlage. Die Flexibilität und der Preis wurden darauf basierend berechnet. Das Handelsergebnis am Markt wurde in einen Fahrplan bestehend aus Sollwerten und Einsatzbefehlen vom virtuellen Kraftwerk an die Leitwarte der Anlage übermittelt.

In der C/sells-Demonstrationszelle Cham und Umgebung gingen die Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg und die Kreiswerke Cham der Frage nach, ob ein flexiblierter Einsatz von Trinkwasserpumpen dazu beitragen kann, zu kritischen Zeitpunkten die Stromnetze zu entlasten. Es wurde untersucht, ob die Pumpen auf stromnetzseitige Anforderungen reagieren können, d. h. insbesondere in Zeiten starker PV-Einspeisung Leistung aufnehmen. Die Trinkwasserpumpen eignen sich aus zwei Gründen besonders für flexible Nutzung. Zum einen verbrauchen sie eine beträchtliche Menge elektrischer Energie, zum anderen stehen die vorhandenen Hochbehälter ohne weitere Umbaumaßnahmen als Zwischenspeicher für das Trinkwasser zur Verfügung. Dadurch können die Kreiswerke die Pumpen innerhalb gewisser Grenzen zeitlich versetzt zu ihrer heutigen Betriebsweise einsetzen. Darüber hinaus ist das Wasserverbrauchsprofil prinzipiell der PV-Einspeisung sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf ähnlich, d. h. tagsüber höher als nachts und im Sommer höher als im Winter.

In einem Feldversuch konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von Flexibilität in der Trinkwasserversorgung technisch umsetzbar ist. Dazu wurde täglich ein ermittelter Flexibilitätsh Fahrplan mit Leistungsabweichung vom ursprünglichen Fahrplan der Pumpen erstellt und an die Kreiswerke übermittelt. Im Hauptpumpwerk wurde der Flexibilitätshabruf mithilfe einer modifizierten Anlagensteuerungssoftware umgesetzt. Die Änderungen am komplexen Steuerungssystem waren aufwändig. Die Flexibilität unterliegt bestimmten Grenzen, um eine zuverlässige und qualitativ hochwertige Wasserversorgung nicht zu gefährden.

Die installierte elektrische Pumpenleistung beträgt 900 kW in Cham, wo 40.000 Einwohner mit Trinkwasser versorgt werden. Eine Hochrechnung auf das Bundesgebiet basierend auf den Erfahrungen aus der Demozelle Cham und den Bevölkerungszahlen weist ein negatives, d. h. lasterhöhendes, Flexibilitätspotenzial von 300 MW in Deutschland für eine Zeitspanne von täglich vier Stunden aus.

In der C/sells-Zelle Flughafen Stuttgart wurden Flexibilitätspotenziale von Querschnittstechnologien wie Lüftungsanlagen und Kältemaschinen simulativ ermittelt. Ein „digitaler Zwilling“ der Liegenschaft dient der Identifizierung von Flexibilitäten, der Auslegung neuer Anlagen und der Optimierung des Lastmanagements. Die Maximierung des Eigenverbrauchs von Strom aus PV-Anlagen auf dem Flughafengelände ist dabei das primäre Ziel der Optimierung. Darüber hinaus kann Flexibilität aggregiert vermarktet und können vorgelagerte Netze bei Engpässen entlastet werden. Im Rahmen eines Feldtests wurde die Lüftungsanlage eines Terminals mit der Fernwirktechnik des Betreibers eines virtuellen Kraftwerks (Next Kraftwerke) ausgestattet. Die „NextBox“ tauscht über eine standardisierte Schnittstelle (Modbus Remote Terminal Unit (RTU)-Interface) mit der Anlagensteuerung verschiedene Parameter aus, insbesondere Status, Soll-Leistung und Wirkleistung. Die Box kommuniziert über das Mobilfunknetz mit eigenem Zugangspunkt mit dem Kontrollzentrum des virtuellen Kraftwerks, das die Flexibilität als Regelenergie vermarkten kann. Die Fernsteuerung der Lüftungsanlage gelang in dem Feldtest. Eine leichte Übersteuerung führte jedoch zu einer stärkeren Leistungsreduzierung der Anlage bei der Aktivierung der Flexibilität.

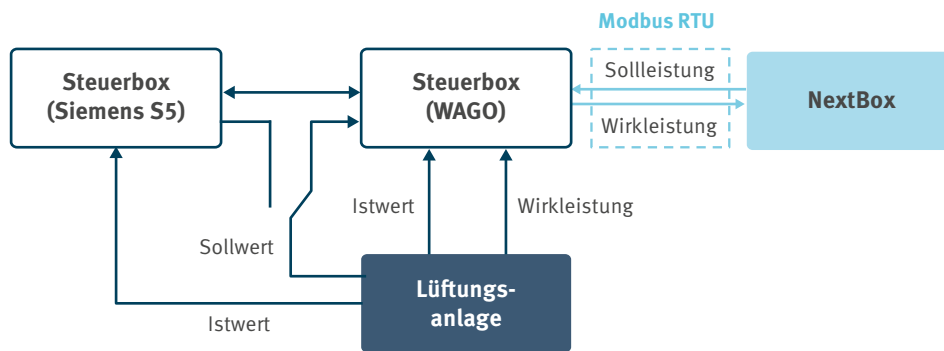


Abbildung 11: Steuerboxen und Schnittstellen einer flexibilisierten Lüftungsanlage (Flughafen Stuttgart, C/sells)

Im Rahmen von WindNODE hat das Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden nach dem Power-to-Cold (PtC)-Prinzip eine Kältespeicherung für industrielle Kälteanlagen entwickelt und demonstriert. Bei der Kälteerzeugung insbesondere in der Nahrungsmittelindustrie (Brauereien, Molkereien, Kühlhäuser) mit ganzjährigem Kältebedarf lassen sich so Lastverschiebungen realisieren. Dabei werden elektrische Wasserdampf-Turboverdichter und ein pumpfähiges Wasser-Eis-Gemisch zur Kältespeicherung eingesetzt. Die Energiedichte liegt höher als bei konventionellen Kälte-trägern. Der neuartige Eisspeicher mit Vakuum-Flüssigeistechnologie kann hohe Kältemengen speichern. Es wurden Vakuumeisanlagen errichtet, die ein Laborgebäude und ein Großrechenzentrum mit Kälte (mit-)versorgt haben. Die Anwendung wurde darüber hinaus in einem Demonstrator mit einer Kälteleistung von 500 kW und Kapazität von 12 MWh erprobt.

Die Schwarz Gruppe hat Flexibilitätspotenziale im Einzelhandel, d. h. in Supermarktfilialen der Ketten Lidl und Kaufland im WindNODE-Gebiet ermittelt. Die Kühlsysteme der Supermärkte können theoretisch eine zuschaltbare Last von 50 kW bieten. Dabei würden Lebensmittel kurzfristig auf tiefere Temperaturen herunter gekühlt, um Kälte so zwischen zu speichern. Unter realen Bedingungen können Kühltruhen über eine Stunde Kälte zwischenspeichern. In Logistikzentren können Kälteanlagen das Tiefkühlager vorübergehend von -24 °C auf -30 °C herunterkühlen und so Flexibilität bereitstellen.

Die Landeshauptstadt Dresden hat im Rahmen von WindNODE Lastverschiebungspotenziale in kommunalen Liegenschaften (Schulen, Kindergärten, Sportstätten) und in der Abwasserbehandlung der Stadtentwässerung anhand eines entwickelten Analysewerkzeuges untersucht. Letztere besitzt Pumpen und Gebläse in Kläranlagen, für den Abwassertransport sowie zur Abwasserüberleitung. In Sportstätten wurden in Kälteprozessen für die Kühlung von Eisbahnen die größten Lastverschiebepotenziale ermittelt.

Der VK-Betreiber Energy2market hat im Rahmen von WindNODE in Zusammenarbeit mit BMW die Lüfertechnik des Leipziger Standortes flexibilisiert und aggregiert am Strommarkt vermarktet. Die erfolgte „Subaggregation“ ermöglicht es, mehrere Kleinsteinheiten zu einer virtuellen Anlage zusammenzufassen und damit effizientere Anbindungsstandards und planbarere Vermarktungsansätze zu nutzen.