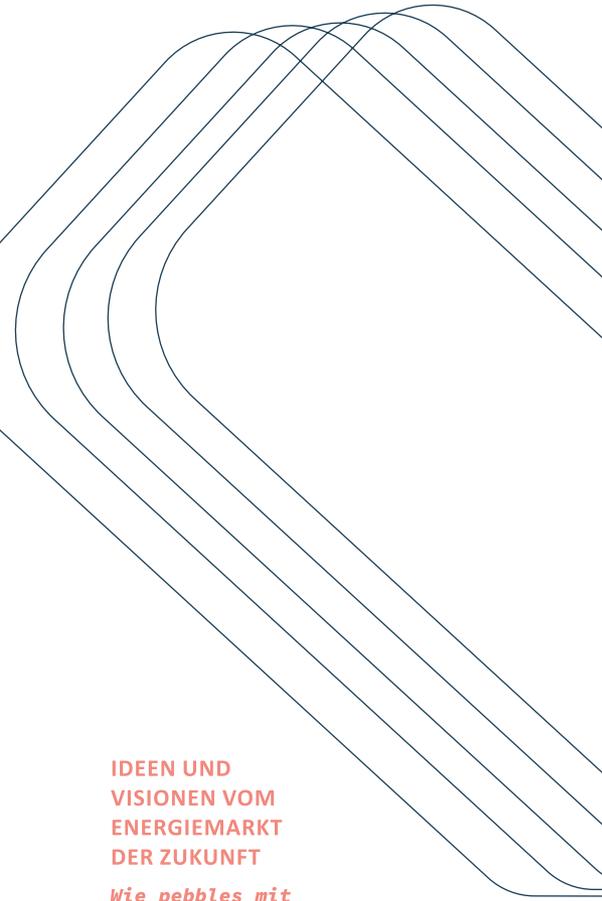


pebbles



IDEEN UND VISIONEN VOM ENERGIEMARKT DER ZUKUNFT

Wie pebbles mit gebündeltem Know-how den Energiesektor revolutioniert

Wenn Bürger zu Energiepionieren werden

Voll überzeugt: pebbles-Nutzer der ersten Stunde im Interview

Wildpoldsried – hochtechnisch und einzigartig

So realistisch bildet der Energiecampus den regionalen Strommarkt nach

Unser Vertrauen in den lokalen Energiehandel

Argumente für eine klimafreundliche Energieversorgung der Zukunft

Ein Impulsgeber, der Schule machen könnte

Ein Appell an Politik und Behörden als wichtige Weichensteller

Editorial

„Entwicklung einer lokalen Energiehandelsplattform“ – unter diesem Motto schlossen sich 2018 fünf Unternehmen zum Forschungsprojekt pebbles zusammen. Damit setzt das Konsortium der Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW), der AllgäuNetz GmbH & Co. KG, der Siemens AG, der Hochschule Kempten (HKE) und des Fraunhofer Instituts für Angewandte Informationstechnik (FIT) die vorausgegangene Forschungsarbeit erfolgreich fort und besteht mittlerweile seit über zehn Jahren. Nachhaltige, lokal erzeugte Energie liegt im Trend und wird in der Energieversorgung von morgen eine zentrale Rolle spielen. Wir sind überzeugt, dass Strom- und Flexibilitätsmärkte hierbei ein elementarer Baustein sein werden, und freuen uns, sie Ihnen in diesem Magazin näherbringen zu können.

Ihr pebbles-Konsortium

Impressum

Herausgeber Allgäuer Überlandwerk GmbH, Illerstraße 18, 87435 Kempten, Telefon: +49 (0)831/2521-0.
Verantwortlich für den Inhalt: Sebastian Gebhardt

Agentur Isenhoffs Büro GbR, Kreativagentur für Ideen, Konzepte und Gestaltung in den Bereichen Marke, Print, Web, Foto, Film und Raum. Höhenweg 4a, 87437 Kempten

Druck Schöler Druck & Medien GmbH, Konrad-Zuse-Str. 2, 87509 Immenstadt

Autoren dieser Magazin-Ausgabe

Michael Lucke, Sebastian Gebhardt, Christoph Brunner, Tanja Vogler (Allgäuer Überlandwerk GmbH), Volker Wiegand, Florian Heringer (AllgäuNetz GmbH & Co. KG), Dr. Arvid Amthor, Marquart Franz, Alexander Hammer, Stefan Jessenberger, Dr. Michael Metzger, Prof. Stefan Niessen, Sebastian Schreck (Siemens AG), Andreas Armstorfer (Hochschule Kempten), Prof. Andreas Ulbig, Julius Zocher (Fraunhofer FIT)

04

Vision

Der Energiemarkt der Zukunft



06

Was steckt hinter pebbles?

Wie gebündeltes Know-how und intelligente Technologie den Energiesektor revolutionieren

08

Meilensteine des Projekts

Das Projekt gliedert sich in 21 Arbeitspakete

10

Wer steckt hinter pebbles?

Die Rollen der Partner



28

Das Projekt in Zahlen

Relevante Ergebnisse im Überblick

34

Noch nicht genug von pebbles?

Alle digitalen Inhalte im Überblick



16

Gemeinsam mit Energiepionieren

Die Prosumer von Wildpoldsried testen den blockchain-basierten regionalen Strommarkt

23

Technischer Aufbau des Demonstrators

Vom Einsatz der Blockchain bis zur App

30

11 Kernaussagen zu pebbles

20

Der Energiecampus Wildpoldsried

Entwicklung und Erprobung von intelligenten Stromnetzen



32

Regulatorische Hemmnisse und Handlungsempfehlungen für die Politik

35

Die Zukunft von pebbles

Wie geht es weiter?





// Vision //

// Vision //

»pebbles ist eine smarte Lösung für die Herausforderungen der Energiewende, die erhebliche individuelle sowie volkswirtschaftliche Mehrwerte bieten kann.«



Sebastian Gebhardt
Projektleiter pebbles bei der
Allgäuer Überlandwerk GmbH

Was steckt hinter pebbles?

Wie gebündeltes Know-how und intelligente Technologie den Energiesektor revolutionieren

„Wie die Blockchain-Technik das Energiesystem revolutionieren kann“ lautete eine Überschrift in der *Süddeutschen Zeitung* im August 2016. Kurze Zeit später, im Oktober 2016, wurde die Studie „Dezentralität und zellulare Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf“ im Auftrag der N-ERGIE AG veröffentlicht. Das waren nur zwei von vielen Beiträgen und Diskussionen, die 2016 in der Öffentlichkeit rund um die Themen Blockchain, Energiehandel unter Prosumern und die Chance einer besseren Nutzung dezentraler Strukturen zum Gelingen der Energiewende präsent waren.

Challenge accepted Wie Herausforderungen zu Visionen werden

Siemens sammelte zusammen mit dem Unternehmen LO3 Erfahrungen in Brooklyn, wo erstmals der Handel

von Strom und Flexibilität unter Teilnehmern in einem Microgrid getestet wurde. In der Folge sollte ein solcher Handel auf größere Strukturen ausgedehnt und mit zusätzlichen systemoptimierenden Funktionen versehen werden. Das Allgäuer Überlandwerk beschäftigte die Frage, welche Angebote es Kunden machen könnte, deren garantierte Vergütung für Erneuerbare-Energien-Anlagen in absehbarer Zeit auslaufen. AllgäuNetz beschäftigte mehr und mehr die Frage, wie man auf den weiteren Zubau erneuerbarer Energien, aber auch elektrischer Verbraucher wie E-Autos und Wärmepumpen im Verteilnetz reagieren könnte. Die Herausforderung, vor der beide Unternehmen standen: Erzeugern, Verbrauchern und Prosumern eine lokale Handelsplattform zu bieten, Netzengpässe zu minimieren und gleichzeitig einen attraktiven volkswirtschaftlichen Mehrwert für alle Seiten zu finden.



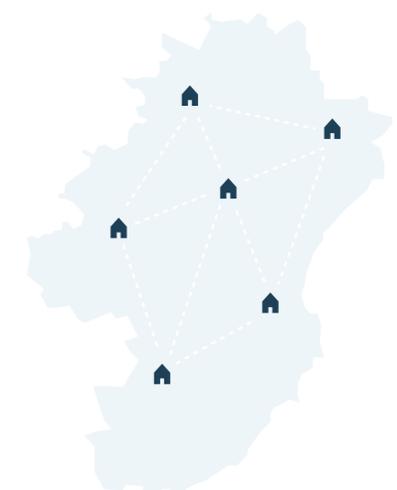
Gemeinsam stark Wenn verlässliche Partner ihr Know-how bündeln

Aufgrund der guten Erfahrungen aus den vorangegangenen Forschungsprojekten IRENE und IREN2 war es naheliegend, die Zusammenarbeit mit den beiden weiteren Partnern aus diesen Projekten, der Fachhochschule Kempten und dem Fraunhofer Institut für angewandte Informationstechnik FIT, fortzusetzen. Mithilfe von Energiepionieren aus Wildpoldsried sollte vor Ort ein Demonstrator für einen lokalen Energiemarkt aufgebaut werden. Damit war Ende 2016 die Idee für pebbles geboren.

Das Magazin gibt einen Überblick über das Projekt pebbles, bei dem ein lokaler Energiemarkt (LEM) zum Handel von Strom und Flexibilität demonstriert wurde.

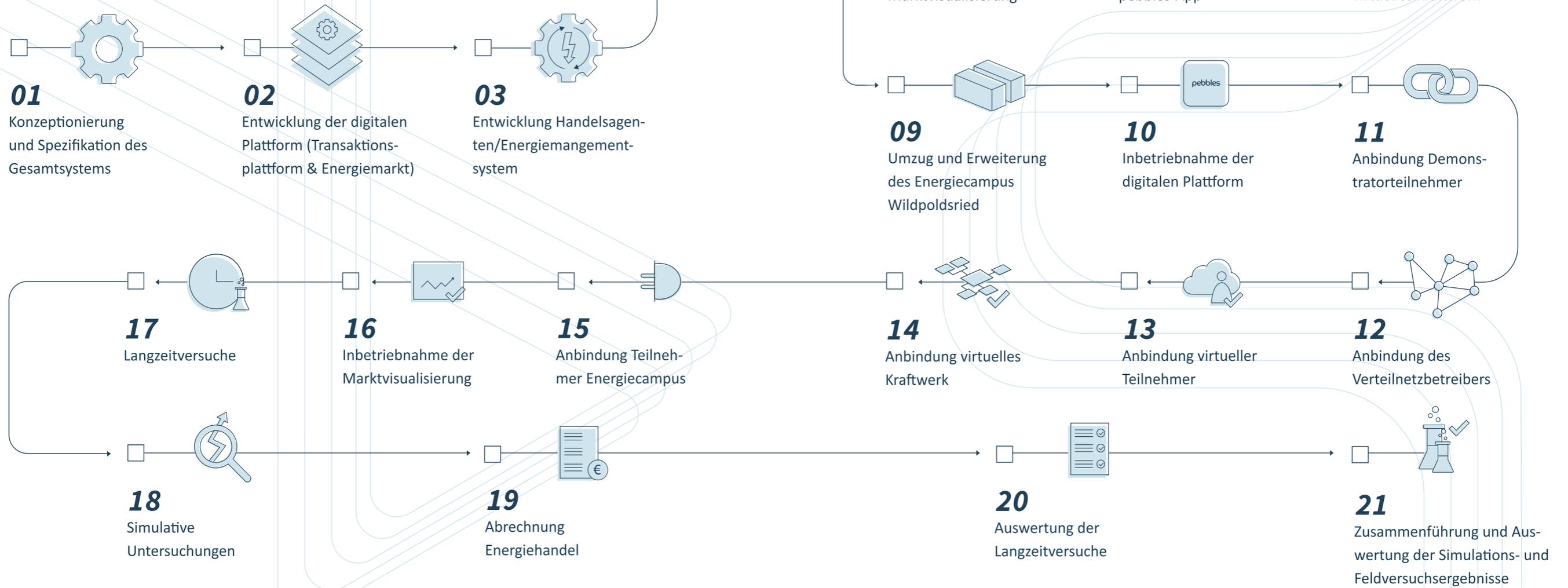
Wir möchten uns ganz herzlich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz als Fördermittelgeber, dem DLR als Projektträger und den Teilnehmenden bedanken, ohne die die Umsetzung des Projekts nicht möglich gewesen wäre.

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünschen wir eine interessante Lektüre!



Meilensteine des Projekts

Das Projekt gliedert sich in 21 Arbeitspakete



Wer steckt hinter pebbles?

Die Rollen der Partner

Das Konsortium setzt sich aus folgenden Partnern zusammen: der Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW), der AllgäuNetz GmbH & Co. KG, der Siemens AG, der Hochschule Kempten (HKE) und dem Fraunhofer Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT). Die Partner haben bereits erfolgreich in Projekten miteinander gearbeitet, sie bringen ihr Know-how der jeweiligen Kernkompetenzen ein.



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Interview mit Prof. Andreas Ulbig

Warum hat FIT an pebbles teilgenommen? Was war Ihre Rolle im Projekt?

Die Forschung zu lokalen Energiemärkten ist ein wichtiger Bestandteil unserer Arbeit, da diese ein vielseitiges Konzept für die (netzdienliche) Koordination dezentraler, flexibler Stromverbraucher und -erzeuger darstellen und gleichzeitig für eine direkte Einbindung der Bürger in die Energiewende sorgen. Im Fokus des Fraunhofer FIT stand die Beantwortung vielfältiger Fragestellungen mithilfe von Simulationen. Einen bedeutenden Anteil hatten dabei die simulativen Analysen potenzieller Geschäftsmodelle, die sich durch lokale Energiemärkte ergeben. Darüber hinaus haben wir u. a. Smart-Contracts innerhalb einer prototypischen Blockchain-Umgebung entwickelt und eine Web-Visualisierung des Marktgeschehens des Demonstrators erstellt.

Welche Fragen haben sich aus pebbles ergeben, die im Rahmen eines konsekutiven Forschungsprojektes behandelt werden müssten?

In einem möglichen Folgeprojekt möchten wir u. a. die Forschungsfrage beantworten, welche Auswirkungen eine deutschlandweite Umsetzung lokaler Energiemärkte aus energiesystemischer sowie volkswirtschaftlicher Perspektive haben würde. Konkret geht es um die Beantwortung der Fragen, inwieweit lokale Energiemärkte das Stromnetz deutschlandweit entlasten können und welche Parameter im Marktdesign hierfür wichtig sind.

Worin liegen die größten technologischen und regulatorischen Herausforderungen?

Mit der erfolgreichen Demonstration hat uns pebbles gezeigt, dass es keine grundsätzlichen technologischen Hemmnisse für den Einsatz von lokalen Energiemärkten gibt. Der Demonstrator sowie unsere Simulationen haben uns aber auch gezeigt, dass die Politik die richtigen

Anreize setzen muss, damit der Handel am lokalen Energiemarkt wirtschaftlich attraktiv ist und es somit zum gewünschten lokalen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch kommt.

»Um dies zu erreichen, sollte der Strompreis durch eine Absenkung von Steuern, Umlagen oder Netzentgelten im Falle eines lokalen Handels reduziert werden.«

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Projekt gewonnen? Was ist Ihr Fazit zu pebbles?

Unsere Markt- und Netzsimulationen haben gezeigt, dass eine effiziente Ausgestaltung lokaler Energiemärkte zu einer reduzierten Auslastung des Stromnetzes führt und somit eine Reduktion der Netzausbaukosten möglich sein kann. Dies ist einer von vielfältigen Aspekten, der zeigt, dass lokale Energiemärkte ein wichtiges Instrument einer erfolgreichen und wirtschaftlich umsetzbaren Energiewende sind.



FRAUNHOFER INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIONSTECHNIK

- größte Forschungsorganisation für anwendungsorientierte Forschung in Europa
- Forschungsfelder richten sich nach den Bedürfnissen der Menschen: Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Mobilität, Energie und Umwelt
- zentrale Arbeitsfelder sind flexible, kontextadaptive Informations- und Kooperations-systeme



Interview mit
Andreas Armstorfer



**HOCHSCHULE
KEMPTEN**

- **Das Institut für Elektrische Energiesysteme (IEES) betreibt anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der elektrischen Energietechnik.**
- **Forschungsschwerpunkte sind Systeme mit Energiespeichern, elektrischen Antrieben und Stromversorgungsnetzen.**



Warum hat die Hochschule Kempten an pebbles teilgenommen? Was war Ihre Rolle im Projekt?

Als Forschungseinrichtung mit Fokus auf regenerativen Stromnetzen hat das Institut für Elektrische Energiesysteme (IEES) der Hochschule Kempten die möglichen Auswirkungen eines lokalen Energiehandels auf die Netzstabilität untersucht und Konzepte erarbeitet, wie Netzengpässe reduziert werden können, bevor sie entstehen. Daneben waren wir als Eigentümer des Energiecampus Wildpoldsried im Projekt pebbles für die Erweiterung und den Betrieb der Versuchsanlage verantwortlich.

Warum wurde für den Test des lokalen Energiemarkts gerade Wildpoldsried ausgewählt?

Die Gemeinde Wildpoldsried ist seit vielen Jahren als Vorzeigekommune im Bereich der Energiewende bekannt. Daher wurden bereits seit 2011 verschiedene Projekte wie IRENE und IREN2 mit Beteiligung der Bürger durchgeführt. Weiterhin wurde der Energiecampus dort errichtet, der bei pebbles ebenfalls eine wichtige Rolle eingenommen hat. Daher war es naheliegend, Wildpoldsried als „Kernzelle“ auszuwählen und dort den lokalen Energiemarkt praktisch zu erproben.



Welches Potenzial bieten die in pebbles entwickelten Konzepte aus Ihrer Sicht?

Damit wurde gezeigt, dass die technische Umsetzung schon heute möglich ist, auch wenn der regulatorische Rahmen dies noch nicht zulässt.

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Projekt gewonnen? Was ist Ihr Fazit zu pebbles?

Es wurde gezeigt, wie Netzengpässe mit bestehenden Anlagen vermieden und somit Investitionen in die Netzinfrastruktur reduziert werden können.

»Im Projekt pebbles wurde in der Praxis demonstriert, wie lokale Energiemärkte – insbesondere mit Berücksichtigung des Netzes – umgesetzt werden können.«

Zusammengefasst war das Projekt pebbles ein voller Erfolg, der nur durch die gute Zusammenarbeit mit allen Partnern, aber auch mit den Bürgern und der Verwaltung der Gemeinde Wildpoldsried möglich war.

Interview mit
Prof. Stefan Niessen

Warum hat Siemens an pebbles teilgenommen? Was war Ihre Rolle im Projekt?

Seit über zehn Jahren kooperieren wir mit AÜW und AllgäuNetz in innovativen Projekten, denn Wildpoldsried nimmt bei Entwicklungen der Energiewende eine Vorreiterrolle ein. Bereits heute speisen hier Erneuerbare-Energien-Anlagen in der Spitze mehr als achtmal so viel Leistung ins Netz ein, wie verbraucht wird. Als Vertreter von Siemens im Lenkungsausschuss von pebbles war es mir wichtig, dass wir diese Herausforderung gemeinsam mit allen Projektpartnern als Team angehen.

Wie kam es zur Idee eines lokalen Energiemarkts?

Die EEG-Förderung von Wind- und Solaranlagen ist auf 20 Jahre begrenzt. Wenn wir vermeiden wollen, dass die Anlagen danach rückgebaut werden, brauchen wir danach eine wirtschaftlich tragfähige Vermarktung. Die Idee von pebbles besteht darin, den lokal erzeugten Ökostrom direkt an lokale Verbraucher zu verkaufen und dabei perspektivisch Netzentgelte, Steuern und Abgaben einzusparen und zusätzlich auch noch Engpässen im Verteilnetz zu vermeiden.

Was sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen in der Skalierung eines solchen Marktmodells?

Die größte Herausforderung ist der heutige rechtliche Rahmen, der nicht für solch innovative marktliche Konzepte gemacht ist. Wollen wir die jüngst verschärften politischen Ziele zum Ausbau der Erneuerbaren Energien umsetzen, wird immer deutlicher, dass hier etwas geschehen muss.

Unter welchen Umständen und in welchem Zeithorizont können Sie sich in Deutschland ein Energiesystem auf Basis von lokalen Energiemärkten vorstellen?

Lokale Energiemärkte werden sich schrittweise etablieren. Die ersten Teilnehmer sind überzeugte Enthusiasten, aber mit jeder Verbesserung des rechtlichen Rahmens werden weitere Gruppen dazukommen. Die entsprechende EU-Richtlinie muss innerhalb der nächsten knapp zwei Jahre umgesetzt werden. In Österreich ist man da etwas schneller. Hier wurde im Juli 2021 bereits der rechtliche Rahmen für Energiegemeinschaften geschaffen.

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Projekt gewonnen? Was ist Ihr Fazit zu pebbles?

Mit pebbles konnten wir in der Praxis demonstrieren, dass ein Paradigmenwechsel in der Stromversorgung möglich ist.

»Wir haben gezeigt, wie marktwirtschaftliche Methoden private und kommerzielle Verbraucher und Erzeuger dazu motivieren können, ihren Beitrag zu einem zunehmend CO₂-freien und sicheren Stromsystem zu leisten.«

Und pebbles hat gezeigt, wie sich dies vollständig automatisieren lässt.



SIEMENS AG

- **Sitz in Berlin und München**
- **Technologieunternehmen mit Fokus auf den Feldern Industrie, Infrastruktur, Mobilität und Gesundheit**
- **Kombination realer und digitaler Welten befähigt Kunden, ihre Industrien und Märkte zu transformieren**



Interview mit Volker Wiegand

Warum hat AllgäuNetz an pebbles teilgenommen? Was war Ihre Rolle im Projekt?

AllgäuNetz hat die klassische Rolle eines Netzbetreibers eingenommen. Wir erfüllen unsere heutige Aufgabe: die Energieverteilung im Rahmen der Regulierung und der gesetzlichen Vorgaben. Das im Projekt aufgebaute Modell setzt gesetzliche und regulatorische Veränderungen voraus, die eine maßgebliche Veränderung der Energielandschaft bedeuten würden. Wir haben dazu beigetragen, diese notwendigen Regelungen zu erarbeiten, und sie in unserem Whitepaper und Policy Paper zusammengefasst.

AllgäuNetz bildete die Netztopologie des Marktgebiets ab und übermittelte Kapazitätsvorgaben einzelner Netzstränge an die Marktplattform, die im Energiehandel entsprechend berücksichtigt wurden. Zudem wurden die Auswirkungen in der Netzbelastung durch den Einsatz dynamischer Netznutzungsentgelte untersucht. Im Kern sollte ein volkswirtschaftlicher Nutzen erzielbar sein, der auch den Mehraufwand für den Prozess und die Bereitstellung eines automatisierten lokalen Energiemarkts rechtfertigt.

Welche Hürden sind zu nehmen, damit ein Projekt wie pebbles realisiert werden kann?

Im Wesentlichen sind die erforderlichen regulatorischen Änderungen die größte Hürde, um einen lokalen Energiemarkt zu ermöglichen. Im zweiten Schritt ist die Herausforderung, Marktpartner für den Markt zu gewinnen. Damit meine ich, dass sich das Bewusstsein und die Bereitschaft etablieren müssen, an einem solchen Markt teilzunehmen.

Was sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen in der Skalierung eines solchen Marktmodells?



In der Skalierung einer solchen Plattform liegt auch die Wirtschaftlichkeit des Anbieters. Es ist aus unserer Sicht heute noch nicht klar, ob es mehrere Plattformen geben wird, die miteinander kommunizieren und sehr kleinteilig agieren, oder ob es wenige, aber dafür größere Lösungen für die Kunden zur Auswahl geben wird. Neben den regulatorischen Hürden ist daher ein positiver Use-Case zum wirtschaftlichen Betreiben eine große Herausforderung.

Was macht pebbles aus Ihrer Sicht besonders?

Für das pebbles-Projekt war von Anfang an bezeichnend, dass neben dem Aufbau eines lokalen Energiemarkts die Teilnehmer vor Ort aktiv eingebunden wurden.

»Natürlich war ein Alleinstellungsmerkmal, dass ein Netzbetreiber eine wesentliche Rolle im Projekt eingenommen und damit die Einbindung der realen Verteilernetztopologie ermöglicht hat.«

Auch der Energiecampus in Wildpoldsried hebt mit seiner realistischen Nachbildung der Netzstruktur das Projekt von anderen vergleichbaren Forschungsprojekten ab und macht es aus meiner Sicht einzigartig.



ALLGÄUNETZ GMBH & CO. KG

- **Verteilnetzbetreiber für weite Teile des südlichen Allgäus**
- **5.500 km Leitungslänge auf einer Fläche von ca. 1.700 km² und knapp 8.000 dezentrale Erzeugungsanlagen mit einer Leistung von etwa 270 MW**
- **Möglichkeit zur Simulation durchzuführen Tests**



Interview mit Michael Lucke

Warum hat AÜW an pebbles teilgenommen? Was war Ihre Rolle im Projekt?

Für uns war die Teilnahme am Projekt pebbles die Weiterentwicklung der Forschungsprojekte IRENE und IREN2. Wir sahen zum ersten Mal die Möglichkeit, Netz und Handel zusammenzubringen und damit ein neues Geschäftsmodell mit lokalen Märkten zu entwickeln. Und das nicht nur auf dem Papier, sondern in Form eines Live-Demonstrators. Deswegen haben wir auch gerne die Rolle der Konsortialführung übernommen, das heißt, wir haben neben der inhaltlichen Erarbeitung die Organisation des Projekts geleitet.

Wie kam es zur Idee eines lokalen Energiemarkts?

Die Allgäuer haben ein ökologisches Herz, aber natürlich auch einen ökonomischen Verstand. Deswegen waren sie bundesweit unter den Ersten, die PV-Anlagen installiert haben. Daneben ist die lokale Vermarktung im Allgäu sehr stark ausgeprägt. Es gibt beispielsweise viele Bauernhöfe, bei denen man lokal Fleisch, Käse und Eier kaufen kann – das prägt unsere Region. Deswegen war für uns klar: So was muss doch auch mit Energie gehen.

Wie verändert sich das Geschäftsmodell von Energieversorgern in Zukunft, wenn lokale Energiemärkte Wirklichkeit werden?

Der lokale Energiemarkt wird nicht unser gesamtes Geschäftsmodell revolutionieren, sondern ein Teil unseres Marktes sein. Wir sehen hier eine weitere Marktentwicklung: Privat- und Gewerkekunden sowie Prosumer haben damit die Möglichkeit, solch einen Markt neben der klassischen Strombeschaffung zu nutzen. Ich glaube, dass dieser Markt einen großen Anreiz bieten kann, einerseits regenerative Energie vom Nachbarn zu bekommen und andererseits die Strombeschaffung für den Einzelnen günstiger zu machen. Wir würden uns freuen, wenn die Regionalmärkte

Wirklichkeit werden, und würden diese Märkte gerne für unsere Kunden organisieren.

Warum wurde für den Test des lokalen Energiemarkts gerade Wildpoldsried ausgewählt?

Wildpoldsried ist schon lange das Pionerdorf für regenerative Energien. Durch die dort bestehende Infrastruktur auf dem Energiecampus und eine Vielzahl von Bürgerinnen und Bürgern, die solchen Projekten positiv gegenüberstehen und auch gerne dabei mitmachen, war es für uns selbstverständlich, dieses Projekt in Wildpoldsried aufzusetzen.

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Projekt gewonnen? Was ist Ihr Fazit zu pebbles?

Das Fazit von pebbles ist für uns ganz einfach: Regionalmärkte können funktionieren. Vorausgesetzt, Bürgerinnen und Bürgern werden Anreize geboten, daran teilzunehmen. Je einfacher die Visualisierung und die Applikationen sind, desto leichter fällt ihnen das. Wir haben gezeigt, dass solch ein Geschäftsmodell der Zukunft technisch möglich ist. Daher lautet unsere Forderung an die Politik, dass sie den Rahmen setzt. Die Ergebnisse von pebbles sind so vielversprechend, dass unbedingt daran angeknüpft werden muss.



ALLGÄUER ÜBERLAND- WERK GMBH

- **regionaler Energieversorger mit Sitz in Kempten**
- **versorgt ca. 90.000 Kunden mit Strom**
- **Erfahrungen im Bereich Elektromobilität, virtuelles Kraftwerk, Erzeugungsanlagen, Energiehandel, Informations- und Kommunikationstechnologien**



Gemeinsam mit Energiepionieren

Die Prosumer von Wildpoldsried testen den blockchainbasierten regionalen Strommarkt

»Ich bin fest davon überzeugt, dass wir in ganz Deutschland 100 Prozent erneuerbare Energien sowie Netzstabilität erreichen können – mit intelligenten Systemen wie pebbles.«

Interview mit Günter Mögele

Wie kam es, dass Sie an pebbles teilgenommen haben?

Ich war schon bei den Vorgängerprojekten IRENE und IREN2 dabei und bin darüber hinaus seit über 20 Jahren in verschiedene Energieprojekte involviert. Als in meiner Heimatgemeinde Teilnehmer für pebbles gesucht wurden, habe ich darauf reagiert und mich gemeldet.

Was gefällt Ihnen an dem Projekt besonders?

Das Projekt ist zukunftsorientiert und testet neue Möglichkeiten, um den Energiemarkt der Zukunft neu zu gestalten. Für den Fortschritt der Energiewende und die Förderung lokaler, dezentraler Energiemärkte zeigt das Projekt neue Wege und Möglichkeiten auf. Interessant ist es vor allem für Betreiber von Anlagen, die demnächst aus der EEG-Förderung fallen und nach neuen Absatzmöglichkeiten für den selbst erzeugten Strom(überschuss) suchen. Für mich als IT-Fachmann sind natürlich auch der technische Hintergrund und die Umsetzung mit der Blockchain-Technologie interessant.

In pebbles können Sie über eine App am Stromhandel teilnehmen. Ist das ein Konzept der Zukunft?

Ich denke schon, dass das ein Konzept für die Zukunft sein kann. Natürlich wird Voraussetzung für die Akzeptanz sein, dass sich das Ganze auch wirtschaftlich auf beiden Seiten (Käufer und Verkäufer) bemerkbar macht. Das bedeutet unter anderem, dass

die Netzentgelte für den regional vermarkteten Strom geringer sein müssen.

Wie zufrieden sind Sie mit dem in pebbles geschaffenen lokalen Energiemarkt und welchen Mehrwert bietet er Erzeugern, Verbrauchern und Prosumer aus Ihrer Sicht?

Als Teilnehmer kann ich über die App am Markt teilnehmen. Sie ist einfach zu bedienen und weitestgehend selbsterklärend, so wie es bei einer guten App sein sollte. Außerdem ist gut dargestellt, welche finanziellen Vorteile mir der lokale Handel bringt.

Die Sicherheit, dass der Strom aus der Region kommt und ein Großteil erneuerbar erzeugt wird, ist meines Erachtens für alle ein großer Anreiz. Wenn sich das Ganze auch noch wirtschaftlich bemerkbar macht, liegt der Mehrwert auf der Hand.

Für die räumliche Ausdehnung eines lokalen Energiemarktes gibt es bisher keine einheitliche Definition. In welchem Umkreis wäre der Stromhandel für Sie noch lokal?

Wenn er räumlich auf das Allgäu beschränkt wäre.

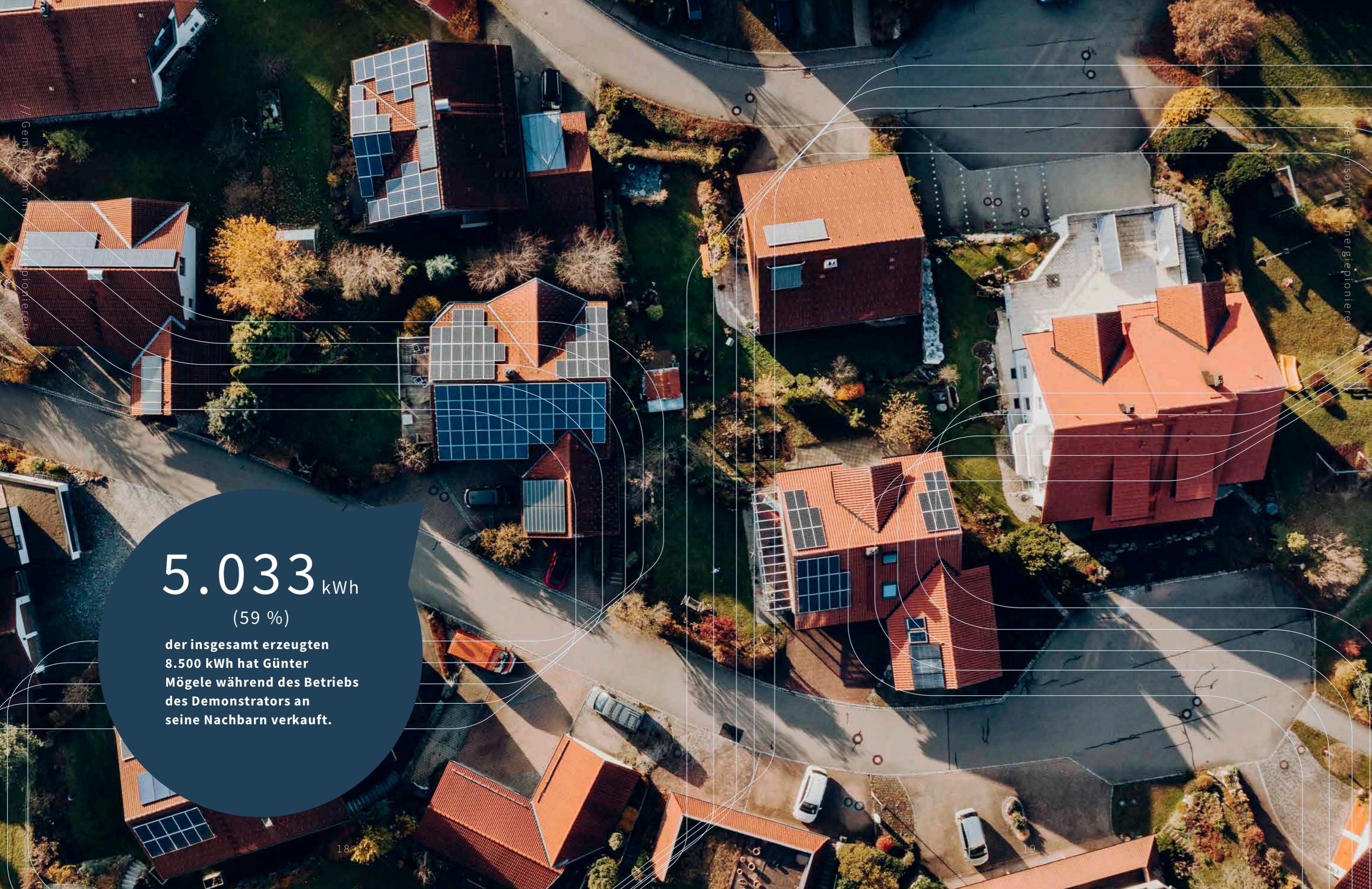


STECKBRIEF GÜNTER MÖGELE

- 2. Bürgermeister der Gemeinde Wildpoldsried
- Studiendirektor an der staatlichen Berufsschule I Kempten
- Ausbildung als Maschinenbauingenieur an der TU München
- Demonstrator Teilnehmer des Projekts pebbles



Das Dach von Günter Mögeles Haus ist zu beiden Seiten mit Solarpanels belegt, damit deckt er seinen Eigenbedarf, lädt sein Elektroauto auf und speist dann den Überschuss ins Netz.



5.033 kWh
(59 %)

der insgesamt erzeugten
8.500 kWh hat Günter
Mögele während des Betriebs
des Demonstrators an
seine Nachbarn verkauft.

Der Energiecampus Wildpoldsried

Entwicklung und Erprobung von intelligenten Stromnetzen



Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte wurde der Energiecampus in Wildpoldsried (ECW) aufgebaut – Ziel ist die Entwicklung und Erprobung von intelligenten Stromnetzen.

In der Vergangenheit wurde dort unter anderem in zwei Projekten Folgendes erforscht und bearbeitet:

IRENE (www.projekt-irene.de) – optimierte Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch auf Basis verteilter Messtechnik und innovative Reglerbetriebsstrategien für Data Envelopment Analysis (DEA), insbesondere Elektrofahrzeuge

IREN2 (www.iren2.de) – Integration von Netzbetriebsführung und Markt, Nachweis der Realisierbarkeit von Microgrids als topologische Kraftwerke

»Der Energiecampus in Wildpoldsried hebt mit seiner realistischen Nachbildung der Netzstruktur das Projekt von anderen vergleichbaren Forschungsprojekten ab und macht es aus meiner Sicht einzigartig.«

*Volker Wiegand,
AllgäuNetz GmbH & Co. KG*



01

BATTERIESPEICHER

Der stationäre Batteriespeicher mit modernster Lithium-Ionen-Technologie kann in Zeiten hoher regenerativer Stromerzeugung elektrische Energie puffern und später wieder ins Netz zurückspeisen.

Dies ist vor allem in einem entkoppelten Inselnetz notwendig, um das Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Erzeugung herzustellen und somit einen stabilen Betrieb des Netzes jederzeit zu gewährleisten.

Dauerleistung: 240 kVA
(300 kVA kurzzeitig)
Energie: 160 kWh



02

NANOGRID

Das Nanogrid mit steuerbarer Photovoltaikanlage, zwei Heimbatteriespeichern, Luft-Luft-Wärmepumpe und steuerbaren Lasten bildet einen „Producer“ auf Haushaltsebene nach.

Damit kann untersucht werden, welchen Beitrag derartige Kleinstnetze zur Versorgungssicherheit leisten können und wie sie sich im Störfall temporär selbstständig versorgen können.



03

HARDWARECONTAINER

Der Hardwarecontainer besteht aus einer komplexen Schaltanlage, zwei Batteriespeichersystemen (Campus- und Heimspeicher) und einer Blindleistungskompensationsanlage.

Die Schaltanlage dient zur Verbindung aller energietechnischen Anlagen am Energiecampus. Zudem können zwischen den Betriebsmitteln flexibel Kabellängen von bis zu einem Kilometer geschaltet werden. Damit können reale Niederspannungsnetze praktisch untersucht werden.

Der Campusspeicher dient als eigenständiger Energiespeicher auf Versorgungsebene (Energie: 75 kWh). Der Heimspeicher kann Schwankungen zwischen Erzeugung und Verbrauch ausgleichen (Energie: 10 kWh).

Die Blindleistungskompensationsanlage regelt die Spannung zwischen den Komponenten (Leistung: 100 kvar).



04

TRAFOSTATION

In der Ortsnetzstation werden 20.000 Volt Mittelspannung auf Niederspannung transformiert und so Haushalte mit Strom versorgt. Große erneuerbare Erzeuger werden daran angeschlossen und die Leistung wird über den Transformator ins Netz gespeist.

In der Station pebbles werden die Komponenten des Energiecampus wie z. B. die Batteriespeicher mit dem elektrischen Netz verbunden.



05

STROMAGGREGAT

Das Stromaggregat besteht aus einem konventionellen Verbrennungsmotor, der mit einem Synchrongenerator direkt gekoppelt ist. Diese Erzeugungseinheit ist beispielsweise als Notstromaggregat nach wie vor weit verbreitet.

Am Energiecampus wird damit das Zusammenspiel von regenerativen und konventionellen Erzeugungsanlagen untersucht. Dies dient dazu, den Einsatz konventioneller Aggregate auf ein Minimum zu reduzieren.

Dauerleistung: 100 kVA

PFLANZENÖLAGGREGAT

In einem Inselnetz muss die Versorgung mit elektrischer Energie auch in Zeiten niedriger regenerativer Stromerzeugung jederzeit gewährleistet sein. Erzeuger, die mit nachhaltigen Brennstoffen betrieben werden, sind – ebenso wie Wind und Sonne – ein wichtiger



06



06

CONTROL CENTER

Das Control Center beinhaltet einen lokalen Leitstand zur Durchführung und Überwachung von Versuchen sowie für Demonstrationen am Energiecampus.

Der Leitstand dient somit zur gezielten Steuerung der einzelnen Komponenten und bietet die Möglichkeit, aktuelle und historische Messwerte grafisch darzustellen. Außerdem können damit überlagerte Regelstrukturen (z. B. Sekundärregelung) konfiguriert und aktiviert werden.

Baustein der Energiewende. Dazu wird ein Dieselgenerator mit Pflanzenölbetrieb eingesetzt.

Der Einsatz dieser Komponente ist planbar, da die Verfügbarkeit nicht von den Wetterverhältnissen abhängig ist.

Dauerleistung: 90 kVA

Technischer Aufbau des Demonstrators

Vom Einsatz der Blockchain bis zur App

Wie kann unser Strommarkt im Rahmen der Energiewende kostengünstig umgerüstet werden, damit trotz steigender volatiler Erzeugung auch langfristig eine hohe Versorgungssicherheit für Strom gewährleistet werden kann? Mit dieser zentralen Frage beschäftigt sich pebbles. Ein Meilenstein des Projekts war der Aufbau eines lokalen Energiemarkts. Zu diesem Zweck wurde ein Demonstrator entwickelt. Um die verschiedenen Teilnehmer am lokalen Markt zu einem gemeinsamen Energiehandel zu befähigen, bedarf es einiger Technik, auf die im Folgenden eingegangen wird. Der Demonstrator kann in die nachfolgend aufgelisteten technischen Bestandteile untergliedert werden:

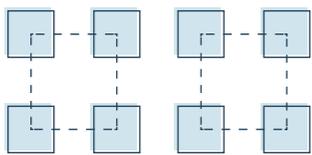
- Einsatz der Blockchain
- Handelsagenten und Prognosen
- Marktmechanismus und Netztopologie
- das Edge Device
- die pebbles-App

Der Markt setzt sich aus zehn realen Teilnehmern, dem Energiecampus Wildpoldsried in Form vier weiterer Teilnehmer sowie 50 virtuellen Teilnehmern zusammen. Für den Ausgleich von Über- und Unterdeckung der Energie im Markt sorgt der sogenannte Back-

upenergieversorger. Um alle Teilnehmer an die Marktplattform anzubinden, war es nötig, die realen Teilnehmer mit Messtechnik und den eigens entwickelten Edge Devices auszustatten. Die dadurch gewonnenen Messwerte liefern u. a. die Grundlage für die Algorithmen, die die zutreffenden Prognosen für den Handel berechnen. Die Daten aller Teilnehmer werden in der Marktplattform zusammengeführt. Der dort hinterlegte Marktmechanismus führt die Zuordnung von Angebot und Nachfrage durch. Es entstehen für jeden Teilnehmer Verträge über die gehandelte Energie für jede Viertelstunde eines Tages. Zur sicheren Abwicklung aller Transaktionen wurde die Blockchain-Technologie eingesetzt. Dadurch ist gewährleistet, dass die individuellen Einstellungen aller Teilnehmer, alle Handlungsergebnisse sowie die Abrechnung der Verträge transparent und manipulationssicher dokumentiert werden. Zur Visualisierung der Verbrauchs- und Erzeugungsdaten sowie der Handlungsergebnisse dient die entwickelte pebbles-App. Mithilfe dieser App ist der Endanwender in der Lage, am lokalen Energiemarkt teilzunehmen, seine Präferenzen zu setzen und die Ergebnisse des Handels zu bewerten.

Einsatz der Blockchain

Der Peer-to-Peer- (P2P-)Stromhandel in pebbles stellt besondere Anforderungen an die Absicherung und die mögliche Nachverfolgung der Transaktionen, bei gleichzeitiger Beachtung relevanter Aspekte des Datenschutzes. Der Einsatz der Blockchain-Technologie soll gewährleisten, dass alle Marktteilnehmer Vertrauen in die erzeugten, digital abgespeicherten und verarbeiteten Informationen haben. Die grundlegenden Blockchain-Eigenschaften – wie eine eindeutige Identität der Datenquellen und die Unveränderlichkeit der aufgezeichneten Daten – sichern die Datenintegrität für die beteiligten dezentralen IT-Komponenten in pebbles. Die Datentransparenz und Überprüfbarkeit wird durch zeitnah synchronisierte und kryptografisch abgesicherte Kopien der relevanten Daten erzeugt. Das bildet die Grundlage für das Vertrauen der Teilnehmer, dass der Stromhandel auf Basis der individuell eingestellten Handelsparameter abläuft und die Abrechnung unter Berücksichtigung der realen Erzeugungs- und Verbrauchsmessungen erfolgt. Im Gegensatz zu öffentlichen Blockchains, wie z. B. der Kryptowährung Bitcoin, wird in pebbles eine private Blockchain eingesetzt, bei der nur zugelassene Teilnehmer Zugriff haben. Dadurch sind keine umfangreichen Verifikations-Verfahren erforderlich, die zu einem enormen Stromverbrauch füh-



ren würden. Einige Komponenten, wie z. B. die Edge Devices oder die digitalen Handelsdienste, sind über Konnektoren mit der Blockchain verbunden. Die Blockchain sichert die Datenströme dieser Komponenten ab und bereitet nach der P2P-Stromlieferung Abrechnungsinformationen automatisiert auf. So wird ein sicherer und effizienter Handel von Strom und Flexibilitäten unterstützt.

Handelsagenten und Prognosen



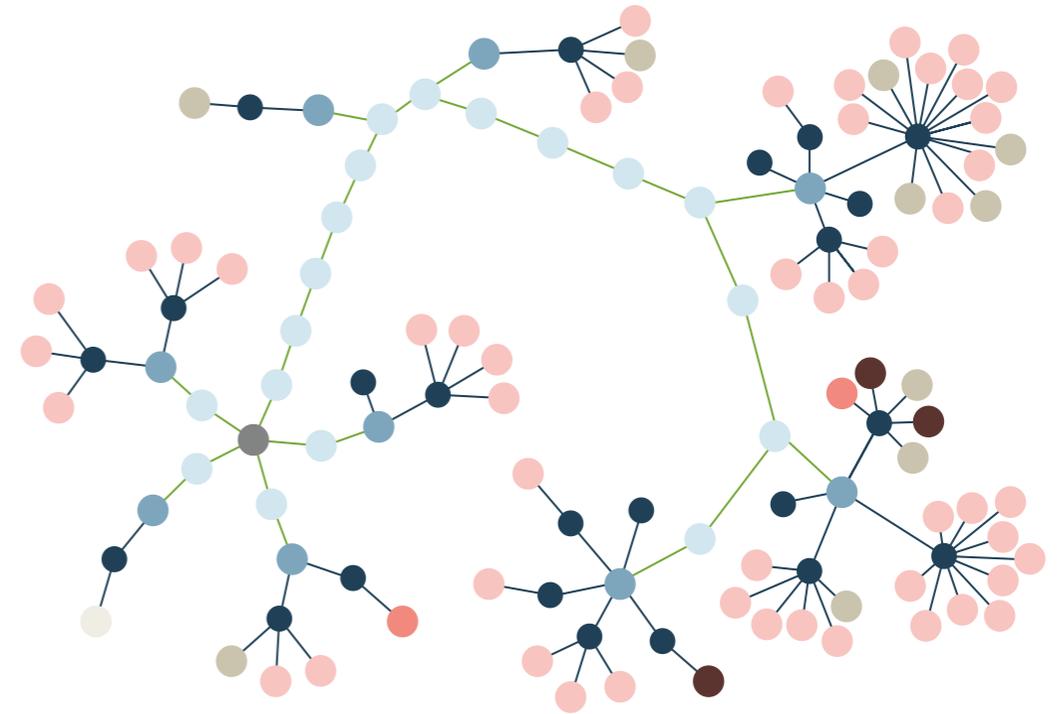
Lokale Energiemärkte sollen von einer breiten Öffentlichkeit und nicht nur von technikbegeisterten Menschen genutzt werden, daher muss der lokale Energiehandel vollständig automatisiert ablaufen. Hierzu wurde im Projekt pebbles eine spezielle Software entwickelt, sogenannte Handelsagenten. Diese intelligenten Programme erledigen im Auftrag eines Teilnehmers alle Aufgaben, die beim Energiehandel anfallen. Im ersten Schritt sagen sie auf Basis von Messwerten und Wetterprognosen das Verhalten aller nicht steuerbaren elektrischen Erzeuger bzw. Verbraucher vorher, damit der Strom einen Tag im Vorfeld am lokalen Energiemarkt eingekauft bzw. verkauft werden kann. Um die Strompräferenzen der Teilnehmer zu berücksichtigen, übernehmen die Handelsagenten im zweiten Schritt alle Einstellungen, die die Teilnehmer in der pebbles-App via mobilem Endgerät getätigt haben. Hierzu zählen sowohl Stromvorlieben als auch maximale Preise beim Stromeinkauf bzw. minimale Preise beim Stromverkauf. Am Ende des Prozesses erzeugen die

Handelsagenten aus den Prognosen und Nutzerpräferenzen Gebote, die sie an den lokalen Energiemarkt übertragen. Diese Gebote beinhalten, welche Energiemenge zu welchem Preis und zu welchem Zeitpunkt von dem betreffenden Teilnehmer bezogen bzw. bereitgestellt werden kann. Nachdem der lokale Marktalgorithmus Angebot und Nachfrage unter Berücksichtigung der technischen Grenzen des Stromnetzes einander optimal zugeordnet hat, generieren die Handelsagenten aus den abgeschlossenen Handelsverträgen Steuersignale für alle angeschlossenen steuerbaren Anlagen der Teilnehmer (z. B. Batterien oder BHKWs) und steuern diese an.

Marktmechanismus und Netztopologie



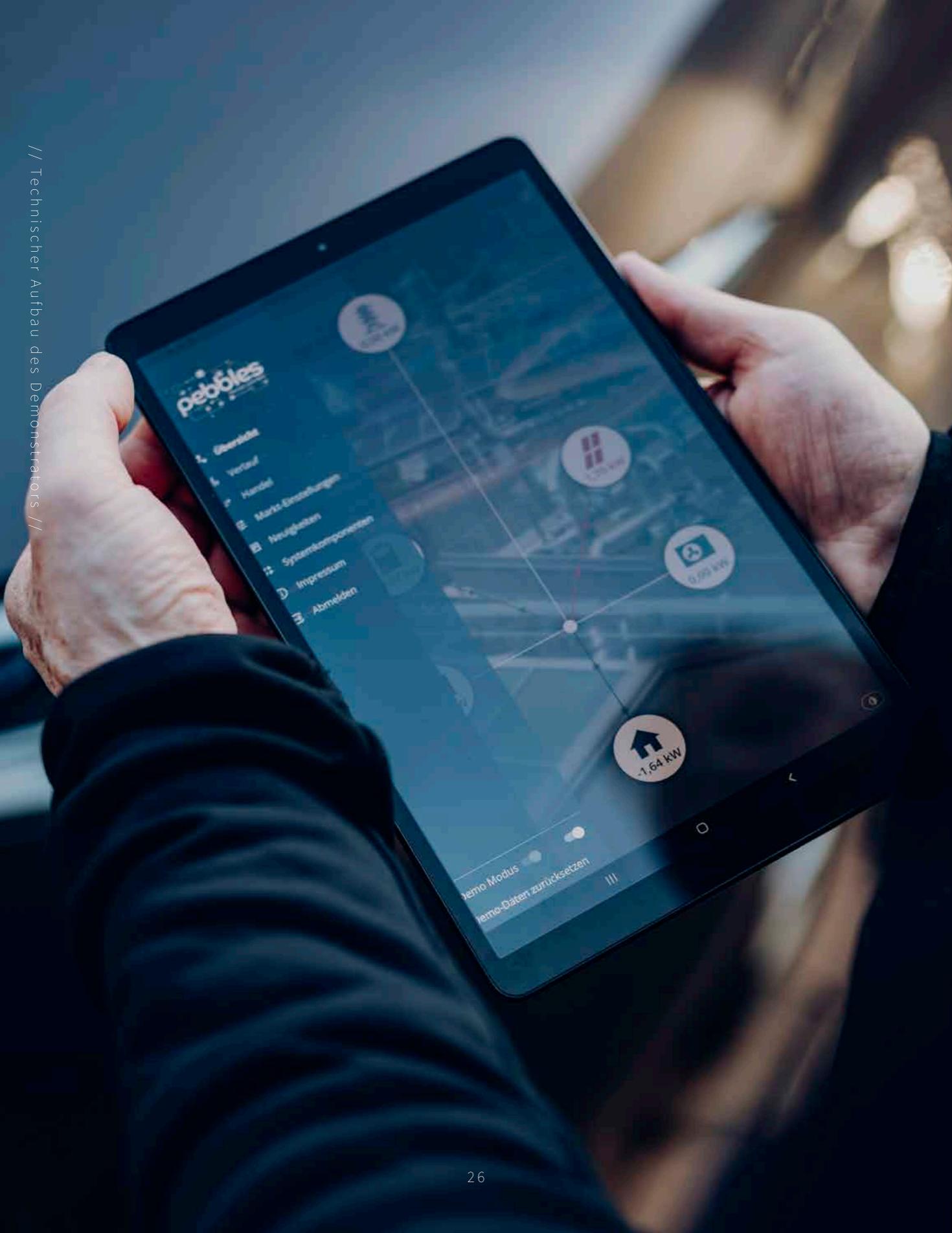
Es gibt derzeit viele Forschungsprojekte, die sich mit der Umsetzbarkeit und Ausgestaltung von lokalen Energiemärkten oder Energy-Communities beschäftigen. Die wenigsten dieser Vorhaben berücksichtigen dabei, dass dem Energiehandel reale Energieflüsse in Form von elektrischem Strom zugrunde liegen. Die begrenzende Infrastruktur stellt hierbei das Stromnetz dar. Durch die steigende Anzahl dezentraler Erzeuger, Verbraucher und Speicher kommt deren Koordination eine immer bedeutendere Rolle zu. Hierbei ist das Ziel, Überlastungen der Netzinfrastruktur durch wetterbedingte Erzeugungsspitzen wie die Einspeisung von PV-Anlagen oder tageszeitbedingte Verbrauchsspitzen, die z. B. durch das Laden von Elektrofahrzeugen am Abend zustande kommen, zu verhindern. Ver-



braucht ein Privathaushalt mit seiner PV-Anlage weniger Strom, als erzeugt wird, geht der Überschuss heutzutage unkoordiniert ins Stromnetz und belastet dieses. Besser wäre es, wenn der Strom direkt dem Nachbarn zugeordnet werden würde, der gerade Bedarf dafür hat. Um diese Vision zu realisieren, kommt in pebbles ein komplexer Marktalgorithmus zum Einsatz, der flexible Erzeuger (z. B. ein BHKW), Verbraucher und Speicher bestmöglich innerhalb der Grenzen des Stromnetzes einsetzt. Um gerade das Stromnetz bei diesem Handel zu entlasten und damit weiteren teuren Netzausbau zu vermeiden, spielt der Konsortialpartner AllgäuNetz einmal am Tag sowohl die Topologie des Stromnetzes als auch die maximal zulässigen Leistungen für jedes Kabel und jeden Transformator im Netzgebiet in die Marktplattform ein. Auf Basis dieser Informationen ist dem

Marktalgorithmus bekannt, wo welcher Teilnehmer am Stromnetz angeschlossen ist und wie viel Strom über welche Leitung fließen darf. Ein linearer Optimierungsalgorithmus berechnet, wie am Folgetag Angebot, Nachfrage und Flexibilität wirtschaftlich optimal zusammengeführt werden können, ohne dabei die von AllgäuNetz berechneten technischen Grenzen des Verteilnetzes zu überschreiten. Bei diesem Prozess werden auch die Preise für die gelieferte Energie festgelegt, denn ein Handel über mehrere Netzebenen soll mehr kosten als der Handel innerhalb einer Straße oder eines Dorfes, da dieser den Energiefluss des Stromnetzes entlastet. Weniger Netzverluste durch langen Leitungstransport, bessere Netzauslastung, mehr erneuerbare Energien zu erschwinglichen Preisen: All das soll diese neue Energiehandelsplattform für lokalen Strom fördern.

-  Mittelspannungsnetz
-  Niederspannungsnetz
-  Satellitenknoten
-  Ortsnetzstation
-  Mittelspannungsnetz-knoten
-  Erzeugungsanlage/Batteriespeicher
-  Gewerbe
-  virtueller Teilnehmer
-  Haushalt
-  virtuelles Kraftwerk



Das Edge Device

Schnittstelle zwischen Physik und Stromhandelsplattform

Ein Teil des pebbles-Demonstrators ist das sogenannte Edge Device. Dabei handelt es sich um einen eigens für das Projekt entwickelten Prototypen auf Basis eines Mini-Computers. Das Edge Device dient dazu, die realen Teilnehmer des Demonstrators mit der App und den Cloud-Services der Marktplattform zu verbinden. Zur Inbetriebnahme des Handels mussten bei den Teilnehmern vor Ort jeweils Messgeräte verbaut,

diese mit dem Edge Device verbunden und eine VPN-Verbindung zum pebbles-Netzwerk hergestellt werden. Im Betrieb werden über das Edge Device zum einen die installierten Anlagen wie PV-Anlagen oder eine Wärmepumpe angesteuert. Zum anderen werden die erfassten Verbrauchs- und Erzeugungsmesswerte sowohl an die Handelsplattform als auch an das Energieleitsystem gesendet. Dabei übernimmt das Edge Device nicht nur die Versendung, sondern ist auch für die Verarbeitung der Daten verantwortlich. Es ordnet den verschiedenen Messwerten weitere Informationen wie die Art der Anlagen

oder die Erzeugungart zu und bildet die 15-Minuten-Mittelwerte, die für den Handel benötigt werden. Das Edge Device stellt somit die gesamte Datengrundlage der realen Teilnehmer für alle weiteren Systeme zur Verfügung.



Die pebbles-App

Schnittstelle zwischen Teilnehmern und Stromhandelsplattform



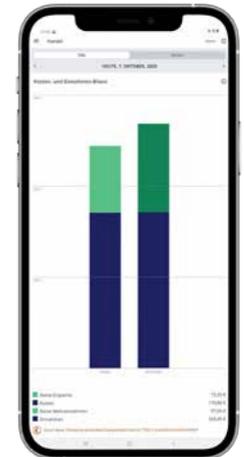
- Vorhersagen für Verbrauch und Erzeugung
- Echtzeit-Anzeige des Energiesystems des Teilnehmers

Die im Projekt entwickelte Endanwender-Mobil-App erlaubt die Interaktion der Marktteilnehmer mit dem lokalen Markt. Konkret bedeutet das, dass Erzeuger, Verbraucher und Prosumer ihren Strom dort untereinander handeln, anstelle den Strom beim Energieversorger zu beziehen. Im Wesentlichen erfolgt dies durch die Einstellung der Handelspräferenzen jedes Teilnehmers. Es können Mindestpreise für den Verkauf eigenerzeugter Energie, maximale Preise für den Strombezug und Vorlieben für die Art der Erzeugung festgelegt werden. Die Funktionen im Überblick:

- Anzeige der Handlungsergebnisse, möglicher Mehrerlöse und Einsparungen
- Verläufe der Leistungen bzw. Energien in Tages- und Monatsansichten, Minima und Maxima

Funktionen wie Zoom und Slider sowie eine einfache Navigation und verschiedene Farbmodi sorgen für hohen Bedienungskomfort. Die App bietet die Visualisierungen sowohl für das aktuelle Geschehen als auch für die Historie. Dadurch werden Auswertungen und Erkenntnisse zum Verbrauchs- und Erzeugungsverhalten unterstützt sowie eine bessere Anpassung der Handelspräferenzen ermöglicht. Weitere Funktionen der App sind die Bereitstellung eines News Feeds durch die Interaktion mit der pebbles-Webseite sowie die Anzeige der Parameter der Systemkomponenten des Energiesystems des jeweiligen Teilnehmers.

Die Sicherheit der Zugriffe auf die App wird durch einen zweistufigen Authentifizierungs-Mechanismus gewährleistet – durch Eingabe eines Pass-



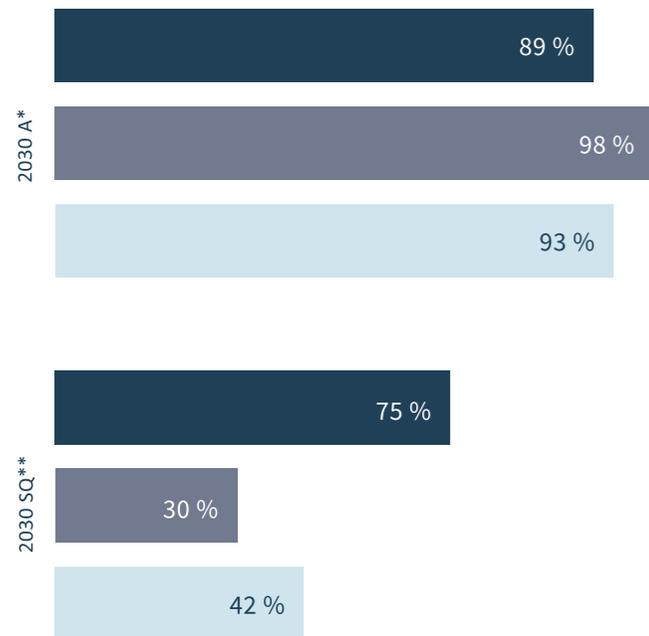
wortes und zusätzliches Scannen eines QR-Codes. Ein Demo-Modus wurde implementiert, um den Teilnehmern bereits in einer sehr frühen Phase des Projekts die Möglichkeit zu geben, sich mit der Handhabung der App vertraut zu machen, ohne bereits die vollständige Funktion des Demonstrators verfügbar zu haben.

Das Projekt in Zahlen

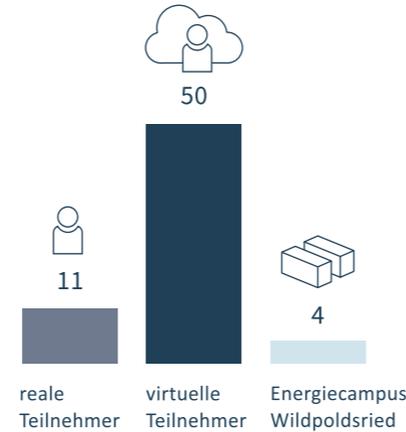
Relevante Ergebnisse im Überblick

LOKALRATE

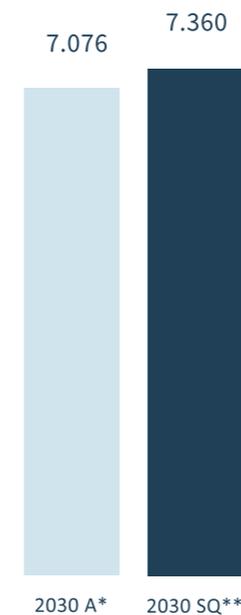
- Erzeugung
Anteil der Erzeugung, die lokal verbraucht wird
- Verbrauch
Anteil des Verbrauchs, der lokal erzeugt wird
- gesamt



ANZAHL DER TEILNEHMER

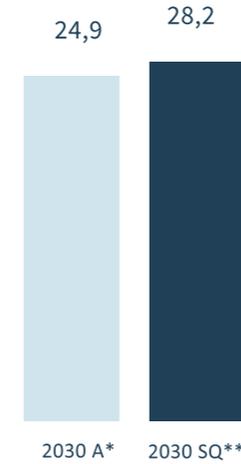


ANZAHL VERTRÄGE je Tag und Teilnehmer



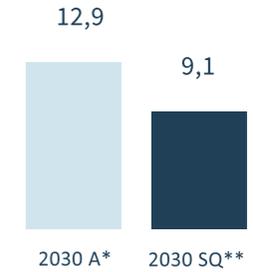
EINKAUFSPREIS

durchschnittlicher P2P-Einkaufspreis in ct/kWh

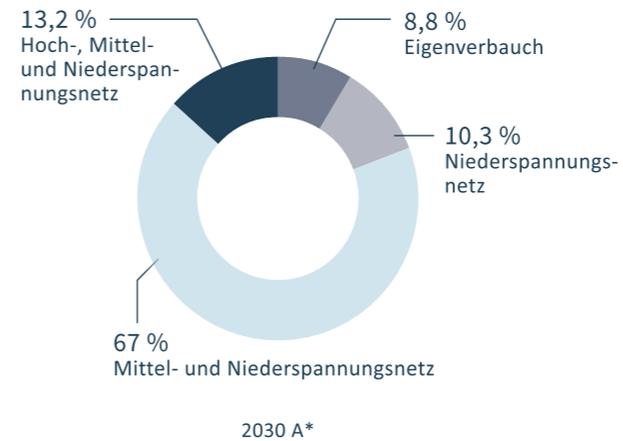


VERKAUFSPREIS

durchschnittlicher P2P-Verkaufspreis in ct/kWh (reiner Energiepreis ohne Steuern, Abgaben und Umlagen)



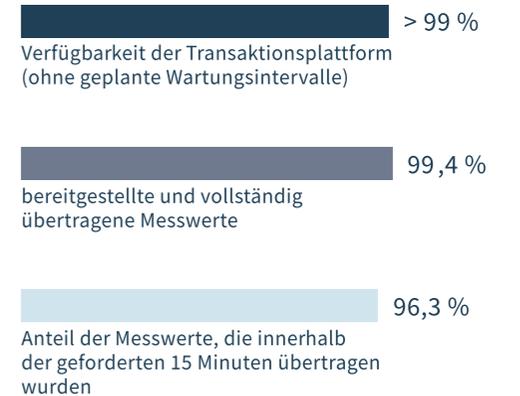
HANDEL JE SPANNUNGSEBENE



Im pebbles-Demonstrator wurden verschiedene Szenarien durchlaufen, die durch die Parameter Strompreisszenario und Marktgröße definiert sind. Bei der Marktgröße wurden die Anlagen der virtuellen Teilnehmer u. a. so konfiguriert, um das Jahr 2030 zu repräsentieren.

* 2030, attraktives Szenario
Das attraktive Strompreisszenario arbeitet mit dynamischen (spannungsebenen abhängigen) Netzentgelten, zudem muss die EEG-Umlage nicht entrichtet werden.

DATENQUALITÄT



** 2030, Status-quo-Szenario
Beim unattraktiven Strompreisszenario hingegen gelten die regulatorischen Rahmenbedingungen von 2020, sodass die Netzentgelte je kWh in vollem Umfang und grundsätzlich auch die EEG-Umlage zu zahlen sind.

11 Kernaussagen zu pebbles

1. Durch einen **lokalen Energiemarkt** wie in pebbles können erstmals Verbraucher, Erzeuger und Prosumer jeglicher Größenklasse **direkt** an einem Energiehandel **teilnehmen**.

2. Durch den lokalen Handel können die regionale Wertschöpfung gesteigert und individuelle monetäre Vorteile generiert werden. Das erhöht die **Akzeptanz** in der Bevölkerung **für den Ausbau der erneuerbaren Energien vor Ort**.

3. Für die Betreiber von Erzeugungsanlagen bietet ein lokaler Energiemarkt ein **attraktives und dringend benötigtes Vermarktungsmodell**: Neuanlagen könnten damit unabhängig von der starren EEG-Förderung installiert und den Bestandsanlagen nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung ein marktlicher Weiterbetrieb ermöglicht werden.

4. Netzengpässe verursachen in Deutschland schon heute jährliche Kosten von rund einer Milliarde Euro¹. Durch die **Berücksichtigung der Kapazitäten des Verteilnetzes** beim Handel, wie in pebbles realisiert, können **Engpässe und damit die Kosten deutlich reduziert** werden.

¹ Bundesnetzagentur, 2020 – Monitoringbericht 2019

5. Das pebbles-Konzept ermöglicht einen **verbesserten Abgleich** von Erzeugung und Verbrauch auf lokaler Ebene. Das schafft einen **erheblichen volkswirtschaftlichen Mehrwert**, indem das Abregeln erneuerbarer Energien und der Netzausbaubedarf reduziert werden, dessen Kosten nach heutigem Ansatz alleine bis 2030 auf über 100 Milliarden Euro² taxiert werden.

² Bundesnetzagentur, 2021 – Jahresbericht 2020

6. Gemeinsam mit Energiepionieren in Wildpoldsried wurde die **technische Umsetzung** des innovativen Konzepts **im realen Betrieb** demonstriert und gezeigt, wie ein lokaler Energiemarkt gemäß dem pebbles-Konzept funktionieren kann.

7. Mit pebbles wurde gezeigt, wie **moderne Kommunikationstechnik** und **digitale Plattformen** in der Energiewirtschaft genutzt werden können, um eine **Vielzahl dezentraler Energieanlagen** kosteneffizient einzubinden und die Komplexität systemoptimierten Energiehandels zu reduzieren.

8. Die **Blockchain-Technologie** wurde genutzt, um ein Maximum an **Transparenz sowie Sicherheit und damit an Vertrauen** für den lokalen Energiehandel zu generieren.

9. Der Day-ahead-Markt in pebbles müsste um einen **Intraday-Markt** ergänzt werden, um **Prognoseabweichungen** und **daraus resultierende Ausgleichsenergiezahlungen zu reduzieren**. Zur weiteren Reduktion von Ausgleichsenergiezahlungen sollte ergänzend zu den Bilanzkreisen der einzelnen Teilnehmer ein **gemeinsamer Bilanzkreis** gebildet werden, damit nur tatsächlich entstandene Kosten umgelegt werden.

10. pebbles zeigt, wie die **systemdienliche Integration von Flexibilität** in das Energiesystem gelingen kann – mit individuellen Vorteilen für den Einzelnen und der Aussicht, die zukünftigen Kosten der Energiewende zu minimieren.

11. Lokale Energiemärkte à la pebbles haben großes Potenzial, die Akzeptanz des dezentralen Ausbaus erneuerbarer Energien zu steigern, mit Marktmechanismen die Kosten der Energiewende zu senken und zur Erreichung der Klimaschutzziele beizutragen. Die Politik ist gefordert, das **Strommarktdesign** möglichst schnell zu **erweitern**, lokale Energiemärkte zu integrieren und die dafür **erforderlichen regulatorischen Rahmenbedingungen** zu schaffen.



Regulatorische Hemmnisse und Handlungsempfehlungen für die Politik



»Mit pebbles wird der Weg in eine innovative, regionale und digitale Energieversorgungswelt aufgezeigt. Kunden, denen Regionalität und Nachhaltigkeit wichtig sind, können so auch ihre Energieversorgung nach den eigenen Vorlieben ausgestalten. Zudem zeigt pebbles, wie die Energiewende vor Ort erfolgreich umgesetzt sowie gleichzeitig ein Beitrag zu Netzstabilität und Versorgungssicherheit geleistet werden kann. Ich wünsche mir, dass dieses Projekt ein Impulsgeber in der Branche wird und viele Nachahmer findet.«

Kerstin Andreae
Vorsitzende der Hauptgeschäftsführung, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW)

Die Art und Weise, wie Marktteilnehmer entsprechend dem in pebbles entwickelten Konzept auf einem lokalen Marktplatz Strom untereinander handeln können, stellt ein Novum dar. Im Rahmen des Projekts galt es, auch die regulatorischen Hemmnisse für einen derart gestalteten Handel aufzuzeigen und Maßnahmen zu benennen, die eine breite Einführung ermöglichen würden. Ausführlich wurden diese im Rahmen des Whitepapers „Ein Plattform-Konzept für eine kostenoptimierte Energiewende mit Hilfe lokaler Energiemärkte“⁽¹⁾ sowie durch die von der Stiftung Umweltenergierecht erstellte Studie „Der Rechtsrahmen für regionale Peer-to-Peer-Energieplattformen unter Einbindung von Blockchains“⁽²⁾ dokumentiert. Nachfolgend sind diese kurz zusammengefasst. Im Bereich der Marktteilnehmer sind die Hemmnisse durch die Definition von Letztverbrauchern und Lieferanten begründet, für die umfangreiche Meldepflichten gelten, einschließlich der definierten Lieferantenwechsel- und Abrechnungsprozesse. Hinzu kommen das Doppelvermarktungsverbot und die Bilanzkreisverantwortung. Für einzelne Marktteilnehmer bedeutet die Erfüllung der genannten Pflichten einen sehr hohen Aufwand, der die Umsetzung praktisch verhindert. Im Hinblick auf Netzbetreiber und die zugrunde liegende Anreizregulierungsverordnung steht eine Bevorzugung kapitalintensiver Investitionen in Anlagevermögen, wie beispielsweise Leitungen, den im pebbles-Konzept höheren erforderlichen

Betriebskosten für Flexibilisierungsanreize entgegen. Diese drücken sich im Projekt in flexiblen und differenzierten Netzentgelten aus, die abhängig von der aktuellen Netz-situation sowie den bei der Belieferung tatsächlich genutzten Netzebenen sind. Auch die Netzentgeltverordnung sieht aktuell keine dynamischen Netzentgelte vor. Des Weiteren ergeben sich spezifische Herausforderungen, die allgemein dem Datenschutz und im Speziellen der Nutzung der Blockchain-Technologie geschuldet sind. Hier sind insbesondere die Anforderungen für zentrale Ansprechpartner bzw. Verantwortliche, das Recht auf Löschung bzw. Vergessenwerden und das Recht auf Datenübertragbarkeit noch nicht geklärt. Infolgedessen wurden im Rahmen des Projekts Handlungsempfehlungen für Politik und Regulierungsbehörden erarbeitet, um geeignete Rahmenbedingungen für einen lokalen Handel von Strom und Flexibilitäten zu schaffen, sodass die aufgezeigten volkswirtschaftlichen Vorteile gehoben werden können. Adressiert wurden diese insbesondere im Policy-Paper „Lokale Energiemärkte für eine kostenoptimierte Energiewende – Eine Blaupause für die nächste Bundesregierung?“⁽³⁾. Nachfolgend sind diese kurz zusammengefasst. Zunächst sollte das Energiemarktdesign so geändert werden, dass Regionalmärkte mit der Funktion einer Netzengpassbewirtschaftung flächendeckend als Ergänzung zu Großhandelsmärkten eingeführt werden können. Dazu ist es erforderlich, dass die



»pebbles hat auf eindrucksvolle Art und Weise demonstriert, wie die Digitalisierung genutzt werden kann, um die Akzeptanz und die Kosteneffizienz bei der systemdienlichen Integration von erneuerbaren Energien zu steigern. Beides sind wesentliche Aspekte, die Energiewende voranzutreiben und somit unsere Klimaschutzziele zu erreichen.«

Andreas Feicht
ehemaliger Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz



»Die Blockchain-Technologie kann dabei helfen, die Kosten für den Netzausbau zu minimieren und die dezentrale Energiewende zu beschleunigen. Projekte wie pebbles oder der Blockchain Machine Identity Ledger der Deutschen Energie-Agentur zeigen eindrucklich, wie das gelingen kann!«

Andreas Kuhlmann
Vorsitzender der Geschäftsführung, Deutsche Energie-Agentur (dena)

Rolle, Aufgaben und Pflichten der Betreiber dieser Marktplätze im EnWG definiert werden. Ebenso müssen für die Teilnahme an diesen Märkten spezifische Rollen definiert werden, die eine diskriminierungsfreie und niederschwellige Teilnahme für Klein-Erzeuger, Prosumer und Verbraucher mit finanzierbarem Aufwand und ohne juristische Fachkenntnis ermöglichen. Im Bereich der Anreizregulierung sollten laufende Kosten für digitale Lösungen zukünftig denen von Einmalinvestitionen in den Leitungsausbau gleichgestellt werden, sodass die Finanzierung der notwendigen Digitalisierung der Netze durch die Netzbetreiber ermöglicht wird. Dazu sollte der auf die Leitungslänge abzielende Vergleichsparameter dergestalt angepasst werden, dass er den durch innovative Lösungen eingesparten physischen Netzausbau abbildet. Für die Marktteilnehmer sollten Anreize geschaffen werden, ihre Einspeisung und ihren Verbrauch so zu organisieren, dass bestehende Infrastrukturen bestmöglich genutzt und Netzengpässe vermieden werden. Hierfür bietet sich eine Differenzierung und Dynamisierung der Netznutzungsentgelte an. Das erhobene Netzentgelt soll sich daran bemessen, über welche Netzebenen die Belieferung stattfindet. Für die Niederspannungs- und Mittelspannungsebene sollten entsprechend reduzierte Entgelte eingeführt werden. Zudem sollte das jeweilige Netzentgelt einen dynamischen Anteil enthalten, der die prognostizierte Netzauslastung an den für die

Belieferung beteiligten Netzknoten berücksichtigt. Im Bereich der Abgabensystematik wurde vorgeschlagen, auf eine Erhebung der EEG-Umlage auf gelieferten Strom zu verzichten, wenn dieser aus Bestandsanlagen nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung oder Neuanlagen stammt. Sollten vorgenannte Anreize für Teilnehmer nicht ausreichen, könnte darüber hinaus eine Ausweitung der Stromsteuerbefreiung von aktuell 2,05 ct/kWh vorgenommen werden, die heute nur im Falle der Belieferung in einem Radius von 4,5 km um den Ort der Erzeugung greift. Vorgeschlagen wurde in diesem Zusammenhang eine Erweiterung des Geltungsbereichs auf jegliche Stromverkäufe auf dem lokalen Markt. Als weiteres oder alternatives Instrument zur Attraktivierung von lokal gehandeltem Grünstrom wurde die Anwendung des ermäßigten Umsatzsteuersatzes in Höhe von 7 % vorgeschlagen, wie er z. B. für Grundnahrungsmittel zur Anwendung kommt.

1) https://pebbles-projekt.de/wp-content/uploads/2021/04/pebbles_Whitepaper.pdf

2) https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2020/10/Stiftung_Umweltenergierecht_Wu-eStudien_16_Rechtsrahmen_Energieplattformen_pebbles_2.pdf

3) <https://pebbles-projekt.de/wp-content/uploads/2021/09/pebbles-Policy-Paper.pdf>

Noch nicht genug von pebbles?

Alle digitalen Inhalte im Überblick



Die Marktvisualisierung

Um das Marktgeschehen live erlebbar zu machen, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts eine Visualisierung des lokalen Energiemarkts entwickelt. Es werden verschiedene Kennzahlen dargestellt und die Anordnung der Teilnehmer in der Netztopologie grafisch aufbereitet. Die Handelsergebnisse und Messungen werden im zeitlichen Verlauf veranschaulicht, darüber hinaus wird die Markterfüllung visualisiert.

Hier gehts zum Marktplatz:



Der pebbles-Blog

Der Blog dient zur Veröffentlichung spannender Veranstaltungen rund um pebbles. Bleiben Sie auf dem Laufenden.

Hier gehts zum Blog:



pebbles Whitepaper & Policy Paper

Im Rahmen des Projekts galt es, auch die regulatorischen Hemmnisse für einen derart gestalteten Handel aufzuzeigen und Maßnahmen zu benennen, die eine breite Einführung ermöglichen würden. Diese wurden ausführlich im Rahmen des Whitepapers „Ein Plattform-Konzept für eine kostenoptimierte Energiewende mit Hilfe lokaler Energiemärkte“ und kurz in einem Policy Paper dokumentiert.

Hier gehts zum Whitepaper:



Hier gehts zum Policy Paper:



Die Zukunft von pebbles

Wie geht es weiter?

Durch lokale Energiemärkte können sich neue Absatzmärkte für lokal erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien für gewerbliche wie private Anlagenbetreiber und Prosumer ergeben, ohne dass hierfür staatliche Förderprogramme vonnöten wären. Ein last- und verbrauchsnahe Ausbau von regenerativer Erzeugung wäre die Folge. Darüber hinaus ergeben sich neue Vermarktungschancen z. B. für Betreiber von Energiespeichern und steuerbaren Lasten, die zur Minimierung von Engpässen im lokalen Verteilnetz beitragen sowie an den Anschlusspunkten zum Übertragungsnetz genutzt werden können. Die Kosten des Netzausbaus, die aktuell auf mehr als 100 Milliarden Euro bis 2030 geschätzt werden, ließen sich somit reduzieren, ebenso wie die Kosten für Redispatch und Einspeisemanagement von mehr als 1 Milliarde Euro jährlich. In Bezug auf die Anwendbarkeit lokaler Strommärkte mit der Funktion einer Netzengpassbewirtschaftung ist anzu-

nehmen, dass diese flächendeckend zum Einsatz kommen können – und sollten –, auch wenn die Demonstration im Rahmen des Projekts pebbles in einer ländlichen Region mit einem hohen Anteil erneuerbarer Erzeugung erfolgte. In urbanen Regionen oder Städten würden hingegen primär die Funktionen der Engpassbewirtschaftung durch Anreize für flexible Verbraucher zum Einsatz kommen. Die Größe der Regionen, über die sich die lokalen Märkte spannen sollten, ließe sich auch so festlegen, dass ein signifikantes Potenzial an Erzeugungs-Anlagen aus einem größeren Umfeld in den Handel einbezogen werden würde. Es sollte daher Gegenstand eines von der Bundesregierung beauftragten Folgeprojektes sein, eine quantitative Bewertung der Einsparpotenziale und volkswirtschaftlichen Mehrwerte, hochskaliert auf die Bundesrepublik, durchzuführen. Zudem sollten die bestmögliche regionale Aufteilung und Ausdehnung der Märkte sowie ein sinnvoll-

es Betreibermodell ermittelt werden. Im produktiven Einsatz müsste zudem nicht zuletzt der lokale Day-ahead-Markt um einen Intraday-Markt ergänzt werden, um Prognoseabweichungen und Ausgleichsenergiezahlungen zu reduzieren. Aus Sicht der Projektbeteiligten wäre für die Umsetzung eines lokalen Energiemarktes eine hohe Akzeptanz aufgrund der möglichen, ökonomisch vorteilhaften Partizipation für Teilnehmer sowie der Erhöhung der lokalen Wertschöpfung gegeben. Durch die Akzeptanzsteigerung sowie die Reduzierung von Netzengpässen ließe sich einerseits der dringend benötigte Ausbau der erneuerbaren Energien sowie andererseits der Ausbau der Ladeinfrastruktur für die E-Mobilität und der Umbau der Wärmeversorgung auf strombasierte Lösungen beschleunigen. Damit könnte ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz und zum Gelingen der Energiewende geleistet werden.



Allgäuer Überlandwerk GmbH
Illerstraße 18, 87435 Kempten

Tel.: +49(0)831/2521-0
E-Mail: info@auew.de

