



7. Fachtagung „Smart Grids und Virtuelle Kraftwerke“

Power-to-Gas: H2 als Interkonnektor zwischen Strom, Gas, Verkehr und Industrie

- P2G Projekt “Energiepark Mainz”
- Projekt „H2Bus Rhein-Main“

22. März 2017

Stefan Dietrich
Mainzer Stadtwerke AG





Inhalt

- **Sektorenkopplung: Energiepark Mainz**
 - Hintergrund
 - H2 als Speicher und Vektor
 - Wirtschaftlichkeit und Märkte
 - Betriebserfahrungen
- **Einsatzmöglichkeiten von H2 (Strom -> Verkehr)**
 - Möglichkeiten im ÖPNV
 - Projekt H2Bus Rhein-Main
 - Ausblick/ zukünftige Entwicklung



H₂ Bus Rhein-Main
Emissionsfreier Nahverkehr
in der Metropolregion



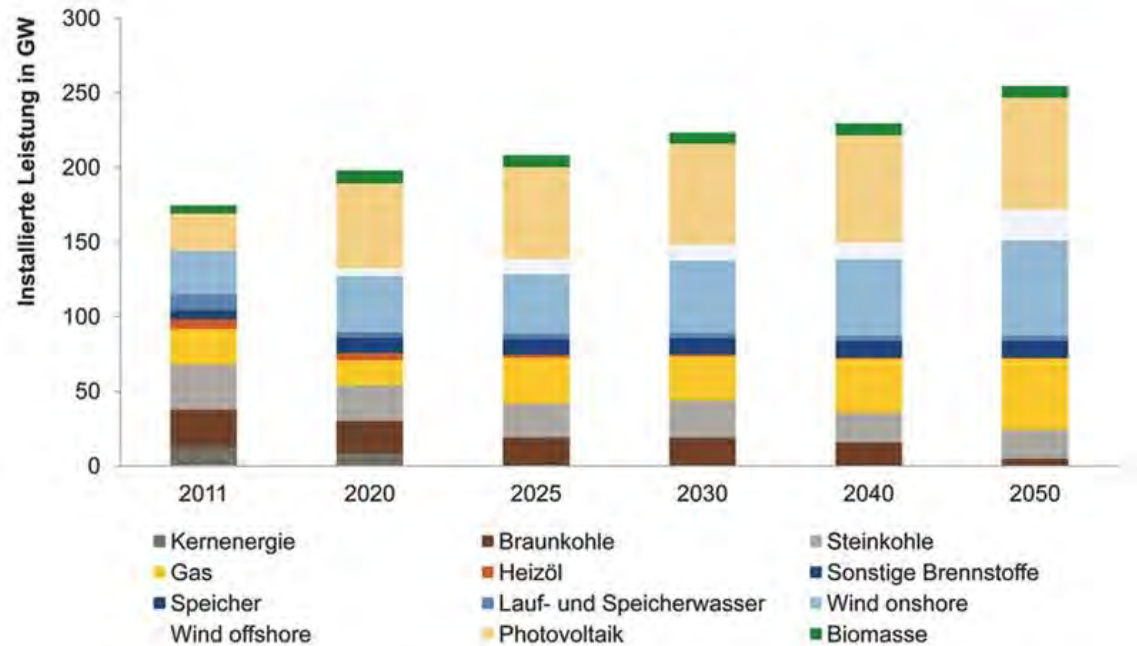
TEIL 1: ENERGIEPARK MAINZ



Hintergrund

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland

- Steigende Menge volatiler Einspeisung
- Erzeugung übersteigt immer häufiger den Verbrauch,
 - auf Verteilnetzebene
 - innerhalb ganzer Regelzonen
- Konventionelle Kraftwerke weiterhin notwendig aber zunehmend unwirtschaftlich
- Mittelfristig steigender Bedarf an Energiespeichern



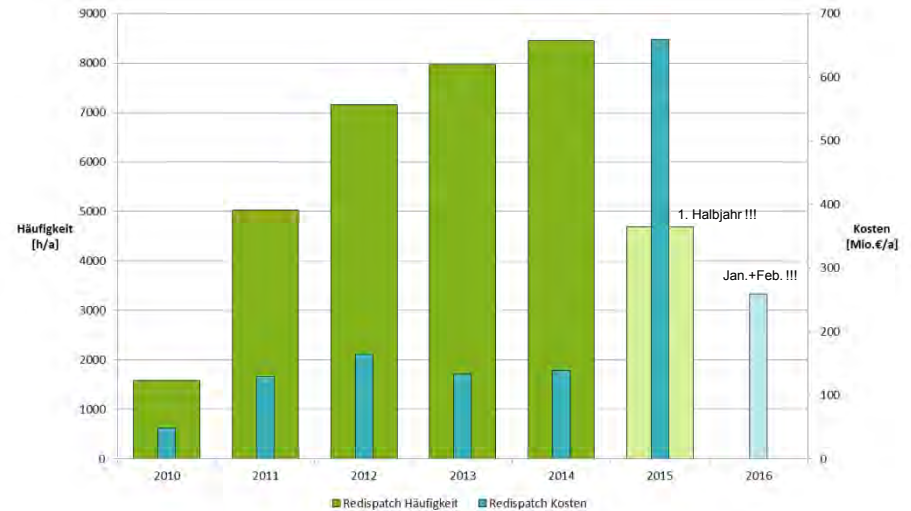
Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014



Hintergrund

Anstieg kritischer Netzsituationen, Maßnahmen §13 EnWG

- Heute: Zeitweise Abschaltung erneuerbarer Einspeiser aufgrund fehlender Netzkapazität
Tendenz steigend
- §13, Abs.1: Netz-/marktbezogene Maßnahmen bei Gefährdung der Sicherheit des Systems
- §13 Abs.2 : Weitergehende Maßnahmen des Netzbetreibers:
 - Änderung von Stromeinspeisungen (z.B. gezieltes An- und Abregeln)
 - gezielter Lastabwurf und Anpassung der Stromtransite



Quelle: BNetzA 2011/2012/2013, Bundesregierung 2014, ENTSOe

Flexibilitätsoptionen:





Elektrolyse-Wasserstoff als Energiespeicher und -vektor H2 als Bindeglied zwischen verschiedenen Energiesystemen

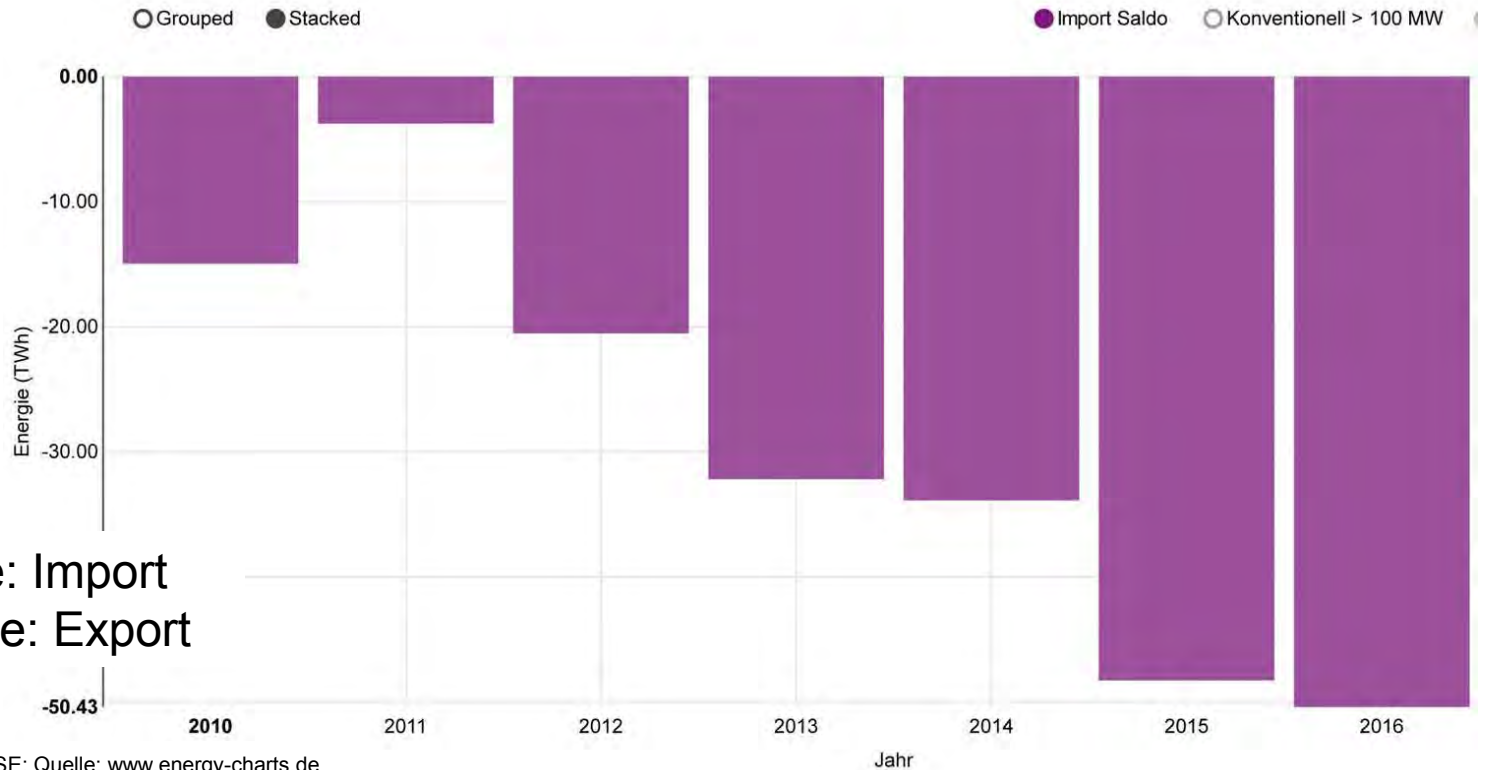
- H2 kann in industriellem Umfang produziert und gespeichert werden. Weiter ist H2 einfach zu transportieren und kann somit industriellen Anwendungen und dem Mobilitätsmarkt zugeführt werden.
- Mehr als 75% der Primärenergie wurde in Deutschland für Heiz- und Kühlzwecke sowie für der Mobilität verbraucht.
- Elektrolyse-Wasserstoff kann erneuerbare elektrische Energie für andere Sektoren verfügbar machen (Energie-Vektor).
- Strom, Wärme, Kälte und Mobilität müssen als Gesamtsystem betrachtet und optimiert werden.
- Moderne PEM-Elektrolyseure mit dynamischen Lastwechselverhalten können Überschussenergie in Wasserstoff umwandeln.
- Zukünftige Einsatzmöglichkeiten:
 - Bewirtschaftung lokaler Netzengpässe
 - Anbieten von Regelenergie
 - Prognoseanpassung von volatiler EE-Einspeisung
 - Aktive Bilanzkreisbewirtschaftung
- → Produkt: Wasserstoff für weitere Anwendungen

→ EE-Strom als führende Größe



Hintergrund

Stromaustauschsaldo 2016



Positive Werte: Import
Negative Werte: Export

Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE; Quelle: www.energy-charts.de



Elektrolyse-Wasserstoff als Energiespeicher und -vektor Wirtschaftlichkeit und Märkte

- Zahlreiche variable Determinanten beeinflussen die Wirtschaftlichkeit einer Wasserstoffelektrolyse im Energiemarkt.
 - Börsenpreise (Möglichkeiten für Arbitragegeschäfte i.V.m. Rückverstromung)
 - Wetterdaten (Wind- und Photovoltaikdargebot)
 - Erlöse für Systemdienstleistungen (MRL, SRL)
 - Gaspreise
 - Treibstoffpreise
 - Preise für Wasserstoff als Rohstoff
 - Preise für CO₂-Zertifikate
- ⇒ Notwendigkeit einer zeitdiskreten Optimierung zur Nutzung verschiedener Bezugs- und Erlösmöglichkeiten.



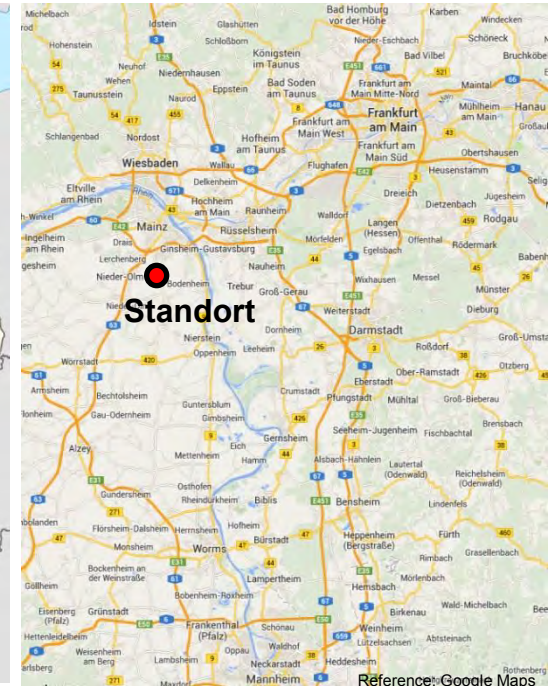


Energiepark Mainz – Projektstand und Ausblick

Fokus und Anlagendaten

Entwicklung einer modularen dezentralen Power-to-Gas Anlage

- Standort: Mainz, Stadtteil Hechtsheim
- Anschluss an Windpark (8 MW)
- 6 MW Elektrolyse (3 Stacks, je 2 MW max.)
- Einspeisung ins Erdgasnetz
- Trailer-Betankung
- Budget: Summe ca. 17 Mio. €
- Förderung: ~ 50% (BMWi)
- Dauer Forschungsprojekt: 4 Jahre (10/2012 – 12/2016)
- Seit 2017: zunächst Weiterbetrieb





Energiepark Mainz – Projektstand und Ausblick

Technische und wissenschaftliche Ziele des Forschungsprojektes

- **Netzoptimierung** durch die Speicherung erneuerbarer Energie.
- Bereitstellung von **Systemdienstleistungen** im Stromnetz (inkl. negative Regelenergie)
- Intelligente **Management- und Kommunikationssysteme**
- Erforschung der Auswirkungen erhöhter Wasserstoffkonzentrationen auf **Endgeräte im Gasnetz**
- Erstmalige Erprobung und Weiterentwicklung der **Megawatt-PEM-Elektrolyse**
- Intelligente und effiziente **Wasserstoffkonditionierung, -speicherung und -handling**
- **Öffentlichkeitsarbeit** und soziale Akzeptanz



ENERGIE PARK MAINZ



Ein Forschungsprojekt von



Hochschule RheinMain
University of Applied Sciences
Wiesbaden Rüsselsheim



SIEMENS

Gefördert durch



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENERGIESPEICHER

Forschungsinitiative der Bundesregierung



Energiepark Mainz – Projektvorstellung

Elektrolyse

- 3 SILYZER 200 PEM-Elektrolysestacks
- 1.3 MW Dauerleistung / 2.0 MW zeitlich begrenzte Spitzenleistung
- Hohe Dynamik: Lastwechsel in Sekunden, in weiten Grenzen teillastfähig
- 35 bar Ausgangsdruck





Energiepark Mainz – Projektvorstellung

Ionischer Verdichter

- 2-stufig, 2 Zylinder je Stufe
- Integrierte Gastrocknung
- Max. Fördermenge 1250 Nm³/h;
112 kg/h
- Min. Ansaugdruck 15 bar
- Max. Enddruck 250 bar
- Max. Leistungsaufnahme 350 kW
- Lastbereich 10-100%
- Multivariabler Betrieb





Energiepark Mainz – Projektvorstellung

H2-Trailerbefüllung

- 2 Positionen + 1 Parkplatz
- Vollautomatische Befüllung
- Betriebsdruck im Trailer 200 bar
- Speicherkapazität der Trailer 300-600 kg
- Befülldauer ~3h

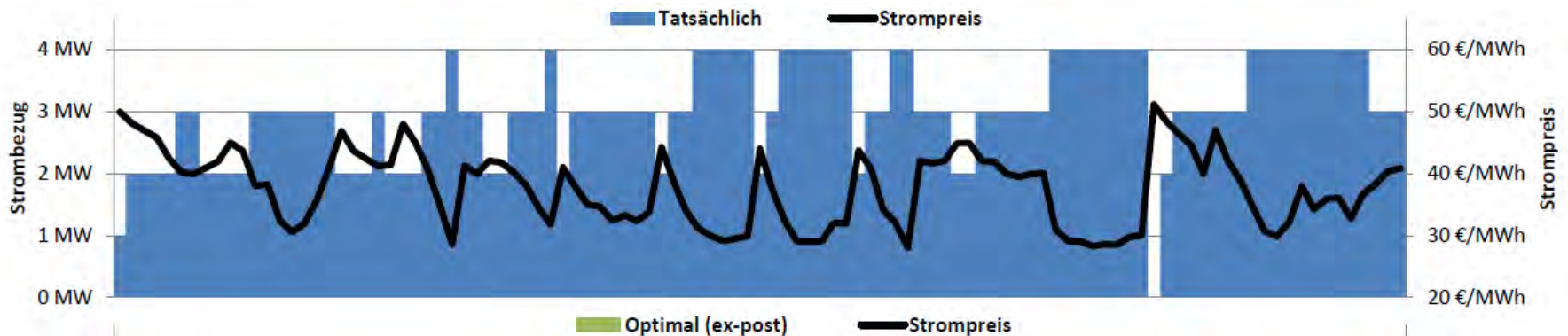




Energiepark Mainz – Status

Erste Betriebserfahrungen - EEX

- Strombeschaffung wirkungsgradoptimiert über EPEX Spotmarkt im 2. Halbjahr 2015
 - Ca. 700 MWh Strom verbraucht
 - Ca. 40 Trailer befüllt
- Erwartungswerte zu Dynamik und Stromverbrauch werden erreicht
- Keine kritischen Ausfälle

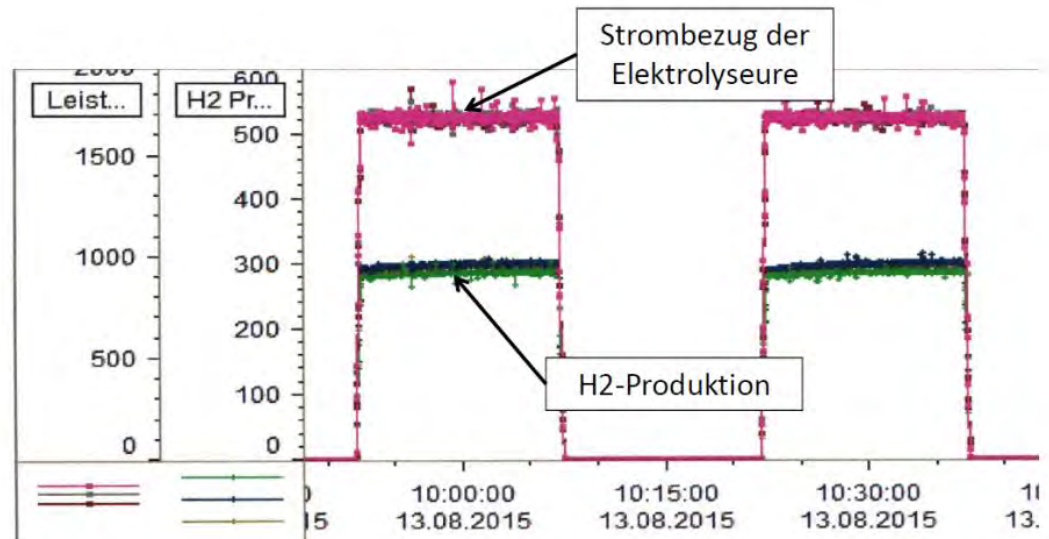




Energiepark Mainz – Status

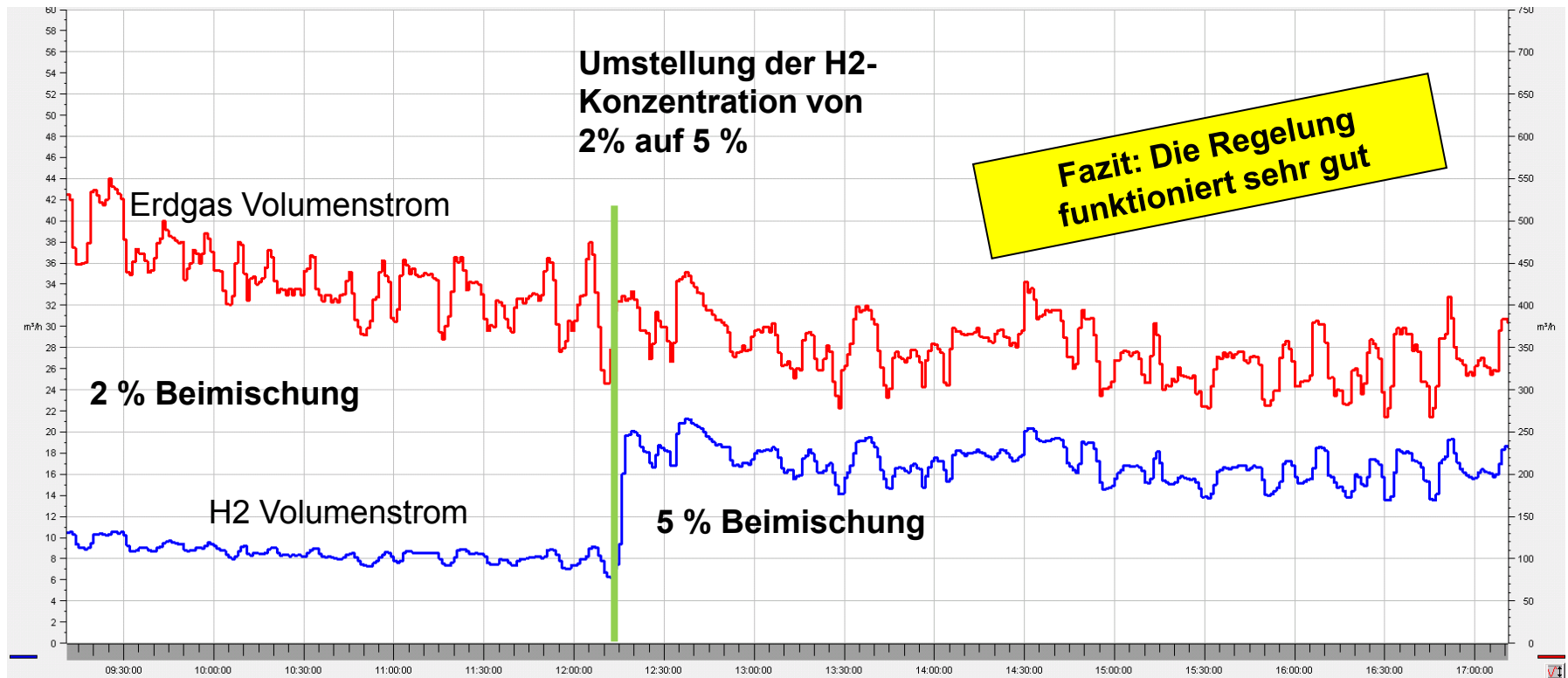
Erste Betriebserfahrungen - Regelenergie

- Präqualifikation für MRL und SRL beim Übertragungsnetzbetreiber (Amprion) erfolgreich abgeschlossen
- Einsatz in der neg. MRL und SRL erfolgreich absolviert





Energiepark Mainz – H2-Gasnetzeinspeisung Regelung der Beimischung über eine vorgegebene Konzentration



ENERGIE PARK MAINZ



Ein Forschungsprojekt von



SIEMENS

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENERGIESPEICHER
Forschungsinitiative der Bundesregierung

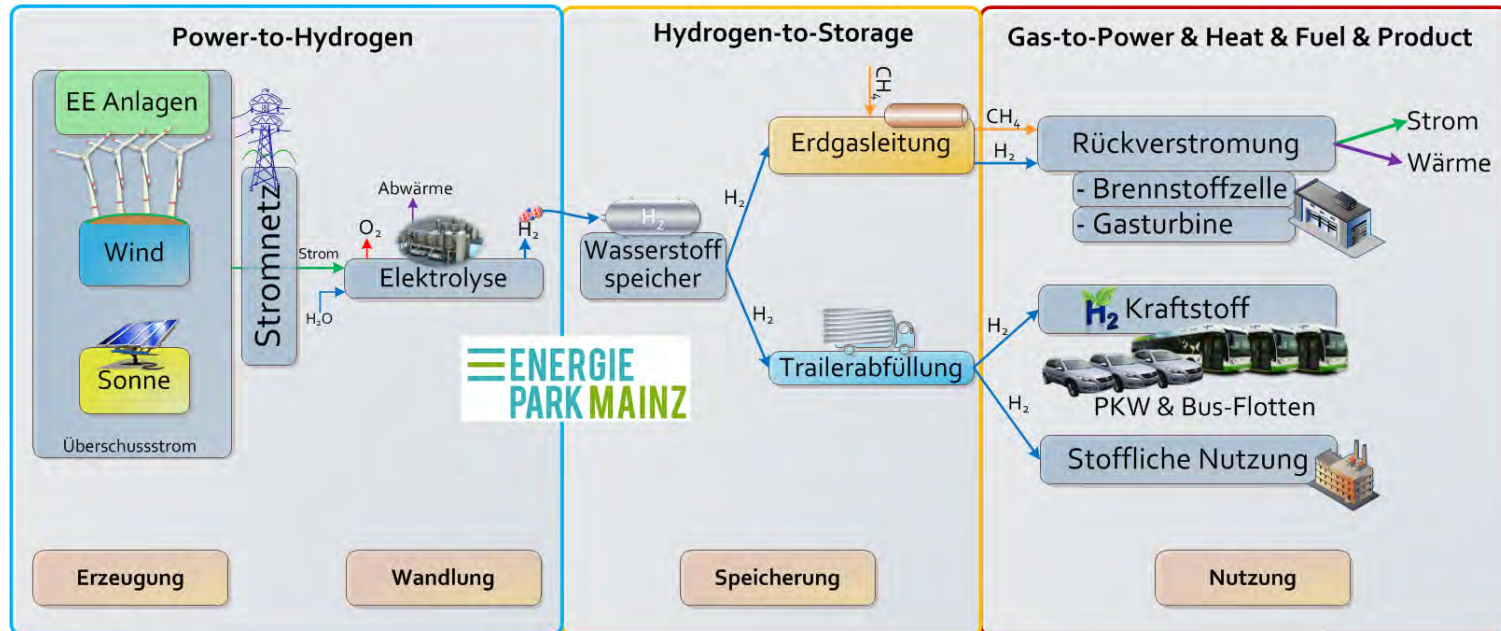


TEIL 2: EINSATZ VON H2 IM VERKEHR: PROJEKT H2BUS RHEIN-MAIN



Nutzung von grünem H₂

- **Stoffliche Nutzung:** Wasserstoff in der Industrie (Bioraffinerien, Prozessindustrie,...)
- **Energetische Nutzung:** Wasserstoff im Verkehr (energetische Nutzung)
- **First Mover:**
 - ÖPNV
 - Flurförderzeuge
 - PKW-Flotten



Wasserstoff als Treibstoff im Verkehr und ÖPNV

Idealer Anwendungsfall für den Einsatz von E-Mobility ist der ÖPNV

- Planbar, definierte Strecken, konstante km Fahrleistung
- Definierte Fahrzeuganzahl
- Rekuperationsanteil sehr hoch (häufiges Bremsen)
- Zentrale Tankstelle mit konstanten Absatzmengen möglich

Elektromobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzellen bietet gegenüber reinen Batteriefahrzeugen einige Vorteile

- Höhere Reichweite (ca. 350 km)
- Kurze Betankungszeit (ca. 10 min)
- Weniger Probleme mit Heizung im Winter
- Geringeres Gewicht der Komponenten
- **Stromnetzdienlichkeit**
- Volle Routenflexibilität, auch bei zukünftigen Linienänderungen !

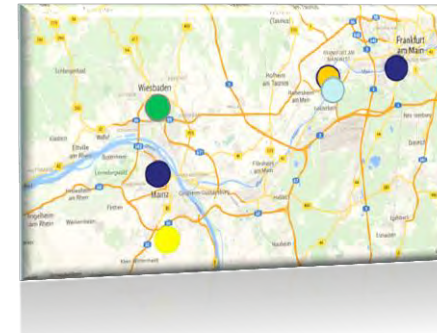


Was macht die Region Rhein-Main einzigartig für den Einsatz von BZ-Bussen?

- Dichtbesiedeltes Gebiet
- Hohe Dichte von Verkehrsunternehmen mit gemeinsamen Routen
- Zwei Wasserstoffquellen mit hoher Kapazität sind verfügbar (200t grüner H₂ von Energiepark Mainz und 2700t Byprodukt H₂ vom Industriepark Frankfurt Höchst)
- Enge Verbindung zwischen den Energiesystemen
- Alle Arten von Verkehrsmitteln, verbunden durch eine Vielzahl von Knotenpunkten ermöglichen ein zukünftiges multimodales Null-Emissions Transportnetz

H2Bus Rhein-Main - Fakten

- Vorbehaltlich noch ausstehender Fördermittelzusagen ist die Beschaffung und der Betrieb von 11 Brennstoffzellenbussen für das Rhein-Main Gebiet geplant
- Zudem ist der Aufbau einer Wasserstofftankstelle und eines Kompetenzzentrums zur Bus-Wartung geplant (noch ausstehende Förderungen)
- **Partner:**
 - Verkehrsverbund Mainz-Wiesbaden GmbH (VMW)
 - Mainzer Verkehrsgesellschaft mbH (MVG)
 - ESWE Verkehrsgesellschaft mbH (ESWE)
 - In-der-City-Bus GmbH Frankfurt am Main (ICB)
 - *traffiQ* - Lokale Nahverkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (*traffiQ*)
- Länderübergreifendes Projekt durch Beteiligung hessischer und rheinland-pfälzischer Verkehrsbetriebe
- Europaweit sollen bis 2020 mehr als 500 Brennstoffzellenbusse etabliert werden
- Betrieb der H2-Tankstelle und der BZ-Busse ist ab Ende 2018 geplant





Zukünftig höherer Anteil EE im Stromnetz

Notwendigkeit der intelligenten Stromspeicherung

Power-to-Gas ist der perfekte Sektorenkoppler

H₂ ist als Treibstoff im ÖPNV ideal geeignet

Gesamte Wertschöpfungskette in einer Region

Die Region bietet ideale Voraussetzungen für H₂-Wirtschaft

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Mainzer Stadtwerke AG
Rheinallee 41
55118 Mainz

Stefan Dietrich
stefan.dietrich@mainzer-stadtwerke.de

Weitere Informationen:

www.energiepark-mainz.de

www.forschung-energiespeicher.info



„Wasserstoff ist heute das bessere Öl. Und deshalb ist es Zeit für einen Ölwechsel...“

Dieter Zetsche, Daimler AG





→ Eine Weiterverwendung - auch auszugsweise - der in dieser Präsentation enthaltenen Texte, Fotos und Grafiken ist nur mit vorheriger Genehmigung des Autors gestattet. In dieser Präsentation sind einige Annahmen sowie Zukunftsprognosen enthalten. Die Aussagen erheben somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.