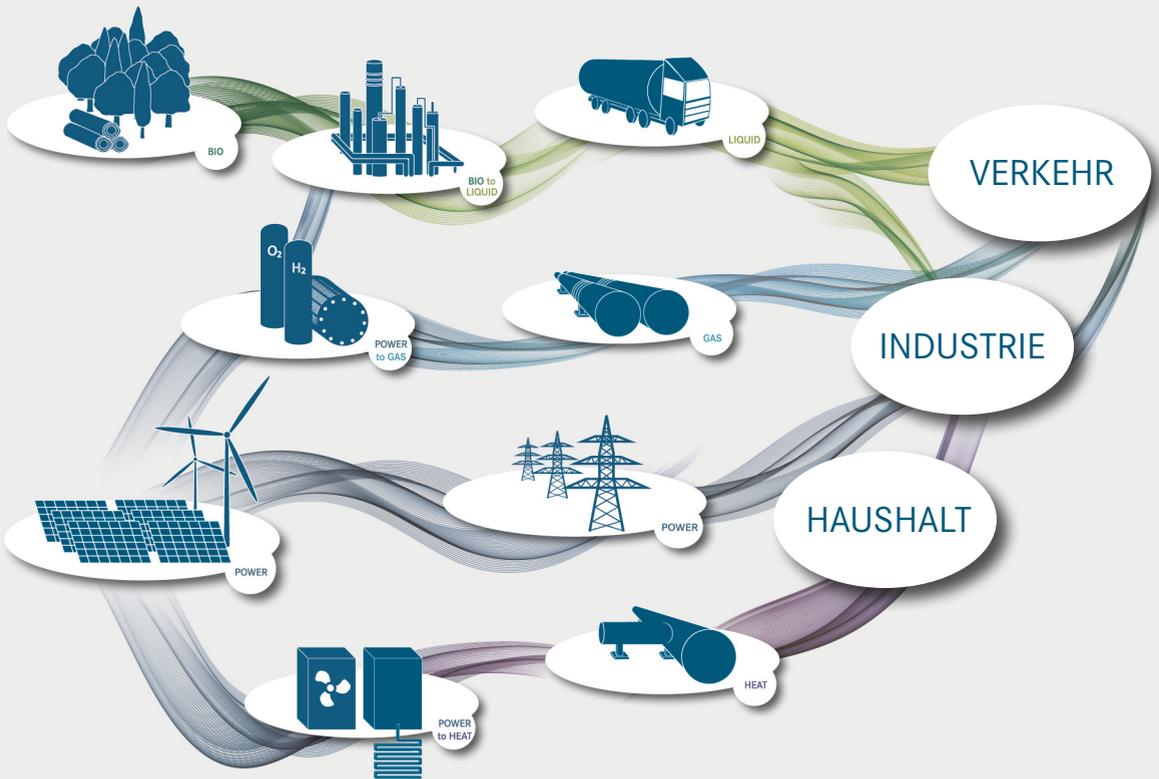


# IEK-3 Report 2017

Sektorkopplung –  
Forschung für ein integriertes Energiesystem



Energie & Umwelt /  
Energy & Environment  
Band / Volume 384  
ISBN 978-3-95806-256-6

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

## IEK-3 Report 2017

Sektorkopplung –  
Forschung für ein integriertes Energiesystem

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 384

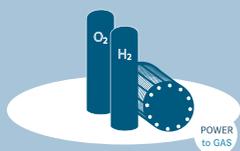
---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-256-6

<b>Vorwort</b>	<b>2</b>
<b>1 Beiträge für internationale Konferenzen</b>	<b>5</b>
1.1 Vorbereitung, Durchführung und Resultat der TRENDS 2015.....	6
1.2 Ausrichtung der Soft Matter and Neutrons GO Energy.....	9
<b>2 Aus- und Weiterbildung</b>	<b>13</b>
2.1 Ausbildung an Hochschulen.....	14
2.2 Beiträge für die Information, Weiterbildung und Qualifizierung.....	20
<b>3 Wissenschaftlich-technische Berichte</b>	<b>25</b>
3.1 Festoxid-Brennstoffzellen.....	26
3.2 Brenngaserzeugung und Systeme.....	43
3.3 Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen.....	54
3.4 Direktmethanol-Brennstoffzellen.....	68
3.5 Wasserelektrolyse.....	76
3.6 Verfahrens- und Systemanalyse.....	88
3.7 Physikalisch-Chemische Grundlagen / Elektrochemie.....	97
<b>4 Besondere Ergebnisse</b>	<b>105</b>
4.1 Lithiumbatterien für stationäre und mobile Anwendungen.....	106
4.2 Bewertung von Kohlendioxid als Rohstoff in der chemischen Industrie ...	110
4.3 Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem für die Bordstromversorgung.....	115
4.4 Stabile Elektroden mit reduziertem Ir-Gehalt für die PEM-Elektrolyse.....	120
4.5 Festoxid-Brennstoffzellensystem mit integrierter Schutzgaserzeugung.....	123
4.6 PRECORS: Ein „Spin-off“ für korrosionsbeständige Beschichtungen.....	128
<b>5 Ausblick auf neue FuE-Vorhaben</b>	<b>135</b>
5.1 Festoxidzellen für reversiblen Anlagenbetrieb.....	136
5.2 Multiskalenmodellierung von Brennstoffzellen.....	140
5.3 Photolyse – Photoelektrische Wasserstoffherstellung.....	142
5.4 Versorgungssysteme für alternative Kraftstoffe.....	144
5.5 Neue Themen aus der Energiesystemanalyse und -integration.....	150
<b>6 Zahlen, Daten und Fakten</b>	<b>155</b>
6.1 Das Institut für Elektrochemische Verfahrenstechnik IEK-3.....	156
6.2 Abteilungskompetenz im Überblick.....	159
6.3 Publikationen, Technologietransfer und Ressourcen.....	163
6.4 Gremienarbeit.....	166
6.5 Beiträge zu Messen und Ausstellungen.....	172
6.6 Anfahrsbeschreibung.....	175
6.7 Abkürzungsverzeichnis.....	178

Das IEK-3 ist einer von derzeit 13 Institutsbereichen des Instituts für Energie- und Klimaforschung. Die Forschungsarbeiten des IEK-3 sind auf technische Lösungen für eine zukünftig nachhaltige Energieversorgung ausgerichtet. Dabei liegen die Schwerpunkte auf der Elektrochemie und der Verfahrenstechnik für Brennstoffzellen mit oder ohne Reformierung sowie für die Wasserelektrolyse. Diese Umwandlungstechniken werden mit einem interdisziplinären Wissenschaftlerteam von den wissenschaftlichen Grundlagen bis zur systemtechnischen Anwendung bearbeitet. Im IEK-3 stehen Labore für bildgebende, physikochemische und elektrochemische Untersuchungen zur Verfügung. Darüber hinaus erlauben universelle Testeinrichtungen die eingehende Betriebsuntersuchung und Charakterisierung der unterschiedlichen Wandler vom  $\text{cm}^2$ - bis in den  $\text{m}^2$ -Maßstab. Zur Vorbereitung eines Technologietransfers hat das IEK-3 ein Technikum geschaffen, das die parallele Entwicklung einer industrienahe, reproduzierbaren Fertigung funktionaler Schichtsysteme wie z.B. Elektroden, Gasdiffusionslagen und Membranelektroden-Einheiten sowie die präzise Assemblierung vierteiliger Stacks erlaubt. Durch die Ergebnisse der Verfahrens- und Systemanalyse ist es möglich, erfolgversprechende FuE-Themen für die Zukunft zu identifizieren und zu bewerten, die eigene Technologieentwicklung mit konventionellen Techniken zu vergleichen, Energiepfade und Energieversorgungsnetze auszulegen sowie Empfehlungen für die daran interessierten, gesellschaftlichen Bereiche auszuarbeiten und diese zu beraten. Aus- und Weiterbildungsangebote in Zusammenarbeit mit Universitäten, Fachhochschulen und anderen Ausbildungseinrichtungen runden die FuE-Dienstleistungen des IEK-3 ab.



Der Erzeugungsprozess von Wasserstoff aus Elektrizität, die aus fluktuierend arbeitenden Windenergie- und Photovoltaikanlagen stammt, wird als POWER-to-GAS bezeichnet. Dabei übernimmt die Wasserelektrolyse die großtechnische Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energie in Form von  $\text{H}_2$ . Das energetisch wertvolle Gas eignet sich zur Speicherung in großvolumigen Salzkavernen, erlaubt einen Transport in Pipelines über große Distanzen und ermöglicht die direkte und indirekte Nutzung als Kraftstoff im Verkehr sowie als Chemierohstoff in der Industrie.



Der Energiepfad BIO-to-LIQUID nutzt biogene Rohstoffe zur Herstellung flüssiger Kraftstoffe und Chemikalien ohne dabei in Konkurrenz zu Lebensmitteln zu treten. Die Synthese kann auf Basis von  $\text{H}_2$  und einer Kohlenstoffquelle durch verschiedene Umwandlungsprozesse erfolgen. Dafür werden beispielsweise Waldresthölzer durch Vergasung zu Synthesegas umgewandelt. Daneben kann abgetrenntes  $\text{CO}_2$  aus Biogasanlagen mit Elektrolyse- $\text{H}_2$  für die Synthese verwendet werden. So erzeugte Flüssigkeiten können konventionelle Kraftstoffe ergänzen oder sogar substituieren und dabei die Effizienz von Fahrzeugen steigern sowie den Schadstoffausstoß reduzieren.



Die Erzeugung von Wärme oder Kälte aus Strom ist eine weitere Flexibilisierungsoption für eine erneuerbar dominierte Energieversorgung und wird als POWER-to-HEAT bezeichnet. Dabei wird regenerativ erzeugter Strom in Wärmepumpen und Heizstäben zur Wärmebereitstellung oder in Klimaanlage zur Kühlung eingesetzt. Eine unmittelbare Nutzung im Haushalt ist ebenso vorstellbar wie die Einspeisung von Wärme/Kälte in ein Versorgungsnetz für einen entfernten Nutzungsverbund.