



Neue Optionen für einen wirtschaftlichen Betrieb von Wasserstoffzügen durch Nutzung der LOHC-Technologie?

Peter Wasserscheid, Thomas Grube, David Sternfeld,
Melanie Essl, Martin Robinius, Detlef Stolten

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 453

ISBN 978-3-95806-386-0

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (IEK-11)

Neue Optionen für einen wirtschaftlichen Betrieb von Wasserstoffzügen durch Nutzung der LOHC-Technologie?

Peter Wasserscheid, Thomas Grube, David Sternfeld,
Melanie Essl, Martin Robinius, Detlef Stolten

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

Band / Volume 453

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-386-0

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wasserstoff als Brennstoff für den Bahnverkehr	4
2.1	Physikalische und chemische Eigenschaften	4
2.2	Herstellung von Wasserstoff	5
2.3	Anlieferung von Wasserstoff und dessen Speicherung	6
2.4	Nutzung	9
2.5	Wasserstoff im Zugbetrieb	10
2.6	Rechtliche Rahmenbedingungen	11
2.7	Wasserstoffzug „Coradia iLint“ der Firma Alstom	14
3	Die „Liquid Organic Hydrogen Carrier“-Technologie	16
4	Teil A: Wasserstoffversorgung von Brennstoffzellenzügen im Bayerischen Oberland	19
4.1	Wasserstoffquellen und mögliche Standorte für Wasserstofftankstellen	19
4.2	Pfadanalyse	21
4.3	Verdichtung und Betankung	25
4.4	Parameterannahmen und Arbeitsgrenzen	26
4.5	Zentrale und dezentrale Produktion	28
4.6	Betriebliche Bedingungen	29
4.7	Standortwahl und Akzeptanz in der Bevölkerung	31
4.8	Wirtschaftlichkeitsberechnung	34
4.9	Python-Modell	36
4.10	Ergebnisse und Analyse	38
4.10.1	Kosten- und Wirtschaftlichkeitsanalyse	38
4.10.2	Analyse der Treibhausgas-Emissionen	53
4.10.3	Energetische Analyse	58
4.10.4	Sensitivitätsanalyse	60
4.11	Ergebnisse im Vergleich zum Dieselbetrieb	62
4.11.1	Kosten	62
4.11.2	Treibhausgasemissionen	63
4.11.3	Energiebilanzen	64
4.12	Vergleich der Ergebnisse mit Literaturdaten	64
4.13	Teil A: Zusammenfassung und Ausblick	65

5	Teil B: Betrieb von Wasserstoffzügen mit on-Board-Wasserstoff-freisetzung aus LOHC-Systemen	69
5.1	Technische Realisierungsoptionen und Konfigurationen für einen Brennstoffzellen-Zug mit LOHC-Wasserstoffspeicherung	70
5.2	Tankvolumen an Bord eines Wasserstoff-Zuges mit LOHC-basierter Wasserstoffspeicherung	73
5.3	Wasserstofffreisetzung an Bord des Zuges	74
5.4	Einsatz von Wärmetauschern und Wasserstoffreinigung	79
5.5	Wasserstoffverstromung an Bord des Zuges	79
5.6	Infrastruktur zur Betankung und LOHC Tanks an Bord des Zuges	80
5.7	Robustheit, Dynamik und Redundanz	80
5.8	Investitionskosten-Vergleich „Zug mit Wasserstoff-Drucktank“ vs. „Zug mit LOHC-Tank“	80
5.9	Teil B: Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	81
6	Bibliographie	84
7	Anhang	87
7.1	Abkürzungsverzeichnis	87
7.2	Symbolverzeichnis	88

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 453
ISBN 978-3-95806-386-0

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

