



WIND - WASSER WASSERSTOFF

Begleitdokumentation zu Abschluss- und Projektarbeiten der
Hochschule Flensburg für den Kreis Schleswig-Flensburg

Exposee

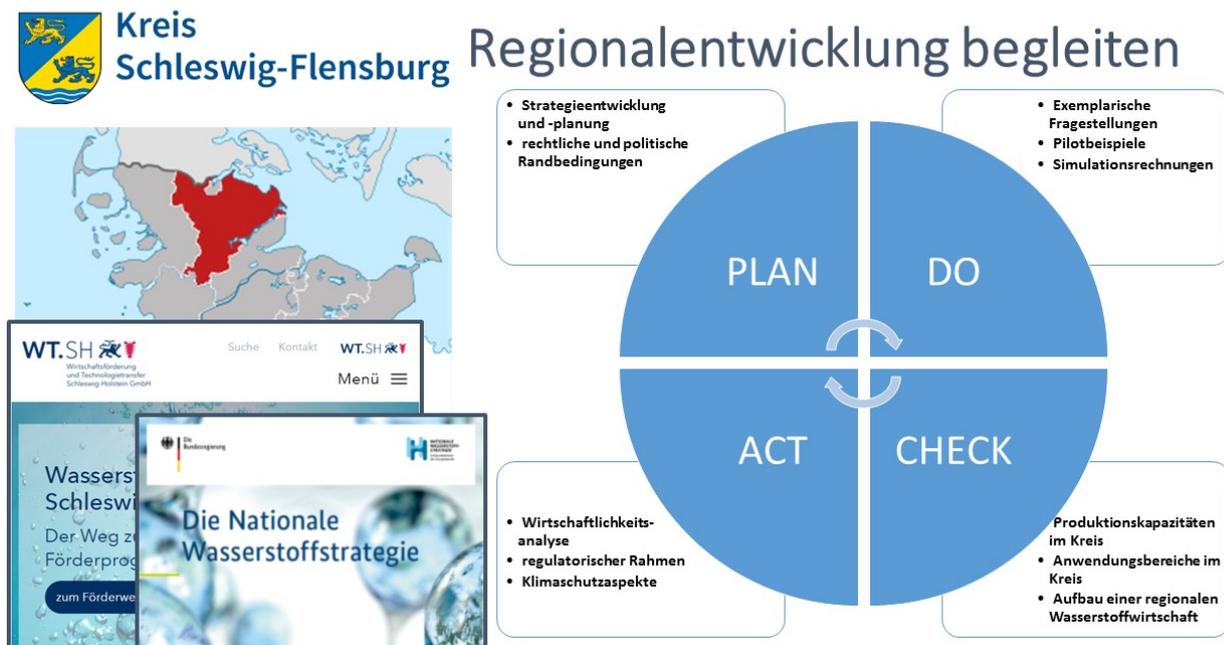
Politische Impulse und Randbedingungen, Rechtsrahmen, Zielsetzung und Methoden
der wissenschaftlichen Begleitung, Bearbeitungsstatus und Ausblick

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
<https://holgerwatter.wordpress.com/>

Entwicklung einer Wasserstoffstrategie für den Kreis SL-FL Statusbericht zur Begleitforschung der Hochschule Flensburg

Stand des Statusberichts: Dienstag, 1. Juni 2021

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com



Zusammenfassung

1. Der **Kreistag des Kreises SL-FL hat am 30. Sept. 2020 beschlossen**, auf Grundlage der Bundes- und Landesstrategie als drittgrößter Windstromproduzent in Schleswig-Holstein mit 1 GW Nennleistung eine eigene Strategie zu entwickeln.
2. Die **Abteilung „Regionalentwicklung“ der Kreisverwaltung** ist – zusammen mit der Regional- und Entwicklungsgesellschaft des Kreises – mit der Planung und Umsetzung beauftragt.
3. Die **HOCHSCHULE FLENSBURG** begleitet mit studentischen Projekt- und Abschlussarbeiten diesen Prozess. Dazu wurde auf Grundlage
 - der bisherigen Erfahrungen an der HOCHSCHULE FLENSBURG und
 - den formalen Randbedingungen der Bundes- und Landesstrategie
 - eine Methoden- und Vorgehensplanung vorgelegt sowie
 - eine regionale Bestandsaufnahme durchgeführt.
4. Anhand bestehender Windparks, die teilweise in nächster Zeit die Förderung aus dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) verlassen, wurde eine **Potentialabschätzung** durchgeführt. Dabei ist festzustellen, dass – wegen der Windverteilung – im Jahresmittel ca. 25% der Nennleistung für eine Wasserstoffherzeugung zur Verfügung stehen kann. Im Winter mehr, im Sommer etwas weniger. Die Windverteilung ist hier „die größte Störgröße“, die durch technische Maßnahmen nicht verändert werden kann.
5. Verbindet man diese Aussage mit den **Leistungsmerkmalen der Elektrolyse** muss festgestellt werden,
 - pro Kilogramm Wasserstoff werden ca. 55 kWh Energie und mind. 9 Kilogramm aufbereitetes Wasser benötigt;
 - es sind also erhebliche Energie- und Wassermengen bereitzustellen;
 - der Elektrolyseur wird dabei sehr ungünstigen, starken Schwankungen ausgesetzt – mal unterfordert – mal überfordert.
6. Das bedeutet am **Beispiel einer Windkraftanlage mit 1-MW-Nennleistung**:
 - Die durchschnittliche Leistung beträgt im Jahresmittel 250 Kilowatt,
 - mit 55 kWh/kg Wasserstoff wären also ca. **4 bis 5 kg Wasserstoff pro Stunde** oder
 - 110 kg Wasserstoff pro Tag im Jahresmittel produzierbar,
 - dazu ist die 9-fache Menge aufbereitetes (!) Wasser, also ca. $9 \times 4,5 \text{ kg/h} = 40 \text{ kg/h}$, bereitzustellen,
 - unter Berücksichtigung der Osmose Beaufschlagung nochmals die 5fache Brauchwassermenge (Regen-, Ab- oder Seewasser) – somit $5 \times 40 \text{ kg/h} = 200 \text{ kg/h}$ Rohwasser (**45-fache Wassermenge pro Kilogramm Wasserstoff**) UND
 - die Investitions-, Betriebs- und Logistikkosten zu betrachten.
7. Ein **Zwischenfazit als 3-minütiges YOUTUBE-Video** wurde am 1. Dez. 2020 auf dem **FUTURE ENERGIES SCIENCE MATCH des TAGES-SPIEGELS** gegeben.
8. Parallel wurden die Anforderungen an die **Wasseraufbereitung zur Wasserstoffherzeugung** beschrieben, um als „Hand-Out Basiswissen“ für die studentischen Arbeiten zu dienen. Da das Wasser sowieso aufbereitet werden muss, kann Regen-, Ab- oder Seewasser verwendet werden.
9. Potentialabschätzung für den Kreis insgesamt:
 - Installierte Nennleistung im Kreis SL-FL: 1 GW = 1000 MW = 1.000.000 kW,
 - verfügbar aufgrund der Windverteilung 250 MW im Jahresmittel,
 - Wasserstoffprognose total: $250 \text{ MW} \times 4,5 \text{ kg H}_2/\text{h} / \text{MW} = 1.125 \text{ kg Wasserstoff pro Std.}$
 - Als Benzin- oder Dieseläquivalent ca. 3facher Energieinhalt, also: $1.125 \text{ kg/h} \times 3 = 3.375 \text{ kg/h}$ konventionelle Kraftstoff - bzw. bei ca. 800 kg/m^3 entspricht dies ca. $3.375/800 =$ ca. $4,2 \text{ m}^3$ oder 4219 Ltr Benzin- oder Dieselsersatz pro Std. kreisweit theoretisch möglich.
 - Wasserbedarf $1125 \text{ kg/h} \times 45 = 50.625 \text{ kg Wasser pro Std.} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Aufgrund der Mengen wird eine zentrale Elektrolyse nebst Wasseraufbereitung und auch eine Risikoanalyse empfohlen.
10. Im Rahmen der **wissenschaftlichen Begleitung** sind verschiedene **Produktions- und Anwendungsfelder** zu untersuchen. Die Bearbeitung erfolgt projektbegleitend durch studentische Projekt- und Abschlussarbeiten. Die weiteren geplanten Schritte orientieren sich an der empfohlenen Vorgehensweise zum **Innovationsmanagement**. Zu berücksichtigen sind dabei die wichtige **„Treiber“ für technologische Entwicklungen** sowie ein probates **Risikomanagement**.
11. Zu den Mobilitätskonzepten sind Folgearbeiten in Arbeit. Die nachfolgenden Ausführungen geben den aktuellen Stand sowie Einblicke und Ausblicke zum o.g. Datum. Der Projektstatus wird zur Diskussion gestellt.

Regionalentwicklung gemeinsam gestalten

Kreis SL-FL und HOCHSCHULE FLENSBURG möchten über Projekt- und Abschlussarbeiten kooperieren - Studierende gesucht ...



Anwendungsnahe Projekt- und Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit mit wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren aus der Region gehören zu den wichtigen Profilerkmalen der Hochschulen für angewandte Wissenschaften (ex Fachhochschulen) [1,2]. Aufgrund aktueller politischer und gesellschaftlicher Fragestellungen sollen ausgewählte Herausforderungen und Problemstellungen zur Regionalentwicklung aus dem Kreis Schleswig-Flensburg in Zusammenarbeit mit der HOCHSCHULE FLENSBURG bearbeitet werden [3]. Zielstellung, Studierendenaufwurf und Vorgehensplanung werden nachfolgend beschrieben.

Zusammenfassung	2
1. Zielsetzung und Begründung	3
2. Thematische Einordnung und Fragestellungen	4
3. Vorgehensweise	5
3.1 Eingangsthesen und Impulse des Kreises	5
3.2 Kontaktaufnahme Studierende	8
3.3 Zwischenstand: Studentische Projekte und Abschlussarbeiten	9
3.4 Ausblick: Förderprojekt	15
Stabsstelle Forschung und Transfer der Hochschule FL	15
Beispieloptionen	15
4. Rechtsgrundlagen	17
5. Verweise	18
6. ANHANG: Präsentation (optional)	18

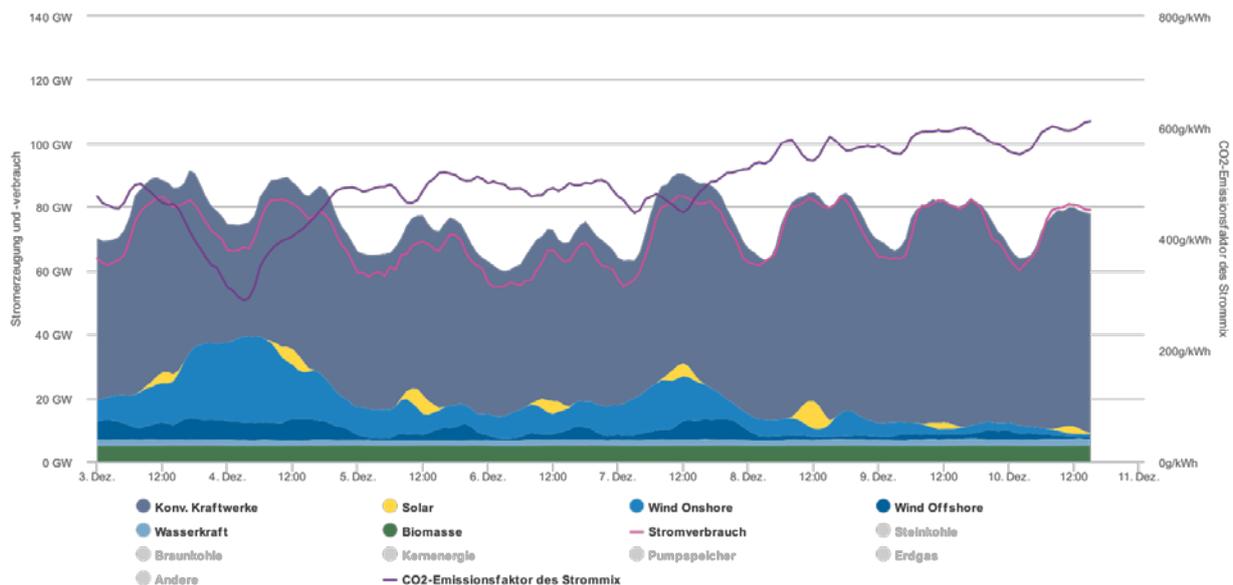
1. Zielsetzung und Begründung

Das Hochschulgesetz sieht für den **Beitrag der Hochschulen zur Regionalentwicklung** mehrere Möglichkeiten vor [4,5,6] - vgl. dazu auch die Ausführungen unter Ziff. 4 in diesem Beitrag.

Im vorliegenden Fall sollen ausgewählte Fragestellungen zu energiewissenschaftlichen Problemstellungen und zu Nachhaltigkeitsaspekten als Projekt- und Abschlussarbeiten untersucht werden [5,6]. Die Bearbeitung erfolgt durch Studierende und Hochschullehrer (m/w/d) im Rahmen der Studierendenbetreuung und den curricularen Verpflichtungen der Studierenden im Hauptamt als Projekt- oder Abschlussarbeit.

- **Vorteilig** ist dabei, dass eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten entsteht: Die Studierenden bearbeiten aktuelle Fragestellungen anhand konkreter Problemstellungen z.B. als Projektarbeit, der "Auftraggeber Regionalentwicklung beim Kreis" erhält eine kostenfreie Expertise durch die Studierenden, die Hochschule tagesaktuelle Fragestellungen und Einblicke.
- **Nachteilig** ist, dass zeitlich und inhaltlich keine Qualitätsstandards eingehalten werden können, weil die Bearbeitung im Rahmen des Studiums erfolgt und "im Wettbewerb beworben" werden muss.

Mit diesem **methodisch-didaktischem Ansatz** entsprechen wir als *Hochschule für angewandte Wissenschaften (HAW)* dem HUMBOLDT'schen Bildungsideal: Die Hochschule als Gemeinschaft der Lehrenden und Lernenden, bei der die Lehrenden die Erfahrungen und die Methoden und die Lernenden die Kreativität und Neugier einbringen. Diese kreative Symbiose schafft Dynamik und Entwicklungspotentiale, die von außen schwer zu erkennen, aber im täglichen Dialog der Lehrenden und Lernen entsteht und die Präsenz und tägliches Engagement auf beiden Seiten erfordert und bedingt [7...10].



Agora Energiewende; Stand: 10.12.2020, 16:31

Stromerzeugung und Verbrauch sowie Emissionsfaktor Deutschland, nach

https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation/03.12.2020/10.12.2020/

2. Thematische Einordnung und Fragestellungen

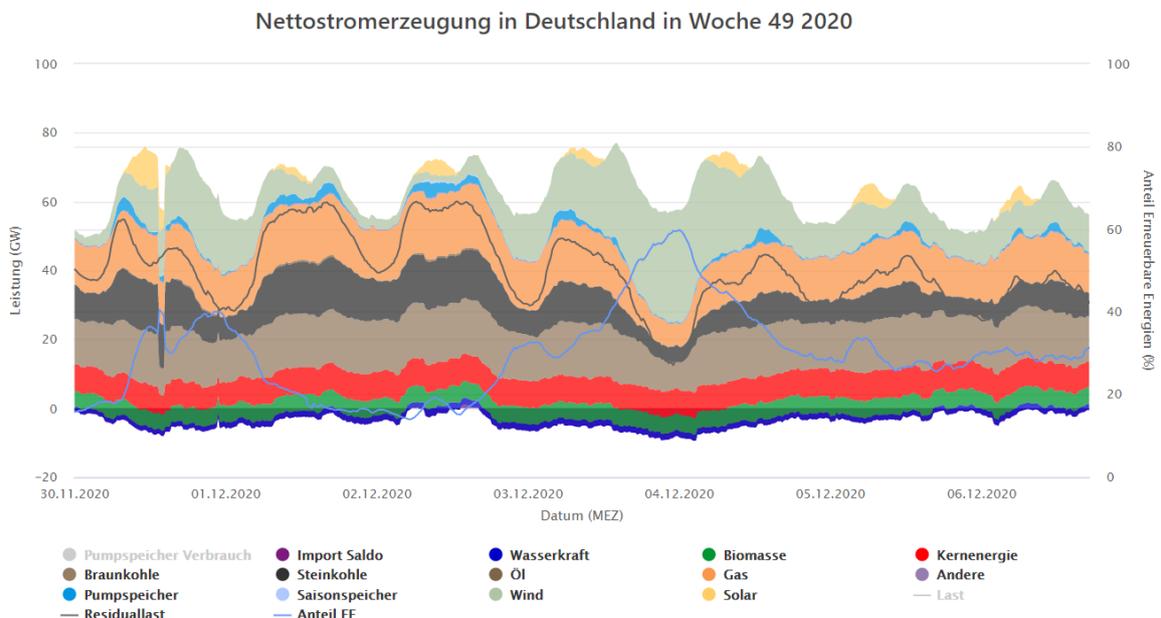
Der Kreis ist eingeladen, seine Informationsbedarfe zu formulieren; die Hochschule wird eingeladen, sich durch Projekt- oder Abschlussarbeiten in allen Bereichen und Ebenen an der Regionalentwicklung zu beteiligen.

Die nachfolgend genannten, exemplarischen Problemstellungen werden

1. durch den "Auftraggeberin Regionalentwicklung Kreis" benannt und ggf. spezifiziert,
2. durch die Hochschule als Aufgabenstellung "in bearbeitbare Teilaufgaben" als "Auftrag" formuliert, curricular eingeordnet und eingeplant,
3. auf der Lernplattform StudIP¹ der Hochschule und als Blogbeitrag bei den Studierenden beworben und
4. durch die Studierenden im Sinne des Projektmanagements beplant, bearbeitet, aufbereitet und konzeptioniert.

Bevorzugt werden ganzheitliche, systemtechnische Fragestellungen. Exemplarisch sei eine ausformulierte Aufgabenstellung für die Gemeinde Tarp aus dem Jahre 2012 genannt:

Machbarkeitsstudie für ein Windpumpensystem in einem Wohngebiet (MP, 2012): Die Gemeinde Tarp plant im Neubaugebiet Schellenpark die Einbindung einer Seenstruktur. Im Rahmen des Planungsprozesses hat sich herausgestellt, dass aufgrund des Niederschlagsangebotes, der Lage des Grundwasserspiegels und der Verdunstungsraten hydraulischen Hebevorrichtungen notwendig sein werden. Im Rahmen der Arbeit ist der hydraulische Leistungsbedarf und das Windenergieangebot über den Jahresgang darzustellen und quantitativ zu bewerten, die Eck- und Konstruktionsdaten des Windpumpensystems sind festzulegen und eine Marktrecherche durchzuführen, sowie Handlungsempfehlungen für die Gemeinde abzuleiten. Die Arbeit wird fachlich durch das Bauamt des Amtes Oeversee und das Planungsbüro INGENIEURGESELLSCHAFT NORD (IGN).



Energy-Charts, FRAUNHOFER ISE, <https://energy-charts.info/charts/power>

¹ Stud.IP is die Abkürzung für Studienbegleitender Internetsupport von Präsenzlehre. Es ist eine internetbasierte Arbeitsumgebung zur Unterstützung von Lehrveranstaltungen an Bildungseinrichtungen (Lernplattform, Learning Management System), die als freie Software entwickelt worden ist, um über das Internet eine Kommunikation zwischen Lernenden und Lehrenden zu ermöglichen und zu standardisieren. Vgl. <https://elearning.hs-flensburg.de/studip>

3. Vorgehensweise

3.1 Eingangsthesen und Impulse des Kreises

Mit ca. 1.080 MW installierter Leistung aus Windenergie ist der Kreis Schleswig-Flensburg nach den Kreisen Dithmarschen und Nordfriesland der drittgrößte Windstromproduzent in Schleswig-Holstein. Den nach Beendigung des Windausbau-Moratoriums zu erwartenden weiteren Ausbau auch von Onshore Windkraft steht weiterhin das Problem der Abregelung von Windkraftanlagen nach dem Einspeisemanagement entgegen, da die zur Verfügung stehende Netzkapazität die installierte Windmenge nicht aufnehmen kann. Dies ist auch dann nicht zu erwarten, wenn der Westküsten-Link und die neue Mitteltrasse fertiggestellt sein werden, da hier 75 % der Leistungskapazitäten der Durchleitung von Windstrom aus Dänemark vorbehalten ist. Zusammen mit dem nur zögerlichen Bau des Sümlink muss so eine erhebliche Summe als Kompensationszahlungen nach den Regelungen des EEG an die Windkraftanlagenbetreiber geleistet werden, ohne dass hierfür Energie produziert wird. Eine mögliche Alternative, dieser Herausforderung zu begegnen stellt die regionale Energieproduktion, etwa durch die Transformation von Erneuerbarem Strom zu Grünem Wasserstoff bzw. durch weitere Veredelungsstufen zu synthetischen Kraftstoffen dar.

Mit **Kreistagsbeschluss vom 30.09.20 (18-2020)** hat sich der Kreis Schleswig-Flensburg vorgenommen, zweigleisig das Thema Wasserstoff in der Region anzugehen:

1. Perspektivisch soll eine Wasserstoffstrategie für das Kreisgebiet erstellt werden. Kernziel ist dabei einen Übergang von reiner Windstromproduktion mit anschließendem „Export“ hin zu einer verstärkten Regionalen Wertschöpfung (insb. auch durch Energieumwandlung) zu beschreiben.
2. Kurzfristig soll im Kreis Schleswig-Flensburg ein „Pilotvorhaben“ im Bereich Wasserstoff mithilfe von Landesförderung konzipiert und umgesetzt werden. Die Ausrichtung wird im Beschluss wie folgt beschrieben:

„Der Kreis SL-FL wird sich mit einem Pilotprojekt, basierend auf der Wasserstofftechnologie, an das Land S-H wenden, um Fördergelder zu generieren. Dabei werden die Anwendungsfelder „Mobilität und Transport“ priorisiert. Die Umrüstung von Fahrzeugen im ÖPNV, der Abfallwirtschaft und der Kreisverwaltung sowie die Schaffung der dafür notwendigen Infrastruktur stehen dabei im Vordergrund.“

Im Kern dieses Pilotvorhabens würden für eine erste Betrachtung kreiseigene Gesellschaften (insb. Abfallwirtschaft SF) bzw. direkt durch den Kreis beeinflussbare Unternehmen (Verkehrsbetriebe ÖPNV) im Fokus stehen. Gleichzeitig erscheinen aktuell die höchsten Umsetzungspotenziale bzw. die höchste Sinnhaftigkeit für uns im Bereich Spezial-/ Schwerlast – bzw. Busverkehre zu liegen.

Dieses Projekt ist durch die Regionalentwicklung des Kreises, in Kooperation mit der WiREG mbH und Hansewerk sowie durch Einbindung der zuvor genannten Bereiche Abfallwirtschaft und ÖPNV getragen. Die Bereitschaft entsprechende Umrüstungen vorzunehmen bzw. die entsprechenden Infrastrukturen mit zu schaffen liegt in beiden Bereichen vor.

Voraussetzung hierfür (und auch für entsprechende Landesförderung) ist allerdings eine positive bzw. umsetzbare Perspektive als Ergebnis einer zwangsläufig vorzuschaltenden Machbarkeits-/ Konzeptstudie. Neben den klassischen Kernfragen einer Machbarkeitsstudie bzw. als vertiefender Schwerpunkt, wäre die Fragestellung zu beleuchten: „An welchem Punkt lohnt ein Übergang von

Anlieferung des Wasserstoffs (bspw. per Tanklaster zu den Verbrauchern bei asf bzw. im ÖPNV) hin zu einer lokalen Produktionsanlage für die anfänglich geringe Abnehmerzahl“.

Weitere Inhalte der Studie:

- Politische und rechtliche Rahmenbedingungen (Klimaschutz, CO₂-Bepreisung, EEG, Nationale und Länderstrategie H₂, Kreisstrategie H₂)
- Anwendungsbereiche für grünen Wasserstoff sowie Anwender, Ausbaupfade einer H₂-Infrastruktur im Kreis SL-FL
- Wasserstoffproduktion (Infrastruktur, Logistik)
- Wirtschaftlichkeitsanalyse (Wertschöpfungskette, Kosten Produktion, Regulatorischer Rahmen, Zahlungsbereitschaft Anwender, Betrachtung „Heute - Zukunft“)
- Aufbau einer regionalen „Wasserstoffwirtschaft“ (Pilotvorhaben asf und ÖPNV)

Bearbeitung exemplarischer Fragestellungen, beispielhaft seien genannt: ²

1. *politische und rechtliche Rahmenbedingungen*
 - a. *Klimaschutz (national, Kreis), CO₂-Bepreisung*
 - b. *Bedeutung „grüner Wasserstoff“ zur Erreichung der Klimaziele*
 - c. *ationale, norddeutsche Wasserstoff-Strategie und Maßnahmenkatalog SH*
 - d. *Wasserstoffstrategie für den Kreis*
2. *Anwendungsbereiche*
 - a. *Anwendungsbereiche für „grünen Wasserstoff“ in der Region SL-FL,*
 - b. *Priorisierung von Anwendungsfeldern (ÖPNV, Abfallwirtschaft, Logistik, Züge, Schiffe, Tankstelleninfrastruktur ...)*
 - c. *Wer sind geeignete Anwender (Firmen) in der Region? Wer hat Interesse an Nutzung von „grünem Wasserstoff“? Wo sind die Hinderungspunkte?*
 - d. *Planung und Erstellung eines Auspfades*
3. *Produktion von „grünem Wasserstoff“*
 - a. *Verfügbarkeit „Grünstrom“ im Kreis*
 - b. *notwendige Erzeugungsinfrastruktur und -kapazitäten (dezentrale nahe EE-Anlagen versus größere, zentrale Elektrolyseure und/oder nahe Verbraucher)*
 - c. *Wasserstofflogistik (Trailer, Speicher, Tankanlagen ...)*
 - d. *Synergie mit andern Wasserstoff-Regionen/Kreisen*
4. *Wirtschaftlichkeitsanalyse*
 - a. *Produktionskosten, Transportkosten*
 - b. *Regulatorischer Rahmen,*
 - c. *Zahlungsbereitschaft Anwender*
 - d. *Betrachtung Ist versus Zukunft*
5. *Klimaschutzaspekte*
 - a. *CO₂-Einsparung*
 - b. *gesellschaftliche Aspekte*
6. *Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft*
 - a. *Pilotvorhaben „Abfallsammelfahrzeuge“ (vgl. Kreis NF)*
 - i. *Wo kommt der grüne Wasserstoff her?*
 - ii. *Gibt es geeignete Fahrzeuge? Marktverfügbarkeit?*
 - iii. *Diskussion operativer Aspekte (Service, Wartung, Besonderheiten des Einsatzes...)*
 - iv. *Kostensituation*
 - b. *Strategieentwicklung für die Region*
 - i. *Wasserstoff-Lieferanten*
 - ii. *Mögliche Anwender*
 - iii. *Pilotvorhaben*
 - iv. *Zeitstrahl*

² vgl. Fachbereich Kreisentwicklung vom 29.09.2020

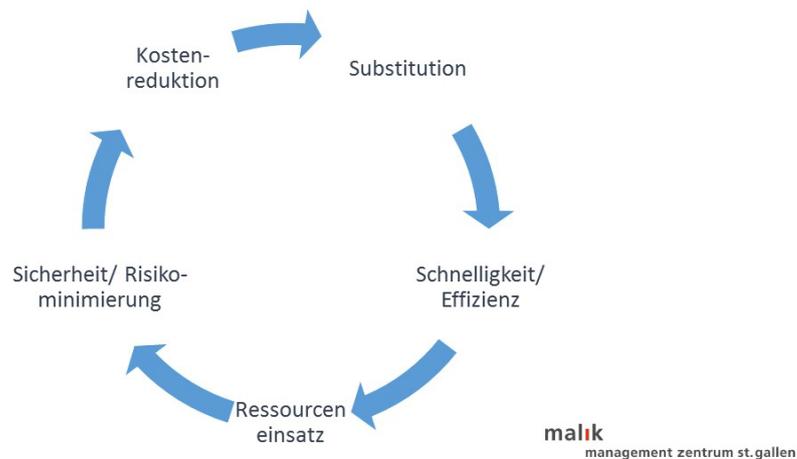
Denkbar wären auch mehrere (Teil-) Studien:

1. wie o.g. - Umsetzungs- und Konzeptstudie für eine Wasserstoffwirtschaft mit den Akteuren Abfallwirtschaft und ÖPNV
2. Generelle Kreisstrategie Wasserstoffwirtschaft für den Kreis SL-FL (Erzeugung und Verbrauch)
3. Vergleichsstudie Energiewende (Energieträger); Vergleich Wasserstoff mit anderen Energieträgern, u.a. Direktverwendung von Ökostrom v.a. Veredelung H2; wo liegen die Potenziale des Kreises Schleswig-Flensburg, auch Sektoren bezogen

Road-Map Innovationsmanagement



„Driver“ für technologische Entwicklungen



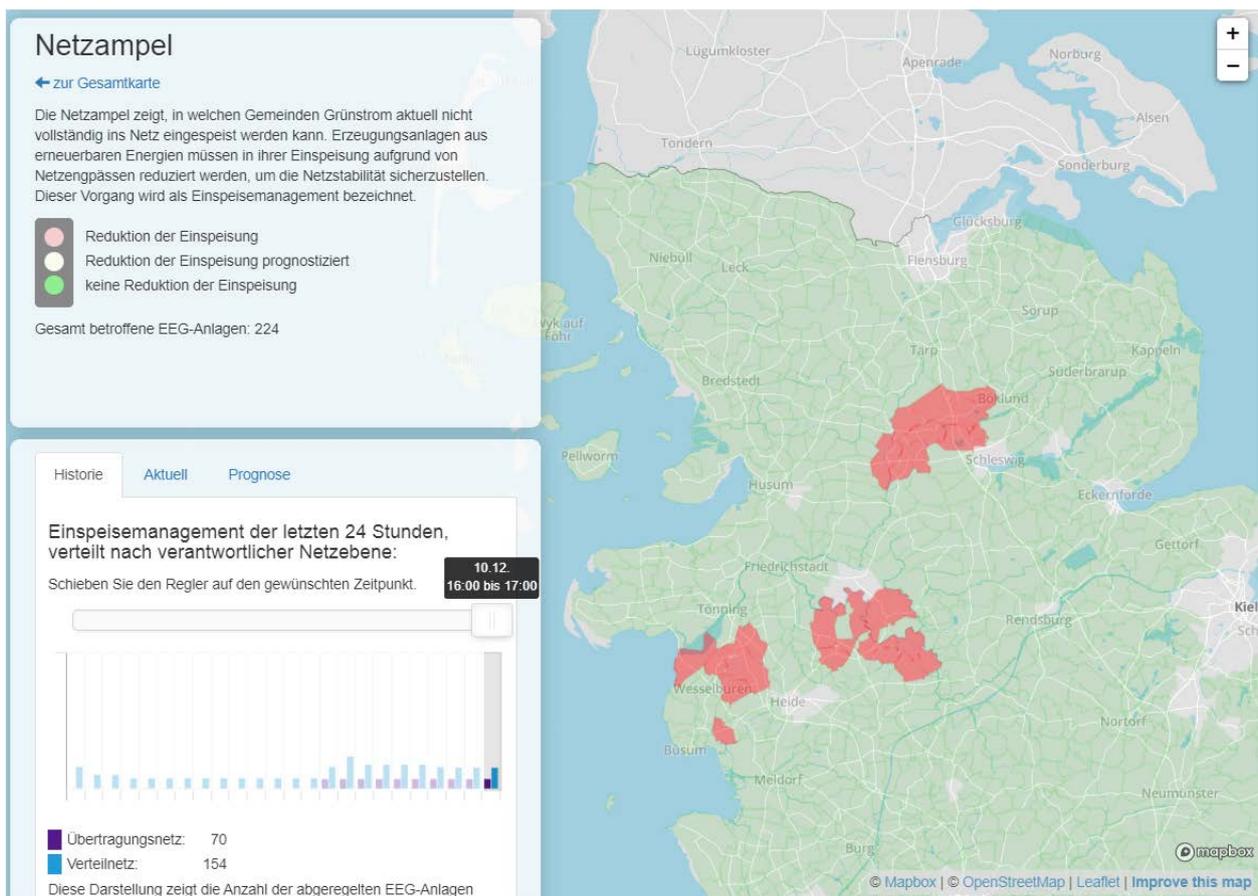
3.2 Kontaktaufnahme Studierende

Die Studierenden werden gebeten,

1. zunächst die Vorgehensweise mit dem zuständigen Hochschullehrer (m/w/d) abzustimmen, um dann ggf.
2. Detailabsprachen über die Regionalentwicklung beim Kreis SL-FL durchzuführen.

Ansprechpersonen:

<p>Mathias Jahnke Leiter Sachgebiet Regionalentwicklung Kreis Schleswig-Flensburg Fachdienst – Kreisentwicklung, Bau und Umwelt Sachgebiet – Regionalentwicklung Raum 408 Flensburger Straße 7 24837 Schleswig</p> <p>Telefon: 04621 87-673 Fax: 04621 87-588 mathias.jahnke@schleswig-flensburg.de www.schleswig-flensburg.de</p>	<p>Nils Schümann Kreisentwicklung, Bau und Umwelt Regionalentwicklung Raum: 406 Flensburger Straße 7 DE - 24837 Schleswig</p> <p>Telefon: 04621 87-679 Fax: 04621 87-588 nils.schuemann@schleswig-flensburg.de www.schleswig-flensburg.de</p>	<p>Carsten Delfs Regionalmanager Energiewende und Umweltinnovation Fachdienst – Kreisentwicklung, Bau und Umwelt Sachgebiet – Regionalentwicklung</p> <p>c/o WiREG Lise-Meitner-Straße 2 24941 Flensburg</p> <p>Telefon: 0172-523 11 56 carsten.delfs@schleswig-flensburg.de</p>
---	--	---

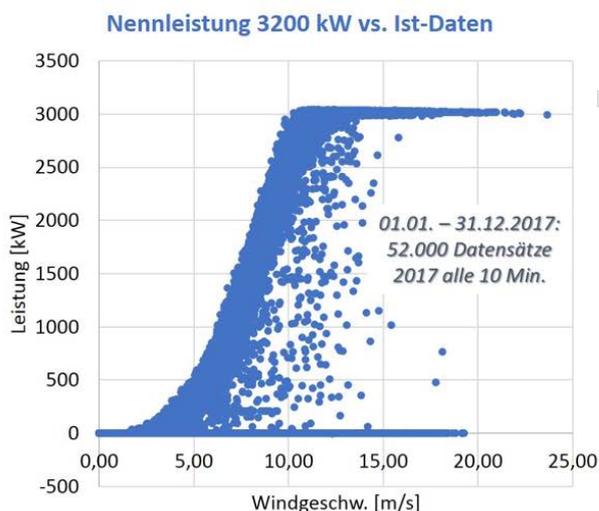


Netzampel: <https://netzampel.energy/shnetz>

3.3 Zwischenstand: Studentische Projekte und Abschlussarbeiten

- [1] **Gosch, Nele; Lammers, Nils; Roßberg, Morten; Schumacher, Kristina; Widera, Justus, Wolfrat, Julian: Machbarkeitsstudie für eine Power-to-Gas-Umsetzung für einen Windpark (P, 2020):** Im nördlichen Schleswig-Holstein bestehen aufgrund des Geländeprofiles und der Windverhältnisse sehr gute Nutzungsmöglichkeiten für die Windkraft im Rahmen der Energiewende. Zahlreiche Anlagen gehen in nächster Zeit aus der Förderung und der garantierten Einspeisevergütung heraus. Ggf. ist zu prüfen, ob die bestehenden Anlagen für anderweitige Energiekonzepte genutzt werden können. Die Wasserstoffherzeugung mittels Power-to-Gas stellt dabei eine mögliche Option dar. Im Rahmen der vorliegenden Projektarbeit ist für einen exemplarischen Windpark eine Machbarkeitsstudie zu erstellen. Dazu sind (1.) im Rahmen des Projektmanagements eine Aufgaben- und Meilensteinplanung vorzulegen, (2.) da nur die aufsummierten Energieerträge vorliegen sind die Daten in EXCEL als tägliche, wöchentliche oder monatlich gemittelte Leistung aufzubereiten und zu berechnen sowie in Relation zur Nennleistung zu setzen, (3.) mit Hilfe einer Marktrecherche im Internet sind geeignete Elektrolyseure auszuwählen und zu vergleichen; hier sind insbesondere die Leistungsbereiche, die Wirkungsgrade und die Ertragsprognosen zu vergleichen und geeignete Hersteller zu benennen, (4.) für das Betriebsmanagement sind die Anforderungen an das Wasser- und Energiemanagement zu untersuchen (Aufbereitungsanforderungen an das Wasser, Bereitstellungsmengen und –qualität, Einfluss der Lastsprünge auf das Betriebsverhalten des Elektrolyseurs etc.), (5.) die Bereitstellungs- und Vertriebsinfrastruktur sind qualitativ monetär zu bewerten, es ist zu prüfen, ob die Anlage wirtschaftlich betrieben werden kann. (6.) Unter den aktuellen Randbedingungen spielen die Netzentgelte und die Frage des Eigenverbrauchs eine herausragende Rolle; die Randbedingungen sind zu erörtern und kritisch zu hinterfragen, (7.) die Erkenntnisse sind nach wissenschaftlichen Standards in einem Projektbericht zusammenzufassen und Handlungsempfehlungen für den Betreiber abzuleiten [11].

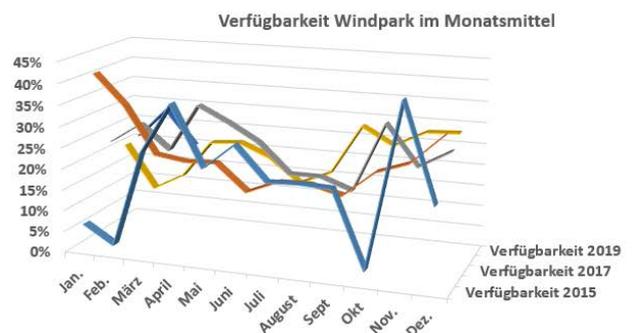
ZWISCHENERGEBNIS: „Verfügbarkeit“



Volllaststunden / Kapazitätsfaktor

1675 2135 Volllaststunden

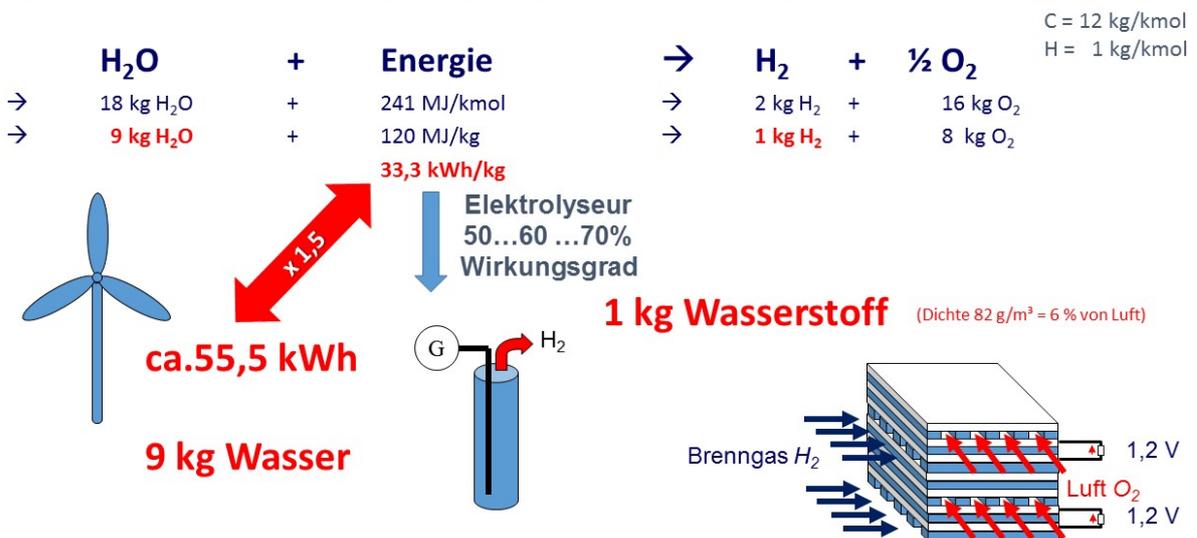
= 19 ... 25 % Verfügbarkeit im Jahresmittel



[2] **Forner, Martje: Konstruktive und betriebliche Anforderungen bei der Elektrolyse von Wasserstoff in einem Windpark** (B, 2020): Im Rahmen der „Energiewende“ könnte die Elektrolyse von Wasserstoff mit Hilfe der Windenergie eine sinnvolle Option darstellen. Am Beispiel eines bestehenden Windparks sind die konstruktiven und betrieblichen Voraussetzungen für eine Wasserstoffproduktion nach Auslaufen der EEG-Vergütung zu prüfen. Dazu ist im Rahmen einer Machbarkeitsstudie (1) eine Marktrecherche zu möglichen Elektrolyseanbietern zu erstellen, (2) das betriebliche Verhalten bei statischen und dynamischen Erzeugungsschwankungen theoretisch zu beschreiben (3) die betrieblichen Anforderungen und Rückwirkungen abzuleiten sowie (4) durch ein Simulationsmodell in MATLAB SIMULINK abzubilden. Es ist insbesondere (5) auf die Wasserchemie und die Anforderungen an die Wasseraufbereitung und die Dynamik der Anlagentechnik einzugehen [12].

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

ZWISCHENERGEBNIS: Power-to-Gas – Elektrolyse



[3] **Future Energies Sciences Match** am 1. Dez. 2020 als Videobeitrag:

<https://youtu.be/36MuLEcoPx0> , vgl. auch

<https://holgerwatter.wordpress.com/2020/12/01/future-energies-science-match-2020/>

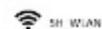


Prof. Dr.-Ing.

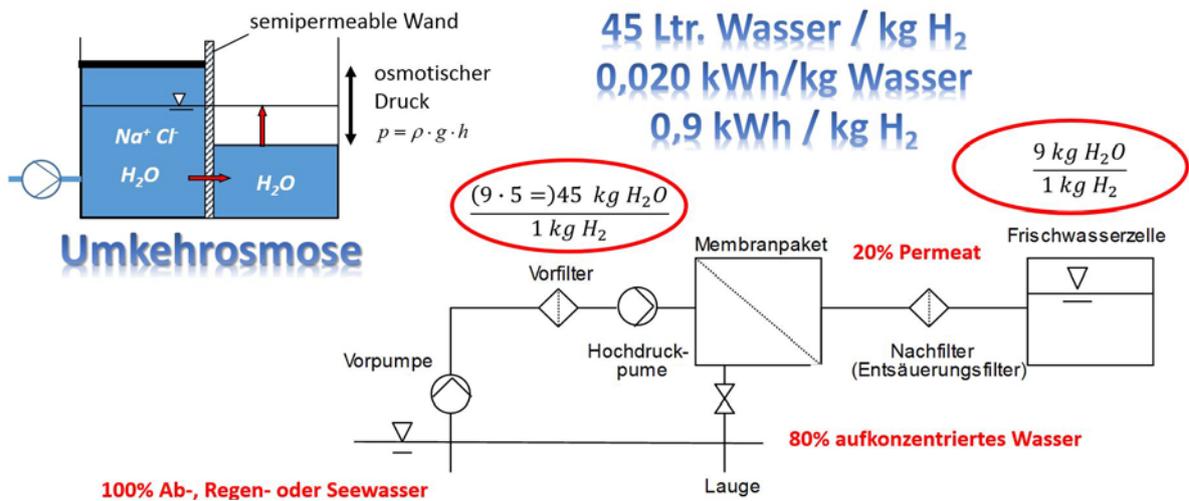
Holger Watter

Hochschule Flensburg

Entwicklung einer Wasserstoffstrategie für den Kreis Schleswig-Flensburg



[4] Anforderungen an die Wasserqualität zur Wasserstofferzeugung, Beitrag unter <https://holgerwatter.wordpress.com/2020/12/06/wasserqualitat-zur-wasserstofferzeugung/>



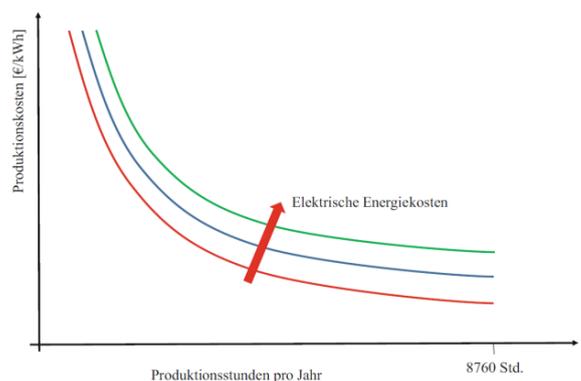
[5] Lorenzen, Sönke; Sabsabi, Abdulrahman; Rose, Jonathan, Schaadt, Tjark: Potentiale für eine grüne Wasserstoffinfrastruktur im Kreis SL-FL (P, 2021): Im Rahmen der Regionalentwicklung des Kreises SL-FL ist eine Wasserstoffstrategie für den Kreis zu entwickeln. Dazu sind (1) die Randbedingungen aus der schleswig-holsteinischen und deutschen Wasserstoffstrategie zu berücksichtigen. In der vorliegenden Arbeit soll auf Basis dieser strategischen politischen Entscheidungen und Vorarbeiten an exemplarischen Windparks ein Überblick zur möglichen Erzeugungskapazität und -infrastrukturfragen behandelt werden. Es sind (2) die vorhandenen und geplanten Windkapazitäten (1.080 MW Nennleistung) in einer Modellrechnung auf eine Wasserstoffherzeugung umzustellen (3) die möglichen Erträge im Jahresmittel zu bestimmen (4) ein Vorschlag für eine Sammel- und Versorgungsstruktur zu unterbreiten (zentral versus dezentrale Ver- und Entsorgungssysteme ...) sowie (5) der Energiefluss in Form eines SANKEY-Diagramms für die verschiedenen Szenarien darzustellen. Es ist eine Methoden- und Vorgehensplanung im Sinne des Projektmanagements vorzulegen. Die Arbeit wird durch die Abteilung Regionalentwicklung des Kreises unterstützt und soll im Anschluss der Politik zur Entscheidung vorgelegt und veröffentlicht werden [13].

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter-watter.com

Beispielrechnung



1 MW = 1000 kW Nennleistung
 25% = 250 kW durchschnittl. Leistung
 mit 55 kWh / kg Wasserstoff
 → ca. 4 ... 5 kg Wasserstoff pro Stunde
 110 kg Wasserstoff pro Tag
Investitions-, Betriebs- und Logistikkosten?



Landesamt für ... > Windkraftanlagen

Landesamt für
Landwirtschaft, Umwelt
und ländliche Räume
(LLUR)



Kategorie:
Energie: Umwelt: Wissenschaft
und Technologie

Lizenz:
Datenlizenz Deutschland
Namensnennung 2.0 (Landesamt
für Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume (LLUR))

Zeitraum:
19.10.2020 -

Veröffentlicht:
19.10.2020

Zuletzt bearbeitet:
21.10.2020

Windkraftanlagen



Dieser Datensatz enthält Daten und Standorte von genehmigungspflichtigen Windkraftanlagen in Schleswig-Holstein. Im Landesportal sind weitere Informationen zum Thema Windenergie zu finden.

Hinweise zur Veröffentlichung der Winddaten Schleswig-Holstein

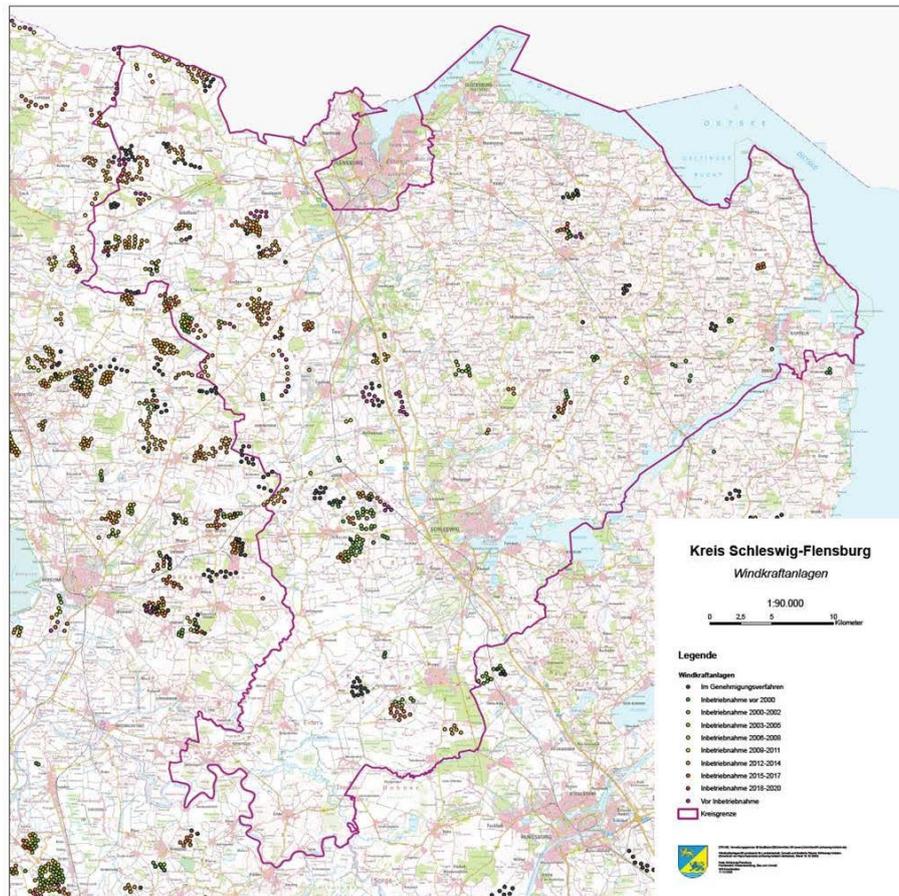
Die Winddaten werden halbjährlich aktualisiert.

Grundlage der Darstellung die Daten, die im Rahmen des erforderlichen Genehmigungsverfahrens auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vorzulegen sind.

Die Tabelle unterscheidet zwischen Anlagen und deren möglichen Leistungen, die

- bereits in Betrieb sind
- bereits genehmigt aber noch nicht in Betrieb genommen wurden
- sich noch im Genehmigungsverfahren befinden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Anlagenanzahl erhebliche Abweichungen zu weiteren, insbesondere bundesweiten Erhebungen, aufweist. Ursache hierfür ist nach hiesiger Auffassung, dass Abbau- und Repoweringraten bei bundesweiten Umfragen nur unzureichend berücksichtigt werden können.



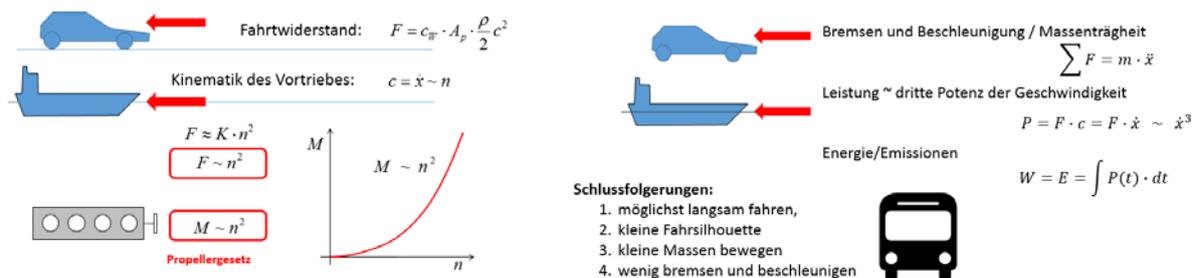
[6] **Bohl, D.; Isermann, J.-M.; Rehders, B.-O.; Wengler, M.-L.: Untersuchung von kommunalen Mobilitätskonzepten für den Kreis Schleswig-Flensburg (P, 2021):** Perspektivisch soll für den Kreis SL-FL eine Wasserstoffstrategie erstellt werden. Kernziel ist dabei einen Übergang von reiner Windstromproduktion mit anschließendem „Export“ hin zu einer verstärkten Regionalen Wertschöpfung (insb. auch durch Energieumwandlung) zu beschreiben. Kurzfristig soll im Kreis Schleswig-Flensburg ein „Pilotvorhaben“ im Bereich Wasserstoff mithilfe von Landesförderung konzipiert und umgesetzt werden. Die Ausrichtung wird im Beschluss wie folgt beschrieben: „Der Kreis SL-FL wird sich mit einem Pilotprojekt, basierend auf der Wasserstofftechnologie, an das Land S-H wenden, um Fördergelder zu generieren. Dabei werden die Anwendungsfelder „Mobilität und Transport“ priorisiert. Die Umrüstung von Fahrzeugen im ÖPNV, der Abfallwirtschaft und der Kreisverwaltung sowie die Schaffung der dafür notwendigen Infrastruktur stehen dabei im Vordergrund.“ Im Rahmen von Vorarbeiten sind die bestehende Förderstruktur zur Bundes- und Landesstrategie für eine Wasserstoffstrategie sowie Machbarkeitsstudien für eine Wasserstoffproduktion im Kreis bereits vorgelegt worden. In der vorliegenden Arbeit ist

- (1) eine Methoden- und Vorgehensplanung im Sinne des Projektmanagements (Projekt-Struktur-Plan, Rahmenterminplan, GANT-Chart) vorzulegen,
- (2) die physikalischen und operativen Randbedingungen der mobilen Anwendung exemplarisch zu beschreiben (Einfluss von Strömungswiderständen, Aerodynamik, Massenträgheit, Fahrplan ... auf Verbrauch und Emissionen),
- (3) die Erkenntnisse aus den Vorarbeiten auf ein regionales Konzept durch Vergleich und Benchmark³ zu übertragen,
- (4) die dortigen Thesen durch eigene Überschlagsrechnungen zu verifizieren,
- (5) Konzepte und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Firma AKTIV BUS FLENSBURG (<https://www.aktiv-bus.de/>) zu konkretisieren und zu operationalisieren.

Die Arbeit soll der Abteilung Regionalentwicklung des Kreises zuarbeiten und im Anschluss der Politik zur Entscheidung vorgelegt und veröffentlicht werden.

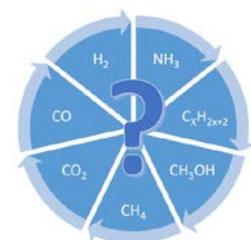
[7] **LoI Beteiligung am CLEAN MOBILITY CENTER – CMC Hamburg**, vgl.

<https://holgerwatter.wordpress.com/2021/03/03/loi-zur-beteiligung-am-clean-mobility-center/>



[8] **Basiswissen synthetische Kraftstoffe**, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2020/03/04/basiswissen-synthetische-kraftstoffe/>

[9] **Mitunterzeichner eFuel-Alliance-Appell an die Bundesregierung und die Europäische Kommission**, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2021/04/23/mobilitatskonzept-quo-vadis/>



³ Vergleichsprojekte/Benchmark:

- <https://www.gp-joule.de/referenzen/efarm>
- https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06-Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf

- [10] **Sabsabi, Abdulrahman: Machbarkeitsstudie zu einer Power-to-Gas Umsetzung für einen Windpark (B, 2021):** Für einen bestehenden Windpark im Kaiser-Wilhelm-Koog (Dithmarschen), der in Kürze aus der EEG-Förderung herausfällt, ist die Fortführung des Betriebes mit einem Elektrolyseur zur Wasserstofferzeugung zu prüfen und zu begleiten. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie ist (1) das bestehende Erzeugungspotential am Standort zu untersuchen (2) eine Markt- und Verfügbarkeitsanalyse für in Frage kommende Elektrolyseure durchzuführen (3) die Leistungs-, Energie- und Massenbilanzen insbesondere vor dem Hintergrund des fluktuierenden Betriebes zu analysieren und (4) ein geeignetes Anlagen- und Betriebskonzept abzuleiten sowie (5) die Anforderungen an die Wasserqualität und das Wassermanagement kritisch zu hinterfragen. Die Arbeit wird fachlich durch die Firma SCHLESWIG-HOLSTEIN NETZ AG unterstützt.

3.4 Ausblick: Förderprojekt

Der Kreis plant im Anschluss oder parallel zu den studentischen Arbeiten ein Förderprojekt zu beantragen. Als Kontaktperson wird hier empfohlen:

*Dr. Heike Bille
Technologie- und Wissenstransfer Präsidiumsbeauftragte
Telefon 0461/805 - 1204
Fax 0461/805 - 1511
Raum Con. 11/2
Mail: heike.bille@hs-flensburg.de
Home: <https://hs-flensburg.de/hochschule/personen/bille>*

Stabsstelle Forschung und Transfer der Hochschule FL

<https://hs-flensburg.de/hochschule/organisation/zentrale-verwaltung/transfer>

Vom Wissen und der Ausstattung der Hochschule profitieren nicht nur unsere Studierenden. Auch für Unternehmen, Institutionen und natürlich unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter stellen wir Expertise und Technologien zur Verfügung. Finden Sie heraus, ob und wie wir Sie in Ihrem Vorhaben unterstützen können.

Welche Fördermöglichkeiten gibt es für Sie als Forschende an der Hochschule und Ihr Forschungs- oder Transferprojekt? Wie können Sie mit Ihrem mittelständischen Unternehmen vom Knowhow der Hochschule Flensburg profitieren? Gibt es an der Hochschule Expertinnen oder Experten auf einem bestimmten Gebiet? Antworten auf diese Fragen haben unsere Abteilung „Wissens- und Technologietransfer“.

Das Team unterstützt Sie als Hochschulmitarbeiterinnen und -mitarbeiter von der ersten Projektidee an während der kompletten Antragsphase und berät Sie unter anderem zu passenden Fördermöglichkeiten, der Einbindung weiterer Projektpartner und der Budgetplanung. Ist das Projekt bewilligt administriert die Abteilung die Drittmittel, hilft bei Berichten und in der Abschlussphase des Projektes. Gerne berät Sie das Team auch zur Anmeldung von Patenten oder einer anderen Verwertung Ihrer Forschungsergebnisse.

Für Externe – Partner aus der Wirtschaft, andere Hochschulen und sonstige Interessierte – ist die Abteilung der erste Anlaufpunkt für den Kontakt in die Hochschule. Wir vermitteln Sie an unsere Expertinnen und Experten weiter und beraten zu einer möglichen Zusammenarbeit und Transfervorhaben.

Beispieloptionen

- <https://stringnetwork.org/>
- <https://www.hy-starter.de/>
- <https://www.gp-joule.de/referenzen/efarm>



Dieser Brennstoffzellezug, der in Niedersachsen im Streckendienst zum Einsatz kommt, wird mit Wasserstoff angetrieben. Im Kreis Schleswig-Flensburg bereitet man nun eine Wasserstoff-Strategie vor. Foto: Philipp Schulze

RESUME

In en delstat, hvor vedvarende energi længe har været en fast del af hverdagen og får en større og større betydning for samfundet, og hvor der foregår banebrydende arbejde med hensyn til forskning, udvikling og anvendelse, dukker spørgsmålet om, om det er den rigtige strategi, der anvendes, jævligt op til overfladen.

I Slesvig-Flensburg Amt vil politikere og forvaltning finde frem til et godt og frem for alt bæredygtigt svar.

Ud over grøn strømvarianten, besluttede amtet for nylig grundigt at undersøge den relativt nye energikilde »grøn brint« til mobilitetsområdet.

Auf der Suche nach dem passenden Energie-Mix

Kreis Schleswig-Flensburg will ein Pilotprojekt zur Wasserstoff-Nutzung entwickeln. Müllabfuhr-Fahrzeuge und Busverkehre stehen dabei im Fokus. Wireg und Hochschule sind eingebunden.

STRATEGIE

Volker Metzger
vm@fla.de

Schleswig. In einem Land, in dem »Erneuerbare Energien« längst zum festen Inventar gehören und immer mehr an Bedeutung im gesellschaftlichen Leben gewinnen, wo Pionierarbeit in Sachen Forschung, Entwicklung und Anwendung geleistet wird, taucht auch immer wieder die Frage nach der richtigen Strategie auf.

Im Kreis Schleswig-Flensburg haben sich Politik und Verwaltung schon vor einiger

Zeit auf den Weg gemacht, um eine passende und vor allem nachhaltige Antwort darauf zu finden. Neben der schon leicht etablierten, aber noch lange nicht ausgeschöpften Variante »Grüner Strom« hat der Kreistag jüngst beschlossen, den noch recht jungen Energieträger »Grüner Wasserstoff« im Einsatz-Bereich »Mobilität« gründlich auf den Prüfstand zu stellen.

Potenzial testen

»Wir wollen in Erfahrung bringen, wieviel Potenzial tatsächlich im grünen Wasserstoff steckt«, erklärt Wal-

“

Nur auf einen Energieträger zu setzen, wird nicht funktionieren.

Walter Behrens, Kreistags-Fraktion CDU

ter Behrens.

Der Chef der CDU-Kreistagsfraktion hegt zwar große Erwartungen, wenn es um passende Formen der Anwendung von grünem Wasserstoff geht. Allerdings steht für ihn auch fest: »Nur auf einen Energieträger zu setzen,

wird nicht funktionieren. Es geht vielmehr darum, den richtigen Energie-Mix zu finden.«

Um herauszufinden, welche Rolle dabei der »grüne Wasserstoff« tatsächlich spielen kann, haben die Experten aus der Kreisverwaltung

schon längst die Ärmel aufgekrempt, um den nun formulierten politischen Auftrag zu erfüllen.

Die Abteilung »Regionalentwicklung« hat im Schulterschluss mit der Wireg die Bereiche »Busverkehr und Abfallwirtschaft« als mögliche Anwendungsbereiche für ein Pilotprojekt ins Visier genommen. Zudem ist eine Zusammenarbeit mit der Hochschule in Flensburg beabsichtigt. Dazu Behrens: »Es bringt ja nichts, wenn die Politik nur im Nebel herumstochert. Wir brauchen verlässliche Informationen von Fachleuten.«

Landesregierung fördert Wasserstoff-Strategie mit satten 30 Millionen Euro

Energieminister Jan Phillip Albrecht: »Damit setzen wir ein klares Signal für mehr Klimaschutz und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung«. Wasserstoff als der Energieträger der Zukunft.

WASSERSTOFF

vm

Kiel. Die Landesregierung hat am Dienstag die Wasserstoffstrategie.SH beschlossen. Damit wird erstmals ein Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und die Weiterverwendung von grünem Wasserstoff im Land vorgelegt.

»Wir wollen das Energieland Nummer eins machen. Dafür werden die

Vermarktung von grünem Wasserstoff eine wichtige Rolle. Mit unserer umfassenden Wasserstoffstrategie setzen wir ein klares Signal für mehr Klimaschutz und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Bei grünem Wasserstoff finden Ökonomie und Ökologie ganz hervorragend zusammen und bieten gute Perspektiven für Schleswig-Holstein«, sagte Energieminister Jan Phillip Albrecht.

Albrecht verwies in diesem Zusammenhang auf die

die Energiewende insgesamt: »Grüner Wasserstoff braucht grünen Strom. Deshalb wollen wir in Schleswig-Holstein auch beim Ausbau der Erneuerbaren Energien noch einmal deutlich zulegen.«

Mit der Strategie bekennt sich die Landesregierung zu grünem Wasserstoff als Energieträger der Zukunft. Um diesen auszubauen und stärker zu nutzen, stellt das Land bis 2023 Fördermittel in Höhe von 30 Millionen Euro zur Verfügung.



Die Landesregierung hat auf Vorschlag von Energieminister Jan Phillip Albrecht die Wasserstoffstrategie.SH beschlossen. Damit wird erstmals ein Handlungsrahmen im

Projektmanagement



4. Rechtsgrundlagen

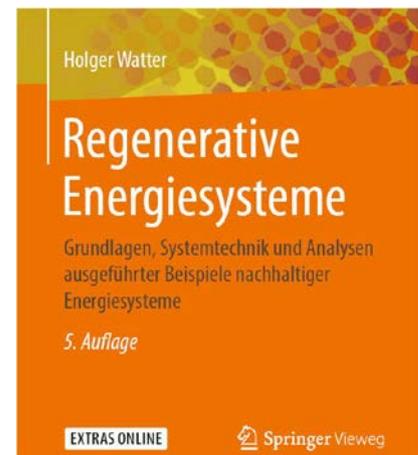
Das Grundgesetz definiert in Art. 5 Abs. 3 GG Wissenschaftsfreiheit (bzw. die Freiheit von Forschung und Lehre). Es verpflichtet den Staat (vertreten durch Dekanat und Präsidium) dazu, die Grundlagen freier Forschung zu schaffen und zu erhalten. Dieser besitzt daher die Aufgabe, Ressourcen für einen freien Wissenschaftsbetrieb bereitzustellen und sie mit angemessenen Finanzmitteln auszustatten. Einzelne Kommentare („*lex specialis*“) leiten aus der Wissenschaftsfreiheit auch Publikations- und Veröffentlichungspflichten auf Basis von Art. 5 Abs. 1 GG im Sinne von Transparenzregeln ab.

Das Hochschulgesetz definiert in §§ 3 und 4 HSG SH die Aufgaben der Hochschule, insbesondere gesellschaftliche Aufgaben, Veröffentlichungspflichten sowie die Verpflichtung zu Weiterbildung und zum Transfer. Der/Die Hochschullehrer*in (m/w/d) ist gem. §60(1) HSG SH Träger dieser Aufgaben und unterliegt nur eingeschränkten Rechtsbeschränkungen oder Legitimationsverpflichtungen („*Die Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer nehmen die ihrer Hochschule jeweils obliegenden Aufgaben in Wissenschaft und Kunst, Forschung, Lehre, Weiterbildung sowie Wissens- und Technologietransfer in ihren Fächern nach näherer Ausgestaltung ihres Dienstverhältnisses selbständig wahr*“).

Die Ergebnisse der Projekt- und Abschlussarbeiten werden dem Auftraggeber zur weiteren Überprüfung und Verwendung überlassen. Eine Haftung der Hochschule wird ausgeschlossen.

5. Verweise

- [1] Memorandum der Schleswig-Holsteinischen Fachhochschulen, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2015/02/20/memorandum-der-schleswig-holsteinischen-fachhochschulpraesidien/>
- [2] Kompetenzzentrum Erneuerbare Energie, Diskussionsbeiträge 2018 – 2020, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2018/04/23/kompetenzzentrum-erneuerbare-energien/>
- [3] Entwicklung einer Wasserstoffstrategie für den Kreis Schleswig-Flensburg, vgl. <https://tarpkommunal.wordpress.com/2020/06/24/entwicklung-einer-wasserstoffstrategie-fuer-den-kreis-schleswig-flensburg/>
- [4] Förderung der Forschung an Fachhochschulen, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2016/06/09/09-06-16-foerderung-der-forschung/>
- [5] “virtueller Lernraum” Projekt- und Abschlussarbeiten, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2017/01/18/virtueller-lernraum-projekt-und-abschlussarbeiten/>
- [6] “virtueller Lernraum” Projekt EW6, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2017/01/18/virtueller-lernraum-projektarbeit-ew6-energiewissenschaften/>
- [7] Regenerative Energiesysteme – Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme (5. Auflage), vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2019/01/09/5-auf-lage-regenerative-energiesysteme/>
- [8] Diskussionsbeitrag – Faktencheck „Wasserstoff aus Windkraft“, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2019/09/12/wasserstoff-aus-wind/>
- [9] Basiswissen synthetische Kraftstoffe, vgl. <https://holgerwatter.wordpress.com/2020/03/04/basiswissen-synthetische-kraftstoffe/>
- [10] Faktencheck „Diskussionsqualität in der Energiewende“, <https://holgerwatter.wordpress.com/2019/10/15/diskussionsqualitaet-in-der-energiewende/>
- [11] [Machbarkeitsstudie zur Umrüstung eines bestehenden Windparks auf die Produktion von Wasserstoff](#), Projektarbeit, HOCHSCHULE FLENSBURG, 2020.
- [12] Forner, Martje: [Konstruktive und betriebliche Anforderungen für die Elektrolyse von Wasserstoff in einem Windpark](#), Abschlussarbeit Hochschule Flensburg, 2020.
- [13] [Potentiale für eine grüne Wasserstoffinfrastruktur im Kreis SL-FL](#), Projektarbeit, HOCHSCHULE FLENSBURG, 2021.



6. ANHANG: Präsentation (optional)



Begleitung und Bewertung Wasserstoffstrategie für den Kreis SL-FL



**Hochschule
Flensburg**
University of
Applied Sciences

- *Statusbericht* -



INHALTSÜBERSICHT

1. Kurzvorstellung **Leistungs- und Tätigkeitsprofil**
2. **Ausgangsbasis:** Gesellschaftliche **Diskussionsqualität**
3. 20 Jahre Energiewende – **Wo stehen wir?**
4. Ausgangsbasis: **Potentialanalyse**
 1. Windpark
 2. Elektrolyse
 3. Wasserbereitstellung und –aufbereitung
 4. Logistik und Benchmark
5. „**Road-Map**“ **Strategieentwicklung**
 1. Innovationsmanagement
 2. Technologische Treiber
 3. Komplexität
 4. Risikomanagement
6. **Fragen? Zusammenfassung?**
7. Verweise





Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

1. Leistungs- und Tätigkeitsprofil

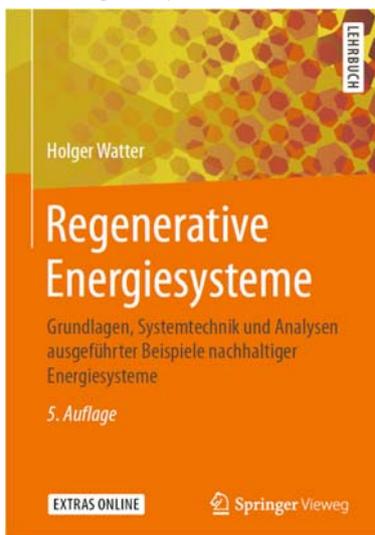


Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

Regenerative Energiesysteme

Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme

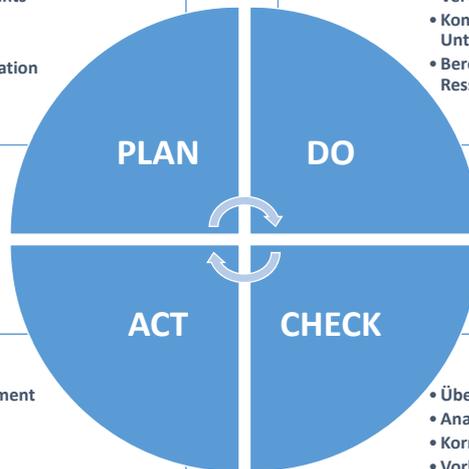
Photovoltaik	Erdwärme und Wärmepumpe	Geothermie	Speichertechnologie
Solarthermie	Biomasse <ul style="list-style-type: none"> • Biomass to Liquid • thermochem. Wandlung • Vergasung, • Pyrolyse 	solare Kraftwerke	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Grundlagen</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Funktionsweise</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">ausgeführte Anlagen</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 5px;">Betriebs- und Anlagenanalyse</div>
Windenergie	Biogas	Kraft-Wärmekopplung	
Wasserkraft	Biokraftstoffe <ul style="list-style-type: none"> • Power to Gas • Power to Liquid 	Wasserstoff als Energieträger	



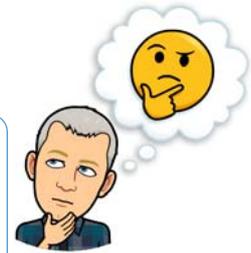
Qualitätsmanagement Energiemanagementsysteme

DIN ISO 9001 DIN ISO 50001

- Verantwortung des Managements
- Energiepolitik festlegen
- Energiebeauftragte benennen
- Erstbewertung der Energiesituation



- Verwirklichung und Betrieb
- Kommunikation innerhalb des Unternehmens
- Bereitstellung der notwendigen Ressourcen



Risikomanagement?

- Bewertung durch das Management
- Management-Review
- Ableitung von neuen Zielen

- Überprüfung
- Analyse
- Korrekturmaßnahmen
- Vorbeugemaßnahmen
- Interne Audits



INHALTSÜBERSICHT

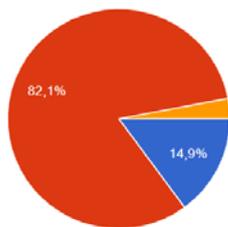
1. Kurzvorstellung **Leistungs- und Tätigkeitsprofil**
2. **Ausgangsbasis:** Gesellschaftliche Diskussionsqualität
3. **20 Jahre Energiewende – Wo stehen wir?**
4. Ausgangsbasis: **Potentialanalyse**
 1. Windpark
 2. Elektrolyse
 3. Wasserbereitstellung und –aufbereitung
 4. Logistik und Benchmark
5. „Road-Map“ **Strategieentwicklung**
 1. Innovationsmanagement
 2. Technologische Treiber
 3. Komplexität
 4. Risikomanagement
6. **Fragen? Zusammenfassung?**
7. Verweise



2. Gesellschaftliche Diskussionsqualität

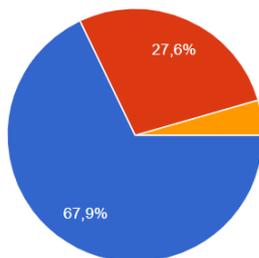
Was ist für mich und mein tägliches Leben wichtiger?
 [kW] oder [kWh]?

134 Antworten



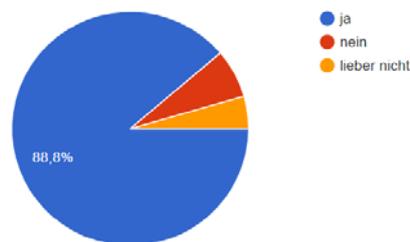
Ist 1 kWh = 1 kWh?

134 Antworten



Ich kann unterscheiden bzw. den Unterschied erklären
 zwischen [mW] - [MW] - [mWh] - [MWh]?

134 Antworten



<https://holgerwatter.wordpress.com/2019/10/15/diskussionsqualitaet-in-der-energiewende/>

2. Gesellschaftliche und politische Diskussionsfähigkeit in der Energiewende

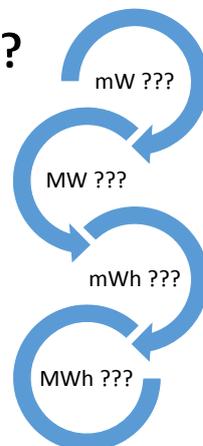
2.1 Warum ist das wichtig?



Wovon reden wir?

1 kWh = 1 kWh ???

kW – kWh ...?



... nationale und gesellschaftliche
 Entscheidungen ohne Basiswissen ermöglichen
 politische und gesellschaftliche
 Geschäftsmodelle ...
**Gewinne privatisieren,
 Risiken sozialisieren?**

2.2 Energie - Leistung

Vorbemerkung:

1. Was ist **1 kW**

oder

1 MW

?



1000 W = 1 kW



1000 kW
 = 1 MW

2. Was ist **1 kWh**

oder

1 MWh

?

1 Std. Betrieb = 1 kW · 1 h = 1 kWh (ca. 20...30 Ct/kWh)
 oder 1000 Std.: 1 kW · 1000 h = 1000 kWh = 1 MWh (ca. 200...300 €)

Verbrauch eines 4 Personenhaushalts ca. 4000 ... 4500 kWh (ca. 1200 € / Jahr)

2.3 Energie - Leistung

Leistung [W]
 Power

Energie = Fläche [kWh]

1000 W x 1 Std. = 1 kWh = ☕ 😊 !



100 W x 10 Std. = 1 kWh = ☕ 😞 ?

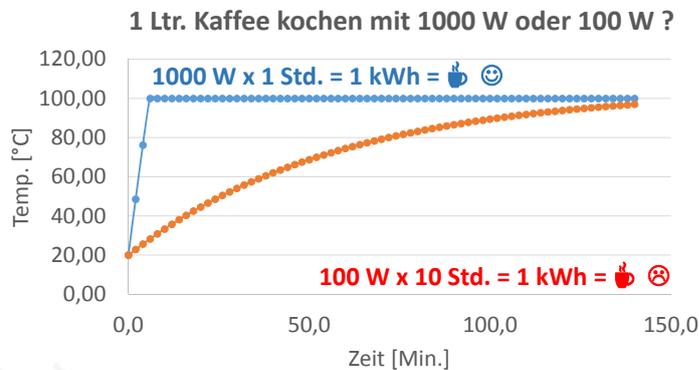
Energie = Fläche [kWh]

Zeit [h]



1 kWh = 1 kWh ???

2.4 Energie - Leistung



1 kWh = 1 kWh ???

INHALTSÜBERSICHT

1. Kurzvorstellung **Leistungs- und Tätigkeitsprofil**
2. Ausgangsbasis: Gesellschaftliche **Diskussionsqualität**
3. **20 Jahre Energiewende – Wo stehen wir?**
4. Ausgangsbasis: **Potentialanalyse**
 1. Windpark
 2. Elektrolyse
 3. Wasserbereitstellung und –aufbereitung
 4. Logistik und Benchmark
5. „Road-Map“ **Strategieentwicklung**
 1. Innovationsmanagement
 2. Technologische Treiber
 3. Komplexität
 4. Risikomanagement
6. **Fragen? Zusammenfassung?**
7. Verweise

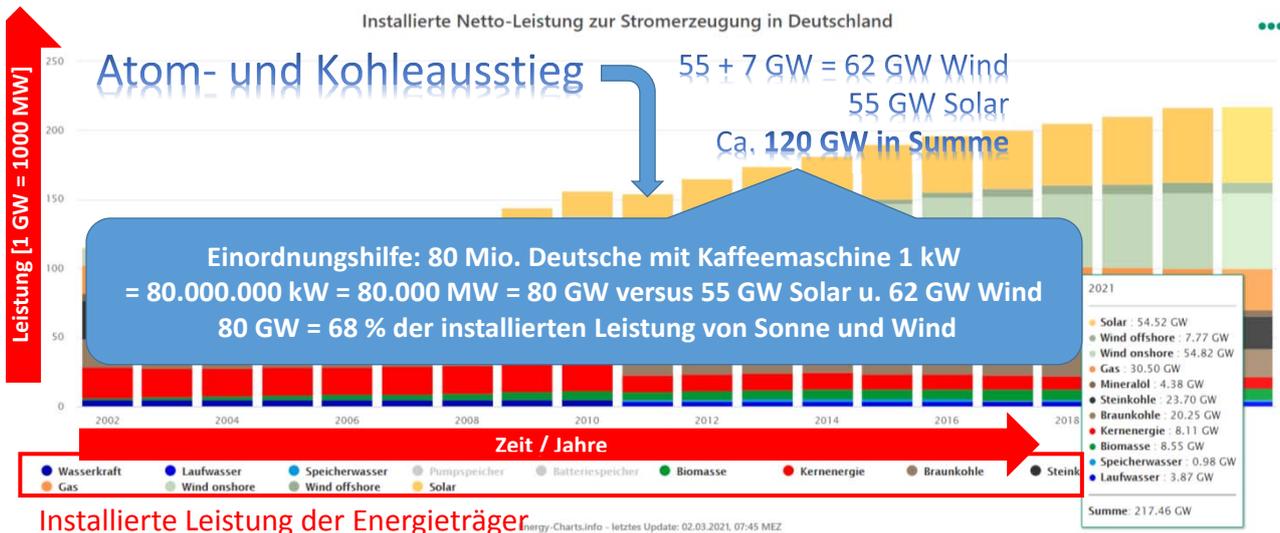


Installierte Leistung

Quelle: https://energy-charts.info/charts/installed_power/

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

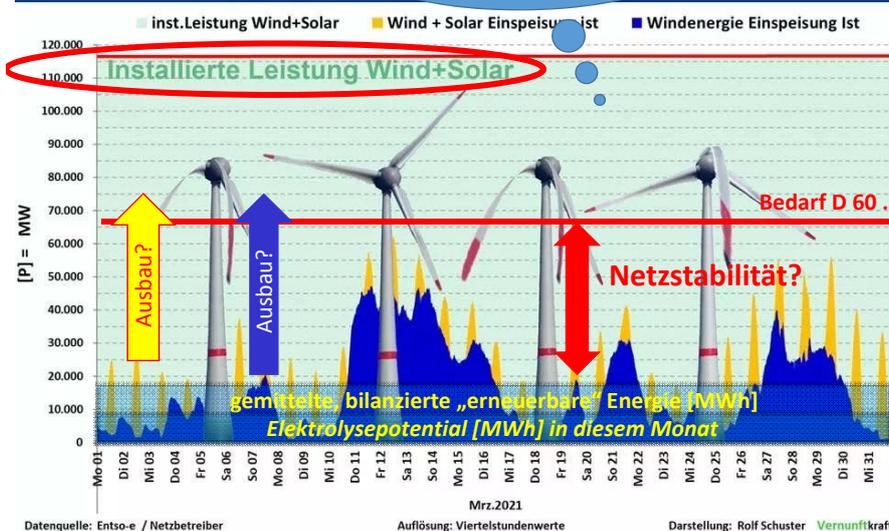
STATUS QUO & QUO VADIS
 „Wo stehen wir nach 20 Jahren Energiewende?“



Installierte Leistung der Energieträger

Nennleistung versus verfügbare Leistung [MW]
 Energie [MWh] = FLÄCHE
 Elektrolyseauslegung und -betrieb?

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

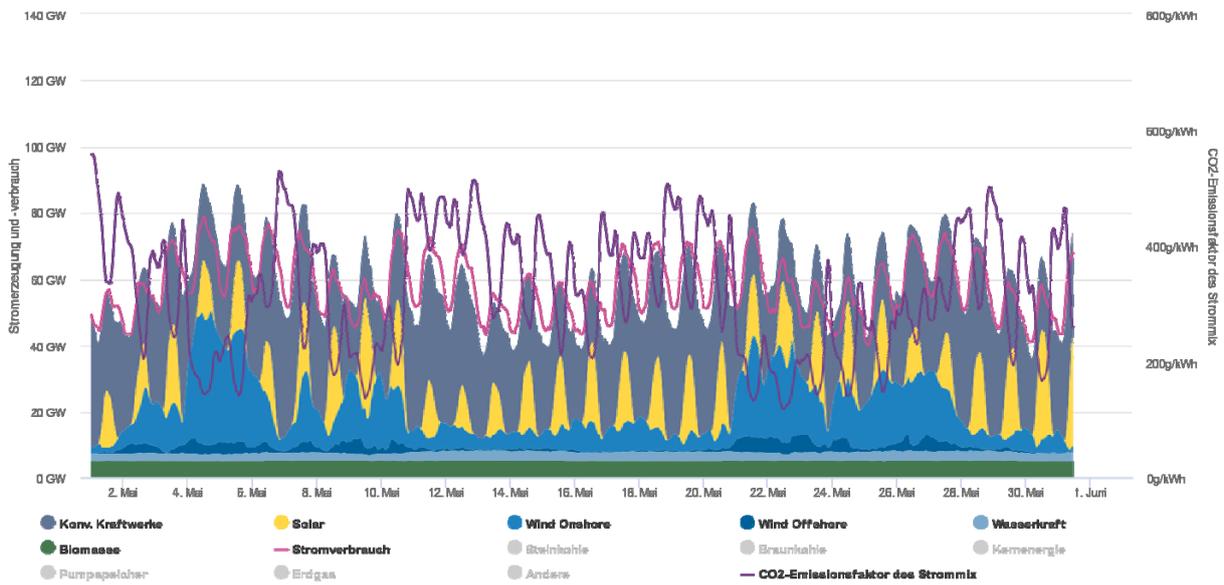


... dicht am Abgasskandal:

Marketing oder Betrug?

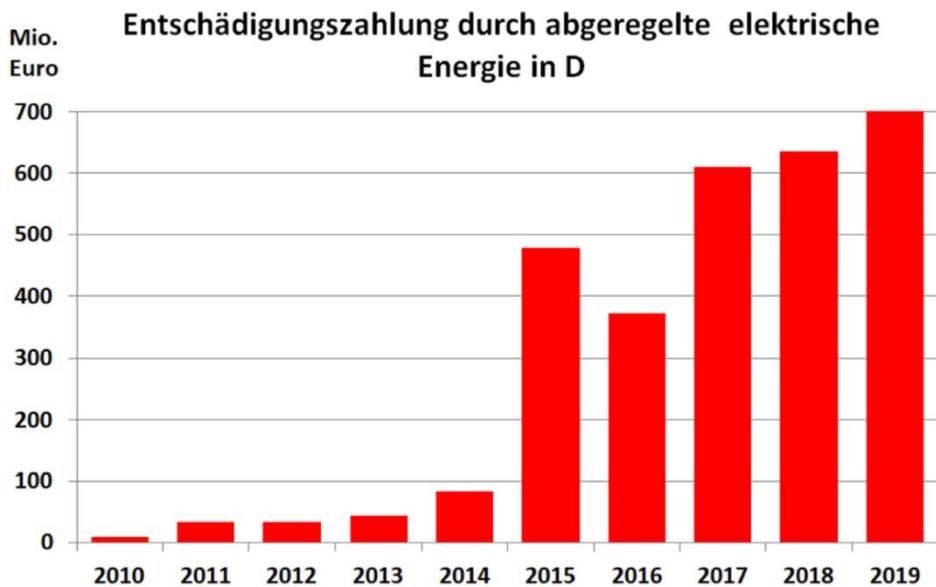
Quelle: <https://www.agora-energiewende.de>

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com

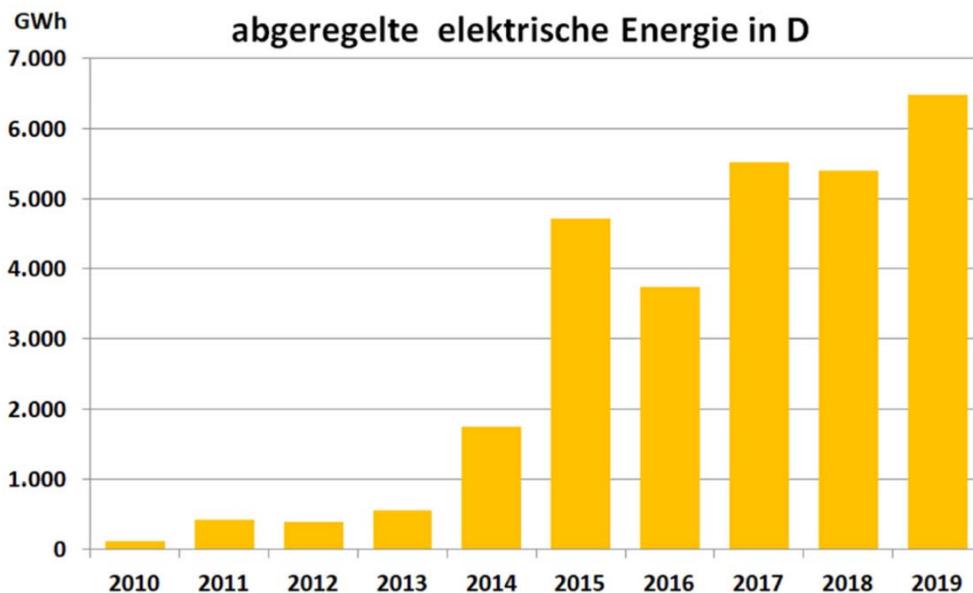


Agora Energiewende; Stand: 01.06.2021, 10:45

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
www.holgerwatter.wordpress.com



<https://www.vdi.de/news/detail/arbeitskreis-meer-kueste-hafen-online-vortrag-vom-10032021-energiewende-wunsch-und-wirklichkeit>

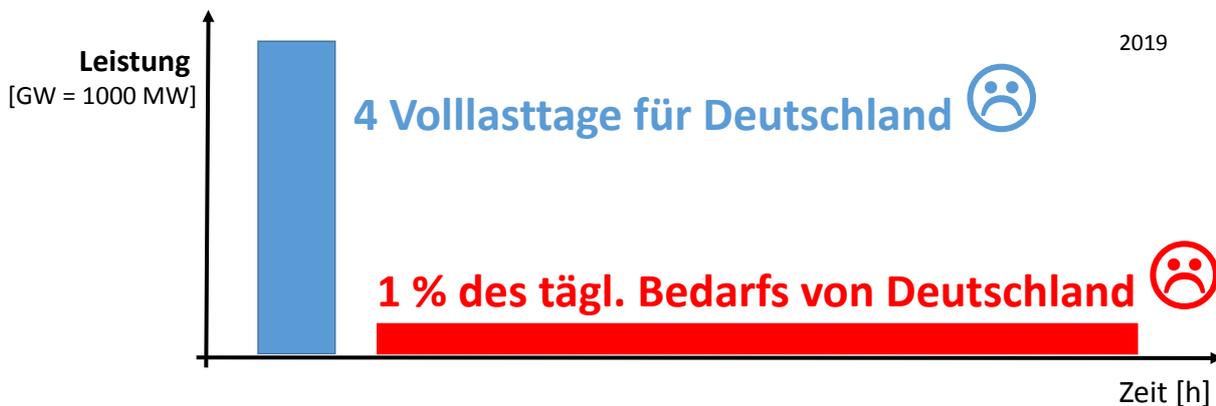


<https://www.vdi.de/news/detail/arbeitskreis-meer-kueste-hafen-online-vortrag-vom-10032021-energiewende-wunsch-und-wirklichkeit>

2. Gesellschaftliche und politische Diskussionsfähigkeit in der Energiewende

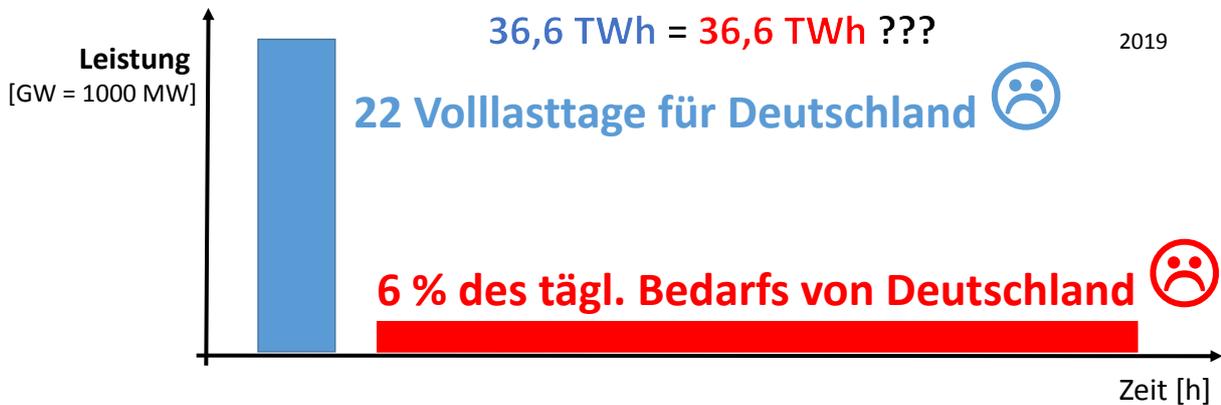
Überschussstrom

6,3 TWh = 6,3 TWh ???



6300 GWh = 6300 GWh ???

Überschuss Austauschsaldo mit dem Ausland



36600 GWh = 36600 GWh ???

ENERGIE versus LEISTUNG

tägl. Bedarf 2000 ... 2500 kcal

25 km/h \approx 0,125 kW

1000 kcal \approx 1 kWh

1,36 PS \approx 1 kW



„Der Kühlschrank ist voll,

**ABER wir kriegen die PS NICHT dauerhaft und NICHT zur richtigen Zeit,
in der RICHTIGEN Menge auf die Straße!“**

„Bilanztechnische Betrachtung“ der Energiewende?

...bilanztechnische und
energetische Betrachtungen ...



...gehen am Thema vorbei ...

... und reichen weder für ...

... eine E-Mobilität oder
Wasserstoffwirtschaft ...

NUR LEISTUNG ZÄHLT!



Qualitätsjournalismus

FAZ vom 26.03.2021

... schade, dass man
den Unterschied
zwischen GIGABYTE
und GIGAWATT auch
noch erklären muss.

**ENERGIEWENDE
OHNE PHYSIKALISCHE
GRUNDLAGEN GEHT
NICHT!**

INHALTSÜBERSICHT

1. Kurzvorstellung **Leistungs- und Tätigkeitsprofil**
2. Ausgangsbasis: Gesellschaftliche **Diskussionsqualität**
3. **20 Jahre Energiewende – Wo stehen wir?**
4. Ausgangsbasis: **Potentialanalyse**
 1. Windpark
 2. Elektrolyse
 3. Wasserbereitstellung und –aufbereitung
 4. Logistik und Benchmark
5. „**Road-Map**“ **Strategieentwicklung**
 1. Innovationsmanagement
 2. Technologische Treiber
 3. Komplexität
 4. Risikomanagement
6. **Fragen? Zusammenfassung?**
7. Verweise

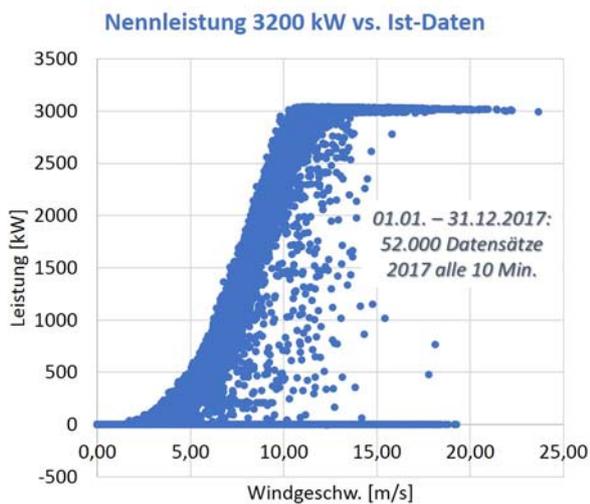


AUSGANGSBASIS: Werkzeuge und Arbeitsmittel



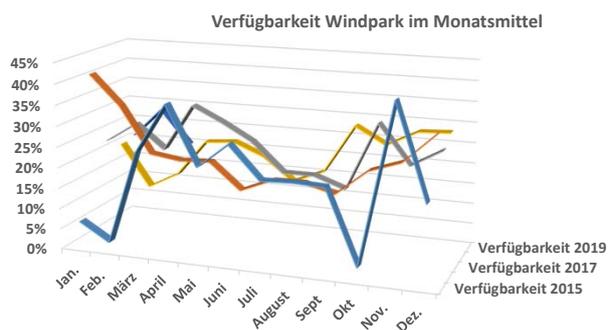
A collage of various documents and resources. On the left is the cover of the book 'Regenerativ Energiesysteme' by Holger Watter, 5th edition. In the center are several overlapping documents: a 'BACHELOR' thesis cover from Hochschule Flensburg, a 'MEMO' titled 'Regionalentwicklung gemeinsam gestalten', a 'Bericht der Landesregierung' from Schleswig-Holstein, and a 'Wasserstoffstrategie' document. On the right is a map of Schleswig-Holstein with five blue arrows pointing to different regions. At the bottom right is a screenshot of the 'Die Nationale Wasserstoffstrategie' website.

ZWISCHENERGEBNIS: „Verfügbarkeit“

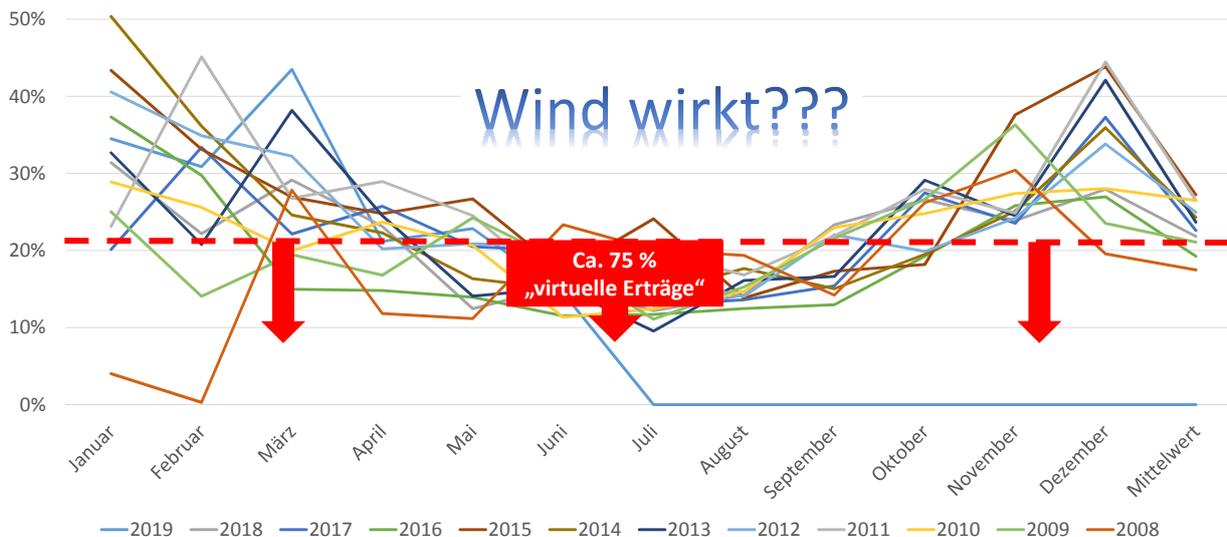


Volllaststunden / Kapazitätsfaktor

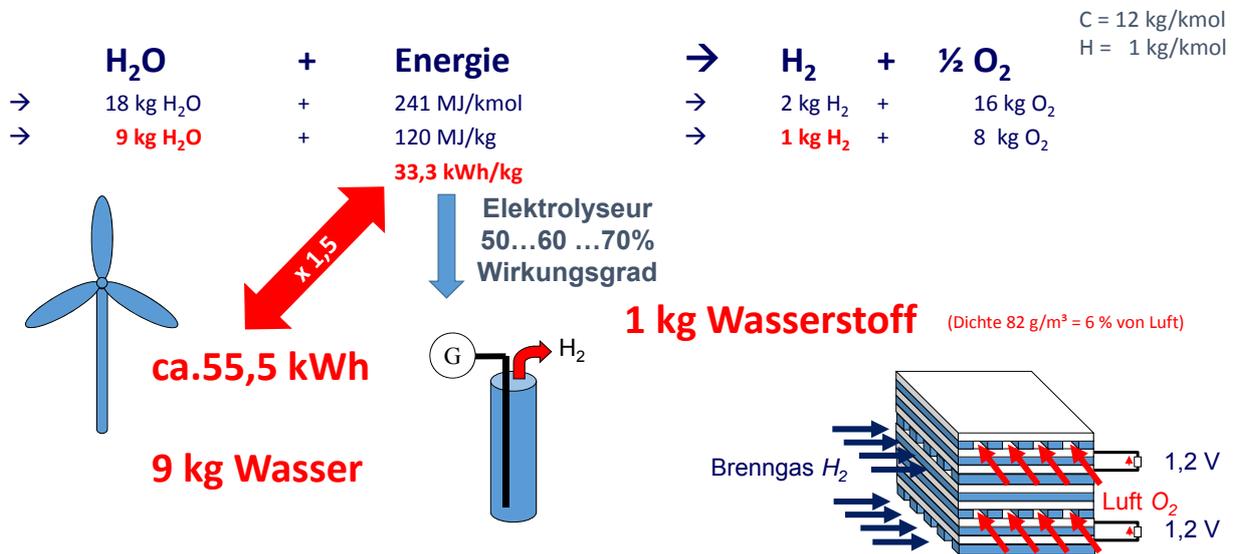
1675 2135 Volllaststunden
 = 19 ... 25 % Verfügbarkeit im Jahresmittel



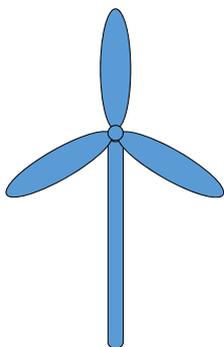
Volllaststunden / „Performance“ / Verfügbarkeit



ZWISCHENERGEBNIS: Power-to-Gas – Elektrolyse



ZWISCHENERGEBNIS: Beispielrechnung



1 MW = 1000 kW

25% = 250 kW

mit 55 kWh / kg

→ ca. 4 ... 5 kg

110 kg

Nennleistung

durchschnittl. Leistung

Wasserstoff

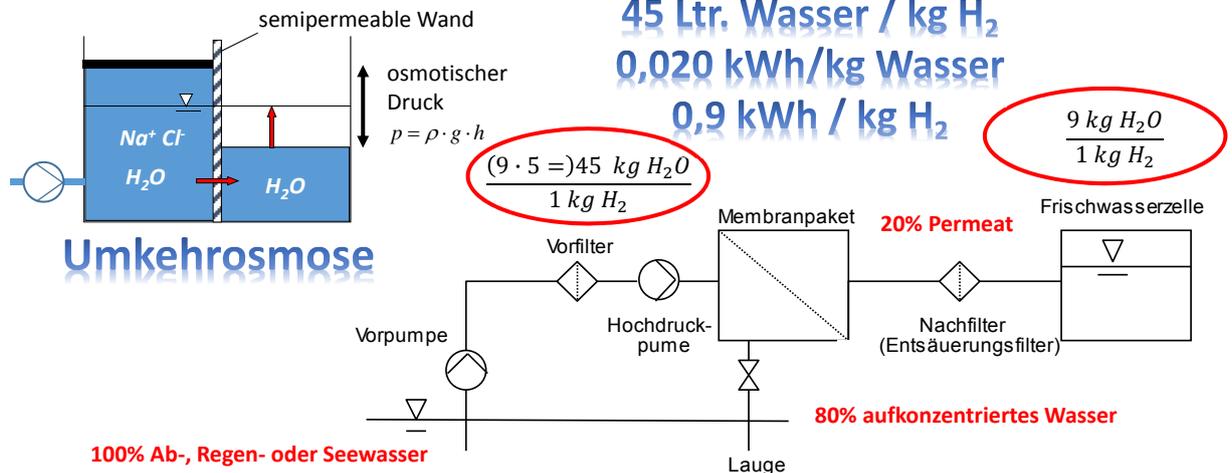
Wasserstoff pro Stunde

Wasserstoff pro Tag



Investitions-, Betriebs- und Logistikkosten?

Wasseraufbereitung und Wasserbedarfe



<https://holgerwatter.wordpress.com/2020/12/06/wasserqualitat-zur-wasserstoffherzeugung/>

WIND - WASSER WASSERSTOFF

Begleitdokumentation zu Abschluss- und Projektarbeiten der Hochschule Flensburg für den Kreis Schleswig-Flensburg

Exposé
 Politische Impulse und Randbedingungen, Recherchieren, Zielsetzung und Methoden der wissenschaftlichen Begleitung, Bearbeitungsstatus und Ausblick

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
<https://holgerwatter.wordpress.com/>

Zusammenfassung

- Der Kreistag des Kreises SL-FL hat am 30. Sept. 2020 beschlossen, auf Grundlage der Bundes- und Landesstrategie als optischer Windstärkungsproduzent in Schleswig-Holstein mit 1 GW Nennleistung eine eigene Strategie zu entwickeln.
- Die Abteilung „Regionalentwicklung“ der Kreisverwaltung ist – zusammen mit der Regional- und Entwicklungsbüro der Kreise – als der Planung und Umsetzung zuständig.
- Die HOCHSCHULE FLENSBURG begleitet mit akademischen Projekten und Fachwissen diesen Prozess. Dazu wurde auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen an der HOCHSCHULE FLENSBURG und
 - der nationalen Randbedingungen der Bundes- und Landesstrategie
 - eine Methoden- und Vorgehensplanung entwickelt sowie
 - eine regionale Bestandsaufnahme durchgeführt.
- Anhand bestehender Windparks, die teilweise in nächster Zeit die Förderung aus dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) verlassen, wurde eine Potenzialabschätzung durchgeführt. Dabei ist festzustellen, dass – wegen der Windverteilung – im Jahresmittel ca. 20% der Nennleistung für eine Wasserstoffherzeugung zur Verfügung stehen kann. Im Winter mehr, im Sommer etwas weniger. Die Windverteilung ist hier die größte Schwachstelle, die durch technische Maßnahmen nicht verändert werden kann.
- Verbindet man diese Auslage mit den Leistungsparametern der Elektrolyse muss festgehalten werden:
 - pro Kilogramm Wasserstoff werden ca. 55 kWh Energie und rund 9 Kilogramm saurem Wasser benötigt.
 - es sind auswertbare Energie- und Wassermengen berechneten.
 - der Elektrolyse wird diese sehr unregelmäßigen starken Schwankungen ausgesetzt – mit anderen Worten – mit einem hohen Anteil an Stillstand.
- Dies bedeutet am Beispiel einer Windkraftanlage mit 1 MW Nennleistung:
 - Die durchschnittliche Leistung beträgt im Jahresmittel 250 kW.
 - mit 55 kWh/kg Wasserstoff wären also ca. 4 bis 5 kg Wasserstoff pro Stunde oder
 - 110 kg Wasserstoff pro Tag im Jahresmittel zu produzieren.
 - dabei ist die 5-fache Menge aufkonzentriertes (1) Wasser, also ca. 9 x 4,5 kg/h = 40 kg/h, herzustellen.

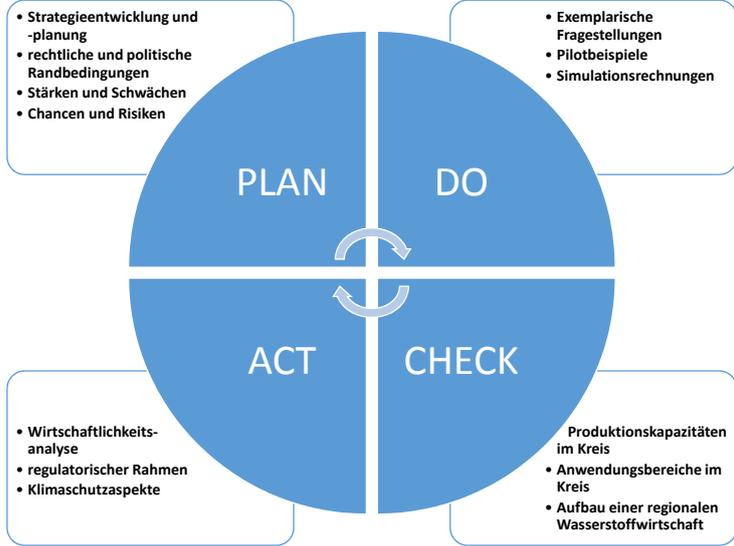
Regionalentwicklung gemeinsam gestalten

9. Potentialabschätzung für den Kreis insgesamt:

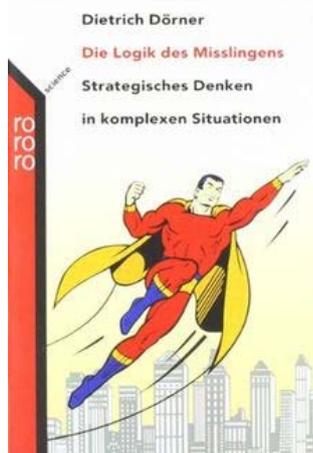
- Installierte Nennleistung im Kreis SL-FL: 1 GW = 1000 MW = 1.000.000 kW,
- verfügbar aufgrund der Windverteilung 250 MW im Jahresmittel,
- Wasserstoffprognose total: 250 MW x 4,5 kg H₂/h / MW = 1.125 kg Wasserstoff pro Std.
- Als Benzin- oder Dieseläquivalent ca. 3-facher Energieinhalt, also: 1.125 kg/h x 3 = 3.375 kg/h konventionelle Kraftstoff - bzw. bei ca. 800 kg/m³ entspricht dies ca. 3.375/800 = ca. 4,2 m³ oder 4219 Ltr Benzin- oder Dieselerersatz pro Std. kreisweit theoretisch möglich.
- Wasserbedarf 1125 kg/h x 45 = 50.625 kg Wasser pro Std. = 50 m³/h
- Aufgrund der Mengen wird eine zentrale Elektrolyse nebst Wasseraufbereitung und auch eine Risikoanalyse empfohlen.



Regionalentwicklung begleiten



RISIKEN & KOMPLEXITÄT Risikobewertung



WELT Abonnement Ticker Suche Anmelden

SMART LIVING STELLENMARKT KARRIERE DIGITAL GELD MITTELSTAND

<https://www.welt.de/wirtschaft/article225622493/Strömverbrauch-Bei-der-Energiewende-unterliegt>

WIRTSCHAFT STROMVERBRAUCH

Bei der Energiewende unterliegt die Regi offenbar einem Irrtum

Handelsblatt

GASTKOMMENTAR – HOMO OECOMICUS

Bei der Stromversorgung spielt die Regi Roulette

WELT WIRTSCHAFT

SMART LIVING STELLENMARKT KARRIERE DIGITAL GELD MITTELSTAND

WIRTSCHAFT GEFAHREN NICHT IM BLICK

Jetzt wird die Energiewende zur Gefahr für ganz Deutschland

Stand: 31.03.2021 | Lesedauer: 5 Minuten

Von Daniel Wetzel
Wirtschaftsredakteur

618

WELT

Energiewende, Wunsch und Wirklichkeit

Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI

Online-Vortrag
Energiewende,
Wunsch und
Wirklichkeit

Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI

10.03.2021
10:00 Uhr

8. Hinweise zur Vorträgen, Videos oder Büchern

Prof. Dr. Hans-Werner Sinn

- Energiewende ins Nichts, <https://www.welt.de/wirtschaft/article225622493/Strömverbrauch-Bei-der-Energiewende-unterliegt>
- Die Grenzen der Energiewende, <https://www.welt.de/wirtschaft/article225622493/Strömverbrauch-Bei-der-Energiewende-unterliegt>
- Das grüne Paradoxon: Plädoyer für eine Illusionstrie Klimapolitik
- Fr, 12. März 2021, 19:30 – 21:00, ONLINE-Vortrag: „Green Deal“ <https://www.welt.de/wirtschaft/article225622493/Strömverbrauch-Bei-der-Energiewende-unterliegt>

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter

- Unpopuläre Fakten zur Energiewende
- Webinar zur Energiewende

572

Klimaschutz

Klimawandel

Windstrom

Windenergie

Wasserstoff

Überschussstrom

Faktencheck

Leistung

Energiewende

CO2-neutral

Diskussionsqualität

Energie

mWh

MWh

kWh

MW

MWa

beyond the obvious

DR. DANIEL STELTER
DIE UNABHÄNGIGE STIMME ZUR
WIRTSCHAFTS- UND FINANZLAGE

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter

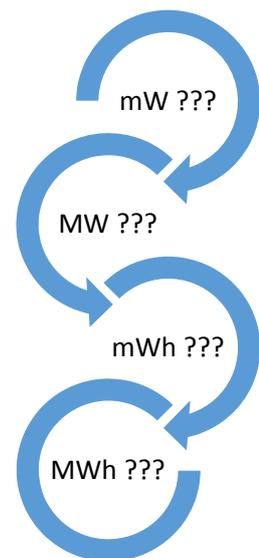
Thinking face icon

Verantwortungsvolles

Risiko- und Erwartungsmanagement in der ENERGIEWENDE ...

... moderner und wichtiger denn je!

Prof. Dr.-Ing. HOLGER WATTER
<https://holgerwatter.wordpress.com/>



Fragen? Zusammenfassung?



Future Energies Science Match 2020
1. Dezember 2020



DANKE für das äußerst positive Feedback!
24. November 2020



Berufung in die Akkreditierungskommission der Uni Hannover
6. November 2020



Regionalentwicklung gemeinsam gestalten
27. Oktober 2020



BEYOND THE OBVIOUS
22. Oktober 2020



#Forschung #Energie #Wasserstoff
15. Oktober 2020



Systemtechnik – das Denken in Systemen
6. Oktober 2020



Informationsbesuch des Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)
16. September 2020



Open Science & Open Access
6. September 2020

READ MORE?



Blog

= Kunstwort für **Web.log** – Logbuch/Tagebuch

<https://holgerwatter.wordpress.com/blog/>