

**Supporting the Low Carbon  
Development of Jiangsu Province Phase  
III**

**Unterstützung der klimafreundlichen  
Entwicklung der Provinz Jiangsu Phase  
III**

Gefördert durch das Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

**Hydrogen Development  
Strategy Plan for  
Changzhou Binjiang  
Economic Development  
Zone**

**Volker Lindner** Dipl.-Ing.  
Chairman h2-netzwerk-ruhr e.V.

---



- 0. Erläuterung des Auftrags**
- 1. Zielsetzung einer Wasserstoffstrategie für die Changzhou Binjiang Development Zone**
- 2. Grundlegende Informationen**
  - 2.1 Wasserstoff in der Energiewende**
  - 2.2 Status quo der Wasserstofftechnologie in Deutschland**
- 3. Methodischer Ansatz der Studie**
- 4. Bestandsaufnahme**
  - 4.1. Ergebnisse der Bestandsaufnahme**
  - 4.2. Bewertung und Analyse der Ergebnisse**
- 5. Zielsetzung einer klimaneutralen Region 2050**
- 6. Strategischer Ansatz für die Provinz Jiangsu und die Binjiang Development Zone**
  - 6.1. Klimaneutraler Wasserstoff für die Provinz Jiangsu und das Jangtse Delta**
  - 6.2. Entwicklungsziele für die Binjiang Development Zone bis 2030**
  - 6.3. Organisationsgrundsätze**
- 7. Vorschläge für konkrete Maßnahmen und Projekte**
  - 7.1. Wasserstofferzeugung und -Anwendung**
    - 7.1.1. Mobilität**
    - 7.1.2. Gebäudetechnik, integrierte Systeme und Notstromversorgung**
    - 7.1.3. Industrielle Anwendungen und Wasserstoffversorgung**
  - 7.2. Neue Wertschöpfung und Arbeitsplätze**
  - 7.3. Zero Emission Park**
  - 7.4. Campus**
- 8. Nationale und internationale Kooperationen**
- 9. Roadmap**
- 10. Zusammenfassung und Empfehlungen an**
  - 10.1. die Stadt Changzhou,**
  - 10.2. die GIZ**

## 0. Erläuterung des Auftrags

Am 16.12.2019 erhielt der Verfasser den Auftrag, eine Entwicklungsstrategie zur Implementierung der Wasserstoffwirtschaft in der **Changzhou Binjiang Economic Development Zone** zu entwerfen. Auftraggeber ist die Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GIZ im Rahmen des Projekts „Unterstützung der klimafreundlichen Entwicklung der Provinz Jiangsu Phase III“.

Gegenstand des Auftrags ist zunächst eine umfassende Bestandsaufnahme der vorhandenen Ansätze in der Stadt Changzhou, insbesondere der vorhandenen Unternehmen sowie deren Produkte und Kompetenzen.

Der Auftragnehmer soll den aktuellen Entwicklungsstand der Wasserstoffindustrie weltweit unter Einbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette darstellen und daraus Entwicklungschancen für die Binjiang Development Zone in Changzhou ableiten.

Darüber hinaus sind Vergleiche mit anderen Entwicklungsschwerpunkten in der VR China anzustellen, um daraus Vorschläge zu entwickeln und Ansätze für Kooperationen zu finden. Außerdem sind Vorschläge für internationale Kooperation zu formulieren, insbesondere mit deutschen Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

Insgesamt sind konkrete Projektvorschläge zu formulieren und eine Roadmap für die systematische Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in der Binjiang Development Zone zu entwerfen.

## 1. Zielsetzung einer Wasserstoffstrategie für die Changzhou Binjiang Development Zone

Die Binjiang Development Zone ist eine Industrie-Zone in der Stadt Changzhou, die große Entwicklungspotentiale für die Neuansiedlung von Unternehmen bietet und in Bezug auf Infrastruktur beispielsweise Versorgung mit Energie und Medien sowie Organisation der Mobilität noch über große Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb der Zone aber auch darüber hinaus verfügt. Damit besteht die Chance, die Binjiang Zone zu einer Modellzone für Klimaneutralität mit der Anwendung von Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien zu entwickeln und gleichzeitig zu einer Innovations-Zone für Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie, in der sich entsprechende Unternehmen ansiedeln, neu gründen und wachsen.

Die Zielsetzung der Wasserstoffstrategie ist daher,

- die Binjiang Zone zu einer klimaneutralen Industriezone zu entwickeln und damit einen entscheidenden Betrag zur klimaneutralen Entwicklung der Stadt Changzhou sowie der Provinz Jiangsu zu leisten und
- mit der Ansiedlung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie eine Vielzahl innovativer und zukunftsfähiger Arbeitsplätze zu schaffen.

Die Umsetzung dieser Strategie erfolgt, indem zunächst mit Unterstützung der bereits in diesem Technologiefeld etablierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen Anwendungen der Wasserstoffwirtschaft mit Pilot- und Demonstrationscharakter in der Binjiang-Zone und darüber hinaus in der Region etabliert werden, mit dem Ziel, die Binjiang-Zone klimaneutral zu gestalten. Damit wird ein Umfeld bzw. Milieu geschaffen, das für Unternehmen der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie und den damit verbundenen Technologiefeldern besonders attraktiv ist. Die Strategie wird weitere Rahmenbedingungen aufzeigen, die die Ansiedlung derartiger Unternehmen begünstigen.

## 2. Grundlegende Informationen

### 2.1. Wasserstoff in der Energiewende

Zur Beschreibung der Energiewende mit dem Ziel, bis 2050 eine komplette Klimaneutralität aller Industriestaaten erreicht zu haben, dienen verschiedene Szenarien, die zunächst das Ziel einer Klimaneutralität des jeweiligen Nationalstaats beinhalten, aber auch die notwendige globale Entwicklung beschreiben.

Allen Szenarien, die eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 95% bis 2050 voraussetzen, um das 1,5 Grad-Ziel des Pariser Abkommens anzustreben, ist eins gemeinsam: Sie geben bereits für 2030 Ziele der CO<sub>2</sub>-Reduzierung vor, die - jetzt schon erkennbar - durch die Industriestaaten nicht eingehalten werden. Bis 2050 muss nach diesen Szenarien der Einsatz von fossilen Brennstoffen gänzlich unterbunden und der Einsatz von fossilen Grundstoffen minimiert und gleichzeitig kompensiert werden. Dies bedeutet einerseits den vollständigen Verzicht auf Kohle, Erdgas und Erdöl in der Energieerzeugung, Wärmeerzeugung und Mobilität, andererseits einen massiven Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung. Dabei werden nach heutigen Erkenntnissen Windkraft und Photovoltaik den größten Anteil im Ausbau haben.

Die notwendigen Produktionskapazitäten für erneuerbaren Strom gehen dabei weit über die Kapazitäten der derzeitigen Stromerzeugung hinaus.

Dies ist bedingt durch massiven erhöhten Strombedarf der Digitalisierung und durch den in der Energiewende notwendigen Ersatz fossiler Energie in der Industrie, in der Mobilität und der Wärmeversorgung.

Eine besondere Herausforderung, neben der Installation gigantischer regenerativer Stromerzeugungskapazitäten, liegt in der Volatilität der Windenergie und der Photovoltaik. Regenerative Stromerzeugung, die zu großen Anteilen durch Windenergie und Photovoltaik gespeist wird, muss zur Sicherung der Versorgungssicherheit so bemessen sein, dass sie in abnahmeschwachen Zeiten des Netzes Überschussstrom produziert. Andererseits muss das Netz in Abnahmespitzen durch gespeicherte regenerative Energie versorgt werden können.

Wesentliche Voraussetzungen für eine Netzgestaltung der Energiewende ist zunächst eine Verringerung des Verbrauchs insgesamt, durch Energieeinsparung auf Seiten der Verbraucher sowie eine Verringerung der Bandbreite zwischen Abnahmespitzen und Abnahmesenken.

Auch dann verbleibt die Notwendigkeit, regenerativ erzeugten Überschussstrom in großen Mengen zu speichern und über die Stromversorgung hinaus als regenerativen Energieträger zu verwenden. In diesem Punkt unterscheiden sich die Szenarien der Energiewende:

- Die **strombasierten Szenarien** gehen davon aus, dass regenerativer Strom u.a. zur unmittelbaren Wärmeerzeugung bei der Gebäudeheizung aber auch Prozesswärme in der Industrie, in der Mobilität zum elektrischen Antrieb von Fahrzeugen, sowie in der Industrie auch in industriellen Prozessen, wie z.B. der Stahlerzeugung, eingesetzt werden kann. Diese Szenarien weisen zu Recht darauf hin, dass die unmittelbare Nutzung regenerativen Stroms Umwandlungsverluste, die durch die Wandlung von Strom in Wasserstoff über die Wasserelektrolyse entstehen, vermieden werden können und damit der Ausbau regenerativer Stromerzeugung geringer ausfallen kann als bei wasserstoffbasierten Szenarien.
- **Wasserstoffbasierte Szenarien** gehen zunächst davon aus, dass große Mengen von volatilen Überschussstrom nur über Speicherung genutzt werden können. Die Speicherung in entsprechend großen Mengen ist nach diesen Szenarien nur über die Wandlung des Stroms in Wasserstoff möglich. Der Wasserstoff findet vorrangig Anwendung in der Mobilität, in der Industrie als Ersatz von bisher in der Industrie verwendetem Wasserstoff auf fossiler Basis, als Grundstoff im Verschnitt mit großen und dichten CO<sup>2</sup>-Emissionen zur Erzeugung von Methan, Methanol und synthetischen Kraftstoffen, zur Erzeugung von Prozesswärme etc., langfristig auch als Ersatz von Erdgas in der allgemeinen Wärmeversorgung.



Abb. 1

Diese Szenarien bauen daher auf die Speicherfähigkeit von regenerativ erzeugtem Wasserstoff und dessen Einsatz in zumindest Teilen der Mobilität, aber in erster Linie in anderen Sektoren. Sie gehen davon aus, dass eine für die Energiewende unabdingbare, klimaneutrale Gestaltung sämtlicher Industrie-Prozesse nur über diese Sektorkopplung möglich ist.



Abb. 2

Eine der unverzichtbaren Anforderungen an die Szenarien der Energiewende ist die globale Übertragbarkeit. Das heißt, die Technologien der Energiewende müssen auch in Ländern mit geringem Entwicklungsgrad anwendbar sein, um auch deren Klimaneutralität zu gewährleisten.

Varianten der wasserstoffbasierten Szenarien gehen deshalb davon aus, dass mit regenerativ erzeugtem Strom und dann mit über Wasserelektrolyse erzeugtem Wasserstoff in großen Mengen synthetische Kraftstoffe und klimaneutrales Methanol hergestellt werden können, um Verbrennungsmotoren und den Flugverkehr klimaneutral zu gestalten.

Darüber hinaus werden Übergangsszenarien formuliert, in denen bei noch nicht erfolgtem Vollausbau regenerativer Stromerzeugung „Blauer Wasserstoff“, der ebenfalls als klimaneutral gilt, erzeugt wird und zu den oben beschriebenen Anwendungen kommt.

Insgesamt sprechen aus der Sicht des Verfassers die Möglichkeiten der Speicherung, der Sektorkopplung, die globale Übertragbarkeit und umfassende Anwendbarkeit von Wasserstofftechnologien sowie die Erfordernisse der Energiewende in der Industrie für die wasserstoffbasierten Szenarien.

**Zur Klärung der Begriffe:**

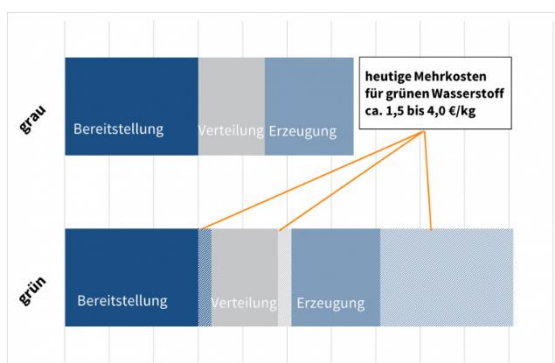
- **Grüner Wasserstoff** – regenerativ hergestellter Wasserstoff, in der Regel mittels Wasserelektrolyse aus regenerativem Strom. In der Herstellung entsteht kein CO<sup>2</sup>.
- **Grauer Wasserstoff** – in der Regel aus Erdgas über Dampfreformierung hergestellter Wasserstoff. Dabei werden große Mengen CO<sup>2</sup> emittiert.
- **Blauer Wasserstoff** – ebenfalls aus Erdgas hergestellter Wasserstoff. Die CO<sup>2</sup>-Anteile (ca. 90%) werden gefangen und geologisch gelagert (CCS). Deshalb gilt Blauer Wasserstoff als nahezu klimaneutral.

**Die Kosten für Grauen Wasserstoff, Grünen Wasserstoff und Blauen Wasserstoff**

Wirtschaftliche Aspekte begünstigen derzeit noch den Einsatz von Grauem Wasserstoff, der aus Erdgas reformiert wird. Dies ist bedingt durch die derzeit noch höheren Herstellungskosten von Grünem Wasserstoff aus erneuerbarem Strom und durch die Belastung durch Netzabgaben durch erneuerbare Energien und die Besteuerung des erneuerbaren Stroms. Diese Abgaben sind spezifisch für die regulatorischen Rahmenbedingungen in Deutschland und werden daher in die weitere Betrachtung nicht mit einbezogen. Die nachfolgenden Aussagen zu den Gesteungskosten und Preisen beziehen sich daher zwar auf die Situation in Deutschland, versuchen aber diese Einflussfaktoren auszublenden.

Die Herstellungskosten für **Grauen Wasserstoff** werden bei großen Reformierungsanlagen mit ca. 1 Euro / Kilo beziffert. Der Verkaufspreis an Großabnehmer – meist über Pipeline – soll bei 3 bis 4 Euro liegen. Mit weiterem Fortschritt der Energiewende und einer Besteuerung von CO<sup>2</sup>-Emissionen ist davon auszugehen, dass diese Kosten signifikant steigen.

Die Herstellungskosten für **Grünen Wasserstoff** werden von der internationalen Energieagentur mit 2,8 bis 6,2 Euro angegeben. Deshalb wird in der Literatur von heutigen



Mehrkosten für Grünen Wasserstoff von 1,5 bis 4,0 Euro gesprochen. Aktuell und vor allen Dingen für die Zukunft muss von weitaus geringeren Werten ausgegangen werden. Die Herstellung von Grünem Strom über Windkraft und Fotovoltaik wird weiter auch in den Kosten zu optimieren sein.

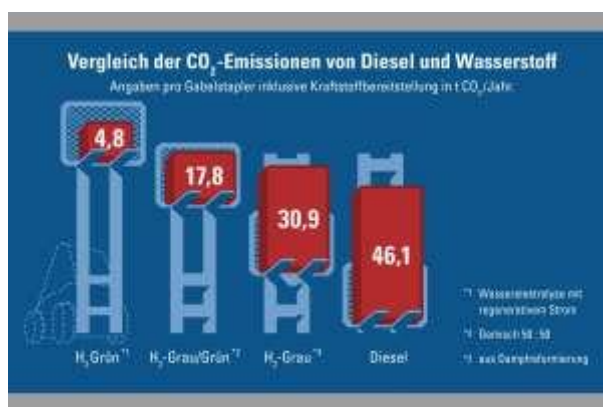
**Abb. 3**

Elektrolyse wird in Zukunft mit weit geringeren Kosten zu betreiben sein: dies ist in der bisher nicht erreichten Größenordnung der zukünftigen Elektrolyseure (ab 100 MW), in der absehbaren Industrialisierung ihrer Herstellung und in der weiteren Optimierung der Elektrolysetechnik begründet.



Für **Blauen Wasserstoff** sind noch keine gesicherten Kostenangaben möglich. Zunächst wird Grauer Wasserstoff aus Erdgas hergestellt, dann die Kohlenstoffanteile des Erdgases z.B. in ausgebeutete Erdgasfelder zurückgeführt (CCS-Verfahren). Dadurch ergeben sich gegenüber der Herstellung von Grauem Wasserstoff Zusatzkosten, die u.a. durch die Speicherung des Kohlenstoffs bestimmt sind. Diese wiederum sind abhängig von Transportentfernungen und geologischen Gegebenheiten. Insgesamt werden die Bezugskosten für Blauen Wasserstoff damit nicht signifikant unterhalb zukünftiger Bezugskosten von Grünem Wasserstoff liegen können.

Der Einsatz von Grünem Wasserstoff, übergangsweise auch Blauem Wasserstoff ist in der **Mobilität** vor allen Dingen für Fahrzeuge mit großer Nutzlast und/oder großer Reichweite geeignet. Dafür eignen sich Batterie-Fahrzeuge nach dem heutigen Stand der Batterie-Technik nicht. Langfristig stellt sich die Frage, ob bei einer globalen Elektrifizierung der Mobilität für die benötigten Batteriekapazitäten hinreichend Rohstoffe zu Verfügung stehen. Außerdem bestehen Zweifel an der Klimaneutralität der extrem energie-aufwändigen Batterie-Produktion. Für batterie-elektrische wie für wasserstoff-elektrische Fahrzeuge gilt gleichermaßen: solange die eingesetzte Energie nicht regenerativ erzeugt wurde, bieten die Fahrzeuge bezogen auf die CO<sup>2</sup>-Emissionen keine bzw. nur geringe Vorteile gegenüber



Verbrennungsmotoren. Insofern kann der Einsatz von Grauem Wasserstoff in Brennstoffzellen-Fahrzeugen nur der leichteren Technologieeinführung dienen sowie der Emissionsfreiheit des Fahrzeugs. Der Klimaschutz erfordert eine perspektivische Umstellung auf Grünem Wasserstoff.

Abb. 4

**Industrie:**

Die Energiewende in der Industrie ist ohne klimaneutral erzeugten Wasserstoff nicht möglich. Grüner Wasserstoff kann den bisher für industrielle Prozesse aus Erdgas gewonnenen Grauen Wasserstoff ersetzen. Erdölraffinerien sind dafür Beispiele. Hier werden große Mengen von Wasserstoff für die Entschwefelung von Rohöl eingesetzt.

In der Raffinerie-Industrie kann weiterhin Grüner Wasserstoff zur Herstellung von klimaneutralen synthetischen Kraftstoffen genutzt werden.



Die Bindung von CO<sup>2</sup>-Emissionen im großen Maßstab ist ein weiteres Prinzip. Daraus entstehen Rohstoffe für die Chemie, wie z.B. Methanol oder Methan. Am Ende eines so organisierten Recycling von Kohlenstoff entsteht wiederum CO<sup>2</sup>, allerdings findet aufgrund des Recyclings eine deutlich verminderte Gesamt-Emission von CO<sup>2</sup> statt.

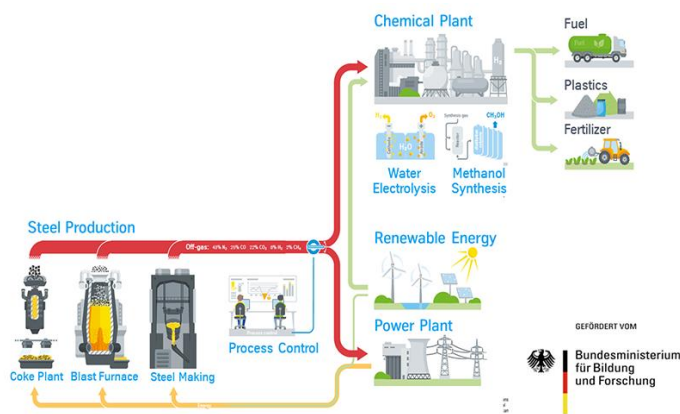


Abb. 5

Ein Beispiel für dieses Prinzip, ist das Projekt Carbon2Chem in der Stahlindustrie. Hüttengase werden mit Grünem oder zunächst Blauem Wasserstoff verschnitten – es entstehen Grundstoffe wie Methanol, Methan aber auch Ammoniak als

Grundstoff für Düngemittel. Die Technologie kann auch in der Zementindustrie eingesetzt werden. Die größten klimaschädlichen Industriezweige können so neutralisiert werden.

Der Ersatz von Erdgas durch Grünen Wasserstoff in allen wärmeerzeugenden Prozessen sowohl in der Gebäudeheizung als auch der Industrie ist eine weitere Maßnahme und Voraussetzung für einen weitreichenden Klimaschutz. Sowohl in Großbritannien als auch in den Niederlanden existieren erste Projekte, in denen Teile des Erdgasnetzes auf Wasserstoff umgestellt werden sollen.

Grundsätzlich leistet Grüner Wasserstoff sowohl in der Energieversorgung, der Mobilität als auch in der Industrie einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung klimaschädlicher CO<sup>2</sup>-Emissionen. Dies setzt jedoch voraus, dass Kapazitäten zur regenerativen Stromerzeugung soweit ausgebaut sind, dass zumindest in Zeiten geringer Stromnachfrage im Netz ein deutlicher Überschuss an regenerativer Stromerzeugung – wie bereits in Deutschland – zu verzeichnen ist.

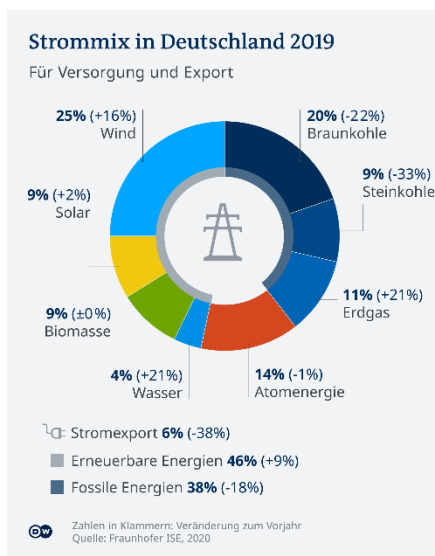
Andernfalls ist die unmittelbare Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom wesentlich effizienter. Für die Produktion von Wasserstoff über Elektrolyse sollte weder unmittelbar noch mittelbar Kohlestrom eingesetzt werden.

Sein die o.g. Voraussetzungen nicht erfüllt, ist der Einsatz von Grauem Wasserstoff möglicherweise weniger klimaschädlich (dies ist ggf. im Einzelfall zu untersuchen). Der Einsatz von Blauem Wasserstoff ist auch in diesem Fall nahezu klimaneutral. Für Ersatz von Grauem Wasserstoff in der Industrie kommt dann nur Blauer Wasserstoff (CCU) in Betracht.

## 2.2. Status quo der Wasserstofftechnologie in Deutschland

Die Entwicklung und der Status quo der Wasserstofftechnologie in Deutschland stehen in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Energiewende in Deutschland. Die Eckpunkte der Energiewende lassen sich wie folgt beschreiben:

- Bis zum Jahresende 2022 werden die letzten der zurzeit noch 6 in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke stillgelegt.
- Die Steinkohleförderung ist in Deutschland seit 2018 komplett eingestellt. Bis zum Jahr 2038 sollen die letzten Stein- und Braunkohlekraftwerke stillgelegt werden, auch Braunkohle wird dann nicht mehr abgebaut.
- Gleichzeitig muss ein massiver Ausbau regenerativer Energieerzeugung erfolgen. Deutschland will damit sicherstellen, die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens für 2030 zu erreichen. Dann sollen 55 % weniger CO<sup>2</sup> emittiert werden als 1990.
- Breits jetzt, so die Zahlen für 2019, ist der Anteil regenerativer Energieerzeugung



beträchtlich. Im letzten Jahr gab es so viel Ökostrom im deutschen Netz wie nie zuvor. 2019 lag der Anteil der erneuerbaren Energien im deutschen Strommix im Jahresdurchschnitt bei 46 Prozent, an vielen Tagen sogar über 65 Prozent (1).

Damit wird deutlich, dass für eine sichere Energieversorgung volatile regenerative Energie gespeichert werden muss. Außerdem entsteht in Zeiten geringer Netzbelastung ein Überschuss an regenerativer Energieerzeugung, der nur über die Produktion von speicherbaren Wasserstoff genutzt werden kann.

Abb. 6

Energiewende bedeutet auch: für die Versorgung der Mobilität mit regenerativer elektrischer Energie werden weitere Erzeugungskapazitäten benötigt, ebenso für die Dekarbonisierung der Industrie. Die wissenschaftlichen Szenarien gehen davon aus, dass mit vollständiger Umsetzung der Energiewende bis 2050 ein Großteil der benötigten regenerativ erzeugten Energie importiert werden muss. Auch dies ist ohne Wasserstoff nicht denkbar.

Aus diesen Gründen arbeitet die Bundesregierung zurzeit an einer nationalen Wasserstoff-Strategie. Sie soll die Voraussetzungen für einen massiven Ausbau der Wasserstoffwirtschaft aufzeigen und deren Umsetzung einleiten. Dazu gehören Änderungen von regulatorischen Rahmenbedingungen im regenerativen Energiemarkt und die Umsetzung von Europäischen Rahmenrichtlinien, die u.a. den Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in der

Raffinerie-Industrie begünstigen sollen. Die konkrete Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen ist allerdings innerhalb der Bundesregierung noch umstritten.

Die tatsächliche Anwendung und Umsetzung von Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie ist derzeit noch von Pilot- und Förderprojekten bestimmt. Es existieren bisher nur wenige nicht geförderte Anwendungen. Ein durch finanzielle Förderinstrumente geprägter Markt hat sich allerdings etabliert.

Förderung erfolgt durch die EU, die Bundesregierung über die Nationale Organisation für Wasserstoff NOW und durch eine Reihe von Bundesländern

### **Mobilität:**

Aktuell sind in Deutschland ca. 700 Brennstoffzellen-PKW im Einsatz sowie ca. 200 Busse im öffentlichen Nahverkehr. Neben Betankungsmöglichkeiten auf Betriebshöfen werden, durch ein Konsortium verschiedener Unternehmen gefördert, derzeit 83 öffentliche Wasserstoff-Tankstellen 700 Bar betrieben.

Die PKW sind fast ausschließlich in Japan und Korea produziert. Auch Busse und Schwerfahrzeuge kommen überwiegend aus ausländischer Produktion. Für Müllsammelfahrzeuge existiert ein deutscher Hersteller, die Fa. FAUN. Die Clean Vehicle Directive der EU zwingt allerdings öffentliche Unternehmen in Zukunft bei Neuanschaffungen einen erheblichen Anteil von emissionsfreien Fahrzeugen zu berücksichtigen – dies wird zu einem vermehrten Einsatz von Brennstoffzellen-Fahrzeugen führen.

Erfolgreich werden die ersten Brennstoffzellen-Züge von der Fa. Alstom im Regionalverkehr eingesetzt. 2 Züge haben sich in der Nähe von Hamburg bewährt. In der Region Frankfurt werden ab 2022 weitere 27 Züge eingesetzt. Die Fa. Siemens entwickelt zurzeit ebenfalls Brennstoffzellen-Züge.

Die Bundesregierung strebt einen weiteren Ausbau des Tankstellennetzes an, bis zum Jahr 2023 bei entsprechendem Bedarf bis zu 400 Tankstellen insgesamt. Allerdings steht bisher die Zahl der zugelassenen Fahrzeuge in einem Missverhältnis zum auch im weltweiten Maßstab bisher schon gut ausgebauten Tankstellennetz. Nur Japan verfügt über eine größere Anzahl öffentlicher Tankstellen. Deshalb sind über einen Förderwettbewerb „HyLand“ 16 Regionen für die Erstellung von Konzepten für den Ausbau von Brennstoffzellen-Mobilität ausgewählt worden. 2 dieser Pilotregionen befinden sich in der Metropole Ruhr: das nördliche Ruhrgebiet, genannt „Emscher-Lippe-Region“ und die Stadt Essen. Das h2-netzwerk-ruhr wirkt an diesen Konzepten mit.

### **Wärme- und Stromerzeugung:**

In zunehmend größerer Anzahl werden mit Erdgas betriebene Brennstoffzellen-Heizgeräte eingesetzt. Sie sind hoch effizient, wenn der erzeugte Strom selbst genutzt werden kann. Sie

werden von der Bundesregierung mit bis zu 16.000,- Euro gefördert. Vereinzelt existieren auch BZ-Systeme in der Wärmeversorgung größerer Gebäude.

Industrie:

Derzeit gibt es nur wenige realisierte Anwendungen von Grünem Wasserstoff in der Industrie. Auch aktuelle Vorhaben, die sich im Planungsstadium befinden, verstehen sich als Pilotprojekte mit teilweise beträchtlicher öffentlicher Förderung. Aktuell wird beispielsweise ein 10 MW Elektrolyseur von Shell in der Raffinerie Wesseling bei Köln in Betrieb genommen. Die Leistung ersetzt nur einen geringen Teil des im Raffinerie-Prozess bisher benötigten Grauen Wasserstoffs.

Für eine umfassende Dekarbonisierung der Industrie mit einem breiten Einsatz von Grünem Wasserstoff fehlen die regulatorischen Rahmenbedingungen, die einen ökonomischen Zwang ausüben könnten: Hohe Kosten von CO<sup>2</sup>-Zertifikaten bzw. eine CO<sup>2</sup>-Steuer und Entlastung des Grünen Wasserstoffs von Netzaufgaben.

Bis dahin werden diverse geförderte Pilotprojekte dazu dienen, die Praxistauglichkeit verschiedener Lösungen für die Sektorkopplung zu erproben. Beispielhaft ist der Förderwettbewerb des Bundes-Wirtschaftsministeriums „Reallabore der Energiewende“, mit dem unter 20 ausgewählten Projekten auch Projekte der Wasserstoffwirtschaft gefördert werden sollen (2).

Ein Beispiel: „Element 1“ – Planung eines 100 MW-Elektrolyseurs in der windreichen Küstenregion und Transport des Grünen Wasserstoffs über ehemalige Erdgasleitungen zu industriellen Nutzungen. Ein weiteres Beispiel für Sektorenkopplung ist das in 7.1.3. erwähnte Projekt GETH2 (Abb. 21) (3).

### 3. Methodischer Ansatz der Studie

Auf Grundlage der in Changzhou und weiteren Städte geführten Gespräche werden zunächst die Ausgangssituation und die vorhandenen Potentiale einer zukünftigen Entwicklung analysiert.

Die für die vorgeschlagene Entwicklung zu entwerfende Roadmap muss sich an der Zielrichtung des Konzepts orientieren.

Um die zu erreichenden Ziele zu definieren, werden zunächst weitergehende und bereits erfolgreiche Entwicklungen, d.h in erster Linie Anwendungen der Wasserstofftechnologie, sowohl in China als auch international analysiert. Die dazu notwendigen Informationen resultieren aus dem Besuch in Rugao, den Kenntnissen über Entwicklungen in Deutschland und vorliegenden Berichten über weitere Ansätze in China und anderen Ländern.

Weiterhin ergeben sich die Ziele aus den globalen Szenarien der Energiewende, die sich wiederum an den Vereinbarungen des Pariser Abkommens orientieren.

Das vorgeschlagene Konzept muss damit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz in Changzhou und der Provinz Jiangsu leisten und gleichzeitig geeignet sein, neue Wertschöpfung in der Changzhou Binjiang Economic Development Zone zu schaffen.

Im Verlauf des einwöchigen Aufenthalts in Changzhou und im Jangtse-Delta wurden folgende Gespräche und Interviews geführt, die die Grundlage für die oben beschriebenen Analysen bieten:

- 06.01.2020 Development and Reform Commission – City of Changzhou,
- 07.01.2020 Investment Promotion Bureau – CZBJ Changzhou Binjiang Economic Development Zone,
- 07.01.2020 EMT – E-Material-Technic
- 07.01.2020 Jiangsu JITRI Advanced Energy & Materials Research Institute – Prof. Wu Ying
- 08.01.2020 New Energy Town Tongli – Information Centre State Grid
- 08.01.2020 Sozhou – Dep. Economic Development, City of Sozhou
- 09.01.2020 Changzhou Dohow Chemical Ltd.
- 09.01.2020 Baoqing Gas
- 09.01.2020 + 10.01. 2020 Management Committee of Hydrogen Energy Industrial Park Rugao – Besichtigung Industrial Park u.a. Bing Energy etc.

## 4. Bestandsaufnahme

### 4.1. Ergebnisse der Bestandsaufnahme

Die Stadt Changzhou hat sich in Bezug auf Energiepolitik und Klimaschutz ehrgeizige Ziele gesetzt. Neben der notwendigen Verringerung der Emission klimaschädlicher Gase soll das Stromnetz effizienter, d.h. smart durch digitalisierte Steuerung, gestaltet werden und zugleich die Versorgungssicherheit erhöht werden. Um diese Zielsetzung zu unterstreichen, existieren im Bereich Neue Energien 30 Pilot- und Modellprojekte.

Unter den zahlreichen Unternehmen, die in der Stadt ansässig sind, dürften viele für eine Wasserstoffstrategie interessant sein, beispielsweise Fahrzeughersteller, Hersteller von Bussen, Hersteller von Autoteilen. Daneben existieren Unternehmen, die mit der Entwicklung und Produktion von Technologien der Erneuerbaren Energien befasst sind – darunter die Produktion von Photovoltaik.

Basis für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft sind verschiedene Unternehmen, die bereits jetzt wichtige Entwicklungen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie auf den Markt bringen:

- EMT – Changzhou E-Material-Technic Ltd. – Entwicklung und Produktion von Bipolar-Platten, wichtig für die Entwicklung von Brennstoffzellen.
- Changzhou Rambo Purification Technology Co. – wichtig für die Aufbereitung und Reinigung von Wasserstoff, insbesondere aus industriellen Prozessen, um ihn in Brennstoffzellen einsetzen zu können.
- Jiangsu JITRI Advanced Energy & Materials Research Institute – u.a. Entwicklung und Herstellung von Metall-Hydrid-Speichern, Wasserstoffspeicher für verschiedene Anwendungen.
- Changzhou Chunhua New Energy Technology Co.,Ltd – Wasserstoff-Aufbereitung und -Reinigung, Speichertechnik und Produktion von Metall-Hydrid

Ein weiteres Fundament für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Changzhou ist die Verfügbarkeit von großen Mengen Wasserstoff, der als Überschuss industrieller Prozesse anfällt. Dazu gibt es folgende Informationen:

Die Reformkommission spricht von insgesamt

200 Mio. m<sup>3</sup> Wasserstoff pro anno, das entspricht 16.800 t Wasserstoff, davon reiner Wasserstoff 30 Mio. m<sup>3</sup>, das entspräche **2523 t** Wasserstoff jährlich.

Die CZBJ stellt folgende Daten für die Produktion von Wasserstoff in der Binjiang Development Zone zur Verfügung:

Generell beträgt der Anteil des reinen, für Brennstoffzellenanwendungen verfügbare Wasserstoff im Jahr 2018 **13,84 Mio. m<sup>3</sup>/a**, das entspricht **1164 t** Wasserstoff. Im Detail etwas abweichende Zahlen:

**H2 – Nutzung durch By-Produkte (Überschusswasserstoff):**

%	China Salt Changzhou	-	50.000 m <sup>3</sup> / day	<b>18Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	99,0
%	Baoqin Taichen	-	30.000 m <sup>3</sup> / day	<b>11Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	99,999
	New Solar Technology Group	-	20.000 m <sup>3</sup> / h		Crude Hydrogen

Changzhou DongHao Chemical Supply - 3250 m<sup>3</sup> / h, das waren 2017 **15,17 Mio. m<sup>3</sup>** mit 99,99 % Reinheit das entspricht **1275 t/a**

**Infos CZBJ**

### Gespräch DOHOW Chemical 09.01.2020:

Aus dem Gespräch mit DOHOW Chemical am 09.01.2020 ergibt sich, dass der in chemischen Prozessen anfallende „Überschusswasserstoff“ durch etablierte Nutzungen gebunden ist. Beispielsweise werden 50% des von DOHOW Chemical produzierten Wasserstoffs in der Petrolentschwefelung eingesetzt, die übrigen 50 % stehen für Fremdnutzungen anderer Unternehmen zur Verfügung. Entscheidend sind die Mengen, die aufbereitet und gereinigt und dann an den Gasvertrieb Baoqing Gas geliefert werden.

**DOHOW CHEMICAL** erzeugt aus Produktion PVC und Styrol freiwerdenden Wasserstoff insges. 20.000 m<sup>3</sup>/h **175 m<sup>3</sup>Mio/a** „Abgas“ mit 92% H<sub>2</sub>

50 % für Eigenversorgung (Petrolentschwefelung)

50 % für Fremdnutzungen, davon werden derzeit 3250 m<sup>3</sup>/h **28 Mio. m<sup>3</sup>/a** 99,99% aufbereitet und gereinigt, das entspricht maximal **2355 t/a**

Die Aufbereitung könnte ausgebaut werden auf **8000 m<sup>3</sup>/ h** ganzjährig, das entspricht realistisch einer Jahresleistung von **58 Mio. m<sup>3</sup>/a** oder **4870 t/a**.

Gestehungspreis 1,9 – 2,0 Yuan / m<sup>3</sup>

Pipeline 7 km zu Baoqing-Gas - könnte ausgebaut werden

**Baoqing** Gas liefert Wasserstoff für Anwendungen im Bereich Pharmazie, Metallurgie, als Rohstoff für Chemie, Chipherstellung, Verhüttung mit einem Reinheitsgrad von 99,999 % auch für Anwendungen, die das nicht benötigen.

Lieferung über Trailer und Flaschenabfüllung - ca. 3 Yuan ab Werk

Kunden: auch in kleinen Mengen für eine BZ-Tankstelle möglich.

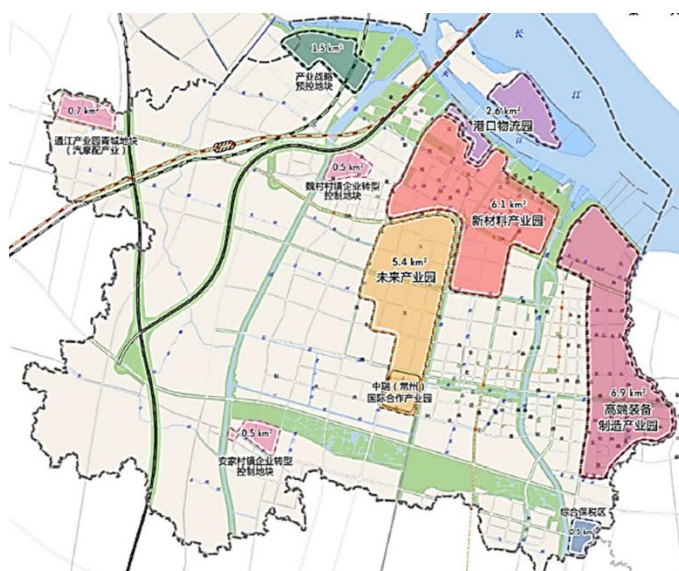
Beispiel Trailer: 24 m<sup>3</sup> 18 mbA 320 – 350 kg kostet 9000 Yuan

Bei Erweiterung der Aufbereitung, die DOHOW Chemical betreibt, würde aufbereiteter und gereinigter Wasserstoff in einer Gesamtmenge von 58 Mio. m<sup>3</sup> / a oder 4870 t / a zur Verfügung stehen und über die bestehende Pipeline geliefert. Legt man die bisherige Produktion reinen Wasserstoffs zu Grunde und den auch in der Zukunft angenommenen Bedarf der bisherigen Abnehmer, steht in jedem Fall die aus der Erweiterung entstehende zusätzliche Produktion von Wasserstoff für Brennstoffzellen-Anwendungen zur Verfügung. Der Verfasser geht zunächst von etwa **3000 t / a** aus.



Die Stadt Changzhou verfügt über eine hervorragende Ökonomische Struktur, die eine gute Grundlage für die Positionierung einer neuen, zukunftsweisenden Technologie darstellt. Es sind Ansiedlungsmöglichkeiten für Unternehmen vorhanden. Ebenso bietet die hervorragende städtische Infrastruktur die Möglichkeit, Demonstrationsprojekte zu realisieren. Innovationen können über die Hochschulen der Region begleitet werden. Die zahlreichen internationalen Unternehmen und chinesische Unternehmen mit internationalen Kontakten sichern eine globale Vernetzung und Einbindung.

Die Binjiang Economic Development Zone ist eingebettet in den Changzhou National Hi-Tech District CND. Dieser liegt im Norden der Stadt und verfügt über 9 thematisch geprägte Industrieparks – darunter auch einen PV & New Energy Industrial Park, hauptsächlich Photovoltaik-Industrie und eben die Binjiang-Zone.



Die Binjiang Economic Development Zone ist insgesamt ca. 171 km<sup>2</sup> groß mit 34,5 km<sup>2</sup> Industrieansiedlungsfläche, eingebettet in den CND und die gesamtstädtische Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur mit einem Hafen am Jangtse River.

Abb. 7

Auch innerhalb der Zone existiert eine thematische Gliederung:

- New Material
- Equipment Manufacturing
- Transportation, Logistics
- Forefront Industry - Spitzenindustrie: Hydrogen Energy, Industrielle Wertschöpfungsketten

Die Binjiang Economic Development Zone bietet nicht nur Ansiedlungsmöglichkeiten für Unternehmen der Wasserstofftechnologie. Auch die Unternehmen, die industriellen Wasserstoff für Demonstrationsprojekte liefern können, befinden sich in dieser Zone: im Changzhou Binjiang Chemical Industry Park.

Neben Ansiedlungsflächen für neue Unternehmen, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, Immobilien u.a. an junge, innovative Unternehmen und Start-Ups zu vermieten, wie die Planung des „Sino-Swiss International Industrial Innovation Park“ zeigt.

Zur in Changzhou vorhandenen Industrie gehören zahlreiche Unternehmen, die Fahrzeuge und Systeme der Elektromobilität entwickeln und produzieren, und sich so auch mit der Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen befassen können.

Zur Entwicklung der Brennstoffzellen- und Wasserstoffindustrie in Changzhou bestehen bereits strategische Allianzen z.B. mit der China Steel Research and Technology Group. Darüber hinaus existieren internationale Kontakte ( Beispiel: Midlands in GB) und die Unterstützung von 6 Instituten und Hochschulen mit technologischer Orientierung.

#### **4.2. Bewertung und Analyse der Ergebnisse**

Die Stadt Changzhou verfügt offenbar über den politischen Willen und die strategische Zielsetzung, den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft als Impuls für Wachstum und Wertschöpfung zu nutzen und langfristig als Instrument des Klimaschutzes einzusetzen.

Mit der Binjiang Economy Development Zone und umgebenden Strukturen bietet sie die Möglichkeit, Demonstrationsprojekte in den Bereichen öffentliche Infrastruktur, Verkehr / Mobilität, industrieller Klimaschutz und Gebäude zu realisieren sowie Unternehmen anzusiedeln, die diese Entwicklungen unterstützen können.

Die bisherigen Überlegungen zur Implementierung von Demonstrationsprojekten basieren auf der Verfügbarkeit von industriellem Überschuss-Wasserstoff. Dieser ist jedoch in Bezug auf die verfügbaren Mengen begrenzt und kann nicht als klimaneutral bezeichnet werden. Insofern muss nach Möglichkeiten gesucht werden, größere Mengen von regenerativem Wasserstoff zu produzieren und nicht nur für mobile Anwendungen, sondern auch in industriellen Prozessen einzusetzen.

Die Fokussierung auf industriellen Wasserstoff zeigt, dass die bisherigen strategischen Überlegungen Klimaneutralität noch nicht hinreichend berücksichtigen.

Die Strategie für die Binjiang Zone muss eine Roadmap für einen Innovationsprozess entwerfen, der es erlaubt, den Entwicklungs-Vorsprung, über den andere Regionen Chinas verfügen, aufzuholen.

Dies beinhaltet auch die zügige Ansiedlung weiterer Unternehmen der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie. Die bereits vorhandenen Unternehmen sind innovativ und verfügen über zukunftssträchtige Geschäftsfelder. Sie decken allerdings nur einen sehr kleinen Teil der gesamten Prozesskette zwischen der Erzeugung von Wasserstoff bis hin zu verschiedenen Anwendungen ab. Insofern besitzt das vorhandene Cluster bei Weitem noch nicht die kritische Masse, um dynamisch wachsen zu können.

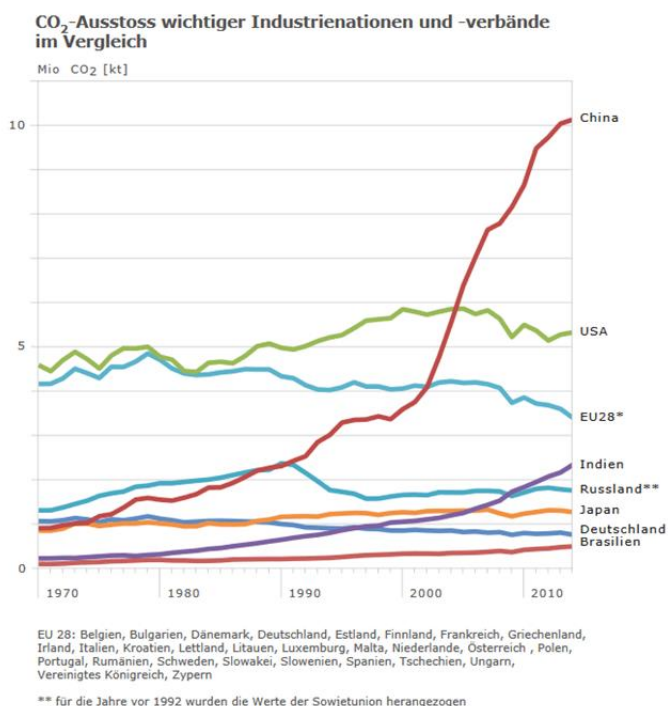
Der Verfasser ist nicht in der Lage, die wissenschaftliche Kompetenz der in Changzhou vorhandenen Institute und Hochschulen zu bewerten. Die Innovationsstrategie muss gegebenenfalls ergänzend die Kooperation mit Hochschulen außerhalb der Stadt organisieren, um über alle erforderlichen wissenschaftlichen Kompetenzen zu verfügen.

**Zusammenfassend:**

In Zusammenarbeit mit der Industrie und der Wissenschaft ist eine strategische Aufstellung und ein Innovationsprozess zu organisieren, der geeignet ist, den Vorsprung anderer Regionen aufzuholen. Diese Chance besteht, wenn der Aspekt der Klimaneutralität stärker in den Fokus genommen wird.

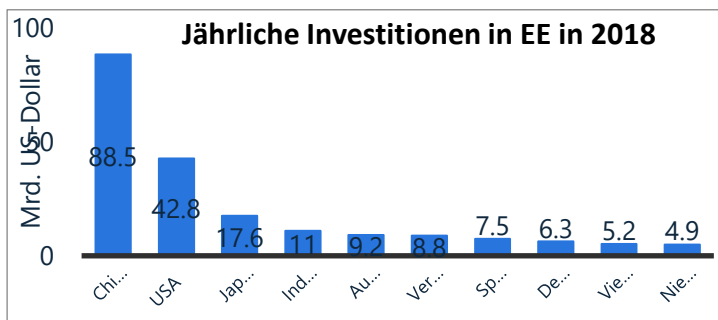
Das Ziel einer klimaneutralen Binjiang Economic Development Zone mit den entsprechenden Demonstrationsprojekten könnte eine derartige Strategie unterstützen.

**5. Zielsetzung einer klimaneutralen Region 2050**



Der weltweite Klimawandel gestaltet sich zunehmend dramatischer. Dies bedeutet, dass global die Verpflichtungen des Pariser Abkommens ernsthafter als bisher verfolgt werden müssen. Die Grafik zeigt, dass die VR China bisher noch mit einem wachsenden Anteil zu den weltweiten klimaschädlichen Emissionen beiträgt. Andererseits leistet sie immense Investitionen in erneuerbare Energien.

**Abb. 8** Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Nationen



Im Jahr 2018 investierte China 88,5 Mrd. US-Dollar in Erneuerbare Energien, was in etwa dem Investment von USA, Japan, Indien, Australien und UK zusammen entspricht.

Abb. 9 Investitionen in Erneuerbare Energien weltweit

Unter der Voraussetzung, dass erneuerbare Energien massiv ausgebaut werden, besteht eine realistische Chance, die Provinz Jiangsu bis 2050 klimaneutral zu gestalten.

Wie zuvor erläutert, bedeutet Klimaneutralität im Jahr 2050 den weitgehenden Verzicht auf fossile Brenn- und Grundstoffe: Kohle, Erdöl und Erdgas. Als Ersatz muss die Produktion von regenerativem Strom so ausgeweitet werden, dass nicht nur die Stromversorgung, sondern auch die Wärmeversorgung, die Mobilität und die Industrie mit regenerativer Energie versorgt wird bzw. mit Grundstoffen, die aus regenerativem Wasserstoff gewonnen werden.

Dies beinhaltet einen massiven Ausbau regenerativer Stromerzeugung. Die Gespräche, die der Verfasser vom 06.01. bis zum 09.01.2020 in Changzhou geführt hat, zeigten auf Seiten der Gesprächspartner eine gewisse Skepsis gegenüber der Vorstellung, für Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen zukünftig ausschließlich Grünen Wasserstoff einzusetzen.

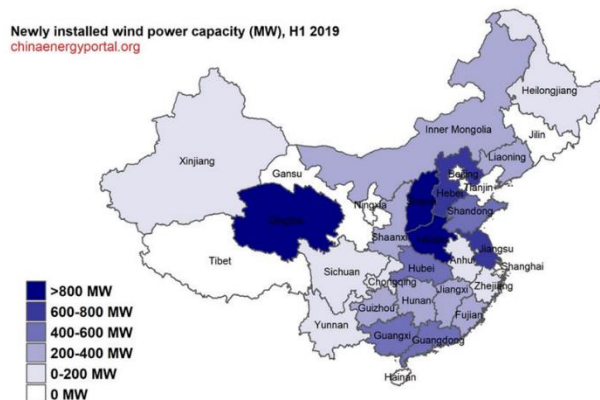
Dies ist jedoch Bedingung für nachhaltige Klimaneutralität. Es ist richtig, um in einer Übergangsphase die Technologie aufbauen und hochfahren zu können, zunächst Grauen oder Blauen Wasserstoff einzusetzen. Dies muss allerdings auf eine definierte Übergangsphase, die spätestens 2050 endet, beschränkt bleiben. Der sich beschleunigende Klimawandel erfordert jetzt den massiven Ausbau regenerativer Energieerzeugung.

Die Überlegungen der Stadt Changzhou zur Einführung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gehen von der Nutzung des aus der chemischen Industrie bezogenen „Überschuss“- Wasserstoff aus. Wenn dies nicht auf eine Übergangszeit beschränkt bleibt, macht die Einführung einer aufwändigen, neuen Technologie wenig Sinn. Beispielsweise sind Brennstoffzellenfahrzeuge, die Grauen Wasserstoff einsetzen, zwar emissionsfrei, ihre CO<sub>2</sub>-Bilanz ist jedoch unwesentlich besser als die eines gleichgroßen Dieselfahrzeugs.

Insofern ist die Frage zu klären, ob am Standort, zumindest aber in der Provinz Jiangsu Potentiale für die Produktion von Grünem Wasserstoff aus regenerativem Strom vorhanden sind. Der Verfasser empfiehlt, dies für den Standort bzw. die Region Jangtse-Delta näher zu untersuchen.

Die offizielle Statistik deutet darauf hin, dass die Provinz Jiangsu über erhebliche Potentiale für die Erzeugung regenerativer Energie verfügt, denn sie besitzt innerhalb der VR China bereits jetzt eine führende Rolle.

Mit der Stand 2019 installierten Kapazität von PV-Anlagen von insgesamt 14.050 MW steht die Provinz Jiangsu nach der Provinz Shandong mit 14.370 MW an zweiter Stelle. (4)



Mit der Windstromerzeugung in einer Größenordnung von 9.270 MW befindet sich Jiangsu im Mittelfeld aller Provinzen. Sie nimmt allerdings mit einem Zuwachs 620 MW im Jahr 2019 wiederum eine Spitzenstellung ein. (5)

Abb. 10

In der Provinz Jiangsu entspricht die tatsächliche Produktion von Windstrom nahezu der installierten Kapazität, die Statistik verzeichnet keine Abschaltzeiten, sodass derzeit noch kein



„Überschussstrom“ zur Verfügung stehen dürfte. Die Darstellung von PV-Kraftwerken und Windenergieanlagen in der Region Shanghai und im Jangtse-Delta zeigen, dass für weiteren Zubau noch große Potentiale zu erschließen sind. Damit besteht die Möglichkeit, in der Region auch Grünen Strom in großem Umfang zu erzeugen.

Abb.11

Stromnetz, Windenergie Onshore, Offshore und PV-Anlagen in Shanghai

Unter Punkt 6. wird erläutert, wie mit regenerativer Energieerzeugung die Versorgung der Region mit Grünem Wasserstoff sichergestellt werden kann. Darüber hinaus geht es um die Frage, ob mit Übergangslösungen bereits frühzeitig klimaneutraler Blauer Wasserstoff zur Verfügung gestellt werden kann, unter anderem, um damit zu beginnen, ein Wasserstoff-Versorgungsnetz für die gesamte Region aufzubauen. Dann ist zu beschreiben, welche Bedeutung der Binjiang Development Zone in dieser Strategie hat.



## 6. Strategischer Ansatz für die Provinz Jiangsu und die Binjiang Development Zone

### 6.1. Klimaneutraler Wasserstoff für die Provinz Jiangsu und das Jangtse Delta

Die Weichen für eine klimaneutrale Zukunft werden in den Jahren 2020 bis 2030 gestellt. Deshalb sollte die Provinz Jiangsu jetzt einen **Strategie-Plan** für den weiteren massiven Ausbau erneuerbarer Energien aufstellen. Dieser analysiert zunächst, in welchen Regionen der Provinz das Windaufkommen und die Zahl der verfügbaren Sonnenstunden für Standorte von PV-Solarkraftwerken oder Windparks spricht. An diesen Standorten sollte ein gezielter Ausbau dieser Kapazitäten planvoll nach und nach erfolgen. Sinnvoll ist zunächst die Einspeisung des erneuerbaren Stroms in das Stromnetz. Im zweiten Schritt sollte eine Wandlung des Stroms über Elektrolyse in Wasserstoff vorgesehen werden.

Im Mai 2019 wurde das Dokument „Yangtze River Delta Hydrogen Corridor Construction Development Plan“ von der China Society of Automotive Engineers (SEA-China) veröffentlicht, d.h. ein erster Ansatz für einen solchen Plan existiert bereits. (6)

Um den Wasserstoff in der gesamten Region insbesondere im Jangtse-Delta einsetzen zu können, muss entweder der Grüne Strom, besser noch, der Grüne Wasserstoff transportiert werden. Der Verfasser schlägt vor, im Jangtse-Delta eine zentrale Wasserstoffpipeline zu bauen, die die Regionen der Windenergie- und Solarenergie-Produktion mit den großen Industrie-Standorten des Jangtse-Deltas, natürlich auch mit der Binjiang Development Zone, verbindet. Eine derartige Pipeline ist dann sinnvoll, wenn nicht nur mobile Wasserstoffanwendungen, sondern auch die Industrie, wie unter 7.1.3. beschrieben, in großem Umfang klimaneutralen Wasserstoff einsetzt. Spätestens dann ist es erforderlich das Angebot an Überschusswasserstoff zu ergänzen.

Für den Klimaschutz ist von großer Bedeutung, dass die Pipeline mit entsprechenden Mengen ausschließlich klimaneutralen Wasserstoffs gespeist wird. Dies soll, wie oben beschrieben, langfristig Grüner Wasserstoff sein. In einer Übergangszeit kann allerdings auch klimaneutraler Blauer Wasserstoff produziert werden. Dies setzt allerdings voraus, dass man den bei der Produktion von Blauem Wasserstoff aus Erdgas oder Kohle abgespaltenen Kohlenstoff (CCS) sicher unterirdisch lagern oder an anderer Stelle in der Industrie verwenden kann (CCU).

Letzteres stellt allerdings nur ein Recycling von Kohlenstoff dar. Deshalb muss der **Strategie-Plan** für die Provinz Jiangsu auch untersuchen, ob es in der Provinz Jiangsu oder außerhalb die Möglichkeit gibt, CO<sup>2</sup> sicher, etwa in ausgebeuteten Erdgasfeldern, zu lagern. Nur unter dieser Voraussetzung lässt sich die Anwendung von Blauem Wasserstoff klimaneutral gestalten. Der Verfasser wird unter 7.1.3. Pilotprojekte für industrielle Anwendungen vorschlagen.

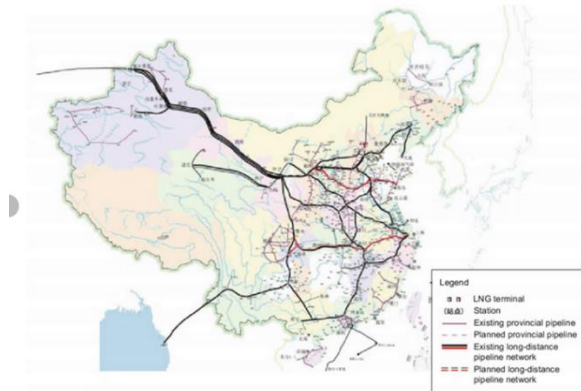
Langfristig sollte die zentrale Pipeline mehr und mehr durch Grünen Wasserstoff gespeist werden. Dazu sind in den Erzeugungsgebieten von erneuerbaren Strom aus Wind, PV, Wasserkraft, etc., Elektrolyseure im 100 MW-Maßstab zu betreiben, die Wasser spalten und Grünen Wasserstoff erzeugen. Die Standorte sind so zu wählen, dass die in der Elektrolyse erzeugte Wärme genutzt wird, beispielsweise in Gebäuden zu Heizzwecken. Auch der erzeugte Sauerstoff kann Verwendung finden, entweder in der Industrie oder in Kläranlagen oder aber auch zur Verbesserung der Qualität von Gewässern.

Der **Strategie-Plan** für die Provinz-Jiangsu muss weiterhin berücksichtigen, wo in Zukunft der Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff in der Industrie in großen Mengen erfolgt und zur Dekarbonisierung der Industrie erforderlich ist. Daran orientiert sich die Auslegung und Linienführung der Pipeline. Kleinere Anwendungen können auch über weitere Entfernungen an die Pipeline angebunden werden.

Wie unter **7.1.3.** ausgeführt, kommen zur Dekarbonisierung der Industrie in Betracht,

- der Ersatz von Grauem, aus Kohle oder Erdgas hergestelltem Wasserstoff durch klimaneutralen Blauen, später Grünen Wasserstoff,
- das Verschneiden von großen CO<sup>2</sup>-Emissionen mit klimaneutralem Wasserstoff zur Herstellung chemischer Grundstoffe,
- die Herstellung von synthetischen, klimaneutralen Kraftstoffen, insbesondere für den Flugverkehr,
- der Ersatz von Erdgas bei der Erzeugung von Prozesswärme und Unterstützung von Verbrennungsprozessen.

Je mehr die Energieerzeugung auf erneuerbarem Strom basiert, sind Speichermöglichkeiten für Grünen Wasserstoff erforderlich. Dies sind Gasspeicher, wie Salzkavernen u.a.. Der Strategie-Plan muss klären, wo diese Speichermöglichkeiten vorhanden sind. Auch dies bestimmt die Linienführung der zentralen Pipeline. Zur Absicherung der Versorgungssicherheit im Stromnetz, in dem regenerativer Strom überwiegt, kann gespeicherter, Grüner Wasserstoff über Gasturbinen oder Brennstoffzellen rückverstromt werden.



**Abb. 12** Chinas natural gas pipeline network

Langfristig wird der Grüne Wasserstoff Erdgas ersetzen. Insofern muss der **Strategie-Plan** berücksichtigen, wie das Erdgasnetz für den Transport und die Verteilung von Wasserstoff umgenutzt werden kann. Die Niederlande planen dies bereits für den Zeitraum 2030 vor dem Hintergrund der dort beschlossenen

Beendigung der Erdgas-Förderung .



Da die VR China einerseits Erdgas in großen Mengen importiert, andererseits über riesige Potentiale für eine regenerative Strom- und Wasserstoffherzeugung verfügt, besteht die Chance, sich in Zukunft von teuren Energieimporten unabhängig zu machen.

## 6.2. Entwicklungsziele für die Binjiang Development Zone bis 2030

Die Binjiang Economic Development Zone steht im Zentrum der oben beschriebenen Entwicklung. Sie wird langfristig zu einem **Zero Emission Park (7.3)** aus- und umgebaut und zeigt damit beispielhaft die Energiewende in Industrie-Parks.

Im darin gelegenen **Wasserstoff-Industriepark (7.2)** siedeln sich die Unternehmen an, deren Entwicklungen und Produkte für die Wasserstoffwirtschaft entscheidend sind.

Im Mittelpunkt des **Wasserstoff-Industrieparks** steht der **Campus (7.4)** mit dem **Technologie- und Start-Up Zentrum** sowie mit dem **Science- Demonstrations- und Tagungszentrum**. Hier wird mit dem **Think-Tank** die strategische Kompetenz konzentriert, der für die Implementierung der Wasserstofftechnologie erforderliche Innovationsprozess gesteuert, Forschungsdienstleistungen für die Unternehmen angesiedelt und für die Fachöffentlichkeit sowie die allgemeine Öffentlichkeit der Stand der Wasserstoffwirtschaft und deren Rolle in der Energiewende jederzeit auf dem aktuellen Stand gezeigt und besprochen.

Insgesamt folgt die Entwicklung der Binjiang Economic Development Zone der Strategie, mit Pilot- und Anwendungsprojekten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für diese Sparte eine hohe Standortattraktivität und ein entsprechendes Image zu erzeugen, die für die Unternehmen erforderliche Infrastruktur im Campus zu schaffen, die bereits vorhandenen Unternehmen in die Innovationsstrategie einzubinden und auf dieser Basis die für die Wasserstoffwirtschaft und die damit verbundene Wertschöpfungskette entscheidenden Unternehmen anzusiedeln. Parallel ist eine entsprechende Forschungslandschaft aufzubauen.

## 6.3 Organisationsgrundsätze

Die bereits gegründete Wasserstoffallianz sollte bereits im Jahr 2020 als Organisation etabliert, mit Finanzmitteln und Mitarbeitern ausgestattet werden. Sie ist angegliedert an die CZBJ-Organisation und entwirft auf Grundlage dieser Studie die detaillierte Roadmap. Sie steuert die Umsetzung, koordiniert die für Pilot- und Demonstrationsprojekte Verantwortlichen und gründet den vorgeschlagenen Think-Tank. Für die Wasserstoffallianz sollten weitere finanzkräftige Partner-Unternehmen gefunden und für die Entwicklung wichtige Hochschulen und Universitäten eingebunden werden.

Andere Wasserstoffregionen, wie zum Beispiel Zhaijiang in der Provinz Jiangsu fördern ergänzend zu den staatlichen Förderungen Projekte und Anwendungen. Dies sollte – zumindest in den ersten Jahren – für Changzhou ebenfalls überlegt werden.

## 7. Vorschläge für konkrete Maßnahmen und Projekte

### 7.1. Pilot- und Demonstrationsprojekte

Die Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie ist erforderlich, um über erste Anwendungen den Markthochlauf von Brennstoffzellenanwendungen und weiteren Komponenten einzuleiten. Nahezu alle Anwendungen der Technologie erscheinen derzeit noch nicht marktfähig. Erst größere Stückzahlen werden dazu führen, dass die Komponenten der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie im Vergleich mit konventionellen Anwendungen zumindest bezahlbar erscheinen. Trotzdem bleibt die Technologie investiv aufwändig. Sie kann mit konventionellen, klimabeeinflussenden Anwendungen wirtschaftlich nur konkurrieren, wenn CO<sup>2</sup>-Emissionen über Zertifikate oder Abgaben bepreist werden. Kommt es dazu nicht, wird es bei Pilot- und Demonstrationsprojekten bleiben. Auf der anderen Seite zeigt sich bereits jetzt, dass in China der Markt durch zahlreiche Demonstrationsprojekte soweit hochläuft, dass größere Stückzahlen möglich sind. Das Beispiel Brennstoffzellen zeigt: sobald Stückzahlen in mehreren tausend nachgefragt werden, ist eine automatisierte Fertigung möglich, die wiederum zu einem signifikant niedrigeren Preisniveau führt. Dies dürfte auch bei anderen Komponenten der Fall sein.

Insofern unterstützen Demonstrationsprojekte mit großen Stückzahlen den Markthochlauf verbunden mit der Erwartung, die jeweilige Anwendung langfristig wirtschaftlich zu gestalten.

Die nachfolgenden Vorschläge zeigen schlaglichtartig einige Potentiale in den Bereichen

- **Mobilität**
- **Gebäudetechnik, integrierte Systeme und Notstromversorgung,**
- **industrielle Anwendungen auf.**

#### 7.1.1. Mobilität

Zur Versorgung von mobilen Anwendungen mit Wasserstoff geht die Stadt Changzhou zunächst davon aus, dass sogenannter Überschusswasserstoff aus der chemischen Industrie zum Einsatz kommt. In diesem Fall fahren Brennstoffzellenfahrzeuge emissionsfrei aber nicht klimaneutral. Grundsätzlich sind allerdings batterieelektrische Fahrzeuge klimaschädlicher,

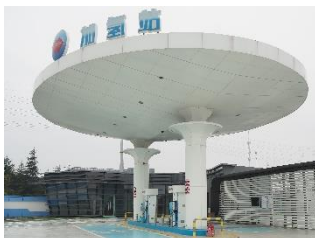
wenn der geladene Strom dem chinesischen Strommix entspricht und es sich nicht um ausschließlich Grünen Strom handelt.

Auch aus diesem Grund ist es sinnvoll zu Einführung von Brennstoffzellen-Mobilität den verfügbaren Überschusswasserstoff zu nutzen. Wie unter 4.1. erläutert, geht der Verfasser davon aus, dass bei Erweiterung der Aufbereitungskapazitäten zunächst 3000 t H<sub>2</sub>/Jahr zur Verfügung stehen. Für einen weiteren Ausbau kann nach Einschätzung des Verfassers bei Veränderung der Verwendung von Überschusswasserstoff in der Industriekette eine größere Kapazität von reinem Wasserstoff für Brennstoffzellen-Anwendungen erschlossen werden. Trotzdem ist dieser Ansatz begrenzt. Soll die Technologie in der Mobilität nennenswerte Effekte für den Klimaschutz erzielen, sind mehrere tausend Fahrzeuge erforderlich. Dafür reicht der verfügbare Überschusswasserstoff nicht aus.

Den Wasserstoffbedarf einer Busflotte mit 35 Solobussen und 15 Gelenkbussen, also insgesamt 50 Busse, hat die deutsche NOW GmbH (Nationale (*Regierungs-*) Organisation für Wasserstoff) mit **485 t H<sub>2</sub>/Jahr** errechnet. (7)

Das bedeutet, dass mit den absehbar verfügbaren 3000 t H<sub>2</sub>/Jahr etwas mehr als 300 Busse betrieben werden können. Deshalb ist es bereits jetzt erforderlich, für einen erfolgreichen Ausbau von mobilen Anwendungen, weitere Wasserstoffquellen zu erschließen – nach Möglichkeit den Bezug von regenerativ erzeugtem Wasserstoff.

Eine weitere Voraussetzung für die Einführung von mobilen Brennstoffzellen-Anwendungen ist der Aufbau einer Tankstellen-Infrastruktur. Für allgemeine Anwendungen, PKW, Lieferfahrzeuge, LKW sind öffentliche Tankstellen erforderlich. Diese lassen sich als auf Wasserstoff spezialisierte Tankstellen betreiben (siehe Abbildung) oder, wie zunehmend in Deutschland in konventionelle Tankstellen-Anlagen integrieren. In jedem Fall sind öffentliche Tankstellen bei geringer Fahrzeugdichte in der Aufbauphase nicht wirtschaftlich zu betreiben. Deshalb ist eine Subventionierung des Betriebs unumgänglich. Bisher existieren in China 37 Tankstellen, überwiegend 350 bar als nicht-öffentliche Tankstellen.



**Abb. 13** . Für größere Flotten wie Busse, Kommunalfahrzeuge und LKWs in Speditionen sind öffentliche Tankstellen in der Regel ungeeignet. Hierfür müssen Betankungsmöglichkeiten auf den jeweiligen Betriebshöfen eingerichtet werden. Diese Investitionen sind nur vertretbar, wenn eine nennenswerte Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen betreiben werden – mehr als 50,

wenn es sich um schwere Fahrzeuge handelt.

Die Versorgung der öffentlichen oder betriebszugehörigen Tankstellen erfolgt in der Regel zunächst durch Wasserstofflieferungen mit Trailern. Ein Trailer fasst etwa 320 – 350 kg H<sub>2</sub> (8).

Damit können beispielsweise ca. 15 Busse betankt werden, die allerdings eine tägliche Betankung benötigen. Dieses Beispiel zeigt, dass die Wasserstofflieferung mit Trailern schnell an ihre Grenzen stoßen kann. Insofern ist bei großen Mengen von Fahrzeugen, etwa bei Busbetrieben durchaus an den Bau einer Pipeline zu denken. Strategisch sollten neue Betriebshöfe oder Speditionen in räumlicher Nähe zur Wasserstoffaufbereitung gebaut werden. Sind regenerative Stromquellen verfügbar, können Tankstellen mit Elektrolyseuren ausgerüstet werden, um grünen Wasserstoff vor Ort zu erzeugen.

Der Verfasser empfiehlt, in Changzhou zunächst mindestens **3 öffentliche Tankstellen** mit 700 bar und 350 bar Betankungsdruck sowie weitere Tankstellen für Flottenanwendungen auf Betriebshöfen zu bauen. Bis 2030 sollte in Changzhou jede vorhandene konventionelle Tankstelle auch eine Wasserstoff-Betankung anbieten.

Demonstrationsprojekte mit Brennstoffzellenfahrzeugen sollten sich zunächst mit größeren Fahrzeugen mit größerer Reichweite befassen. In diesem Segment kann die Energiespeicherung im Fahrzeug über Wasserstoff und Brennstoffzelle ihre Vorteile zeigen: größere Reichweite, geringeres Gewicht und damit mehr Zuladung.

Demonstrationsprojekte mit kleineren Fahrzeugen wie Fahrräder, Motorroller, City-Fahrzeuge zeigen die Möglichkeiten der Technologie. In diesem Segment haben batterieelektrische Lösungen jedoch oft ähnliche Reichweiten und benötigen keine spezielle Ladeinfrastruktur.

Die ersten Anwendungen für schwere Brennstoffzellenfahrzeuge werden sich im öffentlichen Bereich zeigen. Die Stadt Changzhou ist bei entsprechendem politischen Willen, in der Lage, größere Mengen von Fahrzeugen anzuschaffen und zu betreiben, auch wenn konventionelle Dieselfahrzeuge derzeit noch wirtschaftlicher sind.



Abb. 14

Insofern bietet sich an, ähnlich wie in anderen Städten der VR China, eine größere **Brennstoffzellen-Busflotte** (zunächst bis zu 100 Busse) zu beschaffen. In der VR China existieren mehrere Hersteller. Brennstoffzellenbusse sind in anderen Städten bereits im Einsatz. Vor der Beschaffung eigener Busse, sollten die Betriebserfahrungen anderer Städte ausgewertet werden. Im Bereich des Betriebshofes ist in der Regel für diese Busse eine eigene Wartungshalle erforderlich.

Darüber hinaus ist es möglich, weitere Kommunalfahrzeuge zu beschaffen. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein **Müllsammelfahrzeug** des deutschen Herstellers FAUN auf batterieelektrischer Basis mit einer Brennstoffzelle als sogenannter Range-Extender, der die Batterien kontinuierlich nachlädt.

Abb. 15



Es ist praktikabel, den Wasserstoff für den Betrieb des Range-Extenders an der Müllverbrennungsanlage, die von den Fahrzeugen täglich angefahren wird, aufzutanken. Diese Wasserstoff wird aus dem in der Müllverbrennung hergestellten Strom über Elektrolyse produziert.

Allerdings benötigen diese Hybridfahrzeuge auf dem jeweiligen Betriebshof eine zusätzliche Ladeinfrastruktur für das nächtliche Auftanken der Batterien.

Insgesamt gibt es im Bereich städtischer Betriebe und Dienstleistungen eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten von emissionsfreien Brennstoffzellenfahrzeugen:

**Straßenkehrmaschinen, Fahrzeuge für die Bewässerung von Grünanlagen, größere Transportfahrzeuge, Fahrzeuge für die Kanalreinigung.**

Sobald für die ersten Anwendungen eine Tankstelle vorhanden ist, stellen sich weitere Beschaffungen wirtschaftlicher dar. Das Angebot auf dem Fahrzeugmarkt ist zunächst bestimmend. Andererseits können auch mehrere Städte kooperieren, um gemeinsame Bestellungen für Spezialfahrzeuge in größerer Stückzahl auszulösen.

Zur Imagepflege der Städte ist es darüber hinaus richtig, eigene **Brennstoffzellen-Dienstfahrzeuge (PKW)** zu betreiben und dafür zu werben, dass auch andere Behörden



sowie Unternehmen, die Dienstwagenflotten betreiben, Brennstoffzellen-Pkw beschaffen. Parallel muss allerdings der Ausbau öffentlicher Tankstellen voranschreiten, um die Einsatzmöglichkeiten dieser Fahrzeuge nicht auf die Stadt zu beschränken.

Abb. 16 Brennstoffzellen-Kleinbusse SAIC

Der Einsatz von kleinen elektrischen Fahrzeugen mit Wasserstoffspeicherung, wie **Fahrrädern, Transport-Fahrrädern, Motorrollern**, etc. ist nur in Flotten sinnvoll, denn für die Speicherung ist eine spezifische Infrastruktur erforderlich. Hierfür eignen sich die Speicher des Jiangsu JITRI Advanced Energy & Materials Research Institute, denn sie benötigen zum Befüllen keine aufwändige Kompression.





Abb. 17

Die Betankungsinfrastruktur bestimmt auch in der Logistik die ersten Einsatzmöglichkeiten von LKW. Hier kommen Auslieferungsfahrzeuge, die beispielsweise den Handel versorgen, für die ersten Anwendungen in Betracht,

weil sie von einem zentralen Lager aus mit einem definierten Radius eingesetzt werden und wegen ihrer großen Reichweite kein ausgebautes Tankstellennetz benötigen. In der Schweiz werden 1000 der oben abgebildeten LKW eingesetzt.

Ein weiteres – in den USA bereits etabliertes – Einsatzgebiet in der Logistik sind **Flurförderfahrzeuge (Gabelstapler)**, die mit Wasserstoff betrieben werden. Gegenüber batteriegespeicherten Flurförderfahrzeugen entfällt der zeitaufwändige Ladevorgang bzw. der Batteriewechsel. Die gängige Systemlösung bei Logistikern besteht in der Nutzung der großen Dachflächen für PV-Anlagen, Wandlung des PV-Stroms über Elektrolyse in Wasserstoff und Einsatz des Wasserstoffs in den Flurförderfahrzeugen. Aufgrund der Speicherfähigkeit des Wasserstoffs steht damit durchgängig regenerative Energie für den Antrieb zur Verfügung bei durchgängiger Einsatzbereitschaft der Flurförderfahrzeuge.

Derzeit gibt es erste Überlegungen, für die Verwendung von Wasserstoff und Brennstoffzellentechnik in der Schifffahrt. Die beträchtlichen Emissionen von mit Diesel oder Schweröl betriebenen Schiffen, zwingen in manchen hoch belasteten Regionen zu emissionsfreien Antrieben. Auch hier gilt: ohne den Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff ist auch der elektrische Antrieb von Schiffen nicht klimaneutral zu gestalten. Entlang dem deutsch-niederländischen Fluss Rhein soll eine durchgehende Wasserstoffbetankung in großen Häfen von Basel bis Rotterdam zukünftig möglich sein, um den Betrieb von Binnenschiffen mit Wasserstoffspeicher und elektrischem Antrieb zu ermöglichen. Da entlang des Flusses eine Reihe von Werken der Chemie-Industrie ansässig sind, ist zu vermuten, dass zunächst teilweise Überschusswasserstoff eingesetzt wird.

Zu Demonstrationszwecken eignet sich zunächst der Personen-Verkehr auf Schiffen, weil die Wasserstoffversorgung in eng begrenzten Einsatzgebieten leicht zu organisieren ist. Fähren und Linienboote, aber auch Ausflugsschiffe benötigen nur eine Tankstelle. Diese ist gleichzeitig auch für Landfahrzeuge zu nutzen.



Abb. 18

Das abgebildete Beispiel in der Bucht von San Francisco lässt sich sicher auf die Mündung des Jangtse-Rivers übertragen. Wenn ausgehend vom Hafen der CZBJ ein emissionsfreier Personen-Schiffsbetrieb eingerichtet wird,

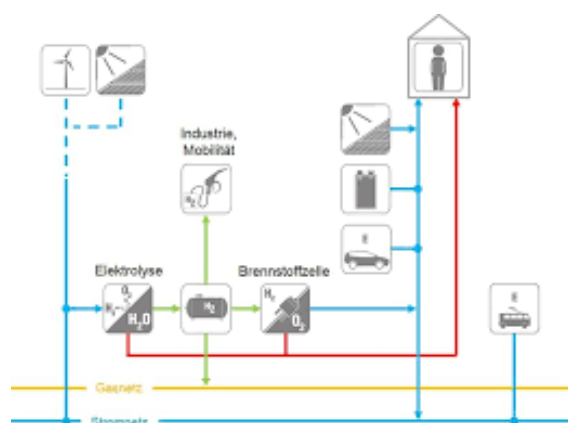
können sich dort im Umfeld der Tankstelle weitere Demonstrationsprojekte etablieren. Im Zusammenhang mit der unter 6.1 vorgeschlagenen Wasserstoff-Pipeline ergibt sich evtl. die Möglichkeit, entlang des Jangtse-Rivers, zumindest im Mündungsbereich, ein Netz von Betankungsstationen für Schiffe aufzubauen und damit auch Frachtschiffe, die in diesem Umkreis operieren, zu betanken. Alternativ oder ergänzend sollte ein Demonstrationsprojekt verfolgt werden, in dem konventionelle Frachtschiffe mit Diesel-Motor mit synthetischen Kraftstoffen betankt werden.

Dem Verfasser ist nicht bekannt, ob in Changzhou oder der Region nicht elektrifizierte Bahnstrecken existieren. Soweit dies zutrifft, kommt anstelle von Dieselmotoren der Einsatz von Brennstoffzellen in Betracht. Auch hier gilt: es kann nur Grüner, allenfalls Blauer Wasserstoff zum Einsatz kommen. Der verfügbare Überschusswasserstoff reicht nicht aus. Bekannte Hersteller von Brennstoffzellen: Alstom und in Kürze Siemens.

### 7.1.2. Gebäudetechnik, integrierte Systeme und Notstromversorgung



Abb. 19 Integrierte



**Energiesysteme** für die Versorgung von Gebäuden mit regenerativer Energie produzieren grünen Strom aus PV-Anlagen ggf. auch Windkraft, der einen Gebäudekomplex versorgt. Die Wandlung von überschüssigem Strom in Wasserstoff und die Speicherung des Wasserstoffs stellt die Möglichkeit dar, auch in dunklen und windschwachen Perioden die Gebäude mit Strom und Wärme zu versorgen. Je nach

Auslegung des Systems wird ggf. Energieautarkie erreicht oder – wie im abgebildeten Beispiel aus Esslingen – überschüssiger Wasserstoff für Mobilität eingesetzt.



Der Verfasser schlägt vor, den Sino-Swiss International Industrial Park und/oder den unter 7.4 beschriebenen Campus als Demonstrationsprojekt mit einem integrierten Energiesystem –



wie beschrieben – auszustatten. PV-Anlagen auf den großen Dachflächen erzeugen für den Eigenverbrauch signifikante Strommengen, deren Überschüsse in Wasserstoff gewandelt und gespeichert werden können. Effizient ist weniger die Rückverstromung des Wasserstoffs, sondern eher die Verwendung zur Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes.

Abb. 20

Aus der Sicht des Verfassers ergibt sich die Möglichkeit, in dieses Demonstrationsprojekt die Metallhydrid-Speichertechnologie des Jiangsu JITRI Advanced Energy & Materials Research Institute einzubinden. Metallhydrid-Speicher haben den Vorteil, dass sie Wasserstoff auf einem geringen Volumen trotz niedrigem Druck speichern, allerdings mit hohem Gewicht des Speichers. Zudem geben Sie den eingespeicherten Wasserstoff mit geringer Durchflussmenge ab. Deshalb eignen sie sich besonders für stationäre Anwendungen. Ein besonderes Merkmal ist allerdings das thermische Verhalten. Bei der Einspeicherung von Wasserstoff wird Wärme abgegeben, für die Abgabe von Wasserstoff muss Wärme zugeführt werden. Zunächst erscheint dies für den genannten Einsatzzweck kontraproduktiv. Wird allerdings der Metallhydrid-Speicher mit einer Hochtemperatur-Elektrolyse kombiniert, der die bei der Einspeicherung des Wasserstoffs entstehende Wärme zugeführt wird, und wird die bei der Rückverstromung in einer Brennstoffzelle entstehende Wärme zur Ausspeicherung genutzt, entsteht ein Speichersystem, das eine wesentlich höhere Effizienz besitzt als ein Druckspeichersystem (9). In jedem Fall kann das thermische Verhalten eines Metallhydrid-Speichers nicht nur zur Speicherung von Wasserstoff sondern auch zur Speicherung von Wärme eingesetzt werden. Diese Eigenschaft in integrierten Systemen zu nutzen, kann für das in Changzhou ansässige Unternehmen JITRI zu einem spannenden Geschäftsfeld entwickelt werden.

Eine bereits marktfähige Entwicklung ist die netzunabhängige (Not)stromversorgung über Methanol-Brennstoffzellensysteme. Diese sind marktgängig in der netzunabhängigen Stromversorgung beispielsweise von Sportbooten, Campingwagen, aber auch von Mobilfunkmasten. Aus dem Methanol wird in der Anlage über einen vorgeschalteten Reformer Wasserstoff erzeugt und dieser über eine Brennstoffzelle verstromt. Da Methanol drucklos gelagert werden kann, ist die Versorgung der Brennstoffzelle problemlos. Die einen Mobilfunkmast versorgende Anlage muss beispielsweise nur halbjährlich aufgetankt werden.

### 7.1.3. Wasserstoffherzeugung und industrielle Anwendungen

Im Gegensatz zu ersten mobilen Anwendungen ist bei der industriellen Anwendung von Wasserstoff die Herkunft des Wasserstoffs von Anfang an entscheidend. Bei neuen industriellen Einsatzbereichen von Wasserstoff geht es in erster Linie um den Klimaschutz. Deshalb ist Grüner Wasserstoff zwingend anzuwenden, übergangsweise auch Blauer Wasserstoff. Industrielle Anwendungen benötigen in der Regel große Mengen von Wasserstoff, sodass der Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffversorgung Voraussetzung ist. Andererseits lassen sich Pipeline-Verbindungen und große Speicher nur wirtschaftlich betreiben, wenn große Mengen abgenommen werden. Dies bedeutet, dass nur Anwendungen im industriellen Bereich Anlass sein können, ein Versorgungsnetz für klimaneutralen Wasserstoff aufzubauen. Aus diesem Grund sind Pilotprojekte in der Industrie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft eminent wichtig.

Grundsätzlich ergeben sich folgende Anwendungsgebiete:

1. der Ersatz von Grauem aus Kohle oder Erdgas hergestelltem Wasserstoff durch klimaneutralen Blauen, später Grünen Wasserstoff,
2. das Verschneiden von großen CO<sup>2</sup>-Emissionen mit klimaneutralem Wasserstoff zur Herstellung chemischer Grundstoffe,
3. die Herstellung von synthetischen, klimaneutralen Kraftstoffen, insbesondere für den Flugverkehr,
4. der Ersatz von Erdgas bei der Erzeugung von Prozesswärme und Unterstützung von Verbrennungsprozessen.

**Nr.1** stellt keine technologische Herausforderung im Produktionsprozess dar. Grauer Wasserstoff wird zum Beispiel in der Raffinerie-Industrie eingesetzt, um Rohöl zu entschwefeln. Der Ersatz durch grünen Wasserstoff führt zu wesentlichen CO<sup>2</sup>-Minderungen in der Produktion von Kraftstoffen. Derzeit beginnen einige Raffinerien in Deutschland damit, über Elektrolyse selbst Wasserstoff zu produzieren, der wie beschrieben eingesetzt wird.

**Zu Nr. 2:** es handelt sich um Verfahren, die sich noch in der Entwicklung befinden und technisch aufwändig sind. Sie sind nur dann wirtschaftlich, wenn CO<sup>2</sup>-Emissionen über Zertifikate oder Abgaben bepreist werden. Im Wesentlichen lassen sich Methanol und Methan herstellen. Werden diese Rohstoffe in anderen Prozessen eingesetzt, handelt es sich um Recycling von Kohlenstoff. Das Verfahren spielt auch in der Stahlindustrie eine Rolle. Dort werden auch Stickoxide mit Grünem Wasserstoff verschnitten, draus entstehen Stickstoffverbindungen als Grundstoffe für die Düngemittelindustrie. Ein weiterer klimarelevanter Einsatzbereich ist die Zementindustrie.

**Zu Nr.3:** CCU-Verfahren spielen auch bei der synthetischen Herstellung von Kraftstoffen eine Rolle. Erste Pilotprojekte werden zurzeit in Raffinerien entwickelt. Vorrangig ist der

Flugverkehr ein Einsatzbereich, denn Fluggesellschaften müssen aufgrund der Klimaschädlichkeit des Fliegens fürchten, Kunden zu verlieren. Da es weltweit noch Jahrzehnte Verbrennungsmotoren geben wird, bevor sich elektrische Antriebe flächen-deckend durchsetzen, liegt dort ein weiteres Einsatzgebiet von synthetischen Kraftstoffen bzw. Methanol.

**Zu Nr. 4:** In vielen industriellen Prozessen wird Prozesswärme über Erdgas hergestellt. Es handelt sich nicht nur um die Erhitzung von Gasen und Flüssigkeiten, sondern auch um Schmelzprozesse von Metallen, Glas, etc., oder auch um Röst- Back- und Trocknungsprozesse. Zur Dekarbonisierung dieser Produktionsverfahren ist nur teilweise eine Umstellung auf elektrische Erhitzung mit regenerativem Strom möglich. Teilweise wird nach wie vor ein zukünftig klimaneutrales Gas, also Grüner Wasserstoff, erforderlich sein. Technologisch ist dabei die Umstellung der Brenntechnik erforderlich.

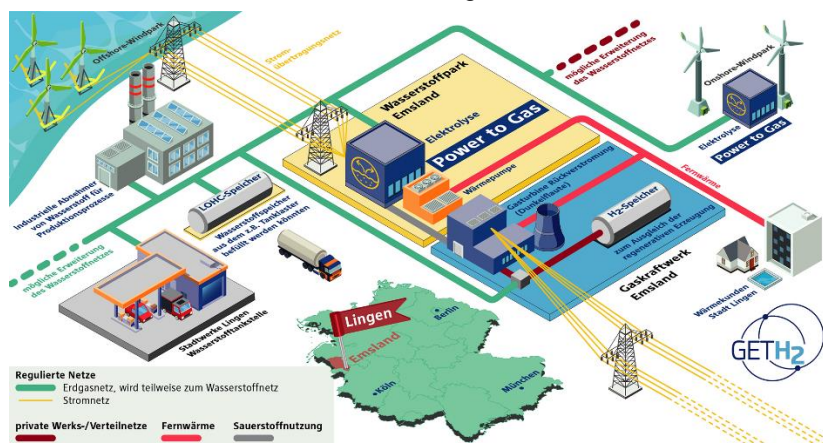
Je nach Industriebesatz in der Binjiang Economic Development Zone und benachbarten Industrieparks in der CNZ lassen sich daraus Pilotprojekte entwickeln.

**Beispiele:**

- In der CNZ existieren drei Müllverbrennungsanlagen. Im Rahmen eines Pilotprojekts kann man aus den Abgasen CO<sup>2</sup> abscheiden und daraus mit Grünem oder Blauem Wasserstoff Methan oder über Methanol synthetische Kraftstoffe herstellen. Der über Müllverbrennung hergestellte Strom gilt in Deutschland als klimaneutral – wäre also für Elektrolyse und die Wasserstoffproduktion für dieses Verfahren verwendbar.
- Ähnlich lässt sich auch mit fossil befeuerten Kraftwerken verfahren. Hier wird allerdings klimaneutraler Wasserstoff benötigt, der nicht mit Kraftwerkstrom hergestellt werden kann.
- Interessant sind integrierte Demonstrations- und Pilotprojekte. Diese lassen sich ausgehend von der Herstellung von Grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse entwickeln. Voraussetzung ist auch hier der Einsatz von Grünem Strom. Systemintegration der Elektrolyse heißt in diesem Fall, dass nicht nur der Wasserstoff zu klimaneutralen Anwendungen kommt, sondern auch die von der Elektrolyse

produzierte Wärme beispielsweise für die Beheizung von Gebäuden eingesetzt wird.

Der Sauerstoff sollte ebenfalls sinnvoll verwendet werden.



**Abb. 21**

Ein integriertes System mit verschiedenen Anwendungen und hoher Effizienz durch Sektorkopplung ist geeignet, ein Bestandteil der Zero Emission Strategie für die Binjiang Zero Emission Development Zone zu werden (siehe 7.3). Der Grüne Wasserstoff wird in der Industrie zur Dekarbonisierung der Produktion eingesetzt sowie für mobile Anwendungen, die Abwärme der Elektrolyse zur Beheizung des Campus (siehe 7.4).

## 7.2. Neue Wertschöpfung und Arbeitsplätze - Wasserstoffindustriepark

Neben der Etablierung der Wasserstoffwirtschaft in Form von Wasserstofferzeugung, Wasserstoffdistribution und Wasserstoffanwendungen soll mit dieser Technologie neue Wertschöpfung entstehen und neuer Arbeitsplätze geschaffen werden. Dies bedeutet, das Wachstum vorhandener Unternehmen zu unterstützen und neue Unternehmen anzusiedeln. Aufgrund des derzeit noch geringen Bestandes von Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft in Changzhou liegt der Schwerpunkt in der Neuansiedlung von Unternehmen.

Der Standort der Binjiang Economic Development Zone bietet gute Voraussetzungen. Um aber für Unternehmen und Start-Ups attraktiv zu sein und gegenüber Standorten, die bereits Wasserstoffwirtschaft etablieren, konkurrieren zu können, müssen spezifische Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Die wesentlichen Voraussetzungen sind:

- das Angebot von Flächen für die Ansiedlung von größeren Unternehmen,
- die Vermietung von Büro- und Technikum-Flächen sowie kleineren Hallen für kleine Unternehmen und Start-Ups,
- das Angebot von Dienstleistungen im Bereich Forschung- und Entwicklung in den wesentlichen Technologie-Fragestellungen der Wasserstoffwirtschaft,
- die Vernetzung der Unternehmen untereinander aber auch mit Forschungseinrichtungen in und außerhalb des Standorts,
- die Vernetzung der Unternehmen mit für die Technologie relevanten Sparten, die am Standort ebenfalls vertreten sind,
- technologiespezifische Ausbildung und Qualifizierung,
- die Außendarstellung der Unternehmen als nachhaltig und klimaneutral,
- der Verbund des Standorts mit den Demonstrations- und Pilotprojekten der Wasserstofftechnologie.

**Dazu im Einzelnen:**

Wasserstoffwirtschaft ist eines der Themen für Neuansiedlungen in der Binjiang Economic Development Zone im Bereich der forefront industry. Dem Verfasser ist nicht bekannt, in welchem Umfang Teilflächen der Binjiang Zone für dieses Thema zur Verfügung stehen, geht



allerdings davon aus, dass ausreichend große Flächenreserven vorhanden sind, die gute Standortqualitäten besitzen. Es wird vorgeschlagen, einen Teil der Flächen für die Errichtung eines **Technologie- und**

**Start-Ups-Zentrums** mit mehreren Gebäuden vorzuhalten. Zusätzlich sollte ein Standort für ein **Science-, Demonstrations- und Tagungszentrum** vorhanden sein. Diese Einrichtungen bilden insgesamt den „**Campus**“.

Innerhalb der Ansiedlungsflächen wird die gezielte Vernetzung der Unternehmen untereinander und mit den angebotenen wissenschaftlichen Dienstleistungen durch eine weitere räumliche Clusterung unterstützt.

**Dazu ein Vorschlag:** jeweils Zusammenfassung von Unternehmen aus den Bereichen

- Wasserstofferzeugung,
- Wasserstofftransport, Sicherheitstechnik und Tankstellentechnik,
- Speichertechnik,
- Brennstoffzellensysteme, Fahrzeuge
- industrielle Anwendungen,
- Systemintegration, intelligente Steuerungstechnik.

Die so organisierte Clusterung dient nicht nur dem Austausch von Unternehmen untereinander, sondern vor allen Dingen der Außendarstellung des Wasserstoffclusters mit einer ablesbaren und nachvollziehbaren Struktur. Damit ist deutlich, welche für die Wertschöpfungskette der Wasserstofftechnologie relevanten Unternehmen vertreten sind und welche Lücken bestehen. Das so gebildete Profil des Standorts stellt eine Grundlage für die Außendarstellung dar. Das Cluster-Management hat die Aufgabe, gezielt um Unternehmen zu werben, die die noch vorhandenen Lücken füllen, aber auch um Unternehmen, die das gewonnene Profil verstärken.

Aus der Sicht des Verfassers sollten unbedingt Unternehmen der Elektrolyse, der Wasserstoffspeicherung, des Wasserstofftransports, der Sicherheitstechnik, Kompressions- und Betankungstechnik vertreten sein. Darüber hinaus sind die Komponenten rund um die Brennstoffzelle von Bedeutung, die Technologien zur automatisierten Fertigung von Brennstoffzellen und natürlich die Produktion von Brennstoffzellen für verschiedene Anwendungsbereiche selbst. Da in der CNZ auch Unternehmen vorhanden sind, die Autoteile produzieren, lässt sich möglicherweise mit entsprechenden Partnerunternehmen eine



Produktion von Brennstoffzellen-Fahrzeugen aufbauen. Erfolgversprechend sind schwere Fahrzeuge für spezifische Nutzungen, die in überschaubaren Stückzahlen produziert werden.

### **Innovations- und Forschungsmanagement**

Das so beschriebene Cluster-Management steht in enger Verbindung mit einem Innovations- und Forschungsmanagement, das benötigt wird, um ein für die Unternehmen wichtiges Angebot von Forschungsdienstleistungen aufzubauen. Darüber hinaus hat das Innovations- und Forschungsmanagement die Aufgabe, die Vernetzung der Unternehmen untereinander aber auch mit den übrigen in der Binjiang Zone vertretenen Clustern zu organisieren.

Damit sind die Innovations- und Forschungsmanager in der Lage, den Forschungsbedarf der Unternehmen zu analysieren und entsprechende Dienstleistungen zu akquirieren. Es wird mittelfristig erforderlich sein, ein Forschungsinstitut für Wasserstofftechnologie vor Ort aufzubauen. Es ist Aufgabe des Innovations- und Forschungsmanagements, die Gründung eines entsprechenden Instituts vorzubereiten und die Forschungsinhalte zu programmieren.

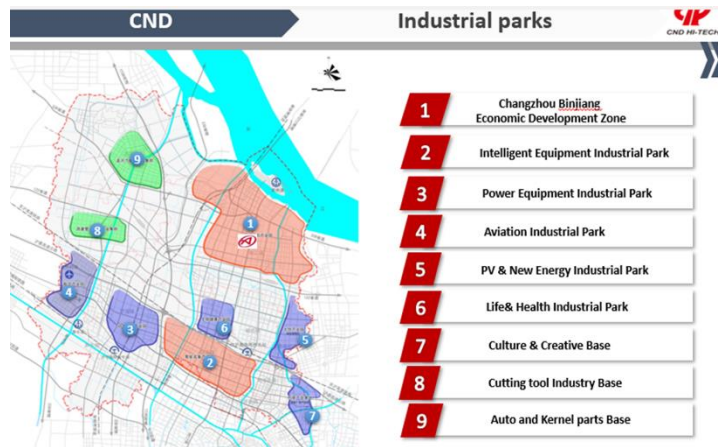
Der Verfasser schlägt vor, frühzeitig dazu einen „**Thinktank**“ zu gründen, der die Aufgabe des Innovations- und Forschungsmanagements in enger Abstimmung mit dem Cluster-Management wahrnimmt. An der Arbeit des „Thinktanks“ sollten sich vorhandene Unternehmen, die bereits über Forschungskompetenz verfügen, wie z.B. Jiangsu JITRI Advanced Energy & Materials Research Institute, beteiligen.

Träger des „Think-Tank“ könnte die Hydrogen Industry Foundation sein, die den „Think-Tank“ – zumindest in den ersten Jahren – finanziert, bis auch die im Wasserstoff-Cluster angesiedelten Unternehmen sich beteiligen können.

Das Innovations- und Forschungsmanagement – also der „Think-Tank“ hat weiterhin die Aufgabe, Verbindungen zu Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen und Universitäten zu organisieren, die für die angesiedelten Unternehmen relevant sein könnten. Darüber hinaus soll das Innovationsmanagement dafür sorgen, dass die Erkenntnisse, die aus den Anwendungen der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie, also den Pilot- und Demonstrationsprojekten für die Unternehmen nutzbar gemacht werden.

Gemeinsam stellen Cluster- und Innovationsmanagement die Verbindungen zu den Unternehmen her, die in den benachbarten Industrieparks des CND, Changzhou National High-Tech District, relevant sind.

Zu diesen Clustern im CND gehört die **Chemische Industrie** – nicht nur um die für Wasserstoff-Anwendungen notwendige Wasserstoffversorgung sicherzustellen, sondern auch, um langfristig durch den Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff in den Chemie-



Prozessen die eigenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

Abb. 22

Um eine Entwicklung und Produktion von Brennstoffzellenfahrzeugen aufzubauen, ist das Cluster **Automobile and Parts** mit den Unternehmen im Bereich **New Energy Vehicles** and Key-Components von hoher Bedeutung, ebenso wie der **Aviation Park**.

Es sollte untersucht werden, ob nicht eine eigenständige Produktion von Brennstoffzellen-Fahrzeugen angesiedelt werden kann. In Kooperation mit den übrigen Standorten des Jangtse-Deltas lässt sich möglicherweise die gesamte Wertschöpfungskette für den Fahrzeugbau aufbauen.

In der Flugzeugtechnik wird es absehbar zum Einsatz von Brennstoffzellen als Hilfsaggregate zur Stromerzeugung am Boden kommen.

Für die Systemintegration der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sind die Kompetenzen der Unternehmen in den Clustern **Intelligent Equipment Industrial Park** und **Power Equipment Industrial Park** von hoher Relevanz. Eine besondere Bedeutung kommt

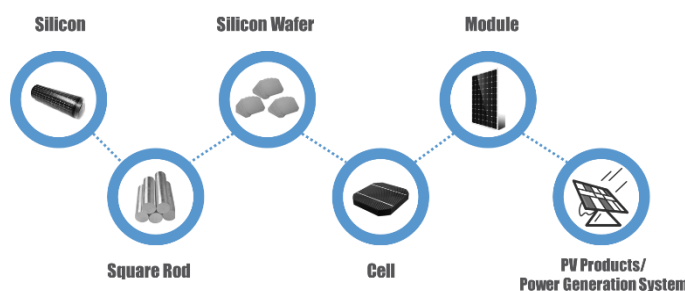


Abb. 23

der Zusammenarbeit mit den Unternehmen im **PV & New Energy Industrial Park** zu. Die dort u.a. ansässigen Unternehmen Trina Solar

Limited mit weltweit 9% Marktanteil auf Platz 2 der größten PV-Produzenten und GCL System Integration Technology Co., Ltd. mit ca. 4,7 % Marktanteil auf Platz 6 (10) sind zusammen mit den übrigen dort vorhandenen Unternehmen wichtige Innovationspartner für die Wasserstoffwirtschaft, denn Photovoltaik hat für die langfristige Entwicklung der Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologie eine besondere Bedeutung.



Die Entwicklung der PV-Technologie hat bereits eine deutliche Effizienzsteigerung und Kostenreduzierung erzielt. Die Produktionskosten von PV-Strom in sonnenreichen Gebieten sinken erheblich.

Damit kommt in Zukunft die Kette PV-Strom, Wasserstoffherzeugung, Speicherung und Transport des regenerativen Wasserstoffs in weiter entfernte Regionen durchaus in Betracht. Dort, wo zusätzlich nennenswerte CO<sup>2</sup>-Quellen aus Industrie oder Kohlekraftwerken verfügbar sind, kann mit dem grünen Wasserstoff Methan oder Methanol produziert werden.

Die PV-Industrie muss ein Interesse daran haben, dass diese Kette im Rahmen der Energiewende etabliert wird, weil für die Versorgung insbesondere einer klimaneutralen Industrie mit grünem Wasserstoff immense PV- Kapazitäten erforderlich sind. Dies beinhaltet nicht nur einen massiven Ausbau der Wasserstoffwirtschaft, sondern auch der regenerativen Stromerzeugung, insbesondere der Photovoltaik.

Die Organisation von **Ausbildung und Qualifizierung** spielt deshalb eine große Rolle, weil



die Verfügbarkeit von qualifizierten Kräften, die auch mit den spezifischen Aspekten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie vertraut sind, ein besonderes Attraktivitätsmerkmal des Standorts darstellen wird. Die bereits vorhandenen Ansätze (siehe Abb.) und die Kooperation mit Hochschulen und Universitäten können und müssen ausgebaut werden. Auch dafür ist der Campus

Abb. 24

der geeignete Standort (siehe 7.4).

## Kooperation mit Internationalen Unternehmen

Eine große Anzahl internationaler Unternehmen haben in Changzhou, in der Provinz Jiangsu und der Region Shanghai ihren Sitz. Insofern bietet sich die Möglichkeit, mit den für die Wasserstofftechnologie einschlägigen internationalen Unternehmen beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Changzhou eng zu kooperieren. Falls Unternehmen, die noch nicht in der VR China präsent sind, sich für eine Kooperation eignen, müssen bezogen auf einzelne Themen und Sparten gezielt Kontakte angesagt werden. Dies gilt auch für Unternehmen aus Deutschland. Kontakte sind mit konkreten Themen, Projekten und Zielsetzungen anzubahnen, nicht jedoch mit allgemeinen Fragestellungen. Deshalb zunächst ein Link zur Liste von in West-Deutschland ansässigen Unternehmen:

[https://www.energieagentur.nrw/tool/kompetenzatlas-brennstoffzelle/index\\_neu.php#](https://www.energieagentur.nrw/tool/kompetenzatlas-brennstoffzelle/index_neu.php#)

### **Prioritäten in der Entwicklung der Binjiang Development Zone:**

Grundsätzlich ergeben sich Prioritäten für die Entwicklung der Binjiang Development Zone aus der unter Punkt 9 beschriebenen Roadmap. Im Einzelnen können die Voraussetzungen für eine schnelle Umsetzung der vorgeschlagenen Strategie durch folgende prioritäre Maßnahmen geschaffen werden:

- Bereitstellung von erschlossenen Ansiedlungsflächen
- Erster Bauabschnitt des in 7.4. näher dargestellten Technologie- und Start-Up-Zentrums
- Baldmöglichst Einrichtung des vorgeschlagenen „Thinktanks“ durch die „Hydrogen Industry Foundation“

Zusammen mit dem bereits bestehenden Cluster-Management CZBJ sollte der „Thinktank“ zunächst zusammen mit den in Changzhou vorhandenen Unternehmen und den benachbarten Clustern eine detaillierte, den lokalen Potentialen entsprechende Innovationsstrategie erarbeiten. Auch daraus ergeben sich Prioritäten – wo sehen bestehende Unternehmen der chemischen Industrie, des Clusters New Energy Vehicles, des Clusters Automobile Parts und des Clusters PV & New Energy Industry die aktuellen Marktchancen? Daraus können, sobald die in den ersten beiden Punkten genannten Infrastrukturbedingungen erfüllt sind, Ansiedlungsprioritäten formuliert werden.

Für die erwähnte Innovationsstrategie ist die Zusammenarbeit mit den bedeutenden PV-Herstellern von großer Bedeutung. Sie stellt eine der Möglichkeiten dar, dem strategischen Ansatz für die Entwicklung der Binjiang Development Zone eine Alleinstellung zu verleihen. Dies ist erforderlich, um gegenüber den bereits seit längerer Zeit in anderen Regionen der VR China vorangeschrittenen Entwicklungen aufzuholen.

Aus der Sicht des Verfassers hat derzeit die Ansiedlung von Unternehmen und die Gründung von Unternehmen der Sparten Brennstoffzellensysteme und Brennstoffzellenfahrzeuge sowie der Speicher-, Transport- und Sicherheitstechnik von Wasserstoff einschließlich Betankungstechnik Vorrang. Um die Voraussetzungen für Sektorkopplung und eine zukünftige Versorgung mit Grünem Wasserstoff vorzubereiten, sind Unternehmen der Steuerungstechnik und Systemintegration von Bedeutung. Systemintegration ist das Thema der möglichen Zusammenarbeit mit den PV-Herstellern.

### 7.3. Zero Emission Park

Für das Image und die Außendarstellung von Unternehmen, die mit Ihren Produkten eine zentrale Rolle für die Energiewende spielen ist es von hoher Bedeutung, dass sie selbst klimaneutral produzieren und arbeiten, aber auch ihr Umfeld nachhaltig und nach Möglichkeit klimaneutral organisiert wird. Deshalb wird vorgeschlagen:

- Der vorgeschlagene Technologie- und Start-Up Campus incl. Forschungseinrichtungen sowie das Science-, Demonstrations- und Tagungszentrum sollten regenerativ versorgt und energieautark gestaltet werden – dies als eines der herausragenden Demonstrationsprojekte für integrierte Systemtechnik und die Speicherung regenerativer Energie im Strom- und Wärmesektor durch Wasserstoff (siehe 7.1)



- Die Binjiang Economic Development Zone sollte langfristig zum Zero Emission Park entwickelt werden. Darunter ist eine integrierte Entwicklung der in der Zone vorhandenen Betriebe in Richtung Emissionsfreiheit und Klimaneutralität ebenso wie der Infrastruktur und

Abb. 25

des Verkehrs zu verstehen.

Voraussetzung für die Entwicklung zum Zero Emission Park ist eine enge Kooperation aller im Gebiet ansässigen Unternehmen und ein Gebietsmanagement, das die Entwicklung vorantreibt. Dies ist mit CZBJ-Management vorhanden.

Die Grundsätze des Zero Emission Parks beziehen sich sowohl auf die bestehenden Betriebe und Einrichtungen als auch auf Neubauten und Erweiterung der Infrastruktur. Alle im Gebiet geplanten Maßnahmen sind auf Grundlage einer Ökobilanz zu analysieren und deren Umwelt- und Klimawirkungen zu bewerten. Die zukünftige Entwicklung der Binjiang Development Zone beinhaltet

- ein nachhaltiges Flächenmanagement,
- die Organisation einer regenerativen Energieversorgung für alle Betriebe u.a. mit einem entsprechenden Wärme- und Kältenetz,
- Regenwassermanagement im Sinne einer „Schwammstadt“,
- Organisation der Stoffströme incl. Abfallmanagement und circularer Wertschöpfung,
- Organisation des Verkehrs, weitgehend emissionsfrei und klimaneutral,
- Berücksichtigung sozialer Aspekte in Bezug auf Arbeitsschutz, Ausbildung und Qualifizierung, Gesundheit und Wahrung von Arbeitnehmerinteressen.

Die **Binjiang Zero Emission Development Zone** hat Modellcharakter und bietet Unternehmen der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie besondere Rahmenbedingungen, die die Entwicklung der Technologie aber auch die Positionierung der Unternehmen im Wettbewerb begünstigen, denn ihre Produkte und Technologien gewinnen an Glaubwürdigkeit.

#### 7.4. Campus

Der Campus ist das „Aushängeschild“ des Wasserstoffclusters in der Binjiang Zero Emission Development Zone. Er besteht aus einer Gebäudegruppe mit den Funktionen **Technologie- und Start-Up-Zentrum**, **Forschungseinrichtungen** sowie dem **Science- Demonstrations- und Tagungszentrum**.

Alle genannten Gebäude des Campus sind Bestandteil eines Demonstrationsprojekts, das zeigt, wie diese Gebäude energieautark mit regenerativer Energie versorgt werden. Dazu sind neben regenerativen Energiequellen wie Photovoltaik und Windrädern Strom- und Wärmespeicher vorzuhalten.



Verschiedene Technologien können auch im Vergleich gezeigt und demonstriert werden: Speicherung durch Wasserstoff in Druckspeichern und/oder Metallhydrid-Speichern. Letztere können in das Wärmemanagement der Gebäude eingebunden werden (**siehe 7.1**).

Insgesamt zeigt das Science- und Demonstrationszentrum die Entwicklung der Wasserstofftechnologie und der Energiewende immer auf dem aktuellen Stand der Technik:

Brennstoffzellenfahrzeuge, Elektrolyseure, Speicher, Brennstoffzellensysteme und vieles andere mehr. Was die Art der Präsentation anbetrifft – nicht inhaltlich – könnte das Informationszentrum der State Grid in Tongli eine erste Orientierung bieten.

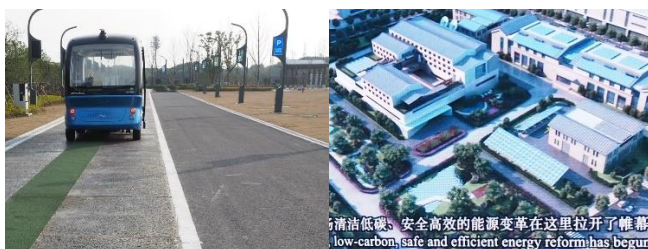


Abb.26

## 8. Nationale und internationale Kooperationen

Global befinden wir uns erst am Beginn der Innovationsphase der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie. Umso mehr ist eine intensive Kooperation und Vernetzung der Akteure untereinander erforderlich. Es geht nicht nur darum, Erfahrungen auszutauschen, sondern auch gemeinsame Strategien zu verabreden, die unnötige Konkurrenzen vermeiden und die jeweiligen Kompetenzen zusammenführen.

### Regionale Kooperation in der Provinz Jiangsu

Die China Society of Automotive Engineers – SEA China hat den „Jangtse River Delta Hydrogen Corridor Construction Development Plan“ für den Ausbau eines Tankstellennetz veröffentlicht.<sup>(11)</sup> Offenbar existiert bereits eine Zusammenarbeit innerhalb der Provinz Jiangsu insbesondere im Jangtse River Delta. Changzhou sollte schnellstmöglich an dieser Kooperation teilnehmen. Damit kann nicht nur ein Tankstellennetz verabredet werden, sondern auch die notwendige Infrastruktur für die Versorgung mit Wasserstoff. Dies gilt auch für die Anwendungen auf dem Wasser.

In Shanghai ist im Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur – in der Zielsetzung auch mit klimaneutralem Wasserstoff – Air Liquide ein wichtiger Kooperationspartner. Möglicherweise lässt sich in Changzhou Linde für eine langfristige, strategische Kooperation in der Region gewinnen. Offenbar ist Shanghai führend, was die Zahl der Brennstoffzellenfahrzeuge und den Ausbau der Infrastruktur anbetrifft. Shanghai ist für die regionale Kooperation besonders wichtig, wenn es um die Einführung von Brennstoffzellen-LKW in der Logistik geht. Ein Einsatz in der Logistik braucht einen regionalen Verbund, der zusammen mit dem Industrie- und Hafenstandort Shanghai möglicherweise zu organisieren ist.

### Nationale Kooperation

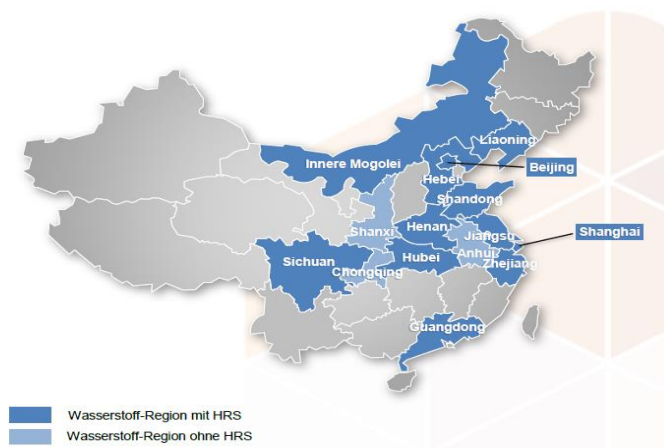


Abb. 27

Derzeit engagieren sich 15 Regionen in der VR China in der Einführung und Entwicklung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie, überwiegend im Bereich Fahrzeuge.

Wasserstoffregionen in China

15 Industrieparks sind zumindest in ersten Ansätzen entstanden. Bisher existiert offenbar keine organisierte Kooperation. Forschung und Entwicklung, aber auch der notwendige Erfahrungsaustausch müssen auf nationaler Ebene organisiert werden. Changzhou sollte gezielt engere Kooperationen mit Städten und Regionen anstreben und organisieren, die ähnliche Voraussetzungen bieten und für die Entwicklung ein ähnliches Profil gewählt haben. Für Changzhou sind Kooperationen mit Regionen interessant, die ebenfalls einen engen Verbund mit der chemischen Industrie anstreben und sich mit integrierten Systemen und industriellem Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff einsetzen.

Darüber hinaus sollte auf nationaler Ebene der Zugang zu Finanzierungen und Fördermitteln organisiert und an Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen vermittelt werden, ein Beispiel: der koreanische Fahrzeughersteller Hyundai hat zusammen mit dem chinesischen Unternehmen BTIRD die Gründung eines **Hydrogen Energy Fund** ins Leben gerufen. Ziel des Fonds ist die Förderung von Wasserstoff-Technologie und von Start-Ups in China und Südkorea.

### **Internationale Kooperation**

Für internationale Kooperationen gibt es eine Fülle von Ansätzen. Changzhou hat bereits mit der Region Midlands in Großbritannien eine erste Kooperation gegründet.

Da in Changzhou viele internationale Unternehmen ansässig sind, bietet sich an, mit deren Unterstützung gezielt weitere Kooperationen zu gründen.

Für den weiteren Aufbau einer Kooperation mit deutschen Unternehmen und Einrichtungen existiert eine geeignete Plattform: das Sino German Electro Mobility Innovation and Support Center **SGEC**, das auf chinesischer Seite von CATARC und auf deutscher Seite von der NOW organisiert und gesteuert wird. Das **SGEC** befasst sich sowohl mit batterieelektrischer Mobilität als auch mit Brennstoffzellenmobilität, deren Sicherheit und der Integration erneuerbarer Energien. Die Organisation hat einen guten Überblick über das Geschehen und die Akteure sowohl in Deutschland als auch in China und kann so gezielt Kooperationen vermitteln.

Mit Unterstützung des SGEC lässt sich möglicherweise eine Kooperation mit der RWTH Aachen und dem Forschungszentrum Jülich arrangieren. Die RWTH Aachen ist führend in Fahrzeugtechnik, insbesondere Antriebe, das Forschungszentrum Jülich bei Aachen ist führend in Wasserstoff- und Brennstoffzellensystemtechnik.

Weitere Hinweise zur möglichen Kooperation mit deutschen Unternehmen sind dem Abschnitt **7.2.** (Seite 37) zu entnehmen.



## 9. Roadmap

Der Vorschlag einer Roadmap für die Changzhou Binjiang Economic Development Zone fasst die in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführten Projekte und Maßnahmen zusammen. Sie folgt dem strategischen Grundsatz, mit einer massiven Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen, aber auch mit stationären Anwendungen, die Gebäude mit regenerativer Energie versorgen, einen Markt für die Technologie zu schaffen. Damit bekommt der Standort Changzhou das notwendige Image, das erforderlich ist, um entsprechende Unternehmen anzusiedeln.

Gleichzeitig, so der Vorschlag für eine Roadmap, ist eine Industriezone für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit dem beschriebenen Campus einzurichten, um die konkreten Voraussetzungen für Ansiedlungen zu schaffen.

	Mobile Infrastruktur Anwendungen	Integrierte Projekte	Industrielle Anwendungen	
2020  2021	Beschaffung 100 Busse  Planung, Bau Betriebstankstelle		Systematischer Ausbau der Kapazitäten für aufbereiteten H2 aus der Industrie	H2-Allianz gründet „Think-Tank“ bei CZBJ  Konzeption Zero Emission H2- Industriepark CZBJ + Erschließung
2022  2023	Beschaffung Kommunalfahrz.  Bau weiterer Tankstellen	Integriertes, regeneratives Speicher- und Versorgungssystem für den Campus	Beginn der Ansiedlung von Unternehmen im H2-Industriepark	Bau des Campus - Technologiezentrum  Bau des Science-, Demonstrations- und Tagungszentrum
2024  2025	Personenschiffe  BZ-Gabelstapler in der Logistik	PV-Anlagen und Elektrolyse in Logistik-Hallen zur Versorgung von Gabelstaplern	Ansiedlung von Start-Ups und Forschungs- einrichtungen im Campus	Erschließung der Potentiale für regenerativen Strom in der Provinz Jiangsu

2026	Aufbau Tank- Infrastruktur für Schiffe am Yangtse			Entwicklung einer Pipeline für klimaneutralen H2
2027				Gründung eines Forschungsinstituts für Wasserstofftechnologie
2028	Weiterer Ausbau der öffentlichen H2-Tankstellen, 50 in Changzhou		erste Industrie- Anwendungen für klimaneutralen H2	Bau einer H2 Pipeline im Yangtse-Delta
2029				
2030	Alle öffentlichen Busse in Changzhou fahren mit H2	Teile des Erdgasnetzes sind auf H2 umgestellt	10.000 Arbeitsplätze in der H2-Wirtschaft	Allgemeine Verfügbarkeit von klimaneutralem H2

Insgesamt beschreibt die Roadmap den Zeitraum der kommenden 10 Jahre. Dabei ist von großer Bedeutung, dass nach einer Etablierung der Technologie in den ersten 5 Jahren die Voraussetzungen für die Versorgung mit klimaneutralem Grünen Wasserstoff geschaffen werden. Dies ist nur im regionalen Verbund zu leisten. Regenerativer Strom für die Herstellung von Grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse wird nicht allein in Changzhou zu produzieren sein; deshalb der Vorschlag, eine Pipeline für Grünen Wasserstoff zu bauen, die die Region insgesamt versorgt.

Diese ist wiederum die Voraussetzung dafür, dass nicht nur konventioneller Wasserstoff durch klimaneutralen Wasserstoff ersetzt wird, sondern dass es zu weiteren industriellen Anwendungen kommt, die die Dekarbonisierung der Industrie einleiten.

Die konzeptionellen Entscheidungen für die Energiewende werden so in den kommenden 10 Jahren auch in Changzhou zu treffen sein, um die Ziele des Pariser Abkommens einzuhalten.

## 10. Zusammenfassung und Empfehlungen an

### 10.1. die Stadt Changzhou,

Die Stadt Changzhou und die Binjiang Economic Development Zone werden mit ihren Ambitionen, die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für ihre Klimaziele einzusetzen und als Treiber für eine weitere Entwicklung der Wirtschaft zu nutzen, erfolgreich sein. Wie erfolgreich, hängt davon ab, ob ein eigener, spezifischer Weg und ein eigenes Profil schon jetzt entwickelt und verfolgt wird. Das Kopieren der Projekte anderer Wasserstoffregionen in der VR China wird nicht zum Erfolg führen. Andere Regionen, wie zum Beispiel Shanghai, haben einen großen Vorsprung im Bereich Mobilität.

Deshalb sollten in Changzhou Themenfelder identifiziert und entwickelt werden, die in anderen Regionen noch nicht besetzt sind. Möglicherweise gehören Metallhydrid-Speicher aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften dazu. Insgesamt wird Speichertechnologie in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen. Integrierte Systeme und deren Steuerung, die Herstellung von klimaneutralem Blauen und Grünen Wasserstoff sowie stationäre Anwendungen in der Industrie und in der Energieversorgung von Gebäuden könnten weitere Themen sein.

Dem vorausgehen sollte – wie geplant – die massive Einführung von Anwendungen, auch und gerade im Bereich der Mobilität. Hier geht es um große Stückzahlen, die für einen effektiven Klimaschutz und das Senken der Kosten erforderlich sind – in Changzhou auch weit über die Kapazitäten des verfügbaren Überschusswasserstoffs hinaus.

### 10.2. die GIZ

Für die Fortführung des Programms „Unterstützung der klimafreundlichen Entwicklung der Provinz Jiangsu Phase III“ sieht der Verfasser zwei Themenschwerpunkte:

- Offenbar existieren erste Überlegungen zur Entwicklung einer Wasserstoffachse, die die Städte des Jangtse-Deltas bis Shanghai verbindet. Es ist wichtig, dass diese Städte kooperieren und u.a. gemeinsam die Versorgung mit klimaneutralem Wasserstoff organisieren. Die GIZ kann möglicherweise diese Kooperation initiieren. Möglicherweise lässt sich dazu eine Tagung organisieren.

- Für die Wasserstoffstrategie der Region ist es von großer Bedeutung, über einen Plan für den Ausbau regenerativer und klimaneutraler Energieerzeugung zu verfügen. Dazu sollten die Potentiale für Photovoltaik- und Windkraftwerke in der Provinz Jiangsu systematisch erhoben werden. Das Forschungszentrum Jülich hat dies für ganz Europa geleistet und kann ggf. unterstützen. Darüber hinaus sollten als Voraussetzung für die Herstellung Blauen Wasserstoffs die geologischen Speichermöglichkeiten für CO<sup>2</sup> bekannt sein – Voraussetzung für CCS. Für die zukünftige Versorgung mit Grünem Wasserstoff sind großvolumige Speicher von Bedeutung. Sind große Gasspeicher – zum Beispiel Salzkavernen – verfügbar? Ein Plan, der diese und weitere strategische Fragen als Voraussetzung für die Dekarbonisierung der Region beantwortet – also eine Systemstudie für die Provinz Jiangsu –, sollte ebenfalls durch die GIZ initiiert werden.

## Quellen :

- (1) Analyse des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE.
- (2) <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190718.>
- (3) <https://www.get-h2.de/>
  
- (4) <https://chinaenergyportal.org/en/2019-q12-pv-installations-utility-and-distributed-province/>
- (5) <https://chinaenergyportal.org/en/2019-q2-wind-power-installations-and-production-by-province/>
- (6) Vierter Monitoringbericht der Themenfeldverantwortlichen des Sino German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC)
- (7) Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV, Leitfaden der NOW GmbH
- (8) Gespräch mit Boaqing Gas am 09.01.2020
- (9) Hydrogeit Verlag H2 Blog, 9. August 2017, Taube – Helmholtz Zentrum Geesthacht, Posdziech – Sunfire GmbH Dresden
- (10) Vierter Monitoringbericht der Themenfeldverantwortlichen des Sino German Electro- Mobility Innovation and Support Center (SGEC)
- (11) Vierter Monitoringbericht der Themenfeldverantwortlichen des Sino German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC)

## Abbildungsverzeichnis :

- |        |   |
|--------|---|
| Abb. 1 | Grafik Handelsblatt   |
| Abb. 2 | Grafik Handelsblatt   |
| Abb. 3 | EMCEL GmbH, Köln 2019   |
| Abb. 4 | Vergleich CO <sup>2</sup> -Emissionen Fahrzeugantriebe – LKW-Wirtschaft |
| Abb. 5 | Carbon2Chem – Bundesministerium für Bildung und Forschung               |

- Abb. 6 Fraunhofer ISE, 2020
- Abb. 7 Präsentation CZBJ –氢能ppt20200107
- Abb. 8 [https://sicherheitspolitik.bpb.de/user/pages/09\\_m8/03\\_infographics/01\\_co2-emissions-und-temperature-development-1970/M08-G01-de.pdf](https://sicherheitspolitik.bpb.de/user/pages/09_m8/03_infographics/01_co2-emissions-und-temperature-development-1970/M08-G01-de.pdf)
- Abb. 9 Investitionen in Erneuerbare Energien weltweit [Quelle: Bloomberg - Global Trends in Renewable Energy Investment 2019, Seite 22]
- Abb. 10 <https://chinaenergyportal.org/en/2019-q2-wind-power-installations-and-production-by-province/>
- Abb. 11 <https://www.flosm.de/html/Stromnetz.>
- Abb. 12 China´s natural gas pipeline network distribution – researchgate.net
- Abb. 13 Tankstelle Rugao – eigenes Foto
- Abb. 14 Brennstoffzellen-Bus in Rugao – eigenes Foto
- Abb. 15 [www.faan.com/produkte](http://www.faan.com/produkte)
- Abb. 16 Brennstoffzellen-Kleinbusse SAIC - Vierter Monitoringbericht der Themenfeldverantwortlichen des Sino German Electro- Mobility Innovation and Support Center (SGEC)
- Abb. 17 [www.nnz.ch/mobilitaet](http://www.nnz.ch/mobilitaet) – Neue Züricher Zeitung vom 15.02.2020
- Abb. 18 ggzeromarine.com
- Abb. 19 <https://projektinfos.energiewendebauen.de>
- Abb. 20 Präsentation CZBJ –氢能ppt20200107
- Abb. 21 [www.get-h2.de/projekt-lingen/](http://www.get-h2.de/projekt-lingen/)
- Abb. 22 Präsentation CZBJ –氢能ppt20200107
- Abb. 23 CND Präsentation PV - 常州国家高新区
- Abb. 24 CND Präsentation PV - 常州国家高新区
- Abb. 25 Präsentation 2014, zeroemission GmbH, Ratingen, Germany
- Abb. 26 State Grid Information Center Tonglin – eigenes Foto
- Abb. 27 Vierter Monitoringbericht der Themenfeldverantwortlichen des Sino German Electro- Mobility Innovation and Support Center (SGEC)