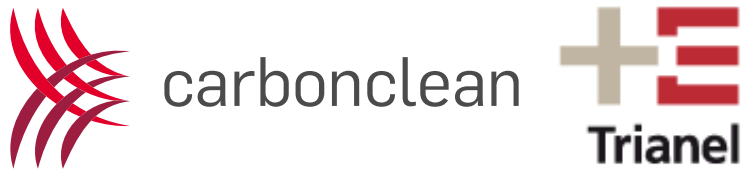


SAFR PROJECT
Layman's Report
Deutsche Version



Partner

Das SAFR Projekt ist eine Zusammenarbeit zwischen der Trianel GmbH und der Carbon-Clean Technologies GmbH.



Das SAFR Projekt wird vom EU LIFE+ Programm gefördert.

Das LIFE+ Programm ist ein Finanzierungsinstrument der Europäischen Union, das Umwelt, Natur und Klimaschutzmaßnahmen in Europa unterstützt. Seit 1992 hat das LIFE+ Programm etwa 4.171 Projekte cofinanziert und ca. € 3.4 Milliarden für Umwelt- und Klimaschutz beigesteuert.



Das SAFR Projekt

Das **S**torage **A**pplication **F**or **R**enewables Projekt (SAFR) zielt auf die Entwicklung eines **Energiespeichers**, um erneuerbare Energien besser in unserer Stromversorgung zu integrieren.

Das SAFR Projekt hat eine innovative **thermoelektrische Energiespeichertechnologie** entwickelt und validiert. Die Technologie ermöglicht die Speicherung großer Energiemengen, wie eine enorme Batterie, und ermöglicht eine verbesserte Nutzung der heute erzeugten erneuerbaren Energie.

Die Entwicklung der Technologie unterstützt die europäischen Ziele, ihre Bürger mit sauberer und erneuerbarer Energie zu versorgen.

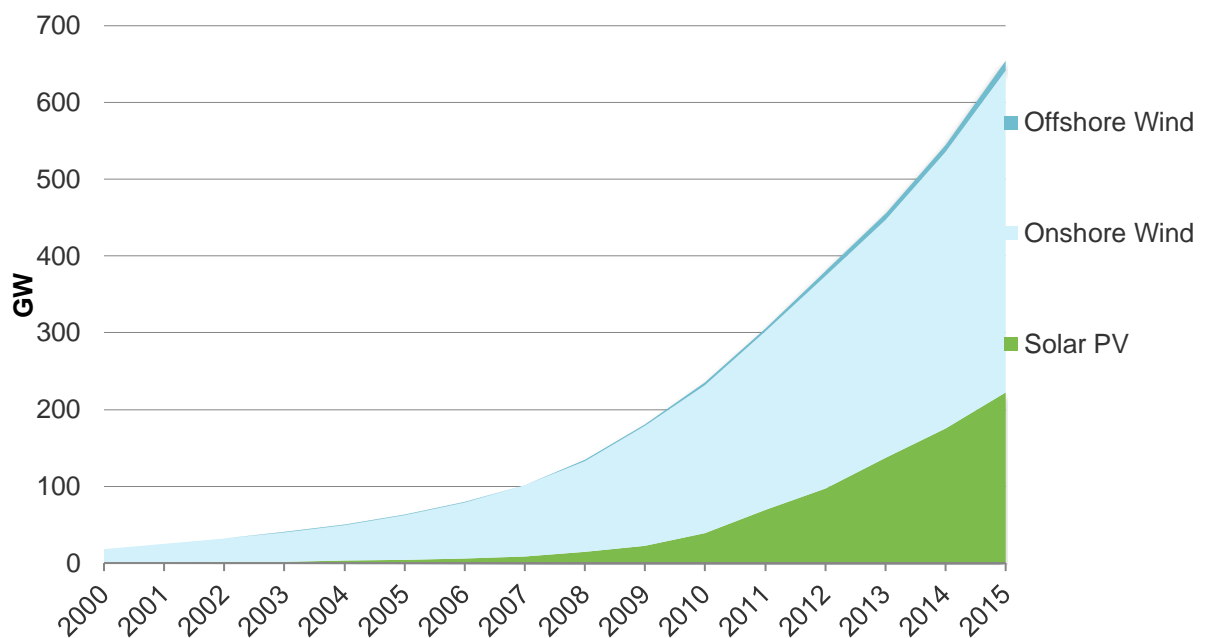
Das SAFR Projekt wurde durch das LIFE+ Programm von der EU unterstützt.



Einleitung

Um den Klimawandel zu bekämpfen, vollziehen Länder eine Energiewende. Dieser Schwenk von fossilen Kraftwerken auf die erneuerbare Erzeugung durch Wind und Sonne verhindert die Emission des Treibhausgases CO₂.

Global installierte Leistung erneuerbarer Stromerzeugung

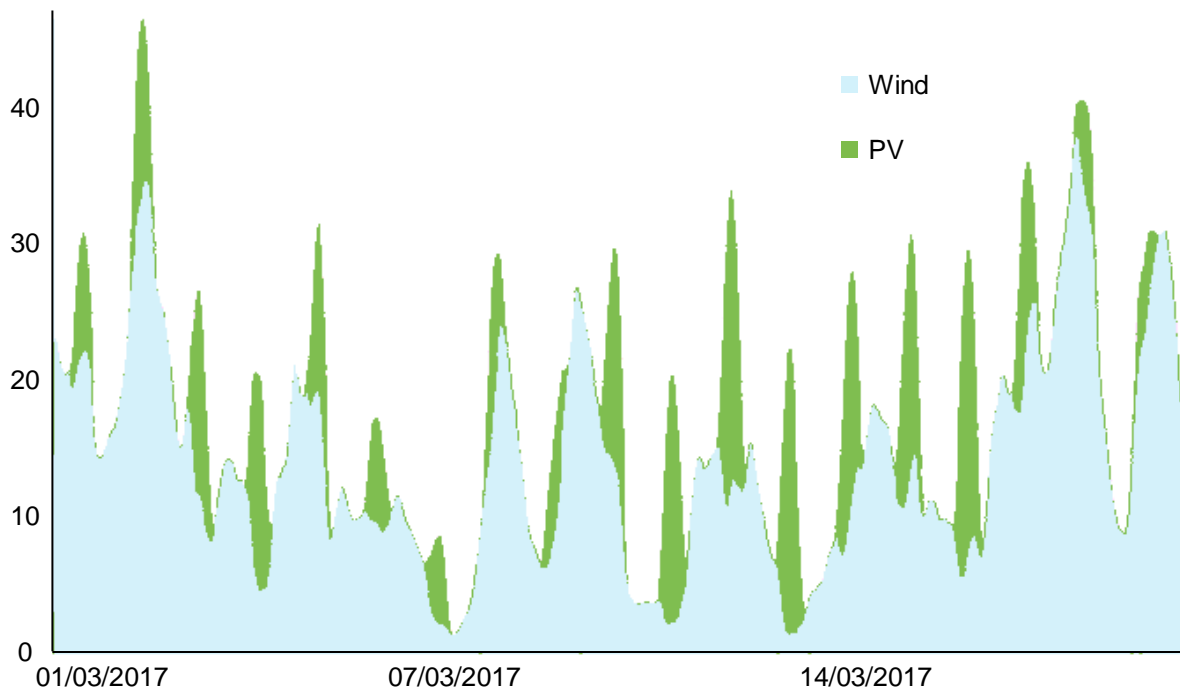


Durch diese Energiewende hat die Menge Wind- und Solarstrom dramatisch zugenommen. Es sind heute über 700 Gigawatt (GW) Windenergie global installiert, ungefähr die Leistung von 350 Atomkraftwerken.

Erneuerbare bringen aber ein Problem mit sich. Erneuerbare sind, wie die Sonne und der Wind, nicht immer dann verfügbar, wenn wir sie haben wollen.



Erneuerbare Stromerzeugung (GW) in Deutschland über zwei Wochen



Weht der Wind und strahlt die Sonne, wird viel Strom erzeugt. In solchen Zeiten produziert Deutschland bereits heute mehr Strom aus Erneuerbare als sie selber nutzen kann. Wenn nur wenige Stunden später die Sonne plötzlich nicht scheint und Windstille herrscht, erzeugen dieselben Windräder und PV-Zellen leider gar keinen Strom mehr. So ein Tag war beispielsweise der 7. März 2017.

Deshalb ist das ungelöste Rätsel der Energiewende:

Wie bilden wir eine zuverlässige Stromversorgung aus Erzeugungsanlagen, die weder zuverlässig noch steuerbar sind?

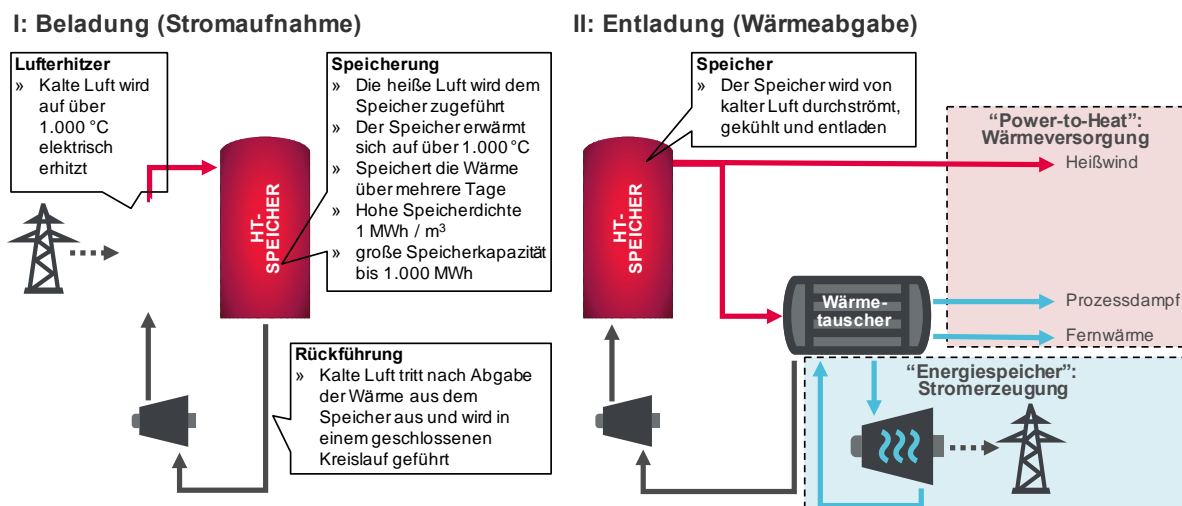
Energiespeicher ist die Antwort auf diese Frage. Energiespeicher nehmen Energie bei Stromüberschüssen auf und geben diese Energie später während Zeiten mangelnder Stromerzeugung ab – dann, wann er wieder gebraucht wird.



Technologie

Das SAFR Projekt hat eine thermoelektrische Speichertechnologie entwickelt. Energie wird in Form Hochtemperaturwärme gespeichert. Somit kann der Speicher 500 MWh Energie speichern, soviel Energie wie 300 europäische Bürger in einem Jahr verbrauchen.

Thermoelektrische Energiespeicher Technologie



Der Energiespeicher wird in zwei Phasen betrieben. Während der Beladephase wird Strom verwendet, um Luft auf sehr hohe Temperaturen zu erwärmen. Die Luft gibt diese Wärme in einem Speichermodul ab, der aus besonderen temperaturbeständigen Materialien besteht und das Speichermodul wird auf über 1.000 °C erwärmt. In einer zweiten Phase wird der Speicher entladen. Kalte Luft wird dem Speicher zugeführt und vom heißen Material erwärmt. Diese Luft treibt dann hocheffiziente Dampfprozesse, um Strom wieder zu erzeugen. Die Wärme kann auch gleichzeitig verwendet werden, um kommunale Fernwärme oder industriellen Prozessdampf zu erzeugen.

Die Technologie wurde von der Carbon-Clean Technologies GmbH, ein innovatives Kölner Unternehmen entwickelt.



Ergebnisse

Anforderungsanalyse

Ein modellbasiertes Tool wurde entwickelt, um den Betrieb des Speichers unter heutigen deutschen Marktbedingungen zu simulieren. Zwei Optionen wurden untersucht, ein netzbasiertes System und ein System, das in einem konventionellen Kraftwerk integriert ist. Die Simulationen demonstrierten, dass der Speicher 500 MWh Energie speichern soll und mit 50 MW beladen werden können.

Verfahrenstechnische Auslegung

Die verfahrenstechnische Auslegung basiert auf der ermittelten Spezifikation. Da das Speichersystem immer wieder be- und entladen wird, wurde bei dieser Auslegung eine dynamische und zyklische Fahrweise betrachtet. Umfangreiche und hochmoderne dynamische Verfahrenssimulationen wurden durchgeführt, um diesen Zyklus zu optimieren.

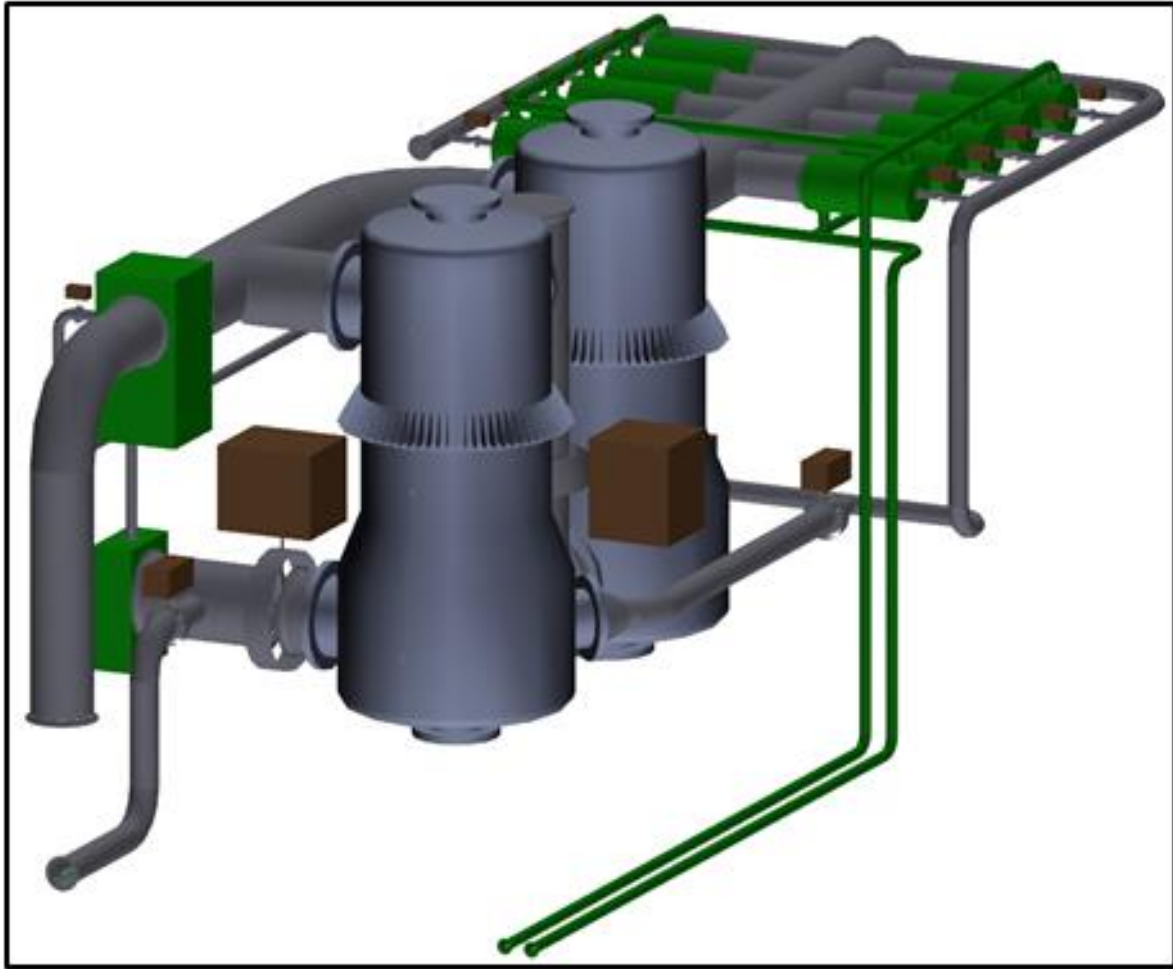
Aus der Verfahrenstechnik wurde der thermodynamische Zyklus und technische Parameter des Zyklus (wie Temperaturen und Drücke) festgelegt, um die höchste Speicherdichte und Wirkungsgrad zu erreichen.

Speichermodul Design

Das Speichermodul wurde ausgelegt und geeignete Materialien und Isolierungen ausgewählt, um die hohen Temperaturen und wiederholten Zyklen aushalten zu können. Die Designs wurden als CAD ("Computer Aided Design") umgesetzt und ein einheitliches Design des gesamten Systems erstellt, wie im folgendem dargestellt.



CAD Modell des 500 MWh Speichersystems



Design des Lufterhitzers

Um die benötigten Temperaturen erreichen zu können, bedarf das System eines besonderen Lufterhitzers, der heute nicht kommerziell erhältlich ist. Dieses System wurde ausgelegt, drei Prototypen wurden gebaut und getestet, um die Funktion zu demonstrieren und um das Design zu optimieren.

Design der Stromerzeugung

Die Hochtemperatur wird über einen Gas- und Dampfzyklus wieder in Strom umgewandelt. Drei Konzepte dieses Systems wurden durch Computersimulationen im Detail untersucht und das Design wurde optimiert.



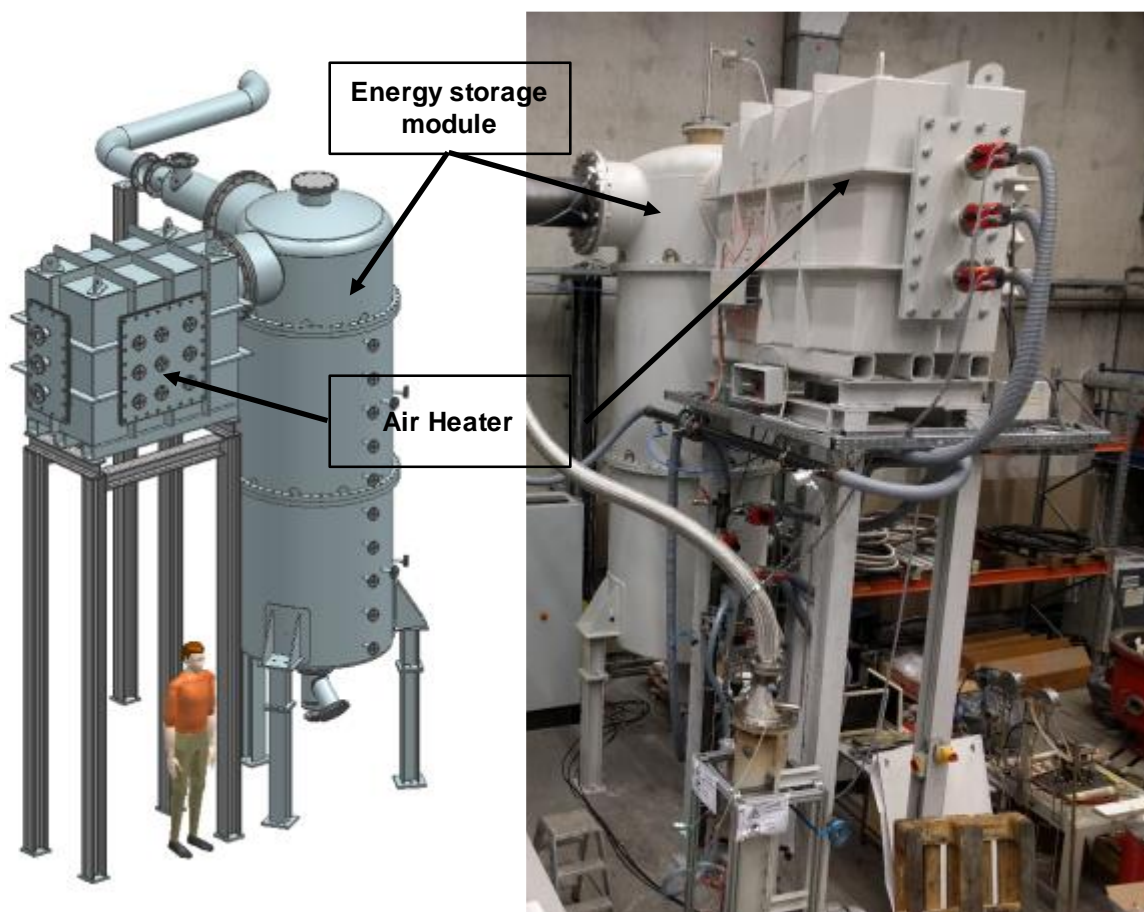
Engineering der Leistungselektrik

Die Leistungselektrik stellt sicher, dass die 50 MW Beladeleistung jederzeit erbracht wird und dass die Luftherhitzer genau gesteuert werden. Mehrere Konzepte wurden untersucht und die beste Option ausgewählt.

Labortest eines Moduls

Das SAFR Projekt hat neben dem Design einer Großanlage auch eine Laborversion eines Speichermoduls gebaut und betrieben. In Zusammenarbeit mit der Technische Universität Darmstadt wurde ein 1 MWh Modul ausgelegt und gebaut, wie im Folgenden dargestellt.

1 MWh Labor Testsystem

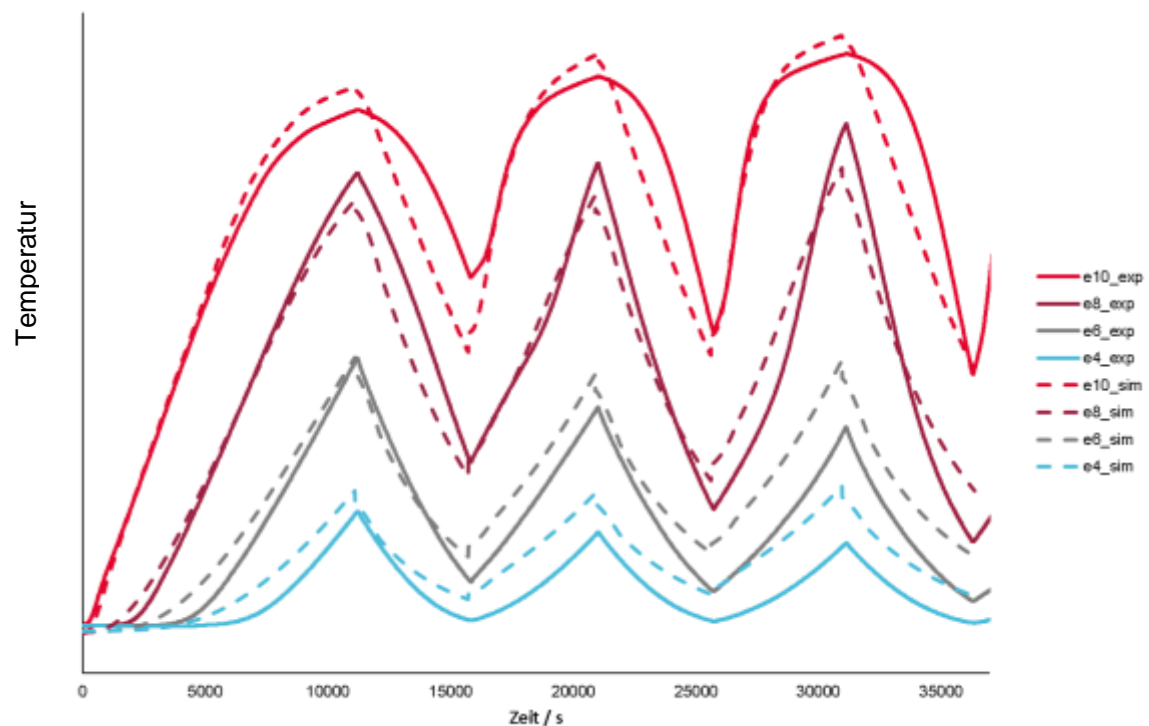


Die 1 MWh Energiekapazität beträgt ungefähr der Jahresstromverbrauch eines durchschnittlichen europäischen Bürgers.



Das System wurde über mehrere Belade- und Entladezyklen betrieben. Integrierte Sensoren überwachten die Temperaturprofile im Speicher und in der thermischen Isolierung. Computersimulationen wurden durchgeführt, um die Versuchsergebnisse mit den Engineering Modellen zu vergleichen. Ein Beispiel der Testergebnisse ist im Folgenden dargestellt.

Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Simulationsergebnissen



Die experimentellen Ergebnisse (durchgezogenen Linien) stimmen mit den Simulationsergebnissen hervorragend überein. Dadurch hat der Teststand die Performanz der Großanlage validiert.



Schlussfolgerung

Das SAFR Projekt hat eine innovative **thermoelektrische Speichertechnologie** entwickelt und validiert. Die Technologie ermöglicht die Speicherung von großen Energiemengen und wird uns erlauben, erneuerbare Energiequellen besser in unserem Stromversorgungssystem zu nutzen.

Das Projekt hat eine Großanlage ausgelegt, ein Testsystem gebaut und betrieben. Damit wurde das Design der Großanlage validiert.

Die Speichertechnologie wird jetzt auf eine industrielle Skala umgesetzt, um als Puffer die europäische Stromversorgung bei der Energiewende zu unterstützen.



Projekt Information

Projekt Webseite: www.safr-project.org

Das SAFR Projekt wurde vom EU-LIFE+ Programm unterstützt.

Projekt: LIFE13 ENV/DE/001213

Projektdauer: 01/06/2014 bis 31/03/2017

Projektpartner:

Carbon-Clean Technologies GmbH

Trianel GmbH

Im Zollhafen 24
50678 Köln
Deutschland

Krefelder Straße 203
D-52070 Aachen
Deutschland

Kontakt:

Dr. Robert Pfab

info@carbonclean.de

