

# Underground Sun Conversion

**Erneuerbares Erdgas zur Speicherung  
von Sonne und Wind**





RAG Austria AG ist das größte Energiespeicherunternehmen Österreichs und gehört zu den führenden technischen Gasspeicherbetreibern Europas.

# Einmaliges Forschungsprojekt

Unterirdische Umwandlung und Speicherung von Wind- und Sonnenenergie

Bereits seit Jahren beschäftigen wir uns mit der Dekarbonisierung und Transformation der Energiesysteme. Mit zunehmendem Ausbau der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen steigt zugleich auch der Bedarf an großvolumigen und saisonalen Speichern mit denen die jahreszeitlichen Schwankungen von Energieernte (Sommersonne) und Energiebedarf (Winter)

ausgeglichen und das gewohnte Maß an Versorgungssicherheit bereitgestellt werden kann. Dabei handelt es sich um eine Dienstleistung, die weder durch Pumpspeicher noch durch Batterien erbracht werden kann. Gasspeicher können die Lösung bieten.

Die RAG Austria AG unternimmt daher bereits seit Jahren erhebliche Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung, um Speicherlösungen zur bedarfsgerechten Strukturierung des Angebots an erneuerbarer Energie zu entwickeln. Wir sehen uns als Partner der erneuerbaren Energien. Ein bereits vielfach diskutierter Lösungsansatz für das Speicherproblem ist die Power-to-Gas-Technologie. Mithilfe der überschüssigen Elektrizität aus Sonnen- und Windenergie wird Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten. Somit werden nicht speicherbare Elektronen in

speicherbare Moleküle umgewandelt. Wasserstoff wird so zum Energieträger. Im weltweit einzigartigen Leitprojekt „Underground Sun Storage“ haben wir federführend mit Partnern die Speicherung von Wasserstoff in ehemaligen Erdgaslagerstätten im Rahmen eines in-situ Feldversuchs getestet. Im Rahmen dieses Projektes konnten wir viele positive Erkenntnisse

gewinnen, die uns motiviert haben, weiterzumachen. Eine zentrale Erkenntnis führte zum aktuellen Projekt „Underground Sun Conversion“, das in dieser Broschüre näher vorgestellt werden soll.

Wasserstoff und Kohlendioxid können in geeigneten Erdgaslagerstätten durch einen mikrobiologischen Prozess in Methan = erneuerbares Erdgas umgewandelt

werden. Energieumwandlung, Erhöhung der Energiedichte und Energiespeicherung erfolgen unsichtbar im porösen Gestein in mehr als 1.000 Meter Tiefe.

Das Underground Sun Conversion Projekt wird unter Federführung der RAG Austria AG durch ein österreichisches Konsortium abgewickelt und im Rahmen des Energieforschungsprogramms des österreichischen Klima- und Energiefonds als Leitprojekt gefördert. Das Forschungsprojekt soll bis 2021 abgeschlossen werden.

*„Der Energieträger Gas lässt sich in großen Mengen sicher und unsichtbar in bereits vorhandener unterirdischer Infrastruktur transportieren und in ebenso vorhandenen natürlichen Gaslagerstätten umweltfreundlich speichern. Österreich kann aufgrund seiner guten geologischen Voraussetzungen für Speicher einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit Europas leisten.“*

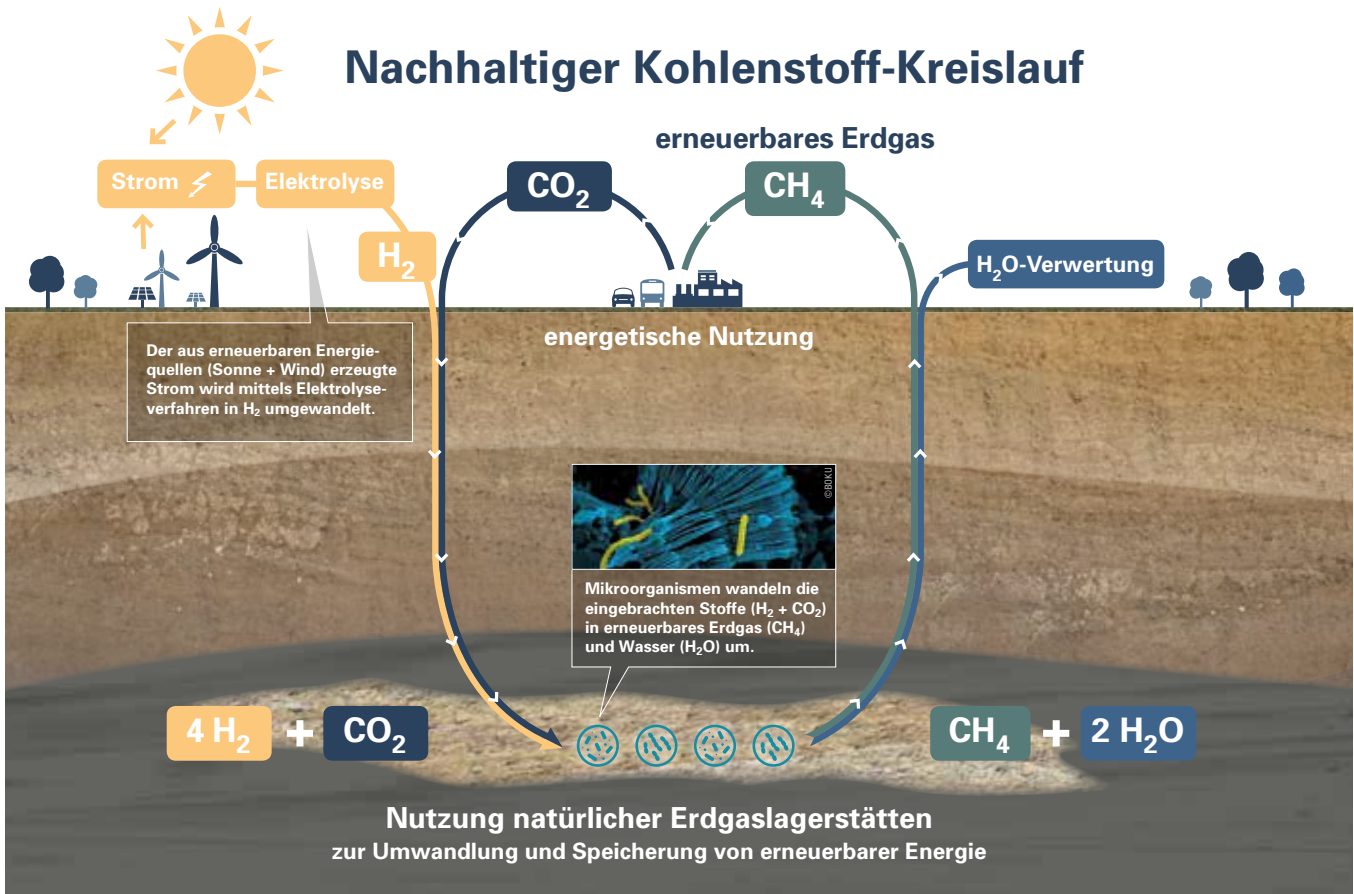
# Projektbeschreibung

Aus Sonnen- oder Windenergie und Wasser (Power-to-Gas-Technologie) wird zunächst in einer oberirdischen Anlage Wasserstoff erzeugt. Gemeinsam mit CO<sub>2</sub> wird dieser Wasserstoff in eine vorhandene (Poren-)Erdgaslagerstätte eingebracht. In über 1.000 Meter Tiefe wandeln nun natürlich vorhandene Mikroorganismen diese Stoffe in relativ kurzer Zeit in erneuerbares Erdgas um, welches anschließend direkt in dieser Erdgaslagerstätte gespeichert, bei Bedarf jederzeit entnommen und über die vorhandenen Leitungsnetze zum Verbraucher transportiert werden kann.

Das Ziel des Forschungsprojekts ist es, vorhandene (Poren-)Erdgaslagerstätten als natürliche geologische „Reaktoren“ zu nutzen. So finden sowohl der Methanisierungsprozess als auch die Speicherung auf natürlichem Weg in unterirdischen Porenlagerstätten statt. Darin liegt das große Potenzial, indem die bislang

fehlende aber dringend benötigte Flexibilität im Umgang mit erneuerbaren Energien geschaffen wird. Umfangreiche Laborversuche teilweise bereits aus dem Vorläuferprojekt Underground Sun Storage, das ebenfalls vom Klima- und Energiefonds gefördert wurde, zeigen, dass in die Lagerstätte eingebrachter Wasserstoff und CO<sub>2</sub> mikrobiologisch in Methan umgewandelt werden. Damit kann es gelingen einen nachhaltigen Kohlenstoff-Kreislauf zu etablieren.

Gemeinsam mit einem Konsortium werden Laborversuche, Simulationen und wissenschaftliche Feldversuche an einer existierenden Lagerstätte der RAG durchgeführt. Ziel ist es auch, die Übertragbarkeit der gewonnenen Ergebnisse auf viele andere Lagerstätten weltweit zu prüfen. Die angestrebten Ergebnisse sind daher von herausragender Bedeutung für eine gelingende Energiewende.



## Natürliche Entstehung und heutige Nutzung von Erdgas

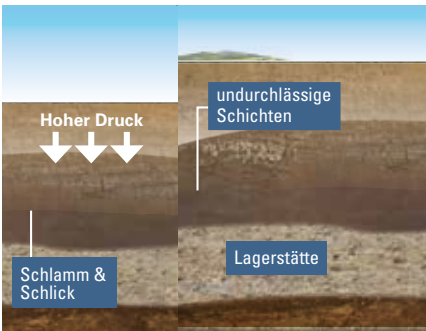
Die natürliche Bildung von Erdgaslagerstätten dauert viele Millionen Jahre. Im 20. Jhdt. etabliert sich Erdgas aufgrund seiner Flexibilität und vielfältigen Einsatzmöglichkeiten als einer der bedeutendsten (fossilen) Energieträger.

Underground Sun Conversion - Technologie ermöglicht es, den großvolumig und saisonal speicherbaren Energieträger Erdgas in einem erneuerbaren Energiesystem zur Verfügung zu haben.



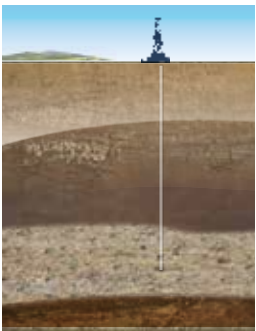
### Bildung von Faulschlamm

Die Sonne liefert Energie für organisches Wachstum. Abgestorbene Kleinstlebewesen sinken auf den Meeresboden ab und werden mit Sand und Schlick bedeckt. Dabei entsteht Faulschlamm.



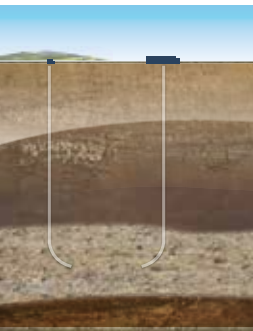
### Entstehung von Erdgas

Im Laufe der Jahrtausende lagerten sich viele Schlammschichten darüber ab. Unter hohem Druck und Sauerstoffabschluss wandelten Mikroorganismen den Faulschlamm um. Erdgas entstand und sammelte sich in Lagerstätten zwischen undurchlässigen Schichten.



### Aufsuchung und Gewinnung

Im 20. Jahrhundert beginnt die Förderung von Erdgas aus diesen Lagerstätten.



### Underground Sun Conversion

Zukünftig soll der Prozess in der natürlichen Lagerstätte kopiert und um Millionen von Jahre abgekürzt werden. Innerhalb weniger Wochen wird durch die Underground Sun Conversion Technologie so „erneuerbares Erdgas“ gebildet.

250 Mio. Jahre

50 Mio. Jahre

1900

2017

## Erdgeschichte im Zeitraffer

### Erdgas natürlich und erneuerbar „erzeugen“

Mit dieser weltweit einzigartigen und innovativen Methode wird der natürliche Entstehungsprozess von Erdgas nachgebildet, aber gleichzeitig um Millionen von Jahren verkürzt – Erdgeschichte im Zeitraffer. Der Zeitvorteil ist primär auf zwei Faktoren zurückzuführen. Zum einen muss bei der natürlichen Entstehung zuerst organische Substanz aufgebaut werden (im Prinzip auch Sonnenenergie gespeichert werden). Diese organischen Substanzen sterben ab, werden zerlegt und zu (Methan) Erdgas umgebaut. Dieser Prozess wird bei der Underground Sun Conversion Technologie abgekürzt, indem wir direkt mit den Ausgangsstoffen des letzten Umwandlungsschrittes in den Prozess gehen. Zum zweiten benötigt die Nutzung von fossilem Erdgas einen Sedimentationsprozess, der poröse Speicherstrukturen mit einer entsprechenden tonigen Abdeckschicht hervorbringt. Dieser Prozess dauert sehr lange und erst dann kann Gas in den geologischen Strukturen eingelagert werden. Viel Methan wurde auch damals sofort wieder dem Kohlenstoffkreislauf zugeführt so wie das heute noch in Sumpfgebieten der Fall ist. Durch die Nutzung bereits vorhandener geeigneter Lagerstätten muss kein Sedimentationsprozess abgewartet werden und wird auch das Risiko des Entstehens geeigneter Schichtabfolgen eliminiert.

In Summe können also durch die Nutzung bereits vorhandener geologischer Strukturen geologische Zeiträume übersprungen werden – daher „Erdgeschichte im Zeitraffer“.

### Diese umweltfreundliche Vorgangsweise hat drei wesentliche Vorteile:

- ✓ **CO<sub>2</sub>-neutral**  
Erneuerbares Erdgas ist deshalb bei seiner Verwendung CO<sub>2</sub>-neutral, weil zuvor die gleiche Menge CO<sub>2</sub> im Entstehungsprozess gebunden wird. Es entsteht ein nachhaltiger Kohlenstoff-Kreislauf.
- ✓ **Erneuerbare Energien werden saisonal speicherbar**  
Die Stromgewinnung aus Sonnenenergie und Wind unterliegt wetterbedingten und jahreszeitlichen Schwankungen. Eine bedarfsorientierte Produktion ist daher nicht möglich. Das Problem der großvolumigen Speicherbarkeit von erneuerbaren Energien wird durch die Umwandlung in natürliches erneuerbares Erdgas gelöst.
- ✓ **Vorhandene Infrastruktur wird genutzt**  
Sowohl für den natürlichen Produktionsprozess als auch für die unterirdische Speicherung in natürlichen Erdgaslagerstätten und den umweltfreundlichen Transport zum Endverbraucher kann bereits vorhandene Infrastruktur genutzt werden.

# Themenbereiche

Um die wissenschaftlichen Fragestellungen im Zusammenhang bestmöglich abzubilden und zu beantworten wurde ein Arbeitsplan mit neun Arbeitspaketen erstellt.

## Arbeitspaket 1:

### Projektmanagement

Die Aufgaben im Rahmen dieses Arbeitspaketes sind unter anderem die Schnittstellen zwischen den einzelnen Arbeitspaketen zu pflegen, Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung der Ergebnisse zu organisieren, die Kommunikation mit den Fördergeldgebern und das Berichtswesen.



## Arbeitspaket 2:

### Mikrobielle Methanisierung in unterirdischen Erdgaslagerstätten (Sandsteininformation)

Übergeordnetes Ziel ist die Steuerung der mikrobiologischen Methanisierung in Erdgaslagerstätten wobei die Methanisierung optimiert und potentielle Risiken und nachteilige Effekte identifiziert und minimiert werden sollen. Zur Erforschung biogener Methanisierungsprozesse in Erdgaslagerstätten dienen Bioreaktoren, welche mit originärem Formationswasser und Bohrkernen befüllt und unter Reservoirbedingungen betrieben werden. Diese werden mit unterschiedlichen Partialdrücken an Wasserstoff und Kohlendioxid beaufschlagt. Durch wiederholte Befüllung der Reaktoren werden Speicherzyklen eines Erdgasspeichers simuliert und die Langzeitstabilität des Prozesses getestet. Erkenntnisse aus diesen Experimenten sind die Grundlage für die Auslegung des Testfeldversuchs.



## Arbeitspaket 3:

### Simulation des mikrobiologischen Prozesses

Ziel dieses Arbeitspakets ist es, durch Computersimulationen die globalen Rückkopplungsmechanismen zwischen dem mikrobiellen Wachstum und den Eigenschaften des Gasstromes im Speicher aufzuklären und optimale Betriebsstrategien für eine effiziente Methanproduktion zu identifizieren. Computerrekonstruktionen des Gasspeichers kombinieren wir dabei mit mechanistischen Modellen der methanproduzierenden Mikroben, um die Interaktionen zwischen den Mikroorganismen, dem Gasstrom und der Umwelt zu verstehen. Die aus dem Labor und dem Feldversuch gewonnenen Daten werden dabei verwendet, um diese Modelle zu validieren.



## Arbeitspaket 4:

### Werkstoffe und Korrosion

Im Zuge dieses Arbeitspaketes wird mittels Labor- und Feldversuchen untersucht, ob die für den einzigartigen, mikrobiologischen Methanisierungs-Prozess nötigen Gase Wasserstoff und Kohlendioxid zu Korrosionserscheinungen an den in der Anlage verwendeten Stahlsorten führen bzw. ob es zu Veränderungen an der Zementation der Bohrungen kommen kann.



## Arbeitspaket 5:

### Produktgas-konditionierung

Im Arbeitspaket 5 liegt der Fokus auf der Konditionierung des Produktgases aus der Untertagemethanisierung. Die Hauptaufgabe besteht darin ein Membransystem für die Separation von Wasserstoff und Kohlendioxid aus dem ausgespeicherten Gas zu entwickeln und somit die Einspeisung des ausgespeicherten Gases in die Erdgasnetze zu ermöglichen.



## Arbeitspaket 6:

### Planung, Errichtung und Betrieb – In-situ Reservoir Batch Versuche

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wird eine wissenschaftliche Feldversuchsanlage zum Underground Sun Conversion Prozess geplant errichtet und betrieben. Über eine bestehende Sonde wird das Wasserstoff – Kohlendioxid – Erdgas – Gemisch in die Versuchslagerstätte in ca. 1.000 Meter Tiefe eingebracht. Nach einer Umwandlungsphase unter Einschluss des Reservoirs wird das Gasgemisch über die gleiche Sonde wieder entnommen. Während des Versuchsablaufes können immer wieder Analyseproben entnommen werden und der Verlauf von Druck, Temperatur und Gaszusammensetzung beobachtet werden.



## Arbeitspaket 7:

### Planung, Errichtung und Betrieb – In-situ Reservoir Kreislauf Versuche

Als wesentliche Erweiterung gegenüber Arbeitspaket 6 wird hier eine zweite Bohrung abgeteuft und das Reservoir besser erschlossen. Dadurch werden Kreislaufversuche möglich, bei denen durch kontinuierliche Beobachtung der Gaszusammensetzung und anderer Parameter Rückschlüsse auf die Kinetik der Umwandlungsreaktion gezogen werden können. Mit Hilfe dieser zweiten Bohrung kann das Gasgemisch im Umwälzbetrieb durch das Reservoir bewegt und beobachtet werden. In weiterer Folge, kann das entstandene Methan mittels Membrantechnologie abgeschöpft werden und neuer Wasserstoff und Kohlendioxid dem Prozess zugeführt werden.



## Arbeitspaket 8:

### Technische Möglichkeiten zum industriellen Einsatz

Dieses Arbeitspaket zielt auf die Entwicklung eines Prozesskonzeptes für eine industrielle Anlagengröße ab, insbesondere hinsichtlich der notwendigen Infrastruktur übertage. Eine sinnvolle Anlagenkapazität wird anhand von potentiell geeigneten Standorten abgeleitet, wobei Auswirkungen von spezifischen Randbedingungen auf das Prozesskonzept identifiziert werden. Darüber hinaus wird das Potential der Kombination von Untertage-Methanisierung mit einer katalytischen Nach-Methanisierung übertage erhoben. Die technischen Möglichkeiten für einen industriellen Einsatz werden für die Potenzialanalyse in AP 9 zur Verfügung gestellt, insbesondere hinsichtlich der Anlagenkosten.



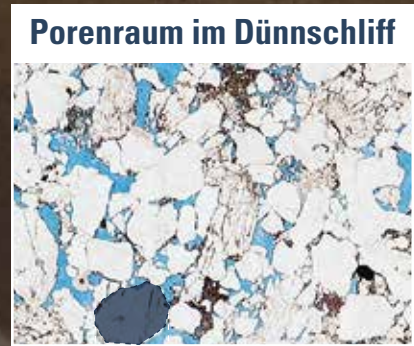
## Arbeitspaket 9:

### Potenzialanalyse

Dieses Arbeitspaket wird unter der Leitung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität in gemeinsam mit der RAG und der Montanuniversität Leoben bearbeitet. Inhaltlich befassen sich die Arbeiten mit der techno-ökonomischen und ökologischen Evaluierung der geplanten Underground Sun Conversion im Kontext eines „Power-to-Gas“ Systems. Am Beginn des Arbeitspakets steht eine Potential- und Standortanalyse, um die Multiplizierbarkeit der Underground Sun Conversion weltweit einschätzen zu können. Gleichzeitig findet auch eine Analyse der rechtlichen Aspekte in Zusammenhang mit dem entwickelten Technologiepfad statt, um Hemmnisse und Herausforderung für eine zukünftige multiplizierbare Anwendung der Underground Sun Conversion im bestehenden Rechtssystem aufzuzeigen.



# Schematische Darstellung Sonnenspeicher



Korngröße ca. 0,5 mm

Erdgaslagerstätte / Gestein

01 Elektrolyse

02 CO<sub>2</sub> - Pufferspeicher

03 Verdichter

04 Speichersonde

05 Erdgaslagerstätte

06 Entnahmesonde (Cycle-Betrieb)

07 Gastrocknung

08 Gasaufbereitung

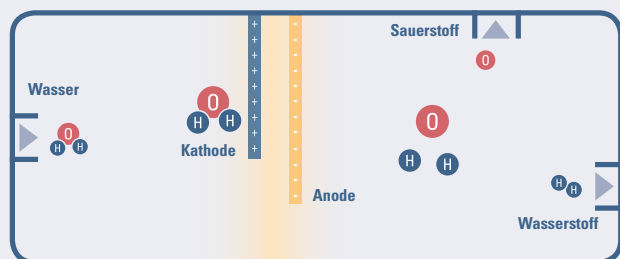
09 Stromanbindung / Trafo

10 Steuerung / EMSR

## 01. Elektrolyse

Hier wird aus elektrischem Strom Wasserstoff erzeugt. Nach der Reinigung des Brunnenwassers durch eine Umkehrosmose-Anlage wird das Wasser durch Gleichstrom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der Wasserstoff wird getrocknet und mit CO<sub>2</sub> und Erdgas gemischt zum Verdichter weitergeleitet. Der Sauerstoff wird als Nebenprodukt an die Atmosphäre abgegeben.

Die Elektrolyse von Wasser besteht aus zwei Teilreaktionen, die an den beiden Elektroden (Kathoden- und Anodenräumen) ablaufen.  
Kathodenraum:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anodenraum:  $6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\text{e}^-$   
Das Gesamt-Reaktionsschema dieser Redoxreaktion lautet:



In diesem Prozess wird eine alkalische Elektrolyse verwendet, in der durch Zugabe von KOH die Leitfähigkeit des Wassers erhöht wird, um den Wirkungsgrad zu verbessern.

## 02. CO<sub>2</sub> - Pufferspeicher

Für die mikrobiologische Methanisierung in der Lagerstätte wird dem Prozess CO<sub>2</sub> zugesetzt. CO<sub>2</sub> wird in flüssiger Form angeliefert und in einem Puffertank vor Ort gelagert und kann so bedarfsgerecht zudosiert werden. Das CO<sub>2</sub> stammt aus einer biogenen Quelle.

## 03. Verdichter

Um das Gasgemisch Methan/Wasserstoff/CO<sub>2</sub> auf den erforderlichen Druck zu bringen, um es in die Lagerstätte einbringen zu können, ist ein Verdichter nötig. Hier kommt eine sogenannte Kolbenkompressormaschine zum Einsatz. Geplant ist ein maximaler Speicherdruck von 60 bar.

## 04. Speichersonde

Die Ein- und Ausspeicherung im Batchbetrieb erfolgt über die Sonde, die mit entsprechenden Sicherheitsfunktionen ausgestattet ist. Im späteren Cycle-Betrieb wird diese Sonde nur mehr zur Einspeicherung herangezogen.

## 05. Lagerstätte / Gestein

Vor Millionen von Jahren entstanden in den Poren des Sandsteines natürliche Erdgaslagerstätten, die durch über 100 m mächtige Tonschichten abgedichtet werden.

Hier können große Energiemengen nachhaltig, sicher und unsichtbar gespeichert werden. Im Underground Sun Conversion Projekt wird darüber hinaus die mikrobiologische Entstehung von erneuerbarem Erdgas wieder in Gang gesetzt, ein Prozess der analog genau hier bereits vor Millionen von Jahren stattgefunden hat.

## 06. Entnahmesonde (Cycle – Betrieb)

Die Entnahme von erneuerbarem Erdgas erfolgt ab dem Cycle-Betrieb über eine eigene Sonde, die ebenfalls mit entsprechenden Sicherheitsfunktionen ausgestattet ist.

## 07. Gastrocknung

Gas nimmt in einer Lagerstätte Feuchtigkeit auf. Bevor das Gas in die nachgelagerten Systeme und ins Leitungsnetz abgegeben wird, ist daher eine Trocknung erforderlich.

## 08. Gasaufbereitung

Das der Lagerstätte entnommene Gas kann noch Reste an nicht umgesetztem Wasserstoff und Kohlendioxid enthalten. Im Rahmen des Projektes wird daher ein Membrantrennverfahren getestet, um diese Gaskomponenten auf ein spezifikationsgerechtes Maß zu senken.

## 09. Stromanbindung / Trafo

Im Underground Sun Conversion Projekt geht es um die Speicherung von erneuerbarem Strom durch Umwandlung in einen speicherbaren Energieträger. Der erneuerbare Strom wird über das Stromnetz bezogen und über einen Trafo auf die benötigten Spannungsebenen transformiert.

## 10. Steuerung / EMSR

Hier laufen alle Informationen zusammen, Messdaten werden verarbeitet und zur Auswertung weitergeleitet. Die Anlage arbeitet im Normalbetrieb autonom und wird von der Zentrale in Gampern überwacht. Bei allfälligen Störungsmeldungen reagiert der Bereitschaftsdienst.

| Lagerstätte         |                                                |
|---------------------|------------------------------------------------|
| Max. Druck          | 107 bar                                        |
| Temperatur          | 40°C                                           |
| Tiefe               | 1.027 m                                        |
| Arbeitsgasvolumen   | 1,7 Mio m <sup>3</sup>                         |
| Lagerstättenvolumen | 6,2 Mio m <sup>3</sup>                         |
| Elektrolyse         |                                                |
| Leistung            | 500 kW<br>100 m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /h |

# Wind + Sonne = Gas

Auf diese einfache Formel lässt sich die Zukunftstechnologie „Power-to-Gas“ bringen, die die Grundlage für die Feldforschungsprojekte der RAG Austria AG „Underground Sun Storage“ und „Underground Sun Conversion“ ist.

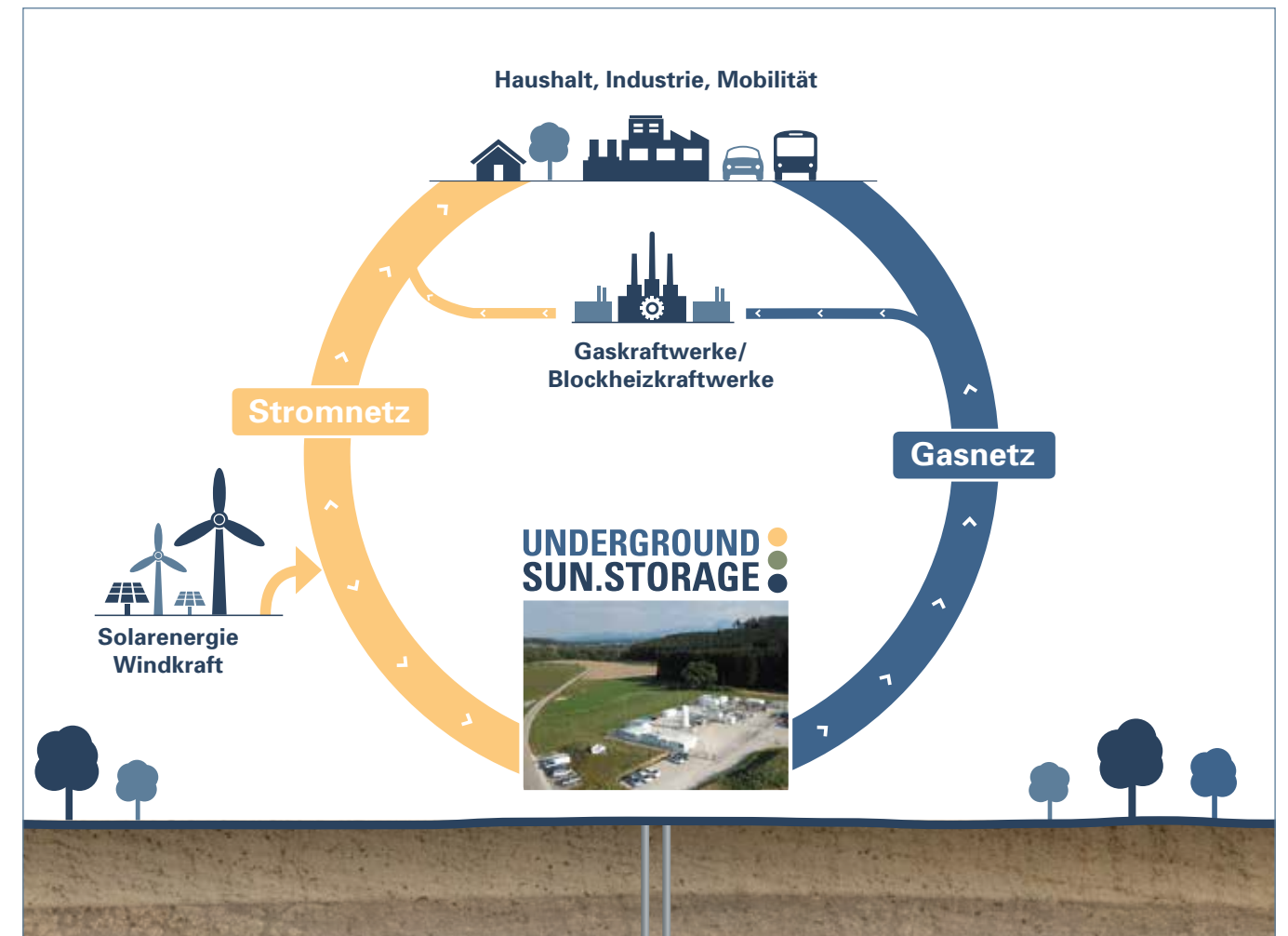
## Zukunftstechnologie mit enormem Potenzial

Nicht nur die Versorgungsschwankungen bei Strom aus erneuerbaren Energien müssen ausgeglichen werden: Was tun mit all der überschüssigen Energie, die künftig in der verbrauchsarmen Zeit in riesigen Wind- und Solarparks erzeugt wird? Diese überschüssige Energie braucht großvolumige Speicher, um sie für den saisonalen Ausgleich zur Verfügung stellen zu können. Möchten wir in Österreich die Stromproduktion zu 100 % aus erneuerbaren Quellen für die Stromversorgung gewinnen werden Speicher benötigt, die mehr als das 100-fache der potenziellen Pumpspeicherkapazität haben. (Quelle: TU Wien, ESEA/EA (Hrsg.): „Super-4-Micro-Grid“, Endbericht zum Forschungsprojekt, Wien 2011). Pumpspeichieranlagen und Batteriespeicherlösungen mit ihren vergleichsweise geringen Kapazitäten bei weitem nicht ausreichen und können zudem nur Strom abgeben. Hier bietet das Multitalent Erdgas eine Lösung.

Neben der Produktion von Strom kann es vor allem für Wärmeversorgung, Mobilität und für die Industrieverwendung werden. Die Gasinfrastruktur, bestehend aus Pipelines und Erdgasspeichern, erfüllt bereits jetzt alle Voraussetzungen, um künftig als Vorratsspeicher für Ökoenergie genutzt werden zu können.

## Umweltfreundliche Power-to-Gas-Technologie

Die neue, besonders umweltfreundliche Technologie funktioniert denkbar einfach: Mithilfe der überschüssigen Sonnen- und Windenergie wird mittels Elektrolyse Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff aufgespalten. Der Wasserstoff kann nun direkt gespeichert und später weiterverwendet werden (z.B. als Primärenergie in Brennstoffzellen). Möglich ist allerdings auch einen weiteren Prozessschritt anzuschließen: Bei der sogenannten Methanisierung reagiert der Wasserstoff mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Das CO<sub>2</sub> wird aus der Luft entnommen oder kann auch aus einer Biogas- oder Industrieanlage



stammen. Nach diesem Prozess liegt Methan als regenerativ erzeugtes synthetisches Gas vor. Derzeit liegt der Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnen- und Windenergie in synthetisches Erdgas bei ca. 60 % – sehr viel, wenn man bedenkt, dass der überschüssige Strom gegenwärtig aus Mangel an Speichermöglichkeit oft gar nicht genutzt werden kann und Windräder aus dem Wind gedreht oder ganze Windparks vom Netz genommen werden müssen. Kann der Wasserstoff direkt genutzt werden, ist der Wirkungsgrad noch um einige Prozentpunkte höher.

## Vorhandene Gasnetze und Erdgasspeicher nutzen

Durch Elektrolyse und Methanisierung wird also Strom in Wasserstoff und Erdgas umgewandelt und damit erstmalig in großem Umfang speicherbar. Gleichzeitig löst diese Methode auch die größte Schwierigkeit der Stromspeicherung, nämlich das Platzproblem. Es kann einfach auf die bestehende Erdgasinfrastruktur, sprich das Leitungsnetz und die großen vorhandenen Erdgasspeicher, zurückgegriffen werden. Statt neue, teure und technisch aufwändige Speichermöglichkeiten zu entwickeln und zu bauen, wird der Strom – der in synthetisches Erdgas umgewandelt wurde – in den ausgeförderten Erdgaslagerstätten zwischengespeichert.



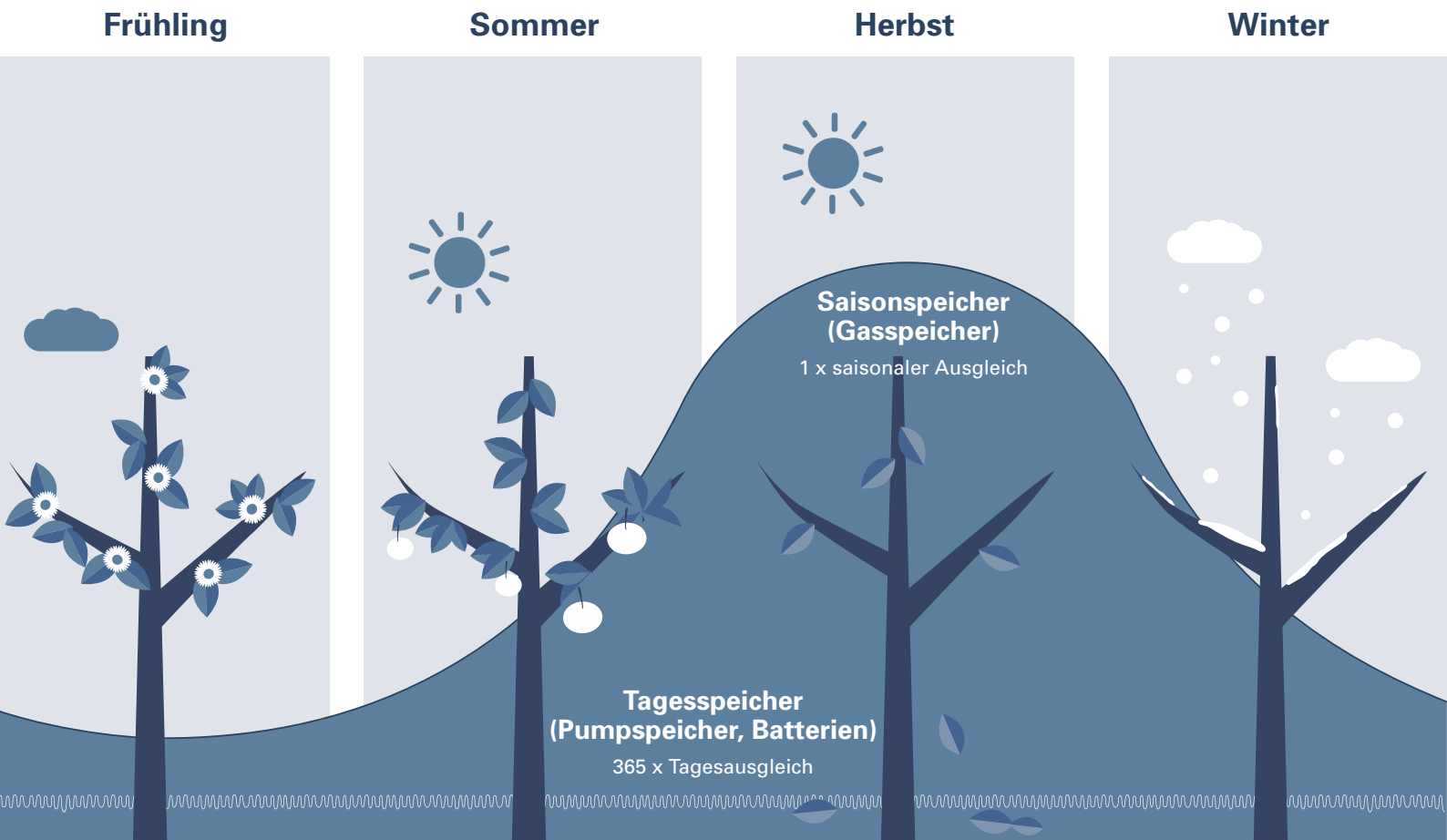
# Energiespeicherung

Der Energieverbrauch in Österreich/Mitteleuropa ist im Winter deutlich höher als im Sommer. Verbrauchsnah gelegene Erdgasspeicher erbringen im Energiesystem die wesentliche Dienstleistung des saisonalen Ausgleichs.

Vereinfacht dargestellt, wird im Sommer Gas eingelagert und im Winter wieder entnommen. Der Speicher hat einen Jahreszyklus, wie auch aus untenstehender Graphik erkennbar ist. Dabei geht es um sehr große Energiemengen, im Fall der RAG Austria AG um bis zu 66 TWh. Durch diese Dienstleistung wird sichergestellt, dass zu jedem Zeitpunkt im Jahr und selbst bei Lieferunterbrechungen die Energieversorgung gegeben ist (Versorgungssicherheit). Die Bedeutung des saisonalen Ausgleichs zwischen Angebot und Nachfrage wird in Zukunft noch deutlich zunehmen, wenn wir sukzessive auf Sonnen- und Windenergie umsteigen.

Eine andere Dienstleistung im Energiesystem wird durch Pumpspeicher und künftig durch die noch viel kleineren Batteriespeicher erbracht. Diese Speicher sorgen im Stromsystem für einen Tag-Nacht-Ausgleich und für die Stabilität des Stromnetzes. Diese Speicher werden daher bis zu 365 mal pro Jahr gefüllt und wieder geleert und sind deutlich kleiner. Das Speichervolumen der österreichischen Pumpspeicher beträgt lediglich 0,14 TWh (Quelle: TU Wien, ESEA/EA (Hrsg.): „Super-4-Micro-Grid“, Endbericht zum Forschungsprojekt, Wien 2011), ausreichend für diese Dienstleistung aber ungeeignet für die Bedürfnisse der saisonalen Speicherung.

## Energiespeicher im Jahresverlauf



An einer kleinen, ausgeführten Gaslagerstätte in Pilsbach in Oberösterreich wurde die Speicherung von in Wasserstoff umgewandelter erneuerbarer Energien erprobt.

# Rückblick: Underground Sun Storage

Wind- und Sonnenenergie unterirdisch speichern: Sonnenenergie gewinnen, speichern und bereitstellen: Diese zukunftsweisende Form der Energieproduktion und -speicherung wurde von RAG in einem einzigartigen Forschungsprojekt getestet.

Die Untersuchung der Wasserstoffverträglichkeit der Untergrundgasspeicher bis zu 10 % Wasserstoff war Hauptgegenstand dieses Leitprojektes und konnte nachgewiesen werden. Durch diese Ergebnisse können die Gasspeicher mit ihren enormen Speichervolumina (mehr als 8 Mrd. m<sup>3</sup> in Österreich entsprechen 93 TWh, wovon 66 TWh von RAG betrieben werden) im Energiesystem der Zukunft neu positioniert werden und als Ausgleichsspeicher für erneuerbare Energien dienen. Damit wird es möglich, ähnliche Fragestellungen für viele andere Speicherstrukturen weltweit untersuchen zu können.

## Speicherung von regenerativem Wasserstoff in porösen Gasspeichern

- Strom kann nicht gespeichert werden, Wasserstoff schon
- Große Mengen an Sonnen- und Windenergie benötigen saisonale und großvolumige Speicher
- Nachhaltige Nutzung der Gasinfrastruktur ist möglich
- Erneuerbare Energie wird grundlastfähig

## Ergebnisse

- Unterirdische Speicherung von erneuerbaren Energien über Wasserstoff ist möglich
- Vorhandene Gasspeicherinfrastruktur wurde erfolgreich auf die Anwendbarkeit von Wasserstoff getestet
- Es gibt keinen negativen Einfluss auf das bestehende Speicher
- Die Integrität poröser Gasspeicher ist nicht gefährdet
  - Keine Migration aus dem Reservoir
  - Keine Veränderung des Speichergesteins
  - Mikrobielle Prozesse können gesteuert werden
- Nachhaltige Nutzung der bestehenden Infrastruktur für die erneuerbare Energiezukunft
- Synergien von Speicherung und Erzeugung von erneuerbarem Gas gefunden
- Positive Resonanz von nationalen und internationalen Speicherbetreibern und Stakeholdern

## Künftige Entwicklungsmöglichkeiten

- Sun Conversion Projekt - Produktion und Speicherung von erneuerbarem Erdgas in einer bestehenden unterirdischen Infrastruktur
- Test der Speicherfähigkeit von bis zu 100 % Wasserstoff im Untergrundspeicher

# Projektpartner



## RAG Austria AG

Das Unternehmen RAG ist ein innovatives und zugleich traditionsreiches Energieunternehmen, das sich auf ihr Kerngeschäft der Gasspeicherung fokussiert und unter Nutzung ihrer umfassenden Untertagekompetenz innovative und nachhaltige Energielösungen entwickelt. Insbesondere die Entwicklung neuer Energietechnologien, durch Forschung und Herstellung von erneuerbarem Gas. Mit dem Betrieb einer Speicherkapazität von nunmehr rd. 6 Milliarden Kubikmetern leistet die RAG einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit Österreichs und Mitteleuropas und gehört damit zu den größten technischen Gasspeicherbetreibern Europas. Der Fokus des Unternehmens ist klar auf den zukunfts-trächtigen und vielseitigen Energieträger „Gas“ gerichtet. Dabei ist das klassische, natürliche Erdgas, das auch in Zukunft einen unerlässlichen Beitrag zur Energieversorgung leisten wird, nur ein Aspekt. Der andere heißt „Green Gas“ – wie zum Beispiel synthetisches Gas durch Nutzung der Power-to-Gas-Technologie. RAG ist Konsortialführer und größter Investor innerhalb des Leuchtturmprojektes „Underground Sun Conversion“. Neben den langjährigen Erfahrungen in Entwicklung, Errichtung und Inbetriebnahme von Speicheranlagen, bringt RAG insbesondere das erworbene Know-how und die Erkenntnisse aus dem Projekt „Underground Sun Storage“ mit.



Das Projekt wird im Rahmen des Energieforschungsprogrammes des Klima- und Energiefonds gefördert.



## Montanuniversität Leoben

Die 1840 gegründete Montanuniversität Leoben ist einzigartig hinsichtlich ihrer Spezialisierung: die Forschungsschwerpunkte und Studienrichtungen sind angesiedelt entlang der Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Recycling. Diese Kette umfasst die Bereiche Rohstoffgewinnung und –verarbeitung, Metallurgie, Hochleistungswerkstoffe, Prozess- und Produktengineering bis hin zu Umwelttechnik und Recycling, ergänzt durch die Energietechnik und Industrielogistik. Die Montanuniversität Leoben trägt als wissenschaftlicher Partner zu dem Projekt mit ihrer Expertise im Bereich der Materialwissenschaften, insbesondere der Korrosion, sowie mit dem verfahrenstechnischen Prozess- und Anlagen-Scale-up bei.



## Universität für Bodenkultur Wien / Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln / Institut für Umweltbiotechnologie

Mikrobiologische Expertise wird durch die Arbeitsgruppe Geobiotechnologie und Chemodynamik (Andreas P. Loibner) in das Forschungsprojekt eingebracht. Umfangreiche Erfahrungen bestehen in der Untersuchung von mikrobiologischen Konsortien und der Nutzung ihrer metabolischen Fähigkeiten. Im Untergrund ablaufende mikrobielle Prozesse werden wissenschaftlich erforscht und hinsichtlich einer möglichen technischen Anwendung bewertet. Im Rahmen von Underground Sun Conversion werden Verfahren entwickelt, die eine Kontrolle von mikrobiell katalysierten Prozessen in Erdgasspeichern ermöglichen sollen. Der Fokus liegt dabei auf einer gezielten Umsetzung von Wasserstoff und Kohlendioxid durch methanogene Mikroorganismen. Das Umsetzungspotential der in Laborexperimenten gewonnenen Erkenntnisse (WP2) wird in zwei Versuchsserien im Testfeld geprüft (WP6 und WP7).



## Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

Das Energieinstitut an der JKU Linz ist im Projekt Underground Sun Conversion für die technoökonomischen, ökologischen und rechtlichen Analysen sowie für die Erhebung des Technologiepotentials zuständig: Durch die techno-ökonomische Bewertung des Systems können die Prozesskosten analysiert und prognostiziert werden und mit relevanten Benchmarks verglichen werden; hierbei erfolgt eine umfassende Analyse unter Einbeziehung von Lernkurven und Skaleneffekten des Systems. Zudem werden nationale und internationale Standorte für die potentielle Implementierung der Technologie ermittelt. Darüber hinaus werden mittels Life Cycle Assessment (LCA) die ökologischen Auswirkungen untersucht. Zusätzlich erfolgen wie erläutert ein Screening und eine Analyse der rechtlichen Dimensionen des Systems.



## Axiom GmbH

Mit der industriellen Anwendung der Membrantechnik als Schwerpunkt wurde das Unternehmen Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH 1992 gegründet. Neben der von Axiom in ihren Projekten eingesetzten Umkehrosmose zur Wasseraufbereitung forscht das Unternehmen intensiv in der Membran-Gaspermeationstechnik und hat zahlreiche Patente erhalten. Im Rahmen einer Forschungs Kooperation mit der TU Wien - Institut für Verfahrenstechnik wurden neue Anwendungsgebiete für die Gastrennung mit Membranen entwickelt. Unter anderem die Rückgewinnung von Helium und Wasserstoff, die Abtrennung von Kohlendioxid aus Erdgas und insbesondere die Aufbereitung von Biogas. Dieses Wissen wurde in den letzten Jahren permanent erweitert und auch kommerziell sehr erfolgreich umgesetzt, so dass Axiom heute zu den wichtigsten und innovativsten Lieferanten der Membrantrenntechnik zählt. Axiom sieht die Membrantechnik als eine Schlüsseltechnologie für die Zukunft.



## acib (Austrian Centre of Industrial Biotechnology)

Das Austrian Centre of Industrial Biotechnology (acib) ist ein internationales Forschungszentrum mit 140+ Partnern aus aller Welt. Der Forschungsschwerpunkt von acib liegt im Bereich der industriellen Biotechnologie. Ziel ist es die Natur zu imitieren und herkömmliche industrielle Prozesse oder Produkte durch umweltfreundlichere und ökonomischere zu ersetzen. Kernforschungsbereiche des acib sind die Bioinformatik/Modellierung, Biokatalyse, System- und synthetische Biologie sowie Bioprozesstechnologie und Zellbiologie.



# Kontakt

---



## **Stephan Bauer**

Leiter Green Gas Technology, Projektleiter

[stephan.bauer@rag-austria.at](mailto:stephan.bauer@rag-austria.at)

[www.underground-sun-conversion.at](http://www.underground-sun-conversion.at)

## **RAG Austria AG**

Schwarzenbergplatz 16

1015 Wien, Österreich

[office@rag-austria.at](mailto:office@rag-austria.at)

[www.rag-austria.at](http://www.rag-austria.at)

## **Impressum:**

Herausgeber: RAG Austria AG

Schwarzenbergplatz 16, 1015 Wien

Fotos: Archiv RAG, [steve.haider.com](http://steve.haider.com), Karin Lohberger Photography, [fotolia.de](http://fotolia.de)

Stand: September 2018

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden in dieser Broschüre Begriffe wie „Mitarbeiter“, „Kunde“ etc. in der maskulinen Schreibweise verwendet. Grundsätzlich beziehen sich diese Begriffe auf alle Geschlechter.

