



**Der Wind, der Wind,
das himmlische Kind**

Seite 6

Tiefenlabor
im Bedrettal

Seite 10

So wird Treibhausgas
aus der Luft gefiltert

Seite 12

1/22 vernetzt

Das Magazin der Arbon Energie AG



Silvan Kieber
Geschäftsführer
Arbon Energie AG

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Es freut uns, Ihnen einmal mehr eine Nummer unseres Magazins «vernetzt» präsentieren zu können. In der neuen Ausgabe haben wir das Layout aufgefrischt. Wir hoffen, dass Ihnen das Heft in seiner neuen Aufmachung gefällt und dass Sie uns als treue, interessierte und kritische Leserschaft erhalten bleiben.

In dieser Ausgabe ist der Wind das grosse Thema. Windenergie ist ein wichtiger Aspekt der Energiewende. Denn sie hat den Vorteil, dass sie vor allem im Winter viel Strom liefert und auch nachts zuverlässig Bandenergie produziert. Während vor allem in Nordeuropa die Windenergie zu einer weitverzweigten Hightech-Branche geworden ist, tut sich die Schweizer Politik schwer mit dem Wind. Gegen jedes Projekt wird endlos rekuriert und bis einmal eine Baubewilligung vorliegt, kann es Jahrzehnte dauern. Wir zeigen Ihnen in dieser Ausgabe, woher der Wind weht und wohin er uns tragen könnte.

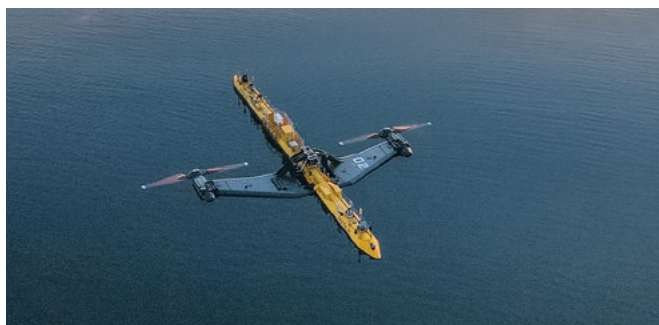
Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Silvan Kieber

Arbon Energie AG
Salwiesenstrasse 1, 9320 Arbon / +41 71 447 62 62 / arbonenergie.ch

Weltgrösstes Gezeitenkraftwerk

Orbital O2 ist ein schwimmendes Gezeitenkraftwerk. Es verfügt über zwei propellerartige Turbinen mit einer Leistung von je 1000 Kilowatt und hat im Juli 2021 bei Orkney – nördlich von Schottland – seinen Betrieb aufgenommen. Es handelt sich um das bislang grösste Gezeitenkraftwerk der Welt. Es besteht aus einer schwimmenden Plattform von 74 Meter Länge, die am Meeresgrund verankert ist, sowie zwei Turbinen, die bis rund 30 Meter tief ins Wasser getaucht werden. Die Turbinen sind bidirektional, das heisst, sie müssen nicht gedreht werden, wenn sich die Strömungsrichtung wegen des Wechsels zwischen Ebbe und Flut umkehrt. Der erzeugte Strom wird mithilfe eines Unterseekabels an Land gebracht. Ein grosser Vorteil eines solchen Gezeitenkraftwerks ist, dass es während des ganzen Jahres sowie Tag und Nacht Strom liefert, wenn auch mit den Gezeiten schwankend. Das Foto zeigt Orbital O2 mit angehobenen Turbinenarmen.



→ DIE FRAGE

Was ist ein Pflichtlager für Strom?

Der Bundesrat schreibt für lebenswichtige Güter Pflichtlager vor. Die betroffenen Unternehmen müssen entsprechende Vorräte anlegen. Beispiele sind Lebensmittel, Saatgut und Dünger, Brenn- und Treibstoffe oder Medikamente. Beim Strom gab es bisher keine Pflichtlager: Einerseits lässt sich Strom schlecht speichern, andererseits konnte die Schweiz bisher Strom importieren, wenn sie im Winter zu wenig davon hatte. Wegen des fehlenden Stromabkommens mit der EU könnte der Stromimport nun aber zeitweise verunmöglicht werden. Der Bund plant deshalb, die Betreiber von Stauseen zu verpflichten, im Winter in ihren Stauseen Wasser zurückzuhalten und es erst bei einem drohenden Strommangel zu turbinieren. Das Strompflichtlager ist also in Stauseen gespeichertes Wasser. Zur Deckung der Winterlücke reicht dies allerdings nicht.

**Wollen Sie auch etwas wissen zu einem Energiethema?
Senden Sie Ihre Frage an: redaktion@infel.ch**



Nant de Drance: So viel Strom wie das AKW Gösgen?

Voraussichtlich Mitte 2022 wird das unterirdische Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance im Wallis in Betrieb gehen. In Medienberichten wurde behauptet, dieses werde ungefähr so viel Strom produzieren wie das Atomkraftwerk Gösgen. Das ist Unsinn. Zwar ist die Leistung von Nant de Drance mit 900 Megawatt ungefähr gleich gross wie jene des AKW Gösgen (1010 Megawatt). Doch Nant de Drance könnte bei voller Leistung nur gerade 20 Stunden lang laufen, bis der Stausee Vieux Emosson (links im Bild) leer wäre. Danach muss man warten, bis der See durch den natürlichen Wasserzufluss wieder gefüllt wird, oder man pumpt Wasser aus dem tiefer gelegenen Emosson-See (rechts im Bild) hinauf. Das AKW Gösgen hingegen läuft während rund 8000 Stunden pro Jahr auf voller Leistung, produziert also ein Vielfaches des Stroms von Nant de Drance. Der grosse Vorteil des Pumpspeicherkraftwerks ist, dass es – während begrenzter Zeit – einen Strommangel oder einen Stromüberschuss sehr schnell ausgleichen kann. Damit übernimmt es eine bedeutende Rolle für die Stabilisierung des europäischen Stromnetzes und die Versorgungssicherheit der Schweiz.

Elektrolastwagen mit Stromabnehmer

Auf einer Autobahn in Baden-Württemberg ist im Herbst 2021 eine dritte Teststrecke für Elektrolastwagen in Betrieb gegangen. Auf der 18 Kilometer langen E-Strasse zwischen Rastatt und Gaggenau können schwere Elektro-Lkw Fahrstrom aus einer Oberleitung beziehen. Gleichzeitig wird eine Batterie geladen, die es den Lkw ermöglicht, auch nach dem Ende der Oberleitung weiterzufahren. Die Testphase dauert bis Juni 2024. Das Prinzip des Ladens über die Oberleitung nutzen auch die Verkehrsbetriebe Zürich bei einigen Buslinien.



SPOTLIGHTS

Europäische Module sind klimafreundlicher

Das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme hat den CO₂-Fussabdruck von sechs Photovoltaikmodulen aus monokristallinem Silizium berechnet. Es wurden Module aus China und der EU untersucht. In einer Lebenszyklusanalyse – sie schliesst nicht nur den Betrieb, sondern auch Herstellung, Transport und Entsorgung ein – zeigte sich, dass Photovoltaikmodule, die in der EU hergestellt wurden, 40 Prozent weniger CO₂ emittieren als Module aus China. Dies liegt vor allem am Energiemix der jeweiligen Länder und weniger an den Emissionen beim Transport. Mit 50 bis 63 Prozent Anteil ist der Energiebedarf bei der Herstellung der einflussreichste Faktor. Rahmenlose Glas-Glas-Module verursachen zudem bei der Herstellung 7,5 bis 12,5 Prozent weniger CO₂ als Glas-Folie-Module. Grund dafür ist, dass Glas-Glas-Module keinen Aluminiumrahmen benötigen, dessen Herstellung sehr energieintensiv ist. Glas-Glas-Module haben ausserdem eine längere Lebensdauer und einen geringeren jährlichen Rückgang des Wirkungsgrads (Degradation).

–60%

Papier ist weltweit ein bedeutender Umweltfaktor: Über 40 Prozent des kommerziell geernteten Holzes werden zu Papier und Karton verarbeitet. Ökobilanzen zeigen, dass bei der Rohstoffaufbereitung und der Produktion von Recyclingpapier mindestens 60 Prozent weniger Energie und Wasser verbraucht werden als für Frischfaserpapier. Recyclingpapier verursacht deutlich weniger CO₂-Emissionen und trägt zum Erhalt der Wälder und der Biodiversität bei. Im Schnitt ist es 5 bis 10 Prozent billiger als Frischfaserpapier.

Quelle: «Zürcher Umweltpraxis», Juli 2021

Bund prüft Bau von Gaskraftwerken

Seit den 2000er-Jahren muss die Schweiz ihren Winterstrombedarf teilweise durch Stromimporte decken. Doch wegen des fehlenden Stromabkommens mit der EU dürfte dies zunehmend schwieriger werden. Deswegen hat der Bund die Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom) damit beauftragt, ein Konzept für Gaskraftwerke zu erarbeiten. Im Vergleich zu anderen Grosskraftwerken punkten Gaskraftwerke durch relativ geringe Investitionskosten, eine kurze Bauzeit und eine hohe Flexibilität im Betrieb. Doch wenn sie nur kurze Zeit laufen – um lediglich Bedarfsspitzen zu decken –, ist der Betrieb teuer. Zudem würden sie den CO₂-Ausstoss der Schweiz markant erhöhen – ein Betrieb mit mehr oder weniger CO₂-neutralem Biogas ist nicht realistisch, weil es davon viel zu wenig gibt.

«Schweizer und Schweizerinnen fordern zwar erneuerbare Energie, aber wenn es konkret wird, fehlt der gesellschaftliche Konsens für die Umsetzung.»

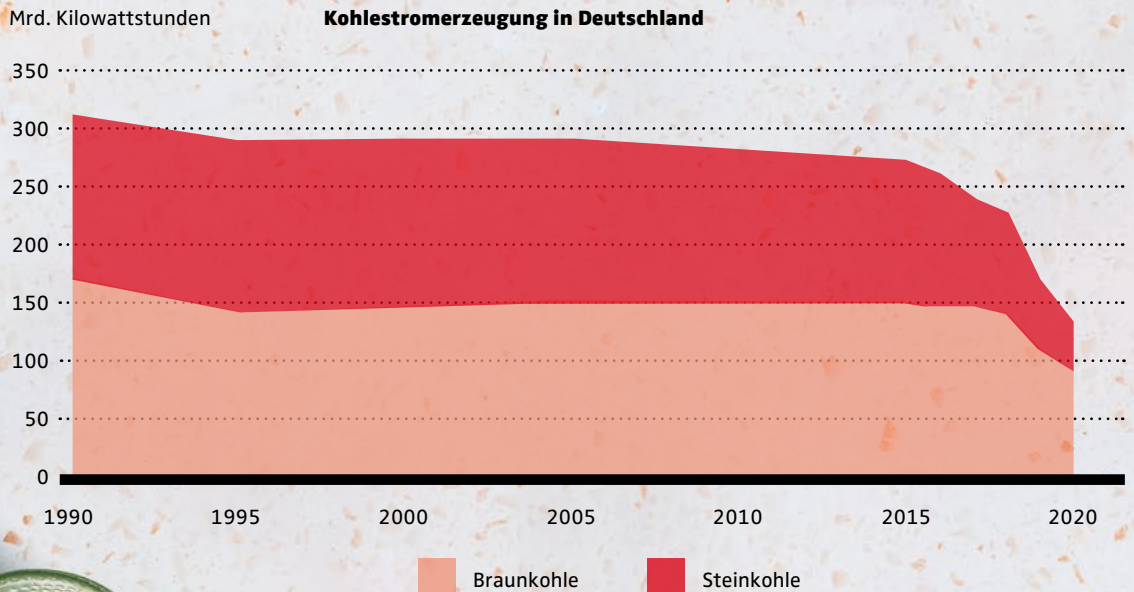
**Chris Luebkehan,
Leiter des Strategic Foresight Hub
im Stab des ETH-Präsidenten**

«Grünkohl statt Braunkohle»

Was auf Transparenten von Klimaaktivisten in Deutschland steht, wird Tatsache: Das Land macht Ernst mit dem Kohleausstieg. Die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle ist in Deutschland seit 2015 deutlich zurückgegangen. 2019 lag der Anteil noch bei 23 Prozent (1990: 57%). Das ist gut fürs Klima, denn Braunkohlekraftwerke stossen pro Kilowattstunde Strom rund 1200 Gramm CO₂ aus, Steinkohlekraftwerke etwa 800 Gramm.

Doch die Fähigkeit Deutschlands, Strom zu exportieren, nimmt damit ab, denn die Erneuerbaren vermögen den Wegfall des Kohlestroms nicht ganz zu kompensieren. Verstärkt wird dies durch den gleichzeitigen Ausstieg Deutschlands aus der Kernenergie. Die Schweiz wird deshalb in Zukunft wohl weniger Strom aus Deutschland importieren können, um ihre Winterlücke zu decken.

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.



Die Windkraftnutzung ist eine Schlüsseltechnologie in der Energiewende. Um sie herum ist eine riesige Industrie entstanden. Doch die Schweiz fremdelt mit der Technologie und ist auch im Geschäft mit den Anlagen kaum präsent.

Der Wind, der Wind, das himmlische Kind

TEXT Andreas Schwander

Männer mit weissen Helmen, Maschinen gross wie Häuser, umlaufende Balkone über mehrere Etagen für Unterhalt und Bedienung – das kennt man doch. Es ist das Bild der grossen Dieselmotoren aus Winterthur. Doch hier geht es nicht um Schiffsdieselmotoren. So sehen heute die Maschinenhäuser grosser Windkraftanlagen aus – jene kleinen Kisten, die zuoberst auf einem Mast sitzen und an denen das Windrad befestigt ist. Nur sind die kleinen Kisten mittlerweile gross wie Mehrfamilienhäuser. Die Masten, auf denen sie stehen, ragen je nach Standort mehr als 200 Meter in den Himmel. Das ist die neuste Generation der Offshore-Windturbinen von Siemens Gamesa. Die Maschinen haben eine Leistung von 14 Megawatt, die Rotoren einen Durchmesser von 222 Metern, ein einziges Blatt ist 108 Meter lang, mehr als doppelt so lang wie selbst die Flügel der grössten Flugzeuge.

2026 wird Wind die wichtigste Stromquelle in der EU sein

Beim Windstrom rührt Europa mit immer grösserer Kelle an – auch wenn in Deutschland in den letzten Jahren der CDU-Regierung heftig gebremst wurde. Mit der neuen deutschen Regierung dürfte nun aber wieder Schwung in die Windbranche kommen. Und alle anderen europäischen Länder machen vorwärts, einschliesslich der Briten.

Vor allem in den Beneluxländern und in Skandinavien hat Windenergie höchste Priorität. Schon 2026 dürfte Windkraft in der EU die wichtigste Quelle für Elektrizität sein. Wind- und Sonnenenergie ergänzen sich ideal, weil Windanlagen den grösseren Teil des Stroms im Winter sowie sehr viel nachts liefern. Die langen Küstenlinien im Norden und im Nordwesten Europas haben zuverlässige thermische Winde mit auflandigem Wind tagsüber und ablandigem nachts. Damit lässt sich bei Standardwetterlagen die Stromproduktion sehr genau planen. Diese Planung erstreckt sich mittlerweile über den ganzen Kontinent. Die dänische Softwarefirma Scada International schliesst die Steuerungssysteme von Windparks auch über grössere Regionen und von unterschiedlichen Betreibern elektronisch zusammen. Damit kann je nach Wetterlage und Stromnetzauslastung die Windstromproduktion so koordiniert werden, dass möglichst wenig thermische Kraftwerke am Netz sind und die Erträge optimiert werden können. Damit kann Windenergie einen grossen Teil des Bandstroms produzieren, der bisher vor allem aus thermischen Kraftwerken mit Kohle und Kernspaltung kam.

Die Schweiz hinkt hinterher

Davon, dass die Windanlagen an der Küste und im Meer vom Grossen ins





Menschen und Baumaschinen wirken verschwindend klein neben den gigantischen Windenergieanlagen in den Niederlanden.

Gigantische gewachsen sind, spürt man in der Schweiz wenig. Die installierte Leistung der Windenergieanlagen lag hierzulande Ende 2020 bei 87 Megawatt, was schon von einem einzigen der vielen Flusskraftwerke am Rhein erreicht wird. In Österreich betrug die installierte Leistung zum gleichen Zeitpunkt 3159 Megawatt. Offensichtlich gibt es auch in alpinen Gegenden gute Standorte für Windenergie. Österreich hat – mit ähnlicher Topografie, aber viel ambitionierterem Windkurs – am 13. Mai 2021 rund 51 Prozent seines Strombedarfs mit Windenergie gedeckt und an einem einzigen Tag so viel Windstrom erzeugt wie die Schweiz in einem ganzen Jahr.

Die idealen Standorte liegen nicht zwingend in den Hochalpen. Es sind die windigen Kreten der Jurahöhen, die sich in der Schweiz für die Windstromerzeugung anbieten. Dies hat zudem den Vorteil, dass sie sehr nahe an grossen Agglomerationen liegen. Aber auch die weiten Ebenen des Berner Seelands sind geeignet. Viele der heute für diese Region typischen, sich kilometerlang durchs Land ziehenden hohen Baumreihen wurden im Rahmen der Juragewässerkorrektur gepflanzt. Sie sollten das Land vor Winderosion schützen. Entlang dieser Baumreihen könnten auch Windräder stehen.

Hochalpen eher ungeeignet

Dagegen wachsen in den Hochalpen die technischen Schwierigkeiten in den Himmel. An den Alpenkämmen sind die Böen oft so stark und die Temperaturen so tief, dass sich viele Hersteller gar nicht erst die Mühe machen, ihre Maschinen für solche Bedingungen auszulegen. Für den 2020 in Betrieb gegangenen Windpark am Gotthard erfüllten nur die Maschinen eines einzigen Herstellers die Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremwetter.

Eine weitere Einschränkung ist, dass es in den Alpen nur wenige mögliche Standorte gibt. Benötigt wird eine schwerlasttaugliche Zufahrt. Selbst gut ausgebaute Passstrassen haben da ihre Limiten. Von den fünf Turbinen auf dem Gotthard hat jede eine Leistung von 2,35 Megawatt. So kleine Maschinchen werden an der Küste bereits wieder abgerissen und durch grössere ersetzt. Die Gotthard-Planer hatten sich 3-Megawatt-Maschinen gewünscht. Doch eine Lawingalerie auf

Die Windbranche ist längst aus der «Wildwestzeit» herausgewachsen, als Kletterer am Seil hängend die Rotorblätter von Auge nach Schäden absuchten.

der Zufahrt war für die grösseren Maschinenhäuser zehn Zentimeter zu niedrig. Die einzige Stelle in den Hochalpen, wo ein Bau möglich sein könnte, ist die Passhöhe des Lukmaniers. Doch dort dürfte ein Windpark aufgrund der weiträumigen Schutzgebiete nicht infrage kommen. Deshalb produzieren Windparks, die Schweizer Stromversorgern gehören, in ganz Europa ein Vielfaches des Windstroms, der in der Schweiz selbst erzeugt wird. Doch das ist nur weiterhin sinnvoll und kommerziell interessant, wenn die Schweiz mit der EU ein Stromabkommen zustande bringt.

Der digitale Zwilling des Windrads

Und so hinkt die Schweiz nicht nur beim Bau von Windparks hinterher, sondern auch bei vielen mit Windenergie zusammenhängenden Technologien. Denn die Windbranche ist längst aus der «Wildwestzeit» herausgewachsen, als Kletterer am Seil hängend die Rotorblätter von Auge nach Schäden absuchten. Heute tastet ein Rahmen mit Ultraschallsensoren das Blatt ab und erstellt gleichzeitig einen digitalen Zwilling, auf dem jede Beschädigung vermerkt ist und mit dem auch die Progression allfälliger Schwachstellen verfolgt werden kann. Für den Unterhalt von Offshore-Anlagen werden neue Schiffstypen entwickelt, die auf zwei computergesteuerten, hydraulisch beweglichen Rümpfen schwimmen. Damit gleichen sie Wellenbewegungen aus, können stabil an Offshore-Windrädern anlegen und sparen sehr viele Helikopterflüge.

Selbst für netzunabhängige Stromversorgungen gibt es neue Systeme. Die Windgeneratoren der Firma SkySails Power sollen grosse, transportable Dieselmotoren ersetzen. Der Clou des Systems ist ein Drachen so gross wie ein

Gleitschirm, der an einem Seil genau definierte Bewegungen fliegt und damit einen Generator antreibt. Die Anlage kann auf Baustellen oder an Orten ohne Netzanschluss sehr schnell sehr viel Strom erzeugen und ist in kürzester Zeit auf- und wieder abgebaut.

Die Firmen lassen prüfen

Der dänische Hersteller für Prüfstände R&D hat für das Testzentrum Lorc einen riesigen Prüfstand gebaut. Dort können verschiedene Hersteller ihre neuen Maschinen auf Schwachstellen abklopfen, bevor sie in der tosenden Nordsee installiert werden. Auch die über hundert Meter langen Turbinenblätter werden bei den Prüfunternehmen auf Biegen oder Brechen getestet. Damit weiss man schon vor der Installation eines neuen Blatts, ab wie vielen Betriebsstunden mit Schäden zu rechnen ist – eine Praxis, die sehr eng an die Flugzeugindustrie angelehnt ist. Solche Tests sind besonders wichtig, wenn die gegenwärtig verwendeten, extrem widerstandsfähigen, aber schwierig zu rezyklierenden Kunststoffe gegen solche ausgetauscht werden, die nach dem Abbruch der Anlage mit einem neuen Verfahren des deutschen Chemiekonzerns BASF wieder zu hochwertigem Rohstoff für neue Windanlagen werden, wie das im Moment bei den neuen 14-Megawatt-Maschinen von Siemens Gamesa geschieht.

Von den rund 65 Tonnen, die eines von drei Blättern der grössten Windanlagen wiegt, sind 43 Tonnen Fasern und 22 Tonnen Harz – flüssiger Kunststoff, der in beheizte, mit Glasfasermatten ausgelegte Formen gespritzt wird und zum fertigen Rotorblatt aushärtet. Abgefüllt in Fässern und Zisternenwagen der Bahn – ein Bahnwagen reicht für zwei Rotorblätter –, kommt dieser Kunststoff für viele Anlagen aus den Chemiefabriken im Unterwallis; einer der wenigen Schweizer Beiträge. Doch nicht nur der Kapazitätsaufbau bei der Windenergie findet oft ohne die Schweiz statt, sondern auch ein Grossteil des technologischen Fortschritts. Maschinenhäuser so gross wie Mehrfamilienhäuser kann sich bei uns niemand vorstellen – erst recht nicht, dass man sie auch hier bauen und entwickeln könnte, weitab vom Meer, wie die Schiffsdieselmotoren für die grössten Containerschiffe der Welt. ●

GUT ZU WISSEN

Wind macht Bandenergie

Die ganzjährig gut planbare Verfügbarkeit von Windstrom macht Windenergie zu einem idealen Bandstromproduzenten – ein Bereich, der bisher vor allem Kohle- und Kernkraftwerken vorbehalten war. Die Effizienz von Wind als Bandenergie lässt sich mit einem einfachen Trick massiv steigern: mit einer Änderung der Tarifstruktur der Strompreise. Der heutige teure Tag- und billige Nacht- und Wochenendstrom ist veraltet. In einer modernen Stromwelt müsste der Strom über Mittag billig und morgens und abends deutlich teurer sein. Dann würden Boiler und Wärmepumpen vor allem tagsüber laufen, wenn mehr Solarstrom zur Verfügung steht. Zudem benötigen Luft-Wasser-Wärmepumpen und Wärmepumpenboiler bei höheren Lufttemperaturen – also mittags – weniger Strom. Deshalb ist es nicht sinnvoll, diese Geräte nachts laufen zu lassen, nur weil dann der Strom billiger ist.



Mehr zum Thema
Windenergie
in der Schweiz



Erdwärme zur Raumheizung zu nutzen, verbreitet sich immer mehr.
Mit Erdwärme aus grosser Tiefe lässt sich aber auch Strom erzeugen.

STROM AUS DEM INNERN DER ERDE

TEXT Alexander Jacobi

Im Felslabor BedrettoLab untersucht die ETH Zürich mit Experimenten, wie sich die Tiefengeothermie sicher und effizient nutzen lässt.



Entstanden vor rund 4,6 Milliarden Jahren als feurige Kugel, kühlt sich unser Planet langsam ab. Die äussere Kruste ist seit Langem erstarrt. Doch ein Teil des Erdkerns tief im Innern ist noch immer so heiss, dass er flüssig ist. Wärme im Erdinnern entsteht aber auch laufend neu: beim Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente.

Vom Erdinnern in Richtung Oberfläche nimmt die Temperatur ab. Umgekehrt heisst das aber auch, dass die Temperatur zunimmt, wenn man von der Erdoberfläche in die Tiefe bohrt. Pro Kilometer beträgt die Temperaturzunahme in der Schweiz durchschnittlich etwa 30 Grad Celsius. In einigen Kilometern Tiefe herrschen also Temperaturen, die so hoch sind, dass sie Wasser zum Verdampfen bringen. Mit dem Dampf lässt sich eine Turbine antreiben und damit Strom erzeugen. Dies nennt man ein geothermisches Kraftwerk.

In Gegenden mit vulkanischer Aktivität braucht es weniger tiefe Bohrungen, bis man auf genügend hohe Temperaturen stösst. So gibt es beispielsweise in Island schon seit 1969 geothermische Kraftwerke. Und das weltweit erste geothermische Kraftwerk liegt in Larderello (Toskana, Italien) und liefert seit 1913 Strom. Doch auch in der Tiefe der Alpen ist es heiss, wie vom Bau des Gotthard-Basistunnels bekannt ist. Dort waren die Mineure bei einer Felsüberlagerung von 2300 Metern Temperaturen bis 46 Grad Celsius ausgesetzt – und dies trotz Kühlung von aussen.

Energie ohne Schwankungen

In menschlichen Zeiträumen betrachtet, ist die Erdwärme unerschöpflich. Das Wärmereservoir ist derart riesig, dass eine Wärmeentnahme die Abkühlung der Erde nicht beschleunigt. Erdwärme darf deshalb als erneuerbar bezeichnet werden. Ein Vorteil geothermischer Kraftwerke liegt darin, dass sie unabhängig von Witterung und Jahreszeit sind. Damit unterscheiden sie sich markant von Kraftwerken, die mit den erneuerbaren Energien Sonne und Wind betrieben werden.

Um die Wärme aus der Tiefe an die Erdoberfläche zu befördern, braucht es Wasser, das in den Boden gepumpt wird, dort durch Risse und Spalten im Gestein fliesst, sich dabei erwärmt und dann wieder an die Oberfläche gebracht wird. Die

Durchlässigkeit des Gesteins ist wichtig, damit das Wasser fließen kann.

Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme ist heute weit verbreitet: Wärmepumpen mit Erdsonde werden in der Schweiz bei rund 90 Prozent der Neubauten als Heizung eingesetzt. Geothermische Kraftwerke jedoch, welche die Wärme in grosser Tiefe nutzen, gibt es in der Schweiz bis anhin nicht. Zwei Versuche – einer in Basel und einer in St. Gallen – sind gescheitert: In Basel löste das Einpumpen von Wasser in eine 5000 Meter tiefe Probebohrung im Winter 2006/2007 mehrere spürbare Erdbeben aus. Auch in St. Gallen kam es 2013 zu spürbaren Erdbeben. Zudem wurde Erdgas gefunden, das sich aber nicht wirtschaftlich fördern lässt und ausserdem unerwünscht ist, denn das Ziel ist ja, von den fossilen Energieträgern wegzukommen. Beide Projekte wurden eingestellt.

Felslabor im Bedretto

«Der Grund für den bisher ausgebliebenen Erfolg der Tiefengeothermie ist mangelndes Wissen: Wir verstehen die Prozesse in einem geothermischen Reservoir noch zu wenig.» Diese Aussage macht Professor Hansruedi Maurer vom Institut für Geophysik der ETH Zürich. Um diese Wissenslücken zu schliessen, hat die ETH ab 2018 – zusammen mit nationalen und internationalen Partnern – ein Forschungslabor aufgebaut. Das Bedretto-Untergrundlabor für Geowissenschaften und Geoenergien (BedrettoLab) befindet sich in einem ehemaligen Baustollen des 1982 vollendeten Furka-Eisenbahntunnels; der Stollen endet im Bedretto. Das BedrettoLab ist weltweit eines von nur zwei derartigen Geothermielabors; das andere gehört zur Sanford Underground Research Facility und befindet sich in South Dakota (USA).

Im September 2021 hat die ETH Zürich im BedrettoLab das Projekt VALTER gestartet: Validating Technologies for Reservoir Engineering, also das Testen von Technologien zur Nutzung tiefliegender Wärmespeicher. Durch mehrere hundert Meter lange Bohrlöcher wird Wasser in den Untergrund injiziert, um bestehende Risse und Klüfte weiter aufzubrechen und neue zu schaffen (sog. Stimulation). So lässt sich ein durchlässiges geothermisches Reservoir bilden. Das Vorgehen ist viel differenzierter als

bei den Geothermieprojekten Basel und St. Gallen. Mithilfe sogenannter Packer wird das Bohrloch in mehrere Bereiche unterteilt. So ist es möglich, abschnittsweise Wasserdruck aufzubauen und nicht nur über die ganze Länge der Bohrung. Die Gefahr spürbarer Erdbeben soll dadurch minimiert werden. Zudem lassen sich bestehende Risse im Gestein gezielter erweitern und erkannte Störzonen umgehen.

Das Bedretto-Felslabor ermöglicht Versuche in einem wesentlich grösseren Massstab als ein Institutslabor. Da die Forscher im Tunnel bereits rund 1500 Meter Gebirge über sich haben, können sie Versuche in grosser Tiefe durchführen, ohne so tief bohren zu müssen.

«Im BedrettoLab wird es kein geothermisches Kraftwerk geben, denn der Standort ist dafür nicht geeignet», sagt Hansruedi Maurer. «Doch die Erkenntnisse, die wir im Felslabor gewinnen, werden die Nutzung der Tiefengeothermie voranbringen.» ●

GUT ZU WISSEN

Das Potenzial der Geothermie

Die Energieperspektiven 2050+ des Bundes gehen von einem Beitrag der Tiefengeothermie zur jährlichen Stromproduktion in der Schweiz im Jahr 2050 von 2 Mrd. Kilowattstunden (kWh) aus. Dies entspricht rund 3 Prozent des schweizerischen Endverbrauchs von etwa 60 Mrd. kWh pro Jahr (2020). Dies ist zwar nicht allzu viel. Doch damit die Energiewende gelingt, müssen alle möglichen Wege der Energiegewinnung beschritten werden. Auch lassen sich geothermische Reservoire als Wärmespeicher nutzen: sommerliche Wärme im Untergrund einspeichern, um sie im Winter zu verwenden.

CO₂ ABSCHIEDEN UND EINLAGERN

TEXT Alexander Jacobi

Zur Begrenzung der Klimaerwärmung sollten alle Möglichkeiten genutzt werden, also nicht nur das Zurückfahren der CO₂- und der Methanemissionen. Hilfreich wäre auch das Entfernen von CO₂ aus Abgasen oder aus der Atmosphäre und dessen dauerhafte Einlagerung. Die Technik dazu existiert seit mehreren Jahrzehnten und nennt sich auf Englisch «Carbon Capture and Storage» (CCS). Die jährlich abgeschiedenen CO₂-Mengen betragen jedoch nur rund ein Tausendstel der pro Jahr ausgestossenen CO₂-Mengen von rund 36 Milliarden Tonnen (2019).

CCS in Zahlen

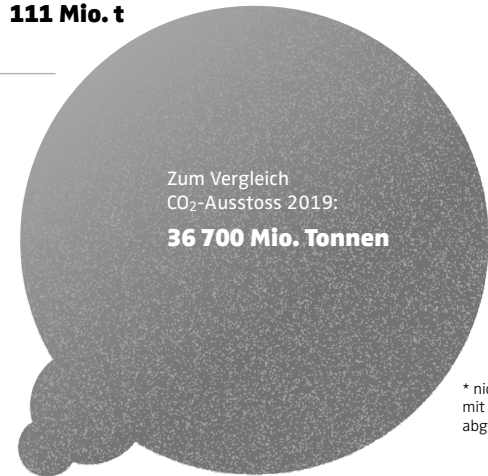
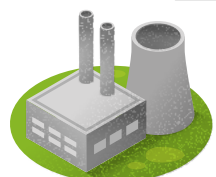
In Betrieb stehende CCS-Anlagen: **27**

Geplante CCS-Anlagen: **106**

Jährliche Abscheidekapazität* in Tonnen CO₂:

37 Mio. t

111 Mio. t



Stand CCS-Anlagen: 2021
Quellen: Global CCS Institute, Global Carbon Atlas

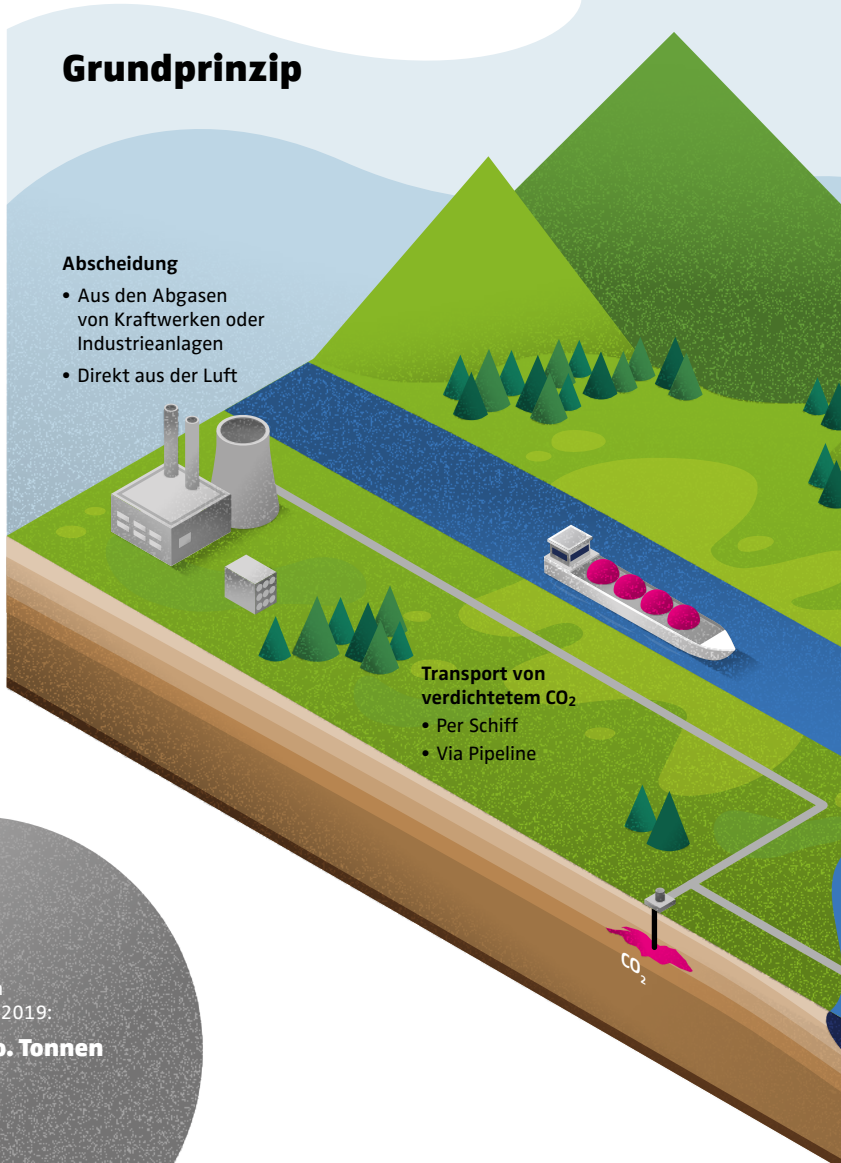
* nicht identisch mit der effektiv abgeschiedenen Menge

Grundprinzip

Abscheidung

- Aus den Abgasen von Kraftwerken oder Industrieanlagen
- Direkt aus der Luft

- ### Transport von verdichtetem CO₂
- Per Schiff
 - Via Pipeline



Chancen für CCS

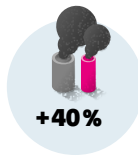


CCS kann dort eingesetzt werden, wo sich CO₂-Emissionen nicht verhindern lassen.



CCS kann bereits ausgestossenes CO₂ wieder aus der Atmosphäre entfernen.

Herausforderungen für CCS



Der Energieaufwand für Abscheidung, Transport und Speicherung des CO₂ erhöht bei Kraftwerken den Verbrauch (meist fossiler) Energieträger um bis zu 40 Prozent. Dies ist nicht nur sehr viel Energie, sondern wirkt auch der CO₂-Minderung entgegen, denn zusätzlich verbrauchte fossile Energieträger setzen bei ihrer Nutzung weiteres CO₂ frei.



Fossilthermische Kraftwerke (z. B. Kohlekraftwerke) haben auch mit CCS noch immer einen erheblichen CO₂-Ausstoss. In einer Lebenszyklusanalyse liegt er deutlich höher als jener von erneuerbaren Energien.



Dauerhafte Speicherung

- Als gasförmiges CO₂ in porösen Gesteinsschichten mit einer undurchlässigen Deckschicht
- In mineralisierter (fester) Form



CO₂ aus der Luft filtern

Climeworks, ein Spin-off der ETH Zürich, hat eine Technologie entwickelt, die CO₂ aus der Luft filtert. Die erste kommerzielle solche Anlage steht seit 2017 auf dem Dach der Kehrlichtverwertung Zürcher Oberland in Hinwil. Sie nutzt zu ihrem Betrieb Niedertemperatur-Abwärme aus der Kehrlichtverbrennung und entfernt pro Jahr 900 Tonnen CO₂ aus der Luft. Eine grössere analoge Anlage («Orca») ist seit Herbst 2021 in Hellisheidi (Island) in Betrieb. Sie soll jährlich 4000 Tonnen CO₂ aus der Luft entfernen. Die erheblichen Energiemengen, die dazu nötig sind, liefert ein nahe gelegenes Geothermiekraftwerk, das die vulkanische Aktivität der Insel nutzt. Das abgetrennte CO₂ wird in Wasser gelöst und in den Untergrund gepumpt, wo es mineralisiert («versteinert»).



Lecks in CO₂-Speichern bergen Risiken für die Umwelt. Zudem laufen sie der Absicht entgegen, das CO₂ dauerhaft von der Atmosphäre fernzuhalten.



Das abgeschiedene CO₂ in ausgebeutete Erdölfelder zu verpressen, um damit verbliebenes Öl zu fördern, ist widersprüchlich, denn das Ziel wäre eigentlich, von den fossilen Energieträgern wegzukommen, und nicht, mehr davon zu fördern.



Es gibt Vorschläge, das abgeschiedene CO₂ kommerziell zu nutzen statt einzulagern (Carbon Capture and Utilization), z. B. für die Düngung in Gewächshäusern oder als Rohstoff für Brennstoffe. Doch das CO₂ entweicht am Schluss doch wieder in die Atmosphäre, sodass es sich nicht um ein permanentes Wegsperrern des CO₂ handelt.



Die Frage der Kosten ist kritisch: Es muss genau geprüft werden, ob eine Investition in erneuerbare Energien nicht mehr CO₂ einspart als dieselbe Investition in CCS.



Inklusive

- Fahrt im Comfort-Bus
- Kaffee und Gipfeli im Bus
- Fahrt mit dem Segelschiff
- 2-Gang-Mittagessen auf dem Schiff
 - Weindegustation
- Freier Aufenthalt in Montreux
 - Alle Reservationen
 - Reiseorganisation

Leserreise

LES VOILES LATINES DU LÉMAN

Früher waren sie die Lastwagen des Sees, egal ob Käse, Menschen oder Wein. Die traditionellen Lastbarken des Genfersees waren jahrhundertlang das einzige Transportmittel für schwere Güter. Noch heute zählen sie zu den grössten hölzernen Segelschiffen Europas. Im 19. und 20. Jahrhundert transportierten sie vor allem Baumaterial – jeden einzelnen Stein in Genf, mehr als 80 Kilometer weit von den Steinbrüchen in Meillerie nahe der Walliser Grenze. Die Barken führen grosse Lateinersegel, liegen fast unbeweglich stabil im Wasser und bewegen sich majestätisch langsam.

Ein solches Schiff besuchen wir auf unserer Reise: die «Demoiselle» – ein originalgetreuer Nachbau der traditionellen Barken, mit modernen Sicherheits- und Sanitäreinrichtungen. Wir machen damit eine dreistündige Fahrt und geniessen an Bord ein Mittagessen mit regionalen Spezialitäten. Wieder an Land, fahren wir zur «Domaine Bertholet», wo wir drei verschiedene Weine degustieren und einen grandiosen Ausblick auf den See geniessen. Danach bleibt noch Zeit für einen Spaziergang auf eigene Faust durch Montreux oder einen individuellen Besuch in den «Mountain Studios» im Casino Montreux, wo die Rolling Stones, David Bowie und vor allem Queen einige ihrer berühmtesten Alben aufgenommen haben.



Buchen Sie telefonisch unter 056 461 61 61 (Kreditkarte bereithalten) oder online unter eurobus.ch/ylsegl

Preis pro Person: CHF 175.–
inkl. MwSt., bei Kreditkartenzahlung (Rechnungszuschlag CHF 3.–).
Keine Reduktion mit Halbtax oder GA.

Winterthur / Zürich / Windisch
Dienstag, 16. August 2022
Donnerstag, 25. August 2022

Basel / Pratteln / Olten
Mittwoch, 17. August 2022

Alchenflüh / Bern
Donnerstag, 18. August 2022

Solothurn / Biel / Lyss
Mittwoch, 24. August 2022

Zug / Luzern / Sursee
Freitag, 26. August 2022

Rückkehr jeweils zwischen 18.30 und 20.45 Uhr.
Witterungsbedingte Programmänderungen sind möglich.

**Weitere Auskünfte erteilt Ihnen Eurobus:
056 461 61 61, leseraktion@eurobus.ch**

Anmeldebedingungen: Die Teilnehmerzahl ist beschränkt, daher erfolgt die Reservation nach der Reihenfolge der Anmeldungen. Sie erhalten eine Bestätigung. Annullierung: Eintägige Busreisen können nicht annulliert werden. Es gelten die Vertragsbedingungen der Eurobus-Gruppe, die Sie jederzeit bei Eurobus anfordern oder im Internet unter eurobus.ch einsehen können.

PREISRÄTSEL

früh. Molkenkurort (AR)	Immunschwächekrankh.	↘	lat.: Strasse chic, modisch	erzählende Dichtkunst	↘	veraltet: Streitsuchender	↘	↘	plus engl.: Netz	Vorn. d. Autorin Blyton †
↙	↘		7	Teil des Gelenks Handlung	↘					↘
↙						Paradies Raumstation				10
schweiz. Grafiker † 2007		eh. CH-Fussballer (Hakan)	↘					Autokz. Kanton Tessin		
grösste nordfries. Insel	↘				Schneegleitbrett Flächenmass Mz.		1		Abk.: Motorfahrz.-kontrolle	
schweiz. Autor † 1956 (Robert)	bestrafen	Lotteriescheine		german. Gottheit wbl. dt. Filmstar †	↘			Mineral		veraltet: Brautwerber
↙	↘	↘				Segelart Pfauenschwanz				5
schweiz. Kabarettist (Franz)	↘		9				2	Autokz. Ukraine span.: Bett		
↙	4		kleine Mahlzeit Westeuropäer	↘					Leichtmetall (Kw.)	
3./4. Fall von wir Fürwort (2. Pers.)	↘				Oberhaupt d. Tibeter: ... Lama					8
Schiffszubehör		Segelkommando: Wendet!	3			Hauptstadt d. Malediven				
↙					lackartiger Überzug					6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



Zwei Möglichkeiten, wie Sie mitmachen können:

1. Geben Sie das Lösungswort online ein: strom-preisraetsel.ch
2. Senden Sie uns eine Postkarte mit der Lösung an Infel AG, Preisrätsel, Heinrichstrasse 267L 8005 Zürich

Teilnahmeschluss:
7. April 2022

Das Lösungswort des letzten Preisrätsels lautete: «STAUDAMM»

Wir gratulieren:

1. Preis Heidi Tobler aus Baltschieder gewinnt ein Wochenende für zwei Personen inkl. Übernachtung mit Halbpension auf der Bergseehütte.
2. Preis Daniel Grillitsch aus Neerach gewinnt eine Leserreise mit Eurobus nach Andermatt und auf den Gotthard.



IHR FEEDBACK FREUT UNS.

Schreiben Sie uns Ihre Meinung:
Infel AG, Redaktion,
Heinrichstrasse 267L, 8005 Zürich
redaktion@infel.ch



MEHR BEITRÄGE FINDEN SIE ONLINE.

Beiträge aus vergangenen Ausgaben, Infografiken und die Anmeldung zum Newsletter finden Sie unter strom-online.ch

gedruckt in der
schweiz

IMPRESSUM

99. Jahrgang. Erscheint vierteljährlich
Heft 1, 18. März 2022
ISSN-1421-6698
Verlag, Konzept und Redaktion Infel AG
Redaktion Andreas Schwander,
Alexander Jacobi, Raphael Knecht
Projektleitung Andrea Deschermeier
Art Direction, Grafik Flurina Frei
Redesign Angélique El Morabit,
Flurina Frei
Druckpartner Brosig GmbH



1. Preis: Ein Wochenende in Montreux und Umgebung

DIE RIVIERA DES LAC LÉMAN

Die Waadtländer Riviera bei Montreux bietet auf engstem Raum eine unglaubliche Vielfalt an Landschaften und Möglichkeiten mit See, Palmen, Bergen, Wein und sehr viel Kultur. Gewinnen Sie ein Wochenende allein oder zu zweit in Montreux in Form eines Gutscheins über 500 Franken.
montreuxriviera.com



2. Preis: Grosse Segelschiffe auf dem Genfersee

LESERREISE FÜR ZWEI PERSONEN

«La Demoiselle» ist ein spektakulärer Nachbau eines traditionellen Lastenseglers, wie es früher Dutzende gab auf dem Genfersee. Gewinnen Sie eine Fahrt mit Eurobus nach Montreux einschliesslich einer Fahrt auf diesem einmaligen Segelschiff sowie einer Degustation in einem nahen Weingut.
eurobus.ch

Die Rätselpreise wurden von den Anbietern freundlicherweise zur Verfügung gestellt.



**Voller Einsatz
für Ihre Versorgung!**

arbonenergie.ch

arbon **energie**