

Christof Kaufmann

Diplom-Ingenieur

Maschinenbau

kaufmann@ibkaufmann.com

Graduate Engineer

Mechanical Engineering



Energy Memo

Wasserstoff: Die rechnerische Betrachtung der Wasserstoffherstellung führt u.a. zum Ergebnis, dass bei relativ geringem Kompressionsdruck bereits die Grenze erreicht ist, bei der die Wirtschaftlichkeit eindeutig zugunsten des flüssigen Wasserstoffs ausfällt. Eine erfolgreiche Markteinführung des Wasserstoffs als Energieträger erfordert aber nicht nur dessen Herstellung, sondern auch ein Distributionssystem sowie die auf der Verbraucherseite notwendigen Umstellungen. Die derzeit zumindest in Deutschland unternommenen Bemühungen sind immer noch im eher experimentellen Stadium angesiedelt und es wäre zu prüfen, ob mindestens die Elektrolyse mittlerweile auf die neueste Kapillartechnik aus Sydney, Australien, umgestellt sind, welche den Wirkungsgrad der Elektrolyse von 0,7 auf nahezu 1 anhebt.

E-Fuels: Beim Gedanken an einen tankbaren neuen Energieträger wäre als Alternative zum reinen Wasserstoff allerdings auch der aktuelle Stand bei den sog. E-Fuels vergleichend zu untersuchen. Efuels sind synthetisch hergestellte Treibstoffe (Syntheseprozess nach Fischer-Tropsch) und werden aus den Zutaten Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H₂) zuzüglich einiger anderer untergeordneter Stoffe hergestellt, welche die Eigenschaften des Produkts modifizieren. Dabei kann der Kohlenstoff aus dem CO₂-Anteil der Luft entnommen werden, während der Wasserstoff durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen werden kann. Den Veröffentlichungen zufolge können die Qualitäten Benzin, Diesel und Kerosin hergestellt werden. Auch hier macht sich die vorgenannte Verbesserung des Wirkungsgrads der Elektrolyse von 0,7 auf 1 extrem bemerkbar. Es lohnt sich, die durch den Mehraufwand für den Syntheseprozess entstehenden Kosten mit den Mehrkosten für Transport und Verwendung flüssigen Wasserstoffs zu vergleichen.

Regenerative Energien im Allgemeinen: Energieformen wie Solareintrag und Windkraft sind extrem standortabhängig und die zur Unterstützung von Ertragsrechnungen herangezogenen meteorologischen Modelle sind in der Regel in ihrer räumlichen Auflösung so begrenzt, dass sie lediglich als Anhaltswert zu verstehen sind. Sie benötigen stets Backup-Lösungen.

Solarthermie: Sie funktioniert im einfachsten Fall mit Wasser als Transportmedium und ist mit einem Flächenwirkungsgrad von 75-80% der Photovoltaik überlegen, wenn es um die direkte Erzeugung von Wärme ohne Umwege geht. Ca. 80% des Wärmebedarfs bezieht sich auf den Temperaturbereich <100 °C und mindestens als Hilfseintrag ist die Solarthermie durchaus geeignet.

Kleine Photovoltaik-Anlagen (kW-Bereich): Dies ist mittlerweile ein Standard, der nur dann ein besonderes Augenmerk erfordert, wenn eine PV-Anlage als Teil eines Gesamt-Energiekonzepts, also einschließlich der Wärmeerzeugung, verstanden wird. Diese Art kombinierter Projekte erfordert die Fähigkeit, technik- bzw. gewerkübergreifend zu rechnen und zu planen.

In der nächsten Zeit ist durch Entwicklungen am deutschen Fraunhofer-Institut in Zusammenarbeit mit der Universität Genf eine Verbesserung des Flächenwirkungsgrads von 22% auf 32% zu rechnen, was den Flächenbedarf verringert.

Regenerative Wärmeenergie: Hier kommen neben den Wärmepumpen Techniken wie die Solarthermie, welche sich im Vergleich zur Photovoltaik durch einen wesentlich höheren Flächenwirkungsgrad auszeichnet, sowie die Energierückführung aus Abgasen / Abluft vordergründig zum Einsatz. Die geschickte Ausnutzung des Temperaturgefälles zwischen verschiedenen Prozessen ermöglicht zunächst eine Absenkung des tatsächlichen Energiebedarfs einer Kette. Dann kann man sich projektbezogen überlegen, wie man unter Nutzung der hier genannten Techniken diesen Bedarf günstigst deckt. Wir haben diese kombinierte Vorgehensweise in der Industrie häufig angewandt.

Wärmepumpen: Diese Systeme arbeiten hinsichtlich ihres Ertrags, ausgedrückt durch den Carnot-Faktor („Sparfaktor“) arbeitspunktbezogen, d.h. abhängig von den Temperaturen des Quell- und des Zielmediums. Während die vorwiegend konstanten Bedingungen im Industrieprozess das Vorhandensein genau eines Betriebspunktes begünstigen und damit durch Verwendung des genau dafür passenden COP-Wertes eine genaue Berechnung zulassen, beschreibt der SCOP-Wert eine Mittelung aus COP-Werten bei unterschiedlichen Betriebspunkten, welcher etwa die Jahresschwankungen bei Verwendung von Wärmepumpen zu Heizzwecken aus Umweltenergie abbilden soll. Während der COP eine genaue Sache ist, bewegt man sich beim SCOP im Ungefähren, da es unterschiedliche Normen zu seiner Ermittlung gibt und man zudem nicht weiß, wie gut die der Ermittlung zugrunde liegende Mischung aus Betriebspunkten übers Jahr gesehen am Projekt zutrifft.

Große Photovoltaik-Anlagen (MW-Bereich, GW-Bereich)

Im Rahmen der Projektierung von **Pumpspeicher-Kraftwerken in Zusammenarbeit mit Voith Hydro** unter Ausnutzung der in Südafrika vorhandenen tiefen Minenschächte haben sich durch Leistungsanforderungen der Turbinen von 350 MW (Beispiel). entsprechende Anforderungen an die Photovoltaik ergeben Da Photovoltaik stets Fläche benötigt, führt dieser Bedarf zu PV-Feldern der Dimension 5 Quadratkilometer, über welche der erzeugte Strom eingesammelt werden muss. Dies ist aufgrund der Kabelverluste durch eine von der kleinen PV-Anlage bekannten Standard-Verkabelung nicht mehr wirtschaftlich zu leisten. Zudem muss der erzeugte Gleichstrom (DC 5000 V, Beispiel) transformiert werden auf eine Mittelspannung (DC oder AV > 45.000 V, Beispiel), um einen Transport mit akzeptablen Verlustwerten zu ermöglichen. Man betritt hier schnell den Bereich der echten Kraftwerkstechnik, welche spezielle Lösungen benötigt.

Geothermie: Der durchschnittliche Temperaturgradient in Europa beträgt 3-4 Kelvin / 100 m Tiefenzunahme, wobei als Startwert die in einigen Metern Tiefe herrschende Temperatur zu setzen ist und nicht die Lufttemperatur an der Oberfläche. Zur Abgrenzung zu Boden-Wärmepumpen, welche ihre Energie nur aus relativ oberflächennahen Schichten bis 300 m ziehen (Erdsonde) spricht man von Geothermie dann, wenn Energie zumindest aus 700 – 1000 m Tiefe mittels Steigleitung entnommen wird. Der für das Pumpen benötigte Energieaufwand wird reduziert, wenn das Fördermedium (Wasser) durch eine zweite Leitung nach unten im Kreis geführt wird, da sich dann für die Pumpe eine hydraulische Förderhöhe von 0 m ergibt und die Pumpe somit nur Reibverluste (hydraulischer Druckverlust) überwinden muss.

Stromerzeugung mit Geothermie: Niedertemperatur-Wärme-Kraft-Kopplung

Im Jahr 2023 habe ich eine wissenschaftliche Vorstudie verfasst mit dem Ziel, die Erfolgsaussichten für ein Vorhaben zu überprüfen, welches sich damit beschäftigt, die in größeren Tiefen vorhandene Erdwärme (100-130°C, Beispiel) durch Auswahl eines für diesen Temperaturbereich geeigneten Kältemittels dessen Dampfdruck einer Niederdruck-Turbine zuzuführen, die Strom erzeugt. Diese Vorstudie scheint Erfolg zu versprechen. Das Verfahren ist anscheinend neu und wurde noch nie gemacht.