

Heißer Flirt mit warmem Abfall

Stahlwerk oder Würstküche: Aus der Abwärme müsste sich doch Strom gewinnen lassen. Aber wie? Es gibt interessante Ansätze.

Von Georg Küffner

Immmer gut heiß: Überall, wo gebrüht, gehärtet, lackiert und getrocknet wird, strahlen die dabei eingesetzten Gerätschaften Wärme ab. An Ort und Stelle ist sie nur meist schwer nutzbar. Das gilt auch, wenn, wie in Gießereien oder in einem Stahlwerk, die bei den hier ablaufenden metallurgischen Prozessen anfallende Abwärme deutlich höhere Temperaturen erreicht als das Brühwasser einer Würstküche. Zwar lassen sich Büro- und Verwaltungsgebäude des jeweiligen Industriestandorts mit einer Dampfheizung in der kalten Jahreszeit auf Temperatur bringen, doch kann stets nur ein Teil der anfallenden Wärme verwendet werden. Denn effektiv nutzen kann man diese Abfallwärme bloß während rund 3000 Stunden im Jahr. Im Sommer bleibt die Heizung aus.

Nicht viel anders verhält es sich mit der Wärme, die Gasmotoren, die mit Gülle- oder Silage-Methan laufen, über ihre Auspuffgase und ihr Kühlwasser freisetzen. Auch sie taugt idealerweise nur zum Heizen, etwa von Turnhallen und Schwimmbädern. Da es aber nicht genügend derartige Wärmesenken gibt, wird der überwiegende Teil dieser Wärme ungenutzt in die Umwelt entlassen. Wie groß dieses Potential ist, lässt sich nur schätzen. Man geht davon aus, dass allein die in Deutschland anfallende Abwärme, die aus Industrie und Gewerbe stammt, 23 Terawattstunden CO₂-freien Strom erzeugen könnte. Das wäre genug, um damit knapp 20 Prozent aller deutschen Haushalte zu versorgen und etwa zehn Millionen Tonnen CO₂ zu vermeiden.

Doch um diesen Schatz zu heben, ist einiger technischer Aufwand nötig. Das Temperaturniveau ist für den klassischen

Dampfprozess denn doch zu niedrig. Um trotzdem mit diesen relativ lauen Temperaturen elektrischen Strom zu erzeugen, bedient man sich binärer Systeme. Zwei Medien mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften werden kombiniert. Das ist keine neue Erfindung: So hat der russische Ingenieur Alexander Kalina in den Siebzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts einen Kreisprozess entwickelt, der nicht ausschließlich mit Wasser, sondern mit einem Gemisch aus Ammoniak und Wasser arbeitet. Wegen der unterschiedlichen Siedepunkte der beiden Medien entstehen während des Verdampfens ein ammoniakreicher Dampf und eine ammoniakarme Flüssigkeit. Der Dampf wird abgetrennt und treibt eine Turbine an. Anschließend wird er der entspannten Flüssigkeit wieder zugeführt.

Das klingt einfacher, als es ist. Kalina-Anlagen haben immer wieder Probleme mit ihren Dichtungen und vor allem starker Korrosion an Stahlteilen gehabt. Beides birgt die Gefahr, dass das giftige und stark riechende Ammoniak im Betrieb und bei Wartungsarbeiten in die Umwelt gelangt. Zurzeit arbeiten weltweit lediglich einige wenige geothermische Kraftwerke nach diesem Wirkprinzip, das bekannteste ist das Geothermiekraftwerk Húsavík in Island. Die Anlage am Geothermestandort Unterhaching wurde aufgrund zahlreicher technischer Probleme 2018 stillgelegt. Ein weiteres Kalina-Kraftwerk in Taufkirchen bei München, 2018 eröffnet, haben die Betreiber im vergangenen Jahr abgestellt und den Kalina-Prozess demontiert.

Deutlich bessere Erfolge erzielt der bereits 1850 vom schottischen Professor William Rankine entwickelte

Organic Rankine Cycle. Wie es der Name verrät, arbeitet er mit einem bei niedrigen Temperaturen siedenden Stoff. Anders als bei Wasser ist bei diesen Medien der Phasenübergang von flüssig zu gasförmig nicht auf ein enges Temperaturfenster begrenzt. Vor allem in Nordamerika, Israel und Italien wird der ORC-Prozess bereits seit Jahrzehnten zur Stromgewinnung eingesetzt. Anfangs wurde die Verdampfungsenergie meist durch das Verbrennen von Öl und Gas gewonnen. Seit rund zehn Jahren nutzt man vor allem Solarwärme, wobei in jüngster Zeit das Gros der Neuanlagen mit Abwärme beziehungsweise Abfallwärme betrieben wird. Rund 2700 ORC-Anlagen sind derzeit auf der Welt mit einer Leistung von etwa 4100 Megawatt in Betrieb.

Marktführer ist der amerikanische Hersteller Ormat aus Reno, Nevada, der sich auf Großanlagen spezialisiert hat. Völlig anders ist die Herangehensweise der Münchner Orcan Energy AG, die aus einem Spin-off der Technischen Universität München hervorging. Sie liefert in einem Kieler Montagebetrieb fix und fertig zusammengebaute Efficiency Packs, mit denen sich, wie Orcan-Chef Andreas Sichert sagt, eine hohe Zuverlässigkeit der Anlagen erreichen lässt. Vor allem die Gefahr einer Leckage könne so minimiert werden, ein durchaus relevanter Punkt. Schließlich zirkuliert in den Orcan-Anlagen Pentfluorpropan, das zwar weder brennbar noch giftig ist, aber ein großes Treibhauspotential aufweist. Nach einem alternativen Arbeitsmedium werde gesucht, eines konnte schon erfolgreich erprobt werden, wie Sichert bestätigt. Die erforderlichen Mengen seien jedoch noch nicht verfügbar.

Ein erstes ORC-Modul hat Orcan 2009 in Betrieb genommen. Anfangs wurde es mit Biogasanlagen kombiniert und hatte Leistungen von bescheidenen 20 Kilowatt. Heutige Anlagen schaffen das Zehnfache an Abwärmeleistung und können mit Abwärmertemperaturen zwischen 80 und 800 Grad arbeiten. So lassen sich auch die recht heißen Abgase von Stahl- und Zementwerken für die Stromgewinnung nutzen. Derzeit werden sechs Packs im Cemex-Zementwerk in Berlin installiert, sie sollen die hier anfallende Abwärme in rund 8150 Megawattstunden Strom im Jahr umwandeln. Auch die Abwärme der Mohn-Media-Druckerei in Gütersloh wird seit Kurzem mithilfe eines Orcan-Packs zu Strom veredelt. 500.000 Kilowattstunden im Jahr werden erzeugt. Knapp 500 der maximal containergroßen Anlagen hat Orcan bisher aufstellen können, um zu helfen, den CO₂-Ausstoß an den Standorten zu reduzieren.

Für den Orcan-Chef Sichert ist der physikalische Wirkungsgrad nicht das entscheidende Bewertungskriterium. Er spricht lieber vom Kapitalwirkungsgrad, in dem mit der Einfachheit der Anlage, deren Größe und Modularität, den Temperaturen vor allem auch die Dynamik der Anlagen eingehen. Um auch auf stark und schnell schwankende Wärmemengen reagieren zu können, nutzt Orcan nicht wie die meisten ORC-Anbieter eine Turbine zum Antreiben des Generators, da die weder Dynamik noch Teillast gut abbilden könne. In den Orcan-Packs sind vielmehr Schraubexpansionsmaschinen (Drehkolben) verbaut, mit denen sich der Volumenstrom kontrollieren und damit die Anlage sich dem jeweiligen Abwärmeangebot sekundenschnell anpassen lässt.

Tausend Stunden aus Giebelstadt

Viel Volumen und ein Platz an der Sonne: Mit der SR 36 ergänzt Bavaria Yachts das Motorboot-Portfolio

Auf der Boot Düsseldorf sollte es eigentlich so weit sein. Welche Messe bietet sich für eine deutsche Weltpremiere auch besser an als die größte aller Wassersportausstellungen? Doch damals, im Januar, war die Corona-Lage noch eine andere; die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen untersagte die Durchführung der Ausstellung und damit auch die erstmalige Präsentation der Bavaria SR 36 aus Giebelstadt.

Einige Monate später war es so weit und – wenn man so will – auch auf überwindlichem Terrain. In der Marina Moll Vell auf der Palma International Boat Show machte die 12,28 Meter lange SR 36 erstmals öffentlich fest. „Die Bavaria SR 36 ist ein wichtiger Schritt

der Erweiterung unserer neuen SR-Line. Der Erfolg der Bavaria SR 41 hat uns bestätigt, dass wir die Wünsche unserer Kunden verstanden haben und umsetzen konnten. Mit der SR 36 gehen wir einen weiteren Schritt“, sagt Marc Diening, der noch relativ frische Bavaria-Vorstandschef, zur Weltpremiere. Überzeugen will er unter anderem mit cleveren Details. Selbst wer auf der Palma-Show vor dem Bordbesuch der SR 36 eher größere Formate von 20 und mehr Meter Länge angeschaut hat, zeigt sich vom Volumen der 3,85 Meter breiten und rund 8,5 Tonnen verdrängenden Baja-Warin beeindruckt.

Die Vorgabe, auf maximales Volumen bei höchstmöglichem Komfort zu setzen,

scheitern gelungen. Zwei veritabile Kabinen befinden sich unter Deck, verbunden durch einen kleinen Salon samt Pantry, der sich für den morgendlichen Kaffee im Bademantel anbietet. Fünf Stufen weiter oben zeigt die SR 36, in die angeblich rund 1000 Arbeitsstunden je Einheit fließen, dann, wofür sie gebaut wird. Das Leben auf modernen Motoryachten, so die nicht ganz neue Interpretation der Giebelstädter Werft, findet zum großen Teil im Cockpit und an Deck statt.

Achtern befindet sich jedenfalls wahlweise eine Sitzgruppe oder Liegewiese mit absenkbarcm Tisch, unter dem Top installiert Bavaria eine weitere Sitzgruppe samt Outdoor-Galley gegenüber. Das schönste Stück ist aber vielleicht die Lie-

ge, die vor dem Backbord-Fenster im Steuerstand platziert wurde. Samt integriertem Getränkehalter scheint das ein sehr komfortables, um sowohl mit dem Skipper im Gespräch zu bleiben als auch die Hecksee im Blick zu haben. Der verantwortliche Produktmanager Norbert Leifeld sagt: „Das gesamte Interieur haben wir als 1:1-Modell in unserem Entwicklungsstudio nachgebaut, damit wir ein echtes Raumgefühl bekommen.“

Fürs sportliche Äußere zeichnet übrigens der italienische Designer Marco Casali verantwortlich, dessen Handschrift vom Potential der SR 36 bestätigt wird. Mit zwei je 300 PS starken Volvopenta-Motoren bringt es die Yacht auf eine Höchstgeschwindigkeit von 31 Knoten (57 km/h). Der Drehzahlmesser zeigt dann 3500/min. Rund 118 Liter Kraftstoff verschwinden in diesem Aggregatzustand je Stunde aus den Tanks. Eine Reserve eingerechnet, könnte die SR 36 vier Stunden lang mit Höchstgeschwindigkeit unterwegs sein. Das ist ein rein theoretischer Wert, denn auch die neuste Bavaria wird mehr Mittel zum Zweck sein. Und das ist für die meisten Eigner die Fahrt samt Freunden und Familie in die nächste Badebucht.

Bleibt die Frage: Was kostet der Spaß? Die Open-Top-Version listet Bavaria ab 291.000 Euro, die Hard-Top-Variante mit 8000 Euro mehr. Eine lange Liste von Optionen vom Handyladegerät am Steuerstand bis zum Gasgrill im Cockpit kann den Preis in die Höhe schnellen lassen. Das voll ausgestattete Weltpremiere-Modell, in dem laut Bavaria Yachts „wirklich alles drin ist“, schmälert das Vermögen des Interessenten schließlich um mehr als 500.000 Euro. SR 36 oder veritables Einfamilienhaus im Speckgürtel einer Metropole? Die Zeichen stehen auf Bavaria. Das Interesse, heißt es, sei groß. MARCUS KRALL

Der Brummi, der nicht brummt

Probefahrt mit dem Elektrolastwagen BAX LR

Wie man es auch dreht und wendet, es sieht danach aus, als fahre die westliche Welt mittel- und langfristig elektrisch. Ein großes Fragezeichen mag man noch hinter den batterieelektrischen Schwerlastverkehr mit bis zu 40 Tonnen setzen, aber für kürzere Strecken gibt es schon ein reichhaltiges Angebot an elektrischen Lieferwagen mit bis zu 3,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht. Unlängst hat Ford den E-Transit vorgestellt (F.A.Z. vom 10. Mai). Eher mau sieht es dagegen unter den 7,5-Tonnen aus, die die alte Führerscheinklasse 3 voll ausreizen.

Hier bietet sich jetzt der BAX an. Er kommt nicht von einem der etablierten Hersteller und auch nicht aus China, sondern er entsteht in einer Kooperation zwischen dem 124 Jahre alten Traditionsunternehmen BPW aus dem Bergischen Land und dem Spezialfahrzeugbauer Paul in Vilshofen, wo die Endmontage erfolgt.

Herzstück des BAX ist die Hinterachse, die Achsenspezialist BPW beisteuert. Zwei in der Mitte der Achse nebeneinander platzierte Motoren ohne mechanische Verbindung miteinander treiben das jeweilige nähere Zwillingrad an. Die Leistungssteuerung übernimmt eine Software von BPW. Auf den ersten Blick schmale 136 PS werden auf die Räder geschickt, aber das maximale Drehmoment von 6580 Newtonmeter spricht Bände. Wie erste Probefahrten zeigten, kann man durchaus Autos an der Ampel stehen lassen. Aber so fährt man in der Regel nicht, sondern schonend. Das Tempo, höchstens 80 km/h sind ohnehin nur erlaubt, ist auf 90 km/h gedeckelt. Die Reichweite der Long-Range-Variante (LR) beträgt laut BPW rund 200 Kilometer. Deren Batterie, zugeliefert von BMW, hat 126 kWh Fassungsvermögen. Für die Medium-Range-Version (MR) werden 130 Kilometer Reichweite versprochen. Geladen wird mit 100 kW an der schnellen Ladesäule mit

Gleichstrom oder mit maximal 22 kW an der Wechselstrom-Station.

Zwar wiegt im BAX LR die Batterie knapp eine Tonne, dennoch wird mit einem Kofferaufbau eine Nutzlast von fast drei Tonnen geboten. Noch mehr ist mit einem leichteren Aufbau möglich, nämlich bis zu 3,8 Tonnen oder gar fast 4,3 als BAX MR mit kurzem Radstand von 3,66 Metern und 5,99 Meter Länge. Der gefahrene BAX LR hatte 4,48 Meter Radstand und war 7,82 Meter lang. Anhängen dürfte er auch noch 3,5 Tonnen.

Die ersten BAX-Fahrzeuge sind schon im gewerblichen Einsatz, angeblich betragen die reinen Betriebskosten wegen zurzeit sehr hoher Dieselpreise nur rund die Hälfte. BAX zufolge melden die ersten Nutzer Verbrauchswerte im Alltag von rund 55 kWh auf 100 Kilometer. Allerdings kostet so ein elektrischer Lastwagen aus Vilshofen rund 155.000 Euro, wobei aber 80.000 Euro Förderung gewährt werden. Noch unter Verkehrsminister Scheuer wurde im Förderprogramm für klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KSN) ein Topf von 1,3 Milliarden Euro ausgeteilt, der noch nicht ausgeschöpft ist. Ob das Programm fortgeschrieben wird, ist nicht sicher. Mit ihm steht und fällt der weitere Erfolg solcher Fahrzeuge, die nach dem Geldsegen durch den Staat preislich mit entsprechenden Dieselfahrzeugen konkurrieren können.

Kunden bestellen zunächst das Fahrgestell mit dem von Isuzu zugelieferten Fahrerhaus, der Aufbau geschieht dann individuell, außer dem Koffer, der 14 Paletten fasst, sind eine Pritsche, ein Kipper, aber auch ein Müllfahrzeug oder ein Autotransporter möglich. Den Service würden 25 Partnerbetriebe in Deutschland sicherstellen, teilt BPW mit. Für dieses Jahr ist eine niedrige dreistellige Stückzahl geplant. Nächstes Jahr soll es dann deutlich mehr werden. BORIS SCHMIDT



Alles in einer: Der Bax hat zwei Motoren in der Hinterachse. Fotos Boris Schmidt

Wo brennt's denn?

Sigma verknüpft Fahrradleuchten per Bluetooth

Dank des gerade in den Handel gekommenen Link-Sets der Fahrradleuchten Aura 100/Blaze von Sigma erübrigt sich in Zukunft der diskrete Seitenblick in den Spiegel einer dunklen Scheifenscheibe. Das war ja eine übliche Methode, sich im Vorbeifahren ohne Halsverrenken davon zu überzeugen, dass das Rücklicht am Fahrrad leuchtet.

Seit jeher ist das rote Fahrradlicht technisch ein Sorgenkind gewesen. In den Zeiten, als noch der Seitenläufer-Dynamo an der Reifenflanke surreal radierte, konnte a) das Birnchen hinten durchbrennen, oder es brach b) der Draht an irgendeiner unzugänglichen Stelle, wenn nicht c) nach dem ersten Regenguss Kontakte rosteten oder auch Grünspan ansetzten. In Zeiten der LED-Akku-Beleuchtung hat der Kummer nur etwas andere Gestalt angenommen: Man fährt ohne leuchtendes Rücklicht, weil sich die kleine Akku großlos verabschiedet hat. Anders als beim Scheinwerfer vorn, den man ständig im Blick hat und mit einem Knopfdruck am Lenker aktiviert, ist es auch mit dem Einschalten des Rücklichts: Wenn es korrekt unverdeckt und nicht kaum sichtbar unterm Sattel angebracht ist, muss man halten, absteigen und sich nach hinten bemühen. Auch das hat jetzt ein Ende.

Sigma hat am Link-Set nicht nur die Beleuchtungsstärke des Scheinwerfers gegenüber dem Aura 80 auf 100 Lux – dimmbar in vier Schaltstufen bis 25 Lux – angehoben. Die Frontleuchte und das Bremsrücklicht sind außerdem mittels Bluetooth drahtlos verknüpfbar. Man hat

einen Einschaltknopf vorn, dort aber nun zwei Statusanzeigen für vorn und hinten. Über die Leuchttstärke des Scheinwerfers, der bis zu zwölf Stunden mit einer Akkulation arbeiten soll, informieren um den Schaltknopf herum angeordnete Balken.

Das Blaze hinten, das als Rückleuchte mit einer roten LED kräftig leuchtet und bei Verzögerung senkrecht darunter zwei zusätzliche LEDs etwa drei Sekunden lang aufflammen lässt, hat auch einen Einschaltknopf. Aber den braucht man eigentlich nicht. Sobald sich Front- und Rücklicht über Bluetooth miteinander bekannt gemacht haben, genügt der Knopf vorn. Ein Automatikmodus schaltet die gesamte Beleuchtung von einem Helligkeitssensor gesteuert ein und aus.

Das Set kostet rund 100 Euro. Lichtleistung und Komfort gehen in Ordnung. Entschieden mehr wünschte man sich allerdings bei den Halterungen. Die bestehen aus simplen gelochten Gummimanschetten. So lässt sich der Scheinwerfer nur an einem (Lenker-)Querrohr befestigen und nicht beispielsweise auf dem Vorbau. Während die Halterung des Scheinwerfers nach dessen Abnahme am Rad bleiben kann, muss das Rücklicht immer samt dem Gummistraps entfernt werden. HANS-HEINRICH PARDEY

Paarlauf: Sigma-Scheinwerfer und Rücklicht
Foto Pardey

