

ERNEUERBARE ENERGIEN

OHNE HEISSE LUFT



**Christian Holler
Joachim Gaukel**

3 Geschichten aus Absurdistan

ALS KLEINE EINSTIMMUNG auf die folgenden Kapitel über die Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen möchten wir ein paar interessante Geschichten voranstellen. Vielleicht ist dabei die Überschrift ein wenig ungerecht, denn im Folgenden wollen wir nicht nur absurde Ideen präsentieren, sondern auch auf den einen oder anderen interessanten Vorschlag im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien zu sprechen kommen.

Auch wollen wir es uns nicht mit Albert Einstein verscherzen, der gesagt hat: „Wenn eine Idee am Anfang nicht absurd klingt, dann gibt es keine Hoffnung für sie.“ Aber der Umkehrschluss, dass jede absurde Idee gut wäre, gilt nun mal auch nicht.

Leider werden neue Projekte zu häufig enthusiastisch von Teilen der Medien aufgenommen, ohne sie zu hinterfragen und nachzurechnen. Behauptungen werden ungeprüft übernommen, und wenn etwas das Etikett „Erneuerbare Energien“ trägt, dann reicht anscheinend die gute Intention aus, um es zu loben. Ob es wirklich etwas bewirkt, rückt dann in den Hintergrund.

In diesem Kapitel wollen wir unsere acht besten Geschichten vorstellen. Es geht uns vor allem darum, ein Gefühl zu vermitteln, welches Konzept substanzial etwas zur Energiewende beitragen könnte, und welches nur ein Hirngespinnst ist. Im Laufe des Buches werden Sie noch sehen, dass es gar nicht schwer ist,



Manche Ideen sind einfach absurd (wenn auch lustig), selbst wenn sie funktionieren, wie diese Rube-Goldberg-Maschine, eine automatische Serviette. Manch andere Ideen sind gut, aber es reicht nur für kleine Beiträge zur Energieversorgung. Und manche Ideen sind absurd teuer. Der Rest könnte sinnvoll sein! [b1]

selbst die Spreu vom Weizen zu trennen. Der Klang der Worte ist leider manchmal viel besser als der Inhalt. Sie werden sehen.

3.1 Energieerzeugung aus Mondlicht

VIELLEICHT EINE DER besten Geschichten ist die folgende, die man seit 2014 in Spiegel Online in einem Artikel nachlesen kann.¹⁰ Dort wird suggeriert, man könne aus Mondlicht Energie erzeugen. Wir zitieren:



Der Mond. Haben wir vielleicht neben der Sonne noch eine zweite Energiequelle, die wir bisher übersehen haben? [b0]

Mondlicht als Energiequelle: Lade, Auto, lade!

In dieser Glaskugel könnte die Zukunft stecken. Der transparente Ball ist mit destilliertem Wasser gefüllt und bündelt Lichtstrahlen, deren Energie sich in Strom umwandeln lässt. Klingt nicht besonders kompliziert, trotzdem muss man erst einmal darauf kommen. André Bröbel, deutscher Architekt mit Sitz in Barcelona, hat daraus das Energiegewinnungssystem Beta.ray entwickelt, das er nun mit seiner Firma Rawlemon vermarkten möchte.

Der Clou von Beta.ray: Das System produziert grünen Strom und zwar Tag und Nacht. Je nach Durchmesser der Glaskugel – es gibt zunächst zwei Größen mit 1 und 1,80 Meter Durchmesser – werden die Strahlen im Brennpunkt bis um das 20 000-Fache verstärkt. Das so konzentrierte Licht wird dann mittels Photovoltaikzellen und wärmeabsorbierenden Mini-Generatoren in Strom umgewandelt. ...

Funktioniert sogar mit Mondlicht.

Ein weiterer Clou von Bröbels Erfindung ist das sogenannte Microtracking. Die Technik sorgt dafür, dass die Photovoltaikmodule und Mini-Generatoren schwenkbar sind und so immer im optimalen Winkel zum einfallenden Licht stehen. Dadurch funktionieren die Kollektoren auch bei diffusem Licht und sogar bei Mondschein. Nachts wird aus Solarenergie dann „Lunarenergie“. Durch Lichtenergie gewonnener Strom könnte damit auch nachts und somit wesentlich konstanter produziert werden. ...

Es fällt uns schwer, beim Lesen ruhig zu bleiben. Auf einen Quadratmeter Fläche treffen bei bestem Sonnenschein 1000 Watt ein, egal ob das Licht auf die Kugel trifft oder auf eine PV-Anlage. Mondlicht liegt um den Faktor 400 000 darunter. Man benötigt bei Mondlicht dementsprechend 400 000 Kugeln, um bei Nacht genauso viel Strom zu produzieren wie tagsüber mit einer. Daran kann keine Idee der Welt etwas ändern – auch kein Konzentrator.

Und irgendwie klingt das so, als wenn die Kugel das einfallende Licht um den Faktor 20 000 verstärken würde. Also **eine** Kugel anstelle von 20 000 gleichgroßen Photovoltaikanlagen? Die Kugel fungiert hier nur als Linse, konzentriert also das auf sie einfallende Licht im Brennpunkt. Vermehrt wird die Energie dadurch natürlich nicht. Das Konzentrieren ist eine recht gängige Methode z. B. bei der Verwendung von Mehrschichtphotovoltaikzellen. Im besten Fall erhöht sich dadurch die Effizienz ein wenig.

Der „Clou“ des Microtrackings ist eine technische Notwendigkeit, da die Kugel ja als Linse verwendet wird. Wenn der „Minigenerator“ nicht mehr richtig hinter der Kugel positioniert ist, werden die Sonnenstrahlen nicht mehr darauf fokussiert. Das Nachführen macht die Technik aber deutlich komplexer, ganz abgesehen davon, dass die 1,8m große Kugel selbst schon drei Tonnen wiegen muss.

Und warum bei einer Kugelsymmetrie diffuses Licht (also Licht, das aus allen Richtungen gleichmäßig kommt) genau an der Stelle der Photovoltaikzelle fokussiert werden soll, bleibt ein Geheimnis, denn diffuses Licht kann nicht mit einer Linse gebündelt werden!

Bevor man über Crowdfunding Geld in ähnliche Projekte steckt, wie es hier viele getan haben,¹¹ sollte man sich die Technologie ganz genau ansehen. Falls die verkleinerte Version des Gerätes geliefert wird, dann ist sie ein hübsches Designerstück, mit dem man vielleicht mal im Haus ein Handy aufladen kann – wobei wir schon bei der nächsten Geschichte wären.

PV oder FV? Eigentlich schreibt man nach der neuen deutschen Rechtschreibung ja nicht mehr „Photovoltaik“, sondern „Fotovoltaik“. Wir sprechen ja auch von „Fotos“ und nicht mehr von „Photos“. Vermutlich wird sich an dieser Stelle die neue Rechtschreibung aber nicht durchsetzen, denn zur Abkürzung wird seit jeher „PV“ benutzt, das müsste dann zu „FV“ werden und keiner wüsste mehr, was damit gemeint ist. Und wissen Sie was noch dazu kommt? Im Englischen gibt es auch das Wort „photovoltaics“ und die Abkürzung „PV“. Brancheninsider werden deshalb vermutlich bei „Photovoltaik“ bleiben und die anderen auch.



Es ist erstaunlich, wie wenig Energie ein Smartphone benötigt. Ein Ladevorgang verbraucht weniger als 0,01 kWh, also ca. 0,2 Cent Stromkosten.

Wir erinnern uns, eine Kilowattstunde (kWh) wird auf Ihrer Stromrechnung mit ca. 25 Cent abgerechnet. Damit können Sie z. B. 3 min lang warm duschen. 0,01 kWh ist also fast nichts, damit kann man 2 sek warm duschen.

3.2 Genug Energie, um x Handys aufzuladen

HABEN SIE AUCH schon gelesen, dass man mit irgend-einer Technik elektrische Energie erzeugen kann und das ist dann so viel Energie, dass man damit viele Handys aufladen kann?

- Waren Sie gestern joggen und sind Sie mehr als 420 000 Millimeter weit gelaufen? Respekt! Moment, das waren 420 Meter, ist gar nicht so weit. Aber 420 000 ist doch eine große Zahl, komisch.
- Haben Sie gestern im Hallenbad unter Wasser die Luft angehalten und das über eine Zeit von über 10 000 Millisekunden? Wow! Moment, das waren 10 Sekunden, war gar nicht so lange. Aber 10 000 ist doch eine große Zahl, komisch.

Wie viel Energie ist eigentlich in einem Handy gespeichert? Nehmen wir mal exemplarisch das iPhone 8 mit einer Akkukapazität von knapp 7Wh. Das sind 0,007 kWh. Der Ladevorgang war vielleicht 80% effektiv, dann sind wir bei einem Energieaufwand von 8,8 Wh für einen Ladevorgang, also 0,0088 kWh.

Wenn wir nach einer Einheit suchen, bei der selbst kleinste Energiemengen mit großen Zahlen angegeben werden müssen, dann ist die Einheit „so viel Energie, wie man zum Aufladen von Handys benötigt“ perfekt. Wann immer diese Einheit verwendet wird, dann wissen Sie, dass etwas Kleines groß geredet werden soll.

Fast immer kommt dann noch hinterher: „Und die Forschung steht hier noch ganz am Anfang. In Zukunft könnte ...“ Die implizierte Meta-Botschaft dabei lautet: „Warten wir noch ein wenig und alle Probleme werden von den schlaun Wissenschaftlern gelöst.“

Klar ist es vorteilhaft, wenn man das Handy ohne Steckdose laden kann. Ja, sehr nützlich wäre das z. B. auf einer Radtour, wo man das Handy als Navi

benutzt. Das Militär wäre sicher ebenfalls ein dankbarer Abnehmer. Und natürlich ist das ganze sinnvoll in Weltregionen ohne zuverlässige Stromversorgung. Aber der Verzicht auf die Steckdose ist dann der große Gewinn und nicht die kleine Energiemenge. Hier unsere persönlichen Highlights zu diesem Thema:

Bei der Bildzeitung kann man lesen:¹²

Alternative Energie – Handys laden mit Popo-Power!

... Schon seit Längerem entwickelt das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme biegsame Solarzellen für den Einsatz in Kleidung. Die Folien-Paneele wandeln Sonnenlicht besonders effizient in Strom um. Mode-Designer ... kreieren aus diesen Solarzellen bereits Kleidung.

Trotz vielversprechender Ergebnisse kann man die Tech-Kleidung bislang allerdings noch nicht kaufen.

Warum beschäftigen sich Experten der Fraunhofer-Gesellschaft mit solchen Sachen? Weil der Verzicht auf die Steckdose interessant ist. Die Energiemenge ist völlig irrelevant. Eine Energiewende läuten wir damit keineswegs ein. Auf Spiegel Online finden wir:¹³

Solarhandys - Mobilfunk mit grünem Gewissen

Samsung macht es vor wie's geht. ... Den Strom zum Betrieb des Mobiltelefons erzeugen Samsung zufolge Solarzellen auf der Rückseite des Handys. ...

... „um die Aufmerksamkeit auf Schutz der empfindlichen Umwelt zu lenken“. Deshalb sei es besonders leicht, die Helligkeit des Bildschirms zu verändern, die Leuchtdauer der Bildschirmbeleuchtung zu verkürzen und die Bluetooth-Funktion in einen Energiesparmodus zu versetzen. Mit einem einzigen Klick könne man das Gerät in einen „Öko-Modus“ schalten. ...

Für eine längere Akkulaufzeit ist das sicher hilfreich, aber zu suggerieren, dass man damit die Umwelt schützen würde, ist lächerlich.



Auf einer längeren Radtour ist es sehr ärgerlich, wenn der Handyakku leer ist. Besonders, wenn man das Handy als Navi benutzt. [b0]



In unserem Alltag ist die Frage, ob das Handy geladen ist, ständig präsent. Das verstellt uns den Blick. Zum Laden benötigt man nur eine sehr kleine Energiemenge. [b6]

eLIFE ist ein Label von Vattenfall, einem großen Energieversorger. Was sagt eLIFE über sich selbst: „Darüber hinaus gibt eLIFE viele neue Impulse und aktuelle Beiträge zum Thema Energiewende sowie Ausblicke, wie in der Zukunft mit Energie umgegangen wird. Trends und Entwicklungen im Bereich erneuerbare Energien werden beleuchtet, innovative Technologien vorgestellt und verständlich erklärt.“ Und welche Trends erwarten uns laut eLIFE in der Zukunft?¹⁴



Vielleicht lösen wir ja unsere Energieprobleme, wenn wir nur endlich unseren Hintern von der Couch hochbekommen.

[b0]

Energiequelle Mensch: Cardio für den Smartphone-Akku

Während in den meisten Fitness-Studios hierzulande nur die eigene Ausdauer an Cardio-Geräten trainiert wird, ist man in Berlin schon wieder einen Schritt weiter: In einem neuen Fitnessclub in der Hauptstadt kann nun auch der Smartphone-Akku dank Muskelkraft neue Energie sammeln. eLIFE hat das getestet. Wie ärgerlich, wenn der Smartphone-Akku leer ist und das Training erst begonnen hat. Denn mit Musik ist man meist motivierter und es macht mehr Spaß zu trainieren. In einem Berliner Fitness-Studio kann der Kunde nun sein Handy oder den MP3-Player an einen eigens angebrachten USB-Anschluss am Ergometer anstecken. Der Akku lädt während des Workouts wieder auf. Der Sportler selbst wird zum kleinen dezentralen Kraftwerk. ...

Diese kreative Art der Stromerzeugung schont einerseits die Energiekosten des Studios, weil der Strom für das Aufladen der Handy-Akkus selbst erzeugt wird. Es macht auch deutlich, wie sehr man sich anstrengen muss, um allein das eigene Smartphone am Laufen zu halten ...

Solche Äußerungen sind recht amüsant. Das Laden des Handys mit Muskelkraft kann natürlich sehr lehrreich sein. Aber die Stromkosten für einmal Aufladen liegen grob bei 0,2 Cent (in Worten: null Komma zwei Cent). Mitten im Text finden wir noch abgesetzt mit riesigen Buchstaben folgende Aussage:

Im Schnitt tritt ein Studiobesucher auf dem Ergometer mit 80 Watt in die Pedale. Eine halbe Stunde auf dem Gerät bringen knapp 40 Watt Leistung, was für die Aufladung eines Handys gleich mehrfach reicht.

Was soll man da noch sagen? Selbst hier fehlt ein Verständnis für den Unterschied zwischen Leistung und Energie. Erinnern Sie sich an das Beispiel mit den PS im letzten Kapitel? Wenn man die obige Aussage in dieses Bild übersetzt, würde sie lauten: „Dieses Auto hat 80 PS, eine halbe Stunde Autofahren bringen knapp 40 PS, was für eine Strecke von 10 km gleich mehrfach reicht.“ Das ergibt einfach keinen Sinn!

Natürlich wollte der Artikel sagen, dass man mit einer halben Stunde auf dem Ergometer **40 Wh Energie** produziert, was in der Tat ausreicht, um das Handy mehrfach zu laden.

Energiebedarf für die Handyproduktion

Wissen Sie übrigens, wie viel Energie zur Produktion eines Handys benötigt wird? Für den Abbau der Rohstoffe? Für die Verarbeitung der Rohstoffe? Für den Transport zwischen den vielen Beteiligten? Falls Sie es wissen, dann verraten Sie es uns, denn es ist unglaublich schwer, das vernünftig nachzurechnen. Einige Wissenschaftler beschäftigen sich trotzdem ausführlich mit dieser Fragestellung. Man spricht dabei von der „Lebenszyklusanalyse“.

Wir sind auf Schätzungen zwischen 40 und 280 kWh für die Produktion eines Handys gestoßen, ein breiter Korridor. Vergleichen wir dies mit der gesamten Ladeenergie für den Lebenszyklus. Gehen wir dabei von einer langen Lebenszeit von drei Jahren aus und davon, dass in dieser Zeit das Handy täglich einmal aufgeladen wird.

Dann kommt man auf ca. 1000 Ladevorgänge. Da jeder Ladevorgang 0,0088 kWh benötigt, macht das insgesamt 8,8 kWh und somit 2,20 Euro Stromkos-

Ein von der EU gefördertes Projekt: „use it smartly“ nennt die Zahl von 220 kWh für die Produktion eines Handys.¹⁵

ten, deutlich weniger Energie als die Produktion verschlungen hat. Als energiebewusster Mensch macht es also viel mehr Sinn, das Handy ein Jahr länger zu nutzen, als es mit „Popo-Power“ oder dem Crosstrainer selbst aufzuladen.

Betrachten wir zum Abschluss noch eine Nachricht in Spiegel Online:¹⁶



Man kann aus Urin Energie erzeugen. Das ist keine neue Idee, sondern Alltag in Biogasanlagen. [b0]

Urin liefert Energie fürs Handy

Bakterien können Energie aus organischem Material erzeugen. Diese Fähigkeit haben Forscher genutzt, um aus Urin Strom für ein Mobiltelefon zu gewinnen. Der reicht immerhin für einen kurzen Anruf oder eine SMS. ... „Wir nutzen das ultimative Abfallprodukt als Energiequelle für die Produktion von Elektrizität – mehr Öko geht nicht“ ...

Natürlich kann man aus Gülle Energie gewinnen. Das ist nichts Neues. Aber Energie für **eine einzige** SMS zu erzeugen, das ist eine peinlich kleine Energiemenge, die sich in Zahlen kaum noch ausdrücken lässt.

Es fehlte gerade noch, dass man von „x Handys laden“ auf „x SMS verschicken“ umschwenkt, um selbst aus null noch eine große Zahl machen zu können. Wir sehen die nächste Schlagzeile schon förmlich vor uns: „Mit dieser Anlage im Garten – die nur 1000 Euro kostet – können Sie so viel Strom produzieren, dass Sie 2000 SMS pro Tag verschicken können“.

Und die übernächste Schlagzeile lautet dann: „Forscher versuchen, die elektrischen Impulse unserer Nerven zu nutzen und haben dabei einen Durchbruch erzielt. Noch ist die Energieausbeute zu gering, aber die Forschung steht hier noch ganz am Anfang.“



Leider kam von Spiegel Online keine Antwort auf unsere Frage...

3.3 Kicken und dabei Strom erzeugen

BEIM ENERGIEVERSORGER RHEINENERGIE gibt es im Internet einen Blog, in dem 2016 die folgende Information veröffentlicht wurde:¹⁷

Mini-Kraftwerke im Rasen – Kicken und dabei Strom erzeugen

Der Kölner Dom zählt zu den meistbesuchten Sehenswürdigkeiten in Deutschland. Im Durchschnitt besichtigen ihn jeden Tag rund 20 000 Menschen. Auf ihrem Weg in die Kathedrale überqueren sie auch die Domplatte und erzeugen dabei jede Menge Energie. Energie, die mit einer cleveren Erfindung aus England in Strom verwandelt werden könnte.

Das Londoner Start-up-Unternehmen Pavegen Systems hat nämlich Bodenplatten entwickelt, die die kinetische Energie von Schritten in Elektrizität umwandeln. Der so gewonnene Strom wird in einem Akku gespeichert und lässt sich bei Bedarf abrufen, um benachbarte Lampen, Wegweiser oder Werbetafeln zu erleuchten. ...

Bei einem Feldtest während des Paris Marathons haben die auf rund 460 Quadratmetern Laufstrecke verlegten Pavegen-Platten aus den Schritten der Sportler 4,7 Kilowattstunden (kWh) Strom gewinnen können. Genug, um die Akkus von annähernd 2000 Handys zu füllen oder 50 LED-Straßenlaternen zum Leuchten zu bringen. ...

Da sind sie wieder, die Handys. Dieser Feldtest hat also eine Energiemenge im Wert von 1,20 Euro produziert (bei 25 Cent pro kWh). Und dafür wurden die Platten von England nach Paris transportiert und aufwendig aufgebaut!

Das junge Unternehmen kann bereits eine Reihe von erfolgreichen Projekten vorweisen. In Rio de Janeiro erhellen die Platten seit September 2014 einen Fußballplatz inmitten einer Favela. Dank eines zusätzlich über Solarzellen geladenen Akkus bleibt der Platz bis zu zehn Stunden lang hell erleuchtet und ermöglicht den Bewohnern so auch in den Abendstunden und bei Nacht ihr liebstes Spiel. ...

Erfunden hat die smarten Platten der erst 28 Jahre alte Ingenieur Laurence Kembal-Cook. Mit seiner



Wenn so viele Menschen, wie hier in Salzburg, auf und ab marschieren, muss man doch diese Energie irgendwie nutzen, oder? [b0]

Erfindung will er auch an Orten, die sich nicht zur Produktion von Wind- und Solarenergie eignen, nachhaltig Strom erzeugen. Mittlerweile hat der Engländer prominente Fürsprecher gefunden. Allen voran zeigte sich der Physiker Stephen Hawking begeistert von der Technik und bescheinigte ihr das „Potential, die Art, wie wir in Zukunft Energie erzeugen, auf radikale Weise verändern zu können“.

Kann das wirklich sein? Kann diese Idee unsere Energieerzeugung radikal verändern? Rechnen wir mal nach und machen an allen Stellen großzügige Annahmen.

Ein Mensch hebt und senkt seinen Körperschwerpunkt beim Gehen. Nehmen wir eine Person mit einem Gewicht von 70 kg, die pro Sekunde zwei Schritte macht. Und nehmen wir an, dass der Körperschwerpunkt dabei 5 cm gehoben und gesenkt wird.

Wenn man ein wenig rechnet, dann ergibt sich eine Leistung von 70 Watt für diesen Vorgang. Wenn wir nun ein System haben, das mit einer Effizienz von 10 % diese Energie einfängt, dann haben wir pro Person eine Leistung von 7 Watt. Viel mehr wird wohl schwierig, denn irgendwann erschweren die Platten das Laufen auf ihnen merklich und wir müssten deutlich mehr Energie für die Fortbewegung aufwenden, ähnlich wie beim Laufen auf Sand.

Den Energieerhaltungssatz können wir partout nicht überwinden: Ein Mensch schafft es nur unter großer Anstrengung, mehr als 100 Watt Leistung zu bringen.

Nehmen wir das Ende einer Rolltreppe, die zu einer S-Bahn führt. Dort verlegen wir auf vier mal vier Metern die Platten. Zur besten Zeit sind vielleicht permanent fünf Personen in diesem Bereich, nachts kaum jemand, also im Schnitt bei ganz optimistischer Rechnung zwei bis drei Personen. Das macht groß ein Watt pro Quadratmeter, ein Zwanzigstel von dem, was eine Photovoltaikplatte gleicher Größe im Jahresdurchschnitt liefert.



Das Ende einer Rolltreppe zum Bahnsteig ist ein Platz, an dem tendenziell viele Menschen unterwegs sind. Trotzdem wird es dort viele Stunden lang sehr still und man kann nur wenig Energie aus den Schritten der Menschen ziehen. [b0]

Und dann muss man die wenigen Quadratmeter noch verkabeln und ans Stromnetz anschließen. Größere, zusammenhängende Fläche werden sicher deutlich weniger Leistung pro Fläche liefern, es lohnen sich nur die absoluten Hotspots. Also nicht vorstellbar, dass man mit dieser Technik relevante Energiemengen produzieren könnte, und dadurch unsere Energieproduktion radikal verändert würde, auch wenn der Gedanke noch so schön ist.

Und was ist eigentlich mit dem Fußballplatz in Brasilien? Ein Fußballfeld glänzt nicht mit einer hohen Dichte an Menschen, sonst wären auch keine Flanken in den freien Raum möglich. Aber gut, es war ja von einer Kombination mit Solarzellen die Rede. Dann wird der Großteil der Energie von den Solarzellen kommen und nur der Rest von den Platten.

Während eines Spiels auf dem Platz in Brasilien generieren die 200 installierten Platten nach Angaben aus dem Energy Harvesting Journal zusammen 17 W Leistung aus den Bewegungen der Spieler.¹⁸ Wenn das stimmt, würde schon ein einziger zusätzlicher Quadratmeter Photovoltaik mehr bringen. Wollen wir also Licht in unterentwickelte Gegenden bringen, dann lassen Sie uns Photovoltaik dafür nutzen.

Und Stephen Hawking? Wir glauben nicht, dass er das wirklich durchgerechnet hat. Aber vielleicht schreiben Sie mal Scientific-American, die ebenfalls positiv über diese Idee und begeistert über den Ertrag von 4,7 kWh in Paris berichtet haben.¹⁹ Wir sind gespannt auf die Antwort!

Aber vielleicht ist die Intention der Entwickler gar nicht, die Energieproduktion zu revolutionieren, und die Idee wurde von Journalisten überbewertet? Auf der Homepage der Firma Pavegen klingt das irgendwie anders.²⁰ Jede Platte ist mit Wireless Funktion ausgestattet und kann z. B. die Bewegungsmuster von Kunden aufnehmen. Daneben kann die Energie zur Markierung der Fußwege, Notbeleuchtung und für Kundenwerbung verwendet werden. Das klingt eher nach „Data-harvesting“ als nach „Energy-harvesting“.



Ein Fußballplatz ist ein fürchterlich schlechter Ort für die Energieerzeugung aus Schritten. 5000 Quadratmeter und nur 22 Spieler, die sich darauf bewegen. [b0]

Der CEO von Pavegen wird zitiert: „Wenn wir unsere Technologie in einem Stadion mit einer Kapazität für 50 000 Zuschauer installieren würden, wäre die bei einem zweistündigen Event erzielte Energie in der Lage, 389 Handys bzw. MP3-Player aufzuladen“.¹⁸

Wir finden, dass das ziemlich wenig Energie ist, und Events mit 50 000 Zuschauern gibt es in einem Stadion nur alle ein bis zwei Wochen.

3.4 Energieerzeugung mittels Solarradweg

EINEN ÄHNLICHEN ANSATZ, nämlich schon versiegelte Flächen zu nutzen, verwendet folgende Idee, die sicherlich aussichtsreicher ist als die letzte.

In der Süddeutschen Zeitung vom 19.11.2015 wird von einem Fahrradweg in den Niederlanden berichtet.²¹ Wir zitieren:

Ein Radweg als Kraftwerk

Vor einem Jahr baute das Dorf einen 70 Meter langen Fahrradweg, in dessen Betonplatten Solarzellen eingelassen sind. Der Weg hat seitdem 9800 Kilowattstunden Solarenergie produziert ...

Noch fällt die Kostenbilanz des Fahrradweg-Prototyps, der die Gemeinde etwa drei Millionen Euro gekostet hat, negativ aus. Doch das Unternehmen rechnet damit, dass die Gemeinde diese Kosten in 15 Jahren wieder eingenommen haben wird.

Rechnen wir wieder nach. Speist man Strom ins Netz, wird eine Kilowattstunde vielleicht mit maximal 20 Cent vergütet. Oder man nutzt ihn selbst und spart sich 25 Cent. Das sind pro Jahr bei 10 000 Kilowattstunden 2500 Euro. Wenn man 15 Jahre wartet, dann haben sich die Einnahmen zu 37 500 Euro summiert.

Gut, aber dann haben wir erst grob ein Prozent der Investitionssumme zurück erhalten. Warum sich die Investition dann nach 15 Jahren gelohnt haben soll, bleibt das Geheimnis des Autors.

Ok, wenn man die Module sehr günstig produzieren könnte, dann wäre das eine interessante Idee, weil es viele Straßenflächen gibt und somit eine riesige Fläche als Potenzial zusammen kommen würde, mit deutlich höherer Energiedichte durch Sonne als durch die Auf- und Abbewegung von Fußgängern.

Aber man muss den Glauben an den technischen Fortschritt schon strapazieren, um an einen Erfolg zu glauben, denn man müsste den Preis ganz entschei-



Ein Solarradweg der Firma Solaroad [b7]

dend senken und dabei die Dinger extrem robust machen, rutschfest, wartungsfrei, schmutzabweisend, hitzebeständig ... Vielleicht sind Hausdächer doch erst mal einfacher.

3.5 100 % erneuerbar für München

DIE STADTWERKE MÜNCHEN gehören in Deutschland wohl zu den ambitioniertesten Energieversorgern in Bezug auf erneuerbare Energien. So ist geplant bis 2025 den gesamten Stromverbrauch Münchens mit Ökostrom aus eigenen Anlagen zu decken.

Gleichzeitig haben sie zu Recht erkannt, dass man die Stadt München nicht aus dem Umland heraus durch erneuerbare Quellen versorgen kann, und dass die Energie nicht vor Ort erzeugt werden muss. Ob ein Kohlekraftwerk in Spanien oder in Deutschland abgeschaltet wird, spielt im Grunde keine Rolle.



Werbeplakat der Stadtwerke München: 100 % erneuerbar – Wirklich?

Aber der Grund für ihre Werbeaktion 2015 könnte sein, dass einem Manager der Geduldsfaden gerissen ist. Wir können uns regelrecht vorstellen, wie er eines Nachmittags in die Sitzungsrunde gefragt hat, warum das alles nur so lange dauert. Endlich will er

mal sagen dürfen, die Stadtwerke produzieren „100 Prozent erneuerbar“. Und dann kam es wohl dazu, was im Bild auf der letzten Seite zu sehen ist.

Der Marketingverantwortliche hat dann vielleicht noch gebremst, das könne man nicht unkommentiert stehen lassen. Also steht klein darunter „wir erzeugen so viel Strom aus erneuerbaren Energien, wie alle Münchner Haushalte, U-Bahn, Tram und E-Autos verbrauchen“.

Tatsächlich machen die Haushalte, U-Bahn und Tram (E-Autos können getrost vernachlässigt werden) nur knapp ein Drittel des Münchner Stromverbrauchs aus.²² Richtig wäre also ein Plakat mit der Aufschrift „32 Prozent erneuerbar“ gewesen – sieht halt nicht so gut aus.

Wenn man noch die Tatsache berücksichtigt, dass nur ein Teil des Energiebedarfs in Form von Strom verbraucht wird, dann stellt man fest, dass eigentlich geschätzt nur in etwa 10 % des Münchner Primärenergieverbrauchs durch Erneuerbare ersetzt wurden, nicht 100 %.

Wir nehmen an, dass das den Stadtwerken selbst bewusst ist, aber Marketing ist heutzutage unerlässlich. Und sie investieren ja auch in anderen Bereichen intensiv. Sie wollen bis 2040 das Fernwärmenetz zu 100 % aus nachhaltigen Wärmequellen bestreiten, vor allem durch Geothermie. Das ist ein schöner Ansatz, da wo es geht, z. B. in Südbayern.

Aber die oben erwähnte Werbeaktion suggeriert, dass es anscheinend ganz einfach ist, eine Millionenstadt komplett mit erneuerbaren Energien zu versorgen. Und mit diesem Verständnis von 100 % könnte man zu jeder Ausbauphase behaupten, man erzeuge 100 % Ökostrom, man muss nur die Bildunterschrift anpassen auf: „Wir erzeugen so viel Strom aus erneuerbaren Energien, wie 100 Münchner Haushalte, die Allianz-Arena und der Augustiner Biergarten verbrauchen“.



Geothermiewerk der Stadtwerke München in Sauerlach.²³ Bis 2040 wollen sie das gesamte Fernwärmenetz aus erneuerbaren Quellen bestreiten. [b8]

3.6 Eine Führung bei der EnBW

NOCH EIN BEISPIEL zum Thema Selbstmarketing. Wenn Sie eine Führung durch das Kohlekraftwerk in Altbach bei der EnBW buchen, dann zeigt man Ihnen zu Beginn der Führung einen Film, der das Thema Energie einführt. Die EnBW macht Ihnen in diesem Film klar, dass die Erneuerbaren ein Thema sind, das ganz oben auf der Agenda steht.

Zu Beginn bekommen wir Informationen über die Sonne geliefert. Und zwar:

Sonne, abgestrahlte Energie 1,5 Trillionen kWh im Jahr, 6000 °C auf der Oberfläche. In 40 Minuten liefert die Sonne so viel Energie, wie die Weltbevölkerung in einem Jahr benötigt.

Schon die allererste Information im Film ist inkorrekt. Es wird verwechselt, was die Sonne abstrahlt und was die Erde empfängt. Die Sonne hat eine Strahlungsleistung von $3,9 \cdot 10^{26}$ W. Das macht im Jahr $3,4 \cdot 10^{27}$ kWh. Und die 1,5 Trillionen kWh sind der Anteil, der auf der Erde ankommt, der zweimilliardste Teil. Kurz danach kommen Informationen zu Gewittern:

Bei einem Gewitter gibt es Spannungen bis zu 100 Mio Volt. Die Blitzgeschwindigkeit beträgt 100 000 Kilometer pro Sekunde. Mit der elektrischen Energie aus einem Blitz könnte eine 60 Watt Glühlampe anderthalb Jahre lang leuchten.

Diese Szenen im Film sind vom Sound und von den Bildern beeindruckend. Die Informationen dazu stimmen diesmal zwar, aber das Problem ist, dass der Besucher glaubt, in einem Blitz würde viel Energie stecken. Die großen Zahlen bei der Geschwindigkeit und bei der Spannung haben nichts mit der Energiemenge zu tun, sind aber hochproblematisch, wenn man die Energie technisch nutzen will.



Ein Blitz ist ein imposantes Naturereignis. Fans des Films „Zurück in die Zukunft“ wissen, dass er sogar „1.21 GW“ Leistung liefern kann. Unglücklicherweise weiß man nie vorher, wann und wo einer einschlagen wird. [b0]



Und dieses Auto erkennen die Fans auch sofort, ein DeLorian. Jeder, der „Zurück in die Zukunft“ gesehen hat, glaubt zu wissen, dass ein Blitz Energie liefern kann wie Plutonium. Das Problem ist: Ein Blitz liefert zwar viel Leistung, aber nur für sehr kurze Zeit und somit relativ wenig Energie. [b0]

Man hat für einen Augenblick unglaublich viel Leistung, aber in der Summe hat man nicht besonders viel Energie. Rechnen Sie mal nach, eine 60 Watt Glühlampe anderthalb Jahre. Das sind nur 800 kWh – so viel Energie, wie in 80 Liter Öl stecken. Und diese Energie einzufangen ist schwierig, man weiß nicht, wo ein Blitz einschlagen könnte.

Wie viele Blitze könnte man einfangen? Man bräuchte für einen nennenswerten Beitrag sehr viele Blitze und einen Speicher, der in so kurzer Zeit aufgeladen werden kann – technisch alles extrem schwierig.

Gar keinen Sinn ergibt die Information später beim Thema Wellen:



Der Freizeitwert von Wellen kann bei entsprechendem Können hoch sein, der Energiegehalt von Wellen ist es auch. [b0]

15–30 kW je Meter Wellenfront. 8 m Nordsee-Wellenfront genügen um 1000 Liter Teewasser zu kochen.

Hier werden offenbar schon wieder Leistung und Energie verwechselt, und das von einem großen Energieversorger. 30 kW sind eine Leistung. Um 1000 Liter Teewasser zu erhitzen, benötigt man Energie, also Leistung, die über eine gewisse Zeit lang abgerufen wird. Als Zuschauer ist man verwirrt. Das ist in etwa so, als wenn jemand zu Ihnen sagt: Mit voller Kraft in die Pedale des Hometrainers zu treten genügt, um 10 kg abzunehmen. Die entscheidende Information aber fehlt: Wie lange muss man das denn um Himmels willen machen?

Wenn man lang genug wartet, kann man mit jeder noch so kleinen Leistung 1000 Liter Wasser kochen. Ohne Wärmeverluste würde sogar der nächtliche Lunarstrom aus der durchsichtigen Kugel des ersten Beispiels reichen, es würde halt nur 4500 Jahre dauern. Die entscheidende Frage für den Zuschauer ist also, wie viele Wellen muss man abwarten?

Rechnen wir nach: für das Beispiel oben so viele Wellen, wie im Zeitraum von einer halben Stunde anrollen. Das zeigt uns, dass Wellenenergie deutlich interessanter ist als Lunarstrom. Wie viel wir wirklich

Um 1000 Liter Wasser zum Kochen zu bringen benötigt man ca. 100 kWh. Wenn ein Meter Wellenfront 25 kW Leistung liefert, bringen es acht Meter auf 200 kW. Somit muss man 0,5 h warten, um auf 100 kWh Energiemenge zu kommen – wenn man die Leistung komplett nutzen könnte.

mit Wellen generieren könnten, besprechen wir noch im Detail im Kapitel zum Thema „Wasser“.

Und am Ende des Films kommen noch Informationen zum Thema Erdwärme. Diese Informationen lauten:

99 % unseres Planeten sind wärmer als 1000 °C. Ein unterirdisches Wärmefeld von 5–10 km² kann etwa 20 000 Haushalte mit Wärme versorgen.

Tatsächlich ist unser Planet im Inneren sehr heiß. Das Problem ist nur, man kommt an diese Hitze nur schwer heran. Nur an ganz wenigen Punkten auf der Erde kommt man in die Nähe von 1000 °C. Fast überall müsste man über 30 Kilometer tief bohren. Und das ist technisch bisher nicht vorstellbar, die tiefste Bohrung bisher war gut 12 km.

Insgesamt geht es dem großen Energieversorger in diesem Film wohl weniger um harte Informationen, als um Illusionen und deren Inszenierung. Werbung zu machen ist natürlich legitim, aber wirklich lernen kann der Zuschauer dabei nichts. Dabei wäre Aufklärung heute wichtiger denn je.

3.7 Sonnenenergie direkt aus dem Weltall

VIELLEICHT HABEN SIE auch schon von einem interessanten Gedankenspiel gelesen, nämlich Photovoltaik im Weltraum zu positionieren, um die Verluste in der Atmosphäre zu minimieren und rund um die Uhr Energie produzieren zu können.

Das klingt faszinierend. Denn selbst in der Sahara ist die durchschnittliche Sonneneinstrahlung aufgrund von Atmosphäre, Tageszeiten und Wetter fünf mal kleiner als im Weltall, in unseren Breitengraden sogar zehn mal kleiner.

Einige Länder und Firmen sind an dieser Idee interessiert, z. B. auch die NASA.²⁴ Allerdings ist es schon schwierig genug, großflächig Photovoltaikanlagen auf

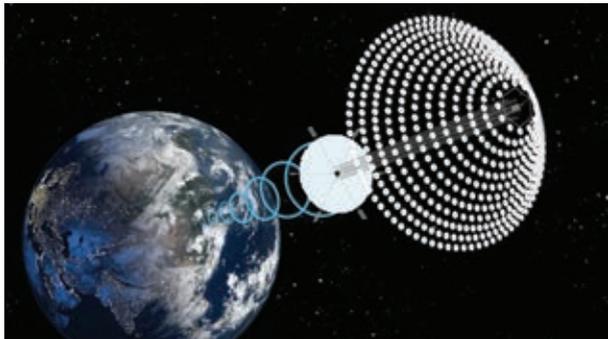


Im Weltall gibt es keine Wolken. Photovoltaik wurde ursprünglich entwickelt, um Satelliten und Raumschiffe mit Energie zu versorgen. Seien wir der Raumfahrt dankbar. Die hohen Anfangsinvestitionen zur Entwicklung der Technik haben bei der Raumfahrt keine Rolle gespielt. [b0]

der Erdoberfläche zu installieren. Große Anlagen im Weltall bringen wohl deutlich mehr Probleme mit sich. Hier eine kleine Auswahl:

- Am besten wäre es natürlich, die Anlagen geostationär zu positionieren, also an einem festen Punkt über der Erdoberfläche, damit man eine feste Empfangsstation auf der Erde hätte. Geostationäre Positionen gibt es aber nur über dem Äquator in 36 000 km Höhe. Satelliten dort haben eine Umlaufdauer von 24 h (klar sie ändern ja ihre Position gegenüber der Erdoberfläche nicht), und der Vorteil in dieser Höhe wäre – neben der höheren Sonneneinstrahlung, dass die Anlagen dort fast 24 h pro Tag Strom produzieren könnten, da sie nur kurz den Erdschatten durchlaufen.

Allerdings drängeln sich in diesen Positionen schon viele Satelliten und durch die Lage über dem Äquator ist die Position der Empfangsstation stark eingeschränkt.



So könnte Photovoltaik im Weltraum aussehen:²⁵ Licht wird aufgefangen und dann über Mikrowellen auf die Erde transportiert und in Strom umgewandelt. [b9]

- Das größte Problem ist aber eher, wie die Energie runter auf die Erdoberfläche gebracht werden soll. Der übliche Vorschlag ist, die Energie in Mikrowellen umzuwandeln, mit Antennen abzustrahlen und unten über andere Antennen aufzufangen. Das Problem ist nur, dass so ein „Strahl“ gar kein Strahl ist, sondern ein Kegel, der auf seinem Weg nach unten breiter wird, wie das Licht einer Taschenlampe.

Nehmen wir mal an, die Energie-Sendeantenne im All hätte einen Durchmesser von 12 m und die Mikrowellenstrahlung eine Frequenz von 5 GHz. Dann müsste die Empfangsanlage 180 km Durchmesser besitzen, um zumindest 75 % der Energie aufzufangen!

In einem Artikel des Smithsonian Magazine²⁶ wird die Sendeanlage mit 1 km Durchmesser angegeben und die Empfangsstation auf der Erde mit 3,5 km. Wir sprechen also von gewaltigen Anlagen, nur um die Energie auf die Erde zu bringen.

Eine 3,5 km große, runde Photovoltaikanlage mit 20 % Effizienz in der Sahara anstelle einer gleich großen Empfangsanlage für Mikrowellen würde im Schnitt 300–400 MW liefern. Die Anlage im Weltall für diese Empfangsstation soll laut Smithsonian 1 GW liefern, also nur das Dreifache. Ob aber die Kosten für die Solarzellen, deren Transport ins Weltall und die Sende- und Empfangsanlage nur drei Mal so hoch sind, wie die Photovoltaikanlage in der Sahara, ist ziemlich fraglich.

Eine weitere, politische Frage wird sich ganz sicher stellen, nämlich ob Anwohner gerne einen Mikrowellenstrahl mit mehreren hundert MW Leistung über ihren Köpfen haben möchten – wenn sie sich schon über den Anblick einer Windkraftanlage aufregen – auch wenn zu Recht versichert wird, dass die Strahlung pro Fläche ungefährlich wäre.²⁶

Aber lassen wir uns überraschen, ob diese Idee irgendwann mal in die Tat umgesetzt wird. Wenn die Kosten irgendwann nur drei Mal so hoch sind wie die Vergleichsanlage in der Sahara, dann könnte sich der Aufwand lohnen.



Die größten voll beweglichen Empfangsstationen für Mikrowellen haben einen Durchmesser von ca. 100 m, wie hier das Effelsberg Teleskop. Das größte unbewegliche Teleskop der Welt in China ist 520 m groß. 3,5 km erscheinen da ziemlich ambitioniert. [b10]

3.8 Erdöl als Energieressource komplett ersetzen

IM FOCUS WAR am 19.11.2015 zu lesen:

Den Artikel im Focus finden Sie mit dem folgenden QR-Code.



Heimlich geforscht: Flamini macht milliarden-schwere Entdeckung

Was macht ein Top-Fußballer mit seinen Millionen? Arsenal-Profi Mathieu Flamini hat eine fixe Idee: Er will die gesamte Energieproduktion revolutionieren. Sieben Jahre lang arbeitete seine Firma insgeheim an Lävulinsäure, einem Erdöl-Ersatz. Nun will Flamini in einen Milliardenmarkt einsteigen.

Mathieu Flamini hat in seiner langjährigen Profi-Karriere beim FC Arsenal und AC Mailand schon gut verdient. Doch seine Investitionen in chemische Forschung könnten den Millionär bald zum Milliardär machen. Wie der Fußballstar der britischen „Sun“ enthüllte, hat er in den vergangenen sieben Jahren sein Geld in die Erforschung und Massenproduktion von Lävulinsäure gesteckt. Die chemische Verbindung könnte bald das Erdöl ersetzen – und Flamini's Firma ist der Marktführer.

„Ich war immer naturverbunden und habe mich um die Umwelt, den Klimawandel und die Erderwärmung gesorgt“, erzählte der 31-Jährige der „Sun“. Als er 2008 zeitweise von Arsenal nach Mailand wechselte habe er seinen künftigen Geschäftspartner Pasquale Granata kennengelernt. „Wir überlegten, wie wir die Probleme lösen können und stießen auf Lävulinsäure“, so Flamini. Der Stoff sei eines von 12 Molekülen, die nach Ansicht der US-Regierung das Erdöl ersetzen können.

Nach Angaben der Zeitung bauten Flamini und Granata daraufhin die Firma GF Biochemicals im italienischen Caserta in Kampanien auf. 80 Mitarbeiter forschten demnach dort über Jahre an der Lävulinsäure. Ihre Methode zur Massenproduktion des Stoffes aus Essens- und Maisabfällen habe sich die Firma patentieren lassen.

Da werden große Erwartungen geweckt, finden Sie nicht auch? Und eigentlich sind es mehr als Erwartungen, denn der Durchbruch steht unmittelbar bevor, so könnte man meinen.

Ist es möglich, dass man allein mit ein paar Essens- und Maisabfällen Erdöl komplett ersetzen kann? Das wäre ja ein Ding! Das würde aber voraussetzen, dass mit der Maispflanze eine riesige Menge Energie vom Feld geholt wird, die in der Vergangenheit wenig genutzt wurde. Und mit einer einzigen guten Idee eröffnen wir nun das Energie-Paradies!

Wenn man sich das genauer ansieht, wird aber klar, dass man nicht mehr Energie aus Pflanzen herausziehen kann, als durch andere Prozesse (z. B. Sonne) hineingekommen ist. Die Rechnung dafür ist gar nicht so schwer, wie wir später noch sehen werden. Vor allem, wenn man den energetisch wertvollen Teil der Biomasse (also den Mais) schon anderweitig verwendet hat, bleibt im Abfall nicht viel übrig. Und damit soll alles Erdöl ersetzt werden können?

Hinter diesem Gedanken steckt wohl eher der fromme Wunsch, dass eine einfache Idee alles auf den Kopf stellen könnte, ohne die Zahlen genauer zu beleuchten.

Wir denken, dass das auch gar nicht Herrn Flaminis Intention bei diesem Investment war. Als Grundstoff für die chemische Industrie nämlich könnte Lävulinsäure sehr interessant sein, denn grob 6–7% des Erdöls werden nicht als Treibstoff verwendet, sondern in der chemischen Industrie.²⁷ Die meisten chemischen Erzeugnisse lassen sich nämlich aus wenigen hundert Grundchemikalien aufbauen, von denen die allermeisten aus Erdöl und Erdgas gewonnen werden.

Will man nun das Erdöl auch für die chemische Industrie ersetzen, dann benötigt man einen Ersatzstoff und das könnte Lävulinsäure sein. Aber wenn man dann eines Tages Lävulinsäure in großem Maßstab für die chemische Industrie produzieren möchte, dann werden ein paar Abfälle nicht reichen, es werden sehr



Mathieu Flamini. Rettet dieser Mann die Welt? [b11]

Den zugehörigen Artikel in der Financial Times finden Sie unter



Und die Studie der US-Regierung, auf die sich alle mit ihrer Einschätzung berufen, finden Sie unter



große Anbauflächen benötigt für die Biomasse. Ein reicher Mann könnte Herr Flamini natürlich trotzdem werden.

Bemerkenswert ist übrigens auch, dass die zitierte Nachricht ähnlich falsch in allen möglichen Zeitungen zu finden war. Offenbar bedienten sich die Medien einer gemeinsamen Quelle, ohne selbst nachgedacht zu haben, was sie da schreiben. Die Fincancial Times hingegen hat offenbar gut recherchiert und ordnet das Einsatzgebiet der Lävulinsäure richtig ein und spricht von Duftstoffen und Reinigungsmitteln aber auch von einem Grundstoff für die chemische Industrie. Die US-Regierung hat übrigens auch nicht davon gesprochen, dass die Energieproduktion damit komplett ersetzt werden könnte, sondern sie als eine von 12 aussichtsreichen Substanzen indentifiziert.

Unser Fazit

Sie sehen, viele Ideen, von denen man immer wieder liest, sind interessant, aber es lohnt sich, genau nachzurechnen. Wie halten wir es also mit Albert Einstein? „Wenn eine Idee am Anfang nicht absurd klingt, dann gibt es keine Hoffnung für sie.“ – Und wenn eine Idee nach genauem Durchrechnen immer noch absurd ist, dann verbannen wir sie nach Absurdistan.