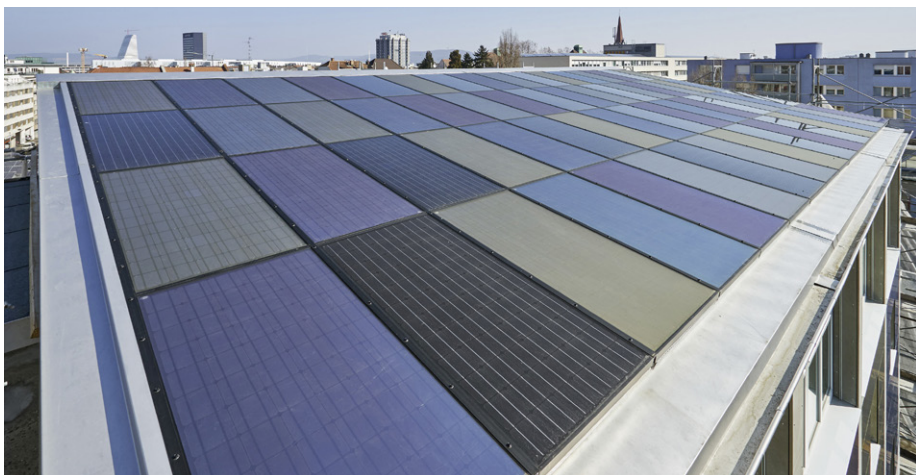


## Pionierprojekt 2nd-Life-Batteriespeicher

Benedikt Vogel\*

# Ein zweites Leben für Akkus von E-Mobilen

Die Zahl der elektrisch angetriebenen Velos, Autos und Lkw auf Schweizer Strassen wächst. Damit wächst auch die Zahl der für die Elektromobilität eingesetzten Batterien. Erreichen diese das Ende ihrer Betriebszeit, müssen sie nicht zwingend entsorgt werden. Vielmehr können sie gute Dienste als stationäre Speicher für Photovoltaik-Strom leisten. Das zeigen zwei Pilotanlagen in der 2000-Watt-Pilotregion Basel.



Das ehemalige Kohlesilo im Gundeldinger Feld in Basel: PV-Zellen in Grün, Gold, Blau und Grau liefern bis zu 20 kW<sub>p</sub>. Der Strom wird seit Herbst 2015 in einem 2nd-Life-Batteriespeicher gepuffert. (Bilder: Martin Zeller)

Mitten im Basler Gundeldinger-Quartier entstand im letzten Jahrzehnt auf einem ehemaligen Industrieareal eine urbane Oase. Das Gundeldinger Feld ist ein bunter Mix aus kreativen Dienstleistern, verlockenden Restaurants und kulturellen Einrichtungen. Bunt ist seit Mai 2015 auch das Gebäude, das mitten im Areal in die Höhe ragt, bunt im wortwörtlichen Sinn. Das einstige Kohlesilo, das eine Maschinenfabrik früher mit Energie versorgte und heute Büros sowie Veranstaltungsräume beherbergt, wurde mit farbigen Photovoltaik-Modulen verkleidet. Seither liefern die 159 m<sup>2</sup> PV-Zellen mit Farbtönung in Grün, Gold, Blau und Grau bis zu 20 kW<sub>p</sub> (entspricht einem Ertrag von rund 14.300 kWh/Jahr). Das innovative Projekt des Basler Baubüros in situ macht vor, wie sich farbige PV-Module ästhetisch ansprechend und zwanglos in Fassaden integrieren lassen.

Die Beschichtungstechnologie für die Farbzellen war an der ETH Lausanne (EPFL) entwickelt worden. Für das Sanierungsprojekt wurde in situ mit dem Schweizer Solarpreis ausgezeichnet.

## Neuer Speicher aus alten Batterien

Seit Oktober 2015 wartet das umgenutzte Kohlesilo energietechnisch mit einer zweiten Innovation auf: mit einem für die

Das ehemalige Kohlesilo im Gundeldinger Feld in Basel: Farbige PV-Module an Wänden und auf dem Dach liefern Solarstrom, der seit Herbst 2015 in einem 2nd-Life-Batteriespeicher gepuffert wird.



### Alle Gebraucht-Akkus aus dem Bereich Mobilität geeignet

(BV) Lithium-Batterien haben in den letzten 20 Jahren dank ihrer Leistungsfähigkeit einen Siegeszug angetreten. Sie haben heute eine breite Anwendungspalette vom Mobiltelefon bis zum Elektroauto. Lithium-Batterien büßen mit den Jahren einen Teil ihrer Speicherfähigkeit ein und sind dann nicht mehr für den Einsatz in Elektro-Mobilen geeignet. 2nd-Life-Anwendungen ermöglichen eine ökologisch sinnvolle Zweitverwertung. Während ein Lade-Entlade-Zyklus in einem Fahrzeug typischerweise zwei bis vier Stunden dauert, werden die Batterien in der 2nd-Life-Anwendung weniger stark beansprucht: In einem stationären Stromspeicher dauert ein Zyklus ein bis zwei Tage. In stationären Speichern sind die Batterien auch weniger starken Temperaturschwankungen ausgesetzt, was sich ebenfalls günstig auf die Lebensdauer auswirkt. Nicht angezeigt ist eine 2nd-Life-Anwendung bei Batterien, die nicht aus dem Mobilitätsbereich stammen: Sie werden in der Regel bis ans Ende ihrer Lebensdauer eingesetzt und dann entsorgt. Ein Augenmerk ist bei 2nd-Life-Anwendungen auf die Sicherheit zu richten, zumal das Alter bei Batterien die Sicherheit beeinträchtigen kann. Bei Lithium-Ionen-Batterien besteht Überhitzungsgefahr, wenn sie überladen werden. Die im Twike eingesetzten Lithium-Eisenphosphat-Batterien haben hier einen Sicherheitsvorteil: Sie nehmen keine Energie mehr auf, wenn sie voll sind.

Schweiz bisher einzigartigen Batteriespeicher. Dieser puffert den Solarstrom aus den Farbzellen in zwei Modulen mit zusammen 40 kWh Kapazität und einer Lade-/Entladeleistung von 20 kW. Der Speicher stellt sicher, dass Solarstrom auch in der Nacht verfügbar ist oder wenn zwei, drei Schlechtwetter-Tage überbrückt werden müssen. Das Einzigartige am Basler Speicher ist sein Innenleben: Er besteht aus gebrauchten Batteriezellen, die zuvor in Elektromobilen eingebaut waren, dort aber nicht länger verwendet werden können, da ihre Ladekapazität auf unter 70 % gesunken ist.



Mitnhaber der Firma dreifels; Ralph Schnyder, mit einem Twike. Ausgediente Twike-Batterien werden heute für stationäre Batteriespeicher verwendet. (Bilder: B. Vogel)



Das Twike nutzt Batterien aus Lithium-Eisenphosphat (LiFePO<sub>4</sub>). Die Speicherelemente können rund sieben Jahre im Twike genutzt werden.

## Zweite «Chance»

Hier, im Gundeldinger Feld, treten die Gebraucht-Batterien nun ihre zweite Lebenshälfte an. Mit verminderter Kapazität zwar, aber immer noch gut genug für den Zweck, den vor Ort erzeugten Solarstrom über Stunden oder Tage zu puffern, bis er von den Büronutzern gebraucht wird. Wenn sich die Hoffnungen der Planer erfüllen, wird die Stromversorgung der Gewerbetreibenden dank des 2nd-Life-Batteriespeichers von April bis Oktober netzunabhängig funktionieren.

## Gebraucht-Batterien aus dem Twike

Wer die Hintergründe des Basler 2nd-Life-Batteriespeichers erfahren will, muss nach Gelterkinden im Kanton Basel-Landschaft fahren. Hier steht an einem Sonnenhang das Gebäude der Firma dreifels. Hinter dem Unternehmen steckt eine Gruppe von Solarpionieren, die in den 1990er-Jahren das

Twike entwickelt hatten, jenes überdachte Liegerad mit Elektrounterstützung, von dem unterdessen über 1000 Exemplare auf den Strassen im In- und Ausland unterwegs sind. Das Twike nutzt für den Elektroantrieb Batterien aus Lithium-Eisenphosphat (LiFePO<sub>4</sub>). Die robusten Speicherelemente aus taiwanesischer Produktion können rund sieben Jahre im Twike genutzt werden. Dann ist ihre Ladekapazität so weit reduziert, dass sie ersetzt werden müssen.

## Weiter funktionsfähig

«Acht von zehn ausgemusterten Batteriezellen sind allerdings noch immer funktionsstüchtig. Das hat uns auf die Idee gebracht, sie in stationären Speichern für PV-Strom zu nutzen», sagt Ralph Schnyder, Mitnhaber der dreifels AG. Der ausgebildete ETH-Architekt zeigt eine zylinderförmige Batteriezelle, die über Jahre in einem Twike im Einsatz war.

## Eine Twike-Batterie aus 120 Einzelzellen

(BV) Die Batterietechnologie hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt. Das gilt auch für die Lithium-Batterien, die in vielen Twikes eingebaut sind: 1995 ermöglichte eine 50 kg schwere Batterie 40 km Reichweite, 2008 bereits 70 km, heute sind es 150 km.

Die Lithium-Eisenphosphat-Batterien, die ab 2008 in das Twike eingebaut wurden, bestehen aus einem Batteriepack mit 120 Einzelzellen. Jede Zelle hat 360 g Gewicht und eine Speicherkapazität von 10 Ah bzw. 33 Wh. Daraus ergibt sich – einschliesslich Gehäuse und Verbinder – ein Gesamtgewicht von 50 kg und eine Speicherkapazität von 3,96 kWh sowie eine Reichweite von 70 km. Bei gleichem Batteriegewicht (aber anderer Bauform) bekommt man heute eine Speicherkapazität von 10 kWh. Die Reichweite liegt jetzt bei über 150 km. Die Fortschritte in der Batterietechnologie und der damit einhergehende Preiszerfall sind weitere Gründe, Batterien mitunter vorzeitig zu ersetzen.

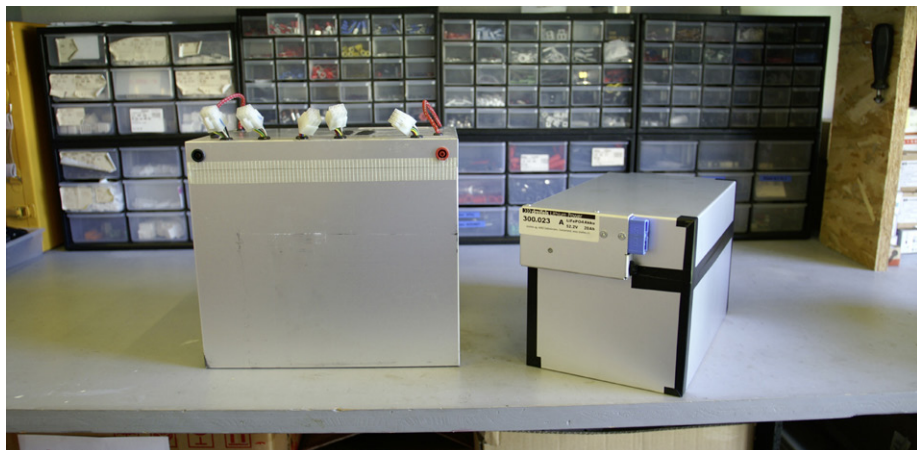
Es gehört viel Erfahrung dazu, den Zustand der Einzelzellen einzuschätzen, um sie zu einem neuen Batteriepack kombinieren zu können. Dank eines aufgedruckten Barcodes kann jede Zelle über ihren ganzen Lebenszyklus hinweg eindeutig identifiziert werden.

Zelle mit 10 Ah (33 Wh) aus einer Twike-Batterie. Die Gebraucht-Zellen werden auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft und dann in 2nd-Life-Batteriespeicher für die Pufferung von Solarstrom verbaut. Im Bild: dreifels-Batterieexperte Ralph Schnyder.





Im Schrank sind die Batteriemodule des 2nd-Life-Batteriespeichers zu erkennen, links in Grün der Wechselrichter. Ralph Schnyder zeigt, wie der Batteriespeicher fernüberwacht werden kann.



Die Batteriezellen aus dem ausgebauten Batteriepack eines Twikes (links) werden geprüft und dann in 2nd-Life-Speichermodule (rechts) eingebaut. (Bilder: B. Vogel)

Solche Gebrauchtzellen überprüft dreifels auf mechanische Stabilität und Korrosionsschäden, misst ihre Restkapazität und verbaut sie dann bei hinreichender Leistungsfähigkeit in 2nd-Life-Batteriespeichern. «Es gehört viel Erfahrung dazu, den Zustand der Einzelzellen einzuschätzen, um sie zu einem neuen Batteriepack kombinieren zu können», betont Batterieexperte Schnyder. Dank eines aufgedruckten Barcodes kann jede Zelle über ihren ganzen Lebenszyklus hinweg eindeutig identifiziert werden.

### Pionier-Installation

Im ehemaligen Kohlesilo in Basel kommt der Stromspeicher aus alten Twike-Batterien nun seit Herbst 2015 zum Pileinsatz. Das Beispiel könnte Schule machen. In Twikes und Elektro-Gokarts wurden in den letzten Jahren insgesamt 50 000 Einzelzellen verbaut. Die meisten von ihnen werden in den nächsten fünf Jahren ausgemustert und stehen dann für den Einsatz in 2nd-Life-Speichern zur Verfügung. Für Speicherlösungen können neben Twike-Batterien auch andere Gebrauchtbatterien verwendet werden: Batterien aus Elektrovelos wie zum Beispiel dem Flyer, aus Elektroscootern wie beispielsweise dem Kyburz DXP der Schweizerischen Post, und natürlich auch leistungsstarke Batterien von Elektroautos und Plug-In-Hybriden, von denen bisher weltweit rund 1 Mio. Fahrzeuge verkauft wurden.

### Grosses Reservoir

Dies ist ein grosses Reservoir also an Gebrauchtbatterien, das mit dem 2nd-Life-Konzept einer umweltfreundlichen Nachnutzung zugeführt werden kann. Dass die Zweitnutzung ökologisch sinnvoll ist, liegt auf der Hand. «Es ist nachhaltiger, eine Batterie in einer 2nd-Life-Anwendung zu nutzen, als sie zu entsorgen», sagt Schnyder, «so wird die graue Energie, die zum Bau der Batterie verwendet wurde, auf eine längere Lebensdauer verteilt. Das ist von Be-

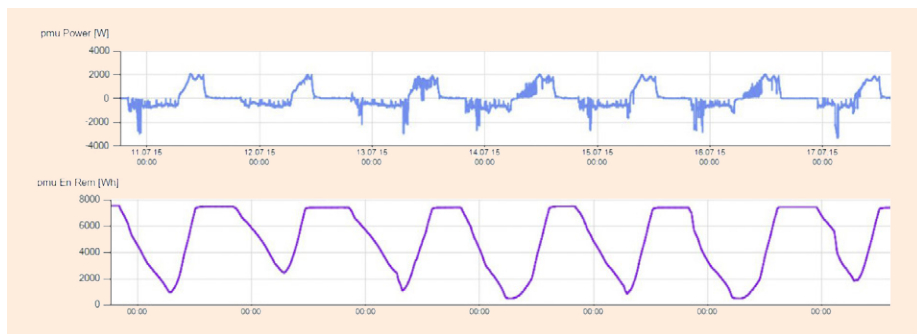


Prof. Achim Geissler von der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz begleitet die beiden 2nd-Life-Speicher-Pilotprojekte in Basel und Riehen wissenschaftlich.

deutung, denn rund ein Drittel der grauen Energie eines Elektrofahrzeugs steckt in seiner Batterie».

Prof. Achim Geissler von der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Muttenz teilt diese Einschätzung in einer wissenschaftlichen Studie, die er kürzlich veröffentlicht hat: «Im Jahr 2050 können zirka 760 bis 1170 MWh an herkömmlichen Speichern durch 2nd-Life-Speicher substituiert werden», schreibt Geissler. «Die Resultate zeigen, dass der Einsatz von 2nd-Life-Batterien in stationären Anwendungen einen signifikanten Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung durch Batterien leisten kann».

Die Grafik zeigt Leistung (oben) und Ladestand (unten) des 2nd-Life-Batteriespeichers («Powerbank») von dreifels während einer Woche. Aus der oberen Kurve ist ersichtlich, wie tagsüber mit Solarstrom geladen wird, während in den Abend-, Nacht- und Morgenstunden ein Strombezug aus dem Speicher erfolgt. (Bild: dreifels)

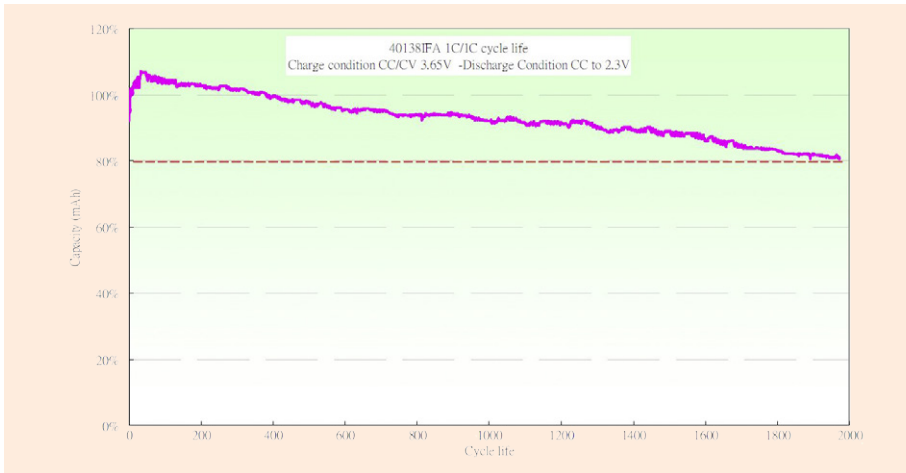


### 2nd-Life-Konzept austesten

Prof. Geissler wertet mit dem Institut Energie am Bau der FHNW das Batterieprojekt im ehemaligen Kohlesilo im Gundeldinger Feld wissenschaftlich aus. Er begleitet mit seinem Wissenschaftlerteam auch ein zweites Speicherprojekt in einem Einfamilienhaus in Riehen mit einer Messkampagne. Dort wurde im Juli 2015 ein 2nd-Life-Speicher (2,5 kWh) des deutschen Herstellers Wemag eingebaut, der für die Pufferung der privaten PV-Anlage (4,2 kWp) 16 Flyer-Batterien verwendet. Beide Projekte werden vom Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt und vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) unterstützt, der Speicher im Gundeldinger Feld wird zudem vom Bundesamt für Energie (BFE) als Pilot- und Demonstrationsprojekt gefördert. In Diskussion ist zurzeit ein drittes Speicherprojekt mit 50 kWh Kapazität in einem Riehener Altersheim. Mit diesem Vorhaben liessen sich Erfahrungen sammeln, wie sich ein 2nd-Life-Speicher neben Büronutzung (Kohlesilo Basel) und Wohnnutzung (Einfamilienhaus Riehen) in einem Heimbetrieb verhält.

### Auch offenen Fragen

Positive Resultate aus Pilotprojekten sind von zentraler Bedeutung für die Zukunft der 2nd-Life-Batteriespeicher. So faszinierend die Grundidee, so zahlreich nämlich



Herstellerangaben zur Lebensdauer einer LiFePO<sub>4</sub>-Batterie neuester Generation, wie sie in Twikes eingebaut wird. Zugrunde liegt die Annahme, dass während eines Zyklus eine Stunde geladen und später eine Stunde entladen wird; dies bildet die Realität annähernd ab. 2000 Ladezyklen entsprechen bei einem Twike, das täglich im Einsatz ist, so einer Zeitspanne von rund 5,5 Jahren. (Bild: zVg)

die offenen Fragen: Wie entwickelt sich die Nachfrage nach dezentralen stationären Batteriespeichern für die Pufferung von Solarstrom? Stehen mittelfristig genügend Gebraucht-Batterien für 2nd-Life-Anwendungen zur Verfügung? Und dann die Frage der Wirtschaftlichkeit: dreifels verkauft den stationären Batteriespeicher mit 12 kWh Ladekapazität für 18 000 Franken, das Pendant mit neuen Zellen ist rund 5000 Franken teurer (mit allem Zubehör, aber ohne Installationskosten).

Betrachtet man einzig die Kosten für den Batterie-Block, sind 2nd-Life-Batterien sogar 40 % günstiger als Neuspeicher (660 Franken vs. 1093 Franken pro kWh Speicherkapazität). Ob diese Preisdifferenz dem 2nd-Life-Konzept zum Durchbruch verhilft, hängt aber massgeblich von der künftigen Entwicklung der Energie- und (Neu-)Batterieprieise ab. «Unter den aktuellen Marktbedingungen in der Schweiz rechnen sich 2nd-Life-Batteriesysteme in der Regel noch nicht», betont Achim Geissler.

## Knackpunkt Lebensdauer

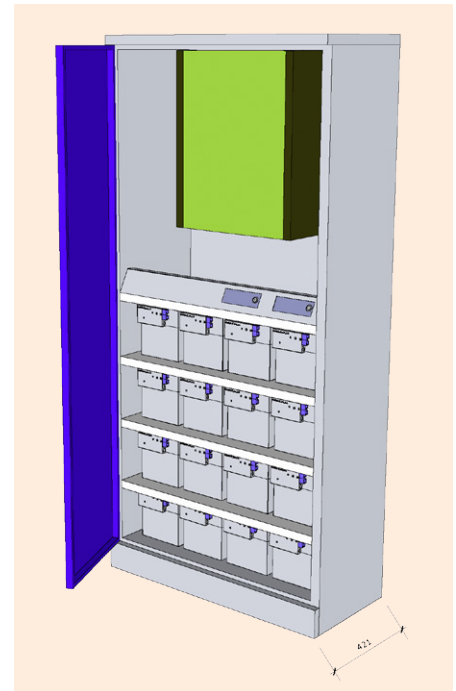
Solchen Unwägbarkeiten zum Trotz: Die Idee des 2nd-Life-Speichers ist bestechend,

und je nach Veränderung der Rahmenbedingungen kann sie sich auch wirtschaftlich als sehr attraktiv erweisen. Nicht von ungefähr arbeiten viele Forscher im In- und Ausland an entsprechenden Konzepten. Vattenfall, BMW und Bosch zum Beispiel planen in Hamburg zurzeit einen 2nd-Life-Speicher mit einer Kapazität von zwei MWh, in den über 100 gebrauchte Batterien von Elektroautos verbaut werden sollen. Der Speicher ist gross genug, um 30 Vier-Personen-Haushalte eine Woche lang mit Strom zu versorgen. Die Projektpartner rechnen damit, die eingesetzten Batterien während zehn Jahren und 4000 Zyklen betreiben zu können.

## Die Katze nicht im Sack kaufen

Ob diese Prognose zur Lebensdauer realistisch ist, muss sich zeigen. Wie lange das «zweite Leben» von Batterien aus der Elektromobilität dauert, ist nämlich noch ungeklärt. Die Herstellerangaben zur Lebenszeit der Batterie sind nur bedingt aussagekräftig, da sie unter Laborbedingungen gewonnen wurden, die die realen Einsatzbedingungen nur unzureichend abbilden.

dreifels will mit einem geeigneten Geschäftsmodell dafür sorgen, dass Nutzer von



2nd-Life-Batteriespeicher der Firma dreifels mit 16 Batteriemodulen, einer Speicherkapazität von 12 kWh und einer Lade-/Entladeleistung von 10 kW. (Bild: dreifels)

2nd-Life-Speichern nicht die Katze im Sack kaufen. Die Firma bietet den Kunden einen Wartungsvertrag an, der sicherstellt, dass defekte Zellen im 2nd-Life-Speicher kontinuierlich ausgetauscht werden. Das ist technisch problemlos machbar, weil sich der Zustand von Speichern dank Fernüberwachung jederzeit exakt eruieren lässt. Mit einem solchen Wartungsvertrag erhalten 2nd-Life-Speicher dann praktisch das ewige Leben. ■

Weitere Informationen:  
[www.2000-watt.bs.ch](http://www.2000-watt.bs.ch),  
[www.fhnw.ch/habg/iebau](http://www.fhnw.ch/habg/iebau), [www.insitu.ch](http://www.insitu.ch),  
[www.dreifels.ch](http://www.dreifels.ch)

Auskünfte zu dem Projekt erteilt:  
 Dr. Dominik Keller  
 Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt  
 Projektleiter 2000-Watt-Gesellschaft –  
 Pilotregion Basel, Tel. 061 639 23 20.

\* Benedikt Vogel, Dr. Benedikt Vogel (BV), im Auftrag des Amtes für Umwelt und Energie Basel-Stadt