

Stand: 10. Dezember. 2019

# FAQ Technik

## 1. Wieso Stahlspeicher?

Unser Team integriert zum Teil **seit über 30 Jahren Erneuerbare ins Energiesystem** - angefangen von den allerersten PV-Anlagen in den 80ern über den ersten börsennotierten Solarhersteller (SOLON) bis zum ersten Integrator von Batterien (Younicos).

Als wir (in einer Vorgängerfirma von Younicos) **2005 angefangen haben über Speicher nachzudenken**, war schnell klar, dass Batterien sehr wichtig werden, um kurzfristig das Stromnetz zu stabilisieren. Aber auch, dass sie – selbst bei riesigem Preisverfall - nie günstig genug werden, um richtig große Mengen Energie zu „schieben“.

Wir haben deshalb **gezielt nach einem extrem günstigen und effektiven Speichermedium gesucht – und Stahl gefunden**.

## 2. Warum thermische Speicher?

Elektrochemische Speicher, also **Batterien**, sind extrem vielseitig und können viele wichtige Systemaufgaben von Kohle- und Gaskraftwerken übernehmen. Sie sind schon fast filigran.

Aber das macht sie leider auch **vergleichsweise teuer**. Neben dem Lithium und der Batteriezelle braucht es noch viel Leistungselektronik, Software, Klimaanlage und sonstiges Drumherum. Das kostet einfach Geld. Wir glauben zwar auch, dass Batterien noch viel billiger werden, aber **thermische Speicher sind heute schon um eine ganze Größenordnung, also den Faktor 10 billiger** – obwohl sie noch gar nicht in großen Mengen hergestellt werden.

Thermische Speicher sind außerdem **robuster und halten viel länger – zum Teil bis zu 40 Jahre und unbegrenzt vielen Zyklen**. Auch das macht sie günstiger.

Der **thermische Sektor verursacht** in Deutschland **außerdem aktuell über die Hälfte des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes – allein 25% nur durch Prozesswärme für die Industrie**. Insgesamt werden in Deutschland **2/3 der Energie als Wärme benötigt** – zum **Heizen** und für **warmes Wasser**, aber auch für **viele industrielle Anwendungen**. Denn heute „gewinnen“ wir diese Energie, indem wir Gas oder Kohle verbrennen. Das geht nicht mehr, wenn wir die Erderwärmung auch nur einigermaßen begrenzen wollen.

Wind und Sonnenenergie sind nicht nur sauber, mittlerweile sind sie sogar billiger als Kohle, Öl und Gas – aber sie fallen eben als Strom an – und deswegen sind sektorenkoppelnde Speicher besonders gut geeignet, sie in unser Energiesystem zu integrieren.

### 3. Wozu wird die Wärme genutzt?

Mit der hohen Betriebstemperatur lassen sich zudem **effizient Dampfturbinen** antreiben, die aus der Wärme auch wieder Strom machen.

Dabei bleiben 80-120°C „übrig“. Ideal für die CO<sub>2</sub>-freie, netzdienliche Versorgung **Nah- und Fernwärmeversorgung** von Industrie und Kommunen.

Ein hoher Anteil des deutschen Wärmebedarfs besteht in **Prozesswärme**. Wir ermöglichen also mit unserem Hochtemperatur-Speicher aktiv die Dekarbonisierung des Prozesswärmebedarfs von Schlüsselindustrien indem wir bis zu 500°C „Prozesstemperatur“ bereitstellen, also Hochtemperatur-Wärme, für die ansonsten Erdgas verbrannt werden muss und klimaschädliche Emissionen entstehen.

### 4. Welche Rolle können Stahlspeicher im Energiesystem haben?

**Sonnen- und Windenergie fällt tendenziell in „Wellen“ an.** Mal gibt es sehr viel, dann wieder weniger. Ganz grob: Auf 100% Erneuerbare hochgerechnet, sind die „Spitzen“ 3-4 höher als der Strombedarf. Danach folgt meist eine 3-4 so lange Phase mit weniger sauberer Produktion.

Je mehr Wind- und Solaranlagen gebaut und in das System integriert werden, umso höher wird der Bedarf, diese sehr variabel anfallende Menge an Energie vor Ort zu nutzen.

**Netzausbau hilft da kaum** - denn das bloße räumliche Verschieben von Energie (so wichtig er ist) hat Grenzen. Dafür sind die Spitzen einfach zu hoch – und fallen obendrein auch noch viel zu „gleichzeitig“ an

Wir brauchen aber, wie gesagt, die meiste Energie aber gar nicht als Strom. Deshalb ist es sinnvoll die „**Stromspitzen**“ zu nutzen um **kontinuierlich Wärme (oder Kälte) zur Verfügung zu stellen.**

Die Alternativ wäre den Strom „abzuregeln“, also wegzuwerfen. Das ist nicht nur teuer, sondern auch schlicht unnötig.

### 5. Warum Stahl?

Dafür gibt es viele gute Gründe.

Erstens lassen sich mit Stahl, dank seiner **Robustheit** und hohen **Dichte, sehr hohe Temperaturen** speichern, und ein **hohes „Temperaturgefälle“** erzielen. Physiker\*innen sprechen von „**Delta T**“. Warum ist das wichtig?

Mit einem hohen Temperaturhub lässt sich **viel Energie auf kleinem Raum speichern.**

Stahl hat aber noch weitere, wichtige Vorteile. Anders als Steine, Keramik oder Beton **trägt Stahl sich selbst**. Das spart zu einem eine zusätzliche **tragende Konstruktion**. Vor allem aber ermöglicht es unser **Speicher sehr durchlässig zu bauen**. Aufgrund der **guten Wärmeleiteigenschaften von Stahl verteilt sich außerdem die Energie sehr gut im Stahl**.

So können wir **leicht viel Energie in den Speicher** (oder auch wieder hinaus) **bekommen**. Weil der Fluss (Durchsatz) so hoch ist, benötigen zum Laden (oder Einladen) wir auch ein viel geringeres Delta T. Damit können wir **viel mehr praktisch nutzbare Energie speichern**. Das spart Platz – und vor allem Kosten.

Ein Beispiel: mit einer Heiztemperatur von 480°C machen wir den Speicher 440° warm. Wenn wir wieder entladen, sinkt die Temperatur um weitere 40° auf 400°. Bei Steinen dürfte es – für die gleiche Leistung – ca., 1200° benötigen, um auf 800° zu kommen – und beim Entladen blieben dann nur 400° übrig.

Wie dieses Beispiel zeigt brauchen wir (für ein gegebenes Temperaturniveau) außerdem eine viel geringere Eingangstemperatur. Damit können wir **sehr günstige Heizelemente** verwenden. Denn: Heizungen, die „nur“ 750°C „können“ sind **10-20mal billiger** als Heizungen die 1400°C und mehr bereitstellen.

**Zudem „skaliert“ Stahl, bzw. unsere Technologie extrem gut**. Alles was wir brauchen – Stahl, Heizung, Dämmung, Turbinen - ist **industriell normiert, bewährt und standardisiert verfügbar** und muss nicht erst „erfunden“ werden. Das ist ein großer Unterschied zu Batterien, aber auch zu Wind- und Solaranlagen. Zudem ist Stahl als Rohstoff nicht umstritten und knapp wie etwa Lithium.

Schließlich „hält“ der Stahl extrem gut. Wir gehen von einer **„Lebenszeit“ von mindestens 40 Jahren** für unsere Systeme aus. Wenn nicht mehr. Und er erfordert extrem niedrige Betriebskosten (OPEX).

Und das Beste: **Am Ende ist der Stahl ja immer noch da – und damit mindestens 40% der Investitionssumme - und kann beliebig recycelt werden**.

## 6. Ist das nicht schwer zu dämmen?

Überhaupt nicht.

**Die Isolation ist relativ einfach, effektiv und kostet wenig**. Denn grundsätzlich gilt: Wärme lässt sich eigentlich gut speichern, aber schlecht transportieren, während Strom (der „fließt“ ja schließlich) sich relativ leicht transportieren lässt (bzw. eigentlich sowieso die ganze Zeit in Bewegung sein muss), sich aber nur relativ schlecht speichern lässt.

## 7. Wie effektiv ist das Ganze denn?

**Unser Gesamtwirkungsgrad beträgt 95%** (Batterien haben ca. 80%, und „Power to Gas“ ca. 70%).

Wenn wir nur die Wärme nutzen, ist das logisch: Strom verwandelt sich zu 100% in Wärme (Energieerhaltungssatz!), die Verluste durch „Verdampfen“ lassen sich leicht begrenzen und das System selbst braucht nicht viel Energie.

Wenn wir aber unseren Speicher auch zur Rückverstromung nutzen, wird es etwas kniffliger: **Je nach Wirkungsgrad der Turbine wandeln wir 25% - 35% der Wärme in Strom.** Der Rest der Energie ist nicht weg, sondern bleibt, je nach Auslegung, als **80 - 120°C Wärme** „über“ – genau richtig, um in **Nahwärmenetzen** eingesetzt zu werden, zum Beispiel zur Deckung der **Warmwassergrundlast**.

Genau das nennt man **Sektor(en)kopplung**.

## 8. Was ist der Unterschied zu anderen thermischen Speichertechnologien? Was ist mit Salz? Was ist mit Beton?

Wie gesagt; alle thermischen Speicher sind um etwa eine Größenordnung billiger als elektrochemische, also Batterien.

Aber auch zwischen den thermischen Speichern gibt es Unterschiede: **Beton** ist zwar augenscheinlich etwas billiger, „zerbröseln“ aber unter dem **thermischen Stress**, hat also eine kürzere Lebenszeit, und er hat auch eine wesentlich niedrigere Energiedichte, weshalb ein Betonspeicher für die gleiche Menge an einzuspeisender Energie deutlich mehr Platz benötigt. Auch **Keramik** und **Gestein** zerbröseln tendenziell, was die Luftzirkulation und damit den **Energiedurchsatz zunehmend erschwert**.

Die Materialanforderungen von **salz**-basierten Systemen, z.B. **Korrosionsgefahr**, steigern die Systemkosten. Flüssigsalz hat eine maximale Speichertemperatur von 560°C, was die maximale nutzbare Temperatur aus dem Speichersystem begrenzt. Salzsysteme haben außerdem eine geringere Energiedichte. Das heißt sie benötigen mehr Platz, was sie – zumindest im urbanen Gebiet – teurer und schwerer einsetzbar macht.

## 9. Ist Stahl nicht viel teurer als Gestein, Zement oder Keramik?

Nein. Erstmal nehmen wir Industrie-, nicht Edelstahl. Aber natürlich kostet die Tonne Stahl mehr als die Tonne Beton oder Zement. Aber in eine Tonne Stahl kriegen wir eben auch viel mehr nutzbare Energie (das sogenannte „Delta T“) unter.

Wie? Weil Stahl so robust ist kann man ihn oft mit relativ viel Temperatur „be-“ oder „entladen“. Diesen nutzbaren Temperaturbereich zwischen der Maximal-Temperatur und

der Temperatur untern die man den Speicher nicht fallen lässt, nennt man „Arbeitstemperaturhub“. Mit Stahl lässt sich über eine fast unbegrenzte Zeit ein sehr hoher Arbeitstemperaturhub, fahren. (Wenn man dagegen Steine auf 800°C aufheizt und dann zu weit runterkühlen lässt sind zerbröseln sie sofort).

Außerdem ist der Restwert des Systems viel höher. Am Lebensende unseres Speichers bleibt ja der Schrottwert übrig. Und der wird schon bei der Finanzierung mitgerechnet.

## 10. Was ist der Unterschied zu Batterien?

Die Komplexität und damit der Preis.

Akkus sind elektrochemische Speicher, unser Speicher ist ein thermischer Speicher.

**Akkus sind zwangsweise mit teurerer Leistungselektronik** verbunden. Unsere Technologie ist in diese Sinne etwas altmodischer, aber dafür billiger. Sie ist deswegen nicht so gut für die „filigranen“ Aufgaben im Stromnetz: Frequenzregulierung, Spannungshaltung, Blindstromleistung, Schwarzstart etc.– geeignet, aber das braucht sie auch nicht. Dafür gibt es ja Batterien.

Die meiste Energie, die gespeichert werden muss, braucht das filigrane „Florett“ Batterie nicht, für sie reicht der „grobe“, aber eben Metallklotz Stahl – für die Schwerarbeit, quasi.

Wir brauchen also beides. Batterien sind auch wichtig.

## 11. Warum Sektorenkopplung?

Energie ist viel mehr als nur Strom – wir brauchen max.  $\frac{1}{4}$ , vermutlich noch weniger, unserer Energie **wirklich** in Form von Strom – für Computer, sonstige **Elektronik und Licht**. Ein weiteres Viertel der Energie benötigen wir für Transport. Und von der stationären Energie wiederum brauchen wir eigentlich  $\frac{2}{3}$  als Wärme.

Erneuerbare Energien fallen aber hauptsächlich als Strom (Wind und PV) an. Biomasse und Geothermische Energie sind auch wichtig, aber einfach viel begrenzter verfügbar. Deswegen werden heute und auch **zukünftig bis zu 80% der EE direkt als Strom gewonnen**.

Wenn aber **Strom quasi „Primärenergie“** wird, muss das „Nebeneinander“ der Sektoren aufhören. Die saubere Energie muss effizient durch und zwischen den Sektoren hin und her fließen – wie Wasser, das einen Berg hinabfließt und dabei möglichst viele „Mühlräder“ antreibt. Die Sektorenkopplung stellt dafür die richtigen Weichen – bzw. verbindet die „Kanäle“.

## 12. Was passiert mit der Wärme im Sommer?

Heizen müssen wir im Sommer nicht, ja. Aber warm duschen wollen wir trotzdem. Deswegen sorgt auch im Hochsommer eine **Warmwassergrundlast** dafür, dass das Wasser heiß aus dem Hahn kommt. Es gibt also **auch im Sommer einen kontinuierlichen Wärmebedarf**.

Außerdem ist Wärme und **Kälte** (energetisch) eigentlich dasselbe, sprich wir nutzen Wärme, um es kalt zu machen (auch wenn das komisch klingt - das ist der Grund warum es hinter dem Kühlschrank warm ist). Und weil es durch den Klimawandel auch bei uns immer wärmer wird, wird auch Nahkühlung immer interessanter.

**Industrielle Prozesswärme** schließlich braucht es vollkommen unabhängig von der Jahreszeit.

## 13. Wo drückt der regulatorische Schuh?

**Das größte Problem ist, dass die unterschiedlichen Sektoren nicht nur physisch, sondern auch regulatorisch und wirtschaftlich getrennt sind.** Krass formuliert **kostet Strom heute 30 Cent/kWh, aber Wärme 3 Cent/kWh.** Das liegt unter anderem an den **vielen Abgaben auf Strom**, zum Beispiel für den Transport durch die **Netze**. Deswegen zahlen wir – **selbst wenn wir eine „überschüssige“ kWh für 0 Cent aus dem Netz nehmen immer noch ca. 15 Cent an diversen Gebühren.** Auch mit 100% Wirkungsgrad kostet so die thermische kWh 15 Cent.

Und das, obwohl wir dem Gesamtsystem „einen Gefallen tun“, indem wir das Netz entlasten und die saubere Energie sinnvoll nutzen. Das muss sich ändern.

## 14. Wie geht es weiter? Macht ihr jetzt 1000 solcher Projekte?

Nein, **wir haben viel Größeres vor!**

Unsere Stahltechnologie eignet sich besonders, um **richtig große Energiemengen zu speichern.** Nicht nur Megawatt-, sondern **Gigawattstunden!** Man fängt aber nicht mit so einem Riesenspeicher an.

Deswegen gehen wir schrittweise vor: Der Demonstrator an der HTW in Schöneweide hat **500 kWh**, das Projekt am Bottroper Weg hat schon **2,5 MWh**. Die nächsten geplanten Speicher sollen **40 MWh** und dann sogar **500 MWh** und **1,4 GWh** groß werden.

### 15. Was ist die ideale Größe für diese Technologie?

Wie gesagt: Big is beautiful. Thermische Speicher sind eigentlich eine Giga-Speichertechnologie. **Selbst ein Speicher im GWh-Bereich ist nur ungefähr so groß wie ein Baumarkt.**

Sinnvoll wird es aber bereits im 2-stelligen MWh Bereich – das ist in etwa die Größe einer kleinen Turnhalle.

### 16. Wie groß ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Stahlspeichern?

Gering: **Unsere Speicher können „ihren“ CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in (weit) weniger als einem Jahr zurückbezahlen.**

Bei Verwendung von neuem Stahl aus dem Hochofen (der pro Tonne Stahlerzeugung 2.000 kg CO<sub>2</sub> benötigt) läge unser Fußabdruck bei nur 44 kg CO<sub>2</sub> pro kWh-Speicherkapazität.

Ab wann spart dann der Speicher CO<sub>2</sub>? Das hängt natürlich damit zusammen was man ansonsten nutzen würde um Energie, bzw. Wärme zu erzeugen. Gerechnet gegen vergleichsweise CO<sub>2</sub>-armes Erdgas, das ca. 0,2 kg CO<sub>2</sub> pro erzeugter kWh Wärme freisetzt, amortisiert sich der Speicher bereits nach 220 Zyklen, bzw. (bei einem Zyklus pro Tag) 220 Tagen.

Zudem **nutzen wir wiederverwerteten Stahl aus Elektrostahlwerken**, dessen Erzeugung nur ein Fünftel sowie Emissionen freisetzt wie „neuer“ Stahl aus dem Hochofen. **Unsere Speicher zahlen ihr CO<sub>2</sub> also in nur 44 Tagen zurück.**