



## Webinar „Energiesysteme für Flurförderzeuge auf dem Prüfstand“

- Dienstag, 28.09.2021 -

### Q&As

#### Fragen zur Blei-Säure-Batterie

**Das Recycling einer Blei-Säure-Batterie kostet Energie, aber die Batterie erhält eine zweite Lebensdauer. Kann ein Li-Ionen-Akku recycelt werden?**

Zum einen haben Li-Ion-Batterien eine vielfache Lebensdauer, i. d. R. mindestens doppelt so lang, und somit erfolgt ein Bedarf zum Recycling viel später. Zusätzlich ist es so, dass die Definition des "EOL" (End-of-Life) in unseren Fahrzeugen nicht damit gleichzusetzen ist, dass die Batterien/Zellen nicht weiter nutzbar sind. Vielmehr können diese in entsprechenden Produkten (z. B. Energiespeicherung) weiter genutzt werden. Unter dem Strich: Die Lebensdauer ist um ein Vielfaches länger und auch bereits heute werden Li-Ion Batterien recycelt.

**Li-Ion-Batterien besitzen ein BMS mit Balancer. Wäre eine Optimierung von Blei-Säure-Batterien mit einem BMS+Balancer möglich? Das würde zumindest das Problem des Auseinanderdriftens der Zellenspannungen und damit die Gesamtverfügbarkeit durch die Reihenschaltung drastisch verbessern.**

Eine Optimierung kann durchaus möglich sein. Zu hinterfragen sind der Aufwand und Nutzen. Die Blei-Säure Batterie müsste um die Steuerungs- und Leistungselektronik ergänzt werden, damit die PzS-Zellen balanciert werden. Mit einer Ausgleichladung kann ja bereits selbiges erfolgen.

**Könnte die Temperatur (Arbeiten im Freien unter Sonnenlicht) die Leistung der Batterie beeinflussen? Was ist die beste Wetterlage?**

Die allgemeingültigen technischen Daten basieren auf einer Batterie-/Zelltemperatur von rund 25°C. Abweichungen zu höheren und tieferen Temperaturen können die Leistungsdaten, wie z. B. die Ladeleistung, beeinflussen. In Bezug auf den Außeneinsatz stellt sicher dieser in der Regel so dar, dass keine direkte Sonneneinstrahlung auf die Batterie erfolgt und diese zusätzlich zur Fahrzeugnutzung erhitzt. Aus diesem Grund stellt der Außeneinsatz in der Regel kein Problem dar.

#### Fragen zum Thema "Einsatz unter dem Gefrierpunkt"

**Haben Sie einen Gabelstapler mit Brennstoffzellen für den Außeneinsatz bei Temperaturen bis -30 Grad Celsius?**

Der Einsatz einer Brennstoffzelle bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ist möglich. Dafür benötigt es jedoch ein entsprechend konfiguriertes Flurförderzeug sowie auch ein passendes BRM-System. Das Parken und Abstellen des Fahrzeugs im Außenbereich ist hingegen nicht empfohlen, da ggf. das Prozesswasser an den Stacks oder im Entfeuchter friert.

**Ist Li-Ionen-Technologie für TK -24C geeignet?**

Die Li-Ion-Technologie kann in Abhängigkeit der Batteriekapazität bei Temperaturen von bis -20°C eingesetzt werden. Zu beachten ist hierbei, dass stets die größte verfügbare Kapazität eingesetzt wird und sich die Ladezeiten verlängern.



### **Wie funktionieren Lithium-Batterien bei -22 Grad Celsius?**

Die Li-Ion-Batterien verlieren im Tiefkühleinsatz einen Teil der Batteriekapazität und die Ladezeit verlängert sich aufgrund der niedrigen Temperaturen. Aus diesen Gründen ist zu beachten, dass stets die größtmögliche Li-Ion-Kapazität im Tiefkühleinsatz verwendet wird.

### **Kann auch die Blei-Säure-Batterie unter null Grad Celsius verwendet werden?**

Die Blei-Säure-Technologie wird heute bereits im Tiefkühleinsatz genutzt. Der Einsatz verkürzt die Lebensdauer und weitere Punkte, wie z. B. eine abweichende Ladekennlinie, sind zu unter anderem zu beachten.

### **Fragen zur Li-Ion-Technologie**

**Im Moment sehen wir einen ziemlich großen Nachteil von Li-Ionen-Batterien im Charging-Prozess. Egal wie sicher das System ist, es besteht immer die Gefahr, dass die Batterie brennt. Und wenn es anfängt zu brennen, gibt es keine wirkliche Möglichkeit, es zu löschen. Daher können die infrastrukturellen Anforderungen ziemlich teuer sein.**

Nein, insofern zu der Li-Ion-Batterie das zugeordnete Ladegerät genutzt wird, ist der Ladevorgang sicher. Aus diesem Grund erhalten Sie im Markt auch stets nur "Paare" aus Batterie und Ladegerät. Denn damit ist gewährleistet, dass nicht falsch geladen wird. Hinzu kommt, dass die Li-Ion-Batterie dem Ladegerät mitteilt, wie der Ladevorgang erfolgen soll. Werden Grenzbereiche erreicht bzw. liegen diese vor, wird die Ladung entweder nicht gestartet oder unterbrochen.

**Das Laden eines Li-Ions erfolgt, wenn Mitarbeiter ihre Arbeit unterbrechen. Verursacht das schnelle Laden des Akkus nicht eine enorme Spitzenlast im Netzwerk? Welche Lösung gibt es dafür?**

Jedes STILL Li-Ion-Ladegerät verfügt über einstellbare Optionen zur Ladeleistungssteuerung ab Werk, d.h. damit kann der Gesamtenergiebedarf der Li-Ion-Ladegeräte gesteuert werden und Spitzen vermieden bzw. gar aufgelöst werden.

**Das Problem mit den Li-Ion-Batterien bleibt das Feuer, die Verbrennung ist nicht aufzuhalten. Wie können wir die Versicherungen davon überzeugen, dass dieses Risiko gering ist? Was sind die Mittel zur Bekämpfung des Feuers?**

Die Erfahrung zeigt, dass ein Vorstellen der Technologie, Aufbau der Batterie und des Sicherheitssystems hilfreich ist, um das Verständnis zu fördern. Hinzu kommt, dass die Li-Ion Technologie mittlerweile weit verbreitet und akzeptiert ist.

**Bei einem 3-Schicht-Betrieb benötigt man bei Li-Ion 8h Ladezeit; wenn Sie sagen, dass man bei 1 h Ladezeit für 3 h Fahrzeit lädt, kann ich damit einen 3-Schicht Betrieb nicht abdecken. Wie erklären Sie das?**

Die Aussage "1h Laden = 3h Fahrzeit" bezieht sich auf den RX20 bei einer Ladeleistung von 9 kW. Hier bewegen wir uns im Rahmen der 48V-Fahrzeuge und ein Ladegerät mit 18 kW Ladeleistung ist auch verfügbar. D.h. 1 h Laden = 6 Fahrzeit. Damit halbiert sich die erforderliche Ladezeit zur übereinstimmenden Fahrzeugverfügbarkeit. Und zur weiteren Verdeutlichung: Die Aussage bezieht sich vor allem auf den Vergleich mit der Blei-Säure-Technologie: 8 h Ladezeit entspricht hier ca. 6 Stunden Fahrzeit.

**On-Board-Ladegerät und die einhergehende Flexibilität schön und gut. Welche Rahmenbedingungen gilt es beim Ladevorgang hinsichtlich der Abstände von brennbaren Materialien zu beachten?**

Die Vorgaben von rund 2,5 m Sicherheitsabstand sind hier nach wie vor einzuhalten - auch bei einem integrierten Ladegerät.



### **Wie entsorgt man einen Lithium-Ionen-Akku in Zukunft?**

Li-Ion Batterien sind in Europa an den Hersteller zurückzugeben bzw. seitens diesem zurückzunehmen.

### **Begibt sich der FFZ-Betreiber in eine gewisse Abhängigkeit vom FFZ-Hersteller beim Li-Ion-Einsatz ? Oder sind frei beschaffbare Li-Ion-Akkus kompatibel zu z. B. STILL FFZ?**

Im Gegensatz zur Blei-Säure Batterien sind zu Li-Ion-Batterien weder Normen noch übereinstimmende Charakteristiken im FFZ-Einsatz vorhanden. Um die Sicherheit im Betrieb zu gewährleisten gilt die CE ab Werk seitens STILL für die von uns verfügbaren Li-Ion-Batterien.

### **Vielen Dank für diese interessante Präsentation. Wie können wir die Lithium-Langlebigkeit über 10 Jahre mit nur einigen Jahren Feedback mit dieser Technologie sicherstellen?**

Die Batterien und Zellen sind und werden in sogenannten "Lebensdauertests" unterzogen, d.h. verkürzt wird eine 10-jährige Nutzung im Dauerbetrieb durchgeführt. Damit gewährleisten wir den Einsatz. Hier sei auch noch einmal erwähnt, dass nach unserem Einsatz die Batterie bzw. Li-Ion-Zelle für andere Einsätze genutzt werden kann.

### **Wie ist es um den Einsatz von Li-Ion-Batterien in warmen Umgebungen bestimmt? Beispielsweise in einer Glasfabrik, in der sich ein 1600° Celsius-Ofen in der Nähe befindet.**

Der Temperatureinsatzbereich ist vergleichbar mit dem einer Blei-Säure Batterie. Allerdings kann in Abhängigkeit der Batterievariante eine Leistungsreduzierung über Batterietemperaturen von über 50°C erfolgen.

### **Können Li-Ion-Batterien durch andere Batterien oder Energiesysteme ersetzt werden?**

Ein Teil unseres Produktportfolios kann technologieübergreifend genutzt werden, d.h. das Fahrzeug erkennt die Batterietechnologie und setzt automatisch die Parameter um. Möglich ist dies u.a. beim RX20 und RX60.

### **Sind Wagen & Schlepper mit Li-Ion-Batterien verfügbar?**

Das STILL Produktportfolio ist nahezu vollständig, wenn auch einzelne Varianten noch in Arbeit sind. Zum Großteil ist das Wagen/Schlepper-Portfolio mit Li-Ion verfügbar.

### **Für den Zeitraum der Lebensdauer eines Li-Ion-Akkus, worauf sollte man da jetzt zum Beispiel als Logistikleiter achten, wenn man in Energiesysteme investieren oder diese umrüsten möchte?**

Man sollte die Transportprozesse genau analysieren, um die wirklich benötigten Energiekapazitäten exakt zu ermitteln und dann bedarfsgerecht steuern zu können. Zudem heute in Fahrzeuge investieren, die so ausgestattet sind, dass sie in Zukunft auch ein Wechsel des Energieträgers ermöglichen. Des Weiteren sollte man darauf achten, dass die Schnittstellen von Fahrzeugen, Batterien, Ladegeräten und der Steuerungs-Software optimal aufeinander abgestimmt sind, um dann ein reibungsloses und damit effizientes Zusammenwirken zu realisieren. Es bleibt abschließend zu sagen: Man sollte sich nicht von den zahlreichen Optionen verwirren lassen, denn nicht immer ist die technisch innovativste Lösung auch die für die individuelle Transportaufgabe wirtschaftlich sinnvollste. Daher mein Rat: Lassen Sie sich kompetent beraten.

### **Kann man die Lithium-Ionen-Technologie auch bei Temperaturen unter 0 Grad Celsius einsetzen?**

Ja, Sie können unsere orange-leuchtenden Batterien ab Werk auch unter 0 Grad Celsius einsetzen. Es ist möglich.



### **Wie steht es um die Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien? Bedarf es da besonderer Maßnahmen?**

Die Lithium-Ionen-Batterien sind natürlich sicher. Die sind geprüft. Da gibt es Anforderungen, die werden natürlich erfüllt. Man muss immer ein bisschen schauen, dass man bei dem, was man liest und hört, bedenkt, dass nicht eine jede solche Batterie mit anderen vergleichbar ist. Da sind unterschiedliche Zellen, unterschiedliche Sicherheitsmechanismen, unterschiedliche Verpackungen, die dann im Einsatz sind. Und wir profitieren ganz klar davon. Gewicht ist bei uns Trumpf. Wir können einen guten Stahltrug drum herum bauen. Wir können das ganze von außen zum Beispiel vor anderen Fahrzeugen schützen, damit da nichts passiert. Zusätzliche Maßnahmen sind da nicht notwendig. Man kann sich immer an Blei-Säure-Laderegeln halten, was die Abstände und Ähnliches angeht. Dann muss man da keine besonderen Maßnahmen ergreifen, wenn sie einen regulären logistischen Fahrzeugeinsatz haben.

### **Können Fahrzeuge mit Lithium-Ionen-Batterien beliebiger Hersteller geladen werden?**

Da muss man zuerst etwas differenzieren. Lithium-Ionen-Batterien sind ein neues Produkt, nutzen neue Technologien und im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien, gerade einer PZS-Batterie, die immer die gleichen Eigenschaften hat, ist das bei Lithium-Ionen nicht so. Das ist wie mit der Eingangsfrage beim Einsatz in Minus-Temperaturen: Der eine kann es, der andere kann es nicht. Und so hat so eine Batterie mit Lithium-Zellen eine Vielzahl weiterer unterschiedlicher Eigenschaften, die sich auf das Zusammenspiel oder Zusammenwirken von Fahrzeug und Batterie auswirken. Es gibt natürlich Betriebszustände, die kritisch sein können, wenn das nicht abgestimmt und geprüft ist. Das heißt, es gibt da keine pauschale Freigabe oder Möglichkeit, dass man in einem Flurförderzeug jede beliebige Lithium-Ionen-Batterie nutzen kann. Das bedarf immer einer Prüfung und muss technisch evaluiert werden, damit das Ganze auch einfach sicher ist.

### **Eine weitere Frage bezüglich der Energiemenge. Das heißt eine vorgegebene Energiemenge möchte ich nicht überschreiten. Wie könnte ich das sicherstellen? Und können Fahrzeuge dann auch bevorzugt geladen werden?**

Energiemenge möchte ich nicht überschreiten, da geht es wahrscheinlich um die Spitzlast und deren Energiemenge. Da kann ich jetzt nur für unsere Lithium-Ionen-Ladegeräte sprechen. Die haben ab Werk die Konfigurationsmöglichkeit, dass man dem Ladegerät einen Wert einprogrammiert, was es der Steckdose maximal zu einem Moment entnehmen kann. Das heißt, wenn Ihrerseits da vorgegeben wird, diese Steckdose leistet diese Leistung, dann können wir das in das Ladegerät einarbeiten und dann wird diese Energiemenge auch eingehalten. Mit dieser Ab-Werk-Lösung möglich. Bei vielen Kunden haben wir mittlerweile so genannte Power-Ladegeräte/-Ecken. Das heißt, mehrere Ladegeräte sind verfügbar. Einige sind kalendarisch zu einer Uhrzeit leistungsmäßig reduziert aufgrund der Strombelastung und einige sind Power-Ladegeräte. Dort kann natürlich ein bevorzugtes Fahrzeug immer hinfahren und bekommt die maximale Ladeleistung, damit die Fahrzeugverfügbarkeit ganz schnell wieder erreicht wird.

### **Wann wird induktives Laden verfügbar sein?**

Es ist heute schon verfügbar. Zum Beispiel unser Schlepper und unser Routenzugfahrzeug ist heute schon bei Einsätzen induktiv unterwegs. Das heißt, sie haben eine vorgegebene Fahrstrecke. Die wiederholt sich. Das kommt den Routenzugeinsatz sehr zu Gute und dort wird dann induktiv geladen. Im breiten Portfolio ist die Lösung nicht vorhanden und da muss man, wie so häufig, den einzelnen Anwendungsfall prüfen, ob dort induktives Laden Sinn macht. Ist genug Ladezeit, ist genug Ladeleistung da? Macht das wirtschaftlich Sinn? Und dann muss man nochmal schauen, ob man diesen induktiven Weg gehen möchte.

### **Welche Sicherheitsvorkehrungen sind bei der Verwendung von Bleisäure und Li-Ion erforderlich?**

Seitens der Berufsgenossenschaft o.ä. gibt es Stand heute keine expliziten Regeln/Vorgaben zum Thema Li-Ion-Laden. Stand der Dinge ist die Übernahme der Blei-Säure-Vorgaben. Bei Besonderheiten kann im Einzelnen mit dem Versicherer/Sachverständiger Rücksprache gehalten werden.

### **Welches EUCAR Hazard Level hat die Still Lithium-Ionen-Batterie? Sofern es EUCAR Level 5 ist, ist der Einsatz in der Chemischen Industrie zu empfehlen?**



Als ein Industrieprodukt gelten unsererseits keine Automotive-Normen. Die entwickelten Batterien entsprechen der Norm UN 38.3 und erfüllen damit alle relevanten Anforderungen.

**Aber das Lithium ist leider nicht einfach abzubauen und sehr knapp. Dort, wo es abgebaut wird, ist dies sehr schlecht für die Umwelt. Was sagen Sie dazu? Haben Sie Recycling-Lösungen?**

Seit Beginn der Li-Ion-Entwicklung betrachten wir den vollständigen Lebenszyklus der Li-Ion-Batterien. Hierzu bestehen Kooperation mit Lieferanten und Recycling-Unternehmen. Der eigentlich Recyclingfall (Die Batterie/Zelle kann weder in einem Flurförderzeug noch anderweitig weiter eingesetzt werden) ist auf Basis unserer Erkenntnisse erst in 10+ Jahren zu erwarten. Bis dahin kann die Batterie sowohl in Flurförderzeugen als auch in weiteren Verwendungen genutzt werden.

**In Lithium-Ionen-Batterien gibt es neben den Zellen zusätzliche Komponenten, Elektronik, Sicherheitsschutz, CAN-Bus Anbindung. Fallen da Reparaturen an? Gibt es Prüfpflichten?**

Die Li-Ion-Batterien sind auf Basis der UN 83.3 zu erfolgreich zu prüfen. Erfolgt dies nicht, so sind die Li-Ion Batterien in Europa nicht zulässig.

**Gemäß der Aussage Ihrer Moderatoren liegen die Kosten für eine Li-Ion-Batterie etwa 2 – 3-fach über denen ein Pb-Batterie. D.h. bei Anforderung einer Wechselbatterie liegen die Kosten für eine Li-Ion-Batterie nur um rd. 50% über denen einer Pb-Batterie (mit Wechselbatterie). Bei dann angenommener ca. doppelter Lebensdauer sollten somit die Kosten deutlich unter denen einer Pb-Batterie liegen.**

Das ist richtig. Wichtig ist hierbei immer auch die Bezugnahme zur Batteriekapazität und Lebensdauer, die zu berücksichtigen ist.

**Was ist zu beachten, wenn die Li-Ion-Batterie außerhalb vom Fahrzeug geladen wird?**

Im Gegensatz zur Blei-Säure-Technologie gibt es bei Li-Ion keine allgemeingültigen Regeln (z. B. von einer Berufsgenossenschaft). In der Bedienungsanleitung finden sich Vorgaben zur Lagerung von Li-Ion-Batterien. Im Einzelfall kann ein Versicherer oder Sachverständiger lokal weitere Maßnahmen aufrufen.

**Wie sieht es am Ende der Lithium-Batterie aus?**

Seit Beginn der Li-Ion-Entwicklung betrachten wir den vollständigen Lebenszyklus der Li-Ion-Batterien. Hierzu bestehen Kooperation zu Lieferanten und Recycling-Unternehmen. Der eigentlich Recyclingfall (Die Batterie/Zelle kann weder in einem Flurförderzeug noch anderweitig weiter eingesetzt werden) ist auf Basis unserer Erkenntnisse erst in 10+ Jahren zu erwarten. Bis dahin kann die Batterie sowohl im Flurförderzeugen als auch in weiteren Verwendungen genutzt werden.

### **Fragen zur Thema "Brandschutz" bei Li-Ion**

**Wie ist der Brandschutz beim Laden und beim Betrieb von Li-Ion-Batterien umzusetzen?**

Seitens der Berufsgenossenschaft o.ä. gibt es Stand heute keine expliziten Regeln/Vorgaben zum Thema Li-Ion-Laden. Stand der Dinge ist die Übernahme der Blei-Säure-Vorgaben. Bei Besonderheiten kann im Einzelnen mit dem Versicherer/Sachverständiger Rücksprache gehalten werden.

**Was ist bei einer Li-Ion-Batterie im Brandfall zu beachten.**

Die Beachtung beginnt in der Regel früher. Im Fehlerfall oder bei einer Beschädigung (integrierter Schocksensor) erfolgen bereits Informationen via Display und auch Maßnahmen (z. B. Fahrgeschwindigkeitsreduzierung, Stopp). Erfolgt dies, können zuvor definierte Abstellplätze helfen bis der STILL Service eine Analyse durchführt. Im Fall eines Brandes ist Wasser zur Kühlung einzusetzen.



### **Was ist mit der Sicherheit der verschiedenen Batterietypen im Brandfall?**

Die Li-Ion-Batterie verfügt über eine Vielzahl von Sicherheitssystemen, wohingegen die Blei-Säure weder gesichert noch in irgendeiner Form geschützt ist. Im Brandfall zeigt sich, dass z. B. die Li-Ion-Batterie ein Vielfaches an Zeit erfordert, bis bei dieser Flammen aufgrund einer externen Erwärmung zu erkennen sind. Bei der externen Zuführung von Energie an einer Blei-Säure zeigt diese frühzeitig "Flammen" auf. Hintergrund ist bei der Li-Ion-Batterie z. B. die Trogkonstruktion mit einem 25 mm dicken Stahltrug.

### **Wie beurteilen Sie das Risiko bei Li-Io-Batterien bzgl. Brennbarkeit, Löschbarkeit?**

Im Rahmen von Sicherheitsmaßnahmen ist eine Li-Ion-Batterie ein Vielfaches sicherer als eine Blei-Säure-Batterie (Keine Schutzeinrichtungen). Im Rahmen der ordnungsgemäßen Nutzung geht von der Li-Ion-Batterie kein Risiko aus. Zur Löschbarkeit ist die Empfehlung Wasser. Im Allgemeinen ist die Empfehlung, dass bei einer Warnmeldung der Batterie (Sichtbar für den Fahrer im Fahrzeugdisplay) z. B. zuvor definierte Abstellplätze genutzt werden, bis der STILL Service die Diagnose stellt.

### **Fragen zum Thema "Ladegeräte"**

#### **Ist das Ladegerät mit mehreren Modellen und Marken kompatibel?**

Die Li-Ion-Ladegeräte sind übergreifend in der entsprechenden Spannungsklasse nutzbar.

#### **Wie hoch sind die Ladegeräte der Li-Ion-Batterie abzusichern, ebenfalls 16/32 A?**

Das Ladegerät-Angebot reicht von 16A, über 32A, und als größtes Ladegerät bis zu 63 A.

### **Fragen zur Thema "Brennstoffzelle"**

#### **Brennstoffzelle: Wo wird das "Abfallprodukt" Wasser entsorgt?**

Das sog. Prozesswasser verdampft bei kleineren 24V-Systemen in der Luft (Wasserdampf). Bei 48/80V-Systemen wird das Prozesswasser während des Tankvorgangs über einen entsprechenden Anschluss aus dem BRM abgesaugt. Hier gibt es zwei unterschiedliche Anschlüsse: RECTUS Typ 25 oder 27. Welches System verwendet wird, muss mit dem H2-Infrastruktur-Hersteller abgestimmt werden.

#### **Wasserstoff selbst erzeugen: Wie gut ist hier der Gesamtwirkungsgrad bis hin zum Stapler?**

Hier ist die Frage, wo die Systemgrenze für die Berechnung des Wirkungsgrads gezogen wird. Bei der Betrachtung vom Windrad bis zum Fahrzeug liegt der Wirkungsgrad bei ca. 30-40%.

#### **Ist Brennstoffzellentechnologie gefährlich?**

Nein, die Technologie ist nicht gefährlich. Es gibt Vorschriften und Sicherheitshinweise, die einzuhalten sind. Werden diese ebenfalls wie Bedien-, Service- und Wartungshinweise beachtet, kann die Brennstoffzellentechnologie als sicher bezeichnet werden.

#### **Wie hoch ist die Kapazität der Lithium-Ionen-Batterie in der Brennstoffzellenbatterie? Mehr oder weniger?**

Bei der integrierten Li-Ion-Batterie handelt es sich um eine kleine Pufferbatterie, die permanent von der Brennstoffzelle elektrisch geladen wird und das Fahrzeug mit einem konstanten Energiestrom versorgt. Die Batterie ist von der Kapazität nicht vergleichbar mit einer "normalen" Li-Ion-Traktionsbatterie, die das Fahrzeug batterie-elektrisch versorgt.



### **Für welche Anwendungen eignen sich Brennstoffzellen?**

Konstruktiv bedingt empfiehlt es sich eine Brennstoffzelle morgens einzuschalten und abends mit Schichtende wieder abzuschalten. Das heißt, idealerweise läuft die Brennstoffzelle permanent durch, um Energie zu erzeugen, und das sind üblicherweise Anwendungen, die oberhalb der 1000 Betriebsstunden pro Jahr liegen. Das heißt, ideal ist der 2- oder 3-Schichtbetrieb, den so eine Brennstoffzelle gerne aufnimmt.

### **Wie lange kann man denn mit einer Brennstoffzellen-Tankfüllung fahren?**

Bis zu 8 Stunden Fahrt sind möglich mit einer Tankfüllung. Allerdings ist die Situation vergleichbar mit dem Automobilbereich: Ich kann mit dem Auto von Hamburg nach Berlin mit einer halben Tankfüllung oder einer kompletten Tankfüllung fahren. Und so ist es auch bei unseren Flurförderzeugen. Es kann sein, dass ich bis zu 8 Stunden durchfahren kann. Wenn ich allerdings viele Rampen fahre und viel hebe oder stark beschleunige, dann kann sich die Fahrzeit auch auf 4-5 Stunden reduzieren. Man kann es nicht präzise sagen. Das ist immer eine Analyse des Arbeitsspiels und dann kommt man doch relativ schnell zu der Einsatzdauer, die eine Brennstoffzellen-Tankfüllung ermöglicht.

### **Welche Fahrzeuge sind denn mit Brennstoffzellen verfügbar?**

Derzeit sind wir leider noch weit entfernt von einem Brennstoffzellen-Massenmarkt. Wir befinden uns eher in der Phase des Markt-Hochlaufs. Das heißt, noch nicht alle Fahrzeuge sind mit einer Brennstoffzelle verfügbar. Mit den Fahrzeugen aus den Bereichen der Gegengewichtsstapler, Niederhubwagen, Hochhubwagen, Kommissionierer, Schlepper und Schubmaststapler decken wir rund 80-90% der eingehenden Kundenanfragen zu Fuel Cell ab. Wenn es eine konkrete Frage gibt, wäre meine Empfehlung: reichen Sie eine Anfrage ein. Wir prüfen das, denn nicht für jedes Fahrzeug macht eine Brennstoffzelle Sinn. Man sollte oberhalb der 1000 Betriebsstunden liegen, so dass das Fahrzeug permanent im Einsatz ist. Handgeführte Fahrzeuge mit einer Brennstoffzelle auszurüsten würden wir Stand heute nicht empfehlen. Die Empfehlung wäre also eine Anfrage zu stellen, und wir prüfen das individuell für Ihren Einsatzzweck und Ihre Anwendung.

### **Wie sieht es bei der Brennstoffzelle im Bezug auf Sicherheit aus?**

Die Brennstoffzelle ist ein sicherer Energieträger, sonst würde sie in Europa nicht zugelassen werden. Da gibt es Sicherheitsvorschriften und Regularien, die ein Battery-Replacement-Modul erfüllen muss. Das tut es. Und auch die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Modul ist sicher, sowie der Betankungsprozess. Das ist ein geschlossenes System, da entweicht auch kein Wasserstoff. Obwohl man sich im Umgang mit Wasserstoff klar sein muss, dass es sich um ein leicht entzündliches Gas handelt. Deswegen gibt es auch die sogenannten Ex-Schutz-Zonen im Betankungsbereich und bei der Installation einer Wasserstoff-Infrastruktur auf dem Werksgelände die örtlichen Regularien und Vorschriften, die eingehalten werden müssen.

### **Noch eine Frage zum Brennstoffzellen-Thema: Bietet STILL auch die Errichtung von Wasserstoff-Infrastrukturen an?**

Da kann ich ein ganz klares Nein vermelden. STILL bietet keine Installation von Wasserstoff-Infrastrukturen an. Die DNA von STILL ist es, intralogistische Prozesse zu gestalten, zu optimieren, zu versorgen sowie Service zu leisten. Natürlich schauen wir auch im Rahmen von unseren Fahrzeugen nach links und rechts, was den Energieträger angeht. Bei Blei-Säure und Lithium-Ionen haben wir eher geschlossene Systeme, relativ leicht zu handhaben. Bei der Wasserstoff-Technologie ist es so, dass wir ein flüchtiges und entzündliches Gas haben, welches speziellen Umgang erfordert. Es gibt Marktteilnehmer, die das Thema Gashandling perfekt beherrschen und wann immer es zu einem Kundenprojekt kommt, dann holen wir uns den richtigen Partner an Bord, damit dann die Infrastruktur abgestimmt auf unsere Fahrzeugflotte umgesetzt werden kann.



### **Wo kann man denn die passenden Dispenser erwerben?**

Es gibt zahlreiche Anbieter auf dem Markt, die Wasserstoff-Infrastrukturlösungen anbieten. Als Beispiel seien genannt: Linde Gas, Air Liquide, Air Products, Westfalen Gas, Rhein Gas, Plug Power, etc.

### **Kann man nicht ein herkömmliches Flurförderzeug mit einer Brennstoffzelle anstelle einer Blei- oder Li-Ionen-Batterie betreiben?**

Ein Fahrzeug bzw. eine Baureihe wird bei STILL immer für die Aufnahme einer Brennstoffzelle separat qualifiziert. Dabei werden kleine mechanische und elektrische Anpassungen vorgenommen, so dass das BRM aufgenommen werden kann. Damit ist das Fahrzeug "Fuel Cell-ready". Nun kann der Kunde entscheiden, ob eine Bleisäure-Batterie oder eine Brennstoffzelle ins Fahrzeug integriert wird. Der tägliche Wechsel der Systeme ist nicht empfehlenswert. Ein BRM benötigt lediglich die Zuführung von Wasserstoff und muss nicht aus dem Fahrzeug entfernt werden.

### **Wie viel Wasserstoff pro Tank? Und mit welchem Druck?**

Der Tankinhalt beträgt je nach Brennstoffzellen-Modell zwischen 0,78kg und 1,8kg Wasserstoff. Der Druck beträgt 350 bar.

### **Wie wird die Gefahr einer Explosion gedämpft?**

Es gibt verschiedenste Sicherheitsanforderungen, die durch technische oder organisatorische Maßnahmen erreicht werden können, wie z.B.

Vermeidung der Entstehung explosionsfähiger oder erstickender Atmosphäre, durch Dichtheitüberwachung (Gassensoren) und Lüftung,

Vermeidung von Zündquellen, Sicherheitsabständen, mechanischen Schutzmaßnahmen (Brandschutzmauern, Zugangsbeschränkungen, Anfahrerschutz), Vermeidung von Brandlasten, Lärmschutz, persönliche Schutzausrüstung.

Diese werden in einer Sicherheitsbetrachtung/HAZOP (Hazard and operability study) untersucht und entsprechende Maßnahmen getroffen.

Technische Sicherheitsmaßnahmen an der H<sub>2</sub>-Infrastruktur:

Gaswarnanlage

Brandmelder

Aufschaltung auf Brandmeldezentrale

Not-Aus-Schalter

Potenzialausgleich

Blitzschutz

Hallenlüftung

Abreißkupplung

Weiterhin sollten Verhaltensregeln eingeführt werden, wie z.B. kein offenes Feuer, kein Rauchen in der Nähe der H<sub>2</sub>-Infrastruktur und des Flurförderzeugs.

### **Aber für die Standzeiten kann man doch eine Ersatz-Brennstoffzellen-Kiste vorhalten, die man dann in das Fahrzeug schiebt.**

Ja, wenn eine Brennstoffzelle für die Wartung aus dem Betrieb genommen werden muss, kann man alternativ eine Ersatz-Brennstoffzelle nutzen, um die Standzeit des Fahrzeugs zu minimieren.





## **War Gas schließlich bei allen Kriterien besser? Ist Wasserstoff so effektiv wie Gas?**

Der Vorteil von Wasserstoff gegenüber Gas (z. B. Propan-Mischung) ist, dass keine schädlichen Emissionen bei der Nutzung/Verbrennung entstehen. Somit ist der Vergleich in Bezug auf Effektivität nicht richtig, da die Zielsetzung ist, CO<sub>2</sub> und weitere schädliche Emissionen zu vermeiden.

## **Weitere Fragen**

### **Ich habe von CSM-Batterien gehört - Copper Stretch Metal. Wird diese Technologie von Still untersucht? Können Sie weitere Informationen zu diesem Thema mitteilen?**

Neue Batterietechnologie ist heute im starken Entwicklungsfokus und daher sind zahlreiche Neuentwicklungen und einzelne Produkte verfügbar. Im Rahmen von etablierten und breit verfügbaren Li-Ion-Zellen sind NMC, LFP und NCA zu nennen. Diese sind im Serienprozess heute im Einsatz. Morgige Technologien werden unsererseits stetig zum Einsatz in der Intralogistik betrachtet.

### **Sie haben nicht über Lebenszyklus-Analyse der Batterien, Umweltauswirkungen der Gewinnung von Metallen und Ressourcen in diesen Metallen gesprochen. Schließlich haben Sie die Frage des Recyclings nicht angesprochen.**

Hierzu gibt es zahlreiche Untersuchungen und Reports. Hierbei ist stets der Rahmen der Analyse zu berücksichtigen: Wo beginnen und enden die Wertschöpfungsmerkmale? Welche Annahmen werden getroffen, um z. B. die Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Im Allgemeinen zeichnet sich ab, dass es in den Studien eine Vielzahl von Annahmen und damit auch abweichende Ergebnisse gibt.

### **Sind die STILL-Batterien und Brennstoffzellen zwischen ALLEN Fahrzeugen der STILL-Reihe frei austauschbar? Gibt es einen standardisierten Steckplatz und Stecker?**

Nein, jedes Fahrzeug hat einen fahrzeugspezifischen Batteriebauräum. Eine Batterie zeichnet sich immer durch ein bestimmtes Gewicht und definierte Maße ab. Die Steckverbindungen können marktgängigen Lösungen entsprechen.

### **Bietet STILL komplette Systeme zur Energieerzeugung im Lager und zur Verwaltung dieser Energie (zusätzlich zu den Fahrzeugen) an?**

Stand heute beinhaltet unser Produktportfolio Fahrzeuge, Batterien und Ladegeräte. Darüber hinaus sind keine Produkte von STILL verfügbar.

### **Wie sieht es mit dem Rohstoff-Recycling aus?**

Wir haben da heute eine neue Technologie und da sind auch Rohstoffe drin, die einfach kritisch zu betrachten sind. Aber wir sind noch an einem sehr frühen Zeitpunkt in dieser Technologieentwicklung. Und wir sehen auch an den letzten Jahren, dass nicht nur die Preise sich verändern, sondern auch die Zusammensetzung der Zelle. Das heißt, kritische Rohstoffe werden reduziert und zeitgleich verbessern sich Leistungsparameter. Das bezieht sich auf die Rohstoffe, das heißt, wir wissen noch gar nicht wie die Batterietechnologie oder -chemikalie von morgen aussieht. Die kann schon komplett anders aufgestellt sein, quasi rohstoffmäßig sehr gut, mit tollen Eigenschaften. Das Thema Recycling ist auch etwas, das parallel neben der Technologiedurchsetzung da ist und nachgearbeitet wird. Also muss man schauen, dass die Stückzahl auf dem Markt, gerade bei Automotive, erst anfängt. Da wächst so ein Thema wie Recycling parallel, wo es Marktteilnehmer gibt, die das schon immer machen und wo es neue Marktteilnehmer gibt. Das sind Sachen, die sind heute kritisch, aber die werden sich über die Technologieentwicklung lösen lassen.



### **Könnten Sie uns einen Hinweis auf Gel-Batterien geben?**

Gel-Batterien sind gasungs- und wartungsfrei. Demzufolge reduzieren diese auch bereits die Betriebskosten im Vergleich zum Blei-Säure Einsatz. Nichtsdestotrotz ist die Nutzung und Ladezeit (+10h) in der Regel sehr umfassend und herausfordernd.

### **Auf der Grafik sehen alle Antriebe/Speichergeräte wie Kästen aus. Kann man also im selben Fahrzeug zwischen FuelCell, Li-ion & Lead Acid wechseln, um sich dem Einsatz (Uhrzeit) anzupassen.**

Jedes Fahrzeug hat einen spezifischen Bauraum zur Aufnahme von Energieträgern. Blei-Säure und Li-Ion-Batterien in den entsprechenden Trögen gibt es für jedes Fahrzeug und jeden Bauraum. Darüber hinaus gibt es bei vielen Fahrzeugen die Möglichkeit, anstatt einer Batterie eine Brennstoffzelle einzusetzen. Während Blei-Säure-Batterien öfters gewechselt werden, verbleiben Li-Ion-Batterien und Fuel Cell-Systeme in der Regel dauerhaft im Fahrzeug und werden dort geladen oder betankt.

### **Wie lang sind die Lebensdauer der drei Batterietypen?**

Die Lebensdauer von Blei-Säure-Batterien beträgt in der Regel 1200-1500 Ladezyklen. Li-Ion-Batterien leisten im Durchschnitt mindestens doppelt so viele Ladezyklen. Hierbei ist bei Li-Ion-Batterien insbesondere die Kapazität zu berücksichtigen, da diese im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien häufig abweicht.

### **Ich habe die Kosten für das Verhältnis kW (Li-On) vs. Wasserstoff (Brennstoffzelle) nicht verstanden. Könnten Sie das bitte wiederholen?**

Eine aus Wasserstoff erzeugte Kilowattstunde ist im Schnitt um den Faktor 5 teurer als eine Kilowattstunde aus Strom.