

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

SCIENCE

Innovative Füge-technologie
Abwärmenutzung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen
E-Bikes in Zügen und Brandschutz
Festigkeitsauslegung
Vertikaldämpfung eines Fahrwerkrahmens

NACHHALTIGE SCHIENENWEGE

Herausforderungen hinsichtlich Konstruktion,
Oberbausystem, Materialverhalten und Einbau

VEGETATIONSKONTROLLE

Forschungsprojekt zur Entwicklung und Bewertung
eines chemiefreien Kombinationsverfahrens

Switch to
**highest track availability
and efficiency**

vossloh
enabling green mobility



Scan code or open vossloh-connect.com to experience a platform which covers all relevant applications that use the power of real-time data and advanced analytics. Ensuring that every service is delivered where it's truly needed – saving time and money.



 vossloh-connect.com

E-Bikes im Zug – mit Batterielösungen soll Mobilität grüner werden – aber zu welchem Preis?

Die starke Fokussierung auf „grüne Mobilität“ unter dem Einsatz von (Lithium-Ionen-) Batterien im Rahmen der Verkehrswende birgt neben Chancen auch Risiken. Besonders die Mitnahme von E-Bikes in Zügen bedarf aus Brandschutzsicht einer umfassenden Risikobetrachtung und einer Sensibilisierung der oft unbedarften Nutzer im täglichen Umgang mit Batterieanwendungen.



Batteriebrände im Rahmen der Elektromobilität – ein (zu selten) beachtetes Risiko

Im Zuge der Verkehrswende muss Mobilität besonders unter Klimaschutzaspekten komplett „neu gedacht“ werden, da sind sich alle einig. Doch die Abkehr von fossilen Energieträgern und die starke Fokussierung auf Elektromobilität birgt neben Chancen auch Risiken, die in der Gesamtbetrachtung nicht ausgeblendet werden dürfen. Innovative Fortbewegungsmittel wie Elektro-Autos, -Roller oder E-Bikes und die rasante Weiterentwicklung neuer Akkutechnologien sind ein zentrales Zukunftsthema der deutschen Automobil- (Zweirad/-) und Zulieferer-Industrie. Getreu dem

alt bekannten Motto „höher, weiter, schneller, besser“ – ist das Ziel, mehr Energie mit weniger Platz und Gewicht bereitzustellen. Dem Mobilitätsgedanken folgend, mag dies auch sinnvoll erscheinen. Doch unter welcher fragwürdigen Prozessen die Rohstoffe teils gewonnen werden und wie sinnvolle Recycling-Lösungen am Ende eines Lebenszyklus dieser Akkus konkret aussehen sollen, bleibt leider oft unbeantwortet. Darüber hinaus stellen besonders die im Alltag genutzten Lithium-Ionen-Batterien (LIB) aufgrund ihres komplexen Brand-Verhaltens ein erhebliches Gefährdungspotenzial dar, über das bislang kaum aufgeklärt wird. Für die öffentliche Sicherheit ist es daher zwingend notwendig, die oft unbedarften



Dipl. Ing. Roger-A. Dirksmeier
Managing Director – Rail Systems, FOGTEC Brandschutz GmbH



Dipl. Ing. René Schilling
Head of Sales – Rail Systems, FOGTEC Brandschutz GmbH
rene.schilling@fogtec.com



Marleen Kötter-Hönnighausen
Head of Marketing, FOGTEC Brandschutz GmbH
marleen.koetter-hoennighausen@fogtec.com



1: Fahrrad am Bahnsteig

Quelle: iStock, Frederik Loewer

Nutzer im täglichen Umgang mit – wortwörtlich „energiegeladenen“ Elementen zu sensibilisieren. Es soll keine Angst geschürt, sondern ein vernünftiges Bewusstsein für die Risikopotenziale geschaffen werden, die die grüne Mobilität auch mit sich bringt.

E-Bikes im Zug

Auslieferungsstopps, Ladeverbote, Rückrufe. Während sich im Automobilsektor nach diversen Kurzschlüssen und Bränden lang-

sam die Erkenntnis breitmacht, dass Stromer unter Brandschutzgesichtspunkten wesentlich komplexer agieren als Verbrenner, werden E-Bikes als Anwendungsgebiet für Batterien leider noch viel zu wenig diskutiert. Stattdessen werden sie leichtfertig in die alltäglichen Lebensbereiche überführt, wie auch in den Schienenverkehr. Um dem Wunsch nach intermodaler Mobilität - im Sinne von „Mobility-as-a-Service“ – adäquat Rechnung zu tragen, wird dem Fahrrad in Zügen deutlich mehr „Raum“ gegeben. Doch wer Brandschutz in Schienenfahrzeugen ganzheitlich denken will, kommt nicht umhin, die Mitnahme solcher E-Bikes kritisch unter die Lupe zu nehmen. Denn diese stellen – besonders im Personenverkehr - ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar, für das es bislang zu wenige Handlungsanweisungen, geschweige denn einheitliche Regelungen gibt. Ein Versäumnis, das im Brandfall katastrophale Folgen haben kann, besonders im Hinblick auf die rasant steigende Anzahl der E-Bike-Nutzer und Fahrerzahlen. Allein im Jahr 2022 wurden in Deutschland insgesamt rund 2,2 Millionen E-Bikes verkauft. Dabei ist der Absatz in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen, 2022 um weitere 10 Prozent im Vergleich zum Vorjahr.¹⁾

Lithium-Ionen Akkus im Fokus

Auch wenn sie aufgrund ihres Aufbaus und ihrer chemischen Zusammensetzung ein höheres Brandrisiko aufweisen als beispielsweise Lithium-Titanat-Akkus, werden Lithium-Ionen-Akkus besonders in E-Bikes gern verbaut. Dies hat mehrere Gründe. Zum einen das relativ geringe Einbauvolumen bei vergleichbaren Speicherwerten und zum anderen das verringerte Gewicht, welches sich für mobile Anwendungen natürlich empfiehlt. Denn alle wollen „mobil“ sein, aber so ein E-Bike will auch erstmal in den Zug gewuchtet werden. Als Richtwert gilt, dass allein die elektrischen Komponenten eines E-Bikes ungefähr zwischen sieben und zehn Kilogramm wiegen.²⁾ Je nach Kapazität des Akkus. Der Motor, ein stabiler Rahmen, der die Akkus besonders bei Stürzen vor Beschädigung schützen soll, bringen weitere Kilos auf die Waage. Umso nachvollziehbarer der Wunsch nach Gewichtsreduktion, wo immer diese mög-

1) Quelle Statista: Absatz von E-Bikes in Deutschland bis 2022 - Veröffentlicht von Statista Research Department, 20.04.2023)

2) Quelle: https://praxistipps.chip.de/gewicht-von-e-bikes-so-viel-wiegt-ein-elektrofahrad_105066



2: Fahrräder im Zug

Quelle: pixabay, pfeiffed

lich erscheint. Da sie bevorzugt in E-Bikes verbaut werden und von ihnen ein wesentlich höheres Risikopotenzial ausgeht, liegt der Fokus in der Forschung zur brandschutztechnischen Gesamtbetrachtung auf den meist genutzten Lithium-Ionen-Akkus.

Hohe Sicherheitsanforderungen für Akkus

Vorweg sei gesagt, dass bereits sehr viel in die Sicherheit von Batterien investiert wird. So müssen sie, um den vielfältigen Sicherheitsanforderungen zu genügen, vor Markteintritt ein umfassendes Testing (sog. „Batterietests“) bestehen. Angefangen auf mechanischer Seite bei den (in Schienenfahrzeugen) klassischen Vibrations-tests über Schocktests, Eindringen, Drop/Fall-Tests bis hin zum Roll Over-Test. In der Thermik wird auf den thermischen Schock, Überhitzung und Feuerbeständigkeit getestet, während die elektrische Produktprüfung Kurzschluss-Tests sowie Testungen bei Überladung als auch Tiefentladung vorsieht. Zudem sind mehrere Sicherheitselemente in den Batteriesystemen zur Überwachung integriert. Sogar auf kleinster Zellebene selbst. Darüber hinaus kommt dem Batteriemanagementsystem (BMS) eine wesentliche Rolle zu. Denn jeder Akku, jedes Batterie-Pack verfügt über ein solches System zur engmaschigen Überwachung des Zustands der Zellen. Dabei werden Temperatur, Alterungsprozess sowie das sensible chemische Gleichgewicht einer jeden Zelle kontrolliert. Denn die

richtige Zusammensetzung des Elektrolyts ist entscheidend. So kann z. B. durch Additive die Bildung von Dendriten unterbunden werden, was Kurzschlüsse vermeidet. Bedenkt man, dass je nach Akku-Leistung, bei einem „harten“ Kurzschluss etliche tausend Ampere fließen können, kommt dem Frühwarnsystem bei drohendem Zellungleichgewicht eine signifikante Bedeutung zu.

Neue Technologien – neue Herausforderungen: Was, wenn eine Zelle „durchgeht“?

Batteriebrände zeigen neuartige Verhaltensmuster, die man aus dem konventionellen Brandschutzwissen heraus nur schlecht bedienen und kontrollieren kann. Zudem laufen die Brandereignisse deutlich schneller ab und werden von komplexen Randerscheinungen begleitet. Batteriepacks bestehen aus einer unterschiedlichen Anzahl von Zellen. Während bei einem Tesla über 7000 Zellen zum Einsatz kommen, sind im E-Bike immerhin knapp 70 Zellen verbaut. Wenn sich eine Zelle im Batteriepack entzündet, droht ohne Eindämmung ein sogenannter „Thermal Runaway“. Das thermische „Durchgehen“ der Batterie kann auftreten, wenn sich die Zelle aus dem stabilen Betriebsfenster bewegt. Dies ist - abhängig von der Zellchemie - bereits ab 80 °C möglich.

Doch wie kommt es zu solch einem „Lauffeuer“-artigen Ereignis? Hauptsächlich gibt es drei Einflussarten, die zu dem gefürchteten Szenario führen können:



3: Versuchsaufbau

Quelle: IFAB

- Thermische Beanspruchung (Überhitzung, Tiefsttemperaturen)
- Mechanische Beanspruchung (Deformation, Penetration, Vibration)
- Elektrische Fehler (interne Kurzschlüsse, Überladung, Ladung nach Tiefentladung)

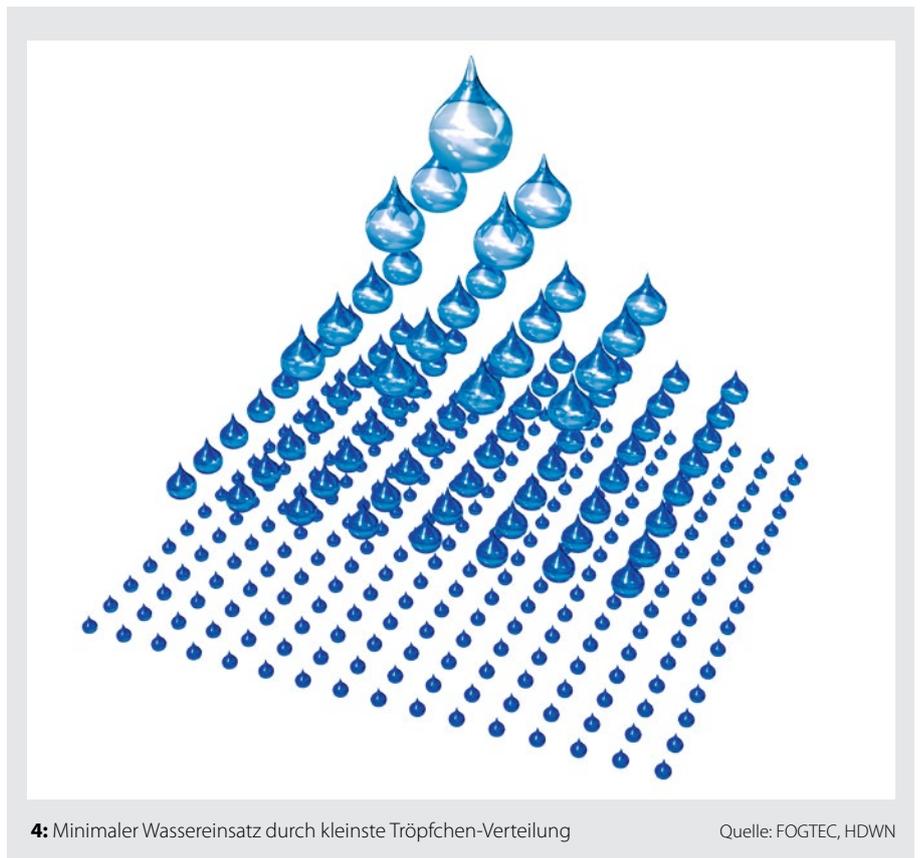
„Beim Laden einer durch Tiefentladung geschädigten Lithium-Ionen-Zelle kann die zugeführte Energiemenge durch das Fehlen von Elektrolytflüssigkeit nicht mehr in Form von chemischer Energie gespeichert werden, und die Ladeenergie wird zu Wärme. Außerdem scheiden sich gelöste Kupfer-Ionen aus dem Stromableiter in Form von Nadeln, auch Dendriten genannt, auf dem Graphit der Anode ab. Sie können die Separatorfolie durchstechen und einen Kurzschluss herbeiführen.“³⁾ Kommt es zu einem der oben genannten Fehlerpotenziale, erfolgt innerhalb der Zelle eine exotherme Reaktion. Dabei steigt die Wärmeentwicklung extrem an (bis zu 5000 K/min). Gleichzeitig bringt das schlagartige Verdampfen des Elektrolyts einen Druckanstieg innerhalb der Zelle mit sich. Während der Energie- und Wärmefreisetzung bilden sich toxische Gase, die durch Sicherheitsventile nach außen dringen und sich unmittelbar im direkten Umfeld der Batterie sammeln. Des Weiteren besteht akute Verletzungsgefahr durch das Austreten von Projektilen sowie die Möglichkeit eines Stromschlags. Der feuerwerksähn-

liche Effekt entsteht beim Durchzünden der Gase, das sich aufgrund der extrem hohen Temperaturen in einer Kettenreaktion ergibt. Besonders fatal: Beim Thermal Runaway entsteht auch Sauerstoff, der den Verbrennungsprozess noch weiter forciert. Ein Teufelskreis. All diese Faktoren machen die Kontrolle und den Eingriff in dieses Er-

eignis letztendlich auch so schwierig. Zumal die betreffenden Akkus besonders in E-Bikes so „geschützt“ im Rahmen verbaut sind, dass die Brandbekämpfung zusätzlich erschwert wird.

Forschung – Brandrisiken von Lithium-Ionen-Batterien

Um derartige Fälle zu verhindern, wird intensiv geforscht. Dabei sind nicht nur „spontane“ Entzündungen Gegenstand der Untersuchung. Vielmehr werden provozierte Brände unter kontrollierten Bedingungen in abgesicherter Umgebung akribisch untersucht, um die einzelnen Prozesse sowie Wirkungsweisen von Löschsystemen zu verstehen und zu bewerten. Bei den Brandversuchen mit LIB befindet man sich aktuell noch in der Grundlagenforschung. 2017 startete das deutsche Forschungsprojekt SUVEREN mit dem Ziel, die Sicherheit in unterirdischen, städtischen Verkehrsbereichen beim Einsatz neuer Energieträger (wie Parkplätze mit Ladestationen, E-Bikes in U-Bahnen etc.) zu untersuchen. Das Konsortium bestand aus dem Bundesamt für Materialforschung (BAM), der Brandschutz-Firma FOGTEC und der STUVA – einer gemeinnützigen international täti-



4: Minimaler Wassereinsatz durch kleinste Tröpfchen-Verteilung

Quelle: FOGTEC, HDWN

3) Kunkelmann, J.: Untersuchung des Brandverhaltens von Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Batterien in verschiedenen Anwendungen und Ableitung einsatztaktischer Empfehlungen. Bericht Nr. 175, KIT Karlsruhe 2016.

gen Forschungsgesellschaft, die sich mit Grundlagen- und Objektuntersuchungen des innerstädtischen Verkehrs und des unterirdischen Bauens (Bahn-, Straßen- und Fußgängerverkehr) in Tunneln, ebenerdig und in Hochlage befasst. Neben der Einbindung namhafter Partner wie Ineris, DB oder Cetu, wurde das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Bei dem Versuch, reproduzierbare Brandszenarien auszulösen, wurde zunächst über Penetration ein Brandereignis provoziert. Im weiteren Verlauf haben sich jedoch Überladung und thermische Belastung als die am besten reproduzierbaren Verfahren herausgestellt. Jedoch hängt der weitere Versuchsverlauf stark vom Alter der verwendeten Batterie, dem Grad der Vorschädigung sowie dem aktuellen Ladezustand ab. Sehr schnell hat sich die Feststellung manifestiert, dass der Ladevorgang an sich die Auslösewahrscheinlichkeit eines Brandereignisses deutlich erhöht. Dies spielt für die Nutzung dieser Energiespeicher und den Umgang mit ihnen im Alltag natürlich eine wesentliche Rolle. Auf unsere Kernfrage nach den Brandrisiken von E-Bikes in Zügen bezogen ließe sich an dieser Stelle die vorsichtige Handlungsempfehlung ableiten, dass das Laden von E-Bikes in geschlossenen Räumen wie Zügen sehr kritisch zu hinterfragen ist.

Innerhalb des Folgeprojekts SUVEREN2use sollen nun Brandschutzlösungen für sämtliche Bereiche der Batterie-Wertschöpfungskette entwickelt werden. Diese umfassen auch die Integration in Fahrzeuge, stationäre Energiespeichersysteme, Recycling, Wiederaufbereitung für Second-Life-Anwendungen und Entsorgung. Des Weiteren soll ein batterieintegriertes Löschesystem zum Einsatz in Großfahrzeugen wie Lkw, Bussen und Zügen sowie Energiespeichern entwickelt werden. Das Konsortium besteht aus den Partnern – FOGTEC (Brandschutz), technotrans (Automotive-T1-Supplier) und Lobbe (Entsorgung und Havarie-Management) und wird gemeinsam mit der Bergischen Universität Wuppertal und dem Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik realisiert.⁴⁾

Hochdruck Wassernebel – Effektives Mittel zur Batteriebrandbekämpfung

Die detaillierte Betrachtung der Prozesse innerhalb der Batterie und die Auswertung der Brandversuche machen deutlich, dass

4) Quelle: www.suveren2use.de



5: Brandversuch Brennendes E-Bike

Quelle: IFAB

das wesentliche Element bei der Brandkontrolle der Abtransport von Energie sein muss. Man spricht in diesem Fall von einer Verlangsamung des Ereignisses und eines Durchbrechens der (Ketten-) Reaktion. Nicht von einer „Löschung“. Eine solche kann aufgrund der zuvor beschriebenen Szenarien beim Brand von Batterien nahezu ausgeschlossen werden. Es gilt, dem laufenden Prozess so viel Energie zu entziehen, dass exotherme Reaktionen benachbarter Zellen innerhalb eines Moduls unterdrückt werden und die bereits erwähnte Kettenreaktion unterbrochen wird. Ein schnelles Herunterkühlen der Batterie ist dazu unabdingbar. Am besten funktioniert dies mit Wasser, denn kein anderes Löschmittel vermag Temperaturen schneller zu reduzieren. Getestet wurden die Technologien: Sprinkler, Wassernebel, Additive, Schaum, CO₂, N₂, NOVEC sowie Aerosol. Insbesondere Hochdruckwassernebel (HDWN) hat sich bei den durchgeführten Brandversuchen als effektive Variante der Brandbekämpfung herausgestellt. Dies erklärt sich in den physikalischen Effekten zum Energietransfer, die durch das feinst vernebelte Wasser (unter hohem Druck von mehr als 100 bar) in kleinste Tröpfchen und dadurch mit extrem großer Reaktionsfläche agierend, möglich werden. Die Verdampfungsenergie erzielt eine deutlich bessere Kühlwirkung gegenüber konventioneller Sprinklertechnik, wo-

bei die erforderliche Wassermenge um bis zu 90% reduziert wird.

Zudem können giftige Rauchgase gebunden werden, was HDWN für alle Bereiche empfiehlt, in denen sich vorrangig Personen aufhalten, wie beispielsweise in Zügen.

Aktuelle Branderkennungstechnik bei Batteriebränden nicht ausreichend

Durch die öffentlich dokumentierten, sehr schnell ablaufenden Brandereignisse ist offensichtlich geworden, dass nicht nur eine effektive Brandbekämpfung erforderlich ist. Auch die frühestmögliche Branderkennung – die sogenannte „Detektion“ – ist für ein schnelles Handeln zwingend notwendig. Denn aufgrund drohender exothermer Kettenreaktionen spielt der Faktor Zeit bei Batteriebränden noch einmal eine besondere Rolle. Da die üblich zugelassenen Branderkennungstechnologien jedoch allesamt erst reagieren, wenn die erste Zelle bereits „durchgegangen“ ist, wird deutlich, dass konventionelle Technologien des klassischen Brandschutzes längst nicht mehr ausreichen. Das Batteriemanagementsystem stellt bei der Frühsterkennung ein wesentliches Element dar. Hier sind besonders die Anwender gefragt, Schnittstellen zu schaffen, um den bestehenden Risiken mit sinnvollen Maßnahmen gemeinsam entgegenzutreten. Dabei bleibt zu hoffen,

dass die Hersteller der unterschiedlichen Systeme Mittel und Wege zu finden, dem Markt diese Lösungen auch zur Verfügung zu stellen. Denn die öffentliche Sicherheit darf niemals hinter wirtschaftlichem Eigeninteresse hintenanstehen!

„E-Bike@Train“ – Brandversuche mit E-Bikes

Anders als im Schienenfahrzeugbereich, in dem für die zur Anwendung kommenden Batteriepakete sehr klare Umweltbedingungen sowie Wartungsanweisungen gelten und diverse Kontrollsysteme zur Verfügung stehen, befinden wir uns bei der Mitnahme von E-Bikes im Zug in einer bislang undefinierten Grauzone. Grundsätzlich ist es Fahrgästen erst einmal erlaubt, ihre E-Bikes mit in den Zug zu nehmen. Dies ohne nähere Kenntnisse zum Zustand des Energiespeichers, was ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellt. Denn ob das Fahrrad bereits mehrmals zuvor verunfallt (umgestürzt) ist, einen Kurzschluss erlitten hat oder tiefentladen wurde, bleibt schlicht unbekannt. Ein vorgeschädigter Akku kann besonders beim Ladevorgang im schlimmsten Falle ein unkontrollierbares Brandereignis auslösen. Bedenkt man, dass Zugbetreiber derzeit verstärkt darüber nachdenken, fest installierte Lademöglichkeiten mitten im Fahrgastbereich des Zuges anzubieten, sind Sorgen hier mehr als berechtigt. An dieser Stelle sei auch nochmal eindringlich an die oben beschriebenen Begleiterscheinungen zur Energiefreisetzung bei Batteriebränden erinnert: die schnelle Ausbreitung toxischer Gase, durch Explosionen umherfliegende Projektile und die Entstehung von Strom. Im Worst Case-Szenarium befinden wir uns dabei in voll besetzten Personenzügen in teils schwer zu evakuierenden Bereichen, wie etwa in Tunneln oder auf (Hoch-)Brücken. Um die Gefahrenpotenziale von neuen Energien im Schienenfahrzeugbereich zu ermitteln und konkrete Lösungsstrategien zu entwickeln, wurden bereits erste Freibrandversuche mit E-Bikes durchgeführt. So auch im Rahmen des Forschungsprojekts „E-Bike@Train“ – welches die Firma FOGTEC gemeinsam mit den Berliner Ingenieuren für Angewandte Brandschutzforschung (IFAB) realisiert. Während FOGTEC die Technologien zum Testen liefert, stellt die IFAB ein eigenes Brandprüflabor bereit. Mit gebündeltem Know-how auf dem Gebiet der Brandforschung, -Entwicklung und -Bekämpfung wurden zwei unterschiedliche Testprogramme entwickelt, die sowohl

die Entwicklung von Brandszenarien inklusive HRR-Messungen als auch die Wirkung unterschiedlicher Brandbekämpfungstechnologien beinhaltet. Dabei wurden Wärmefreisetzungsraten von 500-700 kW gemessen. Kurzzeitig konnten sogar über 1 MW ermittelt werden, worauf die aktuell in Zügen verwendeten Materialien (wie Sitze, Beläge, Fensterverkleidungen etc.) überhaupt nicht getestet sind. Ein wichtiger Ansatz in der Gesamtbetrachtung, denn die weitere Brandentwicklung ist stark von den Materialien in der unmittelbaren Umgebung abhängig. In den bisherigen Laborversuchen waren lediglich ein paar Taschen am E-Bike befestigt. Im Zug hingegen befinden sich deutlich mehr brennbare Materialien. Darüber hinaus ist die Erkenntnis, dass ein einzelnes E-Bike im Stande ist, ganze 1 MW freizusetzen, natürlich alarmierend. Auch in den „E-Bike@Train“-Versuchen zeigten FOGTEC-HDWN-Systeme durch schnelles exzessives Herunterkühlen der Umgebungstemperatur eine effektive Eindämmung. Weitere Veröffentlichungen zu diesem Projekt sollen in Kürze folgen.

Fazit

Grundsätzlich besteht in der Forschung und Entwicklung der Brandrisiken durch Energiespeichersysteme auf unterschiedlichsten Anwendungsgebieten noch sehr viel Aufholbedarf. Zwar mag der ideologische Ansatz, Mobilität durch den Einsatz von Batterien „grüner“ zu machen, im Kern ein guter sein, dabei dürfen sicherheitsrelevante Parameter jedoch nicht einfach ausgeklammert werden. Bezogen auf den ursprünglichen Gegenstand dieses Artikels, die Mitnahme von E-Bikes im Zug, lässt sich zusammenfassen, dass es einer spezifischen Risikoanalyse bedarf. Diese sollte ferner auf die Anwendungsgebiete der E-Roller sowie E-Hoverboards ausgeweitet werden. Während im restlichen Schienenverkehr harte Richtlinien und Normen gelten, wird das unkontrollierbare Risiko von E-Bikes bislang ohne größere Einschränkungen vermeintlich hingenommen. Es fehlt an Aufklärung, konkreten Handlungsanweisungen und einheitlichen AGBs. Während einige Betreiber das Aufladen in Zügen kategorisch ausschließen, darf bei anderen, trotz laut werdender Sicherheitsbedenken, während der Fahrt geladen werden. Welche E-Bikes für den Transport zugelassen sind, wird aktuell - wenn überhaupt - nur nach Akkugröße und Leistung definiert. **Dabei zeigen die bisherigen Versuche,**

dass besonders der Zustand der Akkus (Ladezustand, Beschädigungsgrad, Anzahl der Ladezyklen) für die Risikoeinschätzung entscheidend ist⁵⁾. Doch wie lässt sich der individuelle Status der Akkus in E-Bikes allgemeingültig kontrollieren? Eine solche Einschätzung ist dem Zugpersonal wohl kaum zuzumuten, zumal viele mechanische Belastungen fürs bloße Auge gar nicht sichtbar sind. Bleiben also nur strenge gesetzliche Regelungen und die Eigenverantwortung eines jeden Fahrgasts? Diese Problematik stellt auch Versicherer vor neue Herausforderungen. Und welche Rolle spielt die Weiterentwicklung der EN 45545 in der Gesamtbetrachtung? Dieser Artikel soll keine Angst vor neuen Technologien erzeugen, aber zum weiteren Umgang sensibilisieren. Jeder Nutzer ist angehalten, Risikomanagement-Maßnahmen zu treffen, um unnötige Gefährdungen für sich und andere zu vermeiden. Zugunsten der allgemeinen Sicherheit sollten vorrangig Entwicklungen betrieben werden, das Brandrisiko bei Energiespeichersystemen zu reduzieren, z.B. durch neue Materialien für die Zellchemie. ●

5) Quelle: IFAB. E-Bikes on trains. Webinar. 5.10.2022, Erkenntnisse aus der Versuchsreihe 2022_00289_LIBV_FT_E-Bikes

Summary

E-bikes in rail – mobility should be greener with battery solutions – but at which price?

Mobility is to become greener, and for this reason the industry is increasingly relying on the use of batteries as part of the energy- and transport transition. However, lithium-ion battery in particular which are often used in everyday life has a considerable danger potential for the user and the general safety due to its complex and little researched fire behavior. This article shows the importance of a comprehensive risk assessment along the complete battery value chain and attempts a critical examination of the topic "e-bikes in rail."

Es besteht noch viel Bedarf an Batterie-Forschung, aber auch viel Potenzial für Lösungen.

René Schilling, Fachvortrag 19. Internationale Schienenfahrzeugtagung, 03.03.2023 Dresden