

1.9.2021

DEA's Akkukompendium

Das verständliche Wissen zum Thema E-Bike Akku



proSafe

Dieter Teckhaus
DEUTSCHE E-BIKE AKKUSERVICE

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort | 2 |
| 1 Sie erwerben einen Akku und wollen ihn verstehen..... | 3 |
| 2 Faktencheck: Das sollten Sie über Ihren Akku wissen..... | 15 |
| 2.1 Produktion eines Akkus | 18 |
| 2.2 Leitfaden: So finden Sie das Alter Ihres Akkus heraus | 21 |
| 2.3 Reichweiten der Akkus | 21 |
| 2.4 Gefährdungsbeurteilung zu Lithium-Ionen-Akkus | 23 |
| 2.5 Gefahrstoffversand: Deshalb sollten Sie die Verpackung aufbewahren..... | 27 |
| 2.5.1 Gefahrstoffkennzeichnung Etiketten | 28 |
| 3 So behandeln Sie Ihren Akku richtig..... | 29 |
| 3.1 Inbetriebnahme: Worauf Sie achten müssen..... | 29 |
| 3.2 Laden und Entladen: Was zu beachten ist | 29 |
| 3.3 Gefahrgut Akku: So Schützen Sie sich | 30 |
| 3.4 Hauptgründe, warum der Akku kaputt geht | 32 |
| 3.5 Wie wichtig ist das richtige Ladegerät?..... | 32 |
| 3.6 Leistungsverluste verstehen..... | 33 |
| 4 Reparatur oder Neukauf?..... | 34 |
| 5 DEAs kleine Akkufibel | 35 |
| 5.1 DEA's Entwicklung | 36 |
| 5.2 Funktionsweise und Geschichte der Batterien und Akkus..... | 37 |
| 5.3 Materialunterschiede in den Akku-/Batteriesystemen..... | 38 |
| 5.4 Zelltypen..... | 40 |
| 5.5 Unterschiedliche Spannungslagen der Lithiumsysteme | 41 |
| 5.6 Akkuformen im Li-Ionen Bereich..... | 42 |
| 5.7 Erläuterungen rund um Ihren Akku – verstehen und behandeln | 43 |
| 5.8 Begriffe rund um den Akku (alphabetisch geordnet)..... | 46 |
| 5.9 Unser aktueller Flyer | 48 |
| 5.10 Unser Kundeninformationsblatt..... | 54 |

Vorwort

Im Jahr 2005 wusste ich nicht viel über Akkus und Batterien. Das sollte sich aber in der 2. Jahreshälfte radikal ändern.

Heute, nach dem erfolgreichen Aufbau einer Produktion von Li-Ionen Zellen, dem Bau von über 50.000 Li-Ionen Akkus und der Reparatur von mehr als 20.000 E-Bike und Golf Trolley Akkus verfasse ich diesen Ratgeber, um mein Wissen an Kunden und Freunden weiterzugeben.

Als Gefahrgutbeauftragter und Entwickler der EproSafe Akkuschutzbox gilt mein besonderes Augenmerk dem Schutz des Lesers vor seinem Akku und dem Verständnis der möglicherweise auftretenden Gefahren.

In unserem Unternehmen haben wir eine einzigartige Kompetenzkombination. Auf der einen Seite untersuchen wir in unseren Reparaturzentren Akkudefekte in unterschiedlichsten Akkus, auf der anderen Seite beschäftigen wir uns im Bereich der EproSafe mit den notwendigen Ausprägungen der Sicherheitstechnologie für Li-Ionen Akkus.

Ich würde mich freuen, wenn die Lektüre dieses Buches Ihr Verständnis zu diesem Thema erweitert. Nutzern der EproSafe Schutzbox wünsche ich, dass Sie die Schutzfunktionen dieses Produktes niemals in Aktion erleben.

Viel Spaß beim Lesen!

Neuenrade, den 19.08.2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'A' followed by several horizontal strokes.

1 Sie erwerben einen Akku und wollen ihn verstehen

Sie haben sich ein E-Bike oder einen Akku gekauft. Was haben Sie denn eigentlich in der Hand?

Alle Batterien funktionieren grundsätzlich in gleicher Weise: Sie wandeln chemische Energie in elektrische um. In ihrem Innern reagieren Metalle mit einer Flüssigkeit und geben dabei negativ geladene Teilchen ab, die Elektronen. Im Endeffekt entsteht zwischen positivem und negativem Pol eine elektrische Spannung.

Hauptbestandteile der Batterien sind die Elektroden (Anode und Kathode), zwischen denen der elektrochemische Prozess abläuft. Die Elektroden sind so angeordnet, dass sie sich nicht berühren können. Sonst droht ein Kurzschluss. Sie sind durch einen Separator getrennt.

Lithiumbatterien sind kompliziert aufgebaut. Anode (Graphit oder Hard Carbon) und Kathode (diverse Materialien wie aktuell Nickel-Mangan-Kobalt) sind in Rundzellen in dünnen Schichten um einen Kern gewickelt. Die Gesamtfläche, die für elektrochemische Prozesse zur Verfügung steht, ist also relativ groß.

Spannung entsteht, wenn Lithium im Elektrolyt chemisch reagiert. Dabei werden aus neutralen Atomen positiv geladene Ionen. Die freigesetzten Elektronen bleiben an der Anode, die Kontakt zum Minuspol hat. Die positiv geladenen Ionen passieren in der Elektrolytlösung den Separator und gelangen zur Kathode, die in Kontakt zum Pluspol steht.

Strom fließt, wenn beide Pole im Gerät miteinander verbunden sind. Die Elektronen am Minuspol „drängen“ dann zum positiv geladenen Pluspol. Aber nur so lange, wie chemische Reaktionen für Nachschub sorgen.

Wie entstehen aber die unterschiedlichen Spannungen?

Die Elemente weisen unterschiedliche Spannungen auf. Die Wahl der Elemente ergibt dann das entsprechende Spannungsfenster.

Elektrische Spannungsreihe

| Element / Stoff | Ion / Oxid | Elektronen- austausch $+ z e^- \rightleftharpoons$ | Neutral bzw. reduzierte Form | Standard- potential E° |
|--------------------------------|--|--|--|----------------------------------|
| Bleioxid (PbO ₂) | PbO ₂ + SO ₄ ²⁻ + 4 H ₃ O ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | PbSO ₄ + 6 H ₂ O | +1,87 V |
| Gold (Au) | Au ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Au | +1,69 V |
| Gold (Au) | Au ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Au | +1,40 V |
| Platin (Pt) | Pt ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Pt | +1,20 V |
| Nickeloxid (NiO ₂) | NiO ₂ + 2 H ₂ O | + 2 e ⁻ ⇌ | Ni (OH) ₂ + 2 OH ⁻ | +0,98 V |
| Silber (Ag) | Ag ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Ag | +0,80 V |
| Eisen (Fe) | Fe ³⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Fe ²⁺ | +0,77 V |
| Kupfer (Cu) | Cu ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Cu | +0,52 V |
| Kupfer (Cu) | Cu ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Cu | +0,35 V |
| Wasserstoff (H ₂) | 2 H ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | H ₂ | +0 V |
| Eisen (Fe) | Fe ²⁺ | + 3 e ⁻ ⇌ | Fe | -0,04 V |
| Blei (Pb) | Pb ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Pb | -0,13 V |
| Nickel (Ni) | Ni ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Ni | -0,23 V |
| Cadmium (Cd) | Cd ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Cd | -0,40 V |
| Eisen (Fe) | Fe ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Fe | -0,41 V |
| Zink (Zn) | Zn ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Zn | -0,76 V |
| Chrom (Cr) | Cr ²⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Cr | -0,91 V |
| Aluminium (Al) | Al ³⁺ | + 3 e ⁻ ⇌ | Al | -1,66 V |
| Kalium (K) | K ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | K | -2,92 V |
| Lithium (Li) | Li ⁺ | + 2 e ⁻ ⇌ | Li | -3,04 V |

Abbildung 1 Elektrische Spannungsreihe von Batterien

Während die Spannungen nicht verändert werden dürfen, kann die Kapazität sehr wohl unterschiedlich sein. Stellen Sie sich die Spannung als Kraftstoff vor und die Kapazität als Tankinhalt. Sie können beispielsweise einen größeren Tank einbauen und solange Sie ihn weiter mit (beispielsweise) Benzin betanken, fährt Ihr Auto weiter.

Umgangssprachlich reden wir im E-Bike Bereich meistens über Akkus mit 24, 36 und 48 Volt. Dies kommt eigentlich aus dem Bereich der Blei, NiCd und NiMH Anwendungen.

Wir fragen Sie, ob Sie einen 24 Volt Panasonic Akku haben, auf dem Akku steht aber 25,2 Volt. Wir meinen beide das Gleiche. Wie kann das sein?

Erläutern wir daher zuerst einmal den Begriff Nennspannung.

Bei Batterien und Akkumulatoren ist die Nennspannung ein geeigneter, angenäherter Wert der Spannung zur Kennzeichnung einer Zelle, einer Batterie oder eines elektrochemischen Systems (nach DIN EN 60050-482). Die Leerlaufspannung ist immer höher als die Nenn- oder Bemessungsspannung. Die Nennspannung einer Batterie ergibt sich aus der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen.

„Die Nennspannung pro Zelle von Batterien (nicht wiederaufladbar) und Akkumulatoren (wiederaufladbar) beträgt:

- 1,2 V für die Nickel-Cadmium-Zelle (siehe Nickel-Cadmium-Akku), die Nickel-Metall-Hydrid-Zelle (siehe Nickel-Metall-Hydrid-Akku) und die Nickel-Eisen-Zelle (siehe Nickel-Eisen-Akku)
- 1,35 V für die Quecksilberoxid-Zink-Zelle, siehe Quecksilberoxid-Zink-Batterie

- 1,5 V für die Alkali-Mangan-Zelle, siehe Alkali-Mangan-Batterie
- 1,5 V für die Zink-Kohle-Zelle, siehe Zink-Braunstein-Zelle
- 1,5 V für die Zink-Luft-Zelle, siehe Zink-Luft-Batterie
- 1,5 V für die Lithium-Eisensulfid-Zelle, siehe Lithium-Eisensulfid-Batterie
- 1,55 V für die Silberoxid-Zink-Zelle, siehe Silberoxid-Zink-Batterie
- 2,0 V für die Bleidioxid-Blei-Zelle (siehe Bleiakкумуляtor)
- 2,9 bis 3,7 V für Lithium-Zellen, abhängig vom Kathodenmaterial, siehe Lithium-Batterie beziehungsweise Lithium-Akkumulator „

(Quelle Wikipedia Nennspannung von Batterien)

Die Nennspannung der Lithium-Ionen Zellen wird mit 3,6 Volt (in Ausnahmefällen mit 3,7 Volt) angegeben. Eine serielle Verschaltung führt zur Erhöhung der Voltzahl. Schalten wir also 7 Zellen seriell zusammen haben wir 25,2 Volt, unser 24 Volt System. Bei 36 Volt wird es einfacher, da sind es 10 serielle Verschaltungen. Bei einem 48 Volt System haben wir 13 serielle Verschaltungen und damit 46,8 Volt.

24 Volt Systeme werden im E-Bike Bereich kaum noch angeboten und gelten als veraltet. Je höher die Voltzahl desto „spritziger“ fährt das Rad.

Das sollten Sie noch wissen:

- Manche Zellenhersteller geben 3,7 Volt als Nennspannung an.
- Es gibt auch Lithium Eisen Phosphat (Li-FePO₄) als Zellchemie mit einer Nennspannung von 3,2 Volt.
- Es gibt Hersteller, die mit 8, 11 oder 12 seriellen Verschaltungen arbeiten.

Nicht nur die Nennspannung der Akkus ist wichtig, sondern auch die angegebene Kapazität des Akkus. Diese Einheit wird Amperestunden genannt [AH].

Wie setzen sich jetzt Amperestunden oder auch gerne Wattstunden zusammen.

Die Nennspannung haben wir schon beschrieben. Die Frage ist jetzt, wie groß der Tank der Zelle ist.

Die Standardzellen in unserem Haus haben laut Datenblatt 2900 mAH und 3200 mAH.

Das „m“ in der Bezeichnung ist ein Einheitspräfix im metrischen System und wird „milli“ ausgesprochen. Genau wie Millimeter und Milligramm handelt es sich um folgende Rechnung: „1/1000“ Man geteilt durch 1000.

Die Zellen haben also 2,9 AH und 3,2 AH. Das „H“ bedeutet Stunde. Werden diese Zellen mit 1 Ampere belastet, liefern Sie die Spannung von 3,6 Volt für eine Stunde. Wie kommt man nun auf die entsprechende Kapazität, die auf den Akkus angegeben wird?

Um die Kapazität einer Zelle zu erhöhen müssen diese parallel geschaltet werden. Diese addieren sich dann in der Kapazität. Bedeutet: Bei parallel geschalteten 4 Zellen liegt eine Kapazität von 12,8 AH vor.

Diese Kapazität liegt jedoch nur bei der Spannung von 3,6 V vor. Damit werden Sie den Motor also nicht zum Laufen bekommen.

In E-Bike Akkus werden die einzelnen seriell geschalteten Zellen (auch Blöcke genannt), wiederum parallel geschaltet. Soll der Akku 24 Volt liefern sind dies 7S und für die Kapazität z.B. 4P (Parallel). Bei 3,2 AH pro Zelle und 4P wären dies 12,8 AH bei 24 Volt. Solch ein Akku besitzt dann 28 Zellen!

Bei einem Akku mit 36V und 22,4 AH sind dies 70 einzelne Zellen, die verbaut worden sind. (10S / 7P)

Kommen wir zu der Einheit Watt. Die Gleichung ist folgende $\text{Watt} = \text{Volt} \cdot \text{Ampere}$. Die Leistung des Motors (Watt) muss durch die entsprechenden Werte von Volt und Ampere erreicht werden.

Durch die stoffschlüssige Verbindung der einzelnen Zellen wird die Einheit Volt in der Gleichung fixiert. Man kann die Leistung also nur über die Stromstärke Ampere regeln.

Werden bei 36 Volt 2 Ampere aufgerufen liefert dies 72 Watt an den Motor Ihres Fahrrads.

Fährt man mit der maximalen Unterstützungsstufe einen Berg hinauf, werden mehr Ampere benötigt, als es auf gerader Strecke und leichter Unterstützung der Fall ist. Der Motor benötigt schließlich mehr Leistung (Watt).

Je mehr Ampere benötigt werden, desto schneller verbraucht sich die Kapazität.

Wenn Sie 2 Ampere bei 12,8 AH Kapazität verbrauchen, würde Ihr Akku theoretisch 6,4 Stunden halten.

Wenn Sie jedoch 10 Ampere benötigen, dann hält Ihr Akku theoretisch 1,28 Stunden.

Kommen wir nun zu der Einheit Wattstunden. Dieses Berechnet sich aus dem Produkt von Nennspannung und Amperestunden.

Schauen wir uns den Bosch 400 an sind dies 36 Volt mal 11 Amperestunden = 396 Wattstunden. Bei einem Leistungsverbrauch von 100 Watt (Stunde) wären dies 4 Stunden Betrieb.

Schauen wir uns nun die Rundzellen an. Diese werden typisch in einer Schreibform wie „18650 26F“ angegeben.

18650 ist die Bezeichnung der Bauform von Rundzellen: 18mm Durchmesser und 65mm lang.

Die „26“ gibt die Milliamperestunden wieder und zwar 2600 mAH oder 2,6AH.

Eine weitere Einheit ist die C-Rate. Diese beschreibt den Lade-/Entladestrom eines Akkus in einer definierten Zeit. Bei 1C gibt der Akku seine komplette Kapazität innerhalb einer Stunde ab, bei 2C innerhalb von 30 Minuten.

Es gibt sogar Hochstromzellen, die ihre Kapazität beispielsweise innerhalb von 2 Minuten (30C) ohne Schädigung der Zelle abgeben.

Die Kapazitäten von Zellen werden im Bereich 0,2C gemessen, also wird die Kapazität innerhalb von 5 Stunden entnommen.

Bitte beachten Sie, dass sich die Entnahmekapazität je nach C-Rate in der gleichen Zelle verändert. Die mit 0,2C gemessenen Kapazitäten werden bei normalen Fahrten nie erreicht.

Beispielsweise ist die 26F Zelle nicht für E-Bike Anwendungen designt, da die C-Rate mit 2C gering ist. Im Flachland reicht dies aus, in den Bergen wird diese Zelle allerdings überlastet und altert sehr schnell.

Fragen Sie also vor Kauf eines Akkus besser nach, welche Zellen verbaut sind.

Nehmen wir die 26F kann diese bei 2C einen Strom von 5,2 Ampere für 30 Minuten konstant ohne Schädigung liefern.

Die Alternativen zu der genannten Zelle wären die 29E bzw. 35E.

Ihr Akku sollte über ein Prüfzertifikat verfügen. Beispielhaft das Prüfzertifikat unserer GT1 und GT2 Akkus.

Bescheinigung über die Einhaltung der Tests aus dem
UN Prüfhandbuch Test und Kriterien Teil III
Abschnitt 38.3 – Lithium Metall und Lithium-Ionen-Akkus

Hiermit bescheinigen wir, dass die folgenden Batterietypen die Kriterien des oben genannten Tests einhalten:

E Bike Batterie.

Die Batterien wurden unter den folgenden Testbedingungen getestet:

Durchführung der Testszenarien:

Typischerweise setzt *** Rundzellen ausschließlich von Herstellern ein, die ein UL Zertifikat für die entsprechenden Zellen nachweisen können.

Auf Zellebene sind die Tests der eingesetzten Zellen (beispielsweise Panasonic, Samsung, Sanyo und Sony) von den Herstellern dokumentiert.

Die darüber hinaus durchzuführenden Tests auf Batterieebene wurden mit Kooperationspartnern und in eigenen Testräumen durchgeführt.

Dies sind im Einzelnen:

T.1 – Höhensimulation: Die Batterien wurden in der Umgebungstemperatur von 22°C unter einem Druck von 11,6 kPa (entspricht 115 mbar) jeweils 7 Stunden gelagert. Die Kriterien wurden erfüllt.

T.2 – Thermischer Test: Der Test wurde jeweils in 10 Intervallen an der TU Ilmenau im Klimaschrank im Labor für organische Photovoltaik in dem Temperaturspektrum -40°C bis +75°C durchgeführt. Der Test wurde mit den jeweiligen Batterieblöcken durchgeführt:

Die Kriterien wurden erfüllt

T.3 Schwingungstest: Der Test wurde im Institut für Kraftfahrzeugtechnik der Universität Ilmenau auf einem Prüfstand mit Magnetschwinger durchgeführt. Die Kriterien wurden erfüllt.

T.4 Schocktest: Der Test wurde im Institut für Kraftfahrzeugtechnik der Universität Ilmenau auf einem dafür von der Uni gebauten Prüfstand durchgeführt. Die Kriterien wurden erfüllt.

T.5 Kurzschlussstest: Der Kurzschlussstest auf Zellebene ist bereits mit der UL Prüfung erfüllt. Im Transportfall sind die Batterien wie folgt gesichert und wurden in dieser Form getestet:

Version mit Sicherung außen: Sicherung gezogen, die Pole sind stromfrei, kein Kurzschluss möglich, mit einem Metallteil wurden die Pole für 1 Stunde überbrückt.

Version mit Sicherung innen: im Kurzschlussfall schaltet das Batteriemanagementsystem ab, die Pole wurden im Test mit einem Metallteil für 1 Stunde überbrückt.

T.6 Schlagtest: siehe UL Testzertifikat

T.7 Überlasttest: Überspannung: Die GT-1 und GT-2 Systeme haben eine Nennspannung von 36V und eine Ladeschlussspannung von 42 Volt. Im Falle einer Überspannung schaltet das BMS ab. Es erfolgt keine Schädigung und kein Kurzschluss des BMS da z. B. die U-ds des Doppeltransistors bis 55 V zertifiziert ist.

Maximaler Ladestrom:

Die GT-1 und GT-2 Systeme werden standardmäßig wie einem 2000 mA Ladegerät geladen.

Temperatur und Ladestrom werden durch das BMS überwacht.

Darüber hinaus sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, dass es sich bei den GT Systemen um einen speziellen Ladestecker (Texas Stecker mit Nase) handelt und eine Vertauschung durch die Codierung nicht möglich ist.

T.8 Tiefentladen: siehe UL Testzertifikat

Ein typisches Datenblatt von einer Rundzelle. Diese Datenblätter sollten ebenfalls einsehbar sein.

Zellspecification Samsung INR18650 29E - 2900mAh

DEA No.: 1002024



Entwickelt für den Bereich E-Bike, Industrie, mobile Anwendungen.

Durch stabile Stromabgabe eignet sich die Zelle auch für E-Zigaretten, Akkuträger, Modellbau, LED Anwendungen usw.

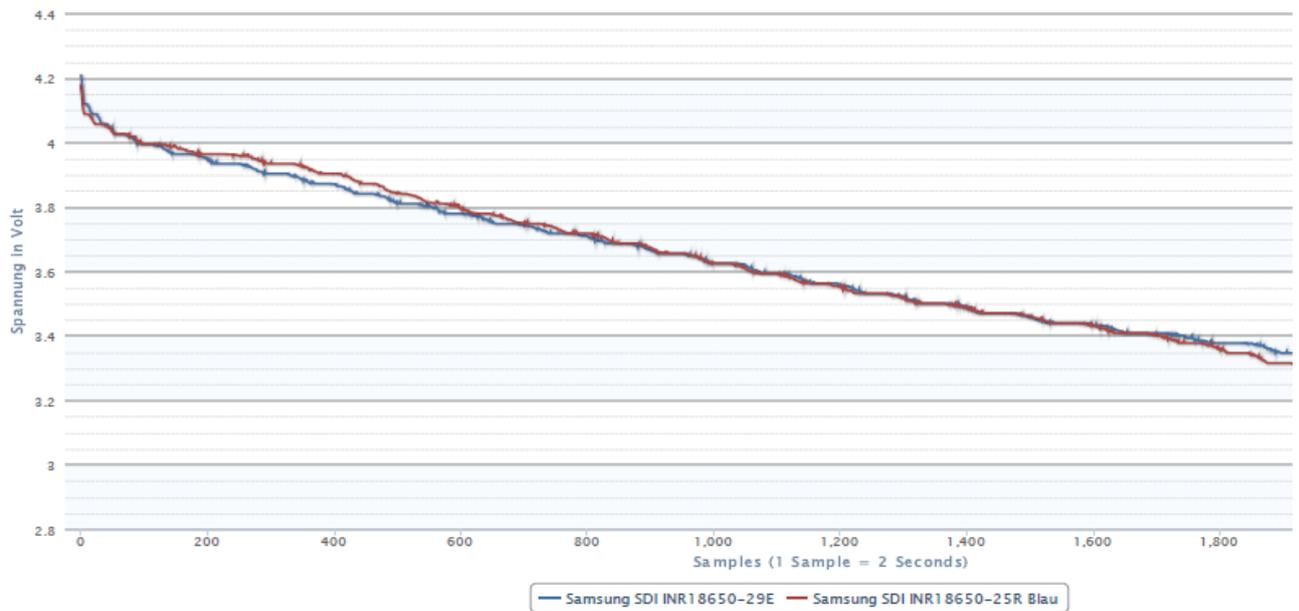
Diese Zelle ist gleichzusetzen mit der Panasonic NCR18650PD mit 2900mAh (fast identische Chemie).

| | |
|--------------------------|------------------------|
| • Kapazität | 2900mAh |
| • Min. Kapazität | 2850mAh |
| • Nennspannung | 3,6-3,7V |
| • Ladeschlussspannung | 4,2V +/-0,05V |
| • Max. Entladestrom | 10A (3C) |
| • Ladestrom | bis 1,6A (0,5C) |
| • Entladeschlussspannung | 2,75V |
| • Schutz | KEINER |
| • Pluspol | Flach (Flat Top) |
| • Chemie | LiNiMnCoO ₂ |
| • Durchmesser | 18,2mm +/- 0,1mm |
| • Höhe | 65,1mm +/- 0,25mm |
| • Gewicht | 45g +/- 1g |
| • Ladeverfahren | CC-CV |

Folgend Messwerte der Samsung 29E unter 2A, 3A und 5A. Achten Sie auf die WH, man sieht die Kapazität nimmt bei höheren Stromstärken zusätzlich ab. (siehe C-Rate)

Sie sehen in der Tabelle, wie sich die Spannung ändert. Von 4,2 Volt bis 3 Volt und die bis dahin kumulierte (aufaddierte) Kapazität/Leistungsabgabe. (von unten nach oben)

Entladekurven Samsung SDI INR18650-29E vs. Samsung SDI INR18650-25R Blau bei 2A

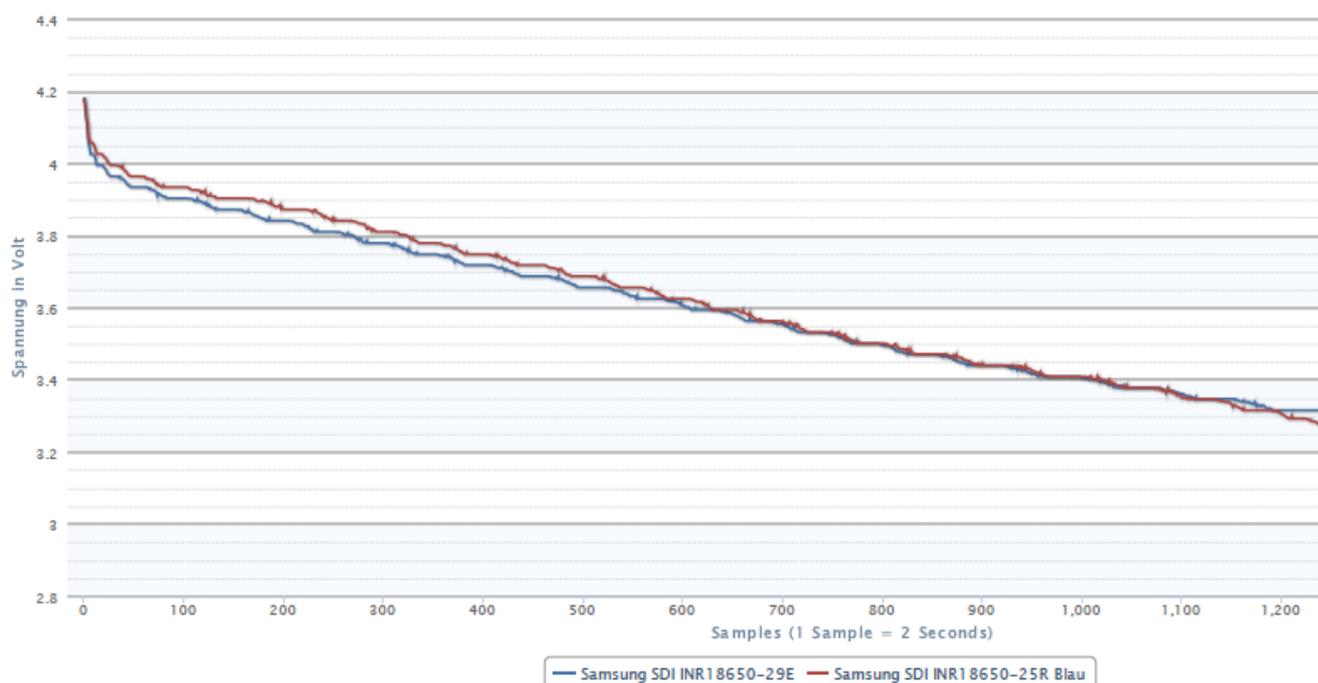


Messwerte bei 2A

| Entladen bis: | Samsung SDI INR18650-29E | Referenz: Samsung SDI INR18650-25R Blau |
|---------------|--------------------------|---|
| 3.0 V | 2652mAh 9.430Wh | 2366mAh 8.504Wh |
| 3.1 V | 2617mAh 9.325Wh | 2326mAh 8.382Wh |
| 3.2 V | 2542mAh 9.091Wh | 2270mAh 8.208Wh |
| 3.3 V | 2323mAh 8.383Wh | 2145mAh 7.803Wh |
| 3.4 V | 1949mAh 7.138Wh | 1900mAh 6.989Wh |
| 3.5 V | 1536mAh 5.729Wh | 1525mAh 5.704Wh |
| 3.6 V | 1194mAh 4.526Wh | 1178mAh 4.485Wh |
| 3.7 V | 912mAh 3.502Wh | 928mAh 3.578Wh |
| 3.8 V | 618mAh 2.410Wh | 667mAh 2.606Wh |
| 3.9 V | 367mAh 1.454Wh | 459mAh 1.813Wh |
| 4.0 V | 98mAh 0.399Wh | 104mAh 0.423Wh |

Table 1 Kapazitäten bei Entladeraten von 2A, 3A und 5A (Quelle: Dampferakkus)

Entladekurven Samsung SDI INR18650-29E vs. Samsung SDI INR18650-25R Blau bei 3A

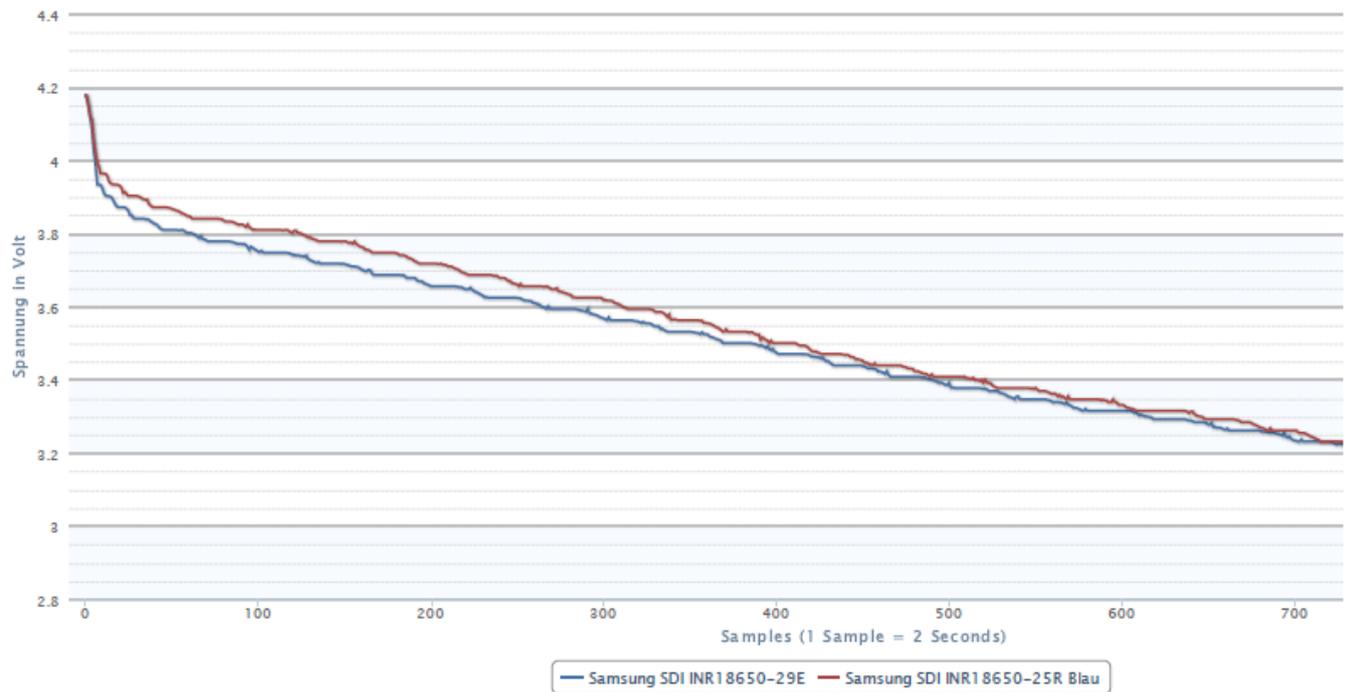


Messwerte bei 3A

| Entladen bei: | Samsung SDI INR18650-29E | Referenz: Samsung SDI INR18650-25R Blau |
|---------------|--------------------------|---|
| 3.0 V | 2581mAh 9.053Wh | 2312mAh 8.221Wh |
| 3.1 V | 2523mAh 8.875Wh | 2267mAh 8.084Wh |
| 3.2 V | 2398mAh 8.482Wh | 2191mAh 7.848Wh |
| 3.3 V | 2094mAh 7.501Wh | 2012mAh 7.268Wh |
| 3.4 V | 1695mAh 6.175Wh | 1707mAh 6.253Wh |
| 3.5 V | 1332mAh 4.932Wh | 1357mAh 5.056Wh |
| 3.6 V | 1004mAh 3.779Wh | 1045mAh 3.958Wh |
| 3.7 V | 713mAh 2.721Wh | 801mAh 3.070Wh |
| 3.8 V | 441mAh 1.711Wh | 538mAh 2.091Wh |
| 3.9 V | 178mAh 0.705Wh | 283mAh 1.117Wh |
| 4.0 V | 14mAh 0.063Wh | 37mAh 0.154Wh |

Table 2 Table 1 Kapazitäten bei Entladeraten von 2A, 3A und 5A (Quelle: Dampferakkus)

Entladekurven Samsung SDI INR18650-29E vs. Samsung SDI INR18650-25R Blau bei 5A



Messwerte bei 5A

| Entladen bei: | Samsung SDI INR18650-29E | | Referenz: Samsung SDI INR18650-25R Blau | |
|---------------|--------------------------|---------|---|---------|
| | mAh | Wh | mAh | Wh |
| 3.0 V | 2507mAh | 8.597Wh | 2295mAh | 8.011Wh |
| 3.1 V | 2356mAh | 8.139Wh | 2223mAh | 7.791Wh |
| 3.2 V | 2105mAh | 7.352Wh | 2083mAh | 7.353Wh |
| 3.3 V | 1700mAh | 6.044Wh | 1790mAh | 6.404Wh |
| 3.4 V | 1360mAh | 4.910Wh | 1427mAh | 5.196Wh |
| 3.5 V | 1067mAh | 3.906Wh | 1095mAh | 4.056Wh |
| 3.6 V | 726mAh | 2.703Wh | 858mAh | 3.216Wh |
| 3.7 V | 439mAh | 1.659Wh | 592mAh | 2.253Wh |
| 3.8 V | 163mAh | 0.629Wh | 338mAh | 1.305Wh |
| 3.9 V | 31mAh | 0.128Wh | 79mAh | 0.315Wh |
| 4.0 V | 4mAh | 0.021Wh | 6mAh | 0.031Wh |

Anmerkung

Lithium-Ionen-Akkus sind thermisch stabil und unterliegen keinem Memory-Effekt. Sie arbeiten auf der Basis von Lithium und zeichnen sich durch eine hohe Energiedichte aus

Sicherheitshinweis: Lithium Zellen dürfen nur mit Schutzelektronik betrieben werden!

Bitte beachten Sie, dass Lithium Zellen nur durch autorisiertes Fachpersonal verwendet werden dürfen.

Bei falscher Handhabung bzw. Kurzschluss kann dies zu Brandentwicklung oder Explosion führen. Wir liefern ausschließlich Zellen in A- und B-Rank Sortierung und beziehen diese direkt in Deutschland/Europa.

Ferner gehören Akkus und Batterien nicht in den Hausmüll! Bitte entsorgen Sie diese wie vom Gesetzgeber vorgeschrieben in den kommunalen Sammelstellen oder in den dafür vorgesehenen [meist grünen] Behältnissen des Handels.

2 Faktencheck: Das sollten Sie über Ihren Akku wissen

Gleiche Akkus werden mit unterschiedlichen Aufklebern und Namen verkauft.

Hier sehen Sie zwei Panasonic Akkus. Bei der linken Version hat sich der Fahrradhersteller entschlossen, sein Logo auf den Akku zu drucken. Dies ist gängige Praxis. In solchen Fällen gibt es meistens eine entsprechende Kennzeichnung auf der Rückseite. Bei der rechten Version hat sich der Fahrradhersteller Victoria dazu entschieden, die Angabe über die Kapazität in Amperestunden anzugeben und nicht in Wattstunden.



Abbildung: 2 Zwei Panasonic Akkus

Akkus, die in die gleiche Aufnahme ins Fahrrad passen, sind nicht unbedingt gleich. Im Folgenden sind die Kerndaten identisch (13,2 AH bei 36 Volt). Die Modelnummer hingegen nicht. Wir als DEA haben alleine vom Akkuhersteller Panasonic über 45 verschiedene Akkus in unserer Datenbank.

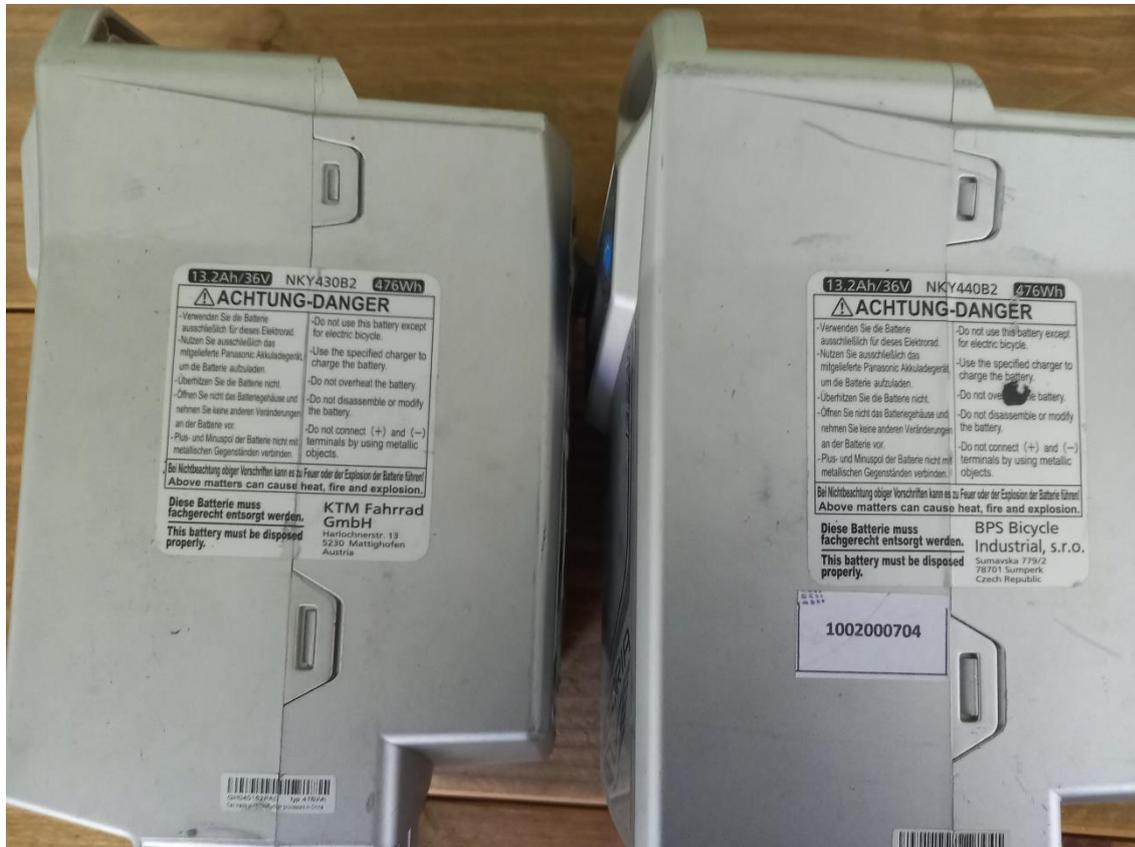


Figure 1 Rückseite: Gleiche Angaben, unterschiedliche NKY Bezeichnungen

Diese beiden „fast“ gleichen Akkus sind untereinander jedoch nicht austauschbar! Deshalb raten wir Ihnen, sich an jemanden mit Erfahrung zu wenden. Am besten kommen Sie mit ihrem alten Akku bei uns vorbei und lassen sich von uns beraten.

Sitzrohrakku:

Diese Bauform von Akkus gibt es in noch mehr Varianten und bei der Beschaffung können sich tückische Fehler einschleichen.

Diese Bauform wird aus einem Aluminium Strangguss gefertigt und mit 2 Kunststoffkappen geschlossen.

Das Aluminiumgehäuse hat dabei in den Maßen eine unterschiedliche Höhe und Breite. Meistens werden auf dem Gehäuse Führungsschienen für die Aufnahme im Fahrrad angeschraubt. Genau auf diese Führungsschienen sollten Sie bei der eigenständigen Neubeschaffung achten, denn sie sind um wenige Millimeter in den Abmessungen unterschiedlich. Mit dem Auge ist dies kaum zu erkennen.

In der unteren Abdeckklappe befinden sich die Kontakte des Akkus.



Abbildung 3 Sitzrohrakku Ansicht auf die Kontakte

Auf diesem Bild sehen Sie vier typische Aussparungen in den Kunststoffabdeckungen. Hier gibt es Akkus mit allen möglichen Kombinationen der Plus/Minus Kontakte. Ob vertauscht, doppelt belegt oder gar mit zusätzlichen Aussparungen: wenn man nicht die richtige Kombination dieser Pole hat und es am Fahrrad anschließt, wird das Projekt „Eigenanschaffung“ ein teurer Spaß.

2.1 Produktion eines Akkus

Das Innenleben eines Gazelle Akkus mit 36Volt und 7AH. Wie man sieht wurden hier die Pouchzellen, auch Flachzellen genannt, eingebaut.

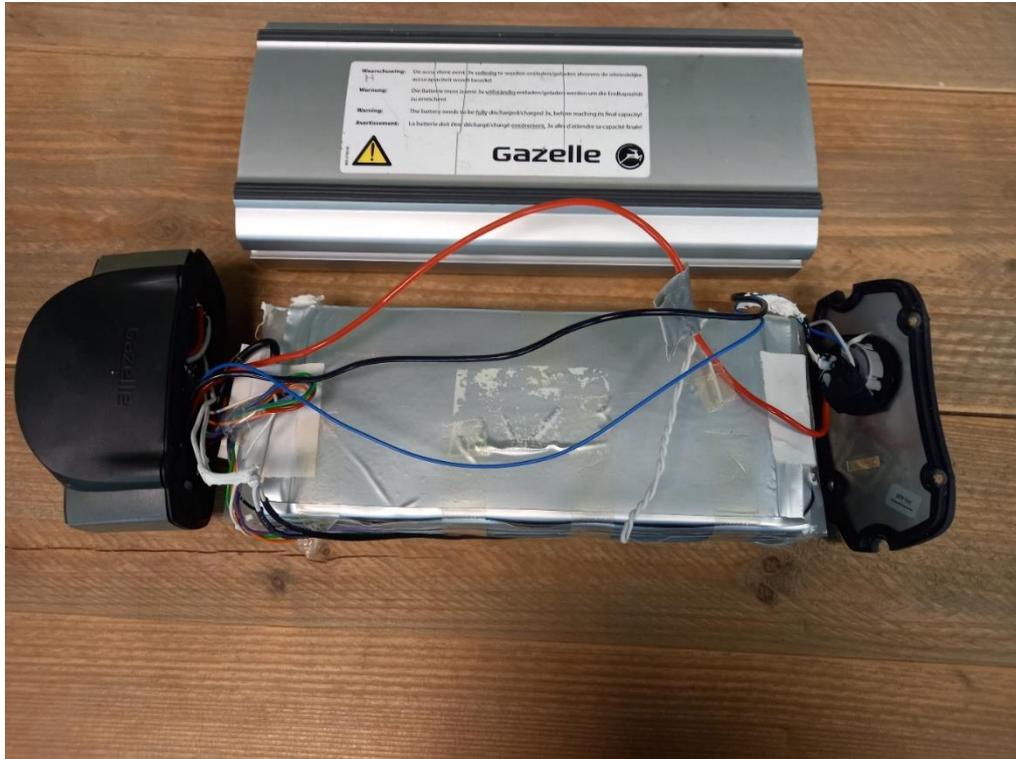


Figure 2 36V 7AH Gazelle Akku s.o.

Diese Flachzellen sind auch in Ihrem Smartphone/Tablet im Einsatz.

Pouchzellen sind von der Größe her nicht normiert, was den Nachkauf dieser Zellen quasi unmöglich macht.

Bei einer Reparatur in unserem Haus verwenden wir Rundzellen. Wir bilden aus Rundzellen den Flachzellenblock nach und erreichen damit sogar größere Kapazitäten. Die Spannungslage bleibt dabei gleich.

Auf diesem Bild sehen Sie das Innenleben eines Bosch Akkus ohne BMS (Batteriemanagementsystem). Zu sehen sind die eingebauten 40 Zellen. Gut zu erkennen ist die Verkabelung am Zellenblock. Bei Boschsystemen wird jedes Zellenpaket (10 Zellen, siehe Erklärung) von der BMS überwacht.



Heute geht der Trend immer mehr zu einheitlichen Rundzellen. Bei den Rundzellen gibt es neben verschiedenen Größen auch zahlreiche Hersteller, die eine unterschiedliche Zellqualität anbieten. Dabei unterscheiden sich die Zellen in Zyklusfestigkeit, Entladestrom und Kapazität. Ein Akku, der zum Beispiel im Münsterland mit einer normal gewichtigen Person sehr gut hält, kann im Mittelgebirge oder Hochgebirge mit einer stattlichen Person sehr schnell versagen.

Siehe C-Rate → Ampere → Leistungsaufnahme Motor → Watt

Ebenfalls ein großer Unterschied sind die verbauten Batteriemanagementsysteme, sprich die elektronischen Bauteile in einem E-Bike Akku.

Je nach Hersteller ist die Qualität bzw. die Langlebigkeit der BMS unterschiedlich. Leider gibt es Elektronikern, die sehr schnell kaputt gehen und in diesem Zuge die Zellen tiefenentladen.

Zusätzlich zu dieser Problematik bieten die großen Hersteller (z.B. Bosch) keine Ersatzteile an. Entsprechend verhält sich der sehr knappe Markt an gebrauchten BMS.

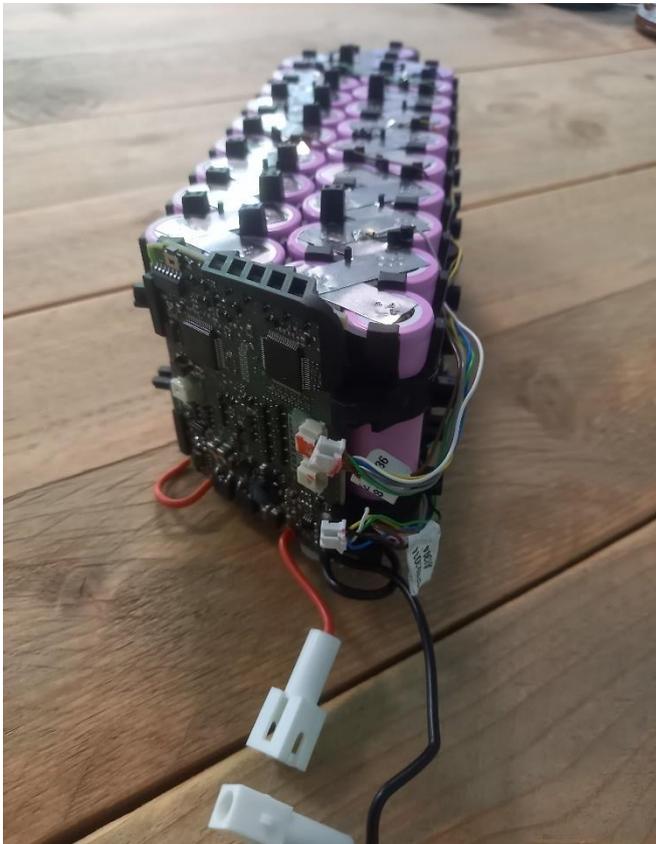


Abbildung 4: Bosch Rahmen Akku Gen. 2 400 WH

Warum ist die BMS so wichtig? Eine simple Aneinanderreihung der Zellen würde nicht ausreichen, um die heutigen Leistungsstandards, Sicherheitsaspekte und Langlebigkeit der Akkus zu gewährleisten.

Ein Akku ist nämlich nur so gut, wie seine schwächste Zelle. Sicherlich kennen Sie den Satz mit dem schwächsten Kettenglied. auch hier verhält es sich gleich. Ist eine Zelle schwächer als die restlichen, muss der Strom durch diese Zelle gedrückt werden. Dies strapaziert die Zelle umso mehr und aufgrund der erhöhten Temperatur steigt der Widerstand. Mehr Widerstand → Mehr Temperatur.

Deshalb ist es wichtig, dass sich alle Einzelzellen elektrisch identisch verhalten. Den Prozess nennt man Konfektionierung. Wird ein Akku hergestellt bzw. repariert, werden in sehr engen Messtoleranzen die Zellen in ihren elektrischen Eigenschaften sortiert und dann in einen Akku verbaut.

Genau diese Gegebenheit ist die Erläuterung, warum man nicht nur ein paar Zellen tauschen kann/sollte. Nehmen wir den Fall an, dass man nur eine defekte Zelle tauscht. Die Folge: Der Akku funktioniert wahrscheinlich wieder, ABER nicht für lange Zeit.

Damit dies auch so bleibt überwacht die BMS jeden Zellenstrang und steuert diese separat an, um minimale Kapazitätsschwankungen auszugleichen.

Zudem schützt die BMS vor kritischen Zuständen. Sie überwacht Überspannung/Unterspannung und sie wertet die Temperatur der Zellenstränge aus. Sollte eines der Überwachungssysteme ausgelöst werden, schaltet die BMS das System aus.

Die BMS erkennt auch zu hohe Ladeströme und unterbricht diese.

2.2 Leitfaden: So finden Sie das Alter Ihres Akkus heraus

Folgend die Rückseite eines Bosch 400 WH Akkus. Die Akku Bezeichnung laut Hersteller ist die „0 275 007 514“. Mit dieser Nummer können Sie bei Google den Akku wiederfinden. Es handelt sich hier um einen 36 Volt Akku mit 11 AH Kapazität. Dies sind die Kerndaten.



Figure 3 Bosch Powerpack 400

Bosch gibt als Hersteller das Produktionsdatum seines Akkus auf diesem Etikett an. Es handelt sich um die Zahlenfolge „52002“. Dies wäre das Produktionsjahr 2015 (5) der Monat April (20, siehe Bosch Tabelle) und der 02 Tag (02). Am 02.04.2015 wurde dieser Akku Hergestellt.

Die entsprechende Tabelle findet man im Internet. Andere Hersteller haben dies z.B. als Produktionsdatum aufgedruckt oder über die Gehäusecodierung, wie Bosch, hinterlegt.

Schauen Sie beim Neukauf der Akkus genau hin. Ein Neuer Akku bedeutet nicht, dass dieser nicht bereits 2 Jahre im Lager gelegen hat.

2.3 Reichweiten der Akkus

Ein immer wieder diskutiertes Thema ist die Reichweite eines Akkus.

Es gibt die unterschiedlichsten Aussagen der Hersteller bezüglich der Reichweitenangabe. Diese Angaben sind meist unter Idealbedingungen ermittelt worden.

Diese wären z.B.: Einsatz von leichtlauf Reifen, Durchführung des Testes bei Windstille, ebene und gerade Strecke, Testperson mit wenig Körpergewicht, welche selbst eine große Menge an WH auf dem Fahrrad abgibt. Im Grunde genau dasselbe Vorgehen wie die Angaben von Spritverbräuchen der Autohersteller.

Wir haben im Laufe der Jahre eine Faustformel entwickelt um unseren Kunden eine hinreichende Angabe zur Reichweite nennen zu können.

Diese lautet: Pro 1 AH Kapazität können Sie als normalgewichtige Person 5km Reichweite bei mittlerer Unterstützung erreichen.

Zudem gibt es alle möglichen Reichweitenrechner im Internet. Ein gutes Beispiel ist der Reichenweiten-Assistent von Bosch.

<https://www.bosch-ebike.com/de/service/reichweiten-assistent>

2.4 Gefährdungsbeurteilung zu Lithium-Ionen-Akkus

Die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse hat die reale Gefahr der Lithium-Ionen-Batterien sehr gut dargestellt.



Brand- und Explosionsschutz – Lithium-Ionen-Batterien

1. HS der Thermodynamik: Energie kann weder erzeugt von zerstört werden. Es wird in die jeweilige Energieform umgewandelt. Diese sind allerdings unterschiedlich nutzbar

Energieformen sind:

- Elektrische
- Chemische
- Thermische
- Mechanische und kinetische (kommen in Batterien nicht vor)



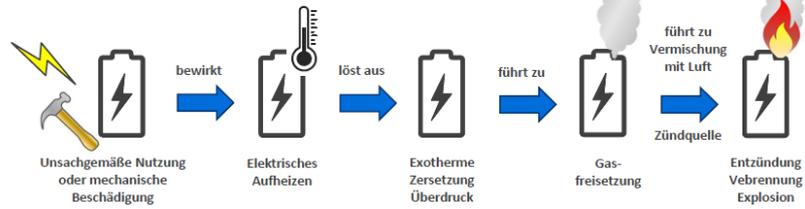
Umsetzung in chem. Verbindungen und Wärme, je nach Ladungszustand der Batterie, ggf. unbestimmte Restladung in der Batterie vorhanden

Abbildung 5 Quelle: BG ETEM

Das Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung hat Zellen mit unterschiedlichen Ladezuständen mit einem Brenner zur Explosion gebracht. Diese Videoreihe verdeutlicht den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.

<https://www.ifs-ev.org/schadenverhuetung/feuerschaeden/lithium-ionen-akkus/>

Thermisches Ereignis (Thermisches Durchgehen)



Ursachen:

- fehlerhaftes Laden
- Auslösen von Überlastungen oder Kurzschlüssen
- mechanische Beschädigung
- Herabfallen bei Batteriewechsel

Hierbei kann es zu explosionsartigem Austreten von Elektrolytflüssigkeiten und zu starken Bränden führen.

Li-Ionen-Batterie-Brände sind schwer zu löschen.

Selbst bei einem Premiumhersteller mit A-Sortierung können sich Produktionsfehler einschleichen. Folgendes Bild zeigt eine Zelle mit einer Delle. Sehen Sie diese?



Abbildung 6: Rundzelle mit Produktionsfehler

Hier die gleiche Zelle aus einem anderen Winkel. Jede Zelle wird bei uns vor dem Einbau einer zusätzlichen Sichtprüfung unterzogen, da selbst bei einer A-Sortierung kritische Zellzustände vorliegen können.



Abbildung 7: Dellen am Minuspol

Zellen dehnen sich bei einem Ladevorgang mechanisch aus. Wird zusätzlich durch eine Einschnürung die Wicklung beim Ausdehnen an einer Stelle gestört, so wird die Separator-Schicht in der Zelle stark belastet.

Versagt diese Schicht, haben die Kathoden- und Anodenschicht auf der Wicklung keine räumliche und elektrische Trennung mehr. Der folgende Kurzschluss erwärmt die Zelle bis zur Explosion.

Dies kann auch in neuen Akkus vorkommen, weshalb das ordentliche Lagern und Laden von dem Gefahrenstoff Lithium-Ionen von sehr großer Bedeutung ist.

Zum Hintergrund:

Eines der größten Probleme besteht bei Lithium-Ionen-Akkus darin, dass sich beim Aufladen Atome im Inneren des Lithiummetalls ansammeln. Elektroden dehnen sich dabei aus. Beim Entladen durch Stromentnahme schrumpft das Metall wieder. Diese Änderungen führen zu wiederkehrenden mechanischen Belastungen im Material. Elektroden können sich lockern oder brechen, in Rundzellen können Separatoren weggescheuert werden.

Das passiert nicht nur bei einer Beschädigung des Akkus, sondern kann auch schon durch nicht erkannte Defekte bei der Produktion auftreten.

Hinzu kommt, dass keiner der bisher untersuchten festen Elektrolyte chemisch stabil ist, wenn er mit dem hochreaktiven Lithiummetall in Berührung kommt. Mit der Zeit zersetzen sich die Verbindungen. Die Lebensdauer sinkt weiter.

Um dies noch besser zu verstehen, hier ein Bild einer 18650 Zelle vor dem Zusammenbau. Schauen Sie sich die Wicklung an. Wenn diese fast als Massiv wirkende Wicklung nun eine Verengung durch eine Delle erhält, liegen die Schichten noch näher Zusammen und das Risiko eines Kurzschlusses wird stark erhöht.



Abbildung 8 Quelle: Wikipedia Lithium-Ionen-Akkumulator.

2.5 Gefahrstoffversand: Deshalb sollten Sie die Verpackung aufbewahren

Akkus sind als Gefahrgut definiert und unterliegen damit besonderen Versandvorschriften. Es ist zu bemerken, dass defekte Akkus nur in aufwändigen Schutzsystemen verschickt werden dürfen (Verpackungsanweisung P908). Diese Schutzsysteme sind ähnlich unserer EproSafe Schutzbox aufgebaut.

Wenn Sie also einen Akku verschicken wollen, so verschicken Sie diesen als normal funktionierenden Akku oder als im Zustand ermüdet.

Akkus, die in der Leistung nachgelassen haben und deswegen nicht mehr ordentlich funktionieren, bezeichnet man als ermüdet .

Diese werden dann zum Beispiel von uns (der Deutsche E-Bike Akkuservice) ertüchtigt und können als repariert von uns verschickt werden.

Sie dürfen keinen Akku ohne Gefahrgutverpackung und Kennzeichnung in einem Paket Shops abgeben.

Wie Sie Ihren Akku zu uns schicken brauchen wir, und so will es der Gesetzgeber, nicht wissen.

Wir erhalten viele normal verpackte Akkus und sind froh, wenn diese ordentlich verpackt sind, also gepolstert und nicht im Karton klappernd

Die zugelassenen Gefahrgutkartonagen sind vom Bundesamt für Materialwirtschaft zertifiziert und haben einen Aufdruck der mit 4G beginnt. Die 4 steht hierbei für die Verpackungsklasse und das G für die Kartonage.

Wenn Sie also einen neuen Akku kaufen und dieser in einem 4G Karton geliefert wird denken Sie daran, dass diese Kartonage sehr teuer im Handel ist und es sich deshalb lohnt, diesen zu lagern und bei einem späteren Versand des Akkus zu nutzen.



Abbildung 9: Unten rechts die "4G" Kennzeichnung

2.5.1 Gefahrstoffkennzeichnung Etiketten

Zusätzlich zu einem 4G zertifizierten Karton müssen folgende Etiketten vorhanden sein:



Abbildung 10: Gefahrgutetikett ADR Klasse 9A

Dieses Etikett kennzeichnet die Verpackung als Gefahrgut der ADR Klasse 9A.



Abbildung 11: UN 3481 Etikett

Dieses Etikett gibt an, dass es sich um Lithium-Ionen-Batterien/Akku handelt.

Wichtig ist es, dass dieses Etikett mit der Telefonnummer des **Versenders** beschriftet wird.

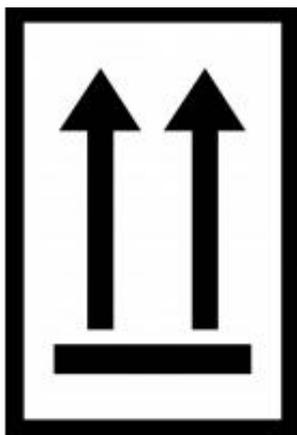


Abbildung 12: Packstückorientierung

Dieses Verpackungsetikett gibt die Packstückorientierung an.

3 So behandeln Sie Ihren Akku richtig

In diesem Kapitel erläutern wir die wichtigsten Grundregeln im Umgang mit dem eigenen Akku.

3.1 Inbetriebnahme: Worauf Sie achten müssen

Wir wiederholen gerne: bewahren Sie den Originalkarton auf.

Neue Akkus sind werkmäßig zwischen 20-25% vorgeladen. Laden Sie den Akku komplett auf und lesen Sie vorher die Bedienungsanleitung. Beispiel: Panasonic Akkus sind nicht vollgeladen, wenn alle LEDs leuchten, sondern erst, wenn diese ausgehen.

Kaufen Sie einen gebrauchten Akku, dann überprüfen Sie diesen zuerst auf Korrosions Spuren.

Haben Sie einen neuen Akku, schütteln Sie diesen. Damit prüfen Sie, ob alle Bauteile im Akku fest sind.

Wenn Sie den Akku erstmalig im Fahrrad einsetzen, tun Sie dies vorsichtig, damit Ihnen durch eine, wenn auch gering abweichende Platzierung, keine Kunststoffnase oder ähnliches abbricht. Wenn möglich schützen Sie die Kontakte des Akkus mit dem DEA Kontaktspray.

<https://eprosafe.de/EproSafe-Shop/>

3.2 Laden und Entladen: Was zu beachten ist

Bei neuen und neu ertüchtigten Akkus laden Sie diesen zuerst voll auf, bevor Sie mit dem Rad fahren. Der Akku benötigt bis zur vollen Leistung zwischen 3 und 5 Ladezyklen. In diesen Ladezyklen fahren Sie den Akku möglichst leer und laden ihn komplett auf. Es kann durchaus sein, dass in dieser Zeit der Ladevorgang länger dauert, da sich die einzelnen Zellstränge noch angleichen müssen.

Gönnen Sie dem Akku nach der Belastung oder nach dem Ladenvorgang etwas Ruhe. Die Elektrochemie soll sich für ca. 10-15 Minuten beruhigen. Dies erhöht die Lebensdauer!

3.3 Gefahrgut Akku: So Schützen Sie sich

Sie haben sicherlich bereits Reportagen zum Thema Lithium-Ionen-Brände gesehen. Was sagt Ihr Fahrradhändler dazu, wie und wo Sie Ihren Akku aufbewahren sollten? In der Garage, im hoffentlich trockenen Keller oder gar in Ihren eigenen 4 Wänden?

Wussten Sie, dass im Jahre 2020 allein in Deutschland ca. 2.000.000 Lithium-Ionen betriebene E-Bikes verkauft wurden (Quelle: Statista)



Abbildung 13: Nach dem Brand in einer Garage

Wir als DEA kennen die Zustände der Akkus unserer Kunden. Von Feuchtigkeits- und Sturzschäden, Überhitzung und Tiefenentladung sind alle Gefahrezustände dabei, die wir täglich in unseren Niederlassungen von unseren Kunden übermittelt bekommen.

Die Hauptursache für Akkubrände: die unsachgemäße Handhabung dieser Akkusysteme. Mit bereits mehr als 100.000 produzierten und reparierten Akkus beim *Deutschen Akkuservice* kennen wir die Zustände und Gefahren, die sich im Laufe eines Akkulebens ergeben können.

Deshalb, als Beitrag für IHRE Sicherheit, haben wir das EproSafe System entwickelt.

[WDR3 Beitrag - Wir schützen Sie vor Ihrem Akku](#)

Sehen Sie in dem beigefügten Beitrag des WDR3, welche Folgen ein realer Akkubrاند in einer Wohnung hat.

Schützen Sie sich und Ihr Umfeld präventiv vor diesem Ereignis!



Abbildung 14: EproSafe Schutzbox

Die beste Versicherung gegen Akkubrand: die EproSafe Schutzbox.

Ihre Vorteile:

- Günstiger als jede Versicherung, da im Notfall nur Akku und Box in Mitleidenschaft gezogen werden. Der E-Bike Akku ist damit sicher aufbewahrt
- Die Umgebung nimmt keinen wesentlichen Schaden (Wohnungsbrand, Hausbrand)
- In Häusern und Garagen ist der Akku sicher weggeschlossen
- Der Akku Ihres E-Bikes wird einfach mit Ladegerät in die Schutzbox gelegt und kann abgeschlossen werden
- Der Akku ist sicher verschlossen. Auch beim Verlassen des Abstellortes ist Ihr E-Bike sicher
- Es gibt bereits Mietverträge, die die Verwendung von Schutzboxen für Akkus vorschreiben.

3.4 Hauptgründe, warum der Akku kaputt geht

Sofern es sich nicht um einen Produktionsfehler handelt, liegen die häufigsten Gründe für das Versagen eines Akkus in der falschen Handhabung.

1. Auf Platz eins: Zu kalte Temperaturen. Den Akku niemals bei Frost lagern. Dies verursacht eine schnelle Alterung des Akkus.
Ganz schlimm ist es, einen entladenen Akku bei Frost zu lagern. Anschließend sollten Sie direkt einen neuen Akku kaufen. Am besten lagern Sie den Akku bei einer Raumtemperatur zwischen 15-20°C.
2. Den Akku niemals in der direkten Sonneneinstrahlung abstellen. Akkugehäuse sind meistens Schwarz und werden dadurch extrem heiß. Es gilt: Akkus möglichst nicht über Temperaturen von 30°C laden. Akku niemals vollgeladen einlagern. Tipp: Wenn Sie den Akku vollgeladen haben, fahren Sie 3-5km und lagern Sie ihn erst dann ein.
3. Bitte achten Sie auf die Bedienungsanleitung. Wenn der Akku über die Elektronik eine Selbstentladung hat, müssen Sie den Akku nach der Herstellerangabe wieder laden, obwohl der Akku nicht belastet wurde.
4. Lassen Sie den Akku nicht über lange Zeit am Ladegerät.
5. Lagern Sie den Akku nicht in einer feuchten Umgebung.

3.5 Wie wichtig ist das richtige Ladegerät?

Für das Laden von Lithium-Ionen-Akkus bedarf es eines speziellen Ladegerätes, das die Akkus nach einem speziellen Ladeverfahren lädt (CCCV = constant current, constant voltage). Die Akkus dürfen nicht über eine Spannung von 4,2 Volt geladen werden, da sonst die Gefahr von Brand und Explosion besteht. Vorteilhaft ist es, die Akkus nur bis ca. 4,1 Volt zu laden, da dies die Lebensdauer bzw. Anzahl der Ladezyklen deutlich erhöht (ggf. bis zu einer Verdoppelung). Für das Laden dürfen nur Lithium Ionen Ladegeräte verwendet werden. Allerdings haben billige Ladegeräte mitunter den Nachteil, dass sie nach Ende des Ladevorgangs nicht sicher abschalten, sondern die Akkus mit einem kleinen Ladestrom weiterladen, was gefährlich sein kann.

3.6 Leistungsverluste verstehen

Leistungsverluste können auf folgende Arten zurückgeführt werden.

1. Der Innenwiderstand der Zellen erhöht sich im Laufe der Zeit. Dies führt zu einer höheren Innenwärme des Akkus. Damit wird weniger Energie in Mobilität umgesetzt. Mit der Zyklenanzahl verringert sich die maximale Kapazität der Zellen (Siehe Diagramm 29E).
2. Wenn einzelne Zellstränge nicht mehr angeglichen werden und dann ein Strang absackt und damit die Kapazität abbricht (Siehe Kapitel 5). Anders als der schleichende Prozess der Alterung (Innenwiderstand) ist der Leistungsverlust bei unausgeglichenen Zellen abrupt.
3. Das Ladegerät lädt den Akku nicht mehr voll auf.

Der Innenwiderstand:

Die Spannung, die man an einem Akku im Leerlauf (ohne Belastung) messen kann, nennt man Leerlaufspannung. Sobald der Akku belastet wird, fällt die Leerlaufspannung auf die Belastungsspannung ab. Beispiel: Verwendet man einen 36V Fahrrad Akku mit einem Innenwiderstand von $0,1\Omega$ an einem $3,5\Omega$ Verbraucher (entspricht grob einem 250W Antrieb bei Vollast), ergibt sich folgender Stromfluss:

$$I=U/R=36V/(3,5+0,1)=10A$$

$$\text{Leistung: } P=U*I=36V*10A=360W$$

An unserem Verbraucher liegen von den 36V allerdings nur noch $U=R*I=3,5\Omega*10A=35V$ an. $U=R*I=0,1\Omega*10A=1V$ fallen am Innenwiderstand ab. Deshalb ist aus einem Akku niemals die nominale Anzahl an Wattstunden zu entnehmen. Ein Teil wird immer in Wärme umgewandelt und erhitzt den Akkupack.

Bei einer Serienschaltung von Zellen addieren sich die Widerstände.

(Quelle: <https://linergy.de/wiki/grundlagen-der-akkutechnik/>)

Folge in der Praxis:

Was passiert nun, wenn der Akku „gealtert“ ist und der Innenwiderstand die Spannung fallen lässt? Die meisten BMS haben eine Sicherheitsfunktion, die dafür sorgt, dass die Zellen nicht tiefenentladen werden. Wenn nur einer der Stränge unter 3 Volt fällt, schaltet die BMS das System komplett ab.

Wenn Sie auf der Fahrt einen alten Akku stark belasten, z.B. durch den Aufstieg eines Hügels, kann es sein, dass die BMS das System ausschaltet. Wenn Sie dieses Phänomen erkennen, liegt dies zu 95% an der genannten Ursache. In den meisten Fällen müssen Sie sogar das System einmal neustarten, da das BMS nicht automatisch wieder anspringt.

4 Reparatur oder Neukauf?

Wenn Sie sich für eine Reparatur entschieden haben, sollten Sie bei der Auswahl des Anbieters folgende Beurteilung durchführen. Diese Fragen unterscheiden nämlich einen Fachbetrieb von einem unseriösen Anbieter.

1. Bietet der Umrüster Ihnen an, einzelne defekte Zellen auszutauschen? Wie Sie schon gelesen haben, ist dies höchstwahrscheinlich eine kostengünstige Lösung, um den Akku innerhalb weniger Wochen erneut zu reparieren. (Thema: elektrische Eigenschaften müssen identisch sein.)
2. Welche Sortierung der Zellen kauft der Anbieter ein: A, AB, B oder C Sortierung? Dies sagt etwas über die Qualität der Zellen aus! Fragen Sie sich, ob Sie bereit sind, für das Geld B- bzw. C-Ware zu kaufen.
3. Das Wichtigste: Wie werden die Zellen verschweißt? Hierbei muss es sich möglichst um eine stoffschlüssige Verbindung im Dual Pulse Verfahren handeln. Auf keinen Fall sollten die Zellen verlötet werden. Der Grund: Lötzinn hält nicht auf dem Zellkörper der Rundzelle. Sollte sich deshalb eine Verbindung lösen, ist das Risiko extrem, dass Funken im Akku entstehen und es zum Kurzschluss kommt. Richtig ist: Die Zellen werden mit vorgesehenen Zellenverbindern (Nickellegierungen in Blechformat) punktuell auf den Zellkörper mithilfe der Punktschweißtechnologie angebracht.
4. Werden für den kompletten Zellblock Zellen aus einer Produktionscharge für den Umbau genommen?
5. Hat der Umrüster Erfahrung mit der Reaktion Ihrer BMS auf den Umbau?
6. Erhält Ihr Akku am Ende eine Seriennummer mit einer Garantie? Wir geben auf unsere Arbeiten **1 Jahr** Garantie!

Wollen Sie einen Akku nachkaufen, kann es schnell komplizierter werden. Hersteller wie Bosch bewegen sich in Generationen. Gen2 hat sowohl als Rahmen- wie auch im Gepäckträgerbereich einen ovalen Anschluss und wird in jeweils drei verschiedenen Versionen vom Hersteller verkauft.

Erinnern Sie sich noch an die Panasonic Akkus und die Thematik mit den Sitzrohrakkus? Es ist keine Seltenheit, dass nach den Jahren das Produktionsetikett durch Witterung und Reibung unleserlich geworden ist. Noch ein Grund, warum die Aufbewahrung des Originalkartons wichtig ist.

Wir bieten Ihnen neben der Ertüchtigung Ihres Akkus auch den Verkauf neuer Akkus an. Fragen Sie einfach bei uns an.

5 DEAs kleine Akkufibel

Die Deutsche E-Bike Akkufibel ist vor 4 Jahren entstanden. Wir wollten unseren Kunden eine Zusammenfassung der Thematik Lithium-Ionen-Batterien geben, welche dankend angenommen wurde.

Die Fibel ist die Basis dieses vertiefenden Kompendiums und behandelt die für E-Bike Besitzer interessanten Themen.

Wir wünschen viel Spaß beim Lesen!

5.1 DEA's Entwicklung

Als mobile Energieträger sind Batterien und Akkus aus der heutigen Zeit kaum mehr wegzudenken. Sie sind extrem vielseitig und versorgen die verschiedensten Verbraucher praktisch und effektiv mit Strom. Dabei gibt es viele Varianten für die unterschiedlichsten Anwendungen. Es werden dabei je nach Einsatzzweck sehr große Batterien und ganz kleine Arten angeboten. Auch die Leistung, Spannung und Ladekapazität variiert und ist auf die verschiedenen Anwendungen zugeschnitten.

Seit 2005 (als DEA seit 2015) beschäftigen wir uns mit der Li-Ion Technologie. Anfangs haben wir eine Produktion prismatischer Zellen (Flachzellen) aufgebaut, ab 2008 haben wir dann komplette Akkus neu produziert.

In 2014 erhielten wir von einem unserer Kunden erstmals 2 Akkus zur Überholung, um einen Zelltausch durchführen. Im Prinzip war dies der Beginn der DEA.

Wir hoffen, dass Sie hier einige interessante Neuigkeiten finden und wünschen Ihnen viel Spaß bei der Lektüre. Schauen Sie auch auf unserer Webseite vorbei und bleiben Sie mit interessanten Neuigkeiten informiert: <https://www.dea-akku.de>

Fragen Sie uns, wenn Ihnen hier etwas fehlt. Wir antworten und ergänzen diese Fibel gerne.

5.2 Funktionsweise und Geschichte der Batterien und Akkus

Bei Batterien werden mehrere galvanische Zellen zusammengeschaltet. Darin ist chemische Energie gespeichert. Bei der Entladung wird diese mit zwei Elektroden in elektrische Energie umgewandelt.

Bei Akkus kann dieser Prozess umgekehrt werden und elektrische Energie wieder in den Zellen in chemische Energie gespeichert werden.

Als Pioniere der mobilen Energieträger gelten Personen wie Luigi Galvani oder Alessandro Volta. Letzterer erfand um 1800 die sogenannte voltasche Säule, die als erste funktionstüchtige Batterie bezeichnet werden kann. Vom Chemiker Dr. William Cruickshank wurde 1802 die erste massentaugliche Batterie entwickelt.

Zu dieser Zeit waren die Batterien alle nicht wieder aufladbar. Dies änderte sich 1859 mit der aufladbaren Batterie des Physikers Gaston Planté.

Im Zuge der Industrialisierung gegen Ende des 19. Jahrhunderts erhielt die Entwicklung und Verbesserung der Batterie noch einmal einen deutlichen Schub. Vor allem mit dem Einsatz von immer besseren Materialien und geeigneten Legierungen wurde seitdem die Effizienz der Batterie immer weiter verbessert.

Zur Geschichte der Akkutechnologie

- 1854 Wilhelm Josef Sinsteden entwickelt den Bleiakкумуляtor
- 1899 Waldemar Jungner entwickelt den Nickel-Cadmium-Akkumulatör
- 1950 erfolgreiche Markteinführung
- 1970 mobile elektronische Geräte und höhere Energiedichten
- 1980 Entwicklung NiMH (Cd-Elektrode ist durch eine wasserstoffspeichernde Metalllegierung ersetzt)
- 1990 Kommerzialisierung von NiMH-Batterien
- 1991 Lithium-Ionen-Zellen (Sony mit amorphem Kohlenstoff als Anode, LiCoO₂ als Kathode)
- 1994 Sanyo mit Graphit als Anode, LiCoO₂ als Kathode (erhöht die Energiedichte der Zelle zusätzlich)
- 1999 Kommerzialisierung von Lithium-Ionen-Polymer-Batterien

5.3 Materialunterschiede in den Akku-/Batteriesystemen

Die Batterien unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung. Es werden verschiedene Legierungen und Metalle zur Energiespeicherung verwendet.

Zink-Kohle-Batterien

Bis in die 1970er Jahre waren vor allem Zink-Kohle-Batterien verbreitet. Die Zink-Kohle-Zelle zählt zu den Primärelementen, das heißt, sie kann nicht wieder aufgeladen werden. Bis zur Ablösung durch Alkali-Mangan-Zellen war die Zink-Kohle Batterie die effizienteste Art der Energiespeicherung. Zink-Kohle-Batterien sind günstig und einfach herzustellen und deshalb spricht der geringere Preis für diese Art des Energieträgers. Allerdings hat diese Zusammensetzung einige Nachteile. So fällt die Spannung hier schnell ab und damit ist sie für hohe Belastungen ungeeignet. Weiterhin ist die Selbstentladung relativ hoch, was die Lagerung und Logistik erschwert. Für einfache Aufgaben, wie die Energieversorgung von Fernbedienungen, ist die Zink-Kohle-Batterie aber immer noch eine günstige Option.

Alkali-Mangan-Batterien

Seit den 1980er Jahren werden vor allem Alkali-Mangan-Batterien genutzt, die oft auch kurz Alkaline genannt werden. Vorteile im Vergleich zu Zink-Kohle sind eine wesentlich bessere Belastbarkeit, hohe Leistungsfähigkeit und geringere Selbstentladung. Obwohl die Alkali-Mangan-Zelle theoretisch begrenzt wieder aufladbar ist, wird sie auch zu den Primärelementen gezählt.

Lithiumbatterien

Stärken von Lithiumbatterien sind eine hohe Energiedichte und Spannungslage. Durch die sehr geringe Selbstentladung sind die Lithiumbatterien perfekt für Langzeitanwendungen mit geringem Verbrauch, wie bei Taschenrechnern oder Rauchmeldern. Knopfzellenbatterien enthalten beispielsweise oft Lithium. Besonders stromfressende Geräte wie Kameras verwenden meist diese Art der Energieversorgung. Auch die Temperaturresistenz ist ein großes Plus und so werden zum Beispiel Wetterstationen mit Lithiumbatterien versorgt.

Nickel-Cadmium-Akku

Der Nickel-Cadmium-Akku, kurz Ni-Cd, gehört zu den ältesten Akku-Typen. Sie besitzen eine hohe Strombelastbarkeit, können schnell geladen werden und sind kälteresistent. Großer Nachteil ist allerdings der Memory-Effekt. Bei sehr häufiger Teilentladung kann die Kapazität der Akkus stark sinken. Außerdem ist das enthaltene Cadmium sehr

umweltschädlich, aufgrund dessen die EU Akkus mit zu hohem Cadmium-Anteil bereits verboten hat. Wegen dieser Nachteile werden sie meist nur noch bei tiefen Temperaturen oder bei Hochstromanwendungen benutzt.

Nickel Metallhydrid-Akku

Nickel-Metallhydrid-Akkus (Ni-MH) werden äußerst schnell geladen und weisen eine hohe Energiedichte auf (zwei bis dreimal höher als Ni-Cd Akkus). Sie können außerdem in derselben Bauform wie Batterien hergestellt werden und stellen eine ähnliche Versorgungsspannung zur Verfügung. Somit haben die Ni-MH-Akkus in vielen Bereichen Batterien verdrängt oder sind zumindest eine Alternative. Wegen des fehlenden Cadmiums sind sie auch viel umweltschonender. Auch die Langlebigkeit und die Anzahl der möglichen Ladezyklen sind im Vergleich zu Nickel-Cadmium-Akkus stark verbessert. Ein Nachteil ist aber die geringe Kälteresistenz; bereits ab Temperaturen von -20° Celsius werden sie als Energieträger völlig unbrauchbar. Nickel-Metallhydrid-Akkus reagieren auch empfindlich auf Tiefenentladung oder Überladung. Deswegen sollten sie nur mit intelligenten Geräten aufgeladen werden.

Lithium-Ionen-Akku

Die neueste Art der wieder aufladbaren Energieträger ist der Lithium-Ionen-Akku (Li-Ion). Dieser liefert meistens eine Spannung von 4,2 V, wodurch er sich für Geräte, die mit kleinerer Spannung arbeiten, kaum eignet. Durch seine sehr gute Energiedichte, seine gute Lagerfähigkeit und die lange Haltbarkeit sind die Lithium-Ionen-Akkus ein enorm vielseitiger Energieträger. Auch der Memory-Effekt tritt nicht auf. Vor allem in Handys, Notebooks und ähnlichen technischen Geräten werden fast ausschließlich Lithium-Ionen-Akkus verwendet. Auch bei der Entwicklung von Elektroautos spielen leistungsfähige Lithium-Ionen-Akkus eine entscheidende Rolle.

Zusatz: Für noch tieferes technisches Verständnis folgender Link.

<https://www.batterieforum-deutschland.de/infoportal/lexikon/>

5.4 Zelltypen

Mignonzelle

Die am weitesten verbreitete Bauform ist die Mignon-Batteriezelle, oft auch AA-Zelle genannt. Da einzelnen Zellen erzeugen nur eine Spannung von 1,2 – 1,5 Volt und werden meistens in mehreren Mignonzellen zusammengefasst. In dieser Bauform gibt es dabei sowohl einmal verwendbare Batterien als auch wieder aufladbare Akkus.

Microzelle

Die Microzelle oder auch AAA-Zelle ist eine Stufe kleiner als die oben genannte Mignonzelle. Sie wird besonders für kleinere Geräte wie Fernbedienungen, Computermäuse oder Taschenlampen verwendet. Auch die Microzelle gibt es sowohl als wiederaufladbare Variante als auch als normale Batterie.

Knopfzelle

Ein weiterer sehr gebräuchlicher Typ der Batterie ist die Knopfzelle. Sie ist eine sehr kompakte Batterie und wird deshalb gerne in kleinen Geräten verwendet. Die Knopfzelle gibt es als Lithium-Batterie, welche sich durch eine hohe Kapazität und eine geringe Entladung auszeichnet. Allerdings sind Lithium-Knopfzellen relativ teuer, viel preiswerter sind dagegen Ausführungen mit Alkali-Mangan. Diese kompakte Art des Energieträgers gibt es weiterhin, auch als wiederaufladbare Variante.

Es gibt aber auch noch enorm viele weitere Typen in verschiedenen Größen. Von der in jedem Fahrzeug befindlichen Autobatterie, über den 9 Volt-Block bis hin zur noch kleineren AAAA-Variante – die Vielfalt ist enorm. Jeder dieser Batterietypen hat spezielle Vor- und Nachteile und ist für bestimmte Aufgaben gedacht.

5.5 Unterschiedliche Spannungslagen der Lithiumsysteme

Die meist verbreitete Zellspannung in europäischen Applikationen ist die der Li-Ionen Zelle mit 3,6 bzw. 3,7 Volt Nennspannung. Diese Zellen werden heute überwiegend in E-Bike Akkus verbaut.

In chinesischen Applikationen finden wir oftmals Li-Fe (Lithium Eisenphosphat) Zellen vor. Diese haben eine Nennspannung von 3,2V.

Andere Spannungslagen, wie z. B. Lithiumtitanat mit 2V, seien an dieser Stelle vernachlässigt.

Li-Ion und Li-Fe Zellen werden in den gleichen Bauformen angeboten. Eine Unterscheidung kann meistens nur durch das Heranziehen der Spezifikation getroffen werden. Wird die falsche Zelle in dem Akkupack eingesetzt und mit der Elektronik verbunden, führt dies unweigerlich zu Fehlfunktionen und es besteht im Laufe des Betriebs die Gefahr einer Explosion.

5.6 Akkuformen im Li-Ionen Bereich

Im Li-Ionen Bereich unterscheiden wir 3 verschiedene Bauformen.

Zylindrische Zellen (Rundzellen)

Rundzellen haben eine 5-stellige Nummer. Diese beinhaltet die Abmessungen der Zelle. So hat eine 18650 Rundzelle folgende Maße: 18 mm Durchmesser, 65 mm Länge. Andere Formate sind 14650, 24650, 16800 und viele andere mehr. Mit dieser Normierung und der entsprechenden Spezifikation können so Zellen von unterschiedlichen Herstellern miteinander verglichen und genutzt werden. Das Elektrodenmaterial und der Separator sind gewickelt und dann in einen oben offenen Metallzylinder (meist Weißblech) gesteckt. Dabei ist der Metallzylinder der Minuspol. Oben wird eine Kappe mit dem Pluspol hineingedrückt.

Zellen in einer eckigen Metallbox

Diese Zellen sind nicht normiert. Der Metallzylinder ist eckig aber bildet nicht den Minuspol. Die hier ebenfalls aufgedrückte Kappe beinhaltet beide Pole.

Flachzellen

Die Flachzellen sind nicht normiert und werden meist anwenderspezifisch produziert. Sie finden im Zellmarkt daher wesentlich weniger Flachzellen als Rundzellen. Der Zellmantel ist eine beschichtete Aluminiumfolie, die gefaltet und an den Rändern versiegelt ist. Diese Zellen werden auch Coffeebag Zellen oder Pouchzellen genannt. Der Vorteil dieser Zellen ist die größere Oberfläche und die über die gesamte Fläche gleiche Zelldicke. Diese Zellart lässt sich wesentlich besser temperieren und wird daher vorwiegend in Applikationen mit hohen Strömen und temperierten Akkus eingesetzt.

Sie haben die gleiche Elektrochemie. Wir von der DEA nutzen beim Zelltausch Rundzellen, auch wenn vorher Flachzellen verbaut waren.

5.7 Erläuterungen rund um Ihren Akku – verstehen und behandeln

Wie lesen Sie die unterschiedliche Angabe von Spannungen?

Wenn Sie sich in der Li-Ion Welt die Spannungsangaben auf den Akkus und den Ladegeräten ansehen, finden Sie unterschiedlichste Angaben. Bei unseren Angaben hier beschreiben wir Li-Ionen Akkus, da diese im E-Bike Bereich am weitesten verbreitet sind.

Betrachten wir zuerst einmal die einzelne Zelle. Bei einer Spannung von 2,75-3V (je nach Zellhersteller und Zellmaterial) ist eine Zelle entladen. Mit 4,2V ist eine Zelle geladen. Die Nennspannung einer Li-Ion Zellen (charakteristische Betriebsspannung ist?meistens ein Plateau, auf dem die Spannung während des Betriebs lange Zeit bleibt) wird mit 3,6-3,7V je nach Hersteller angegeben.

Sie sehen also, die Zelle und damit auch der Akku durchläuft in einem Zyklus ein großes Spannungsfenster.

Jetzt kommt noch etwas Physik dazu:

- Werden Zellen parallel verschaltet, also die gleichen Pole miteinander verbunden, erhöht sich die Kapazität, also die AH Zahl (Anz. der Zellen x AH der einzelnen Zelle = AH der Blocks).
- Werden Zellen seriell verschaltet, also der Pluspol der 1. Zelle mit dem Minuspol der 2. Zelle (usw.) verbunden, erhöht sich die Spannung (Voltzahl-V) dieses Blocks (Anz. der Zellen x V der einzelnen Zelle = V der Blocks).
- In einem Akkublock sind mehrere Zellen parallel und dann mehrere Blöcke paralleler Zellen seriell verschaltet. Finden Sie auf Ihrem Akku eine Angabe (z. B. 3p/10s) bedeutet dies, dass 10 Blöcke von jeweils 3 parallelen Zellen seriell verschaltet sind.
- Ein 24V Akku hat 7 seriell verschaltete Blöcke und daher im geladenen Zustand 29,4 Volt. Die Nennspannung beträgt 25,2-25,9 Volt und mit 21 Volt gilt der Akku als leer.
- Der 36 Volt Akku hat typischerweise 10 seriell verschaltete Blöcke und der 48 Volt Akku 13.
- Die Wh (Wattstunden) errechnen sich aus der Kapazität (AH) multipliziert mit der Nennspannung.

Wie verhält sich der Akku mit anderen Kapazitäten in Ihrem E-Bike?

Wenn Sie sich eine größere Kapazität in Ihren Akku einbauen lassen, dann kann dem Akku auch mehr Kapazität entnommen werden. Das hört sich erst einmal banal an. Die Frage ist allerdings: ruft Ihr E-Bike die Kapazität auch wirklich komplett ab bzw. wird die neue Kapazität auch angezeigt?

Wir unterscheiden dabei die folgenden Szenarien:

- Die neue Kapazität wird nach dem Einbau des neuen Blocks direkt am Display/System angezeigt
- Der Akku wird nach der Neubestückung kalibriert, die neue Kapazität wird dann am Display/System angezeigt.
- Das Display/System zeigt lediglich die alte Kapazität an. Ist diese genutzt zeigt das Display/System leer an, der Nutzer kann allerdings solange mit Unterstützung weiterfahren, bis die neue Kapazität komplett verbraucht ist.
- Im Laufe der ersten Beladungen des Akkus passt sich das Display/System an die neue Kapazität an.
- Das Rad lässt nur die Nutzung der alten Kapazität zu. Obwohl noch Kapazität im Akku vorhanden ist, wird diese nicht mehr abgerufen, das Display/System schaltet ab.

Wir wissen aus unserer Erfahrung, welches System wie auf eine Speichererhöhung reagiert. In den meisten Fällen ist die Kapazitätserhöhung unproblematisch. Aber sicher verstehen Sie jetzt, warum wir so gezielt nachfragen und zuerst den Akku sehen wollen.

Müssen Sie den neuen oder neu bestückten Akku einfahren?

Wenn Sie den Akku zurückbekommen ist dieser typischerweise 25%, maximal 50% geladen. In diesem Zustand sind die Zellen angeliefert worden. Bitte laden Sie den Akku erst ganz voll und fahren dann mit dem Rad. Bei Akkus reden wir von Elektrochemie.

Der Akku benötigt bis zum vollen Leistungsaufbau drei bis fünf Ladezyklen.

Während dieser Zeit fahren Sie den Akku möglichst leer (bis das Bike nicht mehr weiterfährt), bevor Sie ihn wieder an das Ladegerät hängen. In dieser Zeit bildet sich aus dem Elektrolyt eine Schicht (SEI) an den Elektroden aus. Die Qualität dieser Schicht ist verantwortlich für die Kapazität und die Langlebigkeit des Akkus. Danach können Sie den Akku zu beliebigen Zeiten und Füllständen laden.

Warum dauert das Laden des Akkus so lange?

Sie haben sicherlich schon gemerkt, dass Sie z. B. einen 10AH Akku mit einem 2A Ladegerät nicht in 5 Stunden laden (obwohl 2×5 ja 10 sein sollte). Dies hängt mit der Funktion eines Li-Ion Ladegerätes (CC/CV Ladung) und der Akkuelektronik (BMS-Batteriemanagement System) zusammen.

Zuerst speichert das Ladegerät viel Strom in den Akku (CC-constant Current). Die Akkuspannung steigt (siehe Punkt 2). Steigt die Akkuspannung über einen im BMS definierten Wert (bei 10s Akkus typischerweise ca. 41,5V) dann beginnt das Balancing, d.h. die einzelnen Zellstränge werden auf die gleiche Spannung gebracht. Dabei werden Spannungsdifferenzen

von 0,1 bis 0,2 Volt ausgeglichen. Dieser Ausgleich erfolgt bei E-Bike Akkus mit einem passiven Balancing. Sobald ein Zellstrang die definierte Maximalspannung (4,2 V?) erreicht hat, wird er abgeschaltet und der noch fließende Strom über einen Transistor verbraucht. Dies geschieht in dem CV (constant Voltage) Modus. Es fließt noch sehr wenig Strom, sonst muss ja zu viel Strom „verbrannt“ werden. Dieser Vorgang bildet dann die nicht unerhebliche „Restzeit“.

Wie behandeln Sie Ihren Akku schonend?

- Lagern Sie Ihren Akku trocken und warm (wir empfehlen zwischen 15 und 20°C)
- Schützen Sie Ihren Akku im Betrieb vor Nässe und bei Temperaturen unter 5°C auch vor der Kälte
- Reinigen Sie regelmäßig die Kontakte am Akku und der Akkuaufnahme am Bike
- Wenn der Akku herunterfällt, lassen Sie ihn durch uns überprüfen!
- Vermeiden Sie starke Erschütterungen am Ladegerät
- Wenn Sie den Akku benutzt haben, dann warten Sie 10-15 Minuten, bis Sie den Akku wieder aufladen
- Haben Sie den Akku aufgeladen warten Sie 10 -15 Minuten, bis Sie den Akku wieder nutzen
- Haben Sie den Akku fast oder komplett leergefahren laden Sie ihn mind. zu 25% wieder auf
- Wollen Sie den Akku länger lagern, dann laden Sie ihn nicht komplett auf, bzw. fahren nach der kompletten Ladung (Ausbalancierung der Zellstränge) einige (2-5) km, bevor Sie ihn einlagern.

5.8 Begriffe rund um den Akku (alphabetisch geordnet)

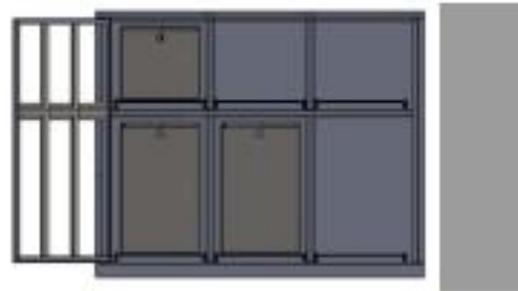
- Der **Akkumulator** (Akku) kann elektrische Energie durch Umwandlung in chemische Energie speichern und diese durch Rückumwandlung wieder abgeben
- Das Funktionsprinzip jeder wiederaufladbaren Zelle oder Batterie sind **Aktivmaterialien**, also Materialien in den Elektroden, in denen die chemischen Stoffänderungsprozesse (Energiespeicherung/-abgabe) stattfinden. Durch die Auswahl der Materialien werden Spannung, Kapazität, Leistung, Zyklenzahl, Sicherheit und Kosten festgelegt (Bsp.: Graphit, Titanat, Manganoxid, Eisenphosphat...)
- **Ampere** [A] Einheit des Stromes
- **Batterie** bedeutet eine oder mehrere Zellen, die mit Hilfe permanenter Mittel elektrisch verbunden sind, einschließlich Gehäuse, Anschlüsse und Kennzeichnungen. Eine einzelne Zelle besteht aus Anode, Kathode, Separator und Elektrolyt
- Batterie-Management-System (**BMS**) elektronische Steuerung, die den Zustand der Batterie überwacht und regelt - „intelligente Batterie“. Die Standardfunktionen sind:
 - Zellschutz
 - Spannungsüberwachung (Lade-/Entladekontrolle)
 - Stromüberwachung
 - Temperaturüberwachung
 - „gas gauching“ (Bestimmung des Ladezustandes)
 - „cell balancing“ (Ausgleich der Ladezustände)
- **C-Rate** [A] - normierter Lade- oder Entladestrom in Ampere: hierunter versteht man die angegebene Nennkapazität geteilt durch eine Stunde. Ein Beispiel hierzu: die Nennkapazität einer Zelle beträgt 3,5 AH. Die C-Rate mit 1C = 3,5 A, 0,2C-Rate = 0,7 A, 10C-Rate = 35 A
- Die **Elektrode** besteht aus Aktivmaterial und Ableiter (Bsp. Anode: Graphit und Kupferfolie)
- Das **Elektrolyt** - flüssiges (oder gelartiges Medium), das den Transport der Ionen (elektrisch geladene Teilchen) zwischen Anode und Kathode gewährleistet (Ladungsausgleich)
- **Ladeschlussspannung** - Spannung, bei der die Zelle oder Batterie vollständig geladen ist. Die Ladeschlussspannung darf nicht überschritten werden, sonst wird Zelle oder Batterie dauerhaft geschädigt. Überladung bedeutet Kapazitätsverlust und Sicherheitsgefährdung!
- **Memory-Effekt** - die Zelle stellt nach mehreren Teilentladungen nur noch einen Bruchteil der ursprünglichen Kapazität zur Verfügung. Die Teilentladungsstufe wird von der Zelle „im Gedächtnis gespeichert“. Die Spannung bricht früher unter die Entladeschlussspannung, die Entladung stoppt, obwohl noch Kapazität vorhanden ist. Wie bereits beschrieben, gibt es den Memory-Effekt bei Li-Ionen Zellen nicht.
- **Nennenergie** [Wh] - die Energie in Wattstunden, die eine Zelle oder Batterie unter definierten Bedingungen abgeben kann
- **Nennkapazität** [Ah] multipliziert mit Nennspannung [V] ergibt den Energiegehalt [Wh], ein Beispiel: 2200 mAh (2,2 Ah) x 3,6 V = 7,92 Wh
- **Nennspannung** [V] - charakteristische Betriebsspannung einer Zelle oder Batterie, dies sind: NiCd-Zelle = 1,2 V; NiMH-Zelle = 1,2 V; Blei-Zelle = 2,0 V; Li-Fe-Zelle=3,2V; Li-Ionen-Zelle = 3,6 V

- **Nutzungsdauer** - verwendbarer Zeitrahmen einer Zelle oder Batterie abhängig von kalendarischer Lebensdauer und Zyklenzahl. Hersteller definieren im Allgemeinen die Nutzungsdauer bis zu dem Wert, an dem nur noch 60% der ursprünglichen Nennkapazität vorhanden ist
- **Sicherheitsventil** - integrierter Öffnungsmechanismus (= vordefinierte Sollbruchstelle), der im Fehlerfall zum Ablassen des internen Drucks aktiviert wird
- **Strom [A]** - beim Laden oder Entladen wird Gleichstrom zugeführt oder entnommen. Die Höhe des Stroms wird beim Laden durch das Ladegerät, beim Entladen durch den Verbraucher bestimmt
- **TCO** („temperature cut off“) - Abschalttemperatur, sicherndes Bauteil, das die Temperatur der Batterie aufnimmt und den elektrischen Stromkreis öffnet oder begrenzt, sobald eine bestimmte Temperatur überschritten ist.

Die folgenden beiden Zustände können zu den folgenden irreversiblen Schädigungen der Zellen führen. Diese sicherheitskritischen Vorgänge sind unter anderem der Zerfall der Kathodenaktivmaterialien (exothermer Prozess) und das „Lithium-Plating“ (Metallablagerungen). Sie führen bei dem Zerfall der Kristallstruktur des Kathodenaktivmaterials zu einem „Thermal Runaway“. Die Zustände sind:

- **Tiefentladung** - Entladevorgang, bei dem die Entladespannung unterschritten wurde (= zulässige Kapazitätsentnahme überschritten). Dies führt oft zu einer irreversiblen Schädigung und Kapazitätsverlust und soll durch das BMS verhindert werden
- **Überladung** - Ladevorgang, bei dem die Ladeschlussspannung überschritten wurde
- **Volt [V]** Einheit der Spannung
- **Watt [W]** Einheit der elektrischen Leistung (P), je höher die Spannung (U) und je höher der fließende Strom (I), desto höher die elektrische Leistung (P)

5.9 Unser aktueller Flyer



EproSafe

Schutzboxen + Schränke mit Lademöglichkeit für Akkus

Der EproSafe Boxenschrank:
Perfekter Schutz für Mensch und Immobilie

- ✓ Immobilienbesitzer
- ✓ öffentliche Einrichtungen
- ✓ Unternehmen
- ✓ Hotels & Pensionen



Lithium-Ionen Akkus sind Gefahrgut!



Allein 2020 wurden in Deutschland ca. 2.000.000 E-Bikes
mit Lithium-Ionen Akkus verkauft.



proSafe AKKU-SCHUTZBOX

Wissen Sie, wie E-Biker in Ihrer Immobilie mit ihren Akkus umgehen?

Die Hauptursache für Akkubrände ist die unsachgemäße Handhabung von Akkusystemen. Mit bereits mehr als 100.000 produzierten und reparierten Akkus beim Deutschen Akkuservice kennen wir die Zustände und Gefahren, die sich im Laufe eines Akkulebens ergeben können.

Feuchtigkeits- und Sturzschäden, Überhitzung und Tiefentladung sind Gefahrezustände, denen wir in unseren Niederlassungen täglich begegnen.

Unsere Entwicklung des proSafe Systems ist unser Beitrag für Ihre Sicherheit!

Ihre Vorteile:

- Günstiger als jede Versicherung, da im Notfall nur Akku und Box in Mitleidenschaft gezogen werden. Der E-Bike Akku ist damit sicher aufbewahrt
- Die Umgebung nimmt keinen wesentlichen Schaden (Wohnungsbrand, Hausbrand)
- In Mehrfamilienhäusern ist der Akku sicher weggeschlossen
- Der Akku Ihres E-Bikes wird einfach mit Ladegerät in die Schutzbox gelegt und kann abgeschlossen werden
- Der Akku ist sicher verschlossen. Auch beim Verlassen des Abstellortes ist Ihr E-Bike sicher
- Es gibt bereits Mietverträge, die die Verwendung von Schutzboxen für Akkus vorschreiben

Technische Details

- V2A Edelstahlbox mit Feuerschutzklasse F30
- Warnsystem bei Überschreiten der Innenraumtemperatur (70 °C Schwellwert)
- Warnton und blinkende Warn-LED
- Netzunabhängige Stromversorgung für das EproSafe Warnsystem
- Kühlung des Innenraums für eine längere Lebensdauer Ihres Akkus beim Ladevorgang

Flammresistoreinheit:

- Edelstahlwolle verhindert den Austritt von Flammen
- Brandschutzklappe als Überdruckregulator (verschließt sich selbst nach Druckabbau)
- Aktivkohle filtert Gase

Die Varianten der Schutzboxen

- **EproSafe 1:** Präventivbox für kleine und mittlere Akkus wie z. B. Bosch Rahmen- und Gepäckträgerakkus. Innenmaße 240 x 220 x 410 mm (Breite x Höhe x Tiefe)
- **EproSafe 2:** Präventivbox für Akkus, die auf dem Ladegerät geladen werden, wie z. B. Panasonic Akkus. Die Box kann auch seitlich liegend mit mehreren Akkus betrieben werden. Innenmaße 240 x 422 x 410 mm (Breite x Höhe x Tiefe)
- **EproSafe 3:** Präventivbox für lange und große Akkus, wie z. B. Intube Akkus. Innenmaße 240 x 220 x 550 mm (Breite x Höhe x Tiefe)
- **EproSafe 4:** Präventivbox für mehrere Akkus, die auf dem Ladegerät geladen werden (z.B. drei Panasonic Akkus gleichzeitig). Diese Box kann aufgrund ihrer Größe in diversen Bereichen eingesetzt werden. Innenmaße 240 x 422 x 550 mm (Breite x Höhe x Tiefe)



IHR MODULARES SCHRANKSYSTEM FÜR proSafe SCHUTZBOXEN

Ihre Vorteile

- Integration der Boxen in das Stromnetz der jeweiligen Mietwohnung/Benutzer
- Das Schließsystem zu einer oder mehreren Boxen ist in das Schließsystem der jeweiligen Wohnung integrierbar
- Bei Verwendung unserer Schlüssel sind auch gleich- oder verschiedenschließende Zylinder inkl. Sicherheitskarte möglich
- Im Ernstfall ist aufgrund der einzelnen Warnsysteme eine schnelle Identifizierung der Schutzbox im Schrank möglich
- Entnahme einer Schutzbox ist durch autorisierte Personen (z.B. Feuerwehr) nach öffnen der Schranktür innerhalb weniger Sekunden möglich
- Bei Entnahme einer/mehrerer Schutzboxen werden die restlichen Boxen im Schranksystem nicht beeinträchtigt

Technische Details

- Schranksystem skalierbar
- Flügeltür sichert gegen das unbefugte Herausnehmen der Schutzboxen
- Einzelne Stromzuführungen ermöglichen die Zuweisung auf die Zähler der Wohnungen
- Schienenauszug für jede Schutzbox
- Robuste und langlebige Konstruktion
- Schlosssystem nach Ihren Vorgaben planbar

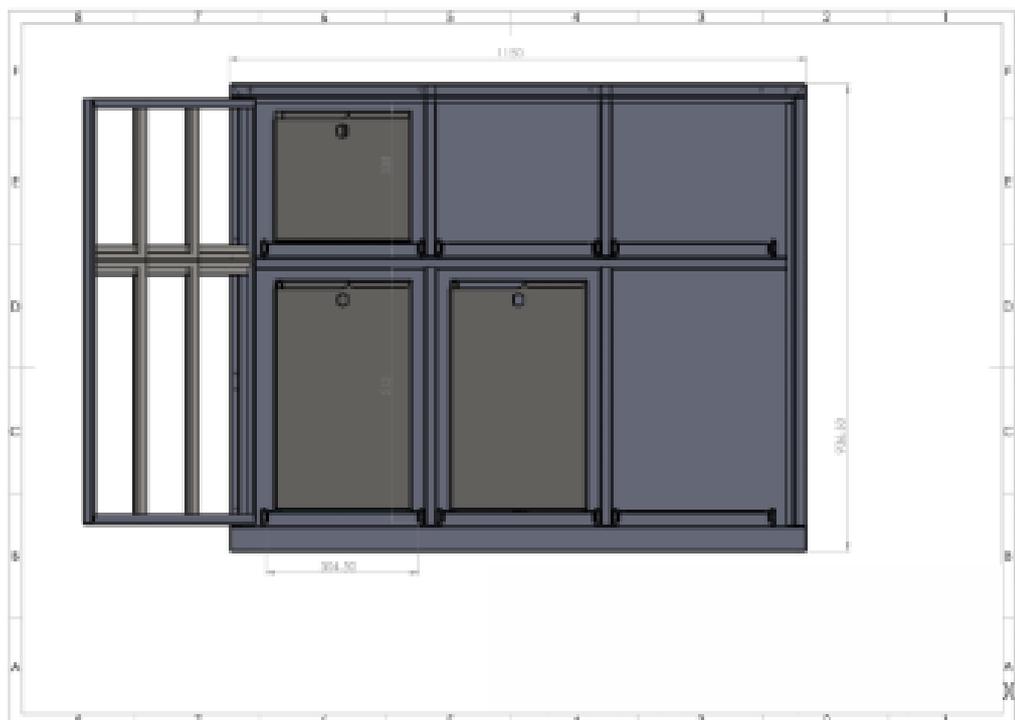
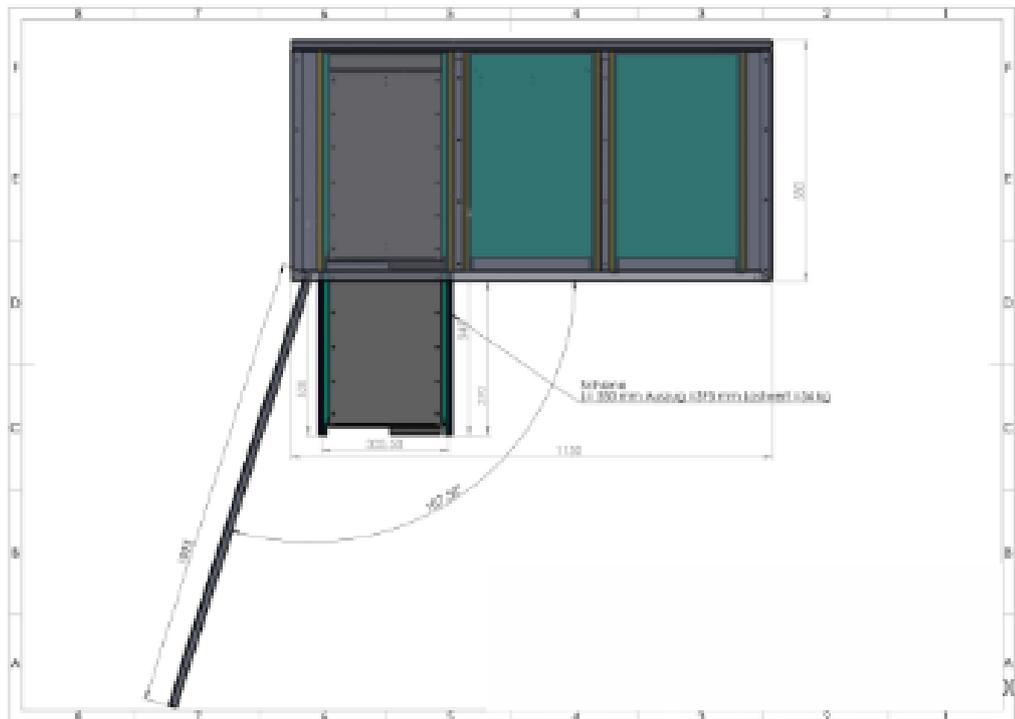
Preis ab 2.490 €

(Schrank mit 4 EproSafe 1 Schutzboxen mit Schloss ohne Lademöglichkeit)

- Leasing möglich
- Finanzierung möglich

Die Varianten der Schranksysteme:

- Konfigurierbar von 4 bis 36 proSafe Schutzboxen
- Optional Pulverbeschichtet
- Flügeltür links/rechts öffnend
- Schlosssystem proSafe oder Einbindung in das Schlosssystem des Kunden



immobilien.eprosafe.de

EproSafe Service-Hotline

Unterstützung und Beratung unter:

+49 2501 2659 550 oder info@eprosafe.de



DEA

Deutsche E-Bike Akkuservice
Mobilität von morgen - heute erfahren

**WIR SIND
BEKANNT FÜR
EXZELLENT
AKKUS!**



WIR REPARIEREN SO GUT WIE ALLE AKKUS UND STELLEN DIE URSPRÜNGLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT WIEDER HER ODER ERHÖHEN DIESE GGF. SOGAR!



**JETZT AUCH AKKUS
FÜR GOLF-TROLLEYS**

DEFEKT, VERALTET UND SCHWACH? - GEBEN SIE IHREM E-BIKE AKKU EINE CHANCE!

Ca. 80% der Speichersysteme lassen sich reparieren. Zunächst prüfen wir die aktuelle Kapazität Ihres Akkus. Wenn die Batteriezellen „verbraucht“ sind, funktionieren Gehäuse, Elektronik und Ladegerät immer noch.

Ist die Funktion Ihres Akkus nicht beeinträchtigt ergibt sich für Sie eine kostengünstige Alternative - statt eines neuen Akkus lassen Sie den Alten einfach generalüberholen.

Wir bauen auch andere, ältere Systeme wie Blei, Ni-CD und NiMH auf moderne Li-Ionen Systeme um oder tauschen auch hier die Zellen aus. Zudem können wir mit unserem Know-how und unserem hochmodernen Equipment ältere Modelle auf modernere, sichere Technologie umrüsten.

Warum also Akkus oder sogar das ganze Rad verschrotten?

WIE GEHEN SIE VOR?

Gerne beraten wir Sie telefonisch oder Sie geben Ihren Akku in einer unserer Annahmestellen ab und wir setzen uns mit Ihnen in Verbindung. Die Annahmestationen finden Sie auf unserer Internetseite unter www.deutscher-akkuservice.de. Problemlos können Sie uns auch online mit der Reparatur Ihres Akkus beauftragen unter shop.deutscher-akkuservice.de.

Sollten Sie Ihren Akku nicht finden, kein Problem - Wir kümmern uns! Senden Sie uns den Akku mit dem Ladegerät zu. Bitte vergessen Sie Ihre Mailadresse und Telefonnummer nicht. Wir melden uns bei Ihnen! Formulare zur Einsendung finden Sie bei Bedarf im Downloadbereich unserer Internetseite.

Auf der Webseite <https://dea-akku.de/annahmestellen> finden Sie unsere aktuellen Annahmestellen sowie unsere Produktionsstätte in Werl und Münster.



Auf der Webseite <https://dea-akku.de/akkus/e-bike-akkus> finden Sie weiteres Bildmaterial. Dies sind kleine Auszüge über die Vielzahl an Herstellern und Varianten. Sind Sie sich unsicher, ob Ihr Akku repariert werden kann? Dann zögern Sie nicht, uns anzurufen oder uns direkt ein Bild Ihres Akkus per E-Mail an vertrieb@deutscher-akkuservice.de zuzuschicken. Wir helfen Ihnen gerne weiter.

Informationen zur Bearbeitung Ihres Akkus

Ihre Reparatur-/Vorgangsnummer

Sehr geehrter Kunde,

Sie haben uns Ihren Akku anvertraut. Im Gegenzug möchten wir Sie über den weiteren Ablauf informieren. Sie geben den Akku in unserer Annahmestation, wenn möglich inkl. Ladegerät, ab.

Bitte füllen Sie das ebenfalls beiliegende Auftragsblatt so weit wie möglich aus und geben dies zusammen mit dem Akku ab. Besonders interessiert uns dabei das Alter des Akkus bzw. wann dieser gekauft und wieviel er genutzt wurde.

Der Akku wird dann in eines unserer Produktionszentren gebracht:

Deutsche E-Bike Akkuservice

Lohdiecksweg 6

oder

Fuggerstraße 15

59457 Werl

48165 Münster

Ihr Akku und Ihr Ladegerät, wie auch das Auftragsblatt, werden im Werk mit einer einheitlichen Auftragsnummer versehen. Diese Nummer erhalten Sie dann von uns per E-Mail, nachdem der Akku im Werk erfasst wurde. Anhand dieser Nummer können wir nicht nur Ihre Artikel identifizieren, sondern auch bei Rückfragen Ihrerseits schnell und kompetent Auskunft erteilen.

Haben wir Ihren Akku in der Bearbeitung, erfolgt zuerst eine Sichtprüfung von außen und innen sowie eine elektrische Prüfung unter Berücksichtigung Ihrer Angaben auf dem Annahmebericht.

Bei der Fehlerangabe „geringe Leistung“ kann in 95% aller Fälle danach ein Zelltausch durchgeführt werden. Bei der Fehlerangabe „geringe Leistung und relativ neuer Akku (z. B. 1 bis 2 Jahre) prüfen wir den Akku komplett und können teilweise auch Zellstränge mit unterschiedlichen Spannungen wieder angleichen und eine „altersgerechte Kapazität“ wiederherstellen. Auch wenn der Akku kein Lebenszeichen mehr zeigt, können wir oft noch weiterhelfen.

Im Falle eines Zelltausches tauschen wir generell alle Zellen aus, denn nur dann können wir eine Garantie übernehmen und eine hohe Qualität und lange Lebensdauer gewährleisten. Der Akku ist dann bis auf die Elektronik und das Gehäuse neu! Als Akkuhersteller legen wir Wert auf Qualität und Sicherheit.

Der Preis ist dabei abhängig von der Anzahl und der Kapazität der zu verbauenden Zellen. Diese richtet sich nach dem vorhandenen Bauraum möglichen Zellen. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, wenn wir dies gemeinsam mit Ihnen abstimmen und umsetzen. Dafür rufen wir Sie gerne an.

Nach Klärung erhalten Sie von uns eine Pro-Forma Rechnung per E-Mail oder Fax. Wir führen dann nach Ihrer Zahlung die abgesprochenen Arbeiten durch und schicken Ihnen den Akku zurück.

Wir stehen zu dem, was wir tun. Daher erhalten Sie 1 Jahr Garantie auf unsere erbrachten Leistungen!

Alle Informationen zu unseren Produkten und Dienstleistungen finden Sie auch im Downloadbereich unserer Internetseite: <https://dea-akku.de/downloads>

Hier legen wir Ihnen besonders die DEA's kleine Akkufibel ans Herz.

Schauen Sie ab und zu mal rein, wir stellen immer wieder neue Informationen ein.

Eilt es? Brauchen Sie den Akku zu einem fixen Zeitpunkt? Sprechen Sie uns bitte an, wir finden eine Lösung!

Telefonisch erreichen Sie uns wie folgt: (Sommerzeiten bis September)

- **Montags bis donnerstags** von **08:00 bis 17:00 Uhr**
- **Freitags** von **08:00 bis 16:00 Uhr**
- Unter der Nummer **02501 26595**

Wir haben einen Anrufbeantworter geschaltet, sollten wir im Gespräch sein.

Sollten Sie eine E-Mail bevorzugen, schreiben Sie bitte an akku@deutscher-akkuservice.de

Vergessen Sie bitte Ihre oben notierte Vorgangsnummer nicht!

Wenn Sie den Akku zurückbekommen ist dieser minimal geladen. Bitte laden Sie diesen erst voll auf und fahren dann mit dem Rad. Der Akku benötigt bis zur vollen Leistung zwischen drei und fünf Ladezyklen. In diesen Ladezyklen fahren Sie den Akku möglichst leer.

Es kann durchaus sein, dass in dieser Zeit der Ladevorgang länger oder sehr lange dauert, da sich die einzelnen Zellstränge dann immer noch angleichen und/oder Sie mehr Kapazität im Akku haben. Mehr Informationen über Li-Ionen Akkus finden Sie in DEA's kleiner Akkufibel.

Rufen Sie uns jederzeit an, wenn Ihnen etwas (Reichweite, Anzeige Ladegerät usw.) komisch vorkommt. Wir bemühen uns, Ihre Fragen zu beantworten und Ihnen zu helfen, denn wir haben ja Ihre oben notierte Auftragsnummer gespeichert.

Empfehlen Sie uns weiter. Ihr Freundes- und Bekanntenkreis ist auch an unseren Leistungen interessiert? Gerne arbeiten wir auch mit Ihrer Fahrradwerkstatt zusammen.

Ob zufrieden oder nicht, wir freuen uns über Ihr Feedback!

Zur Akkusicherheit (z. B. Laden ohne Aufsicht) empfehlen wir unsere zum Patent angemeldete EproSafe Schutzbox.



Gerne senden wir Ihnen dazu weitere Informationen zu.

Fordern Sie uns!

Ihr DEA Team