

Akkusicherheit

Energie entspannt nutzen

Eine Anleitung für Verbraucher zum Gebrauch und zur Lagerung von tragbaren Energiequellen für Dampfgeräte.



Ursprünglich veröffentlicht im Januar 2017 von
CASAA – The Consumer Advocates for Smoke-free Alternatives Association.

Übersetzung mit freundlicher Genehmigung der CASAA durch Maximilian Stolba von der
Interessengemeinschaft E-Dampfen e.V.

Akkusicherheit in der Praxis

[Anmerkung des Übersetzers: Diese Regeln gelten natürlich auch für alle anderen Lithium-Ionen-Akkus in Elektrowerkzeugen, Handys, Tablets, Digitalkameras, Taschenlampen, Spielzeugen usw.]

Dieser Artikel beschäftigt sich damit, wie Akkus hergestellt werden, wie sie funktionieren und was ihnen schaden kann. Aus diesem Verständnis heraus können wir ein paar sehr einfache, klare Regeln für ein "friedliches Zusammenleben" mit unseren Akkus aufstellen:

1. Kenne Dein Gerät. Jedes Gerät hat spezielle Energieanforderungen, und die Akkus für dieses Gerät sollten diese Anforderungen mindestens erfüllen.
2. Verändere NICHTS an dem Gerät, besonders dann nicht, wenn dadurch Lüftungslöcher oder -schlitze blockiert werden. Diese tragen zur Kühlung bei und erlauben im Notfall ein Entweichen von Batteriegasen.
3. Kaufe nur Qualitätsakkus aus vertrauenswürdiger Quelle. Billige und gebrauchte Akkus haben ein minderwertiges Innenleben und können schnell versagen.
4. Kaufe nur Akkus, die die Anforderungen Deines Gerätes erfüllen. Hüte Dich vor umgelabelten Akkus mit angeblich hoher Leistung – viele davon sind gefälscht und versagen. Bevorzuge im Zweifelsfall Markenhersteller wie Sony, LG, Samsung usw. und kaufe sie bei einem Händler, der ihre genaue Herkunft kennt.
5. Lagere und transportiere Akkus in passenden Kunststoffbehältern oder speziellen Akkühüllen, um Beschädigungen und Kurzschlüsse zu vermeiden.
6. Überschreite NIEMALS die Nennbelastbarkeit der Akkus. Durch Pulslasten werden die Akkus sehr belastet. **Nach hohen Belastungen müssen die Akkus ruhen.**
7. Lass die Akkus nicht fallen. Wenn ein Akku heruntergefallen ist, sollte er **sehr** sorgfältig auf Beschädigungen untersucht werden. **Jede** äußere Beschädigung könnte auf eine Beschädigung im Inneren hindeuten.
8. Setze Akkus keinen extremen Temperaturen aus. Bei zu niedrigen Temperaturen kann das Elektrolyt gefrieren und brechen. Zu hohe Temperaturen können zu einem vorzeitigen Austrocknen des Elektrolyts und einer Beschädigung desselben führen. Eine Beschädigung des Elektrolyts ist einer der Hauptgründe für Entgasung und Brand.
9. Wenn ein Akku bei der Benutzung heiß wird – **SOFORT AUFHÖREN!** Akkus können sich beim Betrieb erwärmen, sollten aber niemals heiß werden. Lege das Gerät oder den Akku sofort an einen feuerfesten Ort, wie z.B. ein trockenes Porzellanwaschbecken drinnen, oder weit weg von Menschen, Haustieren und brennbaren Gegenständen draußen.
10. Benutze ein für Lithium-Ionen-Akkus ausgelegtes, hochwertiges Ladegerät. Billige Ladegeräte können Akkus überladen oder zu schnell laden. Das schwächt den Separator und führt zu einer Blasenbildung im Elektrolyt. Dadurch kann der Akku gefährlich werden.
11. Akkus sollten spätestens nach einem Jahr der Benutzung ausgetauscht werden und noch häufiger unter Hochlastanwendungen wie Dampfen. Wenn Du bemerkst, dass ein Akku länger braucht um geladen zu werden, sich bei Benutzung stärker erhitzt oder er nicht mehr solange hält wie gewohnt, dann ist es an der Zeit, ihn zu ersetzen.
12. **Benutze niemals einen Akku mit beschädigter Hülle!** Die Chance auf einen Kurzschluss ist wesentlich höher und eine beschädigte Hülle kann auch auf eine innere Beschädigung hindeuten.

Warum Akkusicherheit?

[A.d.Ü.: Sowohl Akkus (eigentlich 'Akkumulatoren') als auch Batterien werden im Englischen 'Battery' genannt, daher die Begriffsdefinitionen im Originaltext.]

Akkus und Batterien sind Teil unseres täglichen Lebens geworden, von der Fernbedienung bis hin zum Auto. Normalerweise denken wir überhaupt nicht mehr darüber nach, solange nichts schiefgeht. Für die meisten Menschen ist ein leerer Akku oder eine leere Batterie die einzig bekannte Form von Versagen, die sie kennen. Manchmal jedoch versagen diese Energiespeicher deutlich dramatischer. Falls das passiert, macht es Schlagzeilen, da es nur selten vorkommt. In einer kürzlich erfolgten Auswertung von Berichten katalogisierten die Forscher 92 Vorfälle mit Akkus von Dampfgeräten zwischen 2012 und 2015, bei denen es zu Sach- oder Personenschäden kam^[1]; Ingenieure untersuchen seit Jahrzehnten die Gründe für das Versagen von Akkus^[2,3]. Dieser Artikel fasst dieses Wissen in Form praktischer Hinweise für Verbraucher zusammen, damit sie die notwendigen Kenntnisse für den möglichst sicheren und risikoarmen Umgang mit Akkus erhalten - besonders wenn diese in Dampfgeräten verwendet werden.

Was sind Akkus eigentlich?

Die in Dampfgeräten verwendeten Akkus sind gewöhnlich Lithium-Ionen-Akkus. Diese sind durch ihre hervorragenden Kapazitäts- und Entladefähigkeiten geeignet, diese Geräte mit Strom zu versorgen. Über diese fortschrittliche Akkutechnik sollte man ein paar Dinge wissen, um die Benutzung, die Lagerung und den Umgang mit ihnen so sicher wie möglich zu gestalten.

Das Herz jedes Akkus ist eine genau festgelegte chemische Reaktion zwischen drei Bestandteilen. Diese chemische Reaktion erzeugt den Strom. Die drei Bestandteile nennt man Anode (Minus), Elektrolyt (die Chemie) und Kathode (Plus). Diese drei Bestandteile werden übereinandergelegt, dann kommt ein zusätzlicher Separator oben drauf und danach wird das Ganze zu der zylindrischen Form zusammengerollt, die wir kennen. Die folgenden Bilder verdeutlichen das^[4,2].

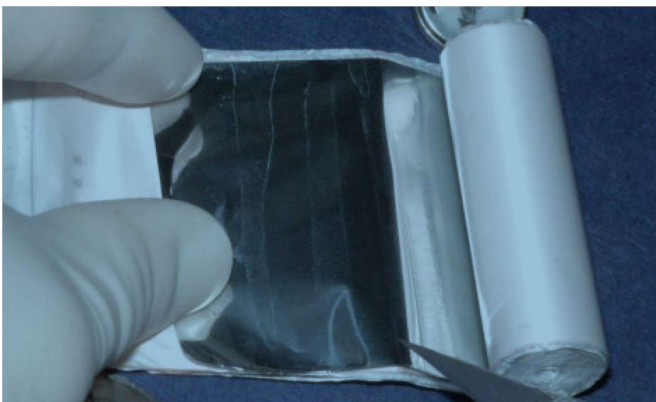


Abbildung 1: Akkuelement auseinandergerollt^[2]



Abbildung 2: Zusammengerollte Lagen im Gehäuse^[2]

Wie auf den Bildern deutlich zu sehen, ist das eigentliche Akkuelement eng zusammengerollt. Nur das Elektrolyt und die weiße Plastikfolie zwischen Anode und Kathode verhindern einen Kurzschluss. Daher der erste Sicherheitshinweis: *Lasse NIEMALS zu, dass Separator oder Elektrolyt durch irgendetwas beschädigt werden*^[3]!

Wir kennen alle die Alkaline-Batterien in unseren Fernbedienungen. Diese haben eine Nennspannung von 1,5 Volt. Lithium-Ionen-Akkus haben eine Nennspannung von 3,6 Volt. Woher kommt der Unterschied? Der entscheidende Unterschied besteht in der vorher beschriebenen Chemie. Bei den meisten älteren Technologien liefert die chemische Reaktion gerade mal 1,5 Volt pro Zelle. Die neuere Lithium-Ionen-Technologie liefert viel mehr Spannung, bis zu 4,2 Volt. Die chemische Reaktion bestimmt also die Spannung^[4].

Was bestimmt die Akkukapazität? Vereinfacht gesagt: Je größer die Oberfläche des Elements, desto größer die Akkukapazität. Kapazität wird in Milliamperestunden (mAh) angegeben. Je mehr mAh, desto mehr Energie kann ein Akku speichern. Für eine größere Oberfläche muss das Element dünner gemacht und fester zusammengerollt werden, um in das gleiche Gehäuse zu passen. Das ist der grundlegende Unterschied zwischen einem 1500mAh-Akku und einem 3000mAh-Akku, als Beispiel.

Was bestimmt den maximalen Strom, den ein Akku ausgeben kann? Ausschlaggebend ist die Fähigkeit des Elements, den Strom bis zu den Enden des Akkus zu leiten^[4]. Je dünner die Schichten, desto geringer ist der Strom, der transportiert werden kann, ohne dass das Element zu heiß wird und der Separator schmilzt oder sich im Elektrolyt Blasen bilden. Das ist der Grund, warum Akkus mit weniger Kapazität höhere Ströme ausgeben können: Die leitenden Schichten sind dicker. Dicke und Oberfläche des Elements sind also voneinander abhängig. Wenn aus einem Akku zu viel Strom gezogen wird, wird das Element heiß. Erinnerst Du Dich an den ersten Sicherheitshinweis? *Lasse NIEMALS zu, dass Separator oder Elektrolyt durch irgendetwas beschädigt werden!* Wenn Separator oder Elektrolyt zu heiß werden, werden sie beschädigt, und das kann zu einem Kurzschluss innerhalb des Akkus führen^[2]. **Das ist sehr gefährlich!**

Einer der Vorteile von Lithium-Ionen-Akkus ist, neben ihrer Kapazität, ihrer Spannung und dem Strom, den sie liefern können, dass sie wieder aufladbar sind. Viele Batterien, die wir im täglichen Leben nutzen, sind sogenannte Primärzellen. Primärzellen, wie z.B. Alkaline-Batterien, sind nicht wiederaufladbar. Wenn die chemische Reaktion beendet ist, ist auch die Batterie am Ende^[4]. Lithium-Ionen-Akkus besitzen eine Chemie, die es erlaubt, sie wieder aufzuladen. Diese Art von Batterie wird Sekundärzelle genannt. Beim Laden wird ein geringer Strom durch das Akkuelement geleitet, der die Elektronen im Elektrolyt so zurücksetzt, dass sie sich wieder zwischen Anode und Kathode bewegen und Strom produzieren können^[4]. Jedes Mal, wenn ein Akku entladen und dann wieder geladen wird, verliert ein kleiner Teil des Elektrolyts diese Fähigkeit zur Rücksetzung. Daher wird bei Akkus die Zahl der Ladezyklen angegeben. Diese Zahl sagt aus, wie oft ein Akku wieder aufgeladen werden kann. Wenn diese Anzahl Zyklen überschritten ist, lässt die Kapazität des Akkus nach. Er entlädt sich also deutlich schneller als zu Beginn, als er noch neu war. Schlimmer jedoch: Das Elektrolyt beginnt auszutrocknen und wird beschädigt, was einen Kurzschluss innerhalb des Akkus verursachen kann^[4,2,3]. **Das ist sehr gefährlich!**

Wie Akkus versagen

Wir haben bereits ein wenig über die Gründe für ein Versagen von Akkus bei unserer Betrachtung der Bestandteile gesprochen. Aber warum „explodieren“ sie, fangen Feuer oder „entgasen“? All diese Erscheinungen hängen miteinander zusammen. Die Ursachen für Akkuversagen lassen sich kurz zusammenfassen: *Zu hoher Strom, zu schnell, für zu lange Zeit*. Die Schlüsselfrage ist nun: Was bedeuten „zu viel“, „zu schnell“ und „zu lang“?

Die erste und offensichtlichste Ursache ist ein Kurzschluss. Ein Akku kann kurzgeschlossen werden, wenn er zu viel Strom auf einmal liefern muss. Akkus haben daher einen angegebenen Maximalstrom. Erinnerung Dich an unsere Diskussion über die Größe und Dicke des Akkuelements und warum es sich erhitzt, wenn zu viel Strom hindurchfließt. Die Nennwerte eines Akkus beruhen auf der Temperaturerhöhung unter Testbedingungen für einen gegebenen Strom. Wenn die Temperatur zu hoch wird, beginnt das Elektrolyt zu kochen und der Akku „entgast“. Wird an den äußeren Bedingungen dann nichts verändert, gibt es einen internen Kurzschluss und der Akku „geht durch“ – Gas strömt immer schneller aus, der Akku erhitzt sich weiter. Unter Umständen entzündet sich das ausströmende, gasförmige Elektrolyt und der Akku fängt an zu brennen. Wenn das in einem abgeschlossenen Behälter geschieht, steigt der Druck rapide an, und Akku und Behälter werden „energetisch zerlegt“. Mit anderen Worten: es gibt eine Explosion.

Die zweite und nicht ganz so offensichtliche Ursache ist eine Zerstörung des Abstandes der einzelnen Elektroden, des Separators und des Elektrolyts. Das geschieht am häufigsten durch Fallenlassen des Akkus. Die meisten Akkus wurden Fall- und Quetschtests unterzogen, damit sie gewisse Kräfte aushalten, ohne größeren Schaden zu nehmen. Das bedeutet aber nicht, dass sie unzerstörbar sind – es bedeutet nur, dass es einer gewissen Krafteinwirkung bedarf, um sie zu schwächen. Lass Dein Dampfgerät mehr als ein- oder zweimal fallen und Du hast vermutlich schon die für eine Beschädigung notwendigen Kräfte überschritten. Erinnerung Dich daran, dass eine Beschädigung von Elektrolyt oder Separator zu einem internen Kurzschluss und damit dem oben beschriebenen Szenario führen kann. Das muss jedoch nicht unmittelbar danach passieren. Angenommen, statt direktem Kontakt der Elektroden wird die Elektrolytschicht an einer Stelle dünner. Diese Stelle wird sich stärker erhitzen und Separator und Elektrolyt schwächen, bis es schließlich zu einem Versagen und somit einem Kurzschluss kommt. Daher ist diese Ursache eben nicht so offensichtlich. Unglücklicherweise wirst Du nicht wissen, ob sich ein solches Versagen des Akkus bereits abzeichnet, außer Du hast einen CT Scanner für fallengelassene Akkus.

Die dritte und gut versteckte Ursache ist das Alter des Akkus. Erinnerung Dich daran, dass Akkus eine Angabe der Lade-/Entladezyklen haben. Wenn der Akku älter wird, wird er bei jedem Laden wärmer werden und scheinbar schneller Ladung verlieren. Das liegt daran, dass das Elektrolyt austrocknet. Denke daran, **zu trockenes Elektrolyt kann leicht beschädigt werden** und zu einer Überhitzung des Separators und des Elektrolyts führen. Wie zuvor beschrieben wird der Akku dadurch intern kurzgeschlossen, heizt sich auf, gast aus und geht durch.

Was zu tun ist, wenn etwas passiert

Jeder, der Lithium-Ionen-Akkus verwendet, kann mit einem Versagen des Akkus konfrontiert werden. Entscheidend ist, die Anzeichen drohenden Versagens zu kennen und zu handeln, BEVOR die Katastrophe der „energetischen Zerlegung“ eintritt.

Das erste Anzeichen für Probleme ist Hitze. Ein Akku wird sich vor dem Versagen erhitzen, da die Chemie überlastet wird. Entnimm, wenn möglich, den Akku und lege ihn sofort an einen feuerfesten Ort, wie z.B.

ein trockenes Porzellanwaschbecken drinnen, oder weit weg von Menschen, Haustieren und brennbaren Gegenständen draußen und lass ihn abkühlen, sofern er das noch macht. Wenn er sich abgekühlt hat, entsorge ihn bitte unverzüglich fachgerecht. Wenn er sich weiter erhitzt, geht er durch – schütze Dich, Deine Sachen und alle in der Nähe (auch Haustiere), bis die Überreste des Akkus abgekühlt sind.

Das nächste Anzeichen für Ärger ist Entgasen. Wenn ein Akku entgast, hinterlässt das Feuchtigkeit und Rückstände. Oft entgast ein Akku ein klein wenig wenn er überlastet wird. Wenn Du Spuren einer Entgasung entdeckst, ersetze ihn durch einen, der für diese Belastung ausgelegt ist und entsorge den anderen fachgerecht.

Wenn das Schlimmste passiert und der heiße Akku nicht wieder abkühlt, entferne Dich so weit wie möglich. Es dauert eine Zeit, bis der Akku durchgeht – von ein paar Minuten bis zu einer halben Stunde. Erkenne die frühen Anzeichen eines Versagens und triff die notwendigen Maßnahmen, um Dich, Deine Sachen und andere Menschen sowie Haustiere zu schützen. Wenn ein Akku durchgeht, ist das nicht mehr aufzuhalten. Warte bis es vorüber ist und die Überreste abgekühlt sind, dann entsorge sie.

Akkus und Batterien dürfen nicht in den Hausmüll entsorgt werden. Gib sie einzeln, eingewickelt in Plastikfolie oder in einem passenden Kunststoffbehälter, in die Entsorgung. *[A.d.Ü.: Gib sie, zumindest mit vollständig abgeklebten Polen, bei einer Batteriesammelstelle ab. In Deutschland muss jeder, der Akkus oder Batterien verkauft, gebrauchte annehmen und der fachgerechten Entsorgung zuführen.]*

Informationen speziell für Dampfer

Der erste Teil dieser Veröffentlichung trifft auf alle Anwendungen von Lithium-Ionen-Akkus zu. Es gibt noch ein paar Dinge mehr, die besonders Nutzer von Dampfgeräten im Hinterkopf behalten sollten.

Erstens gibt es nicht „das Dampfgerät“. Es gibt Modelle mit fest verbautem Akku, von zigarettegroßen Sticks bis hin zu Geräten mit hoher Leistung. Dann gibt es geregelte Geräte mit wechselbarem Akku und unregelte, sogenannte mechanische Geräte. Jeder dieser Typen hat eigene Anforderungen, die Benutzer kennen sollten.

Modelle mit integriertem Akku sind zur Verwendung mit empfohlenen Verdampfern entworfen oder sind Teil eines Sets. Ziehe unbedingt den Verkäufer oder die Bedienungsanleitung zu Rate, um herauszufinden, für welche Leistung oder Ströme das Gerät ausgelegt ist, und **überschreite diese niemals**. Lade diese Geräte so wie vom Hersteller empfohlen und mit dem empfohlenen Ladegerät.

Geregelte Geräte sind im Grunde die sichersten, aber auch sie haben einige Anforderungen an die Akkus, die sie mit Strom versorgen. Schau in der Bedienungsanleitung oder beim Hersteller nach, welche Akkus empfohlen werden, besonders hinsichtlich der Stromstärke. Hochleistungsgeräte benötigen Hochstromakkus. Es ist dabei wichtig, qualitativ hochwertige Zellen namhafter Hersteller aus vertrauenswürdiger Quelle zu verwenden. Es gibt skrupellose Hersteller und Händler, die gebrauchte Akkus mit neuer Hülle als Markenakkus verkaufen. Wenn das Gerät mehr als einen Akku benötigt, dann kaufe, lade und verwende diese Akkus nur zusammen. *[A.d.Ü.: Man spricht auch davon, die Akkus zu 'verheiraten'.]* Mische **niemals** Akkus in diesen Geräten.

Ungeregelte oder mechanische Geräte *[A.d.Ü.: sog. 'Mechmods']* sind nur für diejenigen geeignet, die das Ohm'sche Gesetz vollständig verstehen und die wissen, was sie den Akkus abverlangen. Es gibt keine Sicherheitselemente in diesen Geräten. Sie sollten nur von denen genutzt werden, die Experten darin sind, die passenden Akkus zu den gewünschten Leistungen zu wählen und die sich der Gefahren bewusst sind, die mit dem Gebrauch verbunden sind. Viele der Vorfälle, über die die Medien berichteten, sind Menschen zugestoßen, die nicht ausreichend qualifiziert waren.

Alle Geräte liefern die Leistung an einen Verdampfer. Der Widerstand eines Verdampfers bestimmt die Stärke des Stroms, die ein Gerät liefern muss, damit er funktioniert. Die folgende Tabelle zeigt die typischerweise benötigten Stromstärken bei üblichen Widerständen. Dies dient als grobe Übersicht, welcher Strom von einem einzelnen Akku geliefert werden muss. **Benutze unter keinen Umständen einen Verdampfer mit einem Widerstand, der zu einer Überschreitung des angegebenen Entladestroms eines Akkus führt!**

Verdampferwiderstand und Stromstärke

Verdampferwiderstand (Ohm)	Stromstärke bei 4,2 Volt (Ampere)	Leistung bei 4,2 Volt (Watt)
2,4 Ω	1,75 A	7,35 W
2 Ω	2,1 A	8,82 W
1,8 Ω	2,3 A	9,66 W
1,4 Ω	3 A	12,6 W
1,2 Ω	3,5 A	14,7 W
1 Ω	4,2 A	17,64 W
0,8 Ω	5,25 A	22,04 W
0,6 Ω	7 A	29,4 W
0,5 Ω	8,4 A	35,28 W
0,4 Ω	10,5 A	44,1 W
0,2 Ω	21 A	88,2 W
0,1 Ω	42 A	176 W

- **Rot (0,2 Ω und weniger):** Überschreitet die Nennleistung der meisten Akkus, nur mit geeigneten Geräten und Akkus verwenden.
- **Gelb (0,2 Ω bis 1 Ω):** „Sub-Ohm“. Vorsichtig und nur mit geeigneten Geräten und Akkus verwenden.
- **Grün (1 Ω und darüber):** Sicherer Bereich für die meisten Akkus (außer einigen Sticks).

Über den Autor

Bruce Nye, RN – Seit 25 Jahren Ingenieur für integrierte Systeme. Er entwickelte zahlreiche akkubetriebene Geräte, u.a. auch lebenserhaltende für den medizinischen Bereich. Er ist außerdem ausgebildeter Krankenpfleger mit zehn Jahren Erfahrung in der Traumatologie und Chirurgie.

Quellenverzeichnis

1. *Electronic nicotine delivery systems: overheating, fires and explosions.* **Rudy, Susan F and Durmowicz, Elizabeth L.** s.l. : Tobacco Control, 2015, Vol. Online First.
2. *Failure Analysis Methodology for Battery Powered Product Incidents.* **Swart, Jan and Slee, Daren.** Austin, TX : IEEE, 2008. Product Compliance Engineering, 2008 Symposium on. pp. 1-6.
3. **Mikolajczak, Celena, et al., et al.** *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment.* National Fire Protection Agency. Quincy, MA : The Fire Protection Research Foundation, 2011. Final Report.
4. **Buchmann, Isidor.** Battery University. *Battery University.* [Online] 2003. [Cited: April 9, 2016.] <http://www.batteryuniversity.com>