

**Goldinvest.de *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!***

Man muss kein Ingenieur sein um zu verstehen, dass Autobatterien ganz andere Anforderungen erfüllen müssen als zum Beispiel Akkus in Smartphones oder Laptops. Zwar werden in beiden Fällen Lithium-Ionen-Batterien verbaut, doch mit ganz anderen Leistungsmerkmalen. Wird ein Fahrzeug beschleunigt, muss die Batterie im Auto in kurzer Zeit sehr viel Energie abgeben können. Die Techniker sprechen von Leistungsdichte. Es gilt die einfache Regel: Je höher die Leistungsdichte einer Batterie, desto mehr Ionen müssen pro Zeiteinheit fließen und desto höher wird die Temperatur in einer Batterie sein. Für die extremen Anforderungen an Batterien in Elektroautos, auch in punkto Sicherheit, gibt es seit wenigen Jahren eine industrielle Lösung, die immer mehr zum Standard für die Lithium-Ionen-Technologie avanciert. Dabei wird die Trennmembran, die in jeder Batterie Anode und Kathode voneinander trennt, mit einer mikroskopisch feinen Schutzschicht aus hochreinem Aluminiumoxid (99,99%) beschichtet. Im Englischen spricht man von High Purity Alumina, kurz HPA. Kurzum: HPA macht Batterien effizienter und vor allem sicherer, weil es die Trennmembran auch bei höheren Temperaturen stabilisiert.

Wir von [www.Goldinvest.de](http://www.Goldinvest.de) glauben, dass dem Rohstoff HPA ähnlich wie Lithium eine große Zukunft bevorsteht. Der Bedarf wird mit der fortschreitenden Elektrifizierung des Verkehrs wachsen – und das sogar unabhängig von der zugrunde liegenden Batteriechemie. Im Folgenden wollen wir Sie tiefer an das Thema heranführen und auf Unternehmen hinweisen, die mit neuen Produktionsmethoden den HPA-Markt neu definieren wollen. In erster Linie sind dies die australischen Unternehmen Altech Chemicals Ltd. (ASX: ATC; FRA: A3Y) und FYI Resources Ltd. (ASX: FYI; FRA: SDL). Der folgende Text verdankt sich in großen Teilen einer sehr guten Gesamtdarstellung, die das australische Finanzanalysehaus Petra Capital Pty Ltd unter dem Titel "HPA Critical to Lithium-ion Battery Market", veröffentlicht hat. Darüber hinaus wurden Informationen von Altech sowie von CRU International Ltd., einem international anerkannten Branchendienst verwendet.

## **Lithium-Ionen-Batterien sorgen für Nachfrageboom bei HPA – Bedarf könnte bis 2025 um das Neunfache steigen**

Kernpunkte

- HPA verbindet Lithium, Kobalt, Nickel und Kupfer als anerkannte Schlüsselkomponente für Lithium-Ionen-Batterien
- Eine höhere Batterieenergiedichte treibt die Verwendung von HPA-beschichteten Batterieseparatoren voran
- Einführung von Nickel-basierten Batteriekathoden, die den Übergang zu HPA-beschichteten Separatoren unterstützen
- Signifikanter Anstieg der prognostizierten HPA-Pulver-Nachfrage bis 2025 - ein Anstieg um das Neunfache gegenüber 2017
- Künftige Produzenten von HPA sind ideal positioniert, um von einem prognostizierten Anstieg der HPA-Nachfrage zu profitieren

### **HPA ist entscheidend für den Lithium-Ionen-Batteriesektor**

In jüngster Zeit wurde viel über einen beispiellosen Nachfrageboom bei Materialien berichtet, die zu den Bestandteilen von Lithium-Ionen-Batterie gehören. Lithium, Kobalt, Nickel und Kupfer haben viel

**Goldinvest.de Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!**

Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da es sich um vier der wichtigsten Rohstoffe für Lithium-Ionen-Batterien handelt. **In jüngster Zeit haben jedoch Analysten erstmals hochreines Aluminiumoxid (High Purity Alumina, HPA) auf die Liste der kritischen Lithium-Ionen-Batteriematerialien gesetzt.** Auf der Konferenz Resource Stocks Sydney im Mai 2018 nannte Toby Green, Senior Consultant der Beratungsgesellschaft CRU, HPA „eine enorme Wachstumsstory“. Er schätzt das Volumen des HPA-Marktes derzeit auf 1,1 Milliarden US-Dollar. Green erwartet, dass der HPA-Markt aufgrund der starken Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien bis 2025 um 60% steigen könnte. Das Interesse der Autofirmen verschiebe sich von Zeit zu Zeit. Derzeit seien die Firmen beim Thema HPA gelandet, so Green.

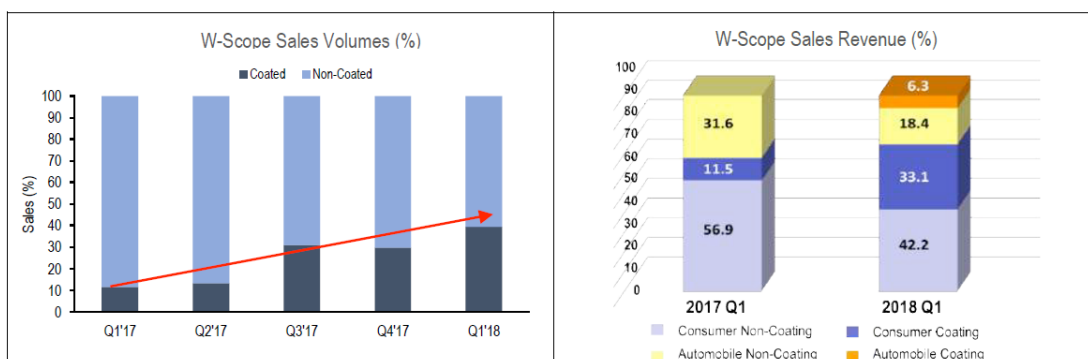
Dieser Trend zu HPA-beschichteten Lithium-Ionen-Batterie-Separatoren zeigte sich zuletzt im Mai dieses Jahres auf der Battery Show Europe in Hannover. Die Messe ist Europas größte Fachmesse für fortschrittliche Batterietechnologie. Aus Gesprächen mit Ausstellern wurde deutlich, dass der Marktanteil von keramikbeschichteten Batterieseparatoren stark wächst und HPA-beschichtete Separatoren das Marktsegment dominieren. Viele Anbieter von Beschichtungstechnologie und -ausrüstungen, die auf der Messe ausstellten, berichteten den Batterieherstellern von einem ausgezeichneten Umsatzwachstum. Es wurde auch berichtet, dass einige Hersteller von Lithium-Ionen-Batterien unbeschichtete Batterieseparatoren und Beschichtungsgeräte gekauft und HPA dann intern auf Separatoren aufgetragen haben.

Der offenkundige Trend zum Einsatz von HPA-beschichteten Lithium-Ionen-Batterie-Trennmembranen wurde bereits früher erkannt und spiegelt sich in frühen HPA-Bedarfsprognosen wider. Jüngste Informationen deuten sogar darauf hin, dass sich der Übergang zu dieser neuen Generation von leistungsfähigen Separatoren beschleunigt. Die Nachfrage nach HPA könnte noch schneller zunehmen als gedacht, da sich die Penetrationsraten von HPA-beschichteten Lithium-Ionen-Batterie-Separatoren beschleunigen.

Ein aktuelles Beispiel für den Siegeszug von HPA-beschichteten Separatoren ist der japanische Batterieseparator-Hersteller W-Scope (Tokyo). W-Scope berichtete in seinen Q1-2018-Ergebnissen, dass der HPA-beschichtete Batterieseparatormembranen einen Umsatz von 39% aller verkauften Separatorenbleche ausmachte. Im Vergleich zum Vorjahresquartal entspricht dies einer Steigerung von 350%. Darüber hinaus entfielen 6,3% (Q1-2017 <0,5%) auf beschichtete Bleche aus der Automobilindustrie und 33,1% auf verbraucherbeschichtete Separatoren (elektronisch) (Q1-2017 11,5%).

Abbildung 1 - W-Scope Umsatz von HPA-beschichteten Batterieseparatoren nach Volumen (%) und Wert (%) W-Scope Umsatz (%)

Figure 1 – W-Scope sales of HPA coated battery separator sheets by volume (%) and value (%)



**Goldinvest.de *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!***

Die überlegenen Sicherheitseigenschaften von mit HPA beschichteten Batterieseparatoren, insbesondere in größeren Batterien, wie etwa in Elektrofahrzeugen, aber auch in Unterhaltungselektronik wie Laptop-Computern, Tablets und tragbaren Batteriepacks, werden unausweichlich die Aufmerksamkeit der Regulierungsbehörden wecken, insbesondere wenn die Leistungsdichte in Batterien weiter zunimmt. Daher ist es nicht undenkbar, dass HPA-beschichtete Batterieseparatoren in allen Kategorien von Lithium-Ionen-Batterien breite Anwendung finden möglicherweise sogar vorgeschrieben werden.

**Vorschau auf die HPA-Nachfrage**

Im Juni 2016 hatte das Unternehmen Altech Chemicals (ASX: ATC) in einer hauseigenen Prognose den HPA-Bedarf aus dem Lithium-Ionen-Batteriesektor bis 2025 auf 15.102 tpa geschätzt. (siehe ASX-Meldung vom 21. Juni 2016). Ein am 19. März 2018 veröffentlichter Forschungsbericht von Petra Capital Pty Ltd mit dem Titel "HPA, entscheidend für den Lithium-Ionen-Batteriemarkt", prognostizierte unabhängig davon, dass der Lithium-Ionen-Batterieherstellungssektor etwa 23.000 tpa HPA bis 2025 (Mid Case) benötigen werde. Das bullische Szenario ging von ~ 37.500 tpa Nachfrage für 2025 aus.

Zuletzt (Mai 2018) prognostizierte das in London ansässige globale Rohstoffberatungs- und Analyseunternehmen CRU Consulting (CRU) seine "Bottom-up" -Analyse und nutzte die reichhaltige Datenbank der Elektrofahrzeugindustrie, um einen HPA-Bedarf von 76.000 Tonnen pro Jahr zu prognostizieren. Das übertrifft die Prognose von Petra für den Batteriesektor im Jahr 2025 beinahe um das Dreifache. Die CRU-Prognose würde einen 9-fachen Anstieg der HPA-Nachfrage aus dem Lithium-Ionen-Akku-Sektor im Vergleich zu 2017 bedeuten.

Basierend auf diesen drei separaten Prognosen wird die durchschnittliche geschätzte Nachfrage nach HPA aus dem Lithium-Ionen-Batteriesektor im Jahr 2025 auf 42.867 Tonnen pro Jahr geschätzt. Dies entspricht ungefähr dem Neuneinhalbfachen der soeben von Altech vorgeschlagenen HPA-Anlage mit 4.500 Tonnen pro Jahr (siehe Tabelle 1) ).

Tabelle 1 -HPA-Bedarfsprognose aus dem Lithium-Ionen-Batteriesektor (2025)

**Table 1 –HPA demand forecast from lithium-ion battery sector (2025)**

Organisation	Separator HPA Demand Forecast 2025 (tpa)	Equivalent Number of Altech HPA Plants
Altech Chemicals	15,102 (est. June 2016)	3.4 x
Petra Capital	37,500 (est. March 2018)	8.3 x
CRU Consulting	76,000 (est. May 2018)	16.9 x
<b>Average</b>	<b>42,867</b>	<b>9.5 x</b>

Zum prognostizierten Wachstum der HPA-Nachfrage aus dem Bereich der Lithium-Ionen-Batterien kommt die Nachfrage nach HPA als nicht substituierbarem Material für die Herstellung von synthetischem Saphir für die Herstellung von Leuchtdioden stark (LEDs) hinzu. Ebenso Anwendungen in der Halbleiterfertigung und der Herstellung von Spezialglas. Derzeit stammen rund 56% der HPA-Nachfrage aus diesem Sektor, der mit einer unveränderten jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 15% -16% wächst.

**Goldinvest.de** *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

Die gesamte HPA-Nachfrage bis 2025 (inklusive HPA-beschichteter Trennmembranen) wird von Persistence (KfW IPEX-Bank-Marktberater) mit 62.519 tpa geschätzt. Petra Capital und CRU haben HPA-Bedarfsschätzungen von 122.000 tpa bzw. 92.900 tpa (siehe Tabelle 2) veröffentlicht. Die durchschnittliche Schätzung des gesamten HPA-Bedarfs liegt bis 2025 bei 92.473 Tonnen pro Jahr, was in etwa dem Zwanzigfachen der von Altech vorgeschlagenen HPA-Anlage mit 4.500 Tonnen pro Jahr entspricht.

**Table 2 – Total HPA demand forecast (2025)**

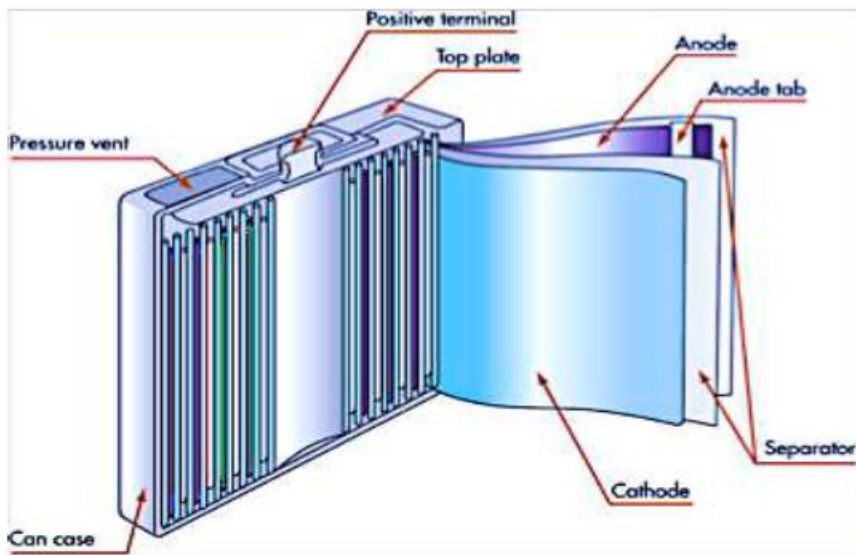
Organisation	Total HPA Demand tpa 2025	Equivalent Number of Altech Plants
Persistence	62,519 tpa	14 x
Petra Capital	122,000 tpa	27 x
CRU Consulting	92,900 tpa	20 x
Average	92,473 tpa	20 x

HPA beschichtete Lithium-Ionen-Batterie-Separatoren

Die Hauptanwendung von HPA in einer Lithium-Ionen-Batterie ist eine Submikron-Partikelgröße (feines Pulver) auf Separatorplatten, die die Kathoden- und Anodenelektroden in der Batterie teilen (Abbildung 2).

Abbildung 2 - Lithium-Ionen-Batterie Abbildung

**Figure 2 – Lithium-ion battery illustration**



Die Trennmembran zwischen Anode und Kathode ist eine kritische Komponente innerhalb einer Lithium-Ionen-Batterie. Wenn die Kathode und die Anode der Batterie in direktem Kontakt stehen, beginnt eine starke exotherme Reaktion, die als thermisches Durchgehen bezeichnet wird und zu einem extrem intensiven Verbrennungsereignis führt - einem flüchtigen und unkontrollierten Batteriebrand.

**Goldinvest.de *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!***

## **Verstärkte Verwendung von HPA-beschichteten Batterieseparatoren**

Herkömmlicherweise basieren die meisten Lithium-Ionen-Batterieseparatoren auf Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP), die für etablierte Kathoden wie Lithiumeisenphosphat (LFP), Lithiummanganoxid (LMO) und Lithiumkobaltoxide (LCO). Bei elektronischen Geräten und Elektrofahrzeugen, die immer kleinere Batterien und eine erhöhte Energiedichte erfordern, geht der Trend jedoch zu Nickel-Mangan-Kobalt (NMC) und Nickel-Kobalt-Aluminium (NCA) -Kathoden, um der höheren Energiedichte Rechnung zu tragen. Einer der Kompromisse für eine kleinere, kompaktere und energieintensivere Batterie ist eine höhere Batteriebetriebstemperatur, und genau hier wird HPA extrem wichtig.

Die Verwendung von HPA-beschichteten Batterieseparatoren wurde um das Jahr 2008 kommerzialisiert und die Technologie wurde im Einklang mit der steigenden Nachfrage von Elektrofahrzeugen und Energiespeicheranwendungen übernommen. HPA-beschichtete Batterieseparatoren halten ungewöhnlich hohen Temperaturen stand, erhöhen die Schrumpfungstemperaturen des Batterieseparators, verringern die Entflammbarkeit bei thermischen Ausfällen und machen so Lithium-Ionen-Batterien sicherer. HPA-beschichtete Batterieseparatoren erhöhen außerdem die Entladungsrate einer Batterie; senkt die Selbstentladung; und verlängern Sie die Lebensdauer der Batterie.

## **Die Bedeutung von HPA für Lithium-Ionen-Batterien**

Der folgende Beitrag beschreibt ausführlich die Rolle und die technologische Entwicklung des Lithium-Ionen-Batterieseparators und seine Bedeutung für die Sicherheit und Integrität der Lithium-Ionen-Batterie.

1. Eine Lithium-Ionen-Batterie ist eine wiederaufladbare Batterie, in der Lithium-Ionen während der Entladung von der negativen Elektrode zur positiven Elektrode wandern und beim Laden wieder zurückkehren. Die Batterie besteht aus drei Hauptkomponenten;

- Zwei Elektroden - eine davon negativ, die andere positiv. Die positive Elektrode wird als Kathode bezeichnet. Sie basiert typischerweise auf Lithium. Die negative Elektrode ist die Anode. Sie basiert typischerweise auf Graphit.
- Ein Separator ist eine dünne, poröse Folie, die einerseits verhindert, dass sich die Elektroden berühren, andererseits aber durchlässig für die Lithiumionen ist.
- Elektrolyt - die Elektrolyt- oder Elektrolytlösung sorgt für die Bewegung von Lithiumionen, typischerweise besteht sie aus einem Lithiumsalz in einem organischen Lösungsmittel. (siehe Abbildung 3).

**Das Besondere an einer Batterie ist, als sie ein Oxidationsmittel (Kathode) und Brennstoff (Anode / Elektrolyt) in einem verschlossenen Behälter enthält.** In den meisten anderen Fällen besteht bei dieser Kombination Explosionsgefahr, aber bei einer Batterie werden Anode und Kathode bei normalem Betrieb durch einen Separator getrennt gehalten und wandeln die Energie kontrolliert elektrochemisch um. Treffen jedoch Anode und Kathode direkt aufeinander, tritt ein Kurzschluss auf und diese Energie wird unmittelbar in Wärme und Gas umgewandelt. Wenn diese chemische Reaktion einmal begonnen hat, wird sie wegen des innigen Kontakts von Brennstoff und Oxidator, der zu einem

**Goldinvest.de** *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

thermischen Durchgehen führt, bis zur Vollständigkeit fortschreiten. Sobald das thermische Durchgehen begonnen hat, kann sie unmöglich gestoppt werden und hört erst auf, wenn der Kraftstoff aufgebraucht ist.

Abbildung 3 - Querschnitt der Lithium-Ionen-Batterie mit Trennzeichen

Figure 3 – Lithium-ion battery cross section showing separator

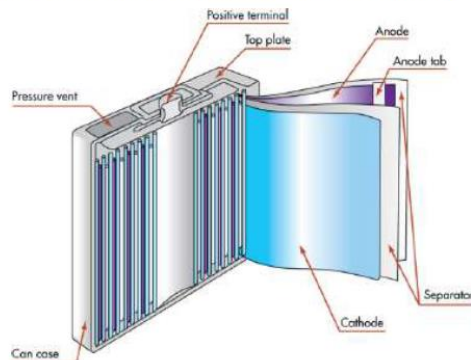


Figure 4 – Lithium-ion battery separator sheet rolls



Abbildung 4 - Rollen mit Lithium-Ionen-Batterietrennblättern

## 2. Lithium-Ionen-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien für Elektroautos unterscheiden sich grundlegend von denen, die für andere Anwendungen entwickelt wurden;

- Maßstab - Größenordnungen größer als in der Unterhaltungselektronik.
- Umgebungsbedingungen - einem breiten Bereich von Temperaturen, Kurzschlüssen, Quetschungen, Feuer, mechanischen Stößen und Vibrationen ausgesetzt.
- Leistungsanforderungen - Überladung / Unterladung, hohe Entlade- / Aufladungsraten, Anforderungen für Hochspannung, die lange Zellenstränge erfordern, lange Lebensdauer und hohe Energie.
- Diese Anforderungen belasten alle Komponenten, insbesondere den Separator, der seine Integrität bewahren muss, um einen katastrophalen Ausfall der Lithium-Ionen-Batterie zu verhindern.

Herkömmlicherweise basieren die meisten Lithium-Ionen-Batterieseparatoren auf Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP), die für weit verbreitete Kathoden wie Lithiumeisenphosphat (LFP), Lithiummanganoxid (LMO) und Lithiumkobaltoxide ( LCO) ausreichend sind. Bei elektronischen Geräten und Elektrofahrzeugen, die immer kleinere Batterien und eine höhere Energiedichte erfordern, geht der Trend jedoch zu Nickel-Mangan-Kobalt (NMC) und Nickel-Kobalt-Aluminium (NCA) -Kathoden, um der höheren Energiedichte Rechnung zu tragen. **Einer der Kompromisse für eine kleinere, kompaktere und leistungsfähigere Batterie ist eine höhere Batteriebetriebstemperatur, und hier wird HPA extrem wichtig.**

Die Verwendung von HPA-beschichteten Batterieseparatoren wurde um das Jahr 2008 kommerzialisiert und die Technologie wurde im Einklang mit der steigenden Nachfrage von Elektrofahrzeugen und Energiespeicheranwendungen übernommen. **HPA-beschichtete**

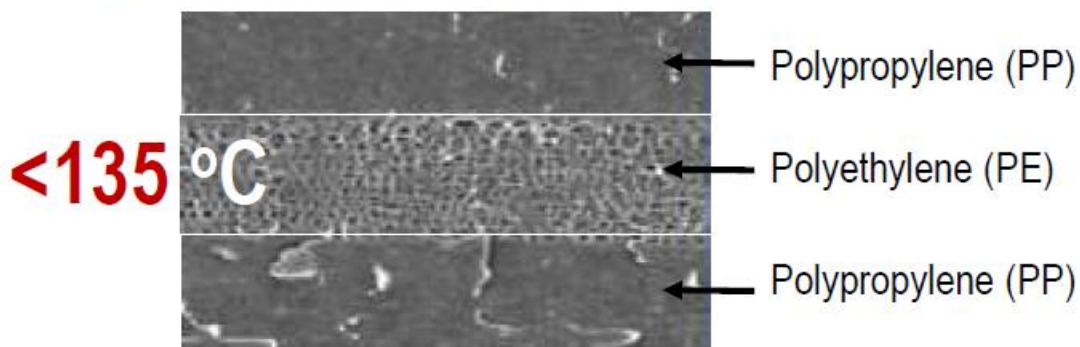
Goldinvest.de *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

Batterieseparatoren halten ungewöhnlich hohen Temperaturen stand, erhöhen die Schrumpfungstemperaturen des Batterieseparators, verringern die Entflammbarkeit bei thermischen Ausfällen und machen so Lithium-Ionen-Batterien sicherer. HPA-beschichtete Batterieseparatoren erhöhen außerdem die Entladungsrate einer Batterie; senken die Selbstentladung und verlängern Sie die Lebensdauer der Batterie.

### 3. Verschiedene Typen von Separatoren

Separatoren sind Polymermembranen, die entweder aus Polypropylen (PP) (Schmelztemperatur 155°C) und Polyethylen (PE) (Schmelztemperatur 135°C) bestehen und weithin als Lithiumionen-Batterieseparatoren verwendet werden. Diese werden als Monoschichtmembranen bezeichnet. Einschichtpolymere sind einfach und kostengünstig, aber **es ist oft schwierig, mechanische Festigkeit, thermische Beständigkeit und elektrochemische Leistung gleichzeitig zu erreichen**. Dies hat zur Entwicklung von Mehrschichtmembranen (Kombination von PP und PE) geführt, die die Eigenschaften verschiedener Polymere kombinieren können (siehe 5). Diese mehrschichtigen Membranen kombinieren gute Durchstoßfestigkeit mit thermischer Stabilität. In Szenarien, in denen die Zelle höheren Temperaturen ausgesetzt ist, sorgen die beiden PP-Schichten für Struktur und mechanische Festigkeit, während die PE-Schicht als thermische Sicherung fungiert. Wenn die PE-Schicht ihren Schmelzpunkt (135 ° C) erreicht, schmilzt die PE-Schicht und schließt ihr Porennetzwerk. Dies blockiert den Ionenweg und schaltet die Batterie ab.

Figure 5 – Example of multilayer membrane PP/PE/PP



### 4. Herstellungsverfahren für Separatoren

Lithium-Ionen-Batterieseparatoren sind poröse Folien auf Polymerbasis, die unter Verwendung eines von zwei Herstellungsverfahren hergestellt werden; • Trockenprozess - Die billigere, einfachere Herstellungsmethode. Das Polymer, entweder Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE), wird zu einer dünnen Folie extrudiert, dieser Vorläuferfilm wird dann getempert (langsam abgekühlt), um seine kristalline Struktur zu verbessern. Der Film wird dann in einer einzigen Richtung gestreckt, wenn er kalt ist, und dann wieder gestreckt, wenn er heiß ist. Die kalte Dehnung erzeugt eine Porenstruktur, während die heiße Dehnung die Porengröße erhöht. Mit dieser Methode kann eine Porosität von 35-45% erreicht werden. Dieser Prozess kann auch einen dreischichtigen PP / PE / PP-Separator erzeugen.

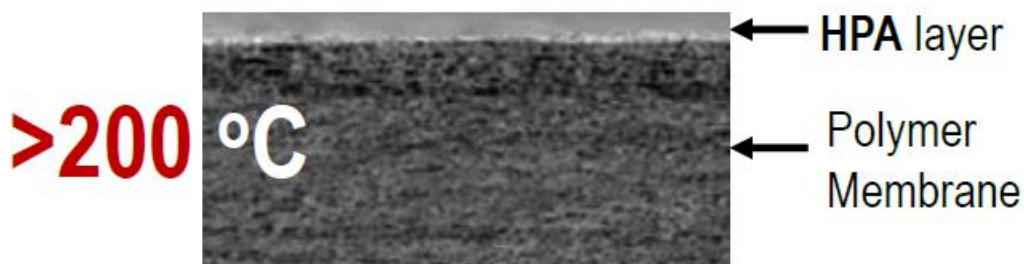
**Goldinvest.de** *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

- Nassprozess - Die teurere Herstellungsmethode, produziert aber typischerweise stärkere und dünnere Separatoren. Das üblicherweise verwendete Polymer ist Polyethylen (PE), das mit anderen Additiven gemischt wird, um eine homogene Lösung zu erhalten, die zu einer dünnen, gelartigen Folie extrudiert und dann gegläht wird. Die Folie wird in zwei Richtungen gereckt und einem flüchtigen Lösungsmittel ausgesetzt, um die Additive zu entfernen, die eine poröse Folie hinterlassen. Mit dieser Methode kann eine Porosität von 40-50% erreicht werden.

## 5. HPA-beschichtete Membranseparatoren

Mit HPA beschichtete Membranen kamen im Jahr 2008 auf den Markt als Reaktion auf die Nachfrage nach Separatoren, die sicherere Batterien mit kürzerem Schutz und besserer struktureller Integrität bei höheren Temperaturen für Anwendungen in Elektrofahrzeugen und Energiespeicherung leisten konnten. Im Allgemeinen kann jede Membran auf Polymerbasis beschichtet sein und von den verbesserten Eigenschaften profitieren (siehe 6). Diese mit HPA beschichteten Membranen bieten eine verbesserte Kurzzeitprävention und eine ausgezeichnete strukturelle Integrität bei hohen Temperaturen. **Nanoporöse anorganische Partikel aus hochreinem Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) können die mechanische Festigkeit, thermische Stabilität und Ionenleitfähigkeit von Polymermembranen deutlich verbessern.** Das Beschichten des Separators erhöht auch seine Benetzbarkeit (wie leicht kann er mit einer Flüssigkeit getränkt werden) und die Oberfläche, die die Wirksamkeit des flüssigen Elektrolyten verbessert.

Figure 6 – HPA coated separators



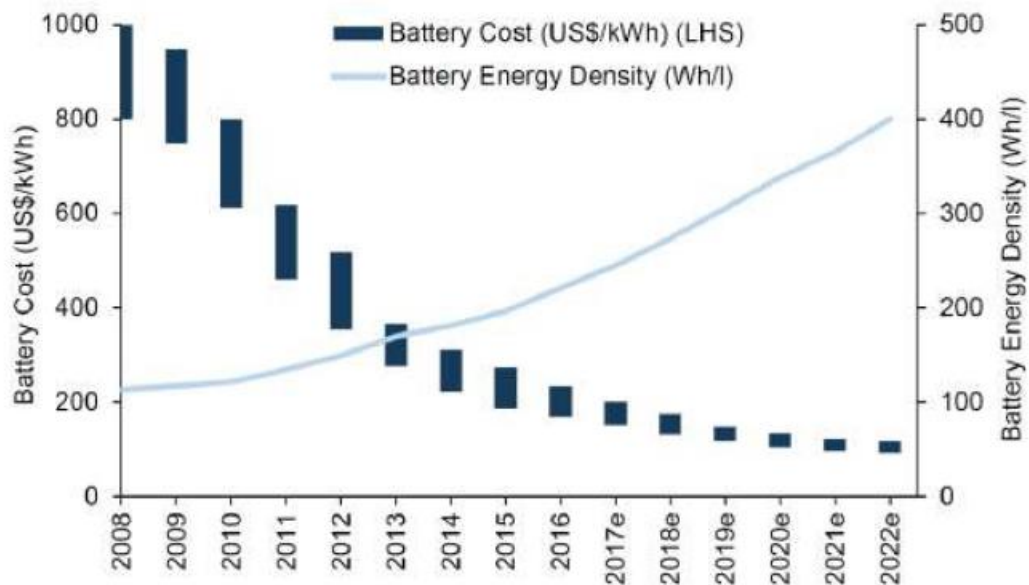
## 6. Höhere Energiedichte, höhere Temperaturen Entwicklung von Kathodenmaterialien

Die zunehmende Einführung von Elektrofahrzeugen hat sich stark auf die Batteriekosten und die Energiedichte ausgewirkt. Die Batteriekosten sinken aufgrund der Skaleneffekte, die größere Batterieherstellungseinrichtungen für die Industrie mit sich bringen, und die Energiedichte verbessert sich, da Forschung und Entwicklung weiterhin die Schlüsseleigenschaften der Batterie verbessern. In Zukunft wird es einen kontinuierlichen Fokus geben, um sowohl die Batteriekosten als auch die Energiedichte zu verbessern. Abbildung 7 zeigt diese Beziehung, in der die Energiedichte jeder Batterie erhöht werden muss, um die Batteriekosten zu senken.



Goldinvest.de *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

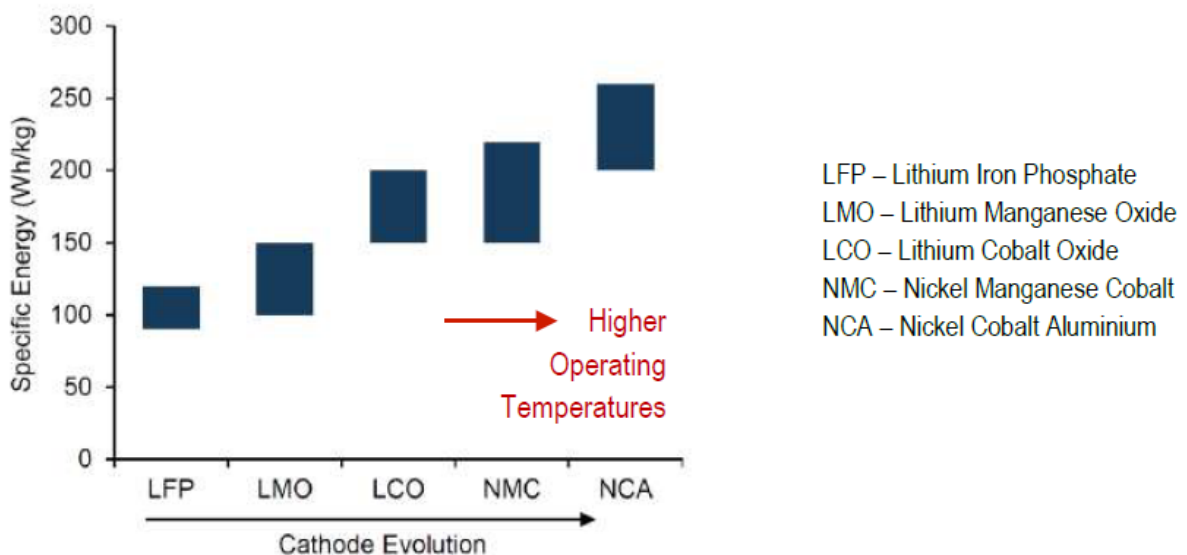
Figure 7 – Battery costs vs battery energy density



Die Verbesserungen der Energiedichte werden in der Regel durch Änderungen der Batteriechemie und insbesondere der Kathode erreicht. Jüngste Verbesserungen der Energiedichte wurden erreicht, indem der Nickelgehalt der Kathode erhöht wurde. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Kathode mit steigendem Nickel- und Kobaltgehalt, wodurch die spezifische Energie einer Lithium-Ionen-Batterie erhöht werden kann. Die Batterien mit höherer Energiedichte und höherem Nickelgehalt führen zu höheren Betriebstemperaturen und höherem Risiko einer Überhitzung. Überhitzung kann dazu führen, dass die Separatormembranen schrumpfen, was einen Kontakt der positiven und negativen Anschlüsse ermöglicht, wodurch Batteriefeuer entstehen. Die erhöhte Energiedichte erhöht die Gefahr von thermischem Durchgehen. Damit kommt dem Separator eine größere Bedeutung zu, denn es gilt die beiden Elektroden auseinander zu halten.

Abbildung 8 - Spezifische Energie nach Kathodentyp

Figure 8 – Specific energy by cathode type



**Goldinvest.de** *Mit der zunehmenden Leistungsdichte von Batterien steigt das Sicherheitsrisiko. High Purity Alumina (HPA) liefert die Lösung für die Lithium-Ionen-Technologie. HPA macht Batterien sicher!*

## 7. Warum HPA ist kritisch?

Es ist klar, dass die Integration von anorganischen Partikeln in Polymermembranen die Eigenschaften (Schrumpftemperatur) des Separators verbessert und dass HPA das dominierende anorganische Partikel ist. HPA ist die etablierte und dominierende anorganische Beschichtung, die in Lithiumionenbatterieseparatoren verwendet wird. Es hat sehr günstige Eigenschaften zur Verbesserung der thermischen Stabilität und Benetzbarkeit und reagiert nicht elektrochemisch mit den Batterie- (Lithium-) Komponenten. Zusätzlich sind die Teilchenmorphologie und die Aufschlammungskonsistenzen für die Anwendung der HPA auf Separatoren auf Polymerbasis gut verstanden. Beispielsweise schrumpft eine Polypropylen (PP) -Membran bei 130 ° C um etwa 18%, während eine HPA-beschichtete Membran eine sehr geringe Schrumpfrate von 4% aufweist (siehe 9). Abbildung 10 zeigt, wie durch Überhitzung die Separatormembranen schrumpfen können, was einen Kontakt der positiven und negativen Anschlüsse ermöglicht, was zu Batteriebränden und thermischen Ausläufen führt. Um die physikalischen und chemischen Eigenschaften des LIBS weiter zu verbessern, werden HPA-Partikel eingeführt, um einen Komposit-Separator zu schaffen, der Temperaturen von > 200 ° C standhalten kann.

Abbildung 9 - Schrumpfrate von PP gegen HPACS

Figure 9 – Shrinkage rate of PP vs HPACS

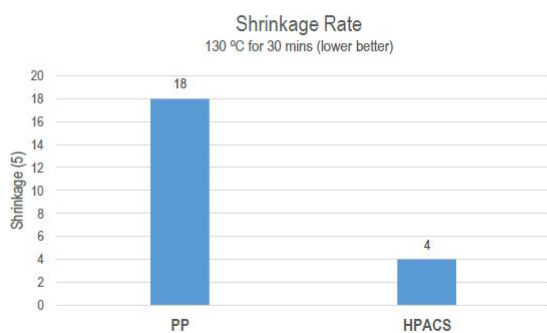


Figure 10 - Separator shrinkage and thermal runaway

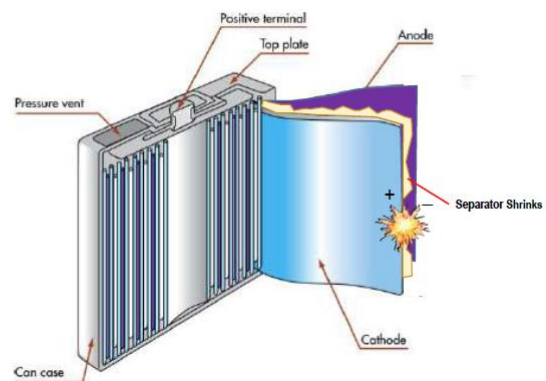


Abbildung 10 - Schrumpfung des Separators und thermisches Durchgehen

Quelle: Petra Capital Pty Ltd, Research Report mit dem Titel "HPA Critical to Lithium-ion Battery Market", vom 19. März 2018; sowie Altech Chemicals Limited.