

Innovationen bei Batterien und Stromspeichern

Eine globale Analyse anhand von Patentdaten

Zusammenfassung | September 2020



Zusammenfassung

Telefone, Laptops und Autos wären ohne Batterien undenkbar, und mit der wachsenden Nachfrage nach Elektrofahrzeugen und stationären Stromspeichern dürften Batterien in naher Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. Die heutige Gesellschaft ist in zunehmendem Maße auf verlässliche Stromquellen für die unterschiedlichsten Anwendungen angewiesen, und zwar dann und dort, wo sie gebraucht werden. Die Energiewende setzt für die Energieversorgung insbesondere auf Elektrizität, lässt sich Strom doch leicht aus regenerativen Quellen gewinnen und erzeugt beim Verbraucher keine Emissionen.

Und doch unterscheidet sich Elektrizität von anderen Energiequellen dahin gehend, dass Strom fast ausschließlich unmittelbar vor seinem Verbrauch erzeugt wird. Mit der wachsenden Bedeutung der Elektromobilität auf Verbraucherseite und der (wetterbedingten) Schwankungsanfälligkeit der regenerativen Energiequellen auf Anbieterseite ist die Zwischenspeicherung zur zentralen Herausforderung geworden. Die Internationale Energieagentur (IEA) geht in ihrem Nachhaltigkeitsszenario davon aus, dass wir 2040 statt der aktuell 200 GWh pro Jahr eine Energiespeicherkapazität in Form von Batterien und sonstigen Speichern von annähernd 10 000 GWh pro Jahr benötigen werden. Zu meistern ist diese Herausforderung nur, wenn hier beträchtliche Fortschritte erzielt und Lösungen für die Speicherung großer Strommengen zu einem für Anbieter wie Verbraucher annehmbaren Preis gefunden werden.

Vor diesem Hintergrund verwenden Innovatoren und Erfinder enorme Anstrengungen darauf, wirtschaftlich rentable Stromspeicher zu entwickeln, um eine kosteneffiziente Zwischenspeicherung zu ermöglichen. Ebenso versuchen sie, das Spektrum der Endverbraucheranwendungen auf vielfältigste Weise zu erweitern. Theoretisch können Speicher an jeden beliebigen Abnehmer angeschlossen werden, so auch an tragbare Elektronikgeräte mit ihren sich rasant vermehrenden Einsatzmöglichkeiten und selbst an Heizgeräte, nachdem die Kombination von Solar- und Stromheizung dank besserer Wärmepumpen nun selbst für Privathaushalte erschwinglich geworden ist. Was den Transportbereich angeht, so sind Batterien für Verkehrsmittel, insbesondere Lastkraftwagen und Flugzeuge, ein schwerer und teurer Energiespeicher. Je bezahlbarer sie aber werden, umso interessanter werden sie auch. Bessere Technologien für die Energiespeicherung eröffnen zudem neue Möglichkeiten dafür, zunehmend Strom aus regenerativen Quellen in die Netze einzuspeisen und damit bei den verschiedensten Anwendungen den Strom aus fossilen Energieträgern zu ersetzen.

Diese Herausforderungen erklären zum einen den rasanten und nachhaltigen Anstieg der Innovationen im Bereich der Stromspeicher, den der vorliegende Bericht dokumentiert, und zeugen zum anderen vom anhaltenden Innovationsbedarf in den kommenden Jahren. Die Daten in diesem Bericht lassen die Trends bei den wertvollen Erfindungen erkennen, die auf internationaler Ebene zum Patent angemeldet wurden, und liefern Einblicke, welche Länder und Unternehmen in der Entwicklung von Stromspeichertechnik führend und damit am ehesten in der Lage sind, die dringend benötigten Optimierungen in naher Zukunft zu verwirklichen. Die Daten zeigen aber nicht nur, wie sich das Hauptinteresse von Unternehmen wie Erfindern an Stromspeichern verlagert hat, sondern auch, welche Anwendungen und Technologien sich gerade im Aufschwung befinden und in der Zukunft eine bahnbrechende Rolle spielen könnten.

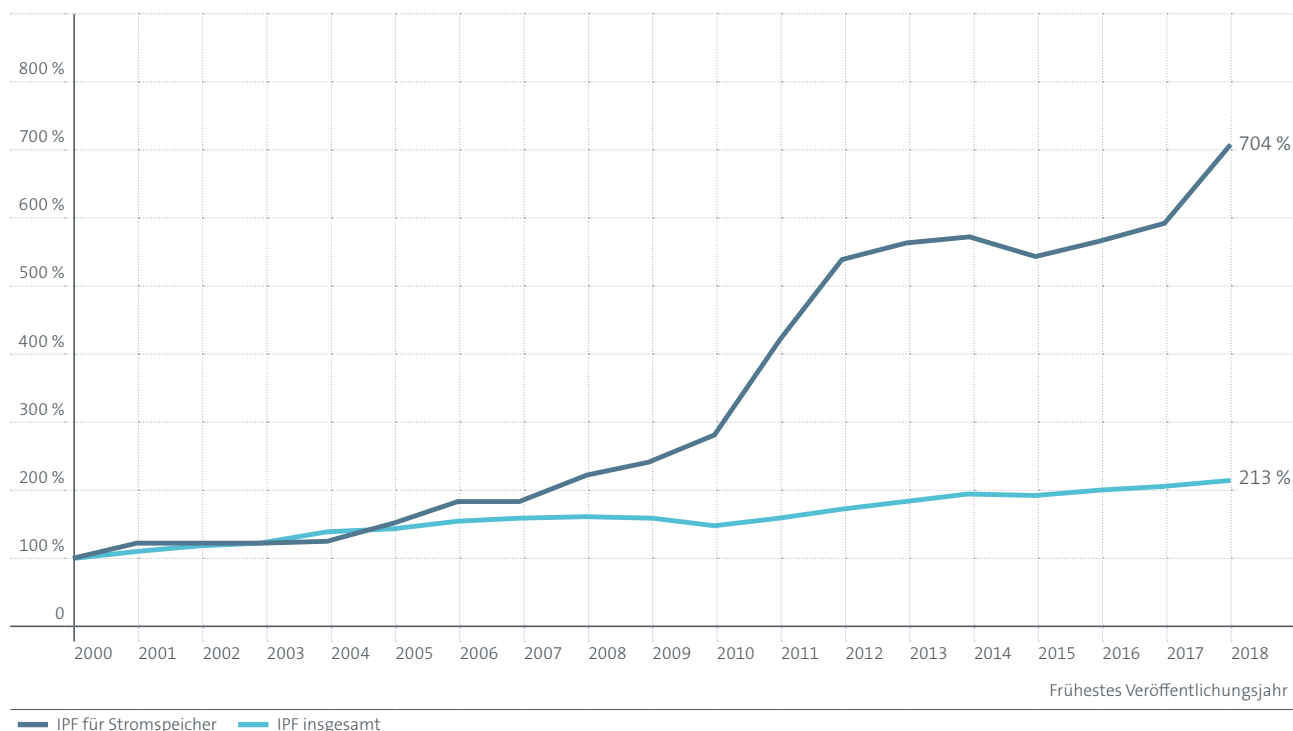
Highlight 1: *In den letzten zehn Jahren hat die Patentierungstätigkeit bei Stromspeichern deutlich rascher zugelegt als die Patentierungstätigkeit insgesamt – ein Indiz für den Innovationssprung auf diesem Gebiet, der nicht zuletzt von den Lithium-Ionen-Akkus vorangetrieben wird, insbesondere für Elektrofahrzeuge.*

2018 wurden über 7 000 internationale Patentfamilien (IPF)¹ im Zusammenhang mit Stromspeichern veröffentlicht; im Jahr 2000 waren dies gerade einmal 1 029. Der schon seit 2000 zu beobachtende kontinuierliche Aufwärtstrend hat seit 2005 noch einmal deutlich an Schwung gewonnen: die jährliche Zuwachsrate bis 2018 lag bei 14 % gegenüber einem Schnitt von lediglich 3,5 % für alle Gebiete der Technik zusammengenommen (Abbildung E1). Zu einem geringeren Teil ist dies die Folge des ständig wachsenden Anwendungsspektrums von Batterien und Akkus in tragbare Kleingeräten, doch die Ergebnisse des Berichts lassen noch einen wesentlich stärkeren Treiber der letzten Jahre erkennen: saubere Energie und insbesondere Elektromobilität.

¹ Jede IPF steht für eine einzige Erfindung und umfasst die für diese Erfindung bei verschiedenen Patentämtern eingereichten Anmeldungen. Eine IPF ist also ein verlässlicher Indikator für die Erfindungstätigkeit, weil die Patentqualität insofern Berücksichtigung findet, als nur diejenigen Erfindungen erfasst werden, die von ihrem Schöpfer für wertvoll genug erachtet werden, um internationalen Patentschutz anzustreben. Alle in diesem Bericht enthaltenen Daten zu Patentierungstrends beziehen sich auf IPF.

Abbildung E1

Innovationstrends bei Stromspeichern 2000-2018



Quelle: Europäisches Patentamt

88 % der gesamten Patentierungstätigkeit im Bereich der Stromspeicher entfallen auf elektrochemische Erfindungen (d. h. Batterietechnik) mit sehr großem Abstand gefolgt von elektrischen (9 %), thermischen (5 %) und mechanischen (3%) Lösungen. Obwohl alle diese Gebiete der Technik bis 2012 rasche Zuwächse verzeichneten, hat das Innovationswachstum seither nur in der Batterietechnik angehalten, was unterstreicht, wie stark das aktuelle Innovationsgeschehen bei Stromspeichern durch die Batterietechnik dominiert wird.

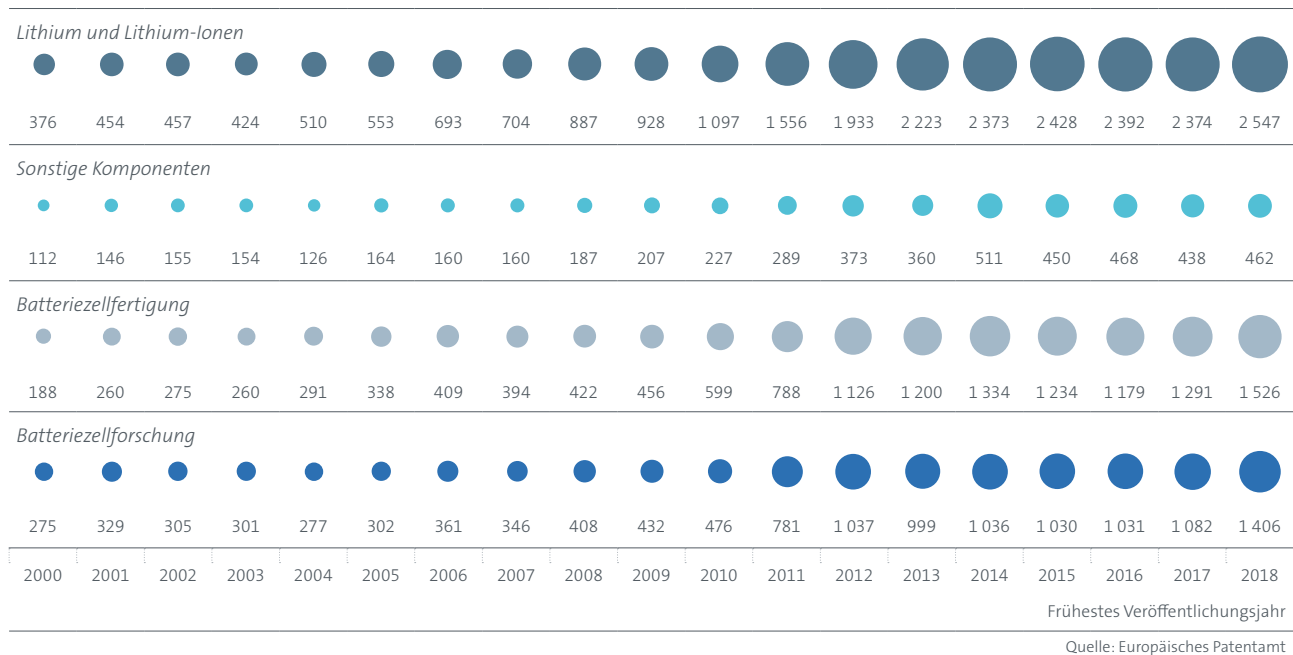
Auf dem Gebiet der Batterietechnik hat die Patentierungstätigkeit bei den meisten Schlüsseltechnologien zugenommen, egal ob Blei-Säure-, Redox-Flow- oder Nickelbatterien. Getrieben wird die Innovation in der Batterietechnik jedoch seit 2005 von der Lithium-Ionen-Technik (Abbildung E2). Die Lithium-Ionen-Technik ist die derzeit dominierende Technologie für tragbare Elektronikgeräte und Elektrofahrzeuge. 2018 entfielen 45 % der Patentierungstätigkeit bei Batteriezellen auf Innovationen rund um Lithium-Ionen-Zellen und gerade einmal 7,3 % auf Zellen aus anderen Materialien; rund 48 % betrafen Erfindungen, bei denen es nicht um eine bestimmte chemische Zusammensetzung ging.

Diese Patentierungstrends schlagen sich auch in der Preisentwicklung nieder. So sind die Preise von Lithium-Ionen-Akkus für Unterhaltungselektronik seit 1995 um mehr als 90 % gefallen. Bei Elektrofahrzeugen sind die Lithium-Ionen-Preise seit 2010 um fast 90 % gesunken und bei stationären Anwendungen, einschließlich solchen für das Stromnetzmanagement, um etwa zwei Drittel. Zurückzuführen sind diese Kostensenkungen zum Teil auf neue chemische Komponenten, hauptsächlich für die Batteriekathoden, und auf drastisch gesunkene Herstellungskosten. Innovative Fertigungsprozesse haben jedoch – wie die Patentstatistiken ganz klar zeigen – auch eine Schlüsselrolle gespielt. Bei der Batteriezellforschung und -fertigung hat sich die Patentierungstätigkeit im letzten Jahrzehnt verdreifacht (Abbildung E2). Auf beide zusammen entfiel 2018 nahezu die Hälfte (47 %) der gesamten mit Batteriezellen zusammenhängenden Patentierungsaktivitäten, was eindeutig für die Reife der Branche und die strategische Bedeutung einer effizienten Industrialisierung mit dem Ziel der Massenproduktion spricht.

Batteriezellen sind in der Regel zu Batteriepacks gebündelt, die so ausgelegt sind, dass sie die gewünschte Spannung, Kapazität und Leistung für das jeweilige Endgerät liefern. Anwendungen wie Smartphones oder Mobilitätslösungen können zwar die gleichen Batteriezellen nutzen, aber ihre Batteriepacks unterscheiden sich voneinander. Deswegen bietet die Patentierungstätigkeit bei den Batteriepacks auch einen Einblick, auf welche Zielanwendungen die Erfinder abstellen. Bei Batteriepacks hat die Patentierungstätigkeit in den letzten Jahren stärker zugenommen als bei Batteriezellen, was einiges über den technologischen Reifegrad aussagt: Die Aufmerksamkeit hat sich von den wissenschaftlichen Grundlagen der Technologie hin zu ihrer Optimierung und der Versorgung höchst anspruchsvoller Verbrauchermärkte verlagert.

Abbildung E2

Zahl der internationalen Patentfamilien für Batteriezellen 2000-2018

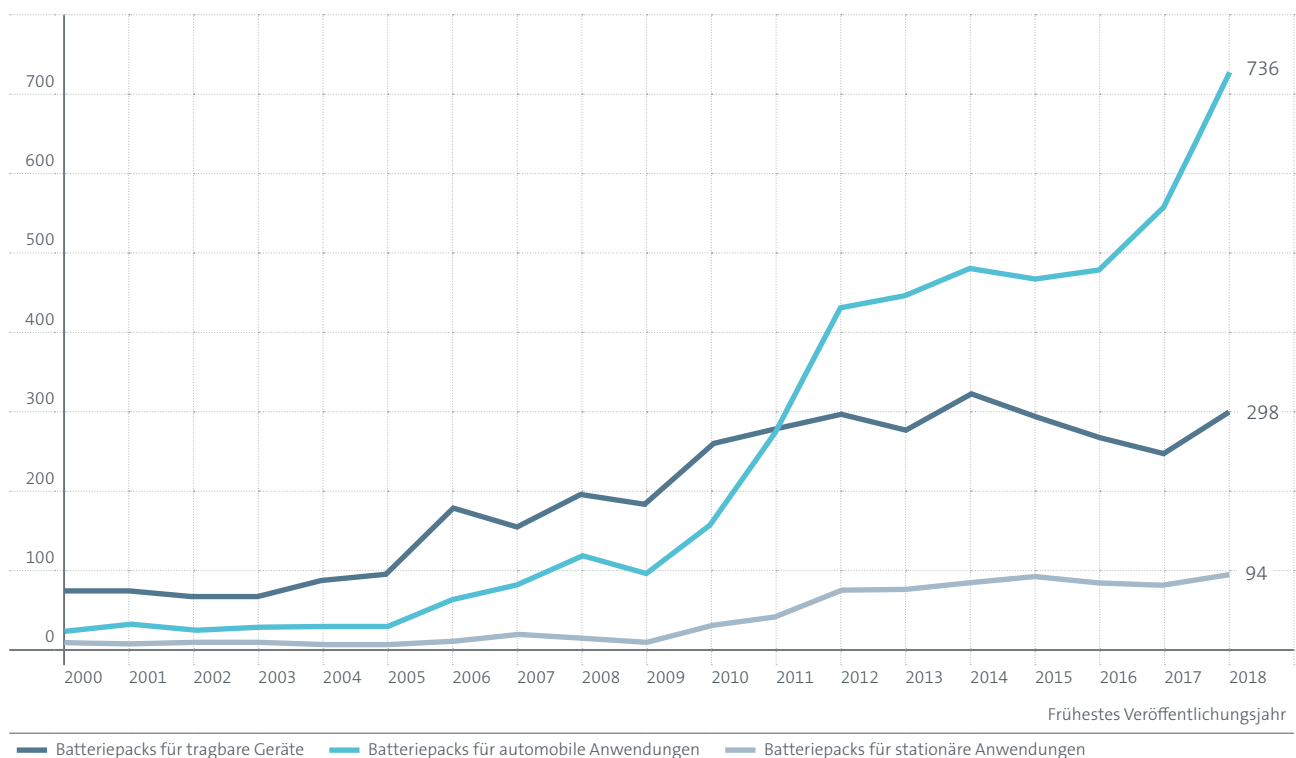


Aus den Daten lässt sich ablesen, dass der Motor hinter der gestiegenen Erfindungstätigkeit bei den Batteriepacks die Elektromobilität war, ganz besonders in den letzten zehn Jahren (Abbildung E3). Sie hat die tragbaren Geräte (hauptsächlich Unterhaltungselektronik) abgelöst, die von Mitte der 2000er bis 2010 der Haupttreiber waren. In absoluten Zahlen haben auf Elektrofahrzeuge gerichtete Patente 2011 die Unterhaltungselektronik überholt, und während das Patentaufkommen bei den Batteriepacks für tragbare Elektronikgeräte seither stagniert, legten Elektrofahrzeugpatente umso stärker zu. Langsamer wächst das Innovationsaufkommen bei stationären Anwendungen, das lediglich 2010 und 2011 ein beschleunigtes Wachstum verzeichnete. Dessen ungeachtet belegen die Daten die Vielseitigkeit der Lithium-Ionen-Technik und zeugen von den Synergieeffekten zwischen den verschiedenen Einsatzgebieten, die dazu führen, dass die Verbesserung einer Anwendung höchstwahrscheinlich auch die

Verbesserung anderer nach sich zieht. Erkennbar ist das nicht zuletzt an den sinkenden Preisen für sämtliche Anwendungen. So hatten die Bemühungen um eine bessere Lithium-Ionen-Technik für tragbare Geräte positive Auswirkungen auf Anwendungen für Elektrofahrzeuge und haben Preis und Leistungsfähigkeit der Batterien in Sphären getrieben, die für die ersten Käufer von Elektroautos erschwinglich waren. 2008 lief der mit Lithium-Ionen-Zellen betriebene Tesla Roadster als erstes voll elektrisches Serienauto mit Straßenzulassung vom Band. Die Verbesserungen bei den Batteriepacks für die breite Palette der auf dem Markt befindlichen reinen Elektroautos und Plug-in-Hybridautos wiederum hatte in den letzten zehn Jahren positive Auswirkungen auf stationäre Anwendungen, von denen viele rekonditionierte Fahrzeugbatterien wiederverwenden können, wenn diese das Ende ihrer Nutzungsdauer in den Fahrzeugen erreicht haben.

Abbildung E3

Zahl der internationalen Patentfamilien für Anwendungen von Batteriepacks 2000-2018



Quelle: Europäisches Patentamt

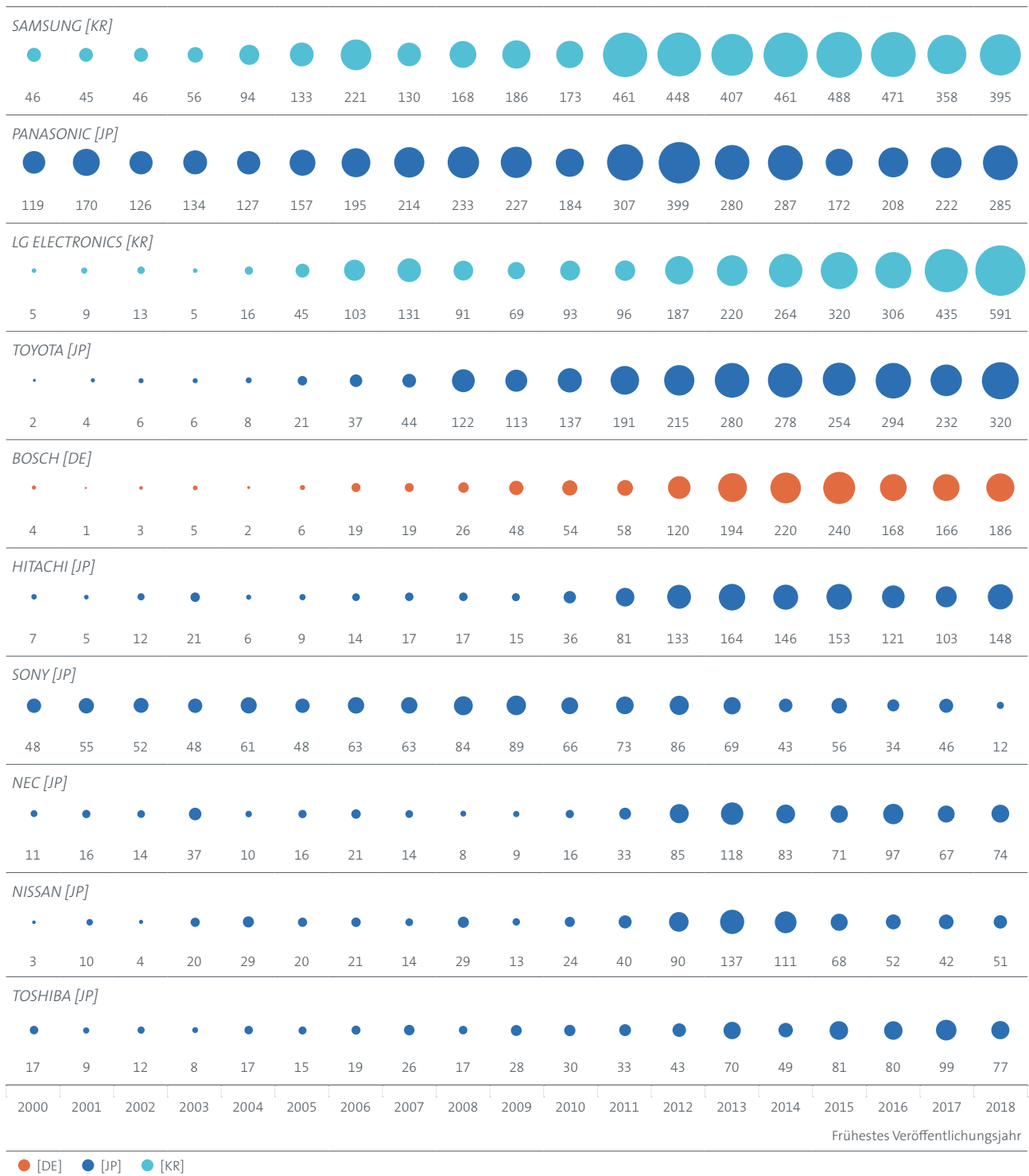
Highlight 2: *Japan und die Republik Korea sind die Spitzenreiter im globalen Batterietechnik-Wettlauf, was andere Länder dazu veranlasst, sich ihren Wettbewerbsvorteil in bestimmten Nischen entlang der Batterie-Wertschöpfungskette zu suchen.*

Neun der zehn führenden Anmelder von IPF für Batterien kommen aus Asien (Abbildung E4), darunter sieben japanische Unternehmen, angeführt von Panasonic und Toyota, und mit Samsung und LG Electronics zwei koreanische Unternehmen. Einziger nicht asiatischer Vertreter unter den Top Ten ist der deutsche Bosch-Konzern. Zwischen 2014 und 2018 gingen 41 % der gesamten Patentierungstätigkeit im Lithium-Ionen-Bereich allein auf das Konto Japans.

Während japanische Unternehmen wie Panasonic und Sony in diesem Bereich schon seit Langem führend sind, haben andere Top-Ten-Unternehmen ihre Innovationstätigkeit erst im letzten Jahrzehnt im Zuge der wachsenden Patentierungsaktivitäten rund um Lithium-Ionen-Akkus für Fahrzeuge massiv ausgebaut. So haben beispielsweise LG Electronics, Toyota, Nissan und Bosch ihre Erfindungstätigkeit in der Batterietechnik in den letzten zehn Jahren rasch hochgefahren und sich dabei auf automobiler Anwendungen konzentriert. Auch Samsung mischt bei Autobatterien kräftig mit, fokussiert sich in seiner Patentierungstätigkeit aber eher auf tragbare Geräte.

Abbildung E4

Führende Anmelder in der Batterietechnik nach der Zahl der internationalen Patentfamilien 2000-2018



Quelle: Europäisches Patentamt

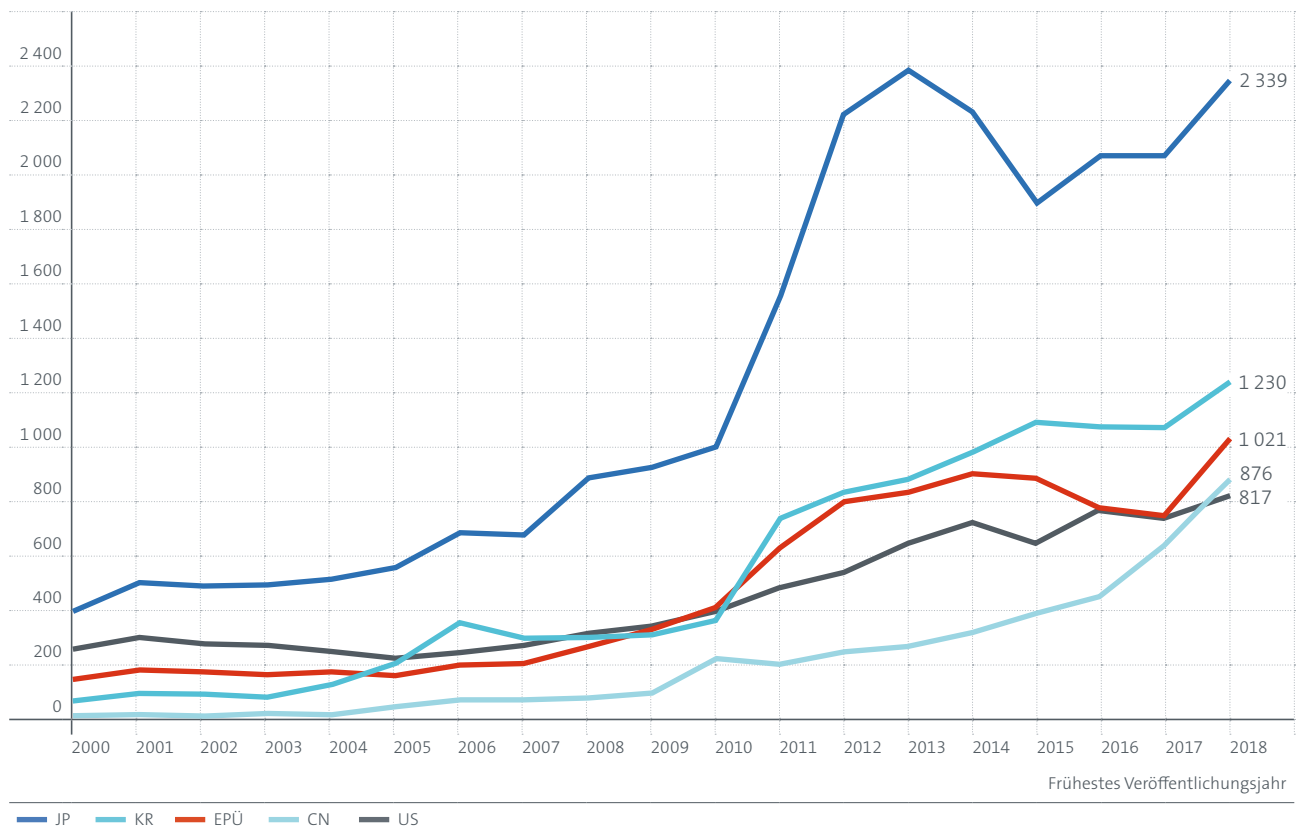
Eine genauere Analyse der geografischen Herkunft der IPF bestätigt, dass Japan bei der Batterietechnik die Nase deutlich vorn hat (Abbildung E5). Der Grundstein dafür wurde bereits in den 2000er Jahren gelegt. Japan war schon damals weltweiter Vorreiter, konnte seine Führung zu Beginn dieses Jahrzehnts aber noch weiter ausbauen. 2018 wurden mehr als ein Drittel aller batteriebezogenen IPF von japanischen Unternehmen und Erfindern angemeldet.

Die Republik Korea, die USA und die Volksrepublik China haben ebenfalls maßgeblich zum globalen Wachstum der Batterieerfindungen seit Mitte der 2000er beigetragen, wenn auch mit gehörigem Abstand hinter Japan. Die stärksten Zuwächse verzeichnete die Republik Korea, die Europa und die USA 2010/2011 überholte und 2018 hinter Japan den zweiten Platz belegte. In Europa ist Deutschland bei den innovativen Stromspeichern führend und zeichnet allein für mehr als die Hälfte der IPF aus Europa verantwortlich. Anders als in Japan, der Republik Korea und China ist in Europa und den USA der Anteil von Kleinunternehmen und Hochschulen an den Erfindungen in der Batterietechnik höher.

In den letzten zehn Jahren haben chinesische Erfinder die nationale Erfindungstätigkeit auf dem Gebiet der Stromspeicher enorm vorangetrieben. In der Batterietechnik hat China 2018 fast zu Europa aufgeschlossen und leistet mittlerweile einen ähnlich hohen Beitrag zum Innovationsgeschehen wie die USA. Eine parallele Entwicklung nahm in den letzten Jahren Chinas Anteil an der Elektrofahrzeug-Produktion. 2011 wurden dort 5 000 Elektroautos verkauft; dies entsprach 11 % des Weltmarkts für Elektrofahrzeuge. Mit 1,1 Millionen verkauften Fahrzeugen im Jahr 2019 hat China seinen Weltmarktanteil mittlerweile auf 50 % ausgebaut. BYD, ein chinesischer Batterie- und Elektrofahrzeug-Hersteller, ist Weltmarktführer bei Elektrobussen und verkauft ähnlich viele Fahrzeuge wie Tesla. In Japan hingegen hat der Vorsprung in der Batterietechnik nicht dazu geführt, dass sich ein bedeutender heimischer Markt für Elektrofahrzeuge entwickelt hätte. Japans Anteil am Weltmarkt betrug 2019 gerade einmal 2 %, obwohl mehrere selbstladende Hybride wie der Toyota Prius auch mit Lithium-Ionen-Akkus angeboten werden. Vergleichbar sieht der Markt für Elektrofahrzeuge in der Republik Korea aus, doch ist diese führend bei stationären Batterien für gewerbliche Stromversorger und so genannte Behind-the-meter-Anwendungen in Gebäuden.

Abbildung E5

Geografische Herkunft der internationalen Patentfamilien in der Batterietechnik 2000-2018



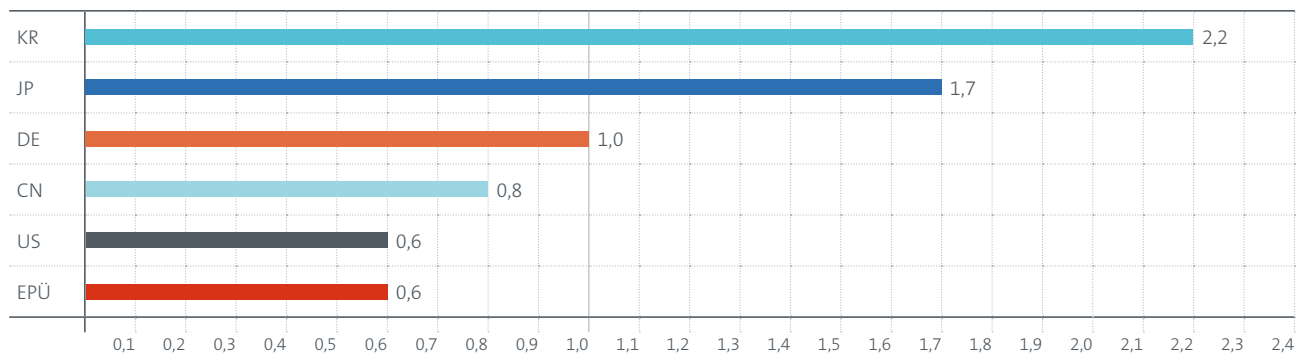
Quelle: Europäisches Patentamt

Für Regierungen, die den Wettbewerbsvorteil ihres Landes in der Batterietechnik genauer verstehen wollen, liefert der relative technologische Spezialisierungsindex (Revealed Technological Advantage oder RTA-Index)² einen Hinweis auf die Spezialisierung ihres Landes auf die batterietechnische Innovation im Vergleich zu dessen Innovationskapazität insgesamt. Ein Wert über 1 zeigt eine Spezialisierung auf die jeweilige Technologie an. Ein niedrigerer Wert hingegen bedeutet, dass das betreffende Land es in diesem Bereich schwerer haben wird, die nötige technologische Führungsposition zu erlangen, um in den kommenden Jahrzehnten einen bedeutenden Mehrwert für seine Wirtschaft daraus zu ziehen. So technisch detailliert wie der vorliegende Bericht ist, könnten die hier vorgestellten Daten durchaus Nischen aufzeigen, in denen Länder ihre relativen Stärken gewinnbringend einsetzen können, selbst wenn ihr RTA auf einer höheren Aggregationsebene kleiner 1 ist.

Für den Zeitraum 2014-2018 lässt dieser Indikator beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern erkennen, die die Innovation in der Batterietechnik dominieren (Abbildung E6). Die Republik Korea und Japan zeichnen sich durch eine sehr hohe Spezialisierung aus, während die USA, China und die europäischen Länder weniger stark spezialisiert sind. Unter den europäischen Ländern sticht Deutschland mit einem RTA von knapp unter 1 für den Zeitraum 2014-2018 hervor, was eine deutliche Steigerung gegenüber dem Wert von 0,7 für die Jahre 2000-2013 ist, der noch sehr nah am Mittel aller (der EPO angehörenden) europäischen Länder lag.

Abbildung E6

Relativer technologischer Spezialisierungsindex (RTA) für Batterietechnik der weltweiten Innovationszentren 2014-2018



Quelle: Europäisches Patentamt

Note: „EPÜ-Staaten“ sind die 38 Vertragsstaaten des Europäischen Patentübereinkommens. Deutschland wird wegen seines besonders hervorzuhebenden Beitrags in der Batterietechnik hier separat ausgewiesen.

2 Der RTA ist definiert als der Anteil von IPF eines Landes in einem bestimmten Technologiebereich geteilt durch dessen IPF-Anteil in allen Technologiebereichen.

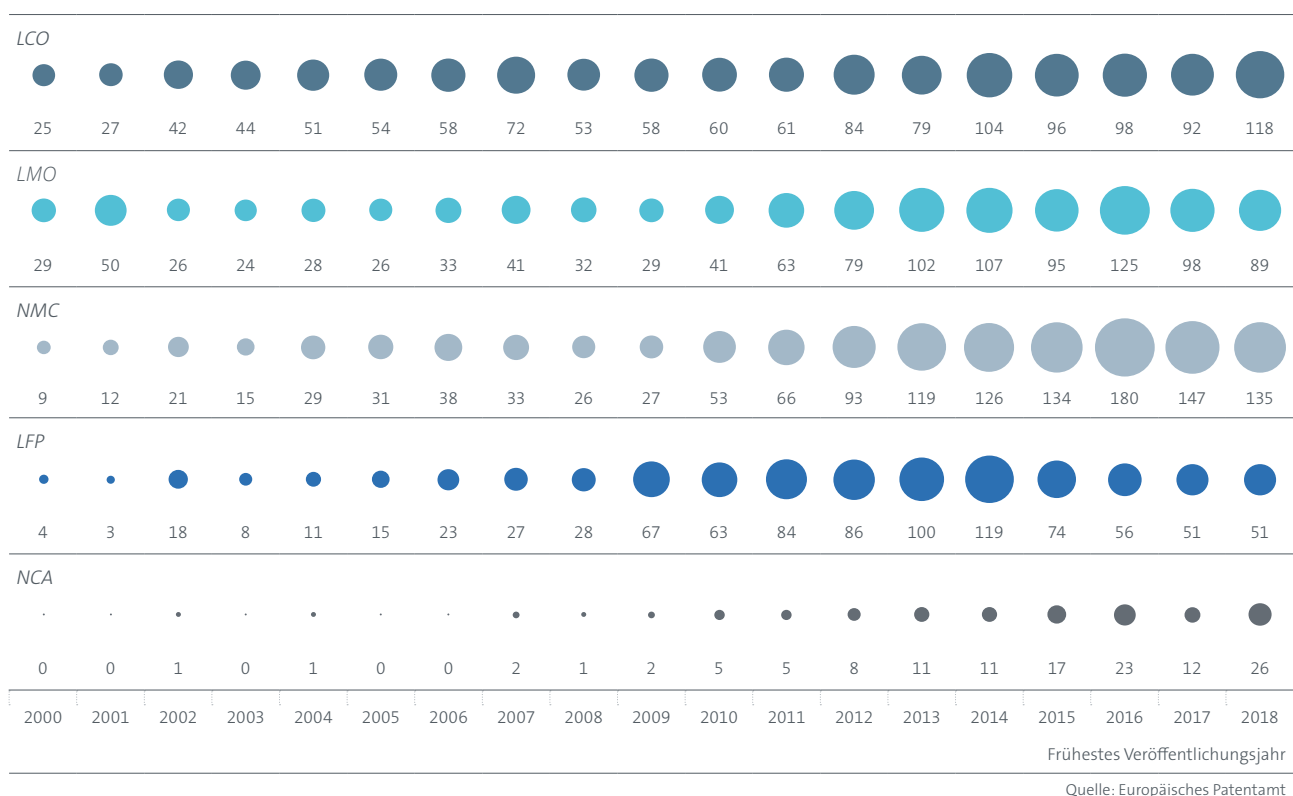
Highlight 3: Die bahnbrechendsten Innovationen bei Lithium-Ionen-Akkus seit Beginn der Großserienproduktion von E-Autos hat es im Bereich der NMC-Kathoden gegeben, doch schon entsteht – außerhalb der Großkonzerne und regional verstreuter – potenzielle Störkonkurrenz.

Was die Patentierungstätigkeit angeht, so sind derzeit Lithium-Ionen-Akkus tonangebend mit einem Anteil von 38 % aller IPF in der Batterietechnik zwischen 2010 und 2018. Die lebhafteste Erfindungstätigkeit in der Lithium-Ionen-Technik hängt einerseits mit den je nach Einsatzzweck unterschiedlichen Leistungskennzahlen zusammen und andererseits damit, dass sich bislang noch kein bestimmter Batteriezelltyp für die einzelnen Anwendungen durchgesetzt hat. Smartphones, Elektrowerkzeuge, Elektroautos und gewerblich einsetzbare stationäre Batterien haben alle jeweils unterschiedliche Anforderungen und Toleranzen, was Energie- und Stromdichte, Nutzungsdauer, Materialkosten, Sensitivität und Stabilität angeht. Während sich einige dieser Eigenschaften durch fertigungstechnische und konstruktive Verbesserungen optimieren lassen, wird das größte Innovationspotenzial in einer Modifizierung der Kathode, der Anode und des Elektrolyts gesehen, also der Strom speichernden und leitenden Grundkomponenten jeder Batteriezelle.

Im Mittelpunkt des Innovationswettlaufs steht die Kathode der Lithium-Ionen-Akkus, denn diese ist der limitierende Faktor, wenn es um Energiedichte und Kostenreduktionen geht. Die Energiedichte, d. h. die pro Volumeneinheit speicherbare Energiemenge, spielt vor allem bei tragbaren Geräten eine entscheidende Rolle, stellt sie doch beispielsweise sicher, dass Smartphones trotz des wachsenden Energiebedarfs der darauf laufenden Apps nach wie vor nur einmal täglich geladen werden müssen. Noch wichtiger ist die Energiedichte aber für Elektrofahrzeuge, denn die müssen in Bezug auf Leistung und Kosten mit den Verbrennern mithalten können.

Abbildung E7

Zahl der internationalen Patentfamilien nach Material der Lithium-Ionen-Kathode 2000-2018



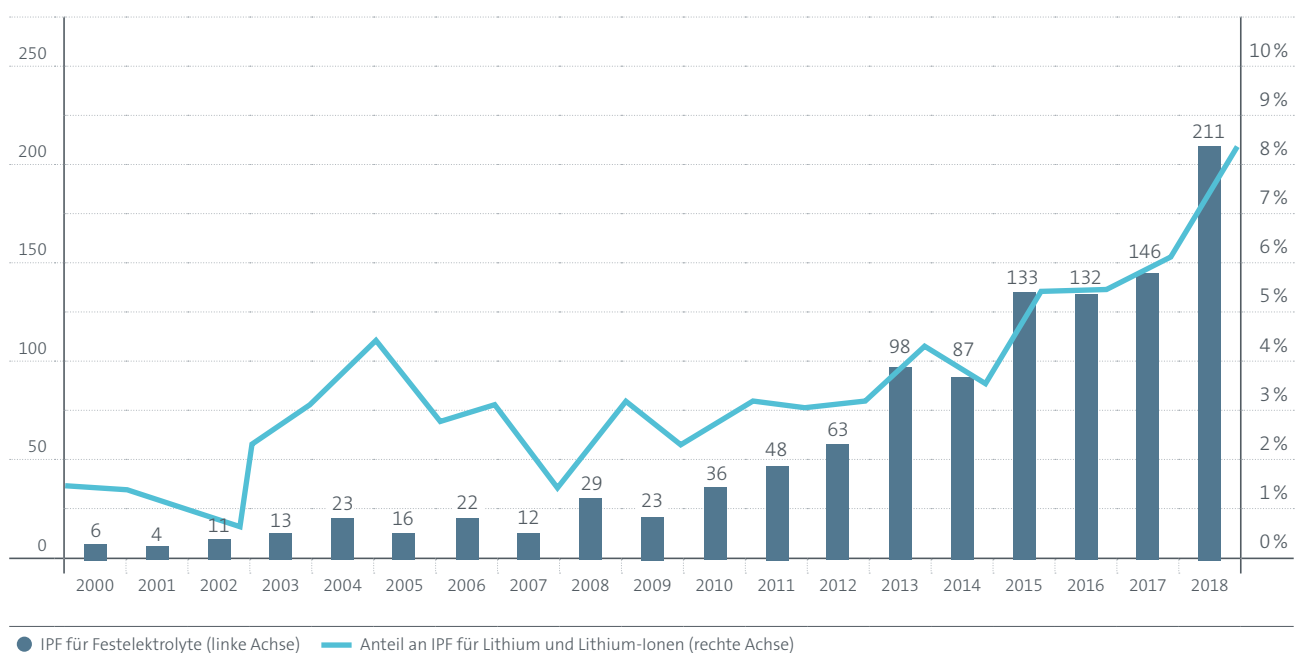
In den ersten Elektroautos, die vor etwa einem Jahrzehnt in Serie gingen, wurden noch dieselben Kathoden verbaut, die auch in der Unterhaltungselektronik am gebräuchlichsten waren, nämlich Lithium-Cobaltoxid (LCO) und Lithium-Mangan-Oxid (LMO). Seither sind andere Zusammensetzungen in den Fokus gerückt, so z. B. Nickel-Mangan-Cobalt (NMC), Lithium-Eisenphosphat (LFP) und in jüngerer Zeit Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxid (NCA), weil sich die technischen Anforderungen gewandelt haben – weg von einer Maximierung der Energiedichte und Stabilität, hin zu einer Optimierung der spezifischen Energie (Energie pro Masseneinheit), Nutzungsdauer, Leistung, Lade-/Entladegeschwindigkeit und Recyclbarkeit. Ablesbar ist dieser Trend auch an den Patentdaten (Abbildung E7): War 2005 die Patentierungstätigkeit für LCO noch doppelt so hoch wie für NMC, so wurde sie 2011 von der NMC-Patentierungstätigkeit überholt, die von 2009 bis 2018 um 400 % zugelegt hat. Zum Vergleich: LCO-Patente nahmen im selben Zeitraum um 200 % zu. Heute wird NMC im Allgemeinen das kurz- bis mittelfristig größte Potenzial für Elektrofahrzeuge eingeräumt, wobei die Forscher weiter nach Wegen suchen, den Cobalt-Anteil zu verringern, der für die Gesamtkosten und die Nachhaltigkeit am ausschlaggebendsten ist.

Aber auch die Tage von NMC scheinen gezählt, denn insbesondere NCA kristallisiert sich zunehmend als vielversprechende Alternative heraus. Die chemisch genauso wie NMC-Akkus aufgebauten NCA-Akkus werden bereits von Panasonic und Tesla in Elektrofahrzeugen eingesetzt. Daneben setzen Tesla, aber auch andere Unternehmen wie BYD auf verbesserte LFP-Akkus für ihre Fahrzeuge. Obgleich die Patentierungstätigkeit in diesem Bereich weiterhin eher verhalten ist, ist sie doch von fast Null im Jahr 2010 bis 2018 auf ein den etablierten Kathoden vergleichbares Niveau gestiegen.

Ein weiterer Schwerpunkt der erfinderischen Tätigkeit sind die Elektrolyte; hier konzentriert sich die Forschung auf Alternativen zu den derzeit in Lithium-Ionen-Akkus verwendeten Flüssigkeiten und Polymergele, die sehr leicht brennbar sind. Festelektrolyte mit ihrer hohen spezifischen Energie und Stabilität wären eine Alternative, sind aber momentan noch teuer. Dass an den bestehenden technischen Herausforderungen gearbeitet wird, belegt die Tatsache, dass die Patentierungstätigkeit in diesem Bereich seit 2010 um durchschnittlich 25 % pro Jahr gewachsen ist (Abbildung 8). Machte sie 2010 bloß 3 % der gesamten Patentierungstätigkeit im Lithium-Ionen-Bereich aus, so waren dies 2018 schon über 8 %. Angesichts der Fortschritte wird damit gerechnet, dass Festelektrolyte innerhalb der nächsten zehn Jahre reif für die gewerbliche Anwendung sind.

Abbildung E8

Internationale Patentfamilien für Lithium-Ionen-Technik mit Festelektrolyten 2000-2018



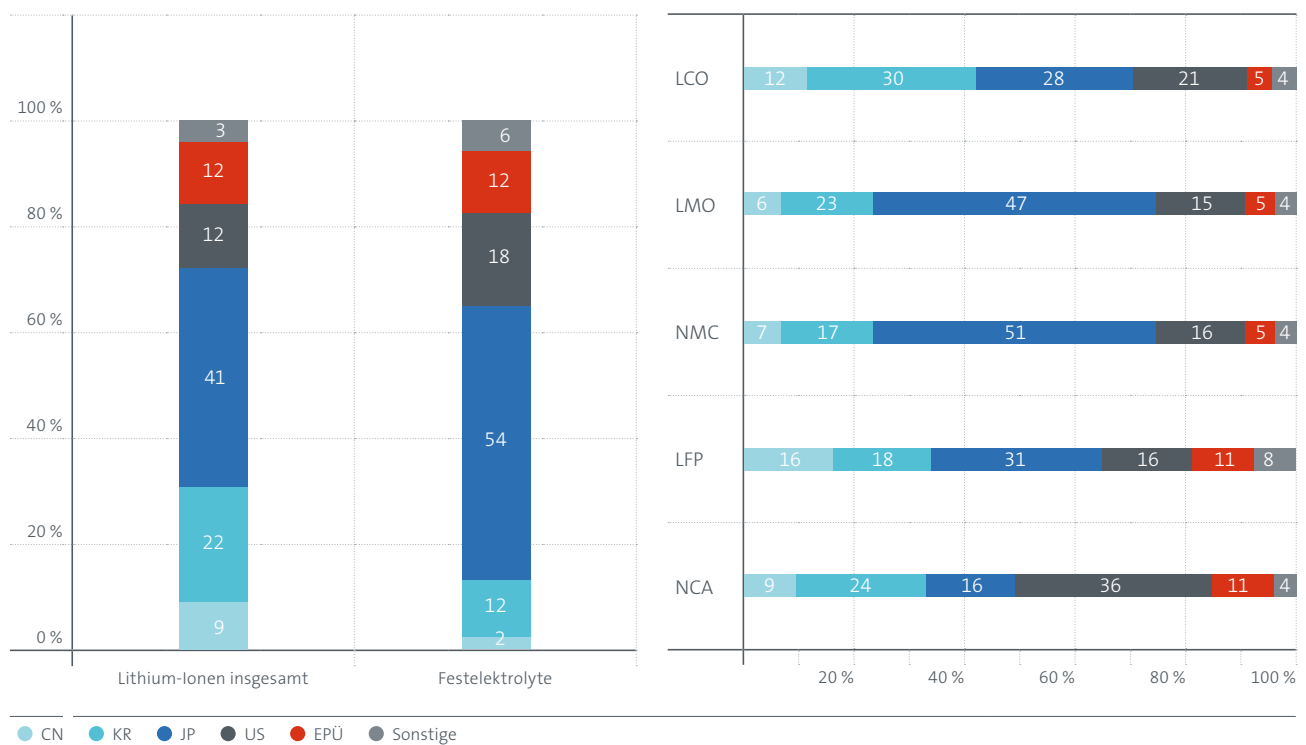
Quelle: Europäisches Patentamt

Ein Blick auf die geografische Herkunft der IPF zeigt, dass bei Festkörperbatterien Japan mit 54 % aller einschlägigen IPF im Zeitraum 2014-2018 führend ist (Abbildung E9). Auch die USA (18 %) und die EPÜ-Vertragsstaaten (12 %) schneiden hier besser ab. Ihr Anteil liegt höher als bzw. gleich hoch wie bei der Lithium-Ionen-Technik insgesamt. Die Republik Korea und China dagegen sind bei den Festkörperbatterien – trotz ihres Anteils von 22 % bzw. 9 % an den IPF für Lithium-Ionen-Technik insgesamt – eher schwach vertreten mit lediglich 12 % bzw. 2 %.

Was die Kathodenmaterialien angeht, so führt Japan mit einem deutlichen Vorsprung in den dominanten Bereichen der LMO- (47 %) und der NMC-Kathoden (47 %) und liegt gleich auf mit der Republik Korea bei LCO-Kathoden, wo beide Länder einen Anteil von 30 % verzeichnen (Abbildung E9). Offener scheint der Innovationswettbewerb bei den noch jüngeren Materialien LFP und NCA. Mit 31 % ist Japan etwas weniger dominant bei den LFP-Kathoden, wo auch die Republik Korea, die USA und China mit jeweils rund 16 % maßgeblich zur Patentierungstätigkeit beitragen. Bei NCA-Kathoden stammen 36 % der IPF aus den USA, die hier eindeutig führend sind, gefolgt von der Republik Korea mit 24 % und Japan mit 16 %. Der Anteil der Erfindungen aus den europäischen Ländern ist in allen Bereichen relativ gering, aber immerhin in den aufstrebenden Bereichen der LFP- und NCA-Materialien mit 11 % doppelt so hoch wie bei den etablierteren Materialien.

Abbildung E9

Geografische Herkunft der internationalen Patentfamilien in der Lithium-Ionen-Technik 2014-2018

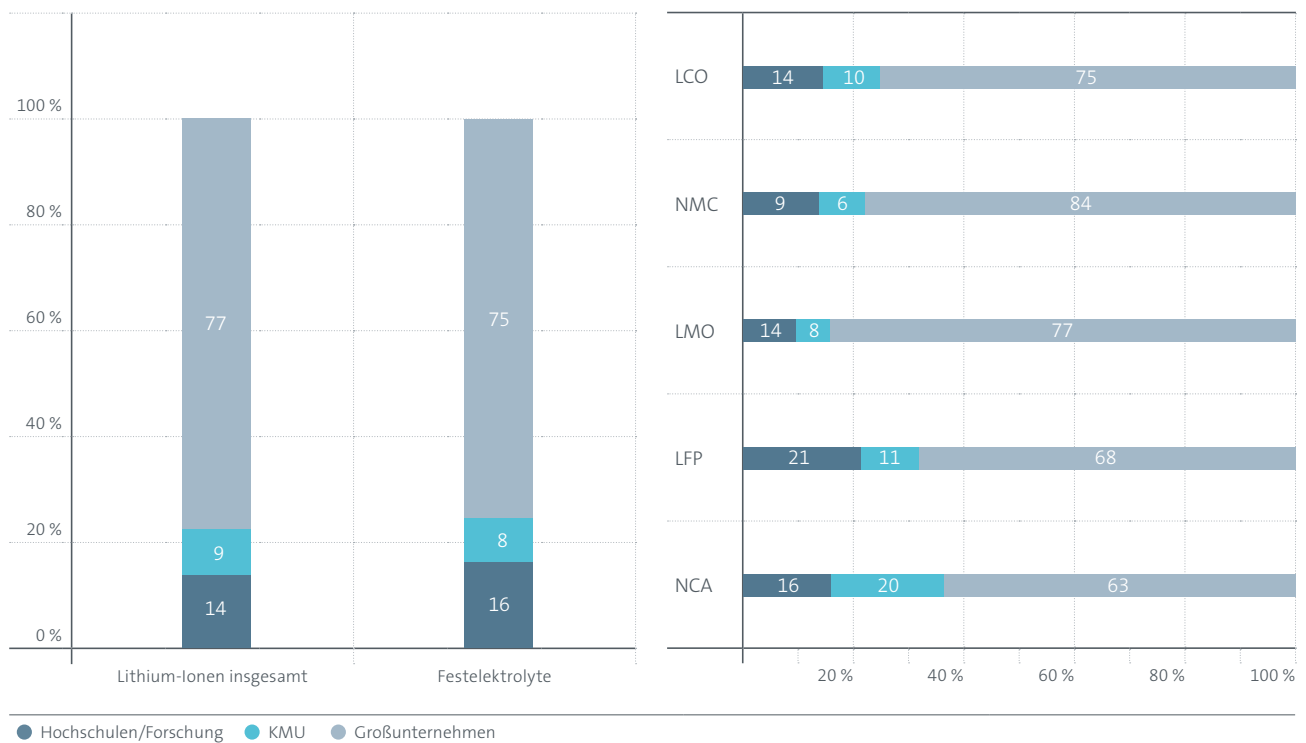


Während sich die Innovation in der Lithium-Ionen-Technik insgesamt – gemessen an der Patentierungstätigkeit – zu 77 % in Großunternehmen vollzieht, spielen bei den neueren Kathodenmaterialien wie LFP und NCA auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU), Hochschulen und öffentliche Forschungseinrichtungen eine zunehmend wichtige Rolle (Abbildung E10). Bei LFP-Kathoden beispielsweise leisten Hochschulen und öffentliche Forschungseinrichtungen mit einem Anteil von 21 % an den zwischen 2014 und 2018 registrierten IPF einen maßgeblichen Beitrag. Kleinunternehmen, insbesondere aus den USA, sind bei

NCA-Kathoden mit 20 % am stärksten vertreten, was auch der einzige Bereich ist, in dem ihr Anteil der IPF den der Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen übersteigt. Diese hohen Anteile kleiner Anmelder sind ein Anhaltspunkt dafür, welchen Reifegrad die einzelnen konkurrierenden Materialien haben: In den frühen Tagen der LCO- und LMO-Kathoden gaben die Hochschulen den Ton an, bevor Großunternehmen, insbesondere aus Japan, die Batterieentwicklung an sich zogen, als sie Anfang der 1990er Jahre begannen, diese in Verbraucherprodukten wie Camcordern zu verbauen.

Abbildung E10

Anmelderprofile bei aufstrebenden Lithium-Ionen-Technologien 2014-2018



Der vollständige Bericht ist verfügbar unter

epo.org/trends-batteries

iea.li/battery-innovation

© 2020 EPO and OECD/IEA

Zusätzliche Informationen

Besuchen Sie **epo.org**

- > Patentrecherche: epo.org/espacenet
 - > Europäisches Patentregister: epo.org/register
 - > Dienste für die Online-Einreichung: epo.org/online-services
 - > Schulungen: epo.org/academy
 - > Freie Stellen: epo.org/jobs
 - > FAQs, Veröffentlichungen, Formblätter und Tools:
epo.org/service-support
-

Abonnement

- > Unser Newsletter: epo.org/newsletter
-

Besuchen Sie **epo.org/contact**

- > Kontaktformulare für Ihre Fragen an uns
 - > Telefonnummer unserer Kundenbetreuung
 - > Unsere Kontaktdaten
-

Folgen Sie uns auf

- > facebook.com/europeanpatentoffice
 - > twitter.com/EPOorg
 - > youtube.com/EPOfilms
 - > linkedin.com/company/european-patent-office
-