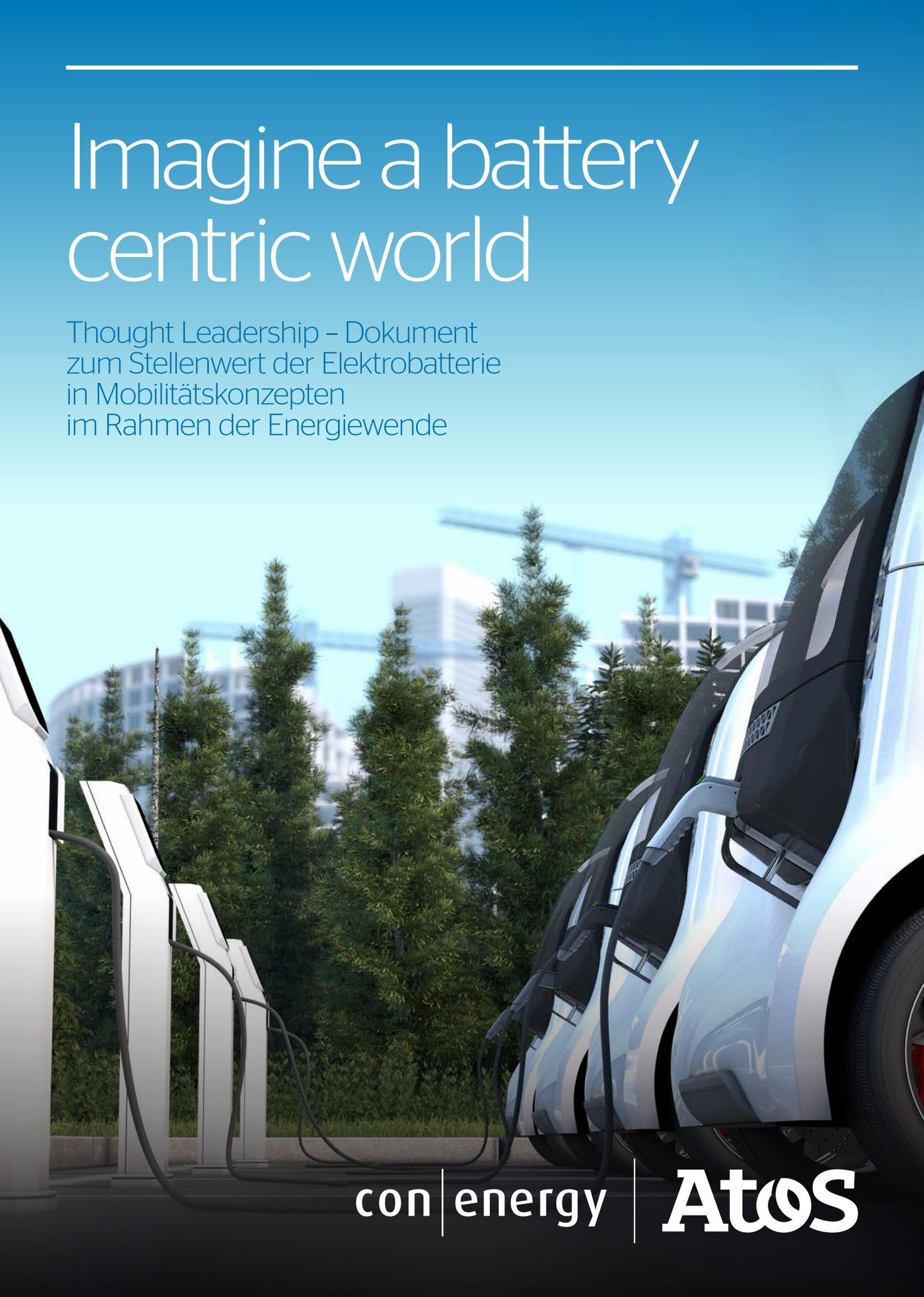

Imagine a battery centric world

Thought Leadership - Dokument
zum Stellenwert der Elektrobatterie
in Mobilitätskonzepten
im Rahmen der Energiewende



con | energy | **Atos**

VORWORT

Dieses Thought Leadership - Dokument ist in Zusammenarbeit mit Atos Information Technology, Global Manufacturing Consulting, Energy4U und conlenergy im Winter 2020/21 entstanden.

Da Elektromobilität und Stromerzeugung untrennbar miteinander verbunden sind, möchten wir den Dialog mit führenden Strategen sowohl aus Industrie als auch der Energiewirtschaft weiter verstärken.

Wir freuen uns auf weiterführende Gespräche mit Lesern und Interessenten, die sich strategisch-visionär Gedanken über diesen Themenkomplex machen und weitere Schritte diskutieren möchten.

München - Karlsruhe - Essen, März 2021



1

Einführung:
Battery centric mobility

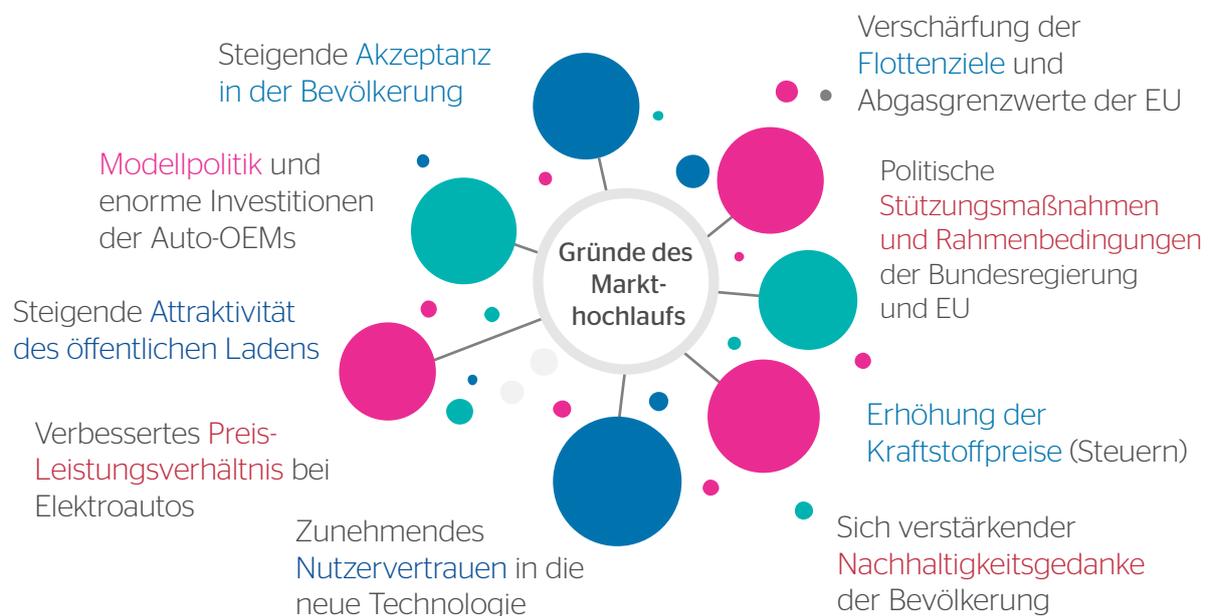
Battery centric mobility

In Anbetracht der aktuellen Entwicklungen wird es immer deutlicher, dass das Ende der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor faktisch manifestiert ist.

Seitdem die Politik in vielen Ländern die Weichen für die Elektromobilität gestellt und mit Fördermaßnahmen starke Kaufanreize geschaffen hat, verzeichnen elektrisch betriebene Fahrzeuge ein starkes Wachstumspotenzial im Automobilmarkt. Allgemein werden Elektrofahrzeuge als neue Technologie gesehen.

Weitgehend vergessen ist die Tatsache, dass bereits auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 mit dem Lohner-Porsche ein praxistaugliches Elektroauto der Öffentlichkeit präsentiert wurde. Das Fahrzeug hatte als Antrieb zwei Radnabenmotoren an den Vorderrädern, war 50 km/h schnell und hatte mit einem 400 kg schweren Bleiakku eine Reichweite von immerhin 50 km. Wie hinlänglich bekannt, setzte sich der Verbrennungsmotor mutmaßlich aufgrund seiner größeren Reichweite durch.

Auch heute wird die Kennzahl „Reichweite“ vielfach diskutiert, obwohl pro Fahrzeug in Deutschland im Durchschnitt nur 39 km pro Tag zurückgelegt werden. Ein Großteil der heute durchgeführten Fahrten könnte mit den erreichbaren Reichweiten problemlos bewältigt werden. Neue Mobilitätskonzepte flexibilisieren in einem hohen Maße die Möglichkeiten zur Fortbewegung, wobei das Auto nur eines von möglichen Fortbewegungsmitteln ist (siehe Atos White Paper [„Who needs to own a car“](#)).

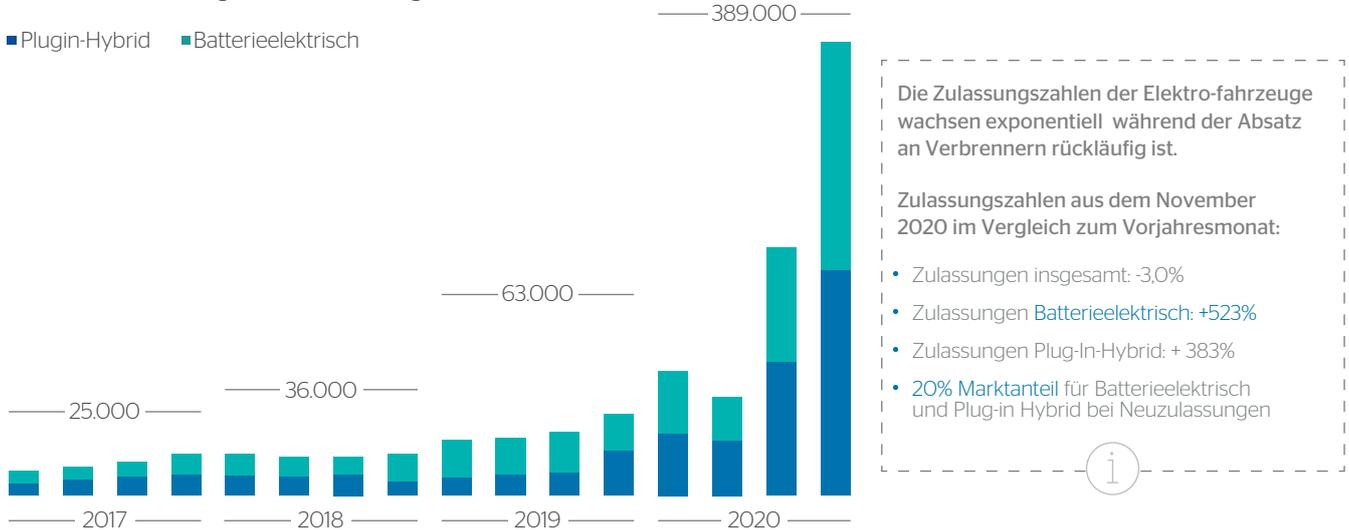


Quelle: conlenergy

Neben der Reichweite gibt es weitere Argumente, die Elektroautos attraktiv erscheinen lassen:

- Der Elektroantrieb ist energieeffizient.
- Der Elektroantrieb ist vor Ort emissionsfrei.
- Das Potenzial, gänzlich emissionsfrei zu werden, ist bei einer erfolgreichen Energiewende signifikant vorhanden.
- Aufgrund anderer Bauteile und anderer Bauteilleanordnung können nutzerfreundliche Designs geschaffen werden.
- Elektroantriebe haben ab den ersten Umdrehungen ein hohes Drehmoment und überdecken einen großen Drehzahlbereich.
- Elektroantriebe sind sehr leise.
- Reine Elektrofahrzeuge haben einen einfachen Aufbau und lassen sich leichter regeln.
- Die Wartungskosten für reine Elektrofahrzeuge sind deutlich geringer.
- Staatliche Förderung durch aktuelle Steuervorteile und direkte Zuschüsse sind vorhanden.
- Der Tankvorgang kann direkt zu Hause erfolgen.
- Neue Ansätze ermöglichen Ladevorgänge, die zeitlich im Bereich einer herkömmlichen Kraftstoffbetankung liegen.

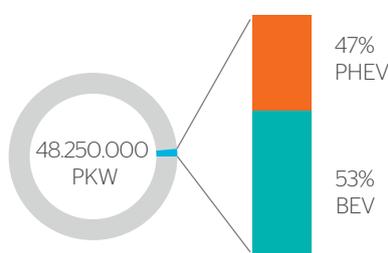
Anzahl Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in Deutschland



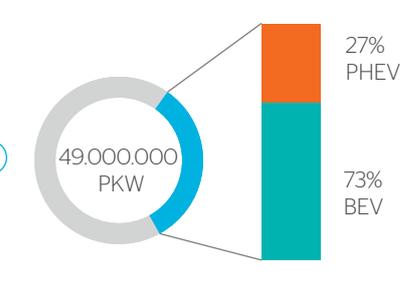
Quelle-Daten: Kraftfahrtbundesamt, Darstellung: conlenergy

Die Anzahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge in Deutschland steigt rasant. Das von der deutschen Regierung avisierte Ziel, eine Million Elektroautos bis Ende 2020 auf die Straße zu bringen, wurde allerdings verfehlt. Allein im Jahr 2020 wurden 389.000 E-Fahrzeuge neu zugelassen. Mit aktuellen staatlichen Förderungen liegt ein Elektrofahrzeug nun preislich im Bereich eines vergleichbaren Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. Somit ist auch die Hürde des hohen Kaufpreises genommen.

PKW-Fahrzeugbestand (DE, Anfang 2021)



Prognostizierter PKW-Fahrzeugbestand (DE, 2030)



Konventionell	98,8 %	PHEV	- 280.000	Konventionell	74%	PHEV	- 3,5 Mio
Elektrisch	1,2 %	BEV	- 310.000	Elektrisch	26%	BEV	- 9,5 Mio

Quelle: Kraftfahrtbundesamt (Ist-Daten) sowie eigene Schätzung auf Basis diverser Studien (u.a. CAM, Deloitte, BCG, NOW)





2

Weiterentwicklungstrends bei Elektrofahrzeugen

Weiterentwicklungstrends bei Elektrofahrzeugen

Die stark steigenden Verkaufszahlen von Electric Vehicles (EVs) führen dazu, dass von dem derzeit vorherrschenden **Conversion Design** (bestehendes Fahrzeugdesign mit elektrischen Antrieben ausgestattet) nun immer stärker zum **Purpose Design** (Veränderungen im gesamten Fahrzeug) übergegangen wird. Im Conversion Design können vorhandene Technologien und Konzepte weiterentwickelt und laufende Prozesse aufrechterhalten werden. Allerdings können jedoch zusätzliche Funktionalitäten sowie Package- und Ergonomievorteile aufgrund der vorgegebenen Strukturen oft nicht genutzt werden. Somit entstehen keine „echten“ Innovationen.

Im Purpose Design werden neue Antriebskonzepte sowie zusätzliche Funktionalitäten verbaut und neue Ergonomie- sowie Bedienkonzepte entwickelt. Fahrzeugkomponenten werden vollständig neu angeordnet und somit Package-Vorteile realisiert. Zusätzliche Komponenten wie elektrische Lenkung, elektrische Bremse und erweitertes Thermomanagement werden integriert und überflüssige Komponenten entfernt. Zugleich werden Leichtbaumaßnahmen angewendet. Das Fahrwerk kann aufgrund der üblicherweise niedrigeren Höchstgeschwindigkeit der batteriebetriebenen EVs auf geringere

Geschwindigkeiten ausgelegt werden. Oder mit anderen Worten, das Fahrzeug wurde um die Batterie herum entwickelt und entsprechend gebaut. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass Engineering Companies ein komplettes Fahrzeug auf Basis von Standardkomponenten (wie Batterie, Elektromotor, Reifen usw.) entwickeln und einen Montagespezialisten mit der Produktion beauftragen. Ein Beispiel ist der Vertrag zwischen Magna und Fisker. Magna wird den Fisker Ocean in Europa produzieren, während sich Fisker auf die Entwicklung und das Design konzentriert (Quelle: electrive.net).

Connected Vehicle - Gehirn und Kommunikationszentrum

Es besteht kein kausaler Zusammenhang zwischen „Connected Vehicles“ (CV) und Elektrofahrzeugen. Allerdings entstehen vor allem im Purpose Design große Chancen, CV-Technologien noch nutzbringender einzusetzen.

Somit bieten CVs die direkte Möglichkeit, das Kundenerlebnis, die Markenpositionierung und die Kundenloyalität zu verbessern und damit einen wesentlichen Beitrag zu den ambitionierten Wachstumsplänen der Automobilhersteller zu leisten. Dies kann jedoch nur erreicht werden, wenn CV-Services direkt auf die personalisierten, sich schnell ändernden Bedürfnisse von Fahrern, Besitzern, Flottenbetreibern, Händlern, OEMs, Zulieferern, Regulierungsbehörden und Partnern eingehen.

Hersteller sollten nicht davon ausgehen, dass digitale Dienste automatisch dazu verleiten, mehr Geld auszugeben. In Wirklichkeit sind vernetzte Fahrzeuge nur ein Teil des Puzzles der verantwortungsvollen Mobilität.

Im Gegensatz zu den meisten OEMs verfügt Tesla über ein zentrales Elektroniksteuerelement. Nicht zuletzt diesem zentralen Steuerelement verdankt Tesla seinen aktuellen Erfolg am Markt. Zahlreiche andere OEMs haben wiederum dezentrale Steuerelemente im Einsatz, die ständig aufeinander abgestimmt werden, um Inkompatibilitäten zu umschiffen. Des Weiteren müssen Lieferketten aufwendig gemanagt werden. Mittelfristig wird sich die Frage stellen, ob sich der monolithische Ansatz eines proprietären Systems auf Dauer durchsetzt

oder nicht doch ein Partnerökosystem die Innovation beschleunigt. Wir konnten diese Entwicklungen bereits in der IT-Industrie beobachten.

Open Sources vs. Geschlossene Systeme: Für beide Vorgehensweisen gibt es Erfolgsgeschichten, die meist abhängig von der Marktsituation bzw. Marktdurchdringung, verfügbarer Normen und Standards, technologischer Führerschaft sowie von Alleinstellungsmerkmalen sind.

Bildlich gesprochen ist das Steuerelement somit das Gehirn und Kommunikationszentrum des Fahrzeugs, welches sich über CV-Technologien vernetzt und eine Reihe von Services erst möglich macht.

Der Motor - das Herz eines Fahrzeugs?

In einem „Verbrenner“ ist das Herz des Fahrzeugs der Motor und zurecht das Gütesiegel hoher Ingenieurskunst. Gilt dies analog auch für ein Elektroauto? Werfen wir zunächst einen kurzen Blick auf die als Antrieb genutzten Elektromotoren, bevor wir die Frage beantworten.

Wichtig ist, dass der Elektromotor ein ausreichendes Drehmoment in einem weiten Drehzahlbereich abbildet. Weitere notwendige Eigenschaften sind ein hoher Wirkungsgrad, feinfühliges Drehzahl- und Drehmomentsteuerung, die Möglichkeit zur Rekupation, ein geringes Gewicht und Volumen sowie ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Der Motor muss für den zu erwartenden Temperaturbereich tauglich und gegen typische mechanische Belastungen unempfindlich sein.

Typischerweise erfüllen Drehstrommotoren diese Anforderungen. Die einfacheren Gleichstrommotoren hingegen eignen sich für den Antrieb von beispielsweise Elektrofahrzeugen. Drehstrommotoren gibt es in drei verschiedenen Ausführungen, die sich in Wirkungsgrad, Bauraumbedarf, Kosten, Schleppverlusten im Leerlauf und Robustheit unterscheiden. Der permanent erregte Synchronmotor kommt zum Beispiel im BMW i3 zum Einsatz, der stromerregte Synchronmotor ist im Renault Zoe verbaut, im Tesla hingegen kommen Asynchronmotoren zum Einsatz. Alle genannten Arten sind ausgereift. Größere Innovationen werden in diesem Bereich derzeit nicht erwartet (Quelle: Anton Karle - Elektromobilität, Hander-Verlag).

Somit wird der Motor eher zum Beiwerk und verliert seine maßgebliche Rolle als Objekt großer Ingenieurleistungen und auch als zentrales Verkaufsargument.

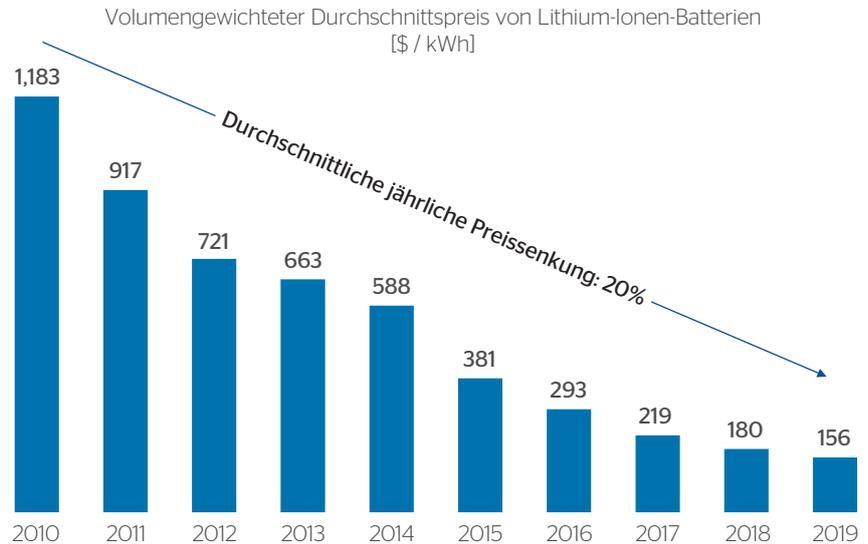
Die Batterie - Das zentrale Element, das neue Herz des Fahrzeugs

Die Batterie ist unbestritten eines der zentralen Elemente in einem elektrisch angetriebenen Fahrzeug. Funktionalität, Zuverlässigkeit, Lebensdauer, Ladezeit und Reichweite der Batterie sind die Leistungsindikatoren, welche Kaufentscheidungen beeinflussen und somit den Erfolg des Produkts bestimmen. Weiterhin ist die Batterie heute der Kostentreiber für Elektrofahrzeuge.

Dadurch verändert sich grundlegend die Entwicklung neuer Fahrzeuge: Elektroantriebe sind wesentlich einfacher zu konstruieren und zu fertigen als Verbrennungsmotoren.

Mit der Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie wurde ein großer Schritt in der Batterieentwicklung vollzogen, der den Weg für alltagstaugliche, vollelektrische Fahrzeuge deutlich erleichtert. Derzeit haben sich zwei Bauformen von Fahrzeugbatterien durchgesetzt. Zum einen gibt es heute Round Packs in Wickeltechnik und zum anderen großformatige prismatische Packs, die speziell für den automobilen Einsatz entwickelt wurden und bei BMW und VW unter anderem verwendet werden. Darüber hinaus gibt es noch die etwas leichteren Pouch Packs, die kein starres Gehäuse, sondern eine flexible Aluminiumfolienverpackung haben. Diese Technologie wird zum Beispiel im Nissan Leaf eingesetzt. Derzeit verbaute Batterien haben eine Lebensdauer von fünf bis acht Jahren beziehungsweise 100.000 - 160.000 km, wobei eine Weiterverwendung in einem zweiten Lebenszyklus durchaus möglich ist (Quelle: Anton Karle - Elektromobilität, Hander-Verlag).

Bis zum Jahr 2025 wird eine Preisreduktion von Lithium-Ionen-Akkus auf 83 Euro pro Kilowattstunde prognostiziert. Im Jahr 2010 lag der Preis für die Energiespeicher noch bei 1183 Euro pro Kilowattstunde.



Quelle-Daten: Bloomberg New Energy Finance Report, Darstellung: conlenergy

Sehr wahrscheinlich kommen neue Batterietypen mit neuen Technologien auf den Markt, die neben einem ständig weiterentwickelten BMS (Battery Management System) die KPIs von Autobatterien deutlich verbessern werden.

Die Potenziale von anderen Metall-Ionen-Systemen wie Lithium-Ionen-Batterien sowie Metall-Schwefel- und Metall-Luft- bzw. Metall-Sauerstoff-Systemen werden erforscht und industriell zugänglich gemacht. In der Theorie versprechen diese alternativen Batteriesysteme vor allem niedrige Kosten und hohe Energiedichten. Sollten sie sich realisieren lassen, haben sie möglicherweise das Potenzial, mit Lithium-Ionen-Batterien in mobilen und stationären Anwendungen zu konkurrieren. Allerdings zeigen punktuelle Ansätze, insbesondere im Bereich der Metall-Luft- bzw. Metall-Sauerstoff-Systeme, dass noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht.

Prominenteste Vertreter der Metall-Schwefel-Batterien sind die Lithium-Schwefel-Batterien. Von dieser Technologie sind bereits Prototypen gebaut und erfolgreich eingesetzt worden. Marktreife hat aber bislang kein System erlangt. Sollte dies allerdings passieren, ist mit besonders kostengünstigen Batterien zu rechnen. Denn der eingesetzte Schwefel ist nicht nur reichlich vorhanden, er ist auch ein Abfallprodukt, das beispielsweise bei der Entschwefelung von Erdgas und Erdöl anfällt, was für niedrige Preise sorgt.

Ein weiteres Forschungsfeld existiert im Bereich der Metall-Luft- und der Metall-Sauerstoff-Batterien. Die elektrische Energie wird aus der chemischen Reaktion von Metallen mit Sauerstoff freigesetzt. Einer der beiden Reaktionspartner (in diesem Fall der Sauerstoff) wird über eine spezielle Elektrode aus der Umgebungsluft gewonnen und muss nicht in der Batterie vorgehalten werden. Daher lassen sich mit diesen Systemen theoretisch deutlich höhere Energiedichten realisieren als mit gängigen Batterietypen. Die politische Unterstützung wurde somit auf die Entwicklung von Fertigungskapazitäten für Autobatterien ausgedehnt.

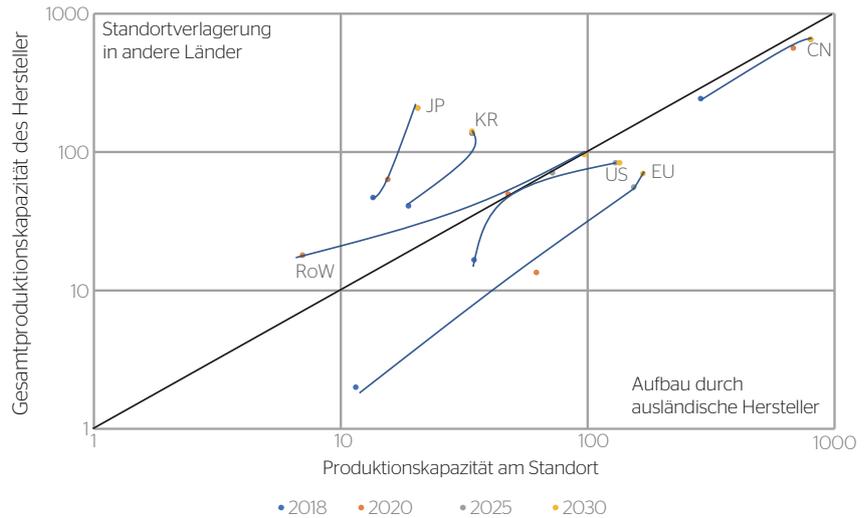
In allen Regionen wird den Festkörperbatterien zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt. Dies ist bezeichnend für das schnelle Innovationstempo im Bereich der Autobatterien. Neben einer optimierten technischen Leistung spielt die Innovation eine zentrale Rolle für die wirtschaftliche Entwicklung (<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>).

Laut aktuellen Prognosen wird davon ausgegangen, dass die Batterieproduktionskapazitäten im Jahr 2030 deutlich über 1 TWh liegen werden.

Der Preisverfall des zentralen Elements Batterie sorgt für immer preiswertere Fahrzeuge mit immer längeren Batterielebenszeiten. Eine Weiternutzung gebrauchter Batterien im stationären Haushaltsbereich sowie als Energiespeicher an Ladestationen oder generell zur dezentralen Energiespeicherung erhöht die Lebenszeit der Batterien und reduziert die Recycling-Problematik.

Diese skizzierten „Use Cases“ zeigen uns nun deutlich auf, dass ein reiner Bezug der Batterie auf die Mobilität wesentlich zu kurz gegriffen ist. Vielmehr rückt die Batterie mehr und mehr ins Zentrum neuer Geschäftsmodelle und unseres Alltags.

LIB Zellproduktion nach Standort der Produktion vs. Sitz des Zellherstellers (GWh, max Ankündigungen)



Quelle: Fraunhofer ISI

Die Welt wird elektrisch - aber nur mit Speichern

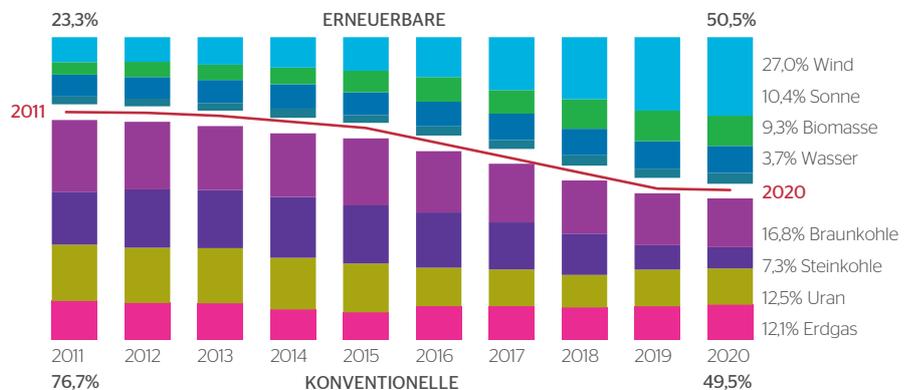
Elektroautos nehmen in Bezug auf den Gesamtstromverbrauch eine immer größere Rolle ein. Mit einem typischen Stromverbrauch von 2000 - 4000 kWh pro Elektroauto im Jahr (entspricht dem Stromverbrauch eines mittelgroßen Haushaltes in Zentraleuropa) werden diese, im Falle einer 50-prozentigen Elektrifizierung des europäischen Pkw-Marktes rund 15 Prozent des Gesamtstrombedarfs ausmachen.

Betrachtet man den Strombedarf eines EVs wird deutlich, dass die globale Energiewende nicht nur für die Nachhaltigkeit der Stromverbraucher, sondern auch für die Nachhaltigkeit der Mobilität von besonderer Bedeutung ist. Der Verzicht auf fossile Energieträger ist eine Grundvoraussetzung für nachhaltige Mobilität. Der ökologische Mehrwert eines Autos ist stark an die Art der Energiequelle, im Falle des EVs an die Stromerzeugung gekoppelt.

Eine der Grundlagen für die global avisierte Energiewende ist das Pariser Klimaabkommen. In diesem Rahmen haben sich 197 Staaten verpflichtet, den

Temperaturanstieg durch den Klimawandel auf deutlich unter zwei Grad Celsius im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist gemäß offizieller Angaben eine Reduktion der Treibhausgasemissionen weltweit bis zu 70 Prozent im Jahr 2050 und bis Ende des Jahrhunderts um 100 Prozent notwendig. Auch wenn dieser Prozess nach wie vor langsam voranschreitet und in manchen

Ländern mehr und in anderen weniger intensiv verfolgt wird, sind bereits zahlreiche Erfolge erkennbar. So lag beispielsweise in Deutschland der Anteil der erneuerbaren Energien an der Nettostromerzeugung, d.h. dem Strommix, der tatsächlich aus der Steckdose kommt, erstmals bei über 50 Prozent im Jahre 2020.



Quelle-Daten: Fraunhofer ISE, Darstellung: strom-report.de

- Ist die Energiewende erfolgreich, beziehen wir unseren Strom nahezu ausschließlich aus regenerativen Quellen wie Wind, Sonne und Biomasse. Doch der Stromsektor sollte, wie bereits beschrieben, im Energiesystem der Zukunft keinesfalls isoliert betrachtet werden. Nur die parallele Dekarbonisierung im Wärme- und Verkehrssektor sowie die Nutzung einhergehender Synergien für die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen in allen drei Sektoren wird das Erreichen der gesteckten Klimaschutzziele ermöglichen. Das Energiesystem der Zukunft verlangt eine umfangreiche Verknüpfung von Strom, Wärme und Mobilität, wobei heute in den Sektoren Wärme und Mobilität überwiegend kohlenstoffhaltige Brennstoffe vermehrt durch elektrische Energie substituiert werden. Erneuerbarer Strom wird so zunehmend zur wichtigsten Energiequelle für den Wärme- und Verkehrssektor werden. Der Klimaschutz und die nachhaltigere Lebensweise des Menschen sind dabei die prägnantesten Aspekte. Die Energiewende im Sinne der Bereitstellung von Elektrizität bringt größere Anforderungen mit sich.

Wesentliche Aspekte sind wie folgt:

- Strom wird zukünftig nicht immer dort produziert, wo er verbraucht wird. Folglich muss Strom teilweise über größere Strecken transportiert werden, um den Verbraucher zu erreichen, wie dies auch bei konventionellen Kraftwerken der Fall ist.
- Die Stromproduktion unterliegt, bedingt durch die Abhängigkeit von der Wetterlage, teilweise großen Schwankungen.
- Die Stromversorgung muss unabhängig von diesen wetterbedingten Schwankungen sichergestellt sein, die bei erneuerbaren Energien entstehen können.
- Die dezentrale Stromerzeugung wird künftig zu einem sogenannten umgekehrten Lastfluss führen, da Haushalte und Gewerbe eigene Energieanlagen besitzen und zu diversen Tageszeiten mitunter mehr Energie erzeugen als sie verbrauchen.

Aus den genannten Herausforderungen können Notwendigkeiten in Bezug auf die Weiterentwicklung des Stromnetzes sowie der Flexibilisierung des Stromverbrauchs abgeleitet werden. Die Anforderungen an die Stromnetze werden weiter steigen, bedingt durch höhere Lastspitzen im Verteilnetz, anspruchsvollere Prognosen der Stromflüsse oder auch das alltägliche Auftreten umgekehrter Lastflüsse. Es gibt eine Reihe technischer Lösungen, um die

wesentlichen Herausforderungen mittels Netzausbau, Netzsteuerung und -monitoring bewerkstelligen zu können. Letztendlich ist auf diese Weise jedoch das Problem der schwankenden Stromverfügbarkeit aus Erneuerbaren Energien nicht vollständig zu lösen. Daher gewinnt die Flexibilisierung des Energiesystems als Alternative zur Netzoptimierung an Bedeutung. Es ist stets zu hinterfragen, wo das ökonomische und ökologische Optimum zwischen der Netzoptimierung und einer Flexibilisierung des Energiesystems liegt.

Zur Flexibilisierung des Energiesystems zählt die Verstärkung des nachfrageseitigen Lastmanagements (Demand-Side-Management) sowie der Einsatz von Speichern. Vor allem Speicher sind dabei umfassend skalierbar und steuerbar. Zudem dienen sie der Entkopplung von der Erzeugung und dem Verbrauch der Elektrizität. Dies ist von besonderer Wichtigkeit, da sich elektrische Energie nur in verhältnismäßig geringen Mengen direkt speichern lässt. Im Sinne der Energiewende besteht häufig der Bedarf einer lokalen, dezentralen Zwischenspeicherung elektrischer Energie, die als solche am Ende des Speicherprozesses wieder verfügbar sein soll. Deshalb muss die Energie in aller Regel mit Verlust in eine andere Energieart umgewandelt und bei Bedarf wiederum und ebenfalls mit Verlust zurückgewandelt werden. Hierfür stehen bereits zahlreiche Technologien zur Verfügung, die jedoch nicht alle den Anforderungen des Energiemarkts gerecht werden. Während mechanische Speicher sehr viel Energie während des Speicherzeitraums verlieren, Wasserspeicher hohe Anforderungen an die Umgebung haben und viel Platz benötigen, sind thermische Speicher derzeit nicht ausreichend entwickelt und häufig unwirtschaftlich. Daher liegt ein hohes Potential in allen chemischen, insbesondere batterieelektrischen Speichern. Ein prominentes Beispiel sind hier Lithium-Ionen-Speicher, die Anwendung in Heimspeichern oder EVs finden, wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben.

Für das Gesamtenergiesystem wird ein Mix aus bereits verfügbaren Technologien aber auch neuen Technologien wie beispielsweise Ultrakondensatoren, Feststoffbatterien oder Redox-Flow-Batterien benötigt werden. Die International Energy Agency (IEA) geht davon aus, dass bis 2040 mindestens eine installierte Kapazität von 10.000 Gigawattstunden benötigt wird, um die weltweiten Klimaziele einzuhalten. Das ist das Fünfzigfache der heute installierten Kapazität.

Die genannten Speichertechnologien werden derzeit überwiegend für die kurz- und mittelfristige Zwischenspeicherung von Energie verwendet. In der Zukunft wird aber auch der Bedarf an langfristigen und saisonalen Speichern wachsen. Aufgrund dessen nimmt die Sektorenkopplung, welche die Kopplung der drei energieintensiven Sektoren Strom, Wärme und Mobilität als Ziel verfolgt, eine immer wichtigere Rolle ein. Durch die Kopplung wird die Nutzung erneuerbarer elektrischer Energie (Sektor Strom) als Grundlage für die Dekarbonisierung der Sektoren Wärme und Mobilität weiter intensiviert und der Stromverbrauch durch regelbare Lasten flexibilisiert. Zudem kann vereinzelt auch Elektrizität aus den Sektoren Wärme und Mobilität zurückgewonnen werden, wenn ein Engpass in der Strombereitstellung besteht. Die für alle beschriebenen Zwecke notwendigen Technologien werden allesamt als Power-to-X-Technologien bezeichnet.

So beschreibt Power-to-Heat beispielsweise die Anwendung einer intelligent gesteuerten Wärmepumpe, die die Wandlung von Elektrizität in Wärme ermöglicht sowie Power-to-Gas, die Wandlung von Elektrizität in gasförmige, langfristig speicherbare Stoffe wie zum Beispiel Wasserstoff. Bei Anwendungen aus dem Bereich Power-to-Mobility stehen wiederum das Laden elektrisch betriebener Fortbewegungsmittel wie etwa EVs oder auch Drohnen im Vordergrund. Diese können über ungenutzte Zeiträume hinweg zunehmend auch entladen werden, so dass sie über eine dynamische und intelligente Ladung nicht nur als variable Last, sondern auch als Zwischenspeicher fungieren. Durch diese sogenannten Vehicle-to-Grid-Technologien wird deutlich, dass die Batterie innerhalb der Sektorenkopplung hohe Potenziale hat.





3

Imagine a battery centric world

Imagine a battery centric world

Batterien und Energiespeicher sind von enormer Bedeutung und ein essentieller Teil der Energie- und Mobilitätswende. Ganz allgemein bilden sie die Brücke zwischen Erzeugung und Verbrauch von Elektrizität und ermöglichen eine zeitliche Unabhängigkeit der beiden Vorgänge. Zum anderen bilden sie die Brücke zwischen der Energiewende und Mobilitätswende, indem sie das batteriebetriebene Elektroauto in der heutigen Form überhaupt erst ermöglichen und zukünftig ins Stromnetz integrieren werden. Die Batteriehersteller und Batteriebetreiber setzen sich daher potenziell an die Spitze des Ökosystems.

Bedenkt man die bereits aufgeführten Entwicklungsmöglichkeiten von Batterien und kombiniert dies mit sich verändernden Lebensumständen und Mobilitätsanforderungen, erscheint das Szenario weniger fremd.

Wie bereits in „Who needs to own a car“ erläutert, ist Mobilität nicht mehr zwangsläufig mit dem Besitz eines Fahrzeugs verbunden. Wenn sich der Mobilitätswang hin zu einem Mobilitätswunsch verändert, unterscheiden sich urbane Regionen von ländlichen Gebieten hinsichtlich Mobilitätsangebot und Mobilitätsbedarfen.

Was aber jeden Menschen in unserer modernen Welt vereint, ist der Bedarf an Energie. Daher liegt nichts näher, als aufgrund dieses elementaren Bedarfes die Batterie ins Zentrum der Mobilität zu stellen. Der Energiespeicher nimmt seinen Weg durch verschiedenartige, jeweils dem Lebensabschnitt angepasste Fahrzeuge gemäß Alter, Platz- und Mobilitätsbedarf, Wohnort etc.. Alternativ wird der Speicher zur stationären Batterie in der eigenen Wohnung oder dem eigenen Haus, wenn der Besitz eines eigenen Fahrzeugs für die individuelle Mobilität nicht notwendig ist.

Ein möglicher Ansatz könnte die virtuelle Lebenszeitbatterie sein. Das heute bereits in Fahrzeugen eingesetzte BMS (Battery Management System) würde in diesem Szenario eine zentrale Rolle spielen. Wenn jede Batterie mit einem Digital Twin versehen wird, können fast beliebig viele Daten zum Status einer Batterie abgegriffen und über die Lebenszeit verfolgt, ausgewertet und verwendet werden. Mit Hilfe von Data Analytics, sowie im weiteren Verlauf durch künstliche Intelligenz (AI), können Ladezeiten und Lebenszeit sowie Ladezustand in Abhängigkeit vom jeweiligen Einsatzzeitpunkt und zur Einsatzart optimiert werden. Die Verfügbarkeit kann durch vorausschauende Wartung wie zum Beispiel Planung von Wartungsintervallen und Schwachstellenanalysen optimiert werden.

Der Begriff Digital Twin wird heutzutage sehr weitgreifend benutzt. Deswegen gehen wir kurz auf die Begriffsbedeutung ein und beschreiben die verschiedenen Spielarten. Der Digital Twin ist ein virtuelles Abbild eines oder mehrerer real existierender Objekte oder Objekte, die in Zukunft real existieren werden. Es gibt drei Hauptzweige:

Product Twin



Produktentwicklung mit einer Produktsimulation unter Nutzung von Daten aus der realen Welt

Production Twin



Optimierung des Produktionsprozesses und Ressourceneinsatzes mit Hilfe eines virtuellen Abbilds der Produktionsstätte

Service Twin



Optimierung der Produktperformance und der Servicequalität durch ein virtuelles Abbild des Produktes

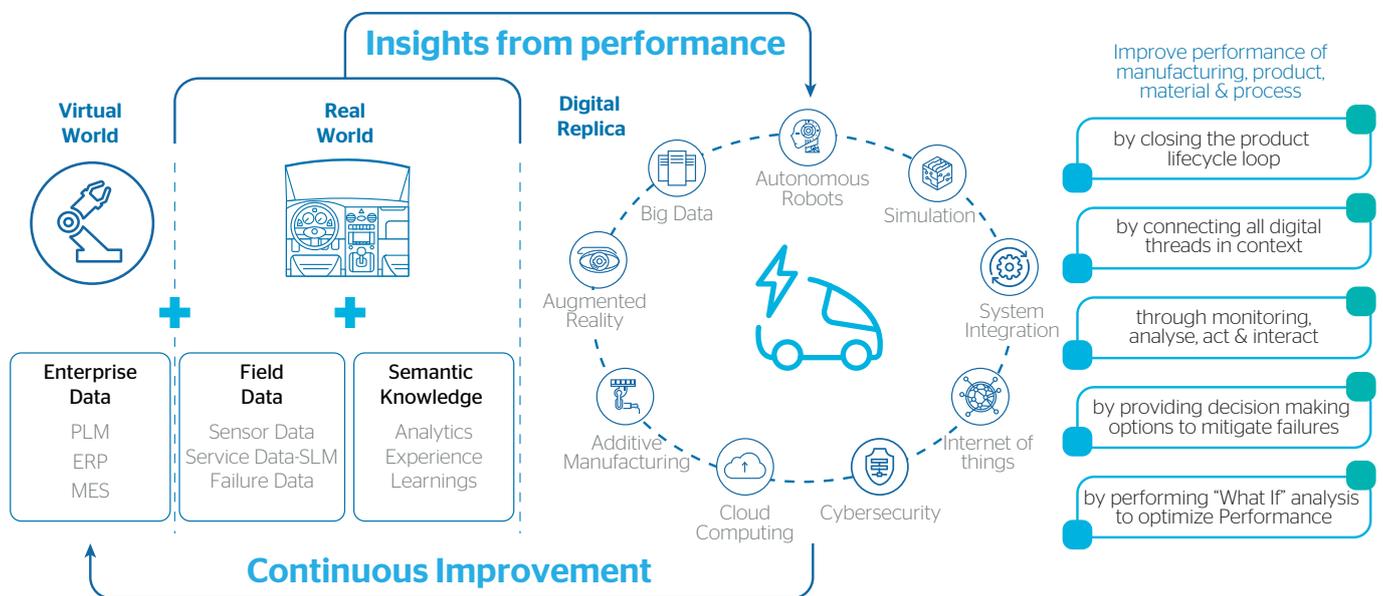
Quelle: Atos - Digital Twin

Für den kompletten Lebenslauf einer Batterie sind alle drei genannten Digital Twin Ansätze relevant. Der Product Twin entsteht in der Entwicklungsphase schon bevor das Produkt in der realen Welt existiert. Erprobungen werden am virtuellen Abbild vorgenommen und erleichtern sowie beschleunigen den Entwicklungszyklus. Der Production Twin ist ein Abbild der Fertigungsstraßen und Abläufe zur Verbesserung der Produktionsabwicklung. Im Service Twin wird das eigentliche Endprodukt, jede einzelne Batterie abgebildet, was uns zur virtuellen Batterie führt.

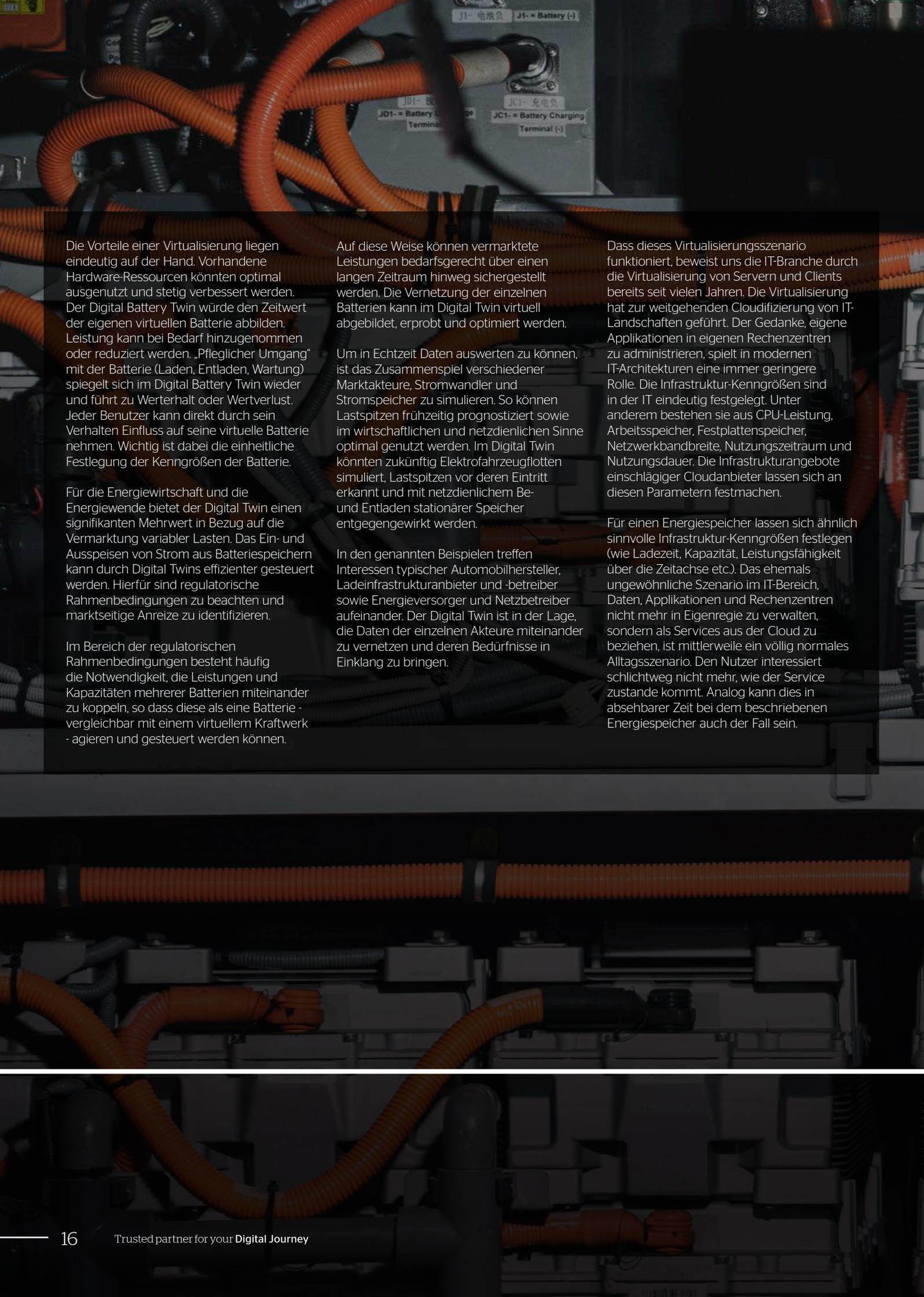
Entscheidend ist, dass das Objekt Batterie mit entsprechenden Sensoren ausgestattet ist, die relevante Statusinformationen abgreifen und an eine zentrale Stelle übermitteln. Auf dieser noch zu definierenden Plattform werden Echtzeitdaten und historische Daten mit weiteren Daten zu Objekt und Umgebung des Objektes angereichert, sodass ein komplettes virtuelles Abbild der Batterie entsteht. Echtzeiten werden direkt in Apps verarbeitet und dienen zur direkten Steuerung aller Ereignisse rund um die Batterie. Daten zur Historie des Objekts werden gesammelt und

können zur Auswertung und zur Erstellung von Prognosen herangezogen werden und sind die Basis für den eigentlichen Digital Twin.

Die Vielzahl der eingehenden Daten jedes einzelnen Batterieobjekts können zusammengeführt und in einem Data Lake analysiert werden. Erkenntnisse können sowohl in den Entwicklungszyklus und dem Produktionsablauf einfließen als auch zur Verbesserung der einzelnen Batterie genutzt werden.



Quelle: Atos - Digital Twin



Die Vorteile einer Virtualisierung liegen eindeutig auf der Hand. Vorhandene Hardware-Ressourcen könnten optimal ausgenutzt und stetig verbessert werden. Der Digital Battery Twin würde den Zeitwert der eigenen virtuellen Batterie abbilden. Leistung kann bei Bedarf hinzugenommen oder reduziert werden. „Pflegerischer Umgang“ mit der Batterie (Laden, Entladen, Wartung) spiegelt sich im Digital Battery Twin wieder und führt zu Werterhalt oder Wertverlust. Jeder Benutzer kann direkt durch sein Verhalten Einfluss auf seine virtuelle Batterie nehmen. Wichtig ist dabei die einheitliche Festlegung der Kenngrößen der Batterie.

Für die Energiewirtschaft und die Energiewende bietet der Digital Twin einen signifikanten Mehrwert in Bezug auf die Vermarktung variabler Lasten. Das Ein- und Ausspeisen von Strom aus Batteriespeichern kann durch Digital Twins effizienter gesteuert werden. Hierfür sind regulatorische Rahmenbedingungen zu beachten und marktseitige Anreize zu identifizieren.

Im Bereich der regulatorischen Rahmenbedingungen besteht häufig die Notwendigkeit, die Leistungen und Kapazitäten mehrerer Batterien miteinander zu koppeln, so dass diese als eine Batterie - vergleichbar mit einem virtuellem Kraftwerk - agieren und gesteuert werden können.

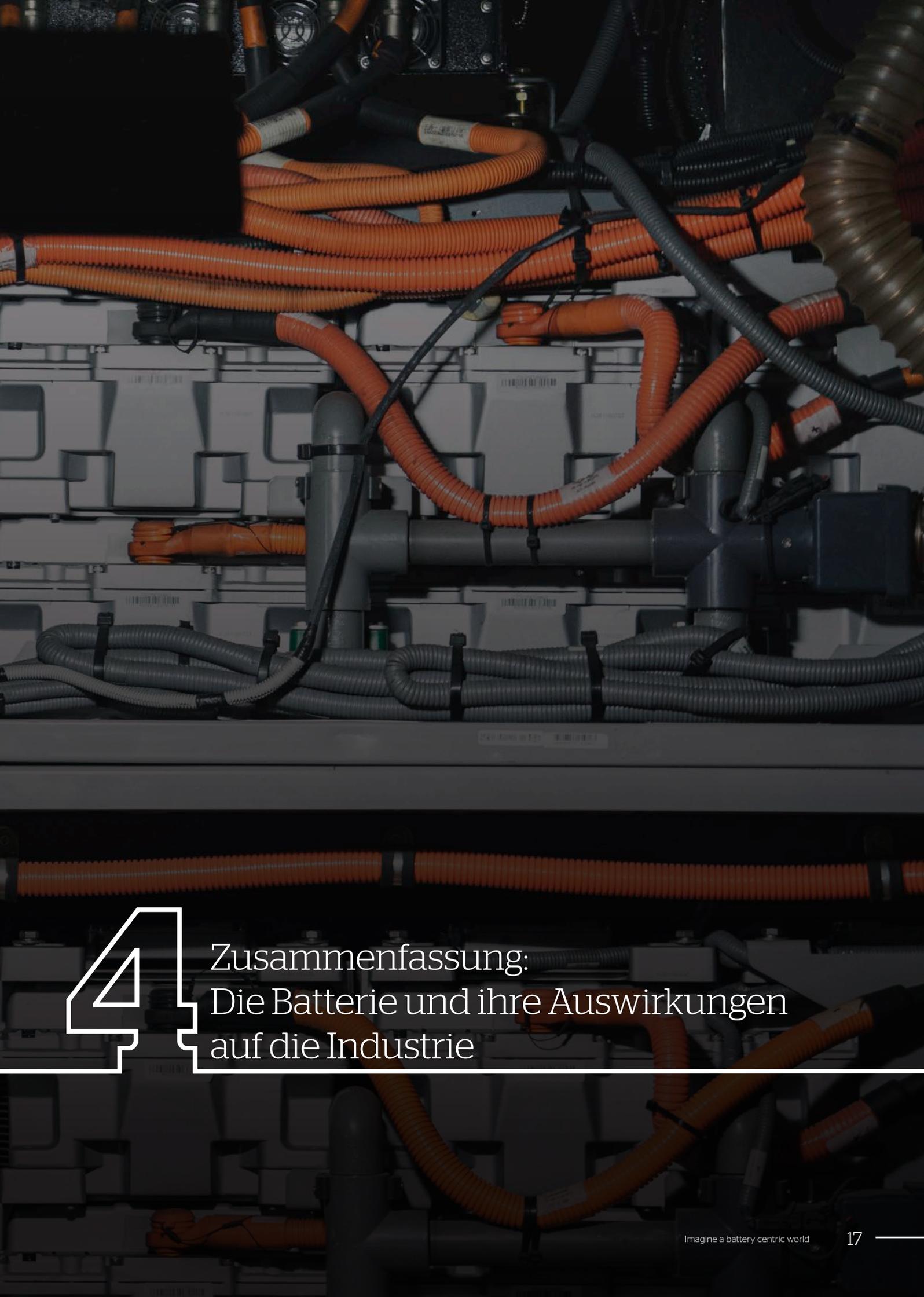
Auf diese Weise können vermarktete Leistungen bedarfsgerecht über einen langen Zeitraum hinweg sichergestellt werden. Die Vernetzung der einzelnen Batterien kann im Digital Twin virtuell abgebildet, erprobt und optimiert werden.

Um in Echtzeit Daten auswerten zu können, ist das Zusammenspiel verschiedener Marktakteure, Stromwandler und Stromspeicher zu simulieren. So können Lastspitzen frühzeitig prognostiziert sowie im wirtschaftlichen und netzdienlichen Sinne optimal genutzt werden. Im Digital Twin könnten zukünftig Elektrofahrzeugflotten simuliert, Lastspitzen vor deren Eintritt erkannt und mit netzdienlichem Be- und Entladen stationärer Speicher entgegengewirkt werden.

In den genannten Beispielen treffen Interessen typischer Automobilhersteller, Ladeinfrastrukturanbieter und -betreiber sowie Energieversorger und Netzbetreiber aufeinander. Der Digital Twin ist in der Lage, die Daten der einzelnen Akteure miteinander zu vernetzen und deren Bedürfnisse in Einklang zu bringen.

Dass dieses Virtualisierungsszenario funktioniert, beweist uns die IT-Branche durch die Virtualisierung von Servern und Clients bereits seit vielen Jahren. Die Virtualisierung hat zur weitgehenden Cloudifizierung von IT-Landschaften geführt. Der Gedanke, eigene Applikationen in eigenen Rechenzentren zu administrieren, spielt in modernen IT-Architekturen eine immer geringere Rolle. Die Infrastruktur-Kenngrößen sind in der IT eindeutig festgelegt. Unter anderem bestehen sie aus CPU-Leistung, Arbeitsspeicher, Festplattenspeicher, Netzwerkbandbreite, Nutzungszeitraum und Nutzungsdauer. Die Infrastrukturangebote einschlägiger Cloudanbieter lassen sich an diesen Parametern festmachen.

Für einen Energiespeicher lassen sich ähnlich sinnvolle Infrastruktur-Kenngrößen festlegen (wie Ladezeit, Kapazität, Leistungsfähigkeit über die Zeitachse etc.). Das ehemals ungewöhnliche Szenario im IT-Bereich, Daten, Applikationen und Rechenzentren nicht mehr in Eigenregie zu verwalten, sondern als Services aus der Cloud zu beziehen, ist mittlerweile ein völlig normales Alltagsszenario. Den Nutzer interessiert schlichtweg nicht mehr, wie der Service zustande kommt. Analog kann dies in absehbarer Zeit bei dem beschriebenen Energiespeicher auch der Fall sein.



4

Zusammenfassung: Die Batterie und ihre Auswirkungen auf die Industrie

Die Batterie und ihre Auswirkungen auf die Industrie

Neben der eigentlichen Batterietechnologie ist die IT-Technologie das Schlüsselszenario, um die aufgezeigten oder vergleichbaren Visionen sukzessive in die Praxis umzusetzen. Entscheidend wird das Ökosystem sein, welches sich hier zusammenfinden wird.

In der Automobilbranche fallen wesentliche Geschäftsgrundlagen weg. Der Bereich Aftersales wird bei EVs massiv reduziert, was auch Zulieferer und Werkstätten treffen wird. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu den hoch effizienten und ausgereiften Motoren ist ebenfalls nicht mehr vorhanden. Die Automobilindustrie dürfte daher ein großes Interesse daran haben, innovative Ideen in der für sie nun entscheidenden Schlüsseltechnologie weiter voranzutreiben. Aufbauend auf dem Wissen und den Erfahrungen, unterschiedliche Zulieferer zu managen und zu einem Top Produkt zusammenzuführen, könnten OEMs ihre Chance suchen.

Vielleicht stellen sich aber auch die Batteriehersteller an die Spitze dieser sich neu-formierenden Ökosysteme. Sie produzieren das Kernstück des neuen Systems und sind häufig finanziell gut ausgestattet.

Aus unternehmenskultureller Sicht sind die sogenannten Hyperscaler wie Google, Apple und Amazon prädestiniert, eine wichtige Rolle im Ökosystem einzunehmen. Sie wissen bereits wie neue Themen marktbeherrschend eingeführt werden und mit einer aggressiven Wachstumsstrategie monopolistische Positionen erreicht werden. Im Bereich autonomes Fahren spielen sie bereits eine signifikante Rolle und nutzen ihre Kompetenzen sowie Erfahrungen im Datenmanagement. Gute Chancen, eine führende Rolle zu übernehmen, bestehen hier auch für Start-up Unternehmen, die ohne Ballast und Interessenskonflikte mit bestehenden Geschäftsmodellen am Markt teilnehmen.

Natürlich kann das Szenario der "Battery-centric world" auch ein Betätigungsfeld für Energieunternehmen sein.

Die Ölindustrie und der verbundene Tankstellenbetrieb verlieren einen wesentlichen Teil der Geschäftsgrundlage. Somit ist ein führender und auch politisch prägender Industriezweig massiv von den Veränderungen betroffen.

Die wesentliche Frage wird sein, ob die derzeitige vorherrschende Kultur adaptiert wird und notwendige Veränderungen konsequent angegangen werden, um Chancen zu ergreifen - auch wenn es bereits bestehende Geschäftsmodelle kannibalisiert. Die Energieversorger wiederum haben viel Erfahrung mit dem Betrieb von kritischen Infrastrukturen und generell m Elektrizitätsmarkt, um auch zukünftig eine tragende Rolle im Ökosystem zu spielen. Es wird unzählige Geschäftsmodelle geben, welche Profitabilität und Nachhaltigkeit verbinden und die weit über den Verkauf von Fahrzeug, Strom und Batterie hinausgehen. Die Zukunft wird zeigen, wer sich entsprechend gut aufgestellt in diesen neuen Marktfeldern positionieren kann.

Key Contacts



Matthias Böhmer

Manufacturing Managing Partner

Atos Information Technology GmbH

Otto-Hahn-Ring 6
81739 München

Tel. +49 211 399 31364

matthias.boehmer@atos.net
www.atos.net



Dr. Roman A. Dudenhausen

Vorstand / ceo

conenergy ag

Norbertstraße 3
D-45131 Essen

Tel. +49 201 1022-220

dudenhausen@conenergy.com
www.conenergy.com



Heiko Schwidrogitz

Geschäftsführer

ENERGY4U GmbH

An Atos Worldgrid Company

Albert Nestler Str 17
76131 Karlsruhe

Tel. +49 721 610 52 100

heiko.schwidrogitz@atos.net
www.energy4u.org



Tim Kimpel

Seniorberater

conenergy

unternehmensberatung gmbh

Norbertstraße 3
D-45131 Essen

Tel. +49 201 1022-346

kimpel@conenergy.com
www.conenergy.com



About Atos

Atos is a global leader in digital transformation with 110,000 employees and annual revenue of € 12 billion. European number one in cybersecurity, cloud and high performance computing, the group provides tailored end-to-end solutions for all industries in 73 countries. A pioneer in decarbonization services and products, Atos is committed to a secure and decarbonized digital for its clients. Atos operates under the brands Atos and Atos|Syntel. Atos is a SE (Societas Europaea), listed on the CAC40 Paris stock index.

The purpose of Atos is to help design the future of the information space. Its expertise and services support the development of knowledge, education and research in a multicultural approach and contribute to the development of scientific and technological excellence. Across the world, the group enables its customers and employees, and members of societies at large to live, work and develop sustainably, in a safe and secure information space.

Find out more about us

atos.net

atos.net/career

Let's start a discussion together



About con|energy

con | energy AG is a leading service company for the energy industry. Founded by today's board members, Dr. Roman Dudenhausen and Dr. Niels Ellwanger, con | energy has won over 500 companies from all areas of the energy industry as customers. The basis of success is the connection between in-depth market and industry knowledge with pragmatic, solution-oriented implementation.

At con|energy we are fully committed to a sustainable energy future. As a group, we support companies in their transformation process with consulting, marketing and information services as well as with efficient IT tools. We are a strong partner in change and develop holistic strategies for the challenges of the energy, heat and mobility transition in an increasingly digital world. Discover in which fields we are at your side as a qualified partner and benefit from the synergies within our group of companies.