

## Auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft?

### Auswirkungen der Elektrifizierung auf die zukünftige Stahlnachfrage

#### Einführung

Seit mehr als 100 Jahren werden Automobile überwiegend durch Verbrennung fossiler Kraftstoffe in einem Verbrennungsmotor angetrieben. Allerdings beschleunigt eine ganze Reihe von Faktoren den schnellen Wechsel zu teilweise oder vollständig elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Für uns bei Tata Steel ist dies der Anfang einer der größten Umbrüche in der Geschichte des Automobils. Der vorliegende Bericht basiert auf einer detaillierten Untersuchung der Elektrifizierung des Straßenverkehrs und entwickelt eine Roadmap, wie diese voraussichtlich erreicht werden kann. Von dieser Roadmap werden dann Aussagen auf die zukünftige Stahlnachfrage in der Automobilindustrie abgeleitet.

Die Umweltgesetzgebung ist dabei einer der treibenden Faktoren für den Wandel in der Automobilindustrie hin zu alternativen Antriebssystemen. Die Verbrennung fossiler Kraftstoffe hat sich in vielen Bereichen als schädlich erwiesen, angefangen von der globalen Erderwärmung bis hin zur Luftverschmutzung und den daraus resultierenden Todesfällen auf Grund von Atemwegserkrankungen.

Das wichtigste europäische Umweltziel bezieht sich auf CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Autoabgasanlagen. Die EU hat eine Reihe von CO<sub>2</sub>-Zielwerten für alle neu zugelassenen Pkw definiert. Das Ziel für 2015 war 130 g CO<sub>2</sub> pro zurückgelegtem Kilometer. Für jeden Autohersteller wird der Emissionsdurchschnitt aller seiner in der EU neu zugelassenen Fahrzeuge pro Kalenderjahr ermittelt und für jedes Gramm CO<sub>2</sub> oberhalb des erlaubten Grenzwerts werden Strafzahlungen fällig. Im Jahr 2021 wird das CO<sub>2</sub>-Ziel auf 95 g pro Kilometer gesenkt werden. Automobilhersteller arbeiten deshalb aktuell an Modellen, die entweder gar keine oder deutlich reduzierte Emissionen ausstoßen. Eine Möglichkeit hierbei ist, die Motoren durch elektrische Energie anzutreiben. Mit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs müssen keine oder deutlich weniger fossile Kraftstoffe verbrannt werden – der Antriebsstrang wird sozusagen „dekarbonisiert“.

In jüngster Zeit treiben auch andere Faktoren den Vormarsch der Elektrifizierung an. Die „Dieselgate“-Krise hat beispielsweise Medien und Öffentlichkeit verdeutlicht, dass die aktuellen Testverfahren der Umweltgesetzgebung nicht repräsentativ für das tatsächliche Fahrverhalten auf der Straße sind. In den Fokus rückte außerdem die Tatsache, dass sich neben CO<sub>2</sub> auch andere Substanzen wie Stickoxide schädlich auf die Luftqualität und Gesundheit auswirken. Daher überlegen viele Kommunen, den Verkehr von Dieselfahrzeugen in ihren Stadtzentren zu reglementieren und Fahrverbote auszusprechen.

Außerdem steht aktuell die Entwicklung vernetzter und automatisierter Fahrzeuge im Fokus der Aufmerksamkeit. Es wird davon ausgegangen,

dass die Zukunft dieser Fahrzeuge in ihrer Elektrifizierung und in der Verbindung mit sogenannten „Smart Cities“ liegt. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Entwicklung dieser innovativen Fahrzeuge die automobilen Elektrifizierung ebenfalls beschleunigen wird.

Ein letzter, zunächst nicht so offensichtlicher Faktor sind die neuen Protagonisten, die den Automobilmarkt aufmischen. So hat Tesla verglichen mit seiner bis heute recht geringen Gesamtproduktion ein überproportional großes Medieninteresse erhalten. Dennoch hat Tesla geholfen, den Weg für die großen Automobilhersteller zu ebnen. Auch andere Unternehmen wie Google, Apple und Faraday Future sind jetzt in der Automobilindustrie aktiv – die etablierten Hersteller müssen also reagieren.

#### Reaktion der Automobilhersteller

Laut der Europäischen Umweltagentur lag die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emission der EU-Neuwagenflotte im Jahr 2010 bei 140 g CO<sub>2</sub>/km. Für 2015 wurde ein Wert von 119 g CO<sub>2</sub>/km ermittelt, der damit deutlich unter dem vorgeschriebenen Grenzwert von 130 g CO<sub>2</sub>/km lag (obwohl der tatsächliche Zielwert noch um einen Gewichtszunahmefaktor korrigiert wird). Offenbar haben alle Hersteller den Zielwert bequem erreicht. Es stellt sich die Frage, wie haben sie das geschafft? Die einfache Antwort lautet: durch Verbesserungen am herkömmlichen Verbrennungsmotor. Innerhalb dieser fünf Jahre konnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowohl bei Otto-, als auch bei Dieselmotoren um 15 % verringert werden (gemäß verwendetem Testzyklus). Es gab also für die Erreichung dieses ersten Zielwerts keinen signifikanten Wechsel hin zu elektrischen Antrieben. Fahrzeuge mit elektrifizierten Antrieben, darunter Hybride (Voll- und Plug-in-Hybride), Brennstoffzellen und solche mit voll-elektrischem Antrieb (Verbrennungsmotoren mit alternativen Brennstoffen werden ausgeklammert), machten im Jahr 2010 weniger als 0,5 % aller EU-Neuzulassungen aus. Und auch bis 2015 steigerte sich dieser Wert auf nur 1-2 % – zwar ein deutlicher Anstieg, aber in realen Zahlen dennoch ein extrem geringer Anteil am Gesamtmarkt.

Ein positiver, aber verhältnismäßig kleiner Beitrag zu den Emissionsverbesserungen kann dabei auch dem Leichtbau zugeschrieben werden. Allerdings ist das tatsächliche Durchschnittsgewicht der in der EU neu zugelassenen Fahrzeuge im Zeitraum 2010 bis 2015 sogar gestiegen (um rund 1 %). Dafür gibt es verschiedene Gründe, so werden z. B. Fahrzeuge von Generation zu Generation immer größer sowohl in ihrer Grundfläche als auch im Volumen. Ebenso verändert sich der Fahrzeugmix und es werden mehr SUVs als klassische Familienlimousinen nachgefragt. Autos beherbergen außerdem heute immer mehr Sicherheitstechnik, In-Car-Entertainment, vernetzte Geräte und vieles mehr. Also hat Leichtbau dabei geholfen, den durchschnittlichen Gewichtsanstieg

abzufangen. Vieles geht dabei auf das Konto fortschrittlicher Stahlsorten, da während dieses Zeitraums kein nennenswerter Wechsel hin zu alternativen Werkstoffen verzeichnet werden konnte.

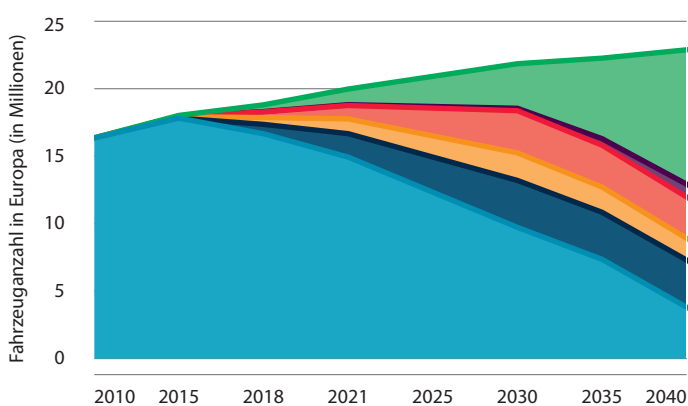
## Wie werden Automobilhersteller wohl in Zukunft reagieren?

Auf dem Weg vom Verbrennungsmotor hin zur vollständigen Elektrifizierung gibt es viele Möglichkeiten, doch die derzeit diskutierten Wege unterscheiden sich sehr stark voneinander, sodass es schwierig ist, sie einheitlich zu betrachten. Deshalb hat Tata Steel eine Antriebssystem-Roadmap entwickelt, die auf den technischen Anforderungen der einzelnen Hersteller basiert, damit diese ihre zukünftigen gesetzlichen Vorgaben einhalten können.

Dieser „Bottom Up“-Ansatz nimmt zunächst für jeden Hersteller einen bestimmten Antriebsmix an, mit dem dieser voraussichtlich die gesetzlichen Vorgaben erfüllen könnte (z. B. 95 g CO<sub>2</sub>/km im Jahr 2021). Die Annahmen beruhen auf den aktuellen oder für die nahe Zukunft angekündigten Antrieben der jeweiligen OEMs. Als nächstes braucht es Aussagen zu den zukünftigen gesetzlichen Vorgaben. Da die EU über das Jahr 2021 hinaus noch keine CO<sub>2</sub>-Zielwerte definiert hat, mussten auch hier Annahmen auf Basis von Aussagen des Europaparlaments und Zusagen auf Regierungsebene getroffen werden. Für die Roadmap wurde davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2030 der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von neuzugelassenen Pkw in der EU auf 70 g CO<sub>2</sub>/km – und bis 2050 auf null Emissionen reduziert werden soll.

Als nächstes brauchte es Einschätzungen zu den zukünftigen Fahrzeugverkaufszahlen. Bis 2023 gibt es detaillierte Absatzprognosen, darüber hinaus sind jedoch nur sehr wenige Referenzdaten verfügbar. Für die Roadmap wurde geschätzt, dass die jährliche Wachstumsrate innerhalb der EU (Compound Annual Growth Rate – CAGR) von 2015 bis 2021 1,7 % betragen wird (im Vergleich: CAGR 2010-2015: 1,9 %). Eine Prognose über 2021 hinaus bis zum Jahr 2050 ist dagegen eine echte Herausforderung. Es existieren sehr viele Untersuchungen über den potenziellen Einfluss von Megastädten auf die Fahrzeugproduktion. Einige gehen davon aus, dass vermehrtes Carsharing zu weniger privaten Pkw führen wird, während andere annehmen, dass die Fahrzeuganzahl parallel zum Bevölkerungswachstum (durch natürliches Wachstum oder Migration) weiter steigen wird. Für die Roadmap wurde daher von einer ausgewogenen und eher konservativen Wachstumsprognose für die zukünftige Fahrzeugproduktion ausgegangen (CAGR 0,9 % für 2021-2030 und 0,5 % für den Zeitraum 2030-2050).

**Grafik 1: Kombinierte Antriebssystem-Roadmap für Europa**



### Legende

■ Verbrennungsmotor   
 ■ 48 V   
 ■ Hybrid   
 ■ Plug-in-Hybrid   
 ■ Brennstoffzellen   
 ■ Elektrofahrzeug

## Basis-Roadmap

In Grafik 1 sind die angenommenen Antriebslösungen der einzelnen Automobilhersteller für die oben beschriebenen Annahmen zu zukünftigen Umweltvorgaben und Fahrzeugzahlen zusammengefasst dargestellt. Dabei zeigt sich:

**2015:** Der Anteil vollständig oder teilweise elektrisch angetriebener Fahrzeuge beträgt 1-2 % der Neufahrzeugverkäufe in Europa. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Plug-in-Hybridfahrzeugen, während der Anteil an Elektrofahrzeugen noch sehr begrenzt ist, jedoch steigt.

**2021:** Dies ist das erste Jahr, in dem der vorgeschriebene Zielwert von 95 g CO<sub>2</sub>/km eingehalten werden muss. Um dies zu erreichen, wurde für die Roadmap geschätzt, dass der Anteil elektrifizierter Fahrzeuge an Neufahrzeugverkäufen mindestens 15 % betragen muss (ohne 48-V-Lösungen), wovon rund 11 % auf Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride (sowie einige wenige Brennstoffzellenfahrzeuge) entfallen. Der Schwerpunkt wird vermutlich auf Elektrofahrzeugen liegen (in einem Verhältnis von 60:40 im Vergleich zu 50:50 in 2016).

**2030:** Basierend auf der Annahme, dass die EU die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 70 g CO<sub>2</sub>/km reduzieren wird, muss der Anteil an elektrifizierten Fahrzeugen auf 40 % steigen, wovon die Hälfte Fahrzeuge ohne Abgasemissionen (also Brennstoffzellen- und Elektrofahrzeuge) sein müssten. Der Einsatz von Plug-in-Hybriden würde mit entsprechend ausgebauter Infrastruktur auf rund 15 % steigen, was den Absatz von Elektrofahrzeugen auf etwa 15 % „drosseln“ würde.

**2030-2050:** Es wird davon ausgegangen, dass Europa im Jahr 2050 auf eine vollständige Dekarbonisierung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen setzt und neuzugelassene Fahrzeuge keine fossilen Kraftstoffe mehr verbrennen. Dazu werden neben einigen Brennstoffzellenfahrzeugen hauptsächlich Elektrofahrzeuge verkauft werden. Das setzt voraus, dass sich die bisherigen Erfolge bei technologischer Weiterentwicklung und Kostenreduzierung ohne größere politische oder wirtschaftliche Störungen weiter fortsetzen lassen. Außerdem muss die Infrastruktur entsprechend weiter ausgebaut werden.

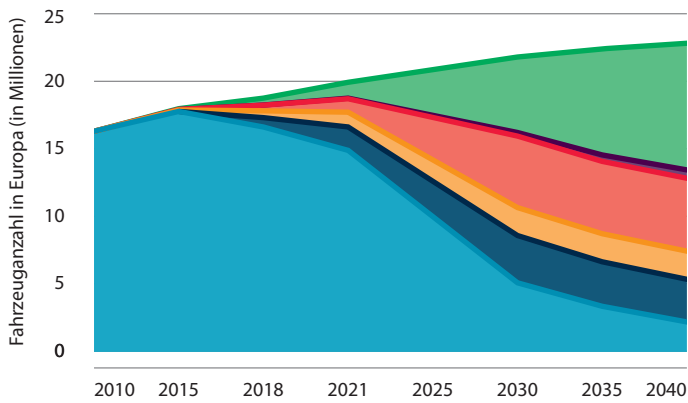
## Aussagekraft der Roadmap

Die von Tata Steel entwickelte Roadmap basiert auf zu erwartenden zukünftigen Gesetzgebungen. Jede Änderung der zugrunde gelegten Annahmen über das Jahr 2021 hinaus verändert auch die Roadmap. Um ihre Aussagekraft auch auf mögliche Änderungen im Zeitplan oder den CO<sub>2</sub>-Zielwerten zu erweitern, wurden zwei weitere Szenarien entwickelt:

### Alternativszenario 1: verschärfte Abgasvorgaben

Für das erste Alternativszenario wird angenommen, dass der CO<sub>2</sub>-Zielwert für das Jahr 2030 strenger ist als bei der Basis-Roadmap, bei unverändertem Ziel der komplett dekarbonisierten Antriebe bis 2050. Dazu wurde der CO<sub>2</sub>-Zielwert für 2030 von 70 g CO<sub>2</sub>/km auf 50 g CO<sub>2</sub>/km gesenkt. Dies beruht auf der Annahme, dass einige Probleme entweder gelöst wurden oder im Vergleich zur heutigen Situation deutlich verbessert werden konnten – beispielsweise im Bereich der Infrastruktur (z. B. Ladestationen, Ladegeschwindigkeit), Besteuerung (Alternative zur karbonbasierten Besteuerung), Kundeneinstellung, Kosten, Recycling/Wiederverwendung und Ende des Produktlebenszyklus. Die Auswirkungen der verschärfte Abgasvorgaben auf die Antriebstechnologien ist in Grafik 2 abgebildet.

**Grafik 2: Roadmap für höhere Emissionsziele in Europa**



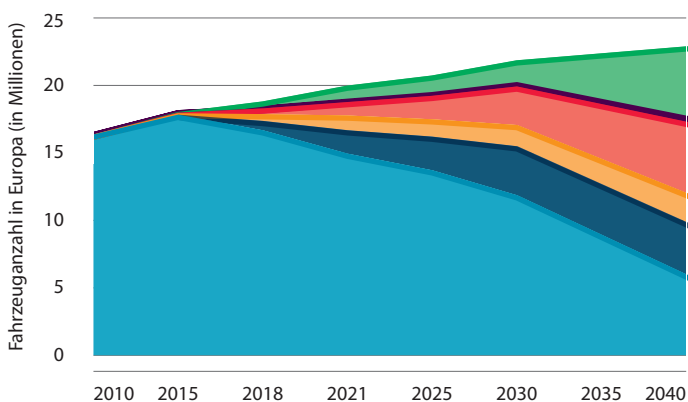
**Legende**

- Verbrennungsmotor
- 48 V
- Hybrid
- Plug-in-Hybrid
- Brennstoffzellen
- Elektrofahrzeug

**Alternativszenario 2: verzögerter Zeitplan**

Im zweiten Alternativszenario wird davon ausgegangen, dass sich die höheren CO<sub>2</sub>-Zielwerte über das Jahr 2021 hinaus zeitlich verzögern. Es spiegelt damit die tatsächlichen Herausforderungen wider, den Grenzwert für 2015 festzulegen. Da die Automobilindustrie in vielen europäischen Ländern eine wichtige Rolle spielt und viele Einnahmen von ihr abhängen, könnte es gut sein, dass die Festlegung des nächsten CO<sub>2</sub>-Zielwerts einige Zeit dauern wird. Die hohen Investitionen, die für den Ausbau der Infrastruktur für Elektrofahrzeuge nötig sind, und der potenzielle Einfluss einer Alternative zur karbonbasierter Besteuerung könnten dazu führen, dass zukünftige Zielwerte abgeschwächt oder verspätet umgesetzt werden. Dieses Alternativszenario geht deshalb davon aus, dass der CO<sub>2</sub>-Zielwert für das Jahr 2030 80 g CO<sub>2</sub>/km betragen und sich bis 2050 auf 20 g CO<sub>2</sub>/km verschärfen wird. Die Auswirkungen des verspäteten Zeitplans auf die Antriebstechnologien sind in Grafik 3 abgebildet.

**Grafik 3: Roadmap für verzögerte Umweltgesetzgebung in Europa**



**Legende**

- Verbrennungsmotor
- 48 V
- Hybrid
- Plug-in-Hybrid
- Brennstoffzellen
- Elektrofahrzeug

**Welche Rolle spielt Stahl bei der Elektrifizierung des Straßenverkehrs?**

Im Folgenden soll die Rolle von Stahl in zweifacher Hinsicht betrachtet werden: zunächst sein Einsatz in der Fahrzeugstruktur und anschließend als Bestandteil des elektrischen Antriebs. Die Fahrzeugstruktur umfasst dabei die Karosserie samt Anbauteilen wie Türen, Hauben etc., Rädern, Fahrwerk und Innenraumstrukturen wie Sitze.

Wirft man einen Blick auf die im Markt befindlichen elektrifizierten Fahrzeuge, könnte man meinen, es gibt keine direkte Verbindung zwischen Antriebsart und Materialwahl. Vor etwa zehn Jahren wurde in einigen Bereichen davon ausgegangen, dass man wegen der teuren und sehr schweren Batteriepakete die Fahrzeugstruktur von Elektrofahrzeugen aus weniger dichten Materialien wie Aluminium, Kohlefaser oder Magnesium herstellen müsste. Im Großen und Ganzen ist dies jedoch nicht passiert. Viele der komplett oder teilweise elektrifizierten Systeme wie Hybride, Brennstoffzellen oder vollelektrische Antriebe, die heute auf der Straße sind, wurden in herkömmliche, größtenteils stahlintensive Fahrzeugstrukturen verbaut. Das liegt auch an der schnellen Entwicklung der Batterietechnologie und dem Leichtbau, der durch die Entwicklung neuer und fortschrittlicher Stahlsorten möglich wurde. Der Hauptgrund sind jedoch die Kosten beziehungsweise die Erschwinglichkeit.

Automobilhersteller mussten sich damit abfinden, dass der durchschnittliche Autokäufer im Volumenmarkt keinen Aufpreis für sein Fahrzeug bezahlen möchte. Die sogenannten Early Adopters, die bereits heute in Elektro- oder sogar Plug-in-Hybridfahrzeugen unterwegs sind, haben diesen Aufpreis bezahlt und das trotz der vielen verfügbaren Fördermittel. Early Adopters zahlen in der Regel für das Privileg, zu den ersten zu gehören, die eine neue Technik nutzen. Wird diese Technologie allerdings zum Mainstream, ist das bei den meisten Nutzern nicht mehr der Fall. Außerdem ist es sehr wahrscheinlich, dass sobald die Verkäufe eine kritische Grenze erreichen, die bisherigen Fördermittel zu kostenintensiv werden, um sie fortzuführen. Der durchschnittliche Verbraucher will auch dann nicht mehr zahlen als heute.

Darüber hinaus bleiben einige Herausforderungen elektrifizierter Fahrzeuge bestehen: Die Batterien sind weiterhin teuer, sperrig und schwer, sie haben eine begrenzte Reichweite mit relativ langen Ladezeiten sowie eine schwierige Wiederverwendbarkeit. Leichtbau kann einige dieser Aspekte kompensieren, allerdings längst nicht alle. Daher ist es deutlich sinnvoller für die Hersteller, in verbesserte Batterietechnik zu investieren als ein paar Kilogramm Fahrzeuggewicht durch den Einsatz von alternativen Werkstoffen einzusparen.

Einige Automobilhersteller verwenden für die Fahrzeugstrukturen ihrer elektrifizierten Modelle andere Werkstoffe als Stahl. Die viel beachteten Elektrofahrzeuge von Tesla bestehen aktuell aus einer Mischung aus Aluminium, Titan und Stahl. Jedoch wird das neue Model 3 von Tesla, das in relativ großer Stückzahl gefertigt wird, aus Stahl hergestellt. Die Gründe dafür sind die geringeren Kosten, eine verbesserte Qualität, kürzere Fertigungszeiten und niedrigere Versicherungsprämien für die Verbraucher.

Obwohl die Automobilhersteller unterschiedliche Materialstrategien verfolgen, gehen sie alle davon aus, dass mit der Dominanz der Verbrennungsmotoren – egal ob eigenständig oder Teil eines Hybridantriebs – das Thema Leichtbau einen hohen Stellenwert einnehmen wird. Leichtere Fahrzeuge können von kleineren und effizienteren Motoren angetrieben werden oder bei Hybridsystemen die Reichweite des Elektromotors verlängern.

Die von Tata Steel entwickelte Roadmap berücksichtigt, welche Werkstoffe und Technologien notwendig sind, um die zukünftigen Leichtbauziele zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass neue Fahrzeugarchitekturen um die jeweiligen Antriebsysteme herum entwickelt werden, um die Effizienz der elektrifizierten Fahrzeuge der Zukunft zu steigern. Diese sind immer noch zentralen Design-Parametern unterworfen, wie externe Bauraumbeschränkungen, Sicherheitsbestimmungen sowie Platzangebot für Insassen und Gepäck. Dennoch bleibt die Wirtschaftlichkeit ein wesentlicher Faktor: Alternative Antriebssysteme sind kostenintensiv und das Fahrzeug muss dennoch erschwinglich bleiben. In diesem Spannungsfeld ist Stahl mit seinen

kostengünstigen Leichtbaueigenschaften der ideale Werkstoff. Daher ist Tata Steel der festen Überzeugung, dass Stahl in dieser Übergangszeit das Material der Wahl bleiben wird.

## Welchen Stellenwert wird der Leichtbau in fernerer Zukunft einnehmen?

Heute ist es ganz offensichtlich, dass bei batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen das Fahrzeuggewicht gesenkt werden muss. Denn Autofahrer sind von ihren konventionellen benzin- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen Reichweiten von mehreren hundert Kilometern gewohnt. Bislang benötigte ein Elektrofahrzeug für eine solche Reichweite ein sehr großes, kostenintensives und schweres Batteriepaket, das wiederum sekundäre Masseneffekte wie größere Bremsen notwendig macht. Eine leichtere Fahrzeugstruktur hilft, diese Gewichtsspirale einzudämmen und so die Reichweite zu erhöhen. Aber was passiert, wenn eine deutlich verbesserte Ladeinfrastruktur große Reichweiten überflüssig macht?

Stellen Sie sich zum Beispiel vor, Ihr zukünftiges Elektrofahrzeug wurde über Nacht an der Schnelladestation bei Ihnen Zuhause aufgeladen. Auf dem Weg zur Arbeit wird Ihr Fahrzeug induktiv über das Straßensystem geladen und auf dem Parkplatz Ihrer Arbeitsstelle schließen Sie es wieder an eine Ladestation an. Entsprechend wäre Ihr Fahrzeug also immer voll aufgeladen. Warum müsste Ihr Auto dann eine Reichweite von 500 Kilometer haben? Warum brauchen Sie dann ein schweres und teures Batteriepaket? Wird dann die Notwendigkeit für Leichtbau noch so hoch sein wie heute? Wir nähern uns dieser Zukunft schnell und sie bringt viele Möglichkeiten mit sich.

Das gerade beschriebene Szenario könnte einen großen Einfluss auf die Werkstoffwahl der Zukunft haben. Allerdings ist ein weiterer Einflussfaktor absehbar, der die zukünftige Auswahl der Werkstoffe stärker beeinflussen könnte. Dabei handelt es sich um das Thema Nachhaltigkeit. Heutige Fahrzeuge werden nach ihren Abgasemissionen beurteilt. Es gibt allerdings viele Experten, die argumentieren, dass für einen nachhaltigen Transportsektor die alleinige Messung der Emissionen am Auspuff nicht ausreichend ist.

Am umfassendsten lässt sich die Nachhaltigkeit mithilfe der Lebenszyklusbewertungsmethode (Life-Cycle-Assessment – LCA) beurteilen. Diese betrachtet die ganzheitliche Ökobilanz eines Fahrzeugs über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg: angefangen bei der Fahrzeugherstellung einschließlich der dafür notwendigen Rohmaterialproduktion über den Einfluss von Kraftstoff- oder Energieproduktion und Fahrzeugnutzung bis hin zur Recyclingfähigkeit am Lebensende des Fahrzeugs.

Für die Herstellung von Elektrofahrzeugen wird üblicherweise mehr Energie benötigt als für konventionell betriebene Fahrzeuge. Vor allem die Fertigung der Batteriepakete ist sehr energieintensiv und die elektrischen Systeme benötigen große Mengen Seltener-Erden-Metalle. Die verschiedenen Werkstoffe in der Fahrzeugproduktion unterscheiden sich in ihrer Umweltbelastung. Vergleicht man die Treibhausgase für ein funktional äquivalentes Automobilbauteil, zeigt sich, dass in der Rohstoffgewinnung von Aluminium viermal mehr und bei carbonfaserverstärktem Kunststoff sechsmal mehr Treibhausgase erzeugt werden als bei fortschrittlichen, hochfesten Stählen. Dies verdeutlicht, dass Werkstoffherstellung und -verarbeitung eine wichtige Rolle bei der ganzheitlichen Ökobilanz eines Fahrzeugs spielen.

Altfahrzeuge machen jährlich viele Millionen Tonnen Abfall aus. Bestehende EU-Gesetzgebung, darunter die EU-Altfahrzeugrichtlinie, zielt darauf ab, Abfall zu reduzieren und die Recyclingquote von Altfahrzeugen zu erhöhen. Bei Elektrofahrzeugen stellen die großen

Batterien und zusätzlichen elektrischen Komponenten, wie der Elektromotor und seine Magnete, große Herausforderungen an die nachhaltige Entsorgung oder Wiederverwendung. Auch hier unterscheiden sich die verschiedenen Werkstoffe in der Fahrzeugproduktion in ihrer Recyclingfähigkeit am Ende des Produktlebenszyklus. Stahl hat hier deutliche Vorteile gegenüber anderen Werkstoffen – es lässt sich leicht separieren und demontieren, ist unendlich recycelbar und lässt sich auch „upcyclen“, also in höherwertige Produkte verwandeln. Werkstoffe wie carbonfaserverstärkter Kunststoff verhalten sich dagegen am Ende des Produktlebenszyklus deutlich ungünstiger, da sie sich nur schwer trennen lassen, nicht recycelt werden können und als Abfall entsorgt werden müssen.

Als Vorbereitung für die Zukunft arbeiten unsere Kunden bereits heute an ihren Umweltmodellen. Sie fangen an, die Vorteile von alternativen Materialien mit geringer Dichte mit den dazugehörigen Nachteilen in Bezug zu setzen: So stehen dem höheren Leichtbaupotenzial zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Fahrzeugbetrieb auf der einen Seite der hohe Treibhausausstoß in der Werkstoffherstellung und die schlechte Recyclingfähigkeit auf der anderen Seite gegenüber. In dieser ganzheitlichen Betrachtung bestätigen sie, dass Stahl über den gesamten Lebenszyklus hinweg überzeugende Eigenschaften aufweist.

Für die Bewertung der zukünftigen Stahlmarktgröße am Ende dieses Berichts wurden konservative Annahmen für den Stahlanteil in zukünftigen Fahrzeugen zugrunde gelegt. Es wurde angenommen, dass mittelfristig der Stahlanteil an der Fahrzeugstruktur abnehmen wird. Die Gründe dafür sind einerseits die verstärkte Nutzung von fortschrittlichen, hochfesten Stählen für den Leichtbau und andererseits ein teilweiser Wechsel hin zu alternativen Werkstoffen. Langfristig gesehen wird jedoch davon ausgegangen, dass der Stahlanteil aufgrund seiner ganzheitlichen Ökobilanzvorteile und einer geringeren Notwendigkeit für Leichtbau aufgrund verbesserter Ladeinfrastruktur konstant bleibt oder leicht ansteigen wird.

## Stahlnachfrage im elektrischen Antriebssystem

Jedes elektrifizierte Fahrzeug benötigt einen oder mehrere Elektromotoren entweder als primären oder sekundären Antrieb seiner Räder. Elektroband ist einer der entscheidenden Werkstoffe bei der Herstellung von Elektromotoren und mithilfe spezifisch angepasster Elektrobandstähle lässt sich die Leistungsfähigkeit dieser Motoren beeinflussen. Dies wird für die Automobilhersteller extrem wichtig, wenn sie sich im Antriebssystem von ihren Wettbewerbern abheben wollen. Leistungsstärkeres Elektroband kann die Effizienz des Motors verbessern und so die Reichweite oder die Dynamik des Fahrzeugs erhöhen. Bei gleichbleibender Reichweite können diese Effizienzsteigerungen dutzende Kilogramm Gewicht beim Batteriepaket einsparen und so Fahrzeuggewicht und Systemkosten senken.

Aktuell arbeiten verschiedene Ingenieure mit Tata Steel zusammen, um mithilfe unserer fortschrittlichen Elektrobandstähle die Motorleistungsfähigkeit zu steigern. Für die Bewertung der zukünftigen Stahlmarktgröße wird daher auch ein Wechsel in den Qualitäten der Elektrobandstähle in Elektromotoren berücksichtigt.

Der zweite wichtige Bestandteil elektrifizierter Antriebe liegt in der Energiespeicherung. Seit 2010 haben Hersteller für fast alle elektrifizierten Fahrzeuge auf Lithium-Ionen-Batterien gesetzt, mit Ausnahme von Toyota (die voraussichtlich ebenfalls diese Technologie ihrer bisherigen Nickel-Metallhydrid-Lösung vorziehen werden). Lithium-Ionen-Batterien werden aktuell in drei verschiedenen Bauformen hergestellt: zylindrisch, prismatisch und Pouch-Zellen. Stahl kommt vor allem bei den zylindrischen Zellen zum Einsatz. Während sich prismatische und Pouch-Zellen in der Regel in eisenfreien Gehäusen befinden, werden zylindrische Zellen in einem

nickelbeschichteten Gehäuse verbaut. Die zylindrische Zellenform wird von vielen Automobilherstellern bevorzugt und bleibt in näherer Zukunft vermutlich auch die verbreitetste Bauform. Denn sie ist eine der kostengünstigsten Formen der Energiespeicherung, sehr zuverlässig, relativ einfach herzustellen und zeichnet sich durch eine gute mechanische Stabilität aus. Stahl spielt daher auch bei der Gestaltung der Batteriezellen eine wichtige Rolle, vor allem bei Kosteneffizienz und Nachhaltigkeit.

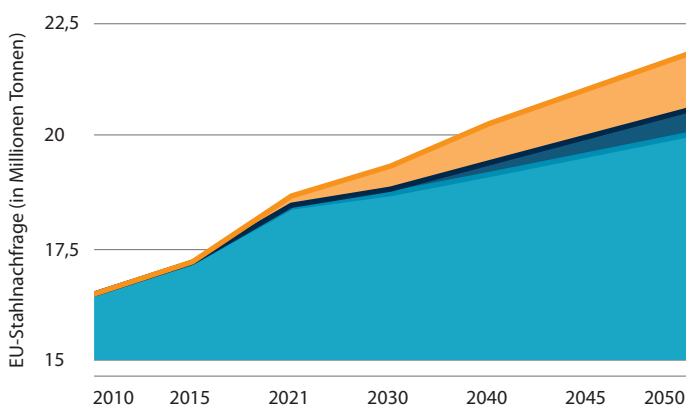
Bis jetzt werden die meisten der in den europäischen elektrifizierten Fahrzeugen verwendeten Batterien aus Asien importiert. Mit steigender Nachfrage wird sich dies wahrscheinlich ändern, da es dann aus Kosten- und Sicherheitsgründen immer wichtiger werden wird, die Batterieherstellung deutlich näher an die Fahrzeugfertigung zu verlegen. Industriequellen schätzen, dass es weltweit etwa 24 Gigafabriken bedarf, um die Batterienachfrage in 2030 zu decken, davon allein sechs in Europa. Dies bedeutet ein großes Wachstumspotenzial für Stahl in einem Fahrzeugbereich, in dem der Bedarf bisher kaum existent war.

Ein weiterer oft übersehener Bereich für die Stahlnachfrage ist der Ausbau der Infrastruktur zur Batterieaufladung und Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen. Auch wenn aktuell das Tempo der Infrastrukturverbesserungen anzieht, wird es noch eine ganze Weile dauern, bis der zukünftige Bedarf gedeckt werden kann. Der vorliegende Bericht befasst sich nicht im Detail mit diesen Möglichkeiten, so dass hier weitere Untersuchungen angestellt werden sollten. Es wird jedoch eine signifikante Stahlnachfrage beim Ausbau der Infrastruktur geben, angefangen bei Ladestationen und Netztechnik über Transformatoren und Kraftwerken bis hin zur Entwicklung von Megastädten, in denen automatisiert fahrende, vernetzte Fahrzeuge ohne Emissionsausstoß gefragt sind.

## Einfluss der Elektrifizierung des Straßenverkehrs auf die Stahlnachfrage

Die zukünftige Stahlnachfrage wurde für die entwickelte Basis-Roadmap geschätzt und mit Annahmen zur Gewichtsreduzierung zukünftiger Fahrzeugstrukturen, Nachfrage nach elektrischen und beschichteten Stählen in Elektromotoren und Batterien sowie zum Wachstum der europäischen Fahrzeugfertigung kombiniert. Abgebildet sind die Ergebnisse in Grafik 4.

**Grafik 4: Geschätzte Stahlnachfrage für Basis-Roadmap**



### Legende

■ Profilstahl ■ Beschichteter Stahl ■ Elektroband

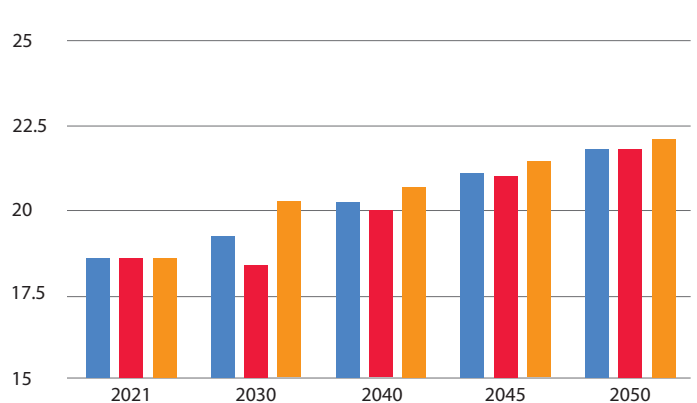
<sup>1</sup> Die Stahlnachfrage basiert auf Annahmen für Rohkarosserien, Anbauteilen, Rädern, Aufhängung & Fahrwerk, Innenraumstrukturen, Batteriezellen und Elektromotoren

Dabei zeigt sich, dass der Stahlbedarf der europäischen Automobilindustrie durch die Nachfrage nach Fahrzeugen mit extrem niedrigen Emissionen (Ultra-Low Emission Vehicles – ULEV) voraussichtlich um 4,2 Millionen Tonnen zwischen 2015 und 2050 ansteigen wird. Ein großer Teil davon wird für Batterien und Elektromotoren benötigt werden

(1,6 Millionen Tonnen), aber auch fortschrittliche, hochfeste Stahlsorten werden vermehrt nachgefragt werden, um kosteneffizient und nachhaltig zukünftige Sicherheits- und Leichtbauziele zu erzielen.

Die steigende Stahlnachfrage hängt mit der angenommenen schnellen Verbreitung elektrischer Antriebe zusammen – und dem damit hohen Bedarf an Elektroband für Elektromotoren sowie beschichteten Stählen für Batteriegehäuse. Es spielen aber auch kurz- und mittelfristige Leichtbauziele eine Rolle, solange die Werkstoffauswahl langfristig nach umweltbedingten Nachhaltigkeitsfaktoren erfolgt.

**Grafik 5: Vergleich der Stahlnachfrage zwischen den verschiedenen Szenarien**



### Legend

■ Basis ■ Verschärfte Abgasvorgaben ■ Verzögerter Zeitplan

In Grafik 5 werden die Auswirkungen der beiden Alternativszenarien – verschärfte Abgasvorgaben und verzögerter Zeitplan – auf die Stahlnachfrage dargestellt.

- Verzögerter Zeitplan: Da in diesem Szenario weniger Druck besteht, elektrifizierte Antriebe vor 2030 einzuführen, steht das Thema Leichtbau nicht so stark im Fokus und die Nachfrage nach Batteriezellen und Elektromotoren ist geringer. Diese Verzögerung gibt der Elektrotechnologie mehr Zeit zu reifen. Als Folge steigt in diesem Szenario die Stahlnachfrage insgesamt mehr als bei der Basis-Roadmap.
- Verschärfte Abgasvorgaben: Müssen strengere Abgasvorschriften früher als bei der Basis-Roadmap erfüllt werden, steht die Reduzierung des Fahrzeuggewichts stärker im Mittelpunkt, während die Batterie- und Elektromotortechnologie weiter verbessert wird. Mit der größeren Anzahl elektrifizierter Fahrzeuge in diesem Szenario steigt jedoch auch die Nachfrage nach premiumbeschichteten und Elektrobandstählen stärker.

Es lässt sich also festhalten, dass die Stahlnachfrage zukünftig steigen wird, wenn auch auf etwas niedrigerem Niveau als die Fahrzeugproduktion, wobei sich der Gesamtwert dieser Stahlnachfrage deutlich erhöht.

## Welche Chancen ergeben sich für Tata Steel?

Tata Steel ist mit seinem Angebot in vier für die Fahrzeugelektrifizierung entscheidenden Bereichen überzeugend aufgestellt: Fahrzeugarchitektur, Batterien, Elektromotoren und Infrastruktur:

- Fahrzeugarchitektur: Leichtbau wird unabhängig von der Antriebsart ein wichtiges Thema bleiben. Jedoch muss dieser Leichtbau bezahlbar sein. Die Strategie von Tata Steel, kosteneffiziente, fortschrittliche und ultrahochfeste Stähle zu entwickeln und diese mit seinen technischen Services zu unterstützen, bleibt also auch in Zukunft wichtig.

- **Batteriepaket:** Die Batterietechnologie entwickelt sich schnell weiter. Es gibt verschiedene Ansätze und Stahl spielt bei zylindrischen Zellen – der voraussichtlich verbreitetsten Technologie – eine entscheidende Rolle. Tata Steel hat hier verschiedene Lösungen für aktuelle und zukünftige Anforderungen bei zylindrischen Zellen entwickelt: unter anderem fortschrittliche Beschichtungen oder beschichtete Stähle für die Batteriegehäuse und dünnere Beschichtungsdicken für ein verbessertes Packaging.
- **Elektromotoren:** Es braucht Motoren, um die Energie – ob nun aus Brennstoffzellen oder Batterien – in Vorwärtsbewegung umzusetzen. Die Motortechnologie wird sich definitiv weiterentwickeln, da die Ingenieure nach Möglichkeiten zur Effizienzverbesserung suchen. Tata Steel kann dabei in zwei Bereichen eine wichtige Rolle spielen: Erstens arbeiten wir eng mit unseren Kunden zusammen und helfen ihnen zu verstehen, wie sie das Potenzial der verschiedenen Elektrobandstähle für eine optimale Leistungsfähigkeit am besten ausschöpfen können. Zweitens helfen wir ihnen dabei, Lieferketten für das schnelle Wachstum in der Elektromotorfertigung zu entwickeln.
- **Infrastruktur:** Die aktuelle Infrastruktur ist nicht auf die zukünftige Nachfrage nach Ladestationen für Elektrofahrzeuge oder Tankstellen für Brennstoffzellenfahrzeuge ausgelegt. Auch hier bestehen verschiedene Möglichkeiten für Tata Steel, angefangen bei Material für Ladestationen und Netztechnik über Transformatoren und Kraftwerke bis hin zur Entwicklung von Megastädten, die vernetzte, automatisierte Fahrzeuge benötigen.

## Fazit

Werden die Elektrifizierungsstrategien der einzelnen Automobilhersteller zu einer einzigen Roadmap für Europa kombiniert, lässt sich abschließend festhalten, dass die Zahl der gefertigten und verkauften Neufahrzeuge ohne Abgasemissionen schnell steigen muss. Bis 2021 müssen rund 25 % aller EU-Neuzulassungen Fahrzeuge mit extrem niedrigen Emissionen (ULEV) sein (noch mit einem Schwerpunkt auf Hybridantrieben mit Verbrennungsmotor). Bis 2030 könnte dieser Anteil auf über 40 % steigen, wobei dann vollelektrische Fahrzeuge einen hohen Anteil ausmachen werden.

Die Werkstoffauswahl wird das schnelle Wachstum bei der Elektrifizierung unterstützen. Dem Leichtbau der Fahrzeugstruktur kommt mindestens kurz- bis mittelfristig weiterhin eine hohe Bedeutung zu. Allerdings muss die Gewichtsreduzierung bezahlbar realisiert werden. Um die Roadmap in die Realität umsetzen zu können, müssen die Fahrzeuge erschwinglich bleiben. Langfristig ist davon auszugehen, dass die Umweltverträglichkeit von Fahrzeugen eher nach der ganzheitlichen Ökobilanz mittels Lebenszyklusbewertungsmethode erfolgen wird und nicht mehr ausschließlich nach den lokalen Abgasemissionen. Stahl hat hier im Vergleich zu alternativen Werkstoffen mit geringerer Dichte deutliche Vorteile.

Sinkt die Nachfrage nach konventionellen Verbrennungsmotoren, schwindet auch der Bedarf an Stahlkomponenten in diesem Bereich wie Pleuel, Nockenwellen, Getriebewellen etc. Dies wird jedoch durch die größere Nachfrage nach neuen Flachstahlprodukten im Automobilbereich wettgemacht. Elektrische Antriebssysteme benötigen fortschrittliche Elektrobandstähle für Elektromotoren und für die Energiespeicherung und fortschrittliche beschichtete Stähle für Batteriegehäuse.

Vor uns liegt eine schnellelebige und aufregende Zeit in der Automobilindustrie. Tata Steel ist auf diese Zukunft gut vorbereitet und wird weiterhin relevante und überzeugende Lösungen für seine Automobilkunden entwickeln. Wir glauben fest daran, dass Stahl ein wichtiger Werkstoff auf dem Weg zur vollständigen Elektrifizierung des Straßenverkehrs bleiben wird.

[www.tatasteeleurope.com](http://www.tatasteeleurope.com)

Es wurde größtmögliche Sorgfalt angewandt, um zu gewährleisten, dass der Inhalt dieser Veröffentlichung korrekt ist. Tata Steel noch ihre Tochtergesellschaften übernehmen jedoch keinerlei Verantwortung oder Haftung für Fehler oder Informationen, die als irreführend erachtet werden.

Es obliegt dem Kunden, die von der Tata Steel oder ihren Tochtergesellschaften gelieferten oder hergestellten Produkte vor deren Einsatz auf ihre Eignung hin zu prüfen.

Copyright 2017  
Tata Steel Europe Limited

### Tata Steel

Postfach 10.000  
1970 CA IJmuiden  
Niederlande  
E: [connect.automotive@tatasteel.com](mailto:connect.automotive@tatasteel.com)  
[www.tatasteeleurope.com/automotive](http://www.tatasteeleurope.com/automotive)

AM0217:100:DE:0917