

# Machbarkeitsstudie zum Projekt Zukunft Bahn (ETCS/NeuPro)

Kernergebnisse der Studie von McKinsey & Company für  
das Bundesministerium für Verkehr und digitale  
Infrastruktur

PRESSEINFORMATION

Stand: 19.09.2018

## AUFTRAG AN MCKINSEY & COMPANY

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat McKinsey im Juli 2017 beauftragt, eine Machbarkeitsstudie zum flächendeckenden Rollout von „ETCS/DSTW“ durchzuführen.

Die Studie umfasst sechs Arbeitspakete (AP):

- Validierung des Business Case (BC) der Deutschen Bahn (DB) zum Rollout von ETCS/DSTW (AP 1)
- Weiterentwicklung des Business Case der Deutschen Bahn und Erarbeitung eines strategischen Rolloutplans (AP 2)
- Erstellung eines technischen Zielbilds der Infrastruktur sowie der Fahrzeuge (AP 3)
- Erarbeitung möglicher Finanzierungsmodelle und eines Finanzzielbilds für die Umsetzung (AP 4)
- Definition und Aufbau der notwendigen Organisation, allgemeinen Rahmenbedingungen und Prozesse für eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts (AP 5)
- Überprüfung der Verfügbarkeit von Personal/Kompetenzen und Material entsprechend der strategischen Rolloutplanung (AP 6)

## DIE MACHBARKEITSSTUDIE IM ÜBERBLICK

Deutschland verfügt heute über eine belastbare und effektive Zugsicherung. Allerdings entspricht die vorhandene Technik bei Signalen und Stellwerken oft nicht mehr den Kriterien der steigenden Ansprüche an Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit und muss in den kommenden Jahren teilweise erneuert werden.

Außerdem werden sich auch die Kundenansprüche im Transportsektor durch neue Technologien wie beispielsweise E-Mobilität oder autonomes Fahren erheblich verändern.

Um die Schiene als Verkehrsträger attraktiver zu machen sowie Personen und Güter effizient und sicher durch Europa transportieren zu können, hat die Europäische Union das European Train Control System (ETCS) als Referenzstandard festgelegt. In diesem Kontext entwickelt sich derzeit ein digitaler Standard, der eine leistungsfähigere Technologie mit höherer Verfügbarkeit und besserer Bedienbarkeit vereint.

McKinsey kommt in der Machbarkeitsstudie zu dem Schluss, dass vor diesem Hintergrund eine Verknüpfung eines flächendeckenden Rollouts von ETCS mit der Einführung digitaler Stellwerkstechnologie volkswirtschaftlich sinnvoll erscheint. Damit würde es zu einer deutschlandweiten und beschleunigten

Erneuerung der Leit- und Sicherungstechnik kommen. Insgesamt ließe sich mit einem solchen Programm „ETCS/DSTW“ eine Reihe von Vorteilen für den gesamten Sektor realisieren, darunter:

- **Modernisierung der Eisenbahn**  
Aktualisierung und Vereinheitlichung der Stellwerkstechnik sowie Steigerung der Qualität (Erhöhung Verfügbarkeit und Pünktlichkeit)
- **Erhöhung der Kapazität auf der Schiene**  
Möglichkeit der Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene
- **Erhöhung der Energieeffizienz**  
Verringerte CO<sub>2</sub>-Emissionen im deutschen Verkehrssektor
- **Senkung der Betriebskosten**  
Einsparungen bei Re-Invest, Instandhaltung und Betrieb (insbesondere durch geringeren Nachbesetzungsbedarf von Instandhaltungspersonal und Fahrdienstleitern)
- **Gewährleistung der Demografiefestigkeit des Bahnbetriebs**  
Bewältigung der alters- und fluktuationsbedingten Verringerung des Stellwerkpersonals
- **Bereitstellung der Basis für weitergehende Digitalisierung**  
U.a. Vorbereitung für Automatic Train Operation (ATO)
- **Schaffung eines durchgängigen europäischen Verkehrsraums**  
Ablösung nationaler Technik durch einen europäischen Standard

Da aus diesen Effekten ein positiver Gesamtnutzen entsteht, der sich auch gegenüber Alternativen positiv abhebt, empfiehlt McKinsey mit dem flächendeckenden Rollout ETCS/DSTW kurzfristig zu beginnen, verweist aber auch auf damit verbundene Risiken.

## KERNERGEBNISSE DER STUDIE UND EMPFEHLUNGEN

Diese Darstellung der Kernergebnisse beginnt mit der Darlegung der zukünftig einzusetzenden Technik, erläutert die wirtschaftliche Rentabilität und den Investitionsbedarf, stellt die optimale zeitliche Rolloutplanung dar und schließt mit den Finanzierungsmodellen sowie den nötigen Voraussetzungen.

## ZUKÜNFTIGE TECHNOLOGIE DER LEIT- UND SICHERUNGSTECHNIK

*Aufgabe von AP 3 war die Untersuchung der zukünftigen Technologieentwicklung und -verfügbarkeit sowie die Entwicklung eines technischen Zielbilds.*

Die Umstellung auf eine einheitliche gesamthafte Zugbeeinflussung durch digitale Stellwerkstechnik und ETCS löst eine vielfältige Technologielandschaft ab: Aktuell sind rund 100 verschiedene Stellwerksbauarten in Deutschland im Einsatz. Die hiesigen Zugbeeinflussungssysteme sind deutschlandspezifisch, so

dass Züge für den grenzüberschreitenden Verkehr mehrere Systeme an Bord haben müssen. Darüber hinaus ist die derzeit im Einsatz befindliche linienförmige Zugbeeinflussung (LZB) seitens der Hersteller per 2030 abgekündigt. Die Technik ist zum Teil am Ende ihres Lebenszyklus und mittlerweile sehr störanfällig: Mehr als die Hälfte der Störmeldungen sind derzeit auf die Leit- und Sicherungstechnik zurückzuführen.

Das neue System aus digitalen Stellwerken und ETCS-Zugsteuerung ist eine digitale Plattformlösung, die in Aufbau und Instandhaltung gegenüber der bestehenden Technik signifikante Vorteile hat:

- Die heute teilweise noch geringen Reichweiten der Stellwerke zu den zu stellenden Weichen und Signalen, aber auch zu den Betriebszentralen wird durch die digitale Datenübertragung aufgehoben. Das ermöglicht eine effizientere Stellwerksarchitektur und einen einfacheren Betrieb an deutlich weniger Standorten.
- Die Intelligenz wird durch die Software bereitgestellt und steckt nicht mehr in der Hardware. Dadurch ist das System Upgrade-fähig und bereitet den automatisierten Bahnbetrieb vor.
- Die Übermittlung der Fahrbefehle an den Zug erfolgt grundsätzlich per Funk. Dadurch kann störanfällige Außentechnik wie z.B. Signale entfallen.

Die Effekte auf den Bahnbetrieb sind positiv und führen zu einer deutlichen Steigerung der Qualität bei gleichzeitiger Senkung der Kosten:

- Engere Zugabstände sind möglich, wodurch die Kapazität der Schiene erhöht wird.
- Durch kontinuierliche Übermittlung von Fahrbefehlen können Züge vor allem in Knoten und Bahnhöfen exakter bremsen und beschleunigen, was zu geringeren Energiekosten und ebenfalls höherer Kapazität führt.
- Ebenso steigt die Sicherheit, da ein Abweichen vom Normalbetrieb in Echtzeit ans Stellwerk zurückgemeldet wird und nicht, wie heute, erst beim Durchfahren des nächsten streckenseitigen Kontrollpunkts.
- Die Technik erfordert deutlich weniger Betriebspersonal und sichert so die Demographiefestigkeit des Bahnbetriebs in Zukunft.

## VALIDIERUNG UND WEITERENTWICKLUNG DES BUSINESS CASE DER DEUTSCHEN BAHN SOWIE ERARBEITUNG EINES STRATEGISCHEN ROLLOUTPLANS

*Aufgabe von AP 1 war die Validierung der Wirtschaftlichkeitsrechnung der Deutschen Bahn. Aufgabe von AP 2 war die Ergänzung der*

## *Wirtschaftlichkeitsrechnung um volkswirtschaftliche Faktoren sowie Entwicklung und Berechnung von Rolloutszenarien.*

### Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Deutsche Bahn hat 2016/2017 eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den koordinierten Rollout von „ETCS/DSTW“ erstellt und dem BMVI mit der Bitte um Bewertung vorgestellt. Der Business Case sieht den bundesweiten Rollout von ETCS Level 2, die Umrüstung der Fahrzeuge sowie den Rollout digitaler Stellwerkstechnik in DSTW-Architektur vor.

McKinsey überprüfte und erweiterte diesen Business Case, um den volkswirtschaftlichen Nutzen sowie die Effekte auf den Schienenverkehr im Ganzen. Dabei wurden die folgenden quantifizierbaren Nutzeneffekte in die ökonomische Betrachtung einbezogen:

- Der zukünftig geringere Personaleinsatz beim Betrieb der Eisenbahninfrastruktur
- Die niedrigeren Investitions- und Instandhaltungskosten durch Wegfall der Signale und der Ersatz der Altstellwerke durch neue digitale Stellwerksarchitektur
- Die Reduktion der Energiekosten in der Infrastruktur- und bei den Fahrzeugen durch energiesparendes Fahren
- Vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Veränderung des Modal Split im Güter- und Personenverkehr

Auf die Quantifizierung von Effekten zweiter und dritter Ordnung wie z.B. volkswirtschaftliche Wachstumseffekte wurde in der Machbarkeitsstudie bewusst verzichtet, um auch bei einer sehr konservativen Betrachtung den Nutzen nachzuweisen.

Dieser Nutzen wurde auf der Basis eines Referenzszenarios ermittelt, in dem die Fortführung des Status Quo modelliert wurde. Dem Referenzszenario liegen zwei Annahmen zugrunde:

- ETCS wird in Deutschland auf knapp 7.000 Streckenkilometern eingeführt – ausschließlich im Rahmen der europäischen Vorgaben und als Alternative zur LZB; das System der PZB bleibt erhalten
- Die Altstellwerke werden erst zum Zeitpunkt ihrer technischen Abgängigkeit durch digitale Stellwerke als neueste Technologie ersetzt

Das entspricht im Wesentlichen dem Vorgehen der vergangenen Jahre.

Die Berechnungen von McKinsey haben, für den bundesweiten Rollout von ETCS Level 2, die Umrüstung der Fahrzeuge sowie den Rollout digitaler

Stellwerkstechnik in DSTW-Architektur, einen vorläufigen Gesamtfinanzierungsbedarf von 30-35 Mrd. EUR ergeben. Laut der Studie bedarf es in der Zeit von 2020 bis 2040 durchschnittlich zusätzliche 1,5 Mrd. Euro pro Jahr. Dem steht ein jährlicher Nutzen gegenüber, der bereits mit der ersten Umrüstung in den frühen 20er Jahren einsetzt und bis 2040 auf geschätzt rund 1 Mrd. EUR pro Jahr hochläuft und dann andauert.

### Rollout-Planung

McKinsey empfiehlt den Rollout gegliedert nach den sogenannten Netzbezirken der Deutschen Bahn durchzuführen: Dies gewährleistet die Umrüstung von Einheiten, die aus Betriebssicht und auch in der technologischen Architektur der heutigen Stellwerke zusammenhängen. Dadurch werden Schnittstellen zwischen Alt- und Neutechnik auf ein Minimum reduziert.

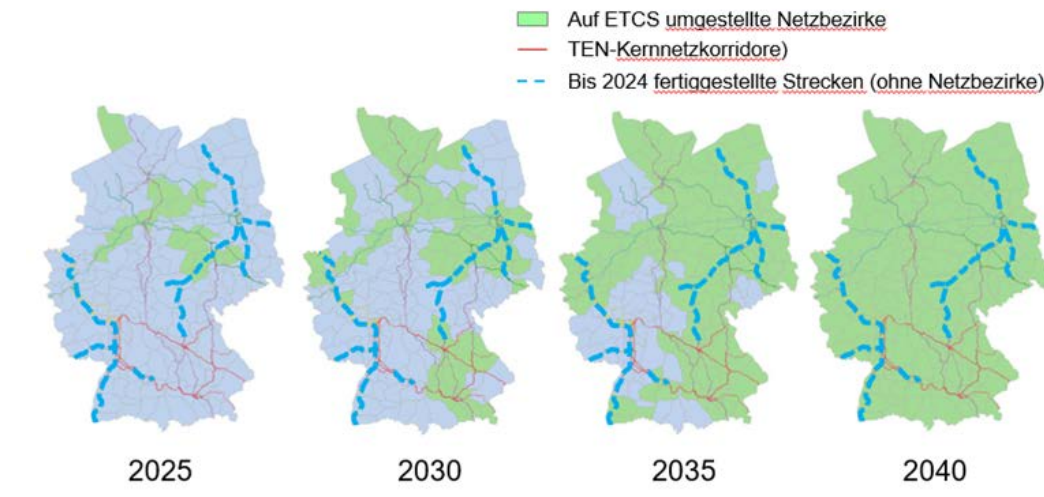
Die vorgeschlagene Umrüstereihenfolge der einzelnen Netzbezirke wurde anhand von vier Dimensionen festgelegt:

- Einhaltung der europäischen Vorgaben zur Ausrüstung der TEN-Korridore
- Adressierung von bestehenden Engpässen im Personen und Güterverkehr
- Einbezug der verkehrlichen Bedeutung von Streckenzusammenhängen
- Berücksichtigung der Restnutzungsdauer der Alttechnik zur Verwirklichung eines schnellen Nutzeneffekts

Basierend auf diesen Kriterien definierte McKinsey ein Basisszenario, aus dem durch die Anpassung an die bereits bestehende Kurz- und Mittelfristplanung der DB Netz AG das vorgeschlagene Rolloutszenario entwickelt wurde. McKinsey empfiehlt, dieses in drei Phasen umzusetzen:

- Fertigstellung der bereits begonnenen ETCS-Projekte (bis ca. 2024)
- Pilotphase für Standardisierung der digitalen Stellwerkstechnologie und Umrüstung der ersten Netzbezirke sowie Beginn der Umrüstung der Fahrzeuge (ca. 2019 – 2025)
- Industrialisierter bundesweiter Rollout (ca. 2025-2040)

## GRAFISCHE DARSTELLUNG DES ROLLOUTS



## VORSCHLAG FÜR FINANZIERUNGSMODELLE

*Aufgabe von AP 4 war die Entwicklung von Finanzierungsmodellen für Infrastruktur und Fahrzeuge unter Berücksichtigung der aktuellen Finanzierung sowie Erfahrungen im Ausland.*

### Infrastrukturfinanzierung

Die Finanzierung der Eisenbahninfrastruktur ist Bundesaufgabe und mit der DB Netz AG in diversen Finanzierungsvereinbarungen geregelt. Für das Vorhaben des Rollouts können die Regeln dieser Vereinbarungen jedoch nicht 1:1 übernommen werden, weshalb McKinsey eine eigenständige Finanzierung vorschlägt.

An der Finanzierung durch den Bund (und ggf. der EU) wird festgehalten, da sie aufgrund der niedrigen Zinsen auf Bundesanleihen im Vergleich mit anderen Finanzierungen vorteilhafter ist.

Zur Gewährleistung von Planungssicherheit und damit dem Erzielen von Kostenvorteilen schlägt McKinsey vor, das Budget pauschal jeweils für zehn Jahre bereitzustellen und im Fünfjahrestakt eine Fortschritts- und Budgetüberprüfung auf Grundlage der tatsächlichen Kosten- sowie Fortschrittssituation vorzunehmen.

Die Auszahlung soll unter regelmäßiger Überprüfung der vorher definierten zeitlichen Mengenumsetzung an Meilensteine gekoppelt werden. Zusätzlich sollte eine jährliche Überprüfung der korrekten und effizienten Mittelverwendung durch einen unabhängigen Wirtschaftsprüfer stattfinden.

## Fahrzeugfinanzierung

Fahrzeugförderung ist derzeit keine explizite Bundesaufgabe. Allerdings zeigt die Vergleichsbetrachtung, dass es volkswirtschaftlich wesentlich günstiger ist, im Übergangszeitraum die Fahrzeuge für Alt- und Neutechnologie auszurüsten, um deren Einsatz auf dem gesamten Netz zu ermöglichen, als das Netz doppelt auszurüsten.

Grundsätzlich kommt die erwartete Senkung der Betriebskosten über die Anreizregulierung dem Sektor zu Gute. Da dies jedoch im Vergleich zum Zeitpunkt der Investition in die Fahrzeugumrüstung zeitlich deutlich versetzt erfolgt, wird die Förderung der Umrüstung der Fahrzeuge mit ETCS-Technik vorgeschlagen. Dies ist in anderen europäischen Ländern gängige Praxis und sichert eine reibungslose Umstellung.

Vorgeschlagen werden im Wesentlichen zwei staatlich finanzierte Instrumente:

- Zur Überwindung der Initialkosten des "First Movers" ist es ratsam, eine weitgehende First-of-Class-Förderung für die ETCS-Ausstattung des ersten Fahrzeugs eines Typs/einer Baureihe zu etablieren.
- Zweites vorgeschlagenes Instrument ist eine Bezuschussung der individuellen Fahrzeugumrüstung.

## PROZESSUALE UND ORGANISATORISCHE RAHMENBEDINGUNGEN UND RESSOURCENVERFÜGBARKEIT

*Aufgabe von AP 5 und 6 war die Ermittlung von Anpassungsbedarf in Rahmenbedingungen, Prozessen und organisatorischer Aufstellung sowie die Überprüfung der Verfügbarkeit von Ressourcen*

Der Rollout ist ein Großprojekt. Es müssen mehr als 30.000 km Strecke und 9.000 Fahrzeuge umgerüstet werden. Die heutige Ersatzrate ist auf einen Zeitraum von 40 bis 50 Jahren ausgelegt, der Rollout soll in weniger als der Hälfte der Zeit erfolgen: Daher ist neben der Schaffung der grundlegenden Rahmenbedingungen auch eine Prozessoptimierung in allen Projektphasen und bei allen beteiligten Parteien (Bahn, Industrie und Genehmigungsbehörden) erforderlich. Wichtige Hebel sind dabei die Digitalisierung der Planungsprozesse, die Standardisierung von Planungs-, Genehmigungs- und Zulassungsprozessen, die Optimierung der Bauverfahren und -zeiten sowie eine starke zentrale Koordination des Projekts.

Aufgrund der langen Laufzeit und der erheblichen Planungsunsicherheiten ist das Risikomanagement des Rollouts von entscheidender Bedeutung. McKinsey führte eine detaillierte Analyse durch, um Schlüsselrisiken zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zu deren Reduktion vorzuschlagen. Ein entsprechender Risikopuffer ist in die Berechnung des Investitionsvolumens eingeflossen.



Ein wesentliches Risiko vor allem für den Zeitplan ist die Mobilisierung geeigneter Personen. Auf Basis aktueller Erfahrungen sind Personalengpässe insbesondere in der Planung, bei Plan- und Abnahmeprüfern und bei Inbetriebnahme-Ingenieuren zu erwarten. Daher ist eine andere Kooperation zwischen Bahn, externen Planern und Industrie nötig, die mit Unterstützung digitaler Methoden Effizienzen über den gesamten Prozess realisieren kann.

Für die Fahrzeugumrüstung muss den Berechnungen zufolge in der Vorlaufphase eine Umrüstkapazität von rund 1.600 Fahrzeugen pro Jahr erreicht werden, weshalb hier Planungssicherheit essentiell ist. Sofern diese gewährleistet ist, sind im Bereich der Infrastruktur-Hardware keine Engpässe zu erwarten.

## NÄCHSTE SCHRITTE

Sollte sich das BMVI nach Übergabe des Abschlussberichtes für die bundesweite Einführung von ETCS und DSTW aussprechen, müsste auf Grund der Höhe der zusätzlich benötigten Mittel ein parlamentarischer Entscheidungsprozess eingeleitet werden.

Darüber hinaus sollten eine zentrale Koordinierungsstelle für den Rollout eingerichtet, Rahmenvereinbarungen zwischen Bund, Betreibern und Industrie geschlossen, eine gesetzliche Grundlage für die Fahrzeugförderung geschaffen und die Optimierung der Planungs-, Zulassungs- und Genehmigungsprozesse angegangen werden.