

RBC-Simulation für reale ETCS-Testfahrten

RBC simulation for real ETCS test runs

Klaus Didrich

Bei der Planung und Durchführung von ETCS-Level-2 (L2)-Testfahrten gibt es häufig Engpässe, da Strecken für Testfahrten im L2-Betrieb derzeit nur begrenzt zur Verfügung stehen. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie diese Schwierigkeit überwunden werden kann. Eine ursprünglich für das Labor vorgesehene Simulation eines RBC (Radio Block Center, Streckenzentrale) wird so in das Fahrzeug eingebunden, dass die Durchführung von L2-Testfahrten auch auf nicht mit ETCS ausgerüsteten Strecken möglich wird. Die zum Patent angemeldete Lösung wurde auf dem Testring des Výzkumný Ústav Železniční (VUZ) in Velim, Tschechien [1] und einem Nebengleis in Finsterwalde erprobt.

1 Problemstellung

Die Strecken für Testfahrten stehen bei dem derzeitigen Ausbauzustand in Europa nur bedingt zur Verfügung und sind auch nur eingeschränkt für Tests nutzbar. Für die Planung und Durchführung von ETCS-L2-Testfahrten gibt es demzufolge häufig begrenzte Möglichkeiten. An manchen Stellen können Testfahrten etwa nur in der Nacht stattfinden und für manche Testfälle ist Personal nötig, das bestimmte Bedienhandlungen ausführen muss. Wenn Strecke und Fahrzeug in einem Projekt parallel gebaut werden, steht die Strecke für Testfahrten erst spät zur Verfügung, nämlich, wenn die Strecke (mit dem RBC) einen bestimmten Projektfortschritt erreicht hat. Testfälle, für deren Durchführung das RBC fehlerhaft reagieren muss, sind im Feld oft nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich.

Bottlenecks often arise when planning and conducting ETCS Level 2 (L2) tests because of the current limited availability of tracks for test runs in the L2 mode. This article shows how this difficulty can be overcome. A simulation of an RBC (radio block center) originally intended for the laboratory is integrated into a vehicle so that L2 test runs can also be conducted on tracks which have not been equipped with ETCS. The solution, for which a patent application has been filed, has been trialled on the test ring at the Výzkumný Ústav Železniční (Czech Railway Research Institute, VUZ) in Velim, the Czech Republic [1] and on a siding in Finsterwalde.

1 The problem

The current development status in Europe is such that there is a shortage of tracks for test runs and those tracks which are available are subject to certain test restrictions. Consequently, the options for planning and conducting ETCS L2 test runs are often limited. In some cases, test runs can only take place at night, for example, and some test cases require personnel to perform certain operator actions. If the track and vehicle are constructed in parallel as part of a project, the track is not available for test runs until a late stage, namely when the track (with the RBC) has achieved a certain level of project progress. Test cases which require a defective RBC response are often not feasible in the field or entail disproportionately high costs.

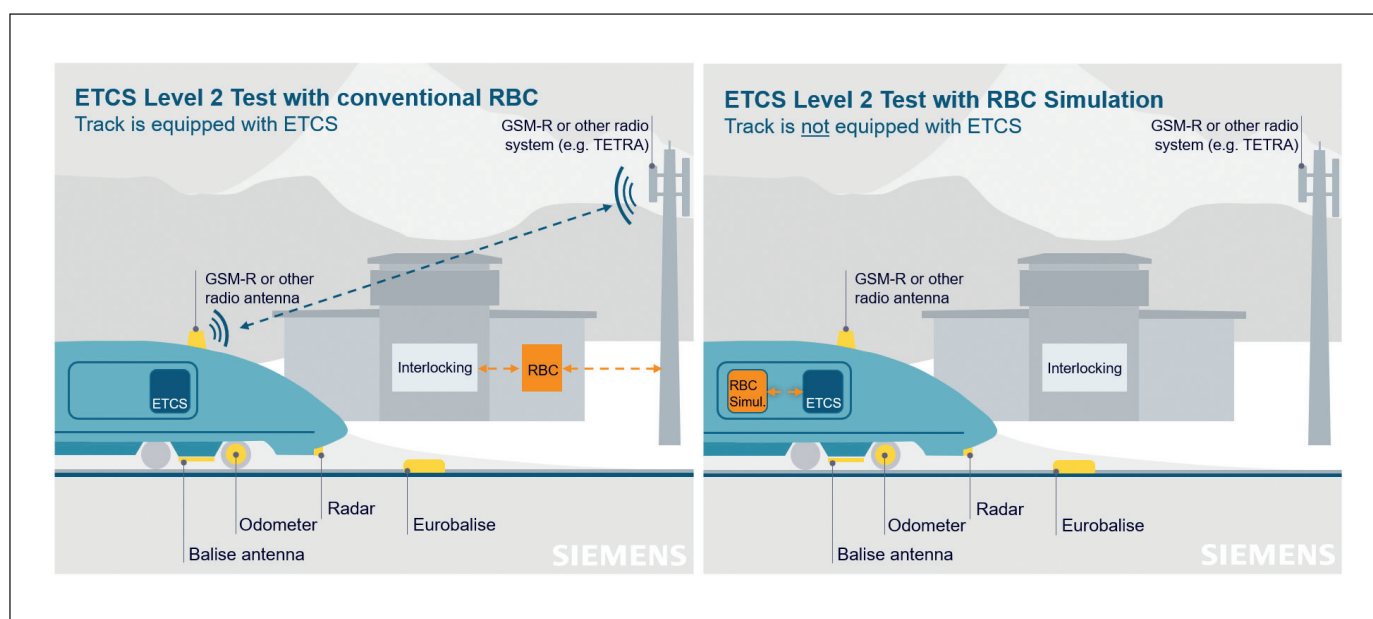


Bild 1: ETCS-Architektur für Level-2-Tests mit RBC-Simulation

Fig. 1: The ETCS architecture for Level 2 tests with RBC simulation

Viele ETCS-Betriebsszenarien können im Labor getestet werden, aber es gibt erforderliche Testfälle, in denen nur Feldtests belastbare Ergebnisse liefern. Häufig kommt es dabei auf das Zusammenspiel von ETCS und Fahrzeugtechnik an (z. B. Bereiche, in denen der Pantograph gesenkt werden muss), aber auch neue oder selten genutzte ETCS-Funktionalitäten sollen in der Regel vor den Abnahmefahrten im Feld getestet werden.

2 Lösung durch RBC-Simulation

Für die Software- / Hardware-Integrationstests der ETCS Onboard-Unit (OBU) wird im Labor, soweit möglich, die Hardware genutzt, die auch im Feld verwendet wird. Die RBC-Nachrichten werden in der Regel nicht von einem realen RBC, sondern von einer Simulation erzeugt und mithilfe eines speziellen Adapters in die OBU eingespeist, der anstelle eines Funkmodems eingesetzt wird. Es ist also sowohl die notwendige Hardware als auch die Software verfügbar, um Nachrichten zu erzeugen und zwischen RBC und OBU zu verschicken.

Im Rahmen der Labortests wird auf die gleiche Hardware zurückgegriffen, die später im Feld zum Einsatz kommt. Folglich ist es möglich, den speziellen Adapter aus dem Labor auch im Feld einzusetzen. Dafür wird der Adapter mit einem Laptop verbunden, auf dem die vorkonfigurierte RBC-Simulation läuft. Die Komplexität der konfigurierten RBC-Simulation hängt vom Testumfang ab und kann flexibel an die jeweilige Testsituation angepasst werden. Die resultierende Architektur wird in Bild 1 dargestellt.

Für viele Testziele hat der Einsatz einer weniger aufwendigen RBC-Simulation anstelle einer realen Streckenzentrale diverse Vorteile:

- Es können Sondersituationen getestet werden, ohne dass auf der Streckenseite besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen. Dies ist unter anderem beim Überfahren eines Halt zeigenden Signals (End of Authority (EoA)) oder bei Fahrt auf Sicht der Fall.
- Das Zusammenspiel von ETCS und Fahrzeugsteuerung kann unabhängig von der Streckeneinrichtung getestet werden. Das gilt etwa für Bereiche, die mit gesenktem Pantographen durchfahren werden sollen.
- Der Test der Reaktion der OBU auf fehlerhafte Nachrichten von der Strecke. Dieser Fall ist mit einem in Betrieb befindlichen RBC nicht möglich und nur durch den Einsatz der RBC-Simulation realisierbar.

Für die Durchführung der Testfahrten wird ein fester Bezugspunkt auf der Strecke in Form einer LRBG (Last Relevant Balise Group) benötigt. Die einfachste Lösung hierfür ist, ein Balisenpaar vor-



Bild 2: Eine Balisengruppe auf dem kleinen Testring in Velim

Fig. 2: A balise group on the small test ring in Velim

Many ETCS operating scenarios can be tested in the laboratory, but there are certain required test cases for which only field tests provide reliable results. These often relate to the interaction between ETCS and the onboard systems (for example in sections where the pantograph must be lowered), but field tests are usually also required for new or infrequently used ETCS functionalities prior to the acceptance runs.

2 A solution based on RBC simulation

In the case of the software/hardware integration tests for the ETCS onboard unit (OBU), the hardware which is to be used in the field is also used in the laboratory to the greatest possible extent. The RBC messages are usually not generated by a real RBC, but by a simulation and they are fed into the OBU using a special adapter which takes the place of a radio modem. As such, both the necessary hardware and the software for generating messages and sending them between the RBC and the OBU are available.

The laboratory tests are performed on the same hardware which will later be used in the field. Consequently, the special adapter from the laboratory can also be used in the field. The adapter is connected to a laptop running the preconfigured RBC simulation for this purpose. The complexity of the configured RBC simulation depends on the test scope and it can be flexibly adapted to the test situation at hand. The resulting architecture is shown in fig. 1.

For many test objectives, the use of a less expensive RBC simulation instead of a real radio block center has a wide range of advantages:

- it enables special situations to be tested without the need for special trackside precautions. This is the case, for example, when passing a signal showing stop (end of authority (EoA)) or driving in "on-sight" mode.
- the interaction between ETCS and the vehicle control system can be tested independently of the trackside equipment. This applies for example to sections that have to be traversed with the pantograph lowered.
- testing the OBU response to incorrect messages from the track. This case is not possible with an operational RBC; it can only be implemented using the RBC simulation.

A fixed reference point on the track in the form of an LRBG (last relevant balise group) is required in order to conduct the test runs. The simplest solution here is to prepare a balise pair which can be laid loosely on the track as a temporary balise group for vehicle position detection only. Accordingly, this balise group receives no further information. Further data packets with relevant information can be programmed into these balises depending on the special characteristics of the test cases to be conducted. The selection is limited, because the packets must be suitable for all test cases; however, a text message or the specification of a geographical position is easy to implement.

Unlike what is usually the case for field tests, the RBC simulation has absolutely no information concerning the situation of the route elements, for example the point positions or the state of the neutral sections. Furthermore, the RBC simulation has no information about track clear indications, in other words whether a track section is occupied or can be traversed. The test engineer must obtain this information from another source. Safety must also be ensured by other measures, for example by the blocking the affected track section for other vehicles while the test is being conducted.

zubereiten, das als sogenannte „Wurfbalisengruppe“ temporär ins Gleis gelegt werden kann und nur zur Ortung dient. Demnach enthält diese Balisengruppe keine weiteren Informationen. Je nach Besonderheiten der durchzuführenden Testfälle können weitere Datenpakete mit relevanten Informationen in diese Balisen programmiert werden. Da die Pakete zu allen Testfällen passen müssen, ist die Auswahl beschränkt, wobei eine Textmeldung oder die Angabe einer geographischen Position leicht umzusetzen sind.

Anders als sonst bei Feldtests üblich, verfügt die RBC-Simulation über keinerlei Informationen zur Situation bei den Fahrweg-Elementen, weder über die Weichenstellungen noch über den Zustand von Schutzstrecken etc. Darüber hinaus liegt der RBC-Simulation keine Information zur Gleisfreimeldung vor, also ob ein Streckenabschnitt belegt oder befahrbar ist. Diese Informationen müssen vom Testingenieur anderweitig ermittelt werden. Die Sicherheit muss ebenfalls durch andere Maßnahmen sichergestellt werden, indem der betreffende Streckenabschnitt beispielsweise während der Testdurchführung für andere Fahrzeuge gesperrt wird.

3 Durchführung von Testfahrten

Um die Belastbarkeit des Prototypen nachzuweisen, wurden zwei Probefahrten durchgeführt, einmal auf dem Testring in Velim und zum anderen auf einem Nebengleis in Finsterwalde. Beide Strecken sind nicht mit ETCS ausgerüstet, weshalb auch keine Balisen im Gleis vorzufinden waren. Die Sicherheit wurde gewährleistet, indem der betreffende Testabschnitt während der Testfahrten für andere Fahrzeuge gesperrt wurde.

Auf dem Testring in Velim wurden zwei Balisengruppen mit je zwei Balisen verwendet (Bild 2). Beide Balisengruppen wurden mit einem Abstand von 1000 m zueinander verlegt. In der ersten Balisengruppe war u. a. ein Paket zur Definition einer geographischen Position enthalten. Die zweite Balisengruppe wurde mithilfe der Hektometermarkierung und der Anzeige der geographischen Position auf dem ETCS-Display positioniert, was sich als ausreichend genau erwies.

Für den Test in Finsterwalde wurde nur eine Balisengruppe auf das Nebengleis gelegt (Bild 3).

Als RBC-Simulation wurde eine Software eingesetzt, die bereits im Prüfcenter Wegberg-Wildenrath eingesetzt wird, um dort ETCS-L2-Tests zu ermöglichen. Diese Simulation bietet Möglichkeiten für die automatische Testunterstützung und ermöglicht außerdem ein direktes Eingreifen durch einen erfahrenen Testingenieur (Bild 4).

Für die Testfahrten wurde ein reduzierter Testfallkatalog entwickelt und abgearbeitet. Es wurden L2-Tests mit wechselnden SSP-Profilen getestet, der Übergang nach Reversing Mode, die Track Conditions Powerless section – lower pantograph und Powerless section – switch off main power switch, Unconditional Emergency Stop und schließlich auch ein Übergang L2 – L0 – L2.

Der Prototyp hat die Durchführung von ETCS-Tests auf einer nicht mit ETCS ausgerüsteten Strecke ermöglicht. Das Ergebnis war ein voller Erfolg und hat die Tauglichkeit der RBC-Simulation bestätigt. In Velim war es anschließend sogar möglich, spontan einige ETCS-L1-Tests, für die spezielle Balisen nötig gewesen wären, durch ETCS-L2-Tests zu ersetzen. Damit konnte das Testteam beweisen, dass die RBC-Simulationslösung von Siemens Mobility die Durchführung von ETCS-L2-Testfahrten auch auf nicht mit ETCS ausgerüsteten Strecken ermöglicht, was nicht zuletzt auch zu Ressourcen-, Zeit- und Kosteneinsparungen führt.



Bild 3: Verlegen der Balisengruppe für die ETCS-Level-2-Testfahrten in Finsterwalde

Fig. 3: Laying the balise group for the ETCS Level 2 test runs in Finsterwalde

3 Test runs

Two test runs were conducted to verify the reliability of the prototype: one on the test ring in Velim and the other on the siding in Finsterwalde. As neither of the tracks are equipped with ETCS, no balises were present on the track. Safety was ensured by blocking the affected test section for other vehicles during the test runs. Two balise groups, each with two balises, were used on the test ring in Velim (fig. 2). The two balise groups were laid 1000 m apart. The first balise group contained, among other things, a packet for defining the geographical position. The second balise group was positioned with the aid of a hectometre marking and the indication of the geographical position on the ETCS display, which proved to be sufficiently precise.

Only one balise group was laid on the siding for the test in Finsterwalde (fig. 3).

The RBC simulation was realised using software which is already being used at the Test and Validation Centre in Wegberg-Wildenrath to enable ETCS L2 tests there. This simulation offers automatic test support options and also allows an experienced test engineer to intervene directly (fig. 4).

A reduced test case catalogue was developed and processed for the test runs. L2 tests were performed with changing static speed profiles (SSPs), the transition to reversing mode, the track conditions powerless section – lower pantograph and powerless section – switch off main power switch, unconditional emergency stop and finally a L2 – L0 – L2 transition.

The prototype enabled ETCS tests to be carried out on a track not equipped with ETCS. The result was a complete success that confirmed the suitability of the RBC simulation. In Velim, it was subsequently even possible to spontaneously replace a few ETCS L1 tests, which would have required special balises, with ETCS L2 tests. In this way, the test team was able to prove that the RBC simulation solution from Siemens Mobility also enables ETCS L2 test runs to be carried out on tracks not equipped with ETCS, the benefits of which include, not least, the ability to save on resources, time and costs.

4 Discussion

The one or two balise groups with balises laid loosely on the track were sufficient for the test runs conducted. Balises which



Bild 4: Der Laptop mit der RBC-Simulation wird an die OBU angeschlossen.

Fig. 4: The laptop running the RBC simulation is connected to the OBU.

4 Diskussion

Für die durchgeführten Testfahrten waren die eine bzw. zwei Balisengruppen, deren Balisen lose auf das Gleis gelegt wurden, ausreichend. Für hohe Geschwindigkeiten sind lose auf das Gleis gelegte Balisen nicht mehr ausreichend, denn im Allgemeinen werden Überfahrten mit mehr als 40 km/h vermieden, um kein Umherfliegen der Balisen durch Verwirbelungen zu riskieren. Für lange Fahrten sind möglicherweise weitere Balisengruppen erforderlich, um eine zu große Aufweitung des Vertrauensintervalls zu vermeiden.

Neben den oben vorgestellten Vorteilen haben sich in Diskussionen während der Vorbereitung und Durchführung der Testfahrten noch weitere Chancen herausgestellt:

- Die Schleife Fehlererkenntnis – Analyse – Beheben – Nachtesten kann schneller durchlaufen werden. Zum einen, weil Testfahrten eher auch tagsüber durchgeführt werden können und zum andern, weil es leichter möglich ist, Testfahrten zu wiederholen, da nicht auf den nächsten freien Slot auf der Teststrecke gewartet werden muss. Die erhöhte Flexibilität führt zu besseren Möglichkeiten, die Projektplanung einzuhalten.
- Je nach Lage der vorgesehenen Teststrecke kommt es nicht selten vor, dass Fahrzeuge dorthin überführt werden müssen, möglicherweise auch über Landesgrenzen hinweg. Das ist eine logistische Herausforderung, die zudem noch zeit- und kostenintensiv ist. Für Projekte in Ländern mit Breitspur kommt noch der Aufwand der Umspurung hinzu. Mit der von Siemens Mobility entwickelten RBC-Simulation werden diese Herausforderungen umgangen. Dadurch können erhebliche Zeit- als auch Kosteneinsparungspotenziale in der Projektentwicklungsphase gehoben werden. Dank der RBC-Simulation können Testfahrten nunmehr direkt im Land durchgeführt und kann somit gleichzeitig die Verfügbarkeit der Fahrzeuge erhöht werden.
- Das Testen von Sondersituationen ist auf Teststrecken nicht immer möglich. Soll beispielsweise das Verhalten des Fahrzeugs in einer Schutzstrecke, die mit abgesenktem Pantographen durchfah-

are laid loosely on the track are no longer sufficient for high speeds, however. This is because speeds in excess of 40 km/h are generally avoided when the vehicle passes over the balises so as not to risk the balises being thrown around as a result of the turbulence. Further balise groups may be required for long journeys in order to avoid an excessive extension of the confidence interval.

Alongside the advantages presented above, further opportunities have emerged from the discussions held while preparing and conducting the test runs:

- The fault detection – analysis – rectification – retesting loop can be run through more quickly: on the one hand, because more test runs can also be conducted during the day and on the other hand, because there is no need to wait for the next free slot on the test track, which makes it easier to repeat test runs. This increased flexibility makes it easier to adhere to project planning.
- Depending on the location of the envisaged test track, it is not unusual to have to transfer vehicles to this location, in some cases across international borders. This is a logistical challenge which is also time-consuming and expensive. Projects in countries with broad-gauge rail networks also have to consider the cost and effort of changing the gauge. The RBC simulation developed by Siemens Mobility enables these challenges to be circumvented. As a result, considerable time-saving and cost-cutting potential can be tapped in the project execution phase. Thanks to the RBC simulation, it will now be possible to conduct test runs directly in the field, while at the same time increasing the availability of the vehicles.
- It is not always possible to test special situations on test tracks. If, for example, it is necessary to test the behaviour of the vehicle in a neutral section to be traversed with the pantograph lowered, this is often not possible on an official test track. The RBC simulation developed by Siemens Mobility also enables these tests to be conducted seamlessly in variants such as different lengths.
- Operating workflows can be simulated with the customer in the field outside a test track, even if no correspondingly equipped ETCS track is available. The customer's understanding is enhanced by the ability to present problems and solution approaches directly.

Real balises will still be required, as long as only RBC messages are simulated. Discussions are currently ongoing regarding the possibility of virtualising balises (see for example [2, 3]). A combination of these two approaches would open up further opportunities for ETCS test runs.

5 Summary and outlook

This article has presented an RBC simulation solution, for which a patent application has been filed, by means of which ETCS L2 test runs can be conducted on any given track. RBC messages are transmitted to the vehicle from a simulated RBC to this end.

The method outlined here offers a variety of advantages for conducting tests. A simulated RBC can respond more flexibly than an operational one, thus also making it possible to test fault or special situations in the field. However, the decisive factor is the fact that ETCS L2 test runs can be conducted outside an equipped track, thus saving time and money. ■

ren werden soll, getestet werden, ist dies auf einer offiziellen Teststrecke oft nicht möglich. Mit der von Siemens Mobility entwickelten RBC-Simulation können diese Tests auch in Varianten, etwa unterschiedlichen Längen, reibungslos durchgeführt werden.

- Mit dem Kunden können betriebliche Abläufe abseits einer Teststrecke im Feld durchgespielt werden, auch wenn keine entsprechend ausgerüstete ETCS-Strecke vorhanden ist. Die Möglichkeit, Probleme und Lösungsansätze direkt vorzustellen, erzeugt ein größeres Verständnis beim Kunden.

Solange nur die RBC-Nachrichten simuliert werden, werden noch reale Balisen benötigt. Es werden aktuell Möglichkeiten diskutiert, Balisen zu virtualisieren (siehe z. B. [2, 3]). Die Verbindung beider Ansätze würde weitere Möglichkeiten für ETCS-Testfahrten eröffnen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde eine von Siemens Mobility zum Patent angemeldete RBC-Simulationslösung vorgestellt, mittels derer ETCS-L2-Testfahrten auf jeder beliebigen Strecke durchgeführt werden können. Dafür werden RBC-Nachrichten von einem simulierten RBC an das Fahrzeug übermittelt.

Durch das dargestellte Verfahren ergeben sich auf verschiedenen Gebieten Vorteile für die Testdurchführung. Ein simuliertes RBC kann flexibler reagieren als ein im Betrieb befindliches und ermöglicht so auch im Feld das Testen von Fehlersituationen oder Sondersituationen. Die Möglichkeit, ETCS-L2-Testfahrten außerhalb der ausgerüsteten Strecke durchführen zu können, stellt jedoch den entscheidenden Faktor dar, mit dem Zeiteinsparungen und damit verbundene Kosteneinsparungen erzielt werden. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Výzkumný Ústav Železniční, a.s (VUZ) (Railway Research Institute, PLC), <https://www.cdvuz.cz/en/page/zkusebni-centrum-vuz-velim>, 5.02.2021 um 15:33
- [2] Flip: „Travelling Virtual Balise for ETCS“, International Journal of Transport Development and Integration, Volume 1 (2017), Issue 3, pp. 578 – 588
- [3] European GNSS Agency, „Satellite positioning: a game changer for the European Railway Traffic Management System“, <https://www.gsa.europa.eu/newsroom/news/satellite-positioning-game-changer-european-railway-traffic-management-system>, 5.02.2021 um 15:33

AUTOR | AUTHOR

Dr. Klaus Didrich

Testexperte für ETCS Onboard Unit Systeme /

Test Expert for ETCS Onboard Unit Systems

Siemens Mobility GmbH

Anschrift / Address: Kieffholzstraße 44, D-12435 Berlin

E-Mail: klaus.didrich@siemens.com

Ihre Innovationen für die **digitale Schiene** sind **jetzt** gefragt!
Präsentieren Sie Ihr Unternehmen zielgerichtet in SIGNAL+DRAHT.
Das international führende Fachmedium für die Leit-, Sicherungs- und Informationstechnologie.

DSTW
DIGITALISIERUNG

MOBILITÄT

ZUKUNFTSTECHNOLOGIE
AUTOMATISIERUNG

ILBS
ETCS
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

