

Bahnautomatisierung im Nahverkehr

Wie funktioniert die automatische Steuerung eines Zuges?

Bei automatisch gesteuerten Zügen werden Fahrerlaubnis und Steuerungsbefehle nicht durch Signale angezeigt, sondern erfolgen über Datenkommunikation zwischen Schienenfahrzeug und Streckenausrüstung (**Communication Based Train Control, CBTC**). Dabei arbeiten alle CBTC-Systeme auf ähnliche Art und Weise:

- Ein streckenseitiger Rechner verfolgt alle Züge in dem zugeordneten Streckenbereich und berechnet für jeden Zug eine entsprechende Fahrerlaubnis. Die Züge werden dadurch kontinuierlich geführt und können dichter hintereinander herfahren als beim manuellen Fahren auf Signalsicht.
- Beim vollautomatischen Betrieb werden die U-Bahnzüge von der automatischen Zugsteuerung und -sicherung **ATC (= Automatic Train Control)** in Verbindung mit der Steuerung und Sicherung der Strecke durch Stellwerke gefahren.
- Dazu tauschen die Rechner für die Strecke mit den Rechnern des übergeordneten Systems in der Leitzentrale und Rechnern im Zug per Funk ständigen Daten aus.
- Im Zug ersetzt die Automatische Zugsteuerung (**Automatic Train Operation, ATO**) den U-Bahn-Fahrer und steuert die Geschwindigkeit des Fahrzeugs.
- Der ATO-Rechner wird dabei von der automatischen Zugsicherung (**ATP = Automatic Train Protection**) überwacht und wenn nötig korrigiert.

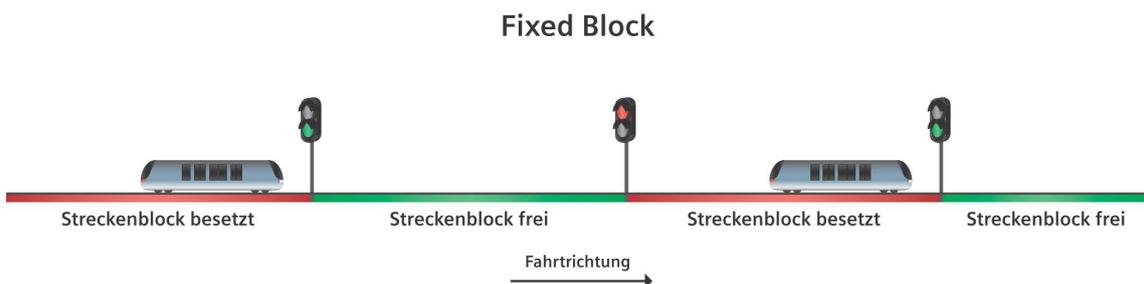
Die verschiedenen Stufen der U-Bahn-Automatisierung

Es gibt unterschiedliche Stufen der U-Bahn-Automatisierung, „automatisch“ heißt nicht immer gleich fahrerlos. Die verschiedenen Automatisierungsgrade reichen von fahrerunterstützenden Funktionen für die Steuerung der Bremsen und die automatische Geschwindigkeitsregelung des Zuges über das automatische und präzise Anhalten des Zuges in den Stationen, das Öffnen und Schließen der Zugtüren bis hin zur möglichen Fernsteuerung und dem vollautomatischen U-Bahnbetrieb ohne Fahrer.

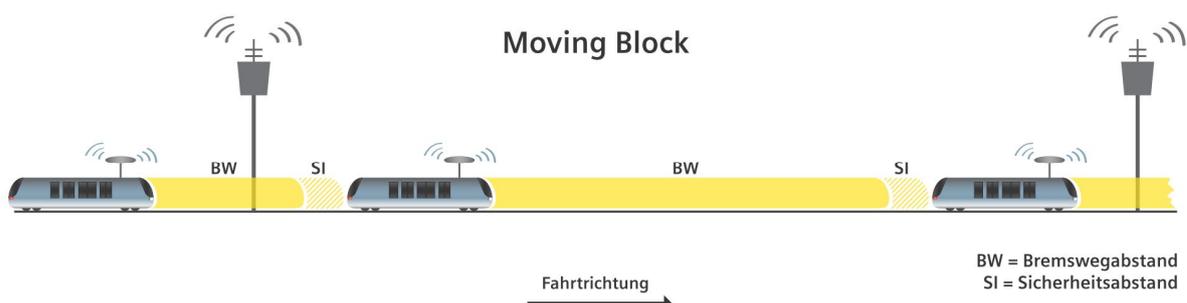
- Im fahrergesteuerten Betrieb fährt die U-Bahn ohne Assistenzsysteme. Der Fahrer steuert die U-Bahn auf Sicht, stationäre Lichtsignale steuern den Bahnbetrieb.
- Beim **teilautomatischen Betrieb (SCO – Supervision and Control Train Operation)** fährt und bremst der Fahrer die U-Bahn noch manuell. Ein Zugsicherungssystem überwacht jedoch kontinuierlich die Geschwindigkeit. Daneben werden dem Fahrer unterstützende Informationen wie beispielsweise aktuelle Fahraufträge im Führerraum angezeigt.
- Beim **halbautomatischen Betrieb (STO – Semi-automated Train Operation)** startet der Fahrer die U-Bahn zwar manuell, die präzise Steuerung der Fahrt zwischen zwei Bahnhöfen übernimmt die automatische Fahrsteuerung aber selbstständig, ebenso wie das automatische, exakte Anhalten des Zuges und das Öffnen der Türen.
- Beim **fahrerlosen Betrieb (DTO – Driverless Train Operation)** wird der Fahrbetrieb ohne menschliche Unterstützung automatisch geregelt und überwacht. Ein Zugbegleiter kann in Notfällen eingreifen. Die automatische Fahrsteuerung übernimmt das Losfahren, die Fahrt zwischen zwei Bahnhöfen, das automatische und exakte Anhalten sowie das Öffnen der Türen. Bei Bedarf wird die Tür erneut automatisch geöffnet. Bei hohem Passagieraufkommen werden zusätzliche Züge per Knopfdruck automatisch aus dem Depot in den Betrieb genommen.
- Beim **unbegleitetem Betrieb (UTO – Unattended Train Operation)** wird der Fahrbetrieb ebenfalls automatisch geregelt und überwacht. Es ist aber weder ein Fahrer noch ein Zugbegleiter vorgesehen. Als zusätzlich automatisierte Funktionen kommen hier z.B. das Kuppeln und Entkuppeln der Züge, das Abstellen von Zügen sowie erweiterte Möglichkeiten zur Fernbedienung und Fernentstörung hinzu.

Das Fahren nach dem Moving-Block-Prinzip verkürzt Raumabstände zwischen den Zügen, so können mehr Züge auf einer Strecke fahren

- Ein bisher vielfach verwendetes Verfahren ist das Fahren im festen Blockabstand (englisch: Fixed-Block). Hierbei ist die Strecke in feste Gleisabschnitte aufgeteilt, die durch stationäre Lichtsignale abgesichert sind.
- Fährt ein Zug in einen Gleisabschnitt ein, wird dieser durch das rückwärtige Haltesignal vom nachfolgenden Zug getrennt. Erst wenn sicher ist, dass der vorausgefahrne Zug die Blockstrecke verlassen hat, wird diese wieder freigegeben und ein nachfolgender Zug kann einfahren.
- Die starren Blockabstände haben wesentlichen Einfluss auf die Zugfolgezeit. Da immer ein Streckenabschnitt (Block) zwischen zwei Zügen frei bleiben muss, sind der Verkürzung der Zugfolgezeiten physikalische Grenzen gesetzt.



- Das **Moving-Block-Verfahren** kommt ohne feste Gleisabschnitte und stationäre Signale aus.
- Der benötigte Raumabstand zwischen zwei Zügen setzt sich aus Bremsweg bei aktueller Geschwindigkeit plus eines Sicherheitsabstands zusammen.
- Er wird während der Fahrt laufend neu errechnet und direkt an die Zugsteuerung übermittelt, so dass ein nachfolgender Zug nicht an einem Signal oder einer Blockgrenze stehenbleiben muss. Die Fahrzeuge bleiben in Bewegung.
- Weil sich die Blockstrecke mit den Zügen vorwärtsbewegt, lassen sich optimal verkürzte Raumabstände und eine dichtere Zugfolge erreichen.



Erforderliche Maßnahmen bei der Umrüstung einer U-Bahnlinie zum fahrerlosen Betrieb

Spezifische Ausstattung für Strecke und Bahnsteigsicherung:

Neben der für die U-Bahn allgemein üblichen Bahnsteiginfrastruktur wie zum Beispiel Aufzüge, Rolltreppen, Nothaltschalter, Feuerlöscher, Brandmelder, Markierung der Bahnsteigkanten, Funk, Notbeleuchtung, Notausstiege, und vieles mehr verfügen die Bahnhöfe entlang der automatisierten U-Bahn-Linien über besondere Einrichtungen zur Absicherung des automatischen Fahrbetriebs:

- Der Gleisbereich in den U-Bahnhöfen ist im automatischen Betrieb mit einem **Bahnsteiggleis-Überwachungssystem** ausgerüstet, wenn keine Bahnsteigtüren vorhanden sind, die den Gleisbereich abschirmen. Für den Fall, dass eine Person oder ein größerer Gegenstand in den Gleisbereich fällt, löst ein das Überwachungssystem einen Alarm aus. Je nachdem wie weit ein herannahender Zug vom Alarmpunkt entfernt ist, erfolgt eine sofortige Zwangsbremmung oder der Zug fährt bis zum Beginn des nächsten Bahnsteigs und kommt dort zum Stehen. Züge in den umliegenden Stationen werden ebenfalls an der Abfahrt gehindert. Parallel folgt eine Meldung an die Betriebsleitzentrale und das Servicepersonal am Bahnsteig.
- Die für den automatischen Betrieb erforderlichen **Bahnsteigabschluss Türen** grenzen den Bahnsteig zum Streckenbereich ab. Für den Fall, dass jemand den Gleisbereich unangemeldet betritt, werden Züge an der Abfahrt gehindert.
- Für den Fall, dass eine Person in den Tunnel läuft, greift die **Eindringüberwachung** und hält Züge an, beziehungsweise hindert sie am Abfahren.
- Für ergänzende Eingriffe dienen die **Fernbeobachtung der Bahnsteiggleise und Bahnsteige**. In der Leitstelle schalten sich automatisch Videobilder des Gleisbereichs auf, so dass die Mitarbeiter dort sofort geeignete Maßnahmen einleiten können. Um eine Störung besser beurteilen zu können, steht der Leitstelle über einen Historienspeicher die bereits zehn Sekunden vor dem Alarm beginnende Videosequenz zur Verfügung.
- Beim automatischen Betrieb steht den Fahrgästen ausreichend **Servicepersonal** als Ansprechpartner auf der Strecke zur Verfügung. Dies wirkt sich auch positiv auf das Sicherheitsgefühl der Fahrgäste aus. Die Mitarbeiter am Bahnsteig sind bei Störungen vor Ort beheben diese oder organisieren weitere Hilfe. Sie können zudem im Fehlerfall die automatischen Fahrzeuge auch manuell steuern.

Spezifische Zugausstattung:

Für fahrerlose U-Bahnen gibt es neben der üblichen Zuginfrastruktur wie Notbremse, Feuerlöscher, Notbeleuchtung, akustische Signale und Türüberwachung spezielle Sicherheitsrichtlinien und Sicherheitsanforderungen je nach Kundenanforderungen. Sie sind besonders sicher, da sie im übertragenen Sinn mit mehr technischen „Sinnen“ als der Fahrer ausgestattet sind. Zusätzlich sind die besonders wichtigen Systeme redundant angelegt, bei einem Ausfall greift automatisch das ergänzende System.

- So verfügen die fahrerlosen U-Bahnen über eine spezielle Hinderniserkennung. Diese leiten eine Bremsung ein, sobald ein Hindernis erkannt wurde.
- Außerdem verfügen sie über spezielle Entgleisungsdetektoren, die einen aus der Spur geratenen Wagen erkennen und gegebenenfalls den Zug sicher zum Halten bringen und den Vorfall an eine Leitstelle weitermelden.
- Zwischen Bahnsteig und Bahn gibt es keinen Spalt mehr. Den schließt die Spaltüberbrückung an den Türen. Das erleichtert Mobilitäts- und Sehbehinderten das Ein- und Aussteigen. Zudem verhindert die Überbrückung, dass Fahrgäste in den Spalt zwischen Bahnsteigkante und Fahrzeug geraten.
- Eine Türspaltüberwachung, die auch dünne und flexible Objekte erkennen kann, trägt zur Erhöhung der Sicherheit bei. Erst wenn alle Türen korrekt geschlossen sind, kann der Zug starten.
- Sobald sich der Zug in Bewegung setzt, wird die Türnotentriegelung gesperrt. Bleibt der Zug im Tunnel störungsbedingt stehen, bleibt die diese so lange gesperrt, bis die Betriebsleitzentrale Sicherheitsmaßnahmen wie das Anhalten des Gegenverkehrs und das Spannungslos-Schalten der Stromschiene eingeleitet hat. Sobald der Fahrstrom im Tunnel abgeschaltet ist, schaltet sich automatisch die Tunnelbeleuchtung ein.
- Alle Fahrzeuge müssen mit aktuellster Brandmeldetechnik ausgestattet sein. Eine Sprechstelle mit Notrufknopf ermöglicht eine direkte Sprechverbindung zum Fahrer bzw. beim automatischen Betrieb direkt zur Betriebsleitzentrale. So kann bereits während der Fahrt ein Notfall gemeldet werden.

Spezielle Sicherheitselemente beim fahrerlosen Betrieb

- Nach einem Notruf oder der Betätigung einer Notbremse durch einen Fahrgast kann mit Hilfe der Fahrgastraumbeobachtung die Situation im Fahrzeug von der Leitstelle aus beurteilt werden. Notwendige Maßnahmen können sofort veranlasst werden.
- Die Züge sind durchgehend mit Überwachungskameras ausgestattet. Die Videobilder werden mittels eines Funk-LAN in die Leitstelle übertragen. Besondere Vorkommnisse können so direkt von der Leitstelle registriert, Maßnahmen sofort eingeleitet werden.
- Sollte im Wagen ein Feuer ausbrechen, treten die installierten Rauchmelde- und Temperatursensoren in Aktion. Sie entdecken Gefahren bereits in der Entstehung. Die Sensoren lösen in der Leitstelle Alarm aus und der Zug wird im nächsten Bahnhof automatisch angehalten. Dort erkunden Mitarbeiter die Ursache für die Brandmeldung.
- Eine so genannte Fahrgastraumbeschallung dient zur Durchsage von betrieblichen und verkehrlichen Informationen. Neben der Fahrgastbetreuung im Notfall erfolgt hierüber die Versorgung der Fahrgäste mit Informationen.
- Die Fahrgäste können bei Bedarf jederzeit über die Notsprechstelle mit der Betriebsleitzentrale Kontakt aufnehmen. Löst ein Fahrgast Alarm aus, wird er über Digitalsprechfunk direkt verbunden.
- Optische und akustische Signale kündigen kurz vor dem Schließen der Türen mittels Blinklicht an den Türen und einem Piepton den Schließvorgang an. Beides in Kombination signalisiert auch Seh- und Hörbehinderten zuverlässig, dass sich die Türen schließen.
- Die Überwachungseinrichtungen erkennen beim automatischen Betrieb, wenn die vorgeschriebene Geschwindigkeit überschritten wird. Das Fahrzeug wird dann sofort automatisch gebremst.
- Die Wegefassung bildet die Grundlage für wesentliche Funktionen des Zugsicherungssystems (ATP-Fahrzeugrechners) wie die Abstandshaltung, das Anfahren von Haltepunkten oder die Geschwindigkeitsüberwachung. Aus diesem Grund führt der ATP-Fahrzeugrechner kontinuierlich eine Wegmessung durch. Die Angaben über den aktuellen Fahrzeugort werden regelmäßig aktualisiert.

Ansprechpartner für Journalisten:

Siemens AG, Media Relations

Silke Reh, Tel.: +49 89 636 630368

E-Mail: silke.reh@siemens.com