

## 3 Betriebliche und bauliche Randbedingungen

### 3.1 Betriebliche Randbedingungen

#### 3.1.1 Fahrzeiten

##### **Geschwindigkeit**

Die erreichbare Geschwindigkeit eines Zuges ist von vielen Faktoren abhängig:

– **Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge**

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Triebzuges ET 420 beträgt 120 km/h, die Nachfolgebaureihe ET 423 erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h. Der mit der E 111 bespannte Wendezug weist eine maximale Geschwindigkeit von 160 km/h auf.

– **Streckengeschwindigkeit**

Die örtlich zulässige Streckengeschwindigkeit variiert üblicherweise zwischen 60 km/h auf Innenstadtbahnhöfen und 160 km/h im Außenbereich. Sie ist insbesondere von den Trassierungselementen und den Haltestellenabständen abhängig.

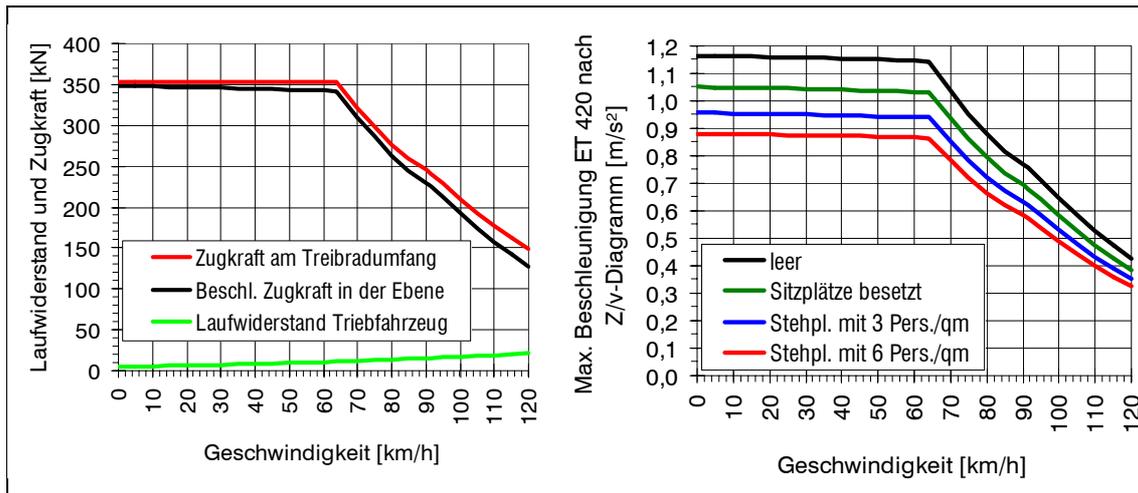
– **Streckenwiderstände, insbesondere Neigungen**

Da die S-Bahn-Triebwagen auf allen Achsen angetrieben sind und eine relativ hohe Motorleistung besitzen, haben Steigungen nur geringe Auswirkungen auf die erreichbare Höchstgeschwindigkeit, jedoch große Auswirkungen auf die Beschleunigung. Auf reinen S-Bahn-Strecken, die ausschließlich mit Triebzügen befahren werden, ist eine maximale Neigung von 40 ‰ zulässig und üblich. Diese bewirkt beispielsweise eine um ca. 0,4 m/s<sup>2</sup> veränderte Beschleunigung. Im Haltestellenbereich beträgt die Neigung im allgemeinen maximal 2,5 ‰. Ausnahmen sind bei Haltepunkten zulässig, so ist z.B. die Station Feuersee der S-Bahn Stuttgart mit 20 ‰ trassiert.

##### **Beschleunigung**

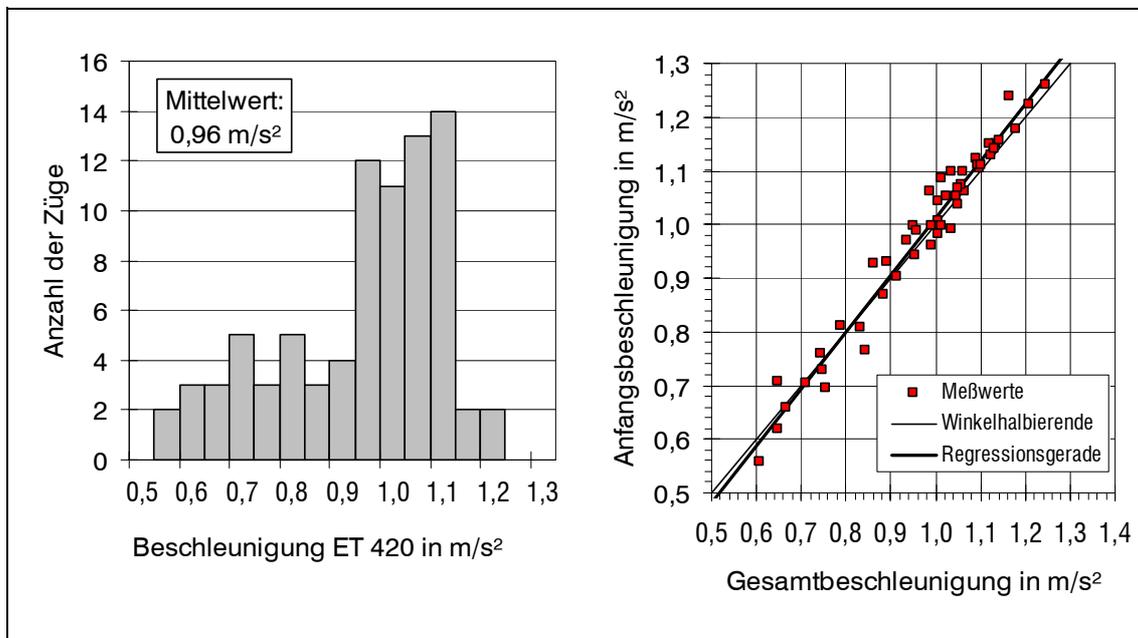
Die maximale Beschleunigung ist von der Zugkraft des Fahrzeugs, von den Widerständen und der Masse des Zuges abhängig. Die Zugkraft wird durch die Motorleistung und die thermische Zugkraftbegrenzung bzw. durch die Reibungszugkraft bestimmt. Sie wird über das Zugkraft-/Geschwindigkeitsdiagramm vorgegeben. Durch den Allachsenantrieb beim ET 420 liegt die Reibungszugkraft immer über der motorischen Zugkraftkurve und braucht so nicht berücksichtigt zu werden.

Die Beschleunigung kann aus dem Z/v-Diagramm des BZA MÜNCHEN [9] ermittelt werden. Je nach Besetzungsgrad des Fahrzeugs ergibt sich zwischen 0 und 63 km/h eine nahezu konstante Beschleunigung von 0,88 bis 1,17 m/s<sup>2</sup>, die danach bis zur Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h auf 0,32 bis 0,43 m/s<sup>2</sup> abfällt.



**Abb. 3.1:** Z/v-Diagramm und maximale Beschleunigung ET 420 (Vollzug) (nach [DB1])

Um den Mittelwert zu überprüfen und das Maß der Streuung zu ermitteln, wurden eigene Messungen der Beschleunigung durchgeführt, die den Geschwindigkeitsbereich bis 60 km/h abdecken. Dabei wurde bei Vollzügen die Zeit gemessen, die zwischen dem Anfahrdruck und der Vorbeifahrt der Zugmitte und des Zugendes vergeht. Über die Zuglänge war dann die Beschleunigung sowohl des gesamten Zuges als auch eines Zugteils zu ermitteln. Die Messungen wurden ausschließlich in Frankfurt (Main) Tiefbahnhof während der Hauptverkehrszeit durchgeführt. Im Meßbereich verläuft die Strecke nahezu eben. Die Ergebnisse lassen sich folgenden Grafiken entnehmen:



**Abb. 3.2:** Beschleunigung ET 420 (eigene Messungen)

Der Mittelwert der Beschleunigung wurde mit  $0,96 \text{ m/s}^2$  ermittelt, mit einer Streubreite von  $0,6 \text{ m/s}^2$  bis  $1,3 \text{ m/s}^2$ . Die Verteilung ist deutlich rechtsschief, da die Beschleunigung nach oben hin von der verfügbaren Zugkraft begrenzt

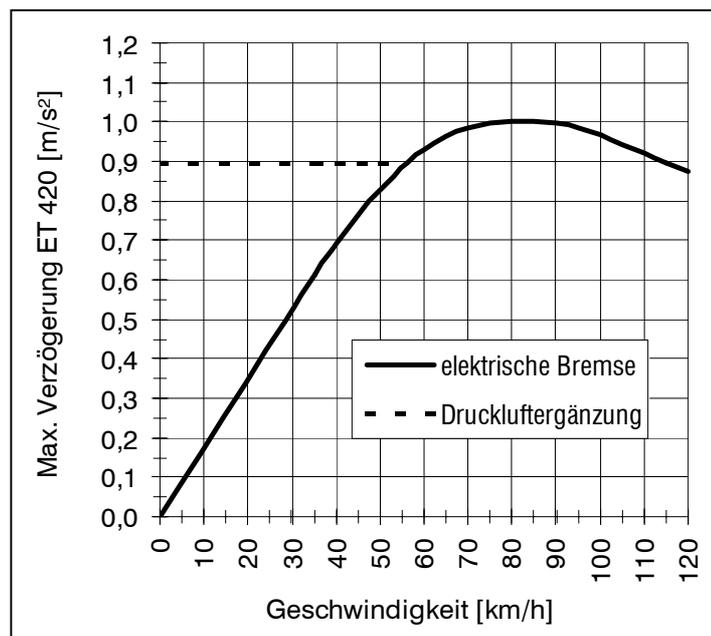
ist, nach unten hin der Triebfahrzeugführer jedoch jederzeit einer geringere Beschleunigung wählen kann. Die Anfangsbeschleunigung unterscheidet sich mit einem Mittelwert von  $0,97 \text{ m/s}^2$  nur marginal von dem Mittelwert der Gesamtbeschleunigung von  $0,96 \text{ m/s}^2$ . Insbesondere im oberen Beschleunigungsbereich ab  $1,0 \text{ m/s}^2$  liegen die Werte der Anfangsbeschleunigung über denen der Gesamtbeschleunigung, was den leichten Abfall der Z/v-Linie bis  $63 \text{ km/h}$  nachvollzieht und auf die volle Ausnutzung der Zugkraft hindeutet.

Die aus dem Z/v-Diagramm berechneten Werte konnten somit bestätigt werden. Für die Beschleunigung wurden die Werte aus dem Z/v-Diagramm mit voller Sitzplatzbelegung und einer Stehplatzbelegung von  $3 \text{ Pers./qm}$  angesetzt.

### Bremsverzögerung

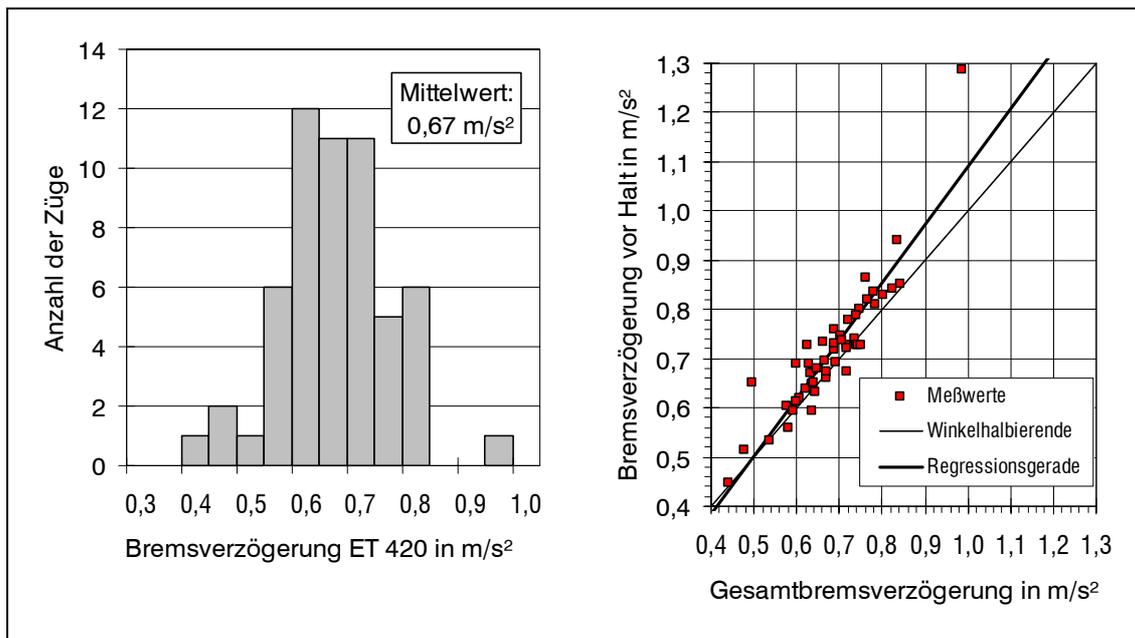
Durch seinen Allachsantrieb kann der Triebzug ET 420 auch an allen Achsen mittels elektrischer Widerstandsbremse gebremst werden, wobei im unteren Geschwindigkeitsbereich eine elektropneumatisch gesteuerte Druckluftbremse ergänzend zugeschaltet wird. Dies gilt allerdings nur für die Betriebsbremsung, bei einer Notbremsung wirkt nur die Druckluftbremse.

Die Bremsverzögerung des ET 420 wird von RAPPENGLÜCK [51] mit  $0,9 \text{ m/s}^2$  für Betriebsbremsungen und  $0,95 \text{ m/s}^2$  für Schnellbremsungen angegeben. Die bei Zielbremsungen anwendbare Bremsverzögerung beläuft sich unter Berücksichtigung des notwendigen Regelspielraumes auf etwa  $0,7 \text{ m/s}^2$ . Da bei Notbremsungen nur die Druckluftbremse wirkt, wird hier ebenfalls nur mit einer Bremsverzögerung von  $0,7 \text{ m/s}^2$  gerechnet. Nebenstehende Grafik zeigt die maximale Bremsverzögerung bei Betriebsbremsungen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit.



**Abb. 3.3:** Maximale Verzögerung ET 420 [51]

Auch die in der Literatur angegebene Bremsverzögerung wurde mit eigenen Messungen überprüft, die den Geschwindigkeitsbereich bis  $60 \text{ km/h}$  abdecken. Dabei wurde bei Vollzügen die Zeit gemessen, die zwischen dem Bremsruck und der Vorbeifahrt der Zugmitte und der Zugspitze vergeht. Über die Zuglänge war dann die Bremsverzögerung sowohl des gesamten Zuges als auch eines Zugteils zu ermitteln. Die Messungen wurden ausschließlich in Frankfurt (Main) Tiefbahnhof während der Hauptverkehrszeit durchgeführt. Die Ergebnisse sind den folgenden Grafiken zu entnehmen:



**Abb. 3.4:** Brmsverzögerung ET 420 (eigene Messungen)

Für die Brmsverzögerung ergab sich ein Mittelwert von  $0,67 \text{ m/s}^2$ , wobei der kleinste Wert etwa  $0,4 \text{ m/s}^2$  und der größte Wert etwa  $1,0 \text{ m/s}^2$  betrug. Markant ist dabei, daß die Brmsverzögerung unmittelbar vor dem Halt etwas größer ist als die Gesamtbremsverzögerung.

Die Mittelwerte aus der Literatur konnten somit bestätigt werden. Für die Brmsverzögerung wurden  $0,7 \text{ m/s}^2$  angesetzt.

### Fahrzeitzuschläge

Fahrzeitzuschläge lassen sich als verteilte Zuschläge und als punktuelle Zuschläge in den Fahrplan einbauen. Im S-Bahn-Verkehr wird zu den reinen Fahrzeiten ein verteilter Zuschlag von 3 % hinzugerechnet. Im Fernverkehr existieren vor großen Endbahnhöfen zusätzliche punktuelle Zuschläge, damit die Anschlußbeziehungen sichergestellt sind. In S-Bahn-Fahrplänen sind diese nicht vorhanden.

### 3.1.2 Haltezeiten

#### Bemessung der planmäßigen Haltezeiten

Die planmäßigen Haltezeiten setzen sich zusammen aus:

- der verkehrlich notwendigen Haltezeit,
- einer eventuellen zusätzlichen Haltezeit zur Taktanpassung (Synchronisationszeit) und
- etwaigen Haltezeitzuschlägen.

Die verkehrlich notwendige Haltezeit ist die Summe aus der Türöffnungszeit, der Fahrgastwechselzeit und der Zugabfertigungszeit. Zusätzliche Haltezeiten zur Taktanpassung werden notwendig, wenn sich S-Bahn-Züge auf Mischbetriebsstrecken dem übrigen Verkehr anpassen müssen. In S-Bahn-Netzen sind entweder an den Übergangsbahnhöfen zwischen Mischbetriebsstrecken und

reinen S-Bahn-Strecken oder verteilt über die Betriebsstellen der Strecke Haltezeitzuschläge vorgesehen, damit auf den hochbelasteten Innenstadtstrecken die jeweiligen Fahrplantrassen zuverlässig erreicht werden.

In der Praxis werden die verkehrlich notwendigen Haltezeiten überschlägig festgelegt. Bei der S-Bahn Rhein-Main werden beispielsweise folgende Werte angewendet:

Bereich	verkehrlich notwendige Haltezeit	Stationen (Beispiele)
stark belastete Tunnelstationen	1,0 min	Ffm Tief
Tunnelstationen im Kernbereich	i.allg. 0,6 min	Hauptwache, Konstablerwache
Stationen außerhalb des Kernbereichs mit starkem Fahrgastwechsel	0,6 min	Höchst, Bad Homburg
Stationen außerhalb des Kernbereichs	0,5 min	Eschborn, Kronberg Süd

**Tab. 3.1:** Verkehrlich notwendige Haltezeiten bei der S-Bahn Rhein-Main [DB8]

Haltezeitzuschläge werden im Rhein-Main-Gebiet insbesondere auf den Bahnhöfen Ffm Tief, Westbahnhof, Ffm-Höchst und Flughafen angesetzt und betragen 0,5 bis 4 Minuten.

### Mindesthaltezeiten

Bei verspäteten Zügen ist eine Kürzung der planmäßigen Haltezeiten anzustreben. Die notwendigen Mindesthaltezeiten sind von vielen Faktoren wie Fahrgastanzahl, Lage der Zugänge, Bahnsteighöhe u.a. abhängig. Hierzu existieren vielfältige Untersuchungen (z.B. WEIDMANN [53] und HOYER [27]), die aber noch nicht in eine Vorschrift gefaßt sind.

### 3.1.3 Wendezeiten

Die Mindestwendezeiten für S-Bahn-Triebfahrzeuge ET 420 sind in der DS 402 02 [16] wie folgt festgelegt:

Fahrzeug-zusammenstellung	Mindestwendezeiten in Minuten			
	1 Tfz-Führer		2 Tfz-Führer mit Personalablösung	
	ohne	mit	ohne	mit
	Änderung der Zugzielanzeige			
Kurzzug	3(4)	4	1(2)	2
Vollzug	5	5	1(2)	2
Langzug	6	6	1(2)	2

**Tab. 3.2:** Mindestwendezeiten für S-Bahn-Triebfahrzeuge ET 420 [16], (Die Werte in Klammern gelten ab der 3. Bauserie)

Um Verspätungsübertragungen zu vermeiden bzw. zu dämpfen, sind zu den Mindestwendezeiten 3 Minuten Pufferzeit einzuplanen [16].

### 3.1.4 Verspätungsgründe

Sowohl für die Untersuchung der Daten der rechnerunterstützten Zugüberwachung (RZü) als auch für die Erstellung des Simulationsprogramms muß eine Klassifizierung der Verspätungsgründe erfolgen. Diese lassen sich nach folgenden Kriterien einteilen:

- Gründe mit Auswirkungen auf die Haltezeit oder die Fahrzeit.
- Gründe, die entweder zufällig auf einzelne oder regelmäßig auf alle Züge wirken.
- Gründe, die über einen ganzen Zuglauf oder nur vereinzelt an bestimmten Stationen oder Streckenabschnitten wirken.

In der nachstehenden Tabelle sind beispielhaft einige Verspätungsgründe mit einer Einteilung nach obengenannten Kriterien aufgeführt:

Auswirkungen auf..	betroffene Züge	örtliche Auswirkungen	Beispielsgründe
Haltezeit	zufällig einzelne Züge	vereinzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fahrgastandrang an einzelnen Stationen</li> <li>– Warten auf Betriebspersonal</li> <li>– besetzte (Strecken-) Gleise</li> <li>– Warten auf Anschluß</li> <li>– (Ausfahr-) Signal-, Weichenstörungen</li> </ul>
		gesamter Zuglauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fahrgastandrang infolge nicht benutzbarer Wagen bzw. Türen</li> <li>– Fahrgastandrang wegen außerplanmäßig reduzierter Wagenanzahl</li> </ul>
	regelmäßig alle Züge	vereinzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fahrgastandrang z.B. nach einer Großveranstaltung</li> </ul>
		gesamter Zuglauf	– -
Fahrzeit	zufällig einzelne Züge	vereinzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Signal-, Weichenstörungen</li> <li>– besetzte (Strecken-/ Bahnhofs-) Gleise</li> </ul>
		gesamter Zuglauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tfz-Motorausfall</li> <li>– Geschwindigkeitsreduzierung aufgrund einer Störung im Bremssystem</li> </ul>
	regelmäßig alle Züge	vereinzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Langsamfahrstelle (La)</li> <li>– Betriebs- und Bauanweisung (Beta)</li> <li>– schlüpfrige Schienen</li> </ul>
		gesamter Zuglauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spannungsabfall in der Fahrleitung auf einem größeren Streckenabschnitt</li> </ul>

**Tab. 3.3:** Klassifizierung von Verspätungsgründen ([21], [28], [34] sowie eigene Überlegungen)

## 3.2 Zugbeeinflussungssysteme

### 3.2.1 Allgemeines

Die Art bzw. das System der Zugbeeinflussung kann bei verspäteter Signalfreigabe einen erheblichen Einfluß auf die Behinderungszeit haben. So gibt es sowohl Systeme, die die Fahrkurve restriktiv überwachen und damit größere Behinderungszeiten verursachen können, als auch liberale Systeme, die nur geringe Behinderungszeiten hervorrufen. Diese haben dafür insbesondere bei S-Bahnen negative Folgen für die Betriebssicherheit. Daher wurde in den letzten Jahren bei S-Bahnen ein restriktiveres System eingeführt, das bei bestimmten Zuordnungen der Signale, Weichen und Bahnsteige zueinander zu wesentlich größeren Behinderungszeiten führen kann.

Für eine ausreichende Genauigkeit der Simulationsergebnisse war es daher notwendig, das jeweilige Zugbeeinflussungssystem im Rechnerprogramm zu berücksichtigen. Um die Einbindung in das Programm zu zeigen und um Grundlagen für das Kapitel 3.3 -Bemessung von Begegnungsabschnitten und Kreuzungsbahnhöfen- zu erläutern, werden in diesem Kapitel die verschiedenen Zugbeeinflussungssysteme beschrieben.

Grundsätzlich sind drei Arten der Zugbeeinflussung von der Strecke auf das Triebfahrzeug zu unterscheiden:

- Punktförmige Übertragung durch mechanische Kontakte, Indusi-Magnete oder Balisen.
- Linienförmige Übertragung durch Linienleiter.
- Übertragung durch Funk.

Bei punktförmigen Zugbeeinflussungen besteht immer das Problem, daß sich der aktuelle Signalbegriff nicht ständig auf das Triebfahrzeug übertragen läßt. Erst bei der nächsten Überfahrt über einen mechanischen Kontakt, einen Magneten oder eine Balise kann die Information weitergegeben werden. Auf den Streckenabschnitten dazwischen kann die Fahrkurve entweder restriktiv überwacht werden mit negativen Folgen für die Betriebsflüssigkeit oder aber liberal mit Befreiungsmöglichkeiten für den Triebfahrzeugführer, aber negativen Folgen für die Sicherheit. Es besteht bei einer punktförmigen Zugbeeinflussung somit immer ein Konflikt zwischen der Betriebsflüssigkeit und der Sicherheit.

Bei einer linienförmigen Zugbeeinflussung mittels Linienleiter oder einer Übertragung durch Funk ist eine kontinuierliche Überwachung vorhanden, so daß diese Systeme sowohl eine hohe Sicherheit als auch eine optimale Betriebsflüssigkeit garantieren. Aus diesem Grund können einige punktförmige Zugbeeinflussungssysteme im Annäherungsbereich vor Signalen mit Linienleiter ergänzt werden.

### 3.2.2 Induktive Zugbeeinflussung (Indusi) I 60, I 60-R und PZ 80

Bei der DB existieren zur Zeit drei hauptsächliche Indusi-Systeme, die allerdings sukzessive durch die punktförmige Zugbeeinflussung PZB 90 abgelöst werden sollen:

- I 60, das herkömmliche System der DB.
- I 60-R, die verbesserte Version. Hierbei wird nach der 1000 Hz-Beeinflussung eine Geschwindigkeitskurve aufgebaut, aus der sich der Triebfahrzeugführer nicht befreien kann, die aber nach 700 m automatisch endet.
- PZ 80, das herkömmliche System der DR.

Bei der Berliner S-Bahn gibt es noch ein mechanisches Zugbeeinflussungssystem. Die Zugbeeinflussung mittels Linienleiter war in München geplant, kam aber nicht zur Anwendung. Im folgenden wird nur die Indusi I 60 näher beschrieben, da diese das am weitesten verbreitete System ist.

Die Indusi I 60 ist ein punktförmiges Zugbeeinflussungssystem, das mittels induktiver Übertragung zwischen Gleis- und Fahrzeugmagneten die Geschwindigkeit von Zügen überwacht. Bei Nichtbeachten eines Signals oder einer Geschwindigkeitsbeschränkung wird eine Zwangsbremmung ausgelöst.

Je nach vorhandenen Brems Hundertstel ist eine Zugartschalterstellung zu wählen: O, M oder U. Bei Triebwagen ist der Zugartschalter festgelegt, bei neueren S-Bahn-Fahrzeugen ausschließlich in der Stellung O. Folgende Handlungen sind erforderlich, um eine Zwangsbremmung zu vermeiden (am Beispiel der Bremsart O) [14]:

Vorsignal	1000 Hz-Magnet	Betätigung der Wachsamkeitstaste innerhalb von 4 Sekunden
		Unterschreiten der Prüfgeschwindigkeit von 95 km/h nach 20 Sekunden
150-250 m vor Hauptsignal	500 Hz-Magnet	Unterschreiten der Prüfgeschwindigkeit von 65 km/h
Hauptsignal	2000 Hz-Magnet	-

In der nebenstehenden Grafik sind die Überwachungspunkte der Indusi I 60 dargestellt:

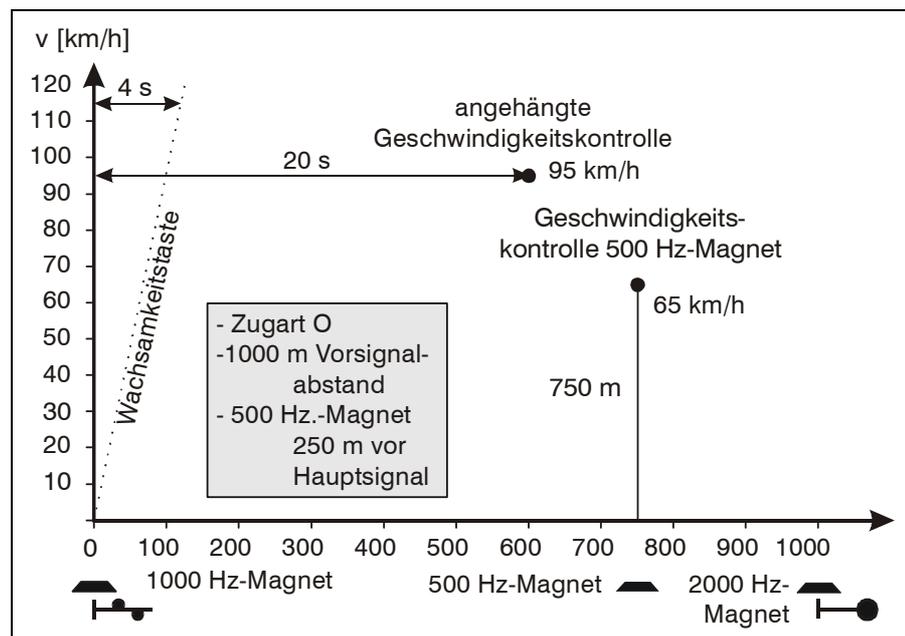


Abb. 3.5: Überwachungspunkte Indusi I 60 (nach [14])

### **Lücken im Sicherungssystem der Indusi**

Das System der Induktiven Zugsicherung hat sich bewährt und trägt einen wesentlichen Teil zur Sicherheit im Eisenbahnbetrieb bei. Da die Geschwindigkeiten jedoch nur punktförmig überwacht werden, ergeben sich gewisse Sicherungslücken, in denen nicht immer gewährleistet ist, daß eine etwaige Zwangsbremmung vor dem Gefahrenpunkt endet:

- Die Wachsamkeitstaste wird bedient, jedoch keine Bremsung eingeleitet.
- Nach einer Geschwindigkeitsprüfung wird nicht weitergebremst.
- Nach Halt wird auf ein Hp0 zeigendes Signal beschleunigt (In Bahnhöfen ist dies nicht zulässig, nach Signalverwechslungen jedoch möglich).

Die Fälle, in denen diese Lücken zu einem Unfall geführt haben, sind sehr selten. Durch besondere Bedingungen im S-Bahn-Verkehr erhalten diese Sicherheitslücken jedoch eine höhere Bedeutung:

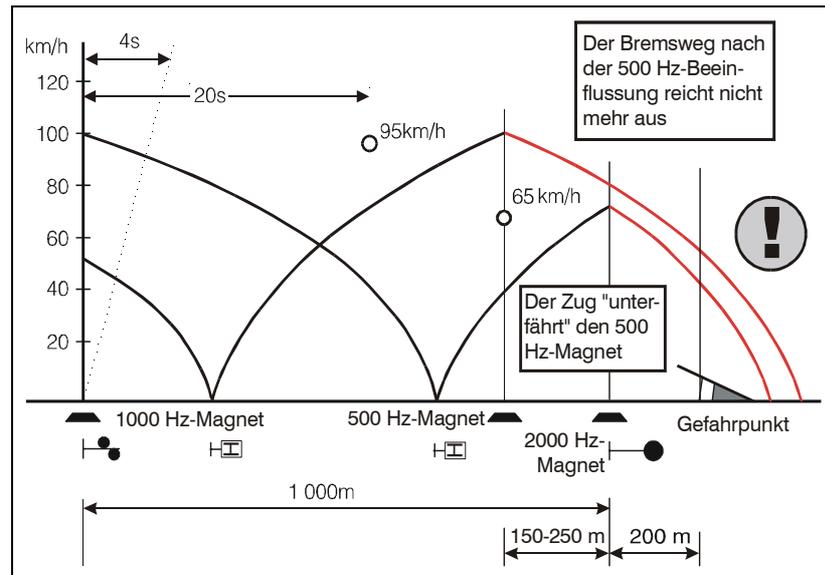
- Viele S-Bahn-Strecken sind parallel zu bestehenden Bahnstrecken gebaut, so daß eine erhöhte Gefahr einer Signalverwechslung besteht, zumal sich die Signalstandorte nur selten auf einer Höhe befinden. Insbesondere bei Strecken, die im Gleiswechselbetrieb betrieben werden und so links der Fahrtrichtung stehende Signale aufweisen, besteht ein erhöhtes Risiko.
- Ein wesentlicher Teil der Fahrtstrecke wird beschleunigend zurückgelegt. Auf diese Fahrweise ist das System der Indusi I 60 nicht ausgelegt. Durch das hohe Beschleunigungsvermögen der Triebzüge kann am Gefahrenpunkt auch bei Zwangsbremmung fast die planmäßige Geschwindigkeit erreicht sein. Die mögliche Abfahrt auf ein Halt zeigendes Signal birgt somit ein hohes Risiko, wie z.B. der Unfall von Rüsselsheim im Jahre 1990 gezeigt hat.
- Bei einem etwaigen Zusammenstoß von S-Bahnzügen ist mit relativ vielen Toten und Verletzten zu rechnen.

Auf eingleisigen S-Bahn-Strecken mit zweigleisigen Begegnungsabschnitten bilden die Überleitungsweichen besonders kritische Gefahrenpunkte. Wegen der Häufigkeit betrieblicher Konfliktsituationen erscheinen hier diese Lücken im System der Indusi I 60 nicht hinnehmbar. Die Nichtbeachtung eines Halt zeigenden Hauptsignals würde nämlich mit großer Wahrscheinlichkeit zu einem schweren Unfall führen.

Gefahrsituationen entstehen insbesondere dann, wenn ein Zug nach Halt am Bahnsteig gegen ein haltzeigendes Signal anfährt, irrtümlich von der Fahrtstellung ausgeht und beschleunigt. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden, wobei ein 500 Hz-Magnet vorausgesetzt wird:

- Der Zug startet kurz vor dem 500 Hz-Magnet, hat dort die Prüfgeschwindigkeit von 65 km/h noch nicht erreicht und "unterfährt" somit die Kontrolle. Die Beeinflussung am Hauptsignal kann den Zug dann nicht mehr innerhalb des Durchrutschweges zum Stehen bringen.

- Der Zug fährt in größerer Entfernung vom 500 Hz-Magnet ab und hat dort bereits eine so hohe Geschwindigkeit erreicht, daß die Beeinflussung ihn nicht mehr innerhalb des Durchrutschweges zum Stehen bringt.



**Abb. 3.6:** Darstellung der "Indusi-Problematik" in einem Geschwindigkeits-/Wegdiagramm

### 3.2.3 Induktive Zugbeeinflussung (Indusi) PZB 90

Die Sicherheitslücken, die das herkömmliche Indusi-System insbesondere im S-Bahn-Verkehr aufweist, sollen durch ein neues punktförmiges Zugbeeinflussungssystem geschlossen werden. Voraussetzung für die Neuentwicklung war, daß die Technik an der Strecke weitgehend unverändert bleiben kann. Die Indusi war so zu verbessern, daß das Unfallrisiko bei Zügen, die nach Halt am Bahnsteig gegen ein haltzeigendes Signal mit nicht mehr vorhandenem Durchrutschweg anfahren, vermindert wird. [1, 15]

Dies wird vor allen Dingen mit 2 Maßnahmen erreicht:

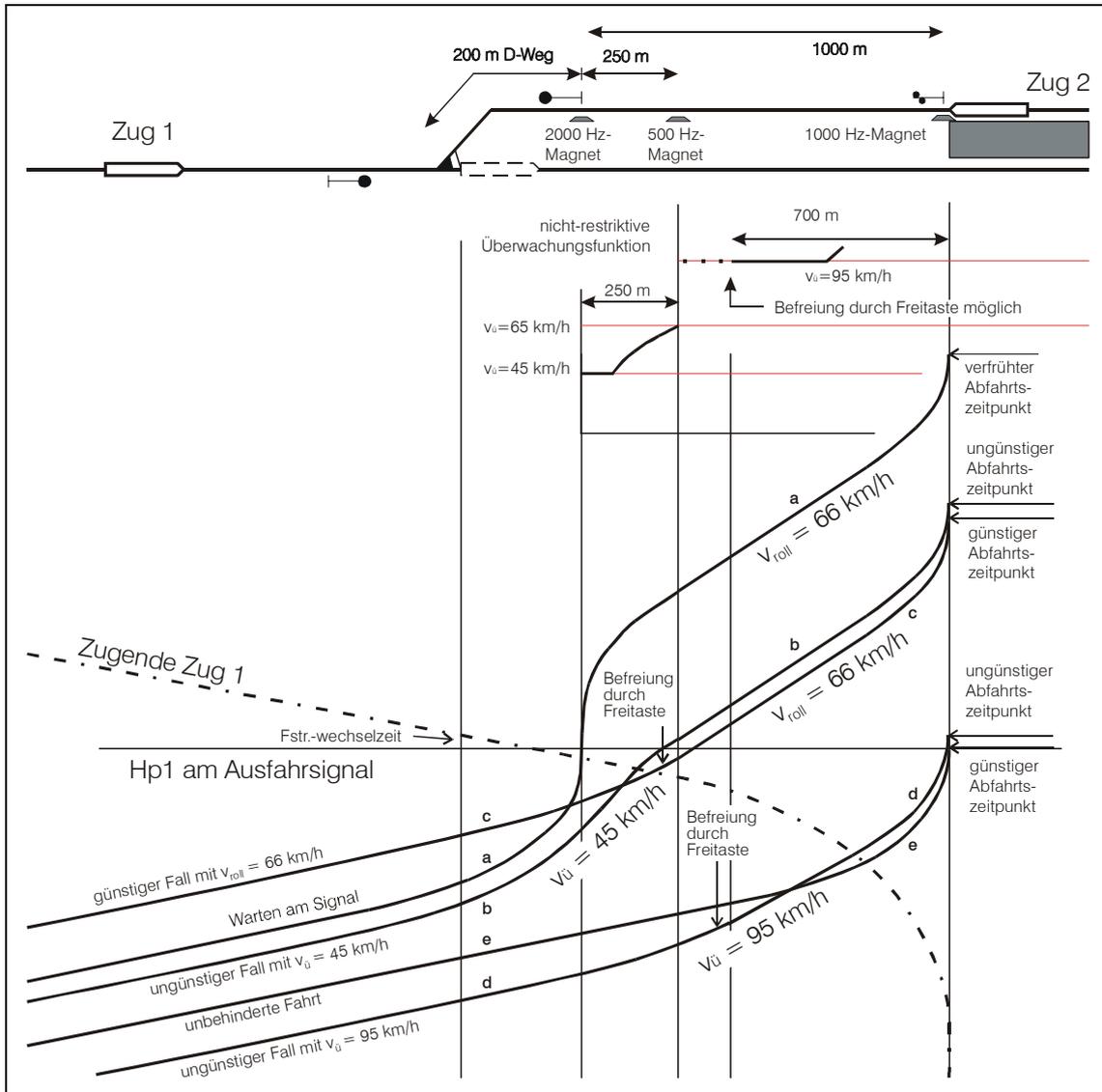
- Zusätzlich zur "normalen", nicht restriktiven Überwachungsfunktion existiert nun auch noch eine restriktive Überwachungsfunktion, die dann eintritt, wenn der Zug für mehr als 15 Sekunden langsamer als eine definierte Umschaltgeschwindigkeit  $V_{um}$  fährt. Damit unterliegt ein Zug, der zwischen Vor- und Hauptsignal hält, auf jeden Fall der restriktiven Überwachungsfunktion.
- Die Geschwindigkeitsüberwachung erfolgt nicht nur punktförmig, sondern quasi-kontinuierlich durch Überwachungskurven.

Zwischen einer Entfernung von 700 bis 1250 m von der 1000 Hz-Beeinflussung kann sich der Triebfahrzeugführer durch das Betätigen der Freitaste aus der Überwachung befreien, wenn keine 500 Hz-Beeinflussung erfolgt ist.

Die Überwachungskurven sind in nachstehender Grafik dargestellt, wobei  $V_{ü1}$  die Kurve für die nicht-restriktive,  $V_{ü2}$  die Kurve für die restriktive Überwachungsfunktion darstellt.



Das folgende Weg-Zeitdiagramm zeigt die typischen Fahrlinien eines Zuges bei Halt vor dem Vorsignal:



**Abb 3.8:** Auswirkungen von PZB 90 auf die Fahrzeit bei Halt vor dem Vorsignal

Im Diagramm sind folgende Fahrlinien zu erkennen:

- Der Zug fährt so früh am Halteplatz ab, daß er am Hauptsignal zum Stehen kommt und dort wartet. Sowohl am 1000 Hz-Magnet als auch am 500 Hz-Magnet bekommt er eine Beeinflussung, die aber keine Auswirkungen auf seine Fahrweise hat (Die Rollgeschwindigkeit von 66 km/h ist nur beispielhaft gewählt).
- Der Abfahrtszeitpunkt wird vom Triebfahrzeugführer so gewählt, daß am 500 Hz-Magnet gerade noch eine Beeinflussung erfolgt. Auch wenn das Signal unmittelbar anschließend auf Fahrt geht, muß die Überwachungsgeschwindigkeit von 45 km/h eingehalten werden. Im Vergleich zur Zugsicherung mit I 60 erfolgt eine deutliche Fahrzeitverlängerung. Die einzige denkbare Ausnahme würde sich ergeben, wenn die örtlich zulässige Geschwindigkeit unter der Überwachungsgeschwindigkeit läge.

- c) Ein günstiger Abfahrtszeitpunkt ergibt sich, wenn am 500 Hz-Magnet gerade keine Beeinflussung mehr erfolgt und der Zug bei Fahrtfreigabe unmittelbar beschleunigen kann. Die Beeinflussung am 1000 Hz-Magnet hat keine Auswirkungen auf die Fahrzeit.
- d) Der Abfahrtszeitpunkt wird so ungünstig gewählt, daß am 1000 Hz-Magnet gerade noch eine Beeinflussung erfolgt und unabhängig vom Zeitpunkt der Signalfahrtstellung die Überwachungsgeschwindigkeit von 95 km/h eingehalten werden muß. Dies hat nur einen Einfluß auf die Fahrzeit, wenn die Zielgeschwindigkeit größer als die Überwachungsgeschwindigkeit ist.
- e) Der Zug fährt so am Halteplatz ab, daß am 1000 Hz-Magnet gerade keine Beeinflussung mehr erfolgt und der Zug bei Fahrtfreigabe unmittelbar beschleunigen kann. Gegenüber der Zugbeeinflussung I 60 ergibt sich keine weitere Behinderung.

Damit hat die Indusi PZB 90 -im Vergleich zur I 60- in folgenden Fällen keinen zusätzlichen Einfluß auf die Betriebsflüssigkeit:

- Der Zug fährt so früh am Bahnsteig ab, daß er erst kurz vor oder an dem Hauptsignal Fahrt frei bekommt. Damit unterfährt er die Überwachungsgeschwindigkeit von 45 km/h.
- Der Zug bekommt in dem Bereich Fahrt frei, in dem eine Befreiung durch Freitaste möglich ist.
- Der Zug bekommt am 1000 Hz-Magnet keine Beeinflussung, so daß seine Fahrkurve nicht überwacht wird.

### **Halt zwischen Vor- und Hauptsignal**

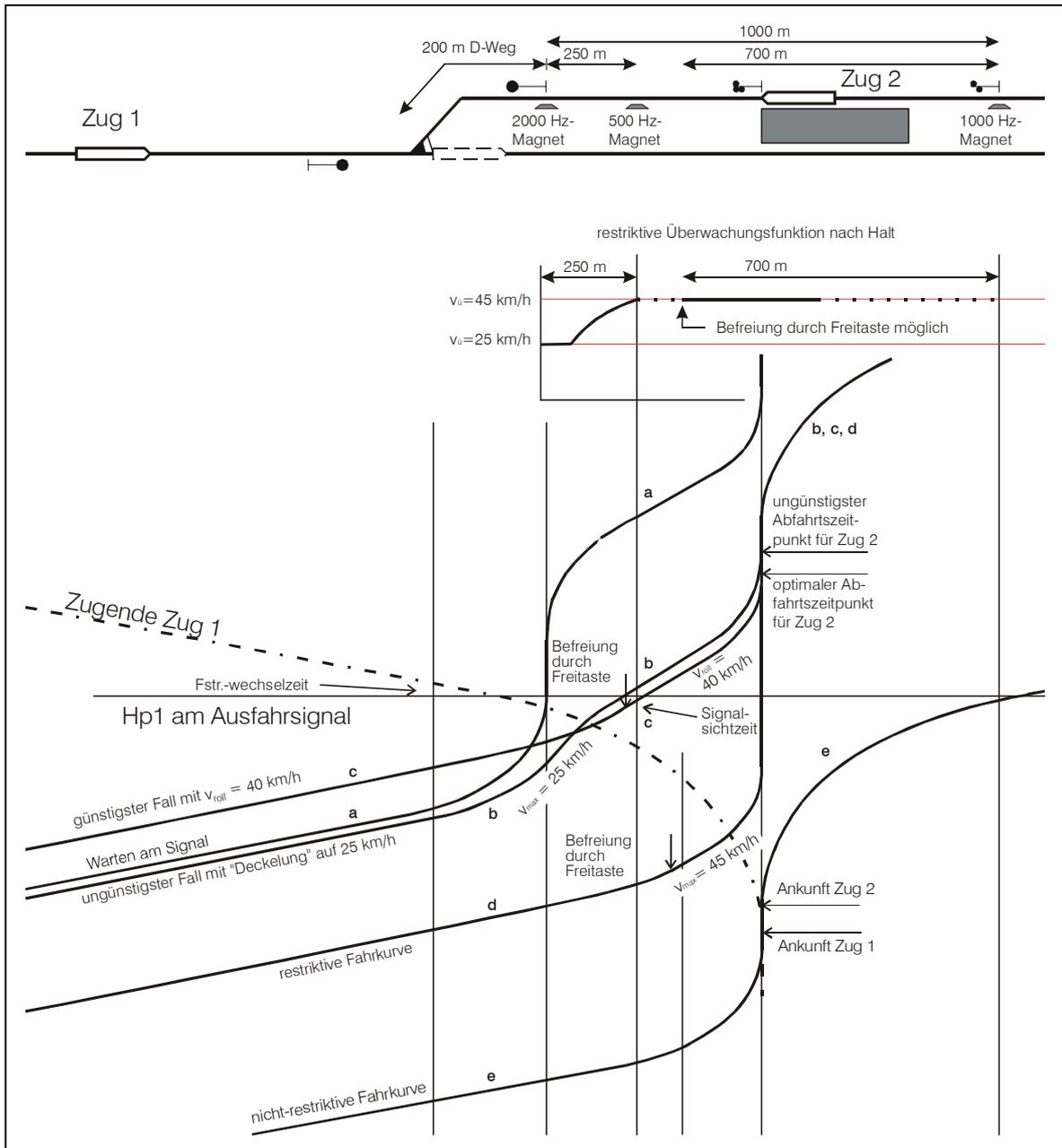
Nach einem Halt zwischen Vor- und Hauptsignal ist die restriktive Überwachung aktiviert, wenn eine Beeinflussung durch den 1000 Hz-Magnet erfolgt ist. Es wird angenommen, daß der Zug so weit vor dem Vorsignal hält, daß eine Beschleunigung auf das Halt zeigende Signal noch sinnvoll ist.

Die folgenden typischen Fahrlinien treten bei Halt eines Zuges zwischen Vor- und Hauptsignal auf:

- a) Der Zug fährt so früh am Halteplatz ab, daß er am Hauptsignal zum Stehen kommt und dort wartet. Am 500 Hz-Magnet bekommt er eine Beeinflussung, die aber keine Auswirkungen auf seine Fahrzeit hat.
- b) Besonders groß wird der zusätzliche Zeitverlust, wenn kurz nach einer 500 Hz-Beeinflussung das Signal auf Hp1 springt. Dann muß die Fahrkurve mit der Überwachungsgeschwindigkeit von 25 km/h abgefahren werden.
- c) Ein günstiger Abfahrtszeitpunkt ergibt sich, wenn am 500 Hz-Magnet gerade keine Beeinflussung mehr erfolgt und der Zug bei Fahrtfreigabe unmittelbar beschleunigen kann. Im Vergleich zur Zugbeeinflussung I 60 ergibt sich keine weitere Behinderung.
- d) Fährt der Zug nach Signalfahrtstellung ab und hat am 1000 Hz-Magnet eine Beeinflussung bekommen, muß trotzdem die Überwachungsgeschwindigkeit von 45 km/h eingehalten werden. Erst nach 700 m Entfernung vom Vorsignal kann sich der Triebfahrzeugführer aus der Überwachung befreien.

- e) Nur wenn das Signal so früh auf Fahrt springt, daß der Zug am 1000 Hz-Magnet gerade keine Beeinflussung mehr bekommt, ergibt sich durch die verspätete Signalfreigabe keine Behinderung.

Das folgende Weg-Zeitdiagramm zeigt den Fall eines Haltes 500 m vor dem Hauptsignal. Dabei unterliegt der Zug einer restriktiven Überwachung.



**Abb. 3.9:** Auswirkungen von PZB 90 auf die Fahrzeit bei Halt zwischen Vor- und Hauptsignal

### 3.2.4 Andere Zugbeeinflussungssysteme

Sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene existieren zahlreiche Zugbeeinflussungssysteme, die für Anwendungszwecke wie den Hochgeschwindigkeitsverkehr, S-Bahn-Systeme, Neigetechnikzüge oder zur internationalen Vereinheitlichung entwickelt wurden.

#### **LZB (Linienzugbeeinflussung, DB)**

Die Linienzugbeeinflussung (LZB) ist eine Weiterentwicklung der bisherigen punktförmigen Zugbeeinflussung; sie gewährleistet eine kontinuierliche Überwachung der Zugfahrten. Die Fahrterlaubnis wird mittels Führerraumsignalisierung erteilt. Die erste Strecke der DB mit LZB wurde zur Verkehrsausstellung 1965 zwischen München und Augsburg in Betrieb genommen. Sie ermöglichte erstmalig das planmäßige Fahren im Geschwindigkeitsbereich zwischen 160 und 200 km/h.

Die LZB war bisher vor allem zur sicheren Abstandshaltung bei höheren Geschwindigkeiten notwendig. Neue Anwendungsbereiche ergeben sich in Projekten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Strecken (z.B. CIR-ELKE, Computer Integrated Railroading - Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz). Hierbei kommt der Hochleistungsblock (HBL) mit kurzen Blockstrecken zur Anwendung.

Die Triebwagen der Baureihe 420 sind für den Einbau einer LZB und einer AFB (Automatische Fahr- und Bremssteuerung) vorbereitet. In München war beabsichtigt, mittels LZB eine „elektrische Sicht“ auf den Zugschluß des jeweils vorausfahrenden Zuges herzustellen. Da die LZB im Jahre 1972 noch sehr störanfällig war und außerdem die sichere Zugvollständigkeitskontrolle noch Schwierigkeiten bereitete, wurde bei der S-Bahn München ein ortsfestes „Reservesignalsystem“ installiert. Bei der Inbetriebnahme der S-Bahn München stand nur dieses Reservesignalsystem zur Verfügung. Bis heute ist die elektrische Sicht bei der DB nicht betriebsreif entwickelt und daher auf der S-Bahn München auch nicht nachgerüstet. Die ortsfesten Signale bilden daher heute das normale Abstandshaltungssystem der S-Bahn München. Eine Übertragung der ortsfesten Signalbegriffe in den Führerraum der Züge brächte keinen Leistungszuwachs und wurde daher nicht ernsthaft verfolgt. Falls jedoch eine LZB auf einer hochbelasteten S-Bahn-Strecke installiert würde, erscheint auch die Umrüstung eingleisiger Strecken mit zweigleisigen Begegnungsabschnitten sinnvoll. Je nach vorhandener Zugbeeinflussungstechnik sprechen hierfür Sicherheits- oder Leistungsfähigkeitsgründe.

#### **Das System der Berliner S-Bahn**

Die bei der Berliner S-Bahn angewendete mechanische Fahrsperrung spricht an, wenn der führende Triebwagen eines Zuges an einem Halt zeigenden Signal vorbeifährt. Am vorderen Drehgestell eines jeden Triebwagens ist rechts ein Fahrsperrhebel angebracht, der über die Fahrzeugbegrenzungslinie hinausragt und drehbar gelagert ist. An jedem Signal befindet sich ein Auflaufbrett, das beim Halt zeigenden Signal senkrecht steht. Fährt ein Zug daran vorbei, so schlägt der Fahrsperrhebel auf das Auflaufbrett und wird dabei nach hinten

gedreht. Steht das Signal auf Fahrt, so ist das Auflaufbrett aus der Umgrenzung des lichten Raumes herausgeklappt, wodurch die Auslösung der Fahrsperrung nicht erfolgen kann. [24, 52]

### **ETCS (European Train Control System)**

Das ETCS ist ein Zugsicherungs- und Zugsteuerungssystem auf europäischer Ebene, das die nationalen Systeme mittel- und langfristig ablösen soll. Damit werden folgende Ziele angestrebt [50]:

- Harmonisierung für den grenzüberschreitenden Verkehr.
- Ein ausreichend hohes Sicherheitsniveau in Europa.
- Die Leistungsfähigkeit soll gesteigert werden, unter anderem durch Fahren im unmittelbaren Bremswegabstand, durch die optimale Auswahl des Geschwindigkeitsprofils oder durch die Online-Übertragung eines optimalen Fahrplans.
- Die am Gleis notwendige Infrastruktur soll verringert werden, z.B. mit der Einführung der Gleisfreimeldung durch den Zug oder der Funkübertragung der Fahrinformationen.

Das ETCS kann in drei Ausbaustufen, auch Level genannt, unterschieden werden:

- **Leistungsstufe 1:**  
Die Strecke ist mit Gleisfreimeldeeinrichtungen, ortsfesten Signalen und schaltbaren Balisen bzw. kurzen Leiterschleifen (Euro-Loop) ausgerüstet. Der Wechsel eines Signalbegriffes kann entweder durch zusätzliche Balisen im Annäherungsweg vor dem Signal, durch die Leiterschleifen oder optional durch Funk übertragen werden.
- **Leistungsstufe 2:**  
Die Strecke ist nur noch mit Gleisfreimeldeeinrichtungen und Balisen, die aber im wesentlichen nur der Ortung dienen, ausgerüstet. Der Triebfahrzeugführer erhält seine Fahrbefehle über Funk; die Anzeige erfolgt mittels einer Führerraumsignalisierung. Der Wechsel eines Signalbegriffes kann somit jederzeit problemlos übertragen werden.
- **Leistungsstufe 3:**  
In der Leistungsstufe 3 ist außer Balisen zur Zugortung keine weitere Streckenausrüstung mehr erforderlich. Der Zug verfügt über eine sichere Erkennung der Zugvollständigkeit und meldet den Fahrweg per Funk hinter sich frei.

### **ZSL 90 (Schweizer Privatbahnen)**

Das Zugbeeinflussungssystem ZSL 90 speichert die festen, unveränderlichen Streckendaten auf dem Fahrzeug, die veränderlichen Daten wie Weichen- und Signalstellungen werden per Linienleiter im Bahnhofsbereich übertragen. [3]

### **ZUB 121 (S-Bahn Zürich, SBB)**

Das Zugbeeinflussungssystem ZUB 121 wurde 1993 bei der SBB eingeführt. Dieses besteht im Normalfall aus einer punktförmig wirkenden Gleiskoppelpu-

le. Dieses System kann jedoch in folgenden Fällen mit einer linienförmigen Sendeschleife ergänzt werden:

- Zur Verhinderung von Falschabfahrten vor einem Konfliktpunkt.
- Auflösung restriktiver Überwachungskurven zur Betriebsbeschleunigung.

Das System ist speziell für die besonderen Bedingungen im S-Bahn-Verkehr entworfen worden und gewährleistet hohe Sicherheit und Betriebsqualität. [54]

#### **ZUB 122 (NeiTech-Züge, DB)**

Für die Überwachung von Neigezügen, die in Kurven um bis zu 50 km/h schneller fahren können als herkömmliche Züge, wird das Zugbeeinflussungssystem ZUB 122 eingesetzt. Dieses punktförmige Datenübertragungssystem (PDS) kann eine große Anzahl von Informationen auf den Zug übertragen. Die ortsfesten Einrichtungen kommen ohne Stromversorgung aus und übertragen im allgemeinen nur Festprogramme. In Sonderfällen können sie auch signalabhängig gesteuert sein. Aus den Daten wird die zulässige Geschwindigkeit ermittelt und im Führerraum angezeigt. [39]

#### **ZUB 123 (Dänische Staatsbahnen DSB)**

Das System ZUB 123 kombiniert punkt- und linienförmige Übertragungselemente. An markanten Streckenpunkten wie Signalstandorten oder Bahnübergängen werden die Informationen über Gleiskoppelpulen übertragen. In Bereichen, wo die Sicherheit oder Leistungsfähigkeit eine ständige Übertragung an das Fahrzeug erfordert, werden Aufwerteschleifen verlegt. [23]

### 3.3 Bemessung von Begegnungsabschnitten und Kreuzungsbahnhöfen

#### 3.3.1 Notwendigkeit von Begegnungsabschnitten

Bei höheren Ansprüchen an Schnelligkeit und Pünktlichkeit werden Begegnungsabschnitte anstatt von Kreuzungsbahnhöfen angeordnet. Bestehende eingleisige Regionalstrecken sind in der Regel mit Kreuzungsbahnhöfen ausgestattet, während S-Bahn-Strecken mit Begegnungsabschnitten gebaut werden. Ausnahmen sind beispielsweise einige Strecken der S-Bahn München, auf der stehende Kreuzungen von S-Bahnen stattfinden, und Regionalstrecken mit Ausweichabschnitten, wie die Lahnstrecke oder die Gäubahn.

Die zwei Möglichkeiten der Zugkreuzung, entweder in einem Kreuzungsbahnhof oder in einem Begegnungsabschnitt, können nach folgenden Kriterien unterschieden werden:

	Kreuzungsbahnhof	Begegnungsabschnitt
Art der Kreuzung	stehende Kreuzung	fliegende Kreuzung
Haltezeit	Kreuzung mit betrieblich bedingter Haltezeit	Kreuzung ohne betrieblich bedingte Haltezeit
Verspätungsübertragung	Im allgemeinen unmittelbare Verspätungsübertragung auf den Gegenzug	Die Länge des Begegnungsabschnittes ist meist so bemessen, daß bei kleinen Verspätungen keine Übertragung auf den Gegenzug erfolgt.
Anlagenform	Bahnhof	Im allgemeinen Strecke
Produkt	Im allgemeinen Nahverkehrsbahn	Im allgemeinen S-Bahn
Bahnsteige	Ein Bahnsteig pro Bahnhof und Richtung	Im allgemeinen mehrere Halte in einem Begegnungsabschnitt
Gleise	Ein durchgehendes Hauptgleis und ein Überholgleis	Je ein Streckengleis pro Richtung

**Tab. 3.4:** Unterscheidungskriterien zwischen Kreuzungsbahnhof und Begegnungsabschnitt

#### 3.3.2 Minimale und maximale Länge der Begegnungsabschnitte

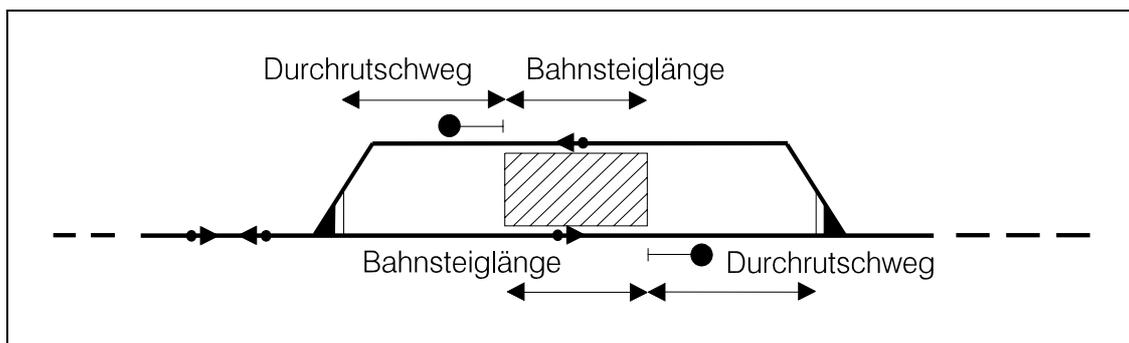
Zunächst sollen die beiden Extreme, der kürzest mögliche und der längste denkbare Begegnungsabschnitt, beschrieben werden.

##### Kürzest möglicher Begegnungsabschnitt

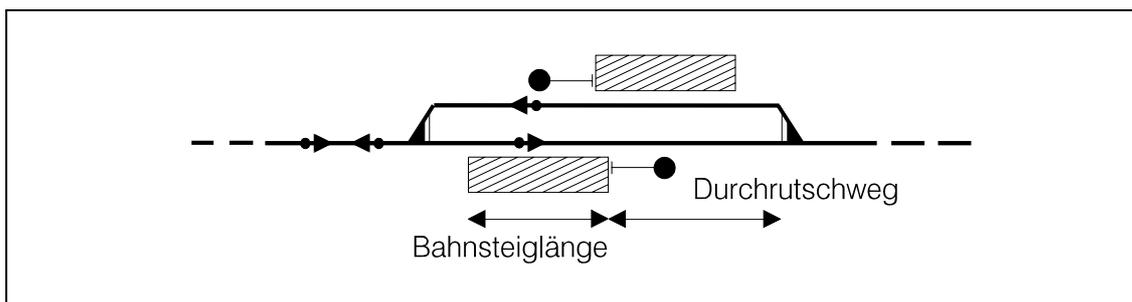
Dieser muß, falls keine Verspätung auftritt, eine Zugkreuzung ohne betrieblich bedingte Wartezeit ermöglichen. Theoretisch wäre dies mit der Gleistopologie eines Kreuzungsbahnhofes möglich, wenn eine gleichzeitige Einfahrt erfolgt. Dafür dürfen die Durchrutschwege allerdings nicht in das Gegengleis führen. Weiterhin muß die Fahrstraßenwechselzeit und die Zeit zur Signalaufnahme nach Halt kleiner sein als die Haltezeit und die Fahrzeit von der Fahrstraßenzugschlußstelle bis zum Halteplatz. Letztere wird bei der Lösung mit zwei

versetzten Bahnsteigkanten (nahezu) zu Null, so daß diese den kürzest möglichen "Begegnungsabschnitt" darstellt.

Die folgenden Gleisskizzen zeigen die beiden Lösungen mit Mittelbahnsteig und mit versetzten Außenbahnsteigen. Anstelle des Mittelbahnsteiges sind auch 2 gegenüberliegende Außenbahnsteige möglich. Die versetzt liegenden Außenbahnsteige könnten auch durch einen Inselbahnsteig mit versetzten Kanten ersetzt werden.



**Abb. 3.10:** Kürzest möglicher „Begegnungsabschnitt“ bei Mittelbahnsteig



**Abb. 3.11:** Kürzest möglicher „Begegnungsabschnitt“ bei Außenbahnsteigen

Eine praxisbezogene Mindestlänge ergibt sich, wenn eine bestimmte, vorher definierte Zugverspätung keine Verspätungsübertragung auf den Gegenzug bewirken darf. Dies ist jedoch immer nur für einen isoliert betrachteten Begegnungsabschnitt möglich.

### Längst möglicher Begegnungsabschnitt

Dieser kann als eine zweigleisige Strecke mit einem kurzen eingleisigen Abschnitt, z.B. im Bereich einer Brücke oder eines Tunnels definiert werden. Sofern überhaupt noch ein eingleisiger Abschnitt vorhanden ist, kann die Verspätungsübertragung nicht ausgeschlossen werden.

In der Praxis kann sich zeigen, daß die Begegnungsabschnitte so lang werden und so dicht aufeinander folgen, daß ein vollständig zweigleisiger Ausbau sinnvoll erscheint. Dies ist meist der Fall, wenn die Taktzeit höchstens 15 Minuten beträgt.

### 3.3.3 Randbedingungen für die Anordnung der Ein- und Ausfädelungen

Bei der Planung von S-Bahn-Strecken ist die Lage der Bahnsteige aufgrund örtlicher Randbedingungen wie Siedlungsstruktur, kreuzender Verkehrswege oder eventuell vorhandener Zugangsmöglichkeiten meist vorgegeben. Dagegen sind die Längen der ein- und zweigleisigen Abschnitte im Rahmen eines Optimierungsprozesses vom Ingenieur weitgehend frei wählbar. Deren Länge könnte theoretisch in beliebig kleinen Schritten variiert werden. Dies ist allerdings nicht möglich und sinnvoll, da betriebliche Belange spezielle Anforderungen stellen. Insbesondere erfordert die Zuordnung der Signale zueinander, zu den Verzweigungspunkten (Weichen) und zu den Halteplätzen (Bahnsteigen) bestimmte Gleistopologien.

Für die folgenden Betrachtungen sind einige Randbedingungen zu definieren:

- Eine triviale Randbedingung ist zunächst, daß sich die Einfädelungen nicht im Bereich von Bahnsteigen befinden dürfen.
- Von wesentlicher Bedeutung für die Anordnung der Signale, Bahnsteige und Weichen ist das Zugbeeinflussungssystem. Die Umrüstung auf die punktförmige Zugbeeinflussung PZB 90 läuft zur Zeit, so daß bei den folgenden Betrachtungen dieses System vorausgesetzt wird. Mit dem Zugsicherungssystem I 60 wären einige Gleistopologien, insbesondere ein Halteplatz kurz hinter dem Vorsignal, aus Sicherheitsgründen nicht zu empfehlen.
- Der Durchrutschweg führt nicht in das Gegengleis, so daß keine Fahrstraßenausschlüsse bestehen und somit gleichzeitige Einfahrten möglich sind. Würde der Durchrutschweg in das Gegengleis reichen, könnten die Züge nicht gleichzeitig an den Bahnsteig fahren.
- Bei allen Längen und Entfernungen wird von üblichen Werten ausgegangen. Als Vorsignalabstand werden 1000 m, für den Abstand des 500 Hz-Magneten zum Hauptsignal 250 m angenommen.
- Um die Länge des zweigleisigen Abschnitts bestmöglich auszunutzen, sollte das Deckungssignal des eingleisigen Abschnitts möglichst im Durchrutschwegabstand vor der Einfädelweiche aufgestellt werden.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob sich der Bahnsteig im ein- oder zweigleisigen Abschnitt befindet.

#### **Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt**

Dessen Vorteil besteht darin, daß bei entsprechender Fahrplangestaltung die Haltezeit am Bahnsteig dem Zeitrückhalt zugute kommt. Befindet sich ein solcher Bahnsteig außerdem in der Nähe einer Einfädelung, so können die Züge im Behinderungsfalle an den Bahnsteig fahren und müssen nicht auf der freien Strecke warten. Aus verkehrlicher und betrieblicher Sicht ist es daher anzustreben, zweigleisige Abschnitte bis in den Bahnsteigbereich zu verlängern.

Dadurch entstehen jedoch höhere Kosten:

- Eine zusätzliche Bahnsteigkante wird erforderlich.
- Der zweigleisige Abschnitt wird länger.
- Insbesondere im Haltepunktbereich steht durch vorhandene Bebauung oftmals nicht genug Platz für ein zweites Gleis zur Verfügung.

- Im allgemeinen wird eine zusätzliche Bahnsteigunter- oder -überführung notwendig.

Weiterhin ist zu beachten, daß bei Bahnsteigen, die sich im zweigleisigen Abschnitt zwischen Vor- und Hauptsignal befinden, der Einfluß des Zugsicherungssystems wesentlich größer ist als bei entsprechenden Bahnsteigen im eingleisigen Abschnitt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß bei einer Einfahrt in den eingleisigen Abschnitt eher Behinderungen auftreten mit der Folge von Zugbeeinflussungen am 1000- und 500 Hz-Magnet.

### Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt

In Sonderfällen ist eine Verlängerung des zweigleisigen Abschnittes bis in den Bahnsteigbereich nicht erforderlich bzw. nicht sinnvoll:

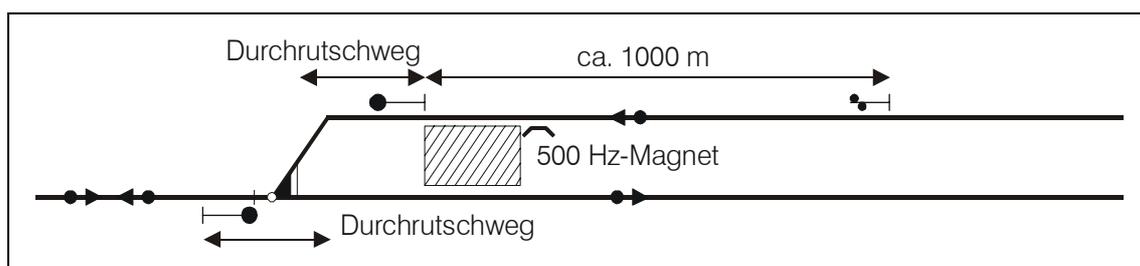
- Der Begegnungsabschnitt bzw. Kreuzungsbahnhof wird nur im Verspätungsfall genutzt.
- Der Begegnungsabschnitt liegt im hinteren Teil einer Linie, so daß nur wenige Fahrgäste betroffen sind bzw. die zusätzliche Verspätung durch eine Kürzung der Wendezeit wieder aufgefangen werden kann.
- Der Bau eines zweiten Gleises würde hohe Sprungkosten verursachen.

Die Bedingungen der Zugbeeinflussung gelten für einen Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt im Prinzip genauso wie für einen Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt. Die Auswirkungen sind jedoch wesentlich geringer, da bei der Einfahrt in den zweigleisigen Abschnitt nur in Ausnahmefällen eine Behinderung auftritt und das Signal im Regelfall auf Fahrt steht. Dies gilt nicht für Sonderfälle, wenn beispielsweise das Signal gleichzeitig als Deckungssignal für einen Bahnübergang dient.

Im folgenden werden anhand einiger Gleisskizzen die jeweiligen Vor- bzw. Nachteile erläutert.

### Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges unmittelbar am Hauptsignal

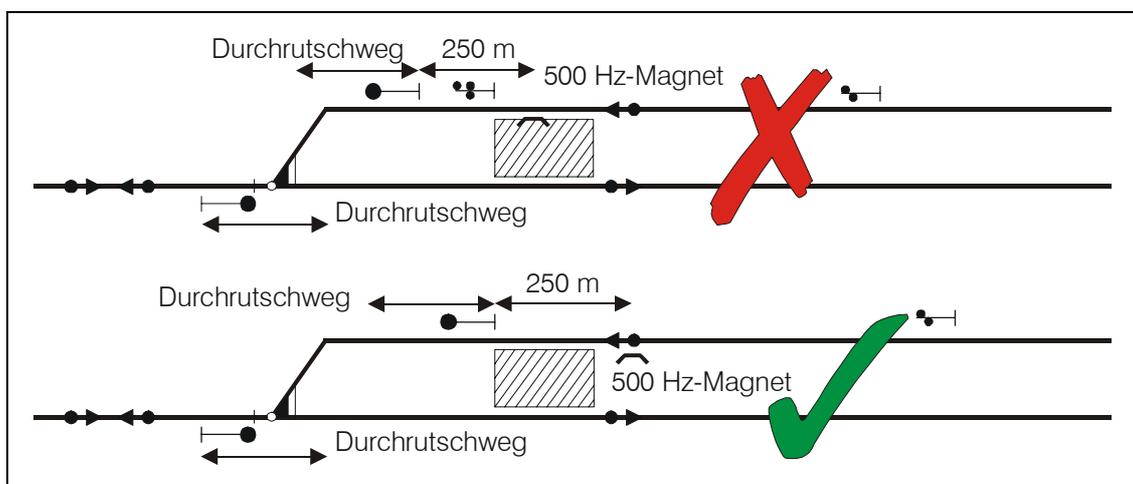
Dies ist die an S-Bahn-Strecken am häufigsten anzutreffende Lösung, bei der der Begegnungsabschnitt erst hinter dem Haltepunkt einfädelt. Der Vorteil dieser Gleistopologie besteht darin, daß wartende Züge am Bahnsteig stehen. Im Behinderungsfall ist damit kein zusätzlicher Halt erforderlich. Außerdem hat der haltende Zug die durch das Zugbeeinflussungssystem vorgegebenen Bremskurven bereits abgefahren und unterliegt daher keinen Geschwindigkeitsbeschränkungen mehr.



**Abb. 3.12:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges unmittelbar am Hauptsignal

### Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen Hauptsignal und 500 Hz-Magnet

Hält der Zug zwischen Hauptsignal und 500 Hz-Magnet und hat er am 500 Hz-Magnet eine Beeinflussung erhalten, so muß er eine von der Indusi vorgegebene Bremskurve mit Geschwindigkeiten zwischen 25 und 40 km/h einhalten mit der Folge zusätzlicher Fahrzeitverluste. Die Überwachung endet erst am Hauptsignal bzw. 50 m davor. Ein Vorziehen des Zuges bei Halt zeigendem Signal ist nicht möglich, da ein bereits abgefahrener Zug (Zuglänge ET 420: bis 203 m) nicht noch einmal mit einzelnen Türen am Bahnsteig zum Halten kommen darf. Sinnvollerweise sollten die Signale so verschoben werden, daß sich der Bahnsteig unmittelbar am Hauptsignal befindet. Alternativ könnte auch der zweigleisige Abschnitt verkürzt werden, womit aber der vom ein- in den zweigleisigen Abschnitt fahrende Zug den eingleisigen Abschnitt länger belegt.



**Abb. 3.13:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen Hauptsignal und 500 Hz-Magnet

Ein weiteres Argument gegen die Anordnung des Bahnsteiges zwischen Vor- und Hauptsignal ist der dann erforderliche Vorsignalwiederholer am Bahnsteig (Ausnahme: Bahnsteig direkt am Hauptsignal). Dieser ist notwendig, um die Signalstellung auch bei schlechter Sicht zu zeigen.

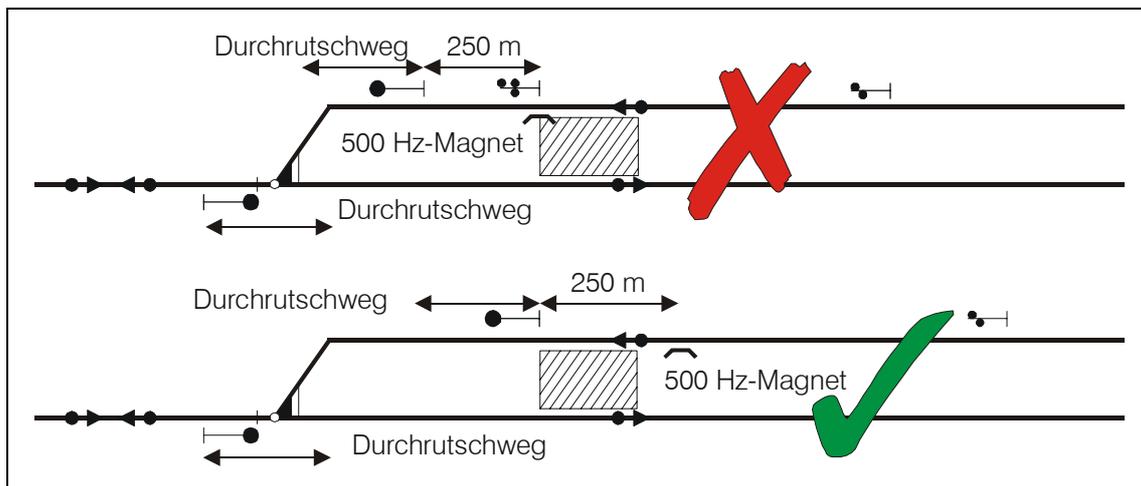
### Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 Hz-Magnet und Vorsignal

Befindet sich der Halteplatz des Zuges zwischen 500 Hz-Magnet und Vorsignal, ist zu untersuchen, ab welcher Entfernung des Halteplatzes vom Signal der Triebfahrzeugführer auch bei Halt zeigendem Signal abfahren soll. Aus mehreren Gründen empfiehlt es sich, die Entfernung größer als die oben erwähnte theoretische Untergrenze von etwa 210 m zu wählen:

- Durch zusätzliches Bremsen und Anfahren erhöht sich der Energieverbrauch.
- Bei einer Streckengeschwindigkeit von 120 km/h ergibt sich nur ein geringer maximaler Fahrzeitgewinn von etwa 0,1 Minuten (bei 210 m).
- Mit kleinen Entfernungen steigt die Wahrscheinlichkeit, daß der Zug am 500 Hz-Magnet eine Beeinflussung erhält und so ein Fahrzeitverlust anstatt eines Fahrzeitgewinns entsteht.

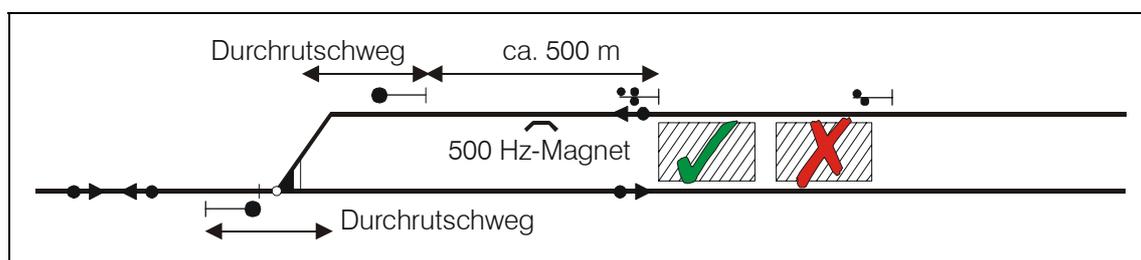
- Für den auf dem Bahnsteig verspätet eintreffenden Fahrgast ist es psychologisch ungünstig, seinen Zug noch stehen zu sehen und nicht mehr einsteigen zu können.

Unter Berücksichtigung aller Argumente ergibt sich eine Entfernung zwischen Bahnsteig und Signal von etwa 500 m als praktische Untergrenze. Ist der Abstand kleiner, so empfiehlt es sich auch hier, die Signale um den entsprechenden Wert zu verschieben.



**Abb. 3.14:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 Hz-Magnet und Vorsignal

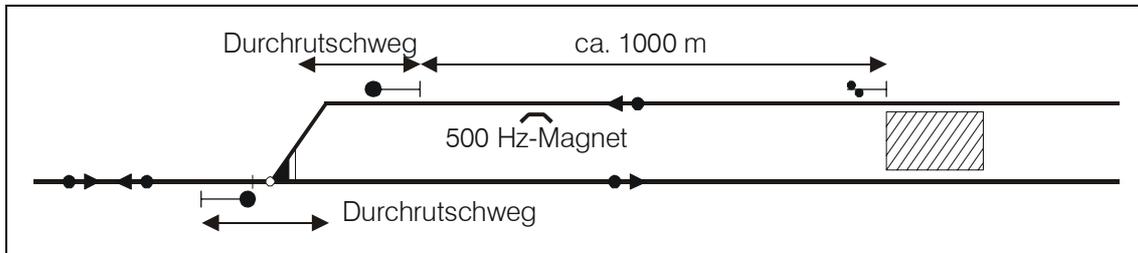
Bei größeren Entfernungen zwischen Bahnsteig und Signal als etwa 500 m ergibt sich wiederum ein größerer Einfluß des Zugbeeinflussungssystems. Erhält der Zug am 1000 Hz-Magnet eine Beeinflussung und hält danach, so muß er eine von der Indusi vorgegebene Geschwindigkeit von 45 km/h auf eine Entfernung von 700 m einhalten mit der Folge zusätzlicher Fahrzeitverluste. Daher ist es anzustreben, den Bahnsteig entweder vor dem Vorsignal oder etwa 500 m vor dem Hauptsignal anzuordnen.



**Abb. 3.15:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 m vor dem Hauptsignal und dem Vorsignal

### Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal

Bei einem Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal ergeben sich durch die Zugbeeinflussung keine wesentlichen Behinderungen mehr. Die einzuhalten- den Geschwindigkeiten liegen wesentlich höher als bei einem Halt zwischen Vor- und Hauptsignal und der Triebfahrzeugführer kann sich nach einer gewissen Entfernung aus der Überwachung befreien.



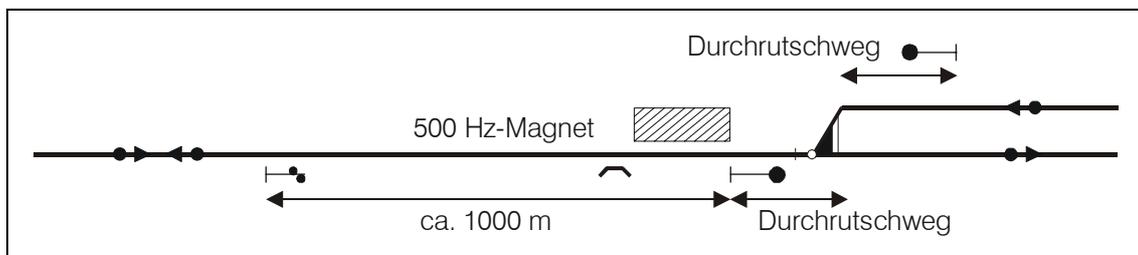
**Abb. 3.16:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal

### Empfehlungen für die Lage eines Bahnsteigs im zweigleisigen Abschnitt

Bei Bahnsteigen ist deren Lage zu den Signalen von wesentlicher Bedeutung für die zu erwartenden Fahrzeitverluste aufgrund von Behinderungen. Daher ist eine Anordnung der Bahnsteige unmittelbar vor dem Hauptsignal oder vor dem Vorsignal anzustreben, wofür eventuell die Signale zu verschieben wären. Ist eine Anordnung zwischen Vor- und Hauptsignal nicht zu vermeiden, sollte der Bahnsteig etwa 500 m vor dem Hauptsignal liegen. Dann wäre allerdings ein Vorsignalwiederholer erforderlich.

### Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges unmittelbar am Hauptsignal

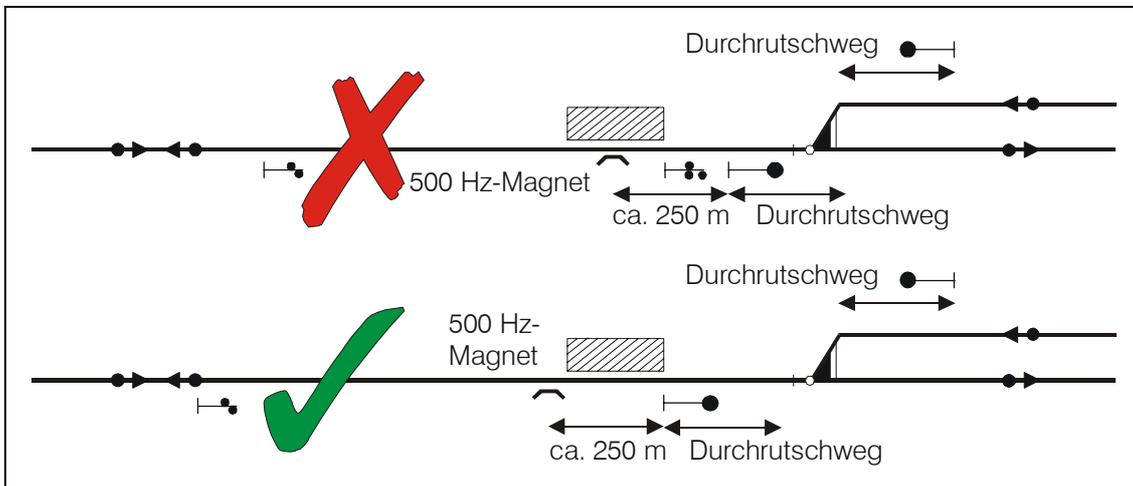
Bei dieser Lösung fädelt der aus dem Begegnungsabschnitt kommende Zug bereits vor dem Haltepunkt ein, so daß der Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt liegt. Bei dieser Anordnung sind aufgrund des Zugbeeinflussungssystems keine weiteren Behinderungen zu erwarten, da die Bremskurven abgefahren sind und der Zug keinen Geschwindigkeitsbeschränkungen mehr unterliegt.



**Abb. 3.17:** Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges unmittelbar am Hauptsignal

### Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen Hauptsignal und 500 Hz-Magnet

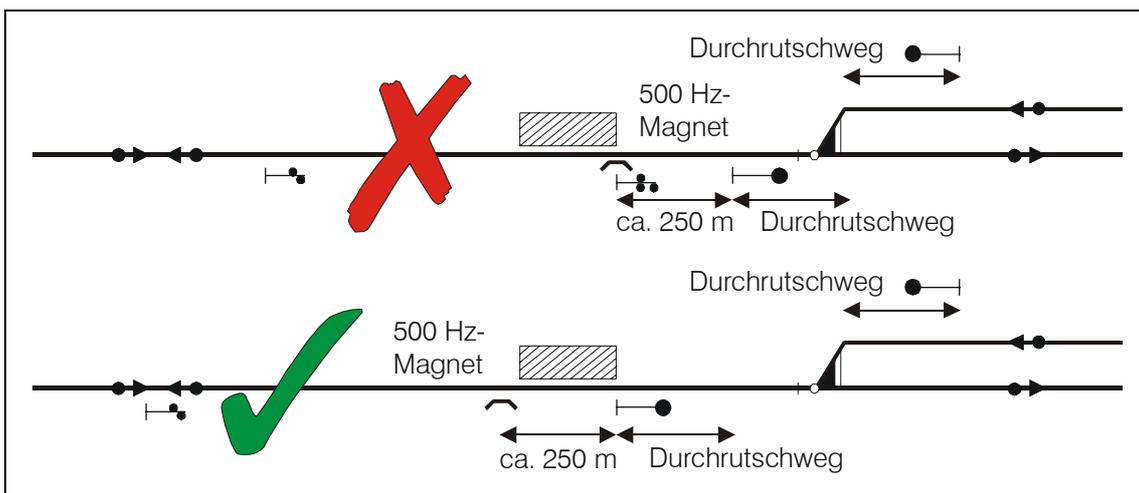
Aus den gleichen Gründen wie beim Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt sollten die Signale so verschoben werden, daß sich der Bahnsteig unmittelbar am Hauptsignal befindet.



**Abb. 3.18:** Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen Hauptsignal und 500 Hz-Magnet

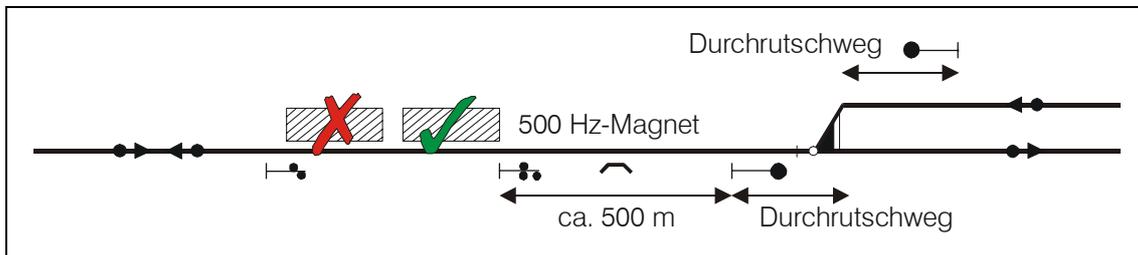
### Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 Hz-Magnet und Vorsignal

Bei einer kleineren Entfernung zwischen Bahnsteig und Signal als etwa 500 m empfiehlt es sich auch hier, die Signale um den entsprechenden Wert zu verschieben.



**Abb. 3.19:** Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 Hz-Magnet und Vorsignal

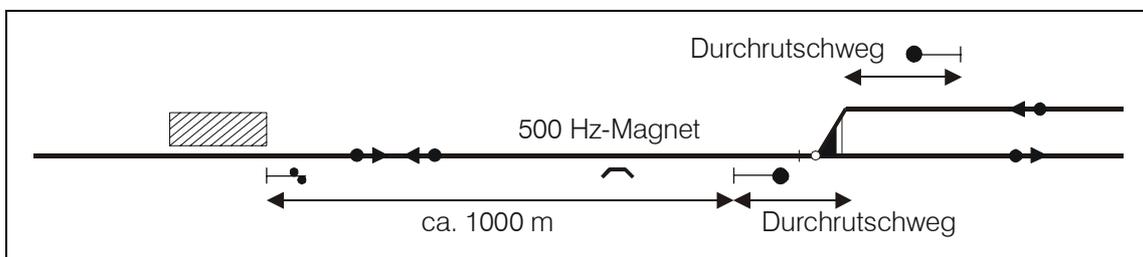
Zwischen Bahnsteig und Signal ist ein größerer Abstand als etwa 500 m möglichst zu vermeiden. Statt dessen sollte der Bahnsteig entweder vor dem Vorsignal oder etwa 500 m vor dem Hauptsignal angeordnet werden.



**Abb. 3.20:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges zwischen 500 m vor dem Hauptsignal und dem Vorsignal

### Bahnsteig im eingleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal

Bei einem Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal ergeben sich durch die Zugbeeinflussung keine wesentlichen Behinderungen mehr. Die einzuhaltenen Geschwindigkeiten liegen wesentlich höher als bei einem Halt zwischen Vor- und Hauptsignal, und der Triebfahrzeugführer kann sich nach einer gewissen Entfernung aus der Überwachung befreien. Bei der Planung von eingleisigen S-Bahn-Strecken ist daher eine Anordnung des Bahnsteiges vor dem Vorsignal gegenüber einer Anordnung zwischen Vor- und Hauptsignal vorzuziehen.



**Abb. 3.21:** Bahnsteig im zweigleisigen Abschnitt, Halteplatz des Zuges vor dem Vorsignal

### Empfehlungen für die Lage eines Bahnsteigs im eingleisigen Abschnitt

Obwohl die Behinderung eines Zuges im eingleisigen Abschnitt nicht häufig ist, empfiehlt sich eine Anordnung des Bahnsteiges direkt am Hauptsignal, 500 m davor oder vor dem Vorsignal. Bei einer Anordnung direkt am Hauptsignal oder vor dem Vorsignal kann außerdem noch auf einen Vorsignalwiederholer verzichtet werden.

### 3.3.4 Kreuzungsbahnhöfe

Begegnungsabschnitte sind aus betrieblicher Sicht besser als Kreuzungsbahnhöfe. Trotzdem kann es aus finanziellen oder aus Platzgründen erforderlich sein, bestehende Kreuzungsbahnhöfe zu nutzen oder neue anzuordnen. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

#### **Gleichzeitige Einfahrten ermöglichen**

Die meisten der bestehenden Kreuzungsbahnhöfe an Nebenbahnen sind im Hinblick auf eine Optimierung der Gleisnutzlänge geplant worden. Dies bedeutet, daß die Durchrutschwege der Ausfahrtsignale in das Gegengleis hineinreichen und somit gleichzeitige Einfahrten unmöglich werden. Nachdem der erste Zug im Ausweichgleis zum Halten gekommen und der Fahrweg gewechselt ist, darf sich der Gegenzug frühestens in Sichtweite vor dem Einfahrtsignal befinden. Anderenfalls erfährt dieser eine Behinderung. Dieses Verfahren bringt große Zeitverluste mit sich. Da die Zuglängen heutzutage kürzer sind als früher, stehen oft ausreichende Gleislängen zur Verfügung, so daß ein Umbau der Signalanlagen erwogen werden kann.

Beim Neubau von Kreuzungsbahnhöfen sollten die Durchrutschwege grundsätzlich nicht in den Fahrweg des Gegenzuges hineinreichen.

#### **Zusätzliche Kreuzungsbahnhöfe**

Zum Verspätungsabbau besteht alternativ zur Verlängerung des Begegnungsabschnittes außerdem die Möglichkeit, zusätzliche Kreuzungsbahnhöfe zu errichten. Diese werden fahrplanmäßig nicht benötigt, sondern bieten den Zügen im Verspätungsfall die Möglichkeit einer stehenden Kreuzung. Die Zusatzverspätung wird dadurch größer als bei einer fliegenden Kreuzung im Begegnungsabschnitt, so daß diese Lösung nur bei schwächer belasteten Abschnitten oder bei einer Linie mit nur einem Taktknoten in Frage kommt. Zusätzliche Kreuzungsbahnhöfe könnten auch bei einem Wechsel der Taktzeiten oder des Zugproduktes (z.B. zusätzliche Expresszüge in der Hauptverkehrszeit) erforderlich werden.