

# Einführung des Neuen Betriebssystems bei der Wuppertaler Schwebebahn

Vortrag bei der DVWG Berg und Mark

Dr.-Ing. Christian Kindinger (WSW mobil GmbH)



- ▶ Vorstellung des Referenten und der WSW mobil
- ▶ Kompaktwissen Schwebbahn
- ▶ Projekt ASS – Ausbau Schwebbahn System
- ▶ Neues Betriebssystem Schwebbahn

# Agenda

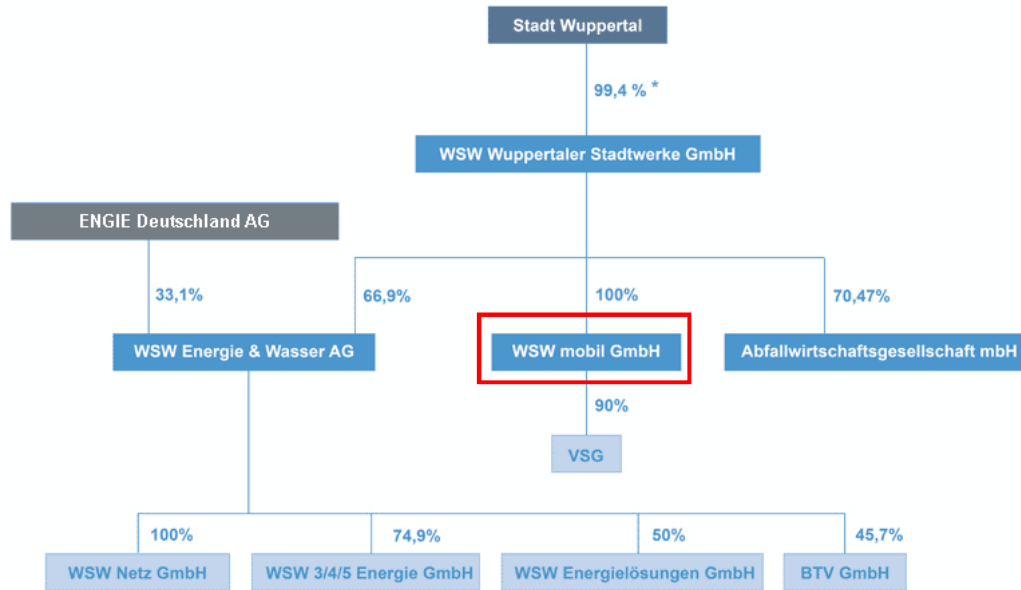
- ▶ Vorstellung des Referenten und der WSW mobil
- ▶ Kompaktwissen Schwebbahn
- ▶ Projekt ASS – Ausbau Schwebbahn System
- ▶ Neues Betriebssystem Schwebbahn

# Vorstellung des Referenten

- ▶ 1977                      Geburt in Wuppertal
- ▶ 1997 – 2003            Studium Diplom-Bauingenieur (BU Wuppertal)
- ▶ 2003 – 2006            Trainee und Produktmanager ÖPNV bei WSW
- ▶ seit 2006                Leiter Verkehrsmanagement (Bus; ab 2009 inkl. Schwebebahn)
- ▶ 2005 – 2010            berufsbegleitende Promotion (BU Wuppertal)
- ▶ 2012 – 2014            Qualifikation zum Betriebsleiter BOStrab (Prüfung im Frühjahr 2014)
- ▶ seit 05/2014            stellv. Betriebsleiter BOStrab



# Vorstellung der WSW mobil: Konzernstruktur, wesentliche Beteiligungen und Betrauung



\* Ennepe-Ruhr-Kreis hält 0,6% an der WSW Wuppertaler Stadtwerke GmbH.

Stadt Wuppertal  
(Aufgabenträger ÖPNV)



Betrauung (ÖDLA)  
nach VO 1370/07  
ab 01.01.2017

WSW mobil GmbH  
(Verkehrsunternehmen)

# Vorstellung der WSW mobil: Verkehrsangebot und Leistungsdaten (Stand 2015/16)

|                                       | Schwebebahn   | Bus                             |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|
| Verkehrsgebiet                        | ca. 430.000 Einwohner, ca. 263 km <sup>2</sup> Fläche |                                 |
| Liniennetz                            | 1 Linie (13,3 km)                                     | 65 Linien (719,7 km)            |
| Ø Haltestellenabstand                 | 698 m   | 497 m                           |
| Ø Reisegeschwindigkeit                | 27,5 km/h   | 17,7 – 19,0 km/h                |
| Anzahl Fahrzeuge für<br>Linienverkehr | 24 GTW Bj. 1972<br>> 4 GTW Bj. 2015*                  | 97 Solobusse<br>194 Gelenkbusse |
| Fahrgäste pro Jahr                    | 23,9 Mio.   | 64,5 Mio.                       |
| Platzausnutzung                       | 47,8 %  | 26,7 %                          |

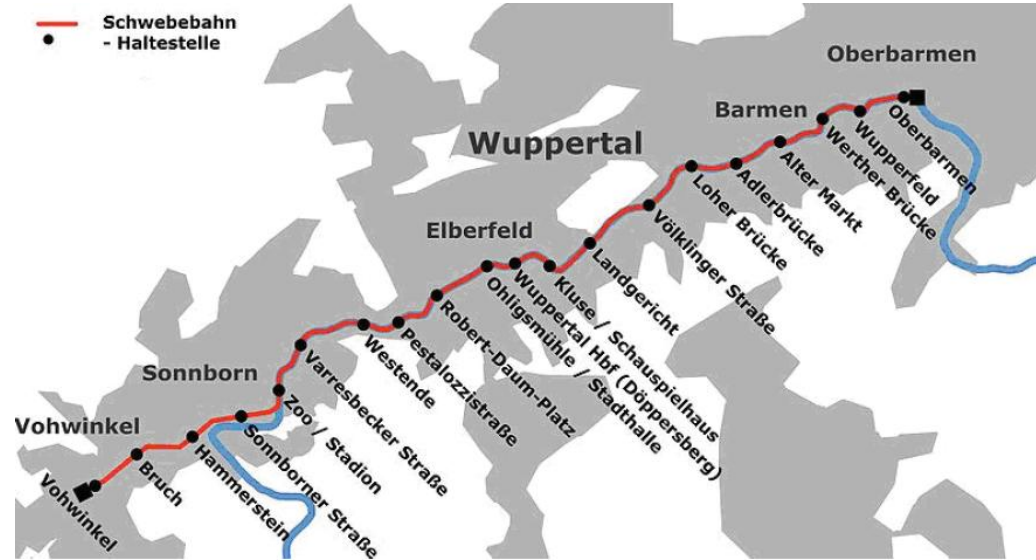
\* Einsatz voraussichtlich ab 12/2016

# Agenda

- ▶ Vorstellung des Referenten und der WSW mobil
- ▶ **Kompaktwissen Schwebbahn**
- ▶ Projekt ASS – Ausbau Schwebbahn System
- ▶ Neues Betriebssystem Schwebbahn

# Kompaktwissen Schwebebahn: Streckenverlauf

- ▶ Streckenlänge 13,3 km
  - ▶ davon 2,7 km über Land und 10,6 km über der Wupper
- ▶ 468 Brücken mit einer Länge zwischen 21 und 33 Metern
  - ▶ Höhe über Land rund 8 Meter, über Wasser rund 15 Meter
- ▶ 20 Haltestellen
- ▶ 2 Wagenhallen
- ▶ 5 Unterwerke (Fahrstrom)



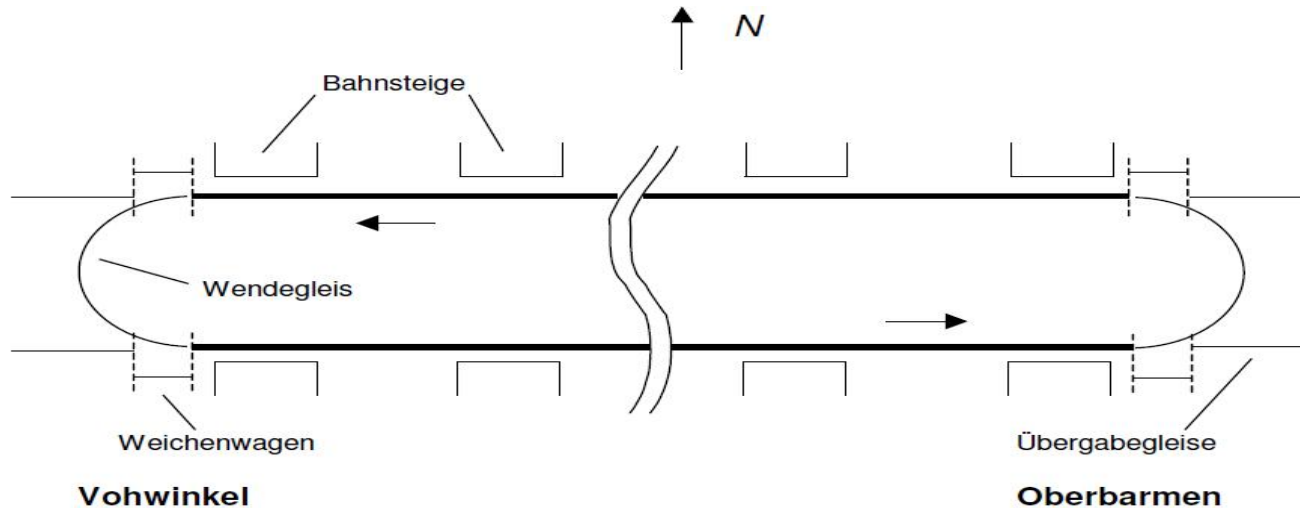


# Kompaktwissen Schwebbahn: Impressionen von Fahrweg, Haltestellen, Fahrzeugen und einer Rettungsübung

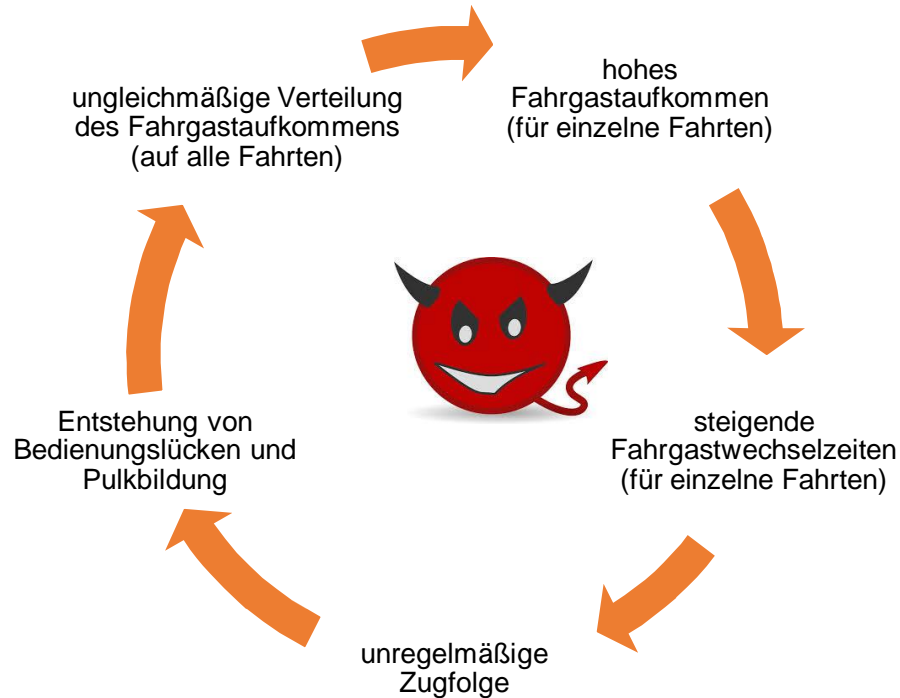


# Kompaktwissen Schwebbahn: Betriebscharakteristik der Schwebbahn

- ▶ Schwebbahn ist gemäß BOSTrab eine Bahn auf unabhängigem Bahnkörper ohne Sicherheitsraum → **Fahren auf Zugsicherung gem. § 49 (2) BOSTrab**
- ▶ **Karussellbetrieb** (kein Überholen auf der Strecke möglich)



# Kompaktwissen Schwebbahn: „Betrieblicher Teufelskreis“



## Erkenntnisse / „Lessons learned“

- Das System kann schnell eskalieren.
- Eingriffe der Betriebssteuerung reduzieren tendenziell die Beförderungsleistung.
- Zusatzfahrten können nur bedingt eingesetzt werden, da die technisch mögliche kürzeste Zugfolge begrenzt ist.
- Fahrgastaufkommen und Fahrtenangebot müssen optimal aufeinander abgestimmt sein.
- Es muss frühzeitig eine feinfühligere Regulierung erfolgen, um eine Eskalation zu vermeiden.

# Agenda

- ▶ Vorstellung des Referenten und der WSW mobil
- ▶ Kompaktwissen Schwebbahn
- ▶ **Projekt ASS – Ausbau Schwebbahn System**
- ▶ Neues Betriebssystem Schwebbahn

# Ausbau Schwebebahn System (ASS): Ziele und Herausforderungen

- ▶ **Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Systems**  
(aufgrund steigender Nachfrage und hoher Platzausnutzung)
  - kürzere Fahrzeiten und engerer Takt in Hauptverkehrszeit
  - Erhöhung der Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]
  - Erhöhung der Beförderungsleistung [Personen pro Stunde]
- ▶ grundlegende Verbesserung für mobilitätseingeschränkte Nutzer
  - **barrierefreier Zugang** zu Hochbahnsteigen und Fahrzeugen
- ▶ **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Systems**
  - relativ gesehen geringerer Fahrzeug- und Personaleinsatz im Fahrdienst und in der Betriebssteuerung

# Ausbau Schwebelbahn System (ASS): Umfang und Projekte

- ▶ Schwebelbahn (Fahrweg) im Jahr 1901 in Betrieb genommen, Signalanlage seit 1960 in Betrieb, Fahrzeuge seit 1972-1974 in Betrieb
- ▶ Ertüchtigung der gesamten Infrastruktur (Fahrweg, Haltestellen, Wagenhallen) mit barrierefreiem Ausbau (Aufzugsanlagen in allen Haltestellen, Klapprampen an den Fahrzeugen), Neues Betriebssystem und neue Fahrzeuge
- ▶ 1995 – 2014 vollständiger Austausch von 13,3 km Tragkonstruktion und der 20 Haltestellen sowie Neubau der östlichen Wagenhalle in Oberbarmen
- ▶ 2010 – 2017 Beschaffung und Inbetriebnahme von 31 neuen Fahrzeugen sowie des Neuen Betriebssystems und Zentralisierung der Betriebssteuerung in einer gemeinsamen Betriebsleitzentrale

# Ausbau Schwebelbahn System (ASS): Anforderungen an das Neue Betriebssystem

- ▶ **leistungsfähige Signal- und Zugsicherungsanlage (2-Minuten-Takt)**
  - kurze Blockabstände
  - möglichst kontinuierliche Signalaufwertung (ggf. Führerstands-Signalisierung)
  - Einbindung der Kehrenbereiche in die Zugsicherung
- ▶ **Automatisierung von Zuglenk- und Dispositions-/Regulierungsprozessen**
  - Fahrplangesteuertes Einstellen von Fahrstraßen (Fernsteuerung Weichenanlagen)
  - Überwachung und Steuerung einer regelmäßigen Zugfolge
- ▶ Einrichtung in einer **gemeinsamen Betriebsleitzentrale für Bus und Schwebelbahn**
  - zentrale Steuerung mit Angleichung der dispositiven Prozesse
  - optimale Verkehrsbedienung und Fahrgastinformation

# Agenda

- ▶ Vorstellung des Referenten und der WSW mobil
- ▶ Kompaktwissen Schwebbahn
- ▶ Projekt ASS – Ausbau Schwebbahn System
- ▶ **Neues Betriebssystem Schwebbahn**



## Gegenwart: Signal- und Zugsicherungsanlage der Firma SIEMENS (1960 – 2017)

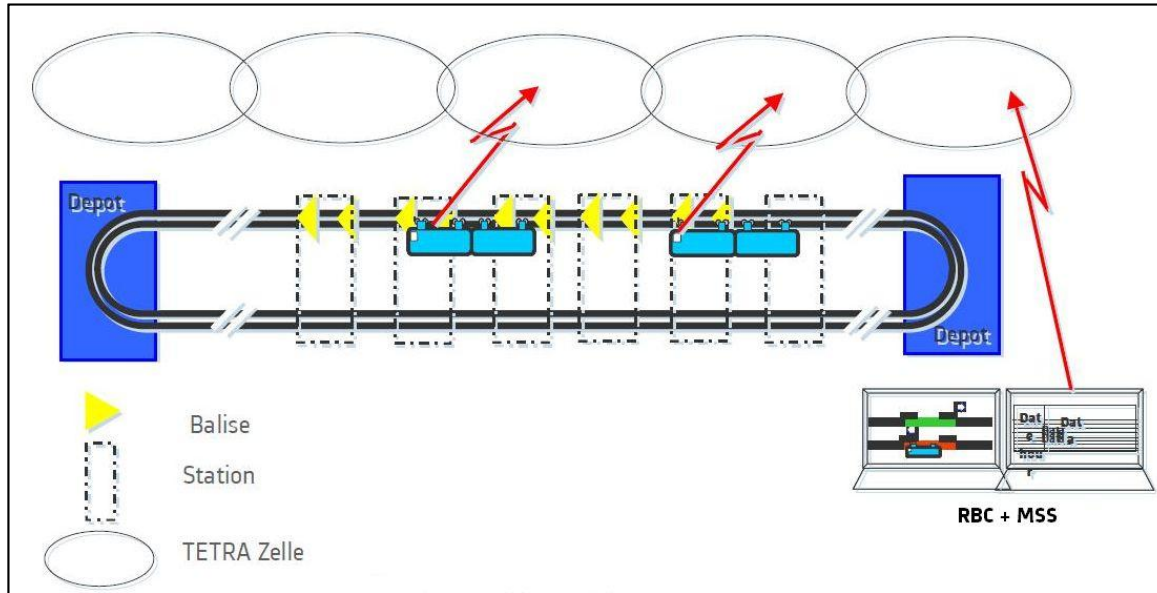
- ▶ Signalanlage mit selbsttätiger Signalstellung (eingeführt 1960)
- ▶ **26 Blockabschnitte je Fahrtrichtung** bei 20 Haltestellen mit magnetischen Fahrsperr-Einrichtungen an den Blockgrenzen (Bahnhofs- und Streckensignale)
- ▶ zentrales Stellwerk für die Strecke (ohne Kehren) mit Anzeige der Blockbelegungen und der zugeordneten Zugnummern
- ▶ **Weichenanlagen an den Endhaltestellen werden vor Ort durch Stellwerk-Personal bedient**, Weichensignale sind nicht in das Zentralstellwerk sondern in Weichensteuerung eingebunden
- ▶ spezielle Signalordnung (u. a. Vorrückbefehl, Anhaltesignal)

# Zukunft: Neues Betriebssystem der Firmen ALSTOM und init (ab 2017)



- ▶ Signal- und Zugsicherungsanlage nach **ETCS Level 2+** mit festen Blockgrenzen (**39 Blöcke je Fahrtrichtung**)
- ▶ **Eigenortung der Züge (PTD)** mit Radio Block Center (RBC) und ca. 250 passiven Balisen entlang der Strecke, Gleisfreimeldung im elektronischem Stellwerk (IXL), **zusätzliche Achszählkreise** in den Endhaltestellenbereichen mit Weichen
- ▶ **Überwachung der Fahrzeugbewegung** (Fahrtrichtung, Geschwindigkeit, Position) **durch Fahrzeugbordrechner (EVC)**
- ▶ Datenübertragung EVC  $\leftrightarrow$  RBC mittels **TETRA-Funk**
- ▶ Zuglenkung und Disposition über **ITCS-System**

# Datenaustausch ETCS TRK / ETCS TRB

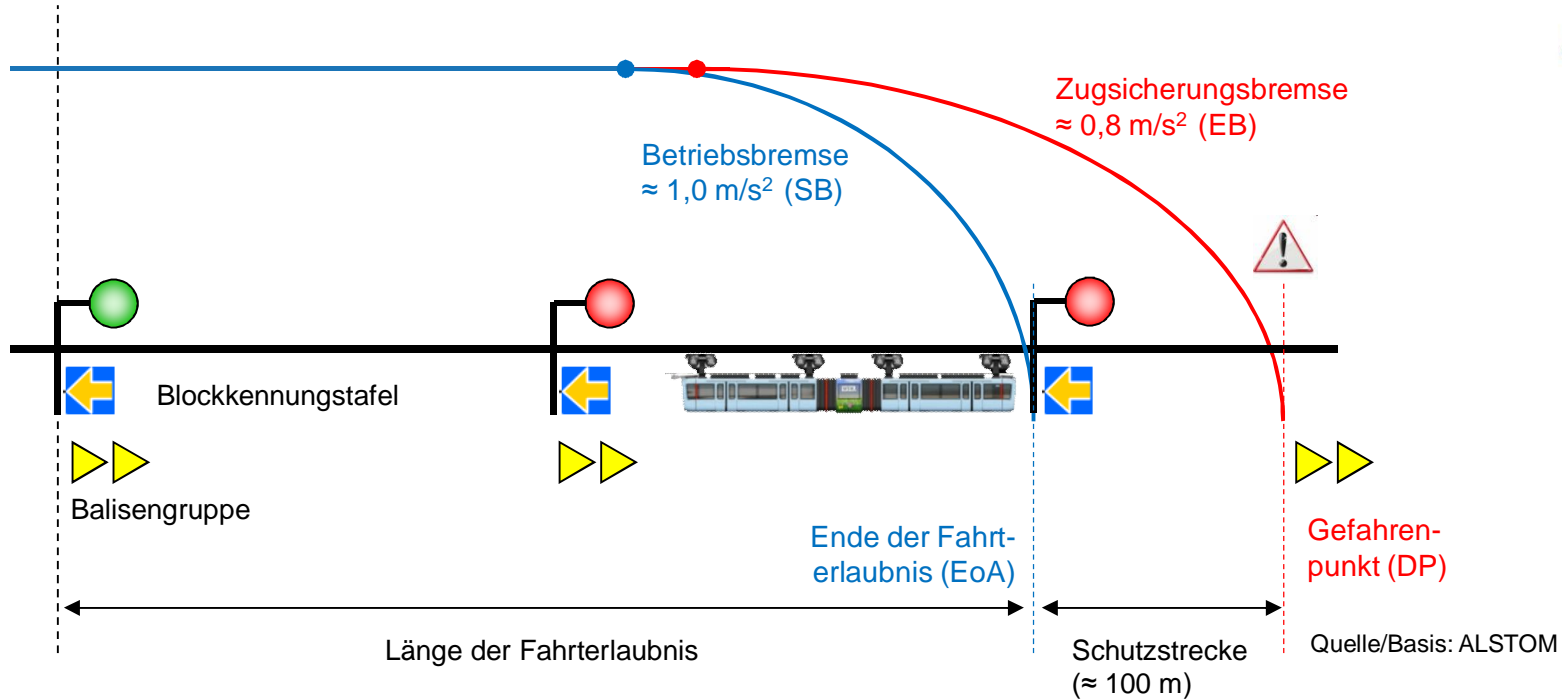


RBC + MSS

Quelle: ALSTOM

- ▶ regelmäßiger Datenaustausch zwischen Zügen und RBC ermöglicht schnelle und ortsunabhängige Signalaufwertung
- ▶ Regulierung des Zugbetriebs (Pünktlichkeit/Abstand) automatisch durch ITCS
- ▶ Anforderung der Fahrwege gemäß Fahrplan durch ITCS

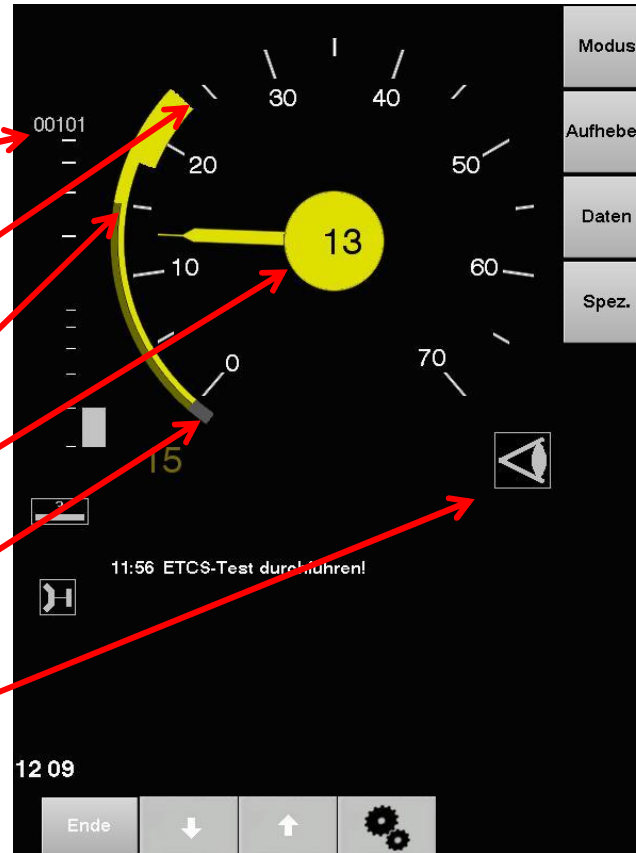
# Bremskurvenüberwachung



- ▶ Länge der Schutzstrecken durch „Dilatationsabschnitte“ der Trasse vorgegeben (max. 3 Züge in einem Abschnitt)

# DMI-Darstellung im Fahrzeug: Bremskurvenüberwachung

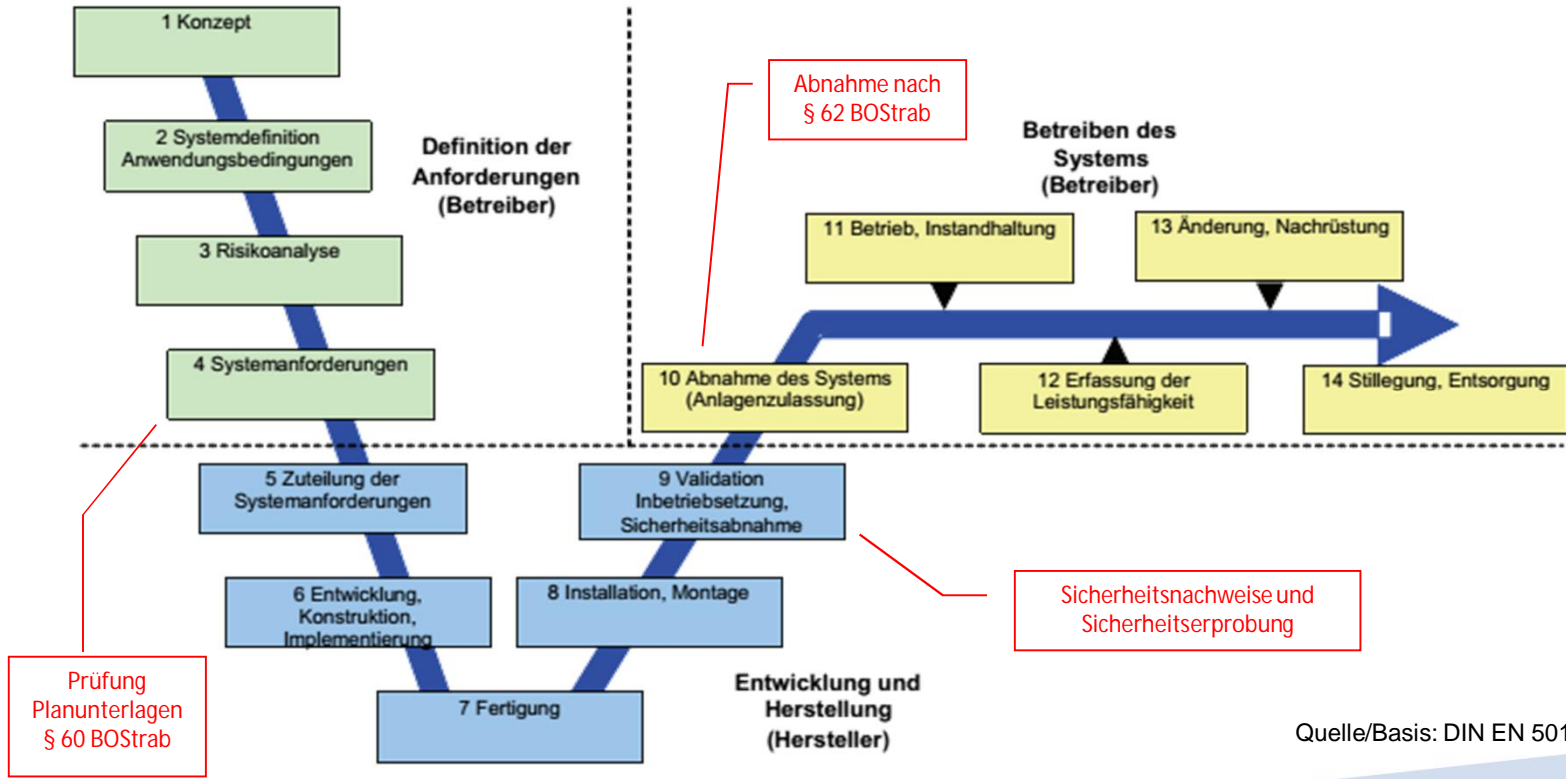
- ▶ Entfernung bis Zielpunkt
- ▶ erlaubte Geschwindigkeit (23 km/h)
- ▶ Befreiungsgeschwindigkeit (15 km/h)
- ▶ gefahrene Geschwindigkeit (13 km/h)
- ▶ zu erwartende Zielgeschwindigkeit (0 km/h)
- ▶ Fahrt auf Sicht (Betriebsart OS)



# Handlungsfelder der Systemeinführung



# Anlagenzulassung nach EN 50126 („V-Modell“)



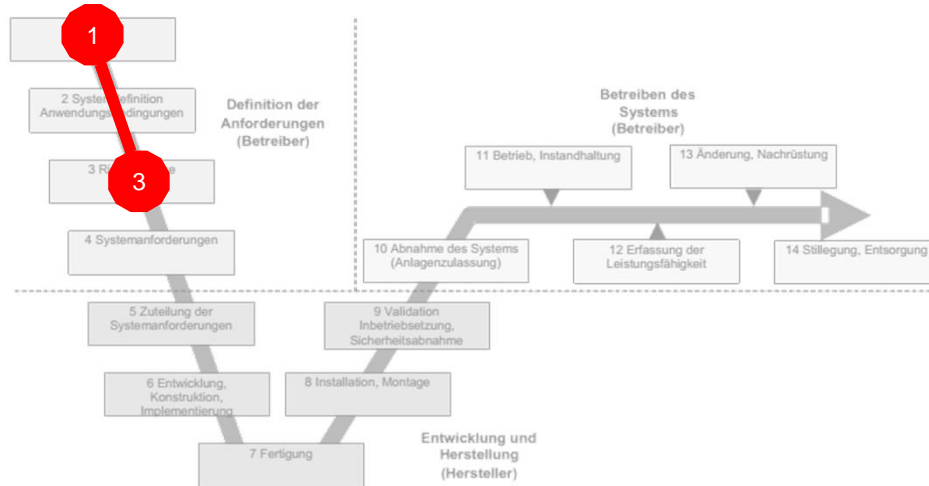
Quelle/Basis: DIN EN 50126

# Projektphasen bis zur Vergabe

- ▶ 2009 – 2010: **Entwicklung der Leistungsbeschreibung** für ein ATP-System auf Basis vorheriger Dokumente für ein ATO-System („Fahrerloser Betrieb“), das 2004 verworfen wurde (Kosten, Feststellung der Fahrwegfreiheit, ...)
- ▶ **Einbindung der TAB und Sicherheitsgutachter** bereits bei Entwicklung der Leistungsbeschreibung (vgl. EN 50126-129)
- ▶ 2010 - 2012: **EU-weites Ausschreibungsverfahren** (2 Phasen)
  - ▶ System-offene, funktionale Leistungsbeschreibung
  - ▶ Bewertung nach der erweiterten Richtwert-Methode
  - ▶ angebotene Systemlösungen: ETCS L1 / L2+, ZUB-basiert
  - ▶ Verzögerung von 7 Monaten durch Vergabeüberprüfung



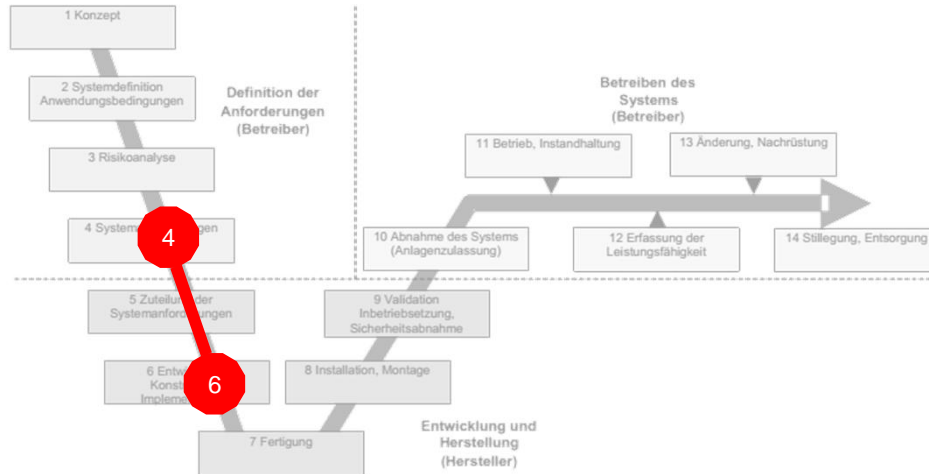
# Projektverlauf, Phasen 1 – 3: Konzept, Anwendungsbedingungen



- Anforderungsbeschreibung, Betriebskonzept, Systemarchitektur, **Sicherheitsplan**, Zulassungsplan, **Gefährdungsanalyse**, **Entwurfsplanung der Strecke**, Verschlusstabelle
- **PT1-Planung u. Antragsunterlagen nach § 60 BOSTrab** (Einreichung 06/2013, Zustimmungsbescheid 09/2013)
- **Frequenzantrag nach VV BüFu** für Erweiterung des vorhandenen TETRA-Netzes (Frequenzmehrbedarf; Einreichung 01/2014, Zuteilung 12/2014)

**2012 – 2013**

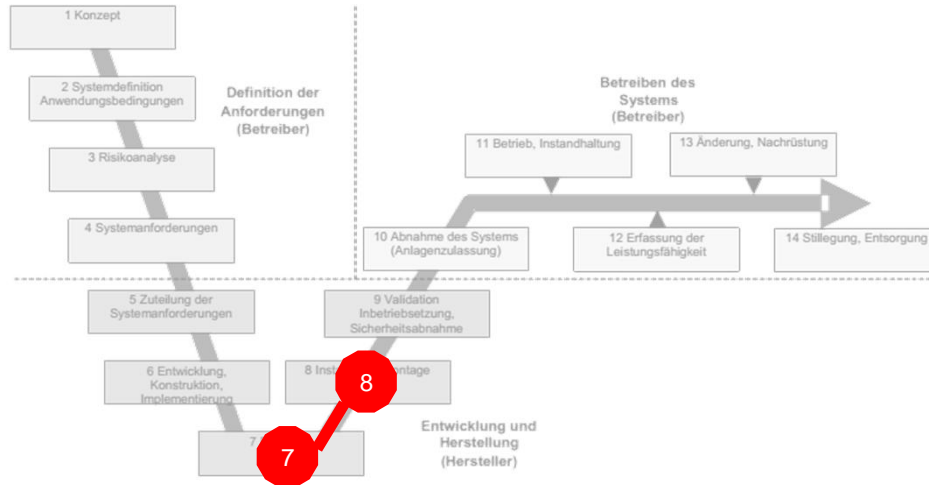
# Projektverlauf, Phasen 4 – 6: Systemanforderungen / Entwicklung



- **Pflichtenhefte, PT2-Planung, Sicherheitsnachweis**
- **Abschluss „Baseline 1“ (Anfang 2015)**
  - Vorbereitung der Labortätigkeiten zum Systemnachweis
- **Abschluss „Baseline 2“ (08/2015)**
  - Programmierung des Systems
- Gutachter-Tätigkeit / **Tests im Labor** in den Jahren 2015 und 2016

## 2013 – 2015

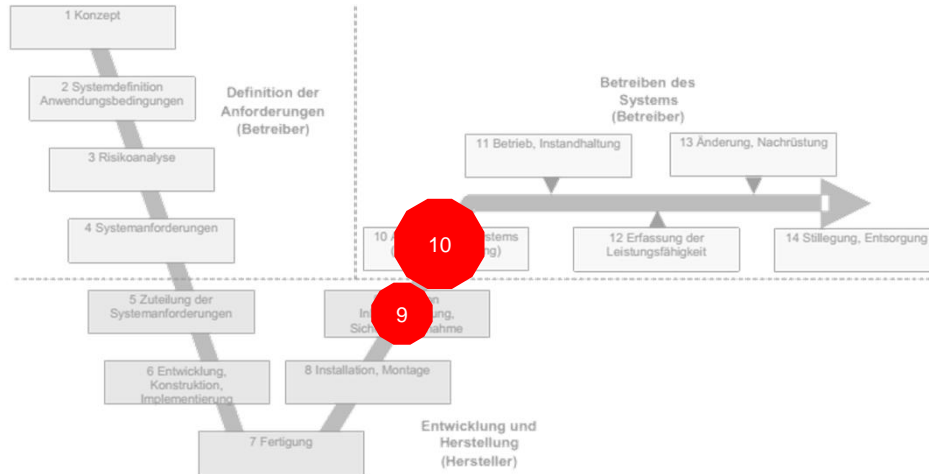
# Projektverlauf, Phasen 7 – 8: Fertigung und Installation



- **Anzeige Baubeginn gem. § 60 BOStrab** (03/2015)
- Einbau der **Fahrzeugausstattung** der neuen Schwebbahn-Fahrzeuge beim Hersteller VKD in Valencia (Kabel und Geräterahmen) ab 04/2015
- Installation der **Streckenausrüstung** (Balisen) ab 05/2015
- **Netzwerkinstallation** auf der Strecke ab 09/2015
- Ausrüstung **zentrales Stellwerk** sowie Integration der **dezentralen Weichensteuerungen** im Zeitraum 04/2016 bis 10/2016

## 2015 – 2016

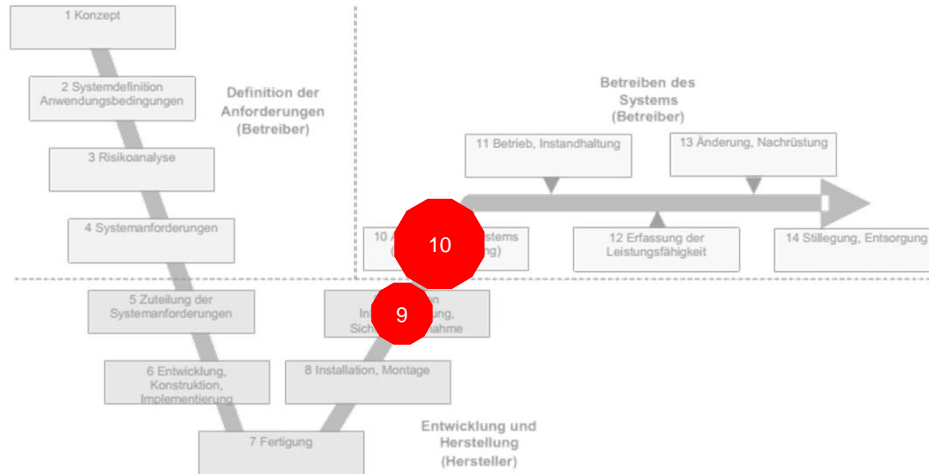
# Projektverlauf, Phasen 9 – 10: Einführungsstrategie



## 2016 – 2017

- Einsatz **neuer Schwebbahn-Fahrzeuge vorauss. ab 12/2016** im Linienverkehr mit alter Zugsicherung (Auslieferung Flotte bis Ende 2017)
- parallel Tests und Erprobung des Neuen Betriebssystems für Zulassungs- und Inbetriebnahme-Prozesse
- „**Umschaltung**“ auf **Neues Betriebssystem** in der zweiten Jahreshälfte 2017 (zunächst mit unverändertem Fahrplan mit Takt 3/3/4)
- nach Abschluss der Flottenauslieferung erfolgt Umstellung der Fahrspannung von 600 V auf 750 V → **Leistungstest des Betriebssystems** für kaufmännische Abnahme
- neuer **Fahrplan mit 2-Minuten-Takt** ab Anfang/Mitte 2018

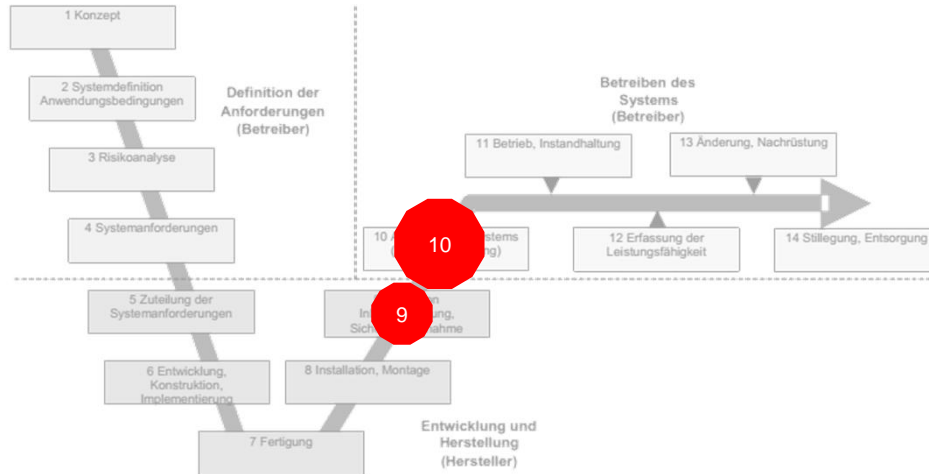
# Projektverlauf, Phasen 9 – 10: Inbetriebsetzung



**2016 – 2017**

- Durchführung der **anlagenspezifischen Tests** und **Erstellung der Nachweise in situ** (überwiegend nachts in Betriebsruhe)
- Zuordnungs- und Übereinstimmungsprüfung der Feldgeräte (Baliseninstallation, Funktionsnachweise in Betriebsart Non-Leading)
- Ankopplung u. Automatisierung der Weichensteuerung
- Funkübertragung (im Wesentlichen Prüfung der Zuverlässigkeit)
- „Beobachten & Bedienen“ (MMI im zentralen Stellwerk)
- Analyse von Verfahrensabläufen (Integration von Fahrzeug- und Streckeneinrichtungen inkl. ITCS)

# Projektverlauf, Phasen 9 – 10: Funktions- u. Sicherheitsnachweis



2017

- „**Schattenbetrieb**“ für Funktions- und Sicherheitsnachweise („Systemdistanz alte/neue Zugsicherung“)
- Erstellung **Gesamt-Sicherheitsnachweis** durch Hersteller
- Prüfung des Gesamt-Sicherheitsnachweises durch Gutachter
- **Sicherheitserprobung**
- **Abnahme nach § 62 BOStrab** und vorläufige Inbetriebnahme
- produktive Inbetriebnahme und Verfügbarkeitsnachweis durch Hersteller (Ø 99,96% gleitend für einen Monat in einem Quartal)

# Organisation im Betrieb und in der Instandhaltung

- ▶ grundlegende **Überarbeitung aller Dienstanweisungen** für Fahrbetrieb und Betriebssteuerung auf Basis der exportierten Gefahren und der System-Anwendungsbedingungen durch WSW mobil (mit Sicherheitsmanager) und ALSTOM
- ▶ **Neu-Organisation des Instandhaltungsbereichs** aufgrund weitgehend geänderter Anforderungen an Personal (Anzahl, Qualifikation) aufgrund neuer Komponenten und Schnittstellen
- ▶ **Qualifikationsmaßnahmen** für Instandhaltungspersonal vor Beginn der anlagenspezifischen Einarbeitung
- ▶ zahlreiche **Prozessveränderungen** im Fahrdienst und in der Betriebssteuerung durch Wegfall der Stellwerk-Besetzung an den Endhaltestellen sowie durch neue Technologie

# Schulung des Fahr- und Betriebspersonals

- ▶ **Schulungsaufwand:** 190 Personen / rund 1.100 Personentage; Umsetzung möglichst zeitnah zur Betriebsaufnahme
- ▶ Erwerb einer neuen **Fahrberechtigung** für das Fahren unter ETCS sowie einer **Leitstellenberechtigung** für Verkehrsmeister
- ▶ **Schulungsmaßnahmen Fahr- und Betriebspersonal (Fahren):**  
theoretischer Unterricht, Computer-based Training und praktische Übung
- ▶ **Schulungsmaßnahmen Verkehrsmeister (Leitstelle):**  
theoretischer Unterricht, Computer-based Training (Stellwerk-Simulation)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

**Dr.-Ing. Christian Kindinger**

0202 569-4001 - christian.kindinger@wsw-online.de



[www.seilbahn2025.de](http://www.seilbahn2025.de)

