

Aktuelle Erfahrungen mit dem Tunnelsimulator in Entwicklung, Einsatz und Optimierung

Dr. sc. techn. Matthias Wehner

**HBI Haerter GmbH
Heidenheim, Deutschland**

www.hbi.eu

Inhalt

- Entwicklung
 - » Ziele und Nutzen von Tunnelsimulatoren
 - » Konzept Prüfsoftware und Prüfszenarien
 - » Modellierung der Tunnel-Physik mit zeitlichem Verlauf
- Einsatz
 - » Engelbergtunnel, Katzenbergtunnel und Tunnel Schwarzer Berg
 - » Prüfergebnisse
 - » Erfahrungen in der Anwendung
- Optimierung
 - » Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall
- Schlussfolgerungen

Inhalt

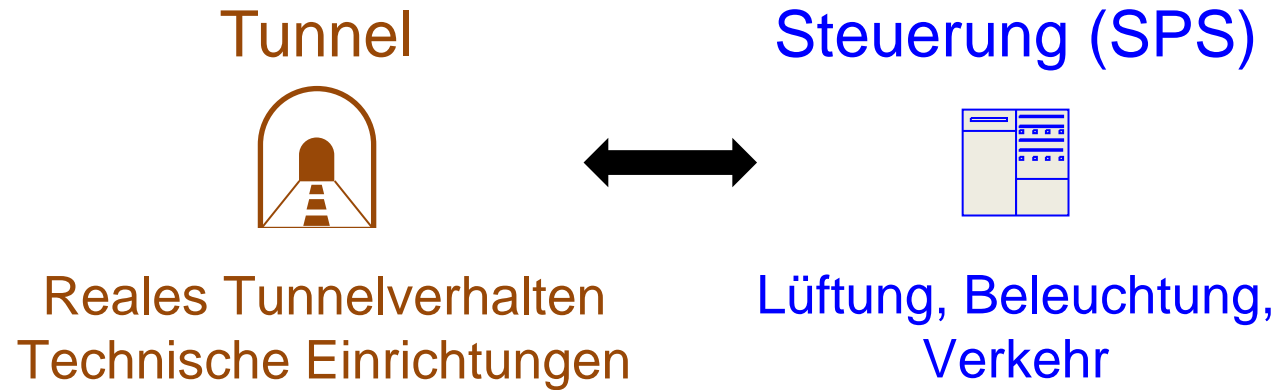
- **Entwicklung**
 - » **Ziele und Nutzen von Tunnelsimulatoren**
 - » **Konzept Prüfsoftware und Prüfszenarien**
 - » **Modellierung der Tunnel-Physik mit zeitlichem Verlauf**
- Einsatz
 - » Engelbergtunnel, Katzenbergtunnel und Tunnel Schwarzer Berg
 - » Prüfergebnisse
 - » Erfahrungen in der Anwendung
- Optimierung
 - » Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall
- Schlussfolgerungen

Ziele und Nutzen von Tunnelsimulatoren

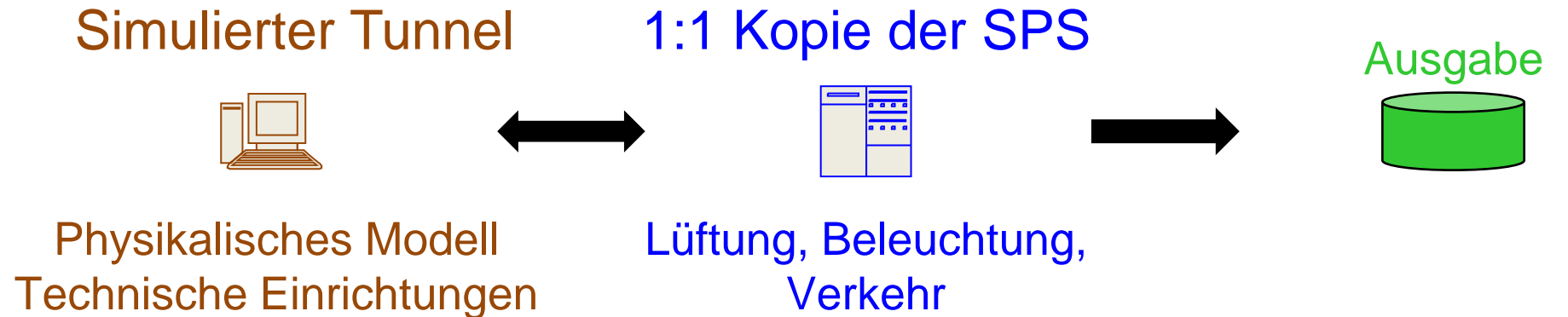
- Abnahmewerkzeug für die Steuerung der Tunnellüftung
- Optimieren der Steuerung der Tunnellüftung
- Erhöhung von Bediensicherheit und Optimierung der Bedienung
- Notfallübungen am Bildschirm
- Deutliche Steigerung der Sicherheit
- Erweiterbar zu einem Schulungstool
- Prüfen zukünftiger Änderungen von Betriebseinrichtungen

Konzept Prüfsoftware

Realität

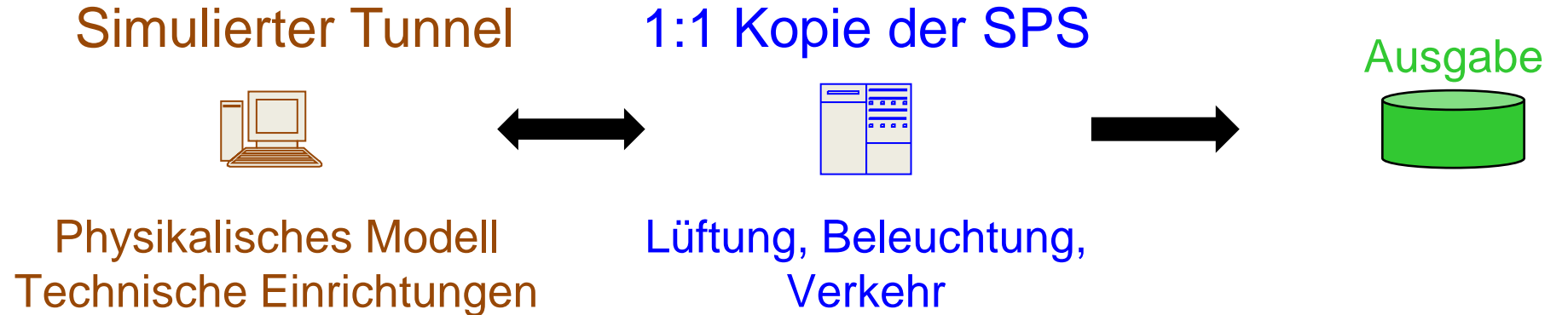


Tunnel- simulator

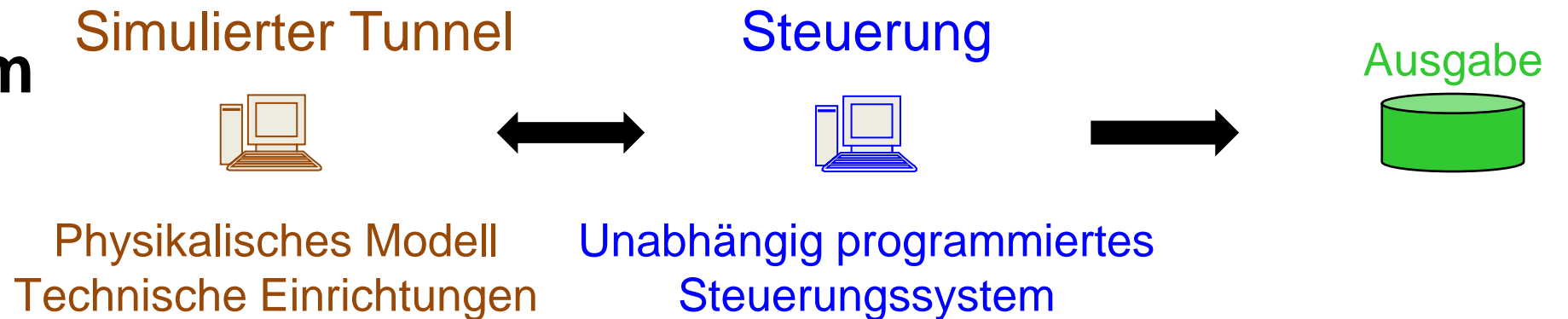


Konzept Prüfsoftware

Tunnel- simulator



Prüfprogramm (Unabhängig programmiert)



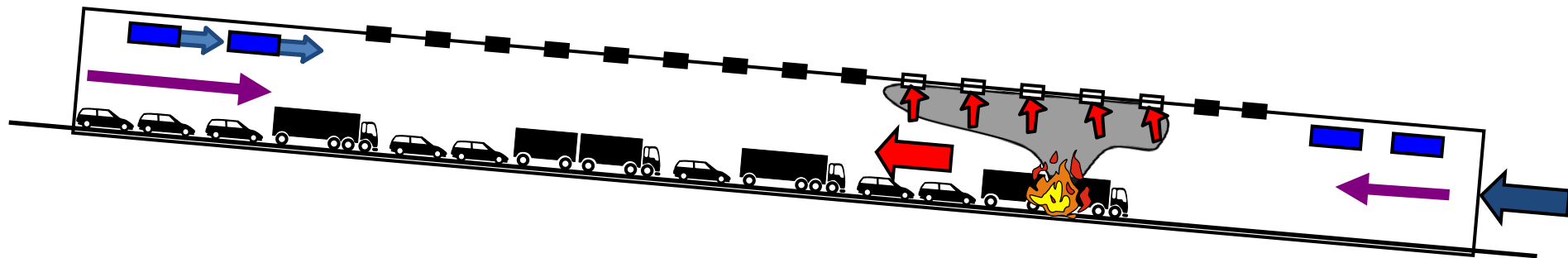
Prüfszenarien (Engelbergtunnel)

Nr.	Parameter	Brandröhre	Gegenröhre	AnzahlFälle
1.	Brandröhre / Gegenröhre	Weströhre	Oströhre	2
		Oströhre	Weströhre	
2.	Verkehr vor dem Brand	Flüssig, Hohe Fahrzeugmenge	Flüssig, Hohe Fahrzeugmenge	3
		Flüssig, Mittlere Fahrzeugmenge	Flüssig, Mittlere Fahrzeugmenge	
		Stau	Flüssig, Hohe Fahrzeugmenge	
3.	Portaldruck	Mittlerer Wert gegen Fahrtrichtung	Mittlerer Wert gegen Fahrtrichtung	3
		+ -0 (kein Druck)	+ -0 (kein Druck)	
		Mittlerer Wert in Fahrtrichtung	Mittlerer Wert in Fahrtrichtung	
4.	Brandorte (Brandabschnitte)	über Tunnellänge verteilt	-	17
5.	Brandleistung	5, 30, 100 MW	-	3

918 Fälle

Modellierung der Tunnel-Physik

- Betrieb der Tunnellüftung mit zugehöriger Messtechnik
- Zeitliche Berechnung von Druck und Strömungsgeschwindigkeit im Tunnel
- Einfluss von Wind und Temperaturen, Reibung und Einbauten
- Modellierung des Fahrzeugverhaltens mit Kolbeneffekt
- Entwicklung von Brandleistung, Rauchausbreitung und Temperatur
- Kaminwirkung aufgrund der Brandleistung
- Zeitpunkt der Brandmeldung



Inhalt

- Entwicklung
 - » Ziele und Nutzen von Tunnelsimulatoren
 - » Konzept Prüfsoftware und Prüfszenarien
 - » Modellierung der Tunnel-Physik mit zeitlichem Verlauf
- **Einsatz**
 - » **Engelbergtunnel, Katzenbergtunnel und Tunnel Schwarzer Berg**
 - » **Prüfergebnisse**
 - » **Erfahrungen in der Anwendung**
- Optimierung
 - » Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall
- Schlussfolgerungen

BAB 81 Engelbergtunnel (Nachrüstung)

Tunnelsimulator in der Planungsphase

- Der Tunnelsimulator ist in der Planungsphase
- Dient der Vor-Abnahme der Steuerung der Tunnellüftung von geplanten Nachrüstungsmaßnahmen
- Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung

BAB A3 Katzenbergtunnel (Neubau)

Tunnelsimulator in der Ausführung

- Der Tunnelsimulator ist in der Ausführungsphase
- Dient der Vor-Abnahme der Steuerung der Tunnellüftung

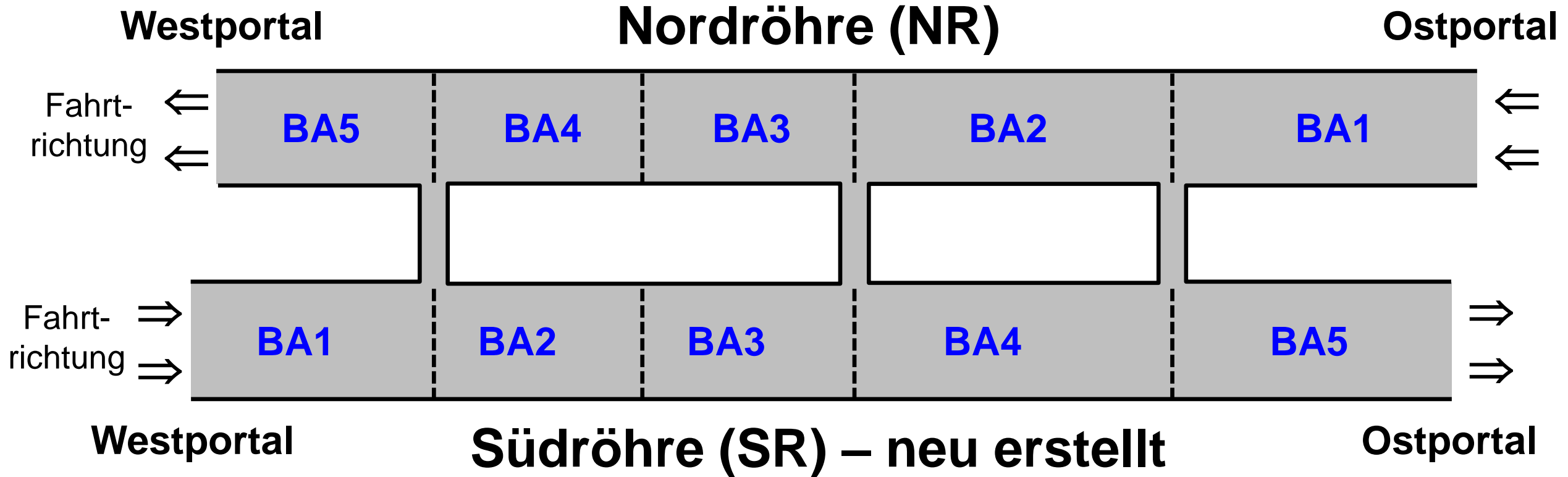
Tunnel Schwarzer Berg (Nachrüstung) Tunnelsimulator im Einsatz

- Pilotprojekt im Bereich der Bundesautobahnen
- In Abstimmung mit dem BMVBS und der Länderarbeitsgruppe Tunnelsimulation
- Der Tunnelsimulator ist realisiert und geprüft in der Verkehrs- und Betriebszentrale der Autobahndirektion Nordbayern in Nürnberg-Fischbach
- Optimierung der Lüftungssteuerung
- Erfahrungen aus der Tunnelleitzentrale liegen vor

Der Tunnelsimulator – Bedienplatz in der VBZ Nordbayern in Nürnberg Fischbach



Der Tunnel „Schwarzer Berg“ – Brandabschnitte



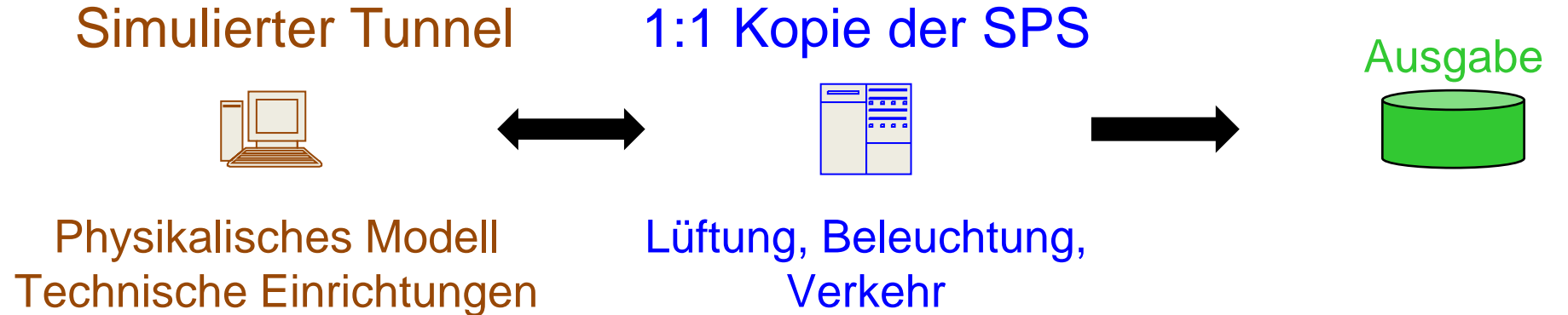
Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall

Soll-Luftströmungsgeschwindigkeit im Fahrraum im Brandfall

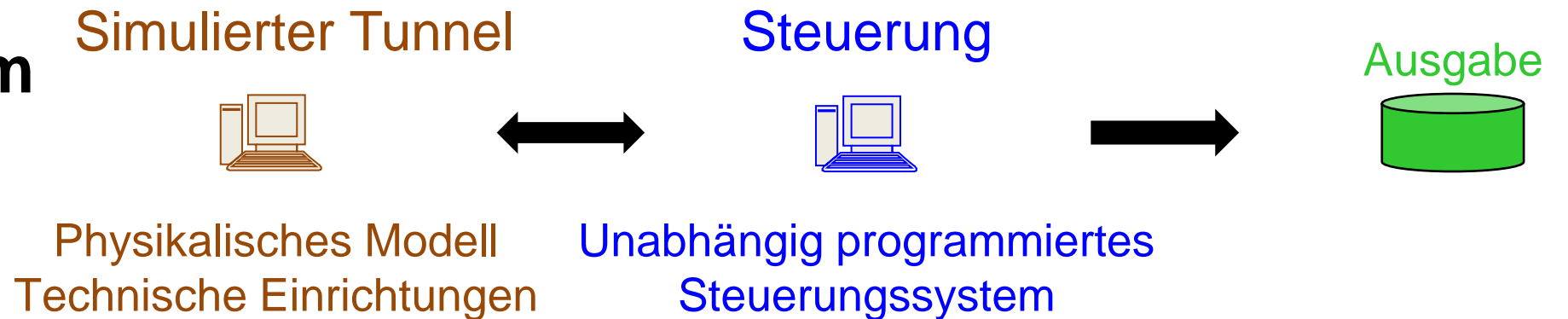
Verkehrsbedingung vor Brandbeginn	Soll-Luftströmungsgeschwindigkeit im Fahrraum
Fließender Richtungsverkehr	2,5 m/s in Fahrtrichtung
Stau oder stockender Richtungsverkehr	1,5 m/s in Fahrtrichtung
Gegenverkehr	1,0 m/s in Richtung des nähergelegenen Portals

Konzept Prüfsoftware

Tunnel- simulator

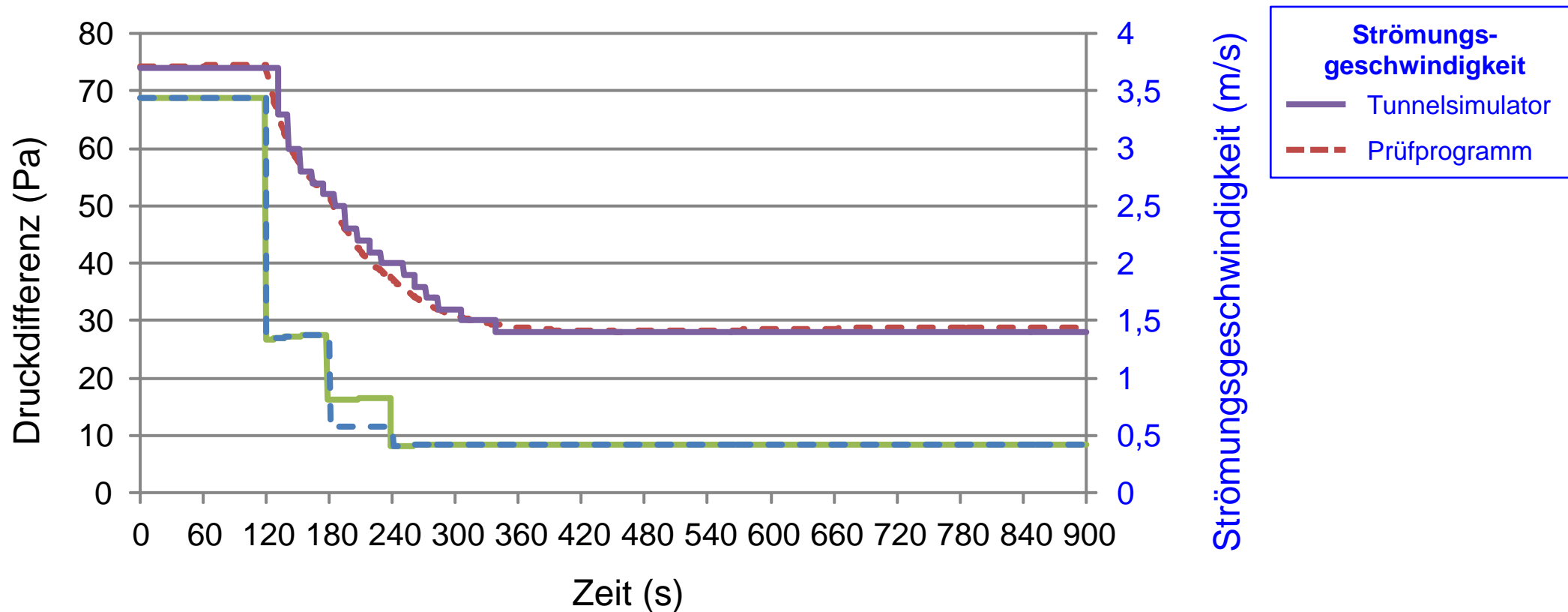


Prüfprogramm (Unabhängig programmiert)



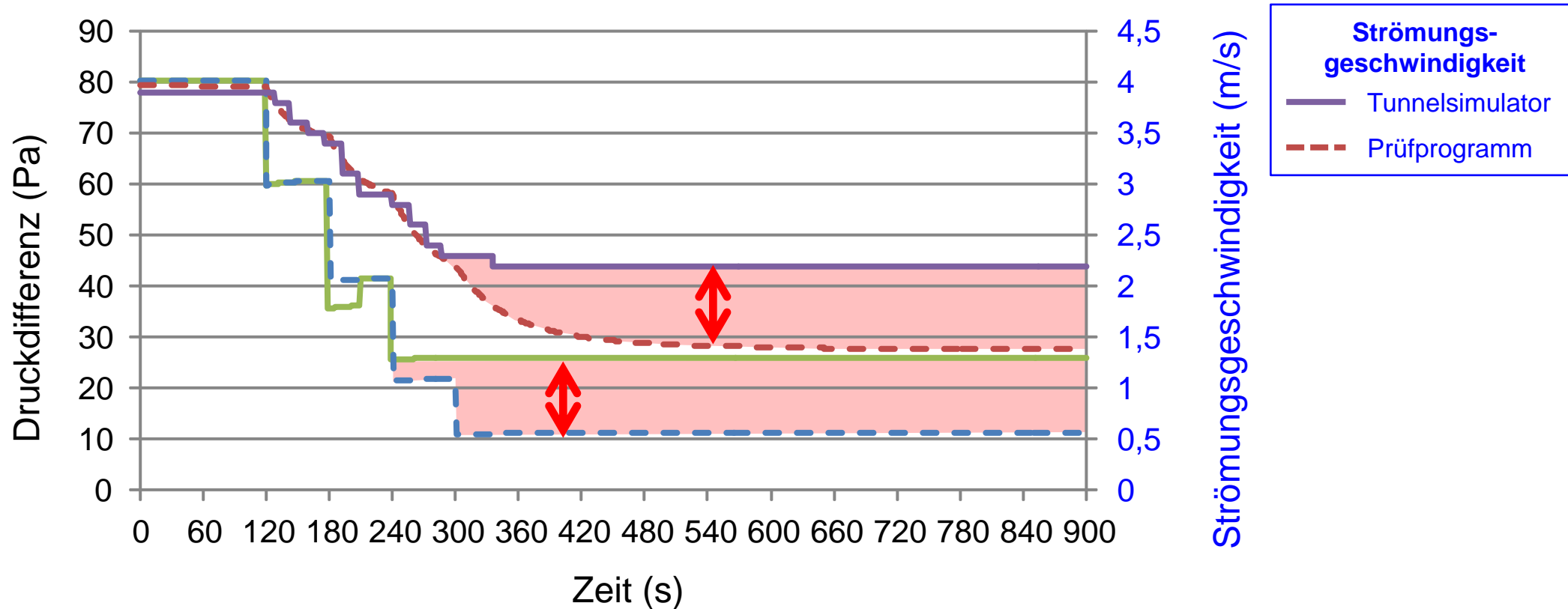
Gute Übereinstimmung zwischen Tunnelsimulator und Prüfprogramm

- Fall 41, Nordröhre, Stau, Brandleistung: 5 MW



Abweichung zwischen Tunnelsimulator und Prüfprogramm

- Fall 135, Südröhre, Stau, Brandleistung: 5 MW



Erfahrungen aus der Anwendung Rückmeldungen der Tunneloperatoren

- Notwendigkeit von definierten Übungsvorlagen
- Vereinfachung der Anwendung einzelner Simulationen gewünscht
- Verbessern der Datenbank mit real wirkenden Videoaufzeichnungen
- Auswertung und Bewertung der Schalthandlungen, der Schaltreihenfolgen und der Reaktionszeiten mittels Soll-Ist-Vergleich
- Möglichkeit, das Ergebnis ausdrucken zu können
- Ereignisnachbereitung

Inhalt

- Entwicklung
 - » Ziele und Nutzen von Tunnelsimulatoren
 - » Konzept Prüfsoftware
 - » Prüfszenarien
 - » Modellierung der Tunnel-Physik mit zeitlichem Verlauf
- Einsatz
 - » Tunnel Schwarzer Berg, Katzenbergtunnel und Engelbergtunnel
 - » Prüfergebnisse
 - » Erfahrungen in der Anwendung
- **Optimierung**
 - » **Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall**
- Schlussfolgerungen

Optimierung der Steuerung der Tunnellüftung im Brandfall im Tunnel Schwarzer Berg

- „Überkorrektur“ wurde abgeschaltet: Schalten eines „großen“ Ventilators wurde im nächsten Zeitschritt „über“-korrigiert. Betroffen: 38 von 210 Szenarien.
- Minimierung der Schaltheufigkeiten: Es gab unnötige Schaltungen von Ventilatoren. 15 von 210 Szenarien.
- Korrektur: In 7 von 210 Szenarien wurde das Lüftungssystem von der automatischen Regelung abgeschaltet.

Ergebnis der Optimierung: In 11 % aller Fälle hätten die Abweichungen in einem realen Ereignis das Risiko für Tunnelnutzer erhöht.

Schlussfolgerungen

1. Erfahrungen aus drei Projekten liegen vor.
2. Wertvolles Abnahmewerkzeug: Prüfung von rund 1000 Fällen mit Prüfsoftware.
3. Nachbildung der realen Tunnelphysik und der Betriebstechnik.
4. Optimierung der Steuerung, Fehlerreduzierung.
5. Höhere Sicherheit in der Automatik und in der manuellen Bedienung.
6. Tunneloperatoren wünschen Soll-Ist-Vergleich ihres Handelns.
7. Weniger Sperrzeit durch Vorprüfungen ohne Einfluss auf den echten Tunnel.