

Höhenkontrolle Höko 2.0

1. Grundprinzip zur Kontrolle der Fahrzeughöhe
2. Problemstellung
3. Kennzahlen bei HöKo-Auslösungen und Beispiele
4. Projektziel
5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel
 - ☐ Prinzip Pilotprojekt 1: HöKo Tunnel Eching / Etterschlag A96
 - ☐ Prinzip Pilotprojekt 2: HöKo Tunnel Allach A99
 - ☐ Prinzip Pilotprojekt 3: Vor-HöKo Tunnel Eching / Etterschlag A96
 - ☐ Prinzip Pilotprojekt 4: Vor-HöHo Tunnel Tutting A94
 - ☐ Prinzip Pilotprojekt 5: Vor-HöKo mit Kennzeichenerfassung Engelbergtunnel A81
6. Prinzip HöKo 2.0
 - ☐ Messquerschnitt HöKo 2.0
 - ☐ Messprinzip Rotationslaser und Fz-Silhouetten Bestimmung
 - ☐ Anlagen Bild HöKo 2.0
7. Diskussion

1. Grundprinzip zur Kontrolle der Fahrzeughöhe

1. Anlagen zur Kontrolle der Fahrzeughöhe

- Ausstattungselemente am Ort der Messung zum Schutz der Infrastruktur (Prinzip BAB Südbayern)
 - Induktionsschleifen zur Anwesenheitsprüfung Fahrzeug
 - an einem Stahlbauwerk angeordnete Messsysteme (4 Systeme / 2 Höhen o/u / Abstand 1 m)
 - Überwachung einer bauwerksabhängigen Grenzhöhe parallel zur Querneigung der Fahrbahn
 - Messprinzip auf Basis Reflexions-Lichtschränke (LS)
 - Bedingung: Belegung Induktionsschleife **und** Unterbrechung LS1 o/u vor LS2 o/u
 - Snapshot-Kamera zur Erfassung des überhohen Fahrzeuges im Moment der Durchfahrt (3 Bilder bei 0,0s, +0,4s, +0,7s)
 - Zusätzlich Thermo-Kamera an ausgewählten Stellen



2. Problemstellung aus Sicht des Realbetriebs

2. Problemstellung aus Sicht des Realbetriebs

- Oftmalige Auslösung der HöKo im Jahr an nahezu allen Tunneln
- Folge: immer Aktivierung der Tunnelsperreinrichtung
- Folge: erhebliche Leistungseinbrüche im Streckenabschnitt durch langanhaltende Sperrsituation; sehr viele Fahrzeuge sind betroffen
- Operatoren initiieren Polizeieinsatz
- Erst durch Klärung der ist-Situation am gesperrten Tunnel (Aufklärung der Situation durch Einsatzkräfte; meist Vermessung des Fahrzeugs; Visuelle Verifikation potenzieller Schädigungen im Tunnel; etc.) kann der Tunnel nur auf Anweisung der Polizei-Einsatzkräfte wieder freigegeben werden
- Freigabe der Tunnelröhre erst nach Behandlung des überhohen Fahrzeuges vor Ort
- Problem: lange Sperrzeiten bis Aufklärung der Situation durch Einsatzkräfte
- Auflösung des Staus und Wiederherstellung des normalen Verkehrsflusses ist zeitintensiv
- Aus Sicht der VBZ: lange Zeit der Betreuung eines HöKo-Vorfalles durch den relevanten Operator notwendig

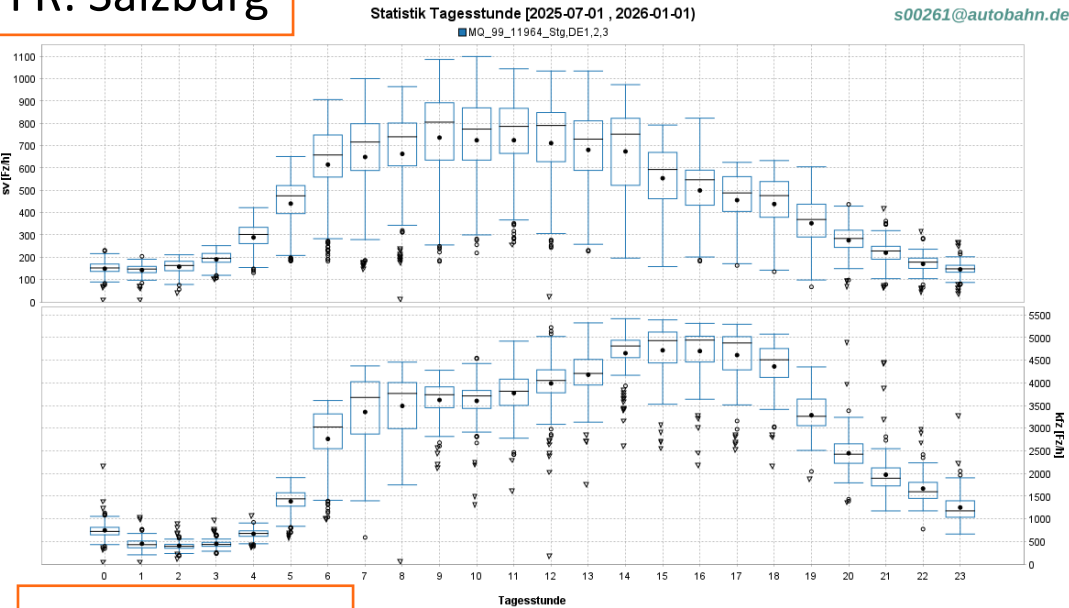


3. Kennzahlen bei HöKo Auslösungen und Beispiele

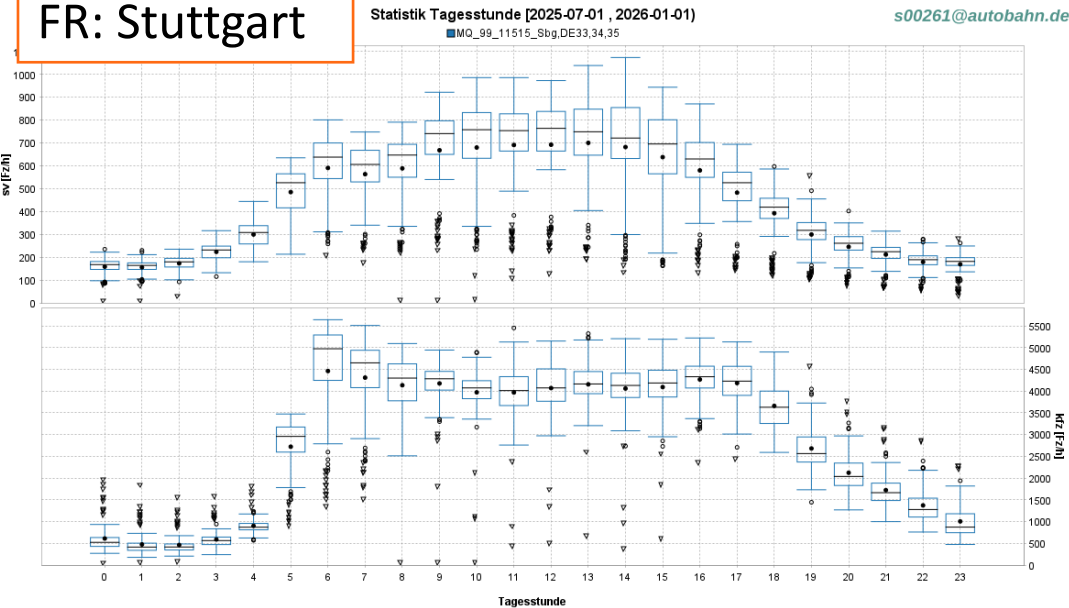
Mittlere Nachfrage je Tagesstunde kombiniert mit der Dauer und Anzahl der Höhenkontroll-Auslösungen:
214.366 Personen pro halbes Jahr (1,5 Personen pro Fahrzeug und 45 min je Tunnelsperrung)



FR: Salzburg

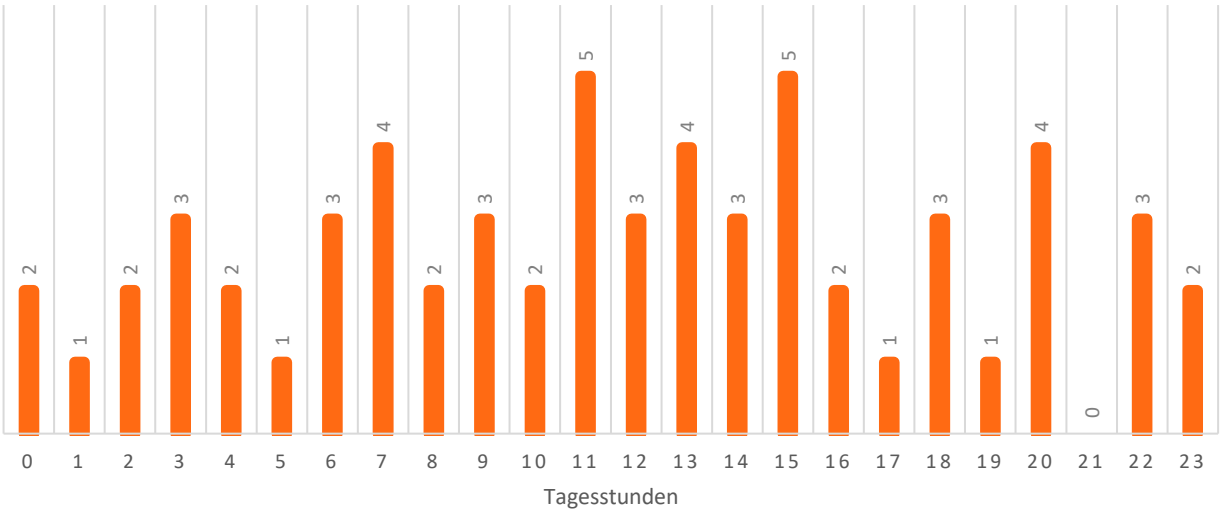


FR: Stuttgart

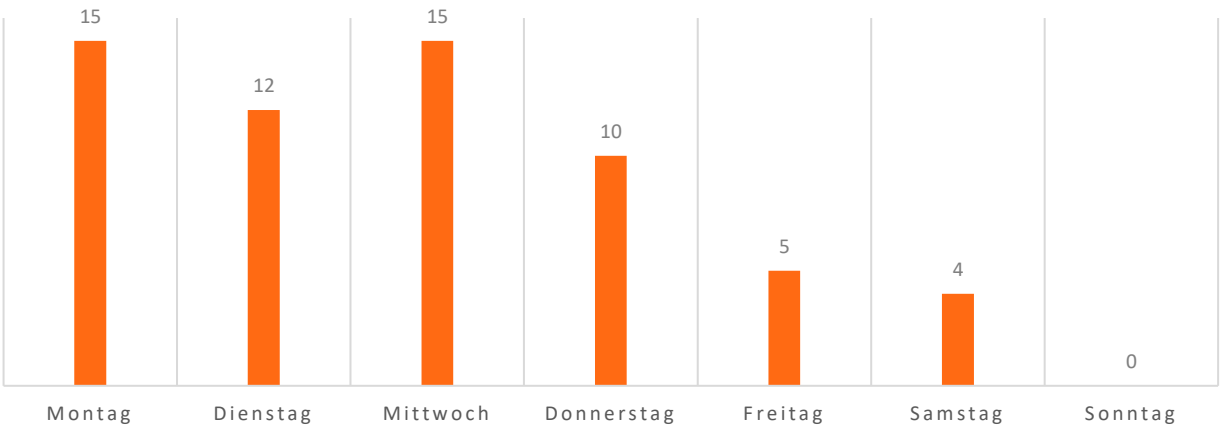


Beide Fahrtrichtungen auf Q3 und Q4 2025

Histogramm der HöKo Auslösungen Q3/Q4 2025



Histogramm der HöKo Auslösungen Q3/Q4 2025 über Wochentage



Muster zu erkennen:

- Viele LKW, die LKW geladen haben



4. Projektziel

4. Projektziel

- Anordnung der Höhenmessung an der HöKo in ausreichendem Abstand zum Tunnelbauwerk für kontrollierte Geschwindigkeitsreduktion bis zur Sperrung vor Ankunft des überhohen Fahrzeugs
- Rechtzeitiges und eindeutiges Erkennen der Überhöhe und Identifikation des Verursachers an einer Vor-HöKo
- Zielgerichtetes Ansprechen des Verursachers mit seinem Kennzeichen
- Aufforderung des Verursachers zum Verlassen der Autobahn an der letzten Anschlussstelle vor dem Tunnel und Kontrolle, ob dieser die Autobahn verlassen hat (ggf. Inklusive Enforcement)
- Bei Nicht-Ausfahrt klassische Funktionsweise der HöKo
- Forderung: Realisierung einer Ausleitungsbucht für überhöhte Fahrzeuge in ausreichender Dimensionierung zwischen HöKo-Einrichtung und Sperreinrichtung des Tunnels

Ziel: Vermeidung der Einfahrt des überhöhten Fahrzeugs in den Tunnel, bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des übrigen Verkehrs am Querschnitt zur reibungsfreien Abwicklung ohne Beeinträchtigung durch Sperranlagen

Folge: erhebliche Reduktion des volkswirtschaftlichen Schadens

5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel

- Prinzip Pilotprojekt 1: HöKo Tunnel
Eching / Ettersschlag A96



4 Messsysteme

- in 2 Höhen
- Horizontaler Abstand 1 m

Entwicklungen von Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten für PKW

Beispiel: Höhenkontrolle Tunnel Eching / Tunnel Etterschlag A96

- Erstausrüstung mit Höhenkontrolle zum Schutz der Infrastruktur
- Nach Inbetriebnahme im Schnitt tägliche Auslösung der Höhenkontrolle
- Pilotprojekt 1: Nachrüstung mit Freigabe des Tunnels nur für Pkw nach Auslösung
 - Höhenkontrolle
 - Zusätzliche WVZ an zwei Querschnitten
 - Zusätzliches Tunnelprogramm Freigabe für Pkw
 - Nach visueller Prüfung aus Tunnelzentrale Freigabe für Pkw durch Operator
 - Behandlung des überhohen Fahrzeuges nach Eintreffen der Einsatzkräfte
 - Reduktion der Verlustzeiten für Pkw

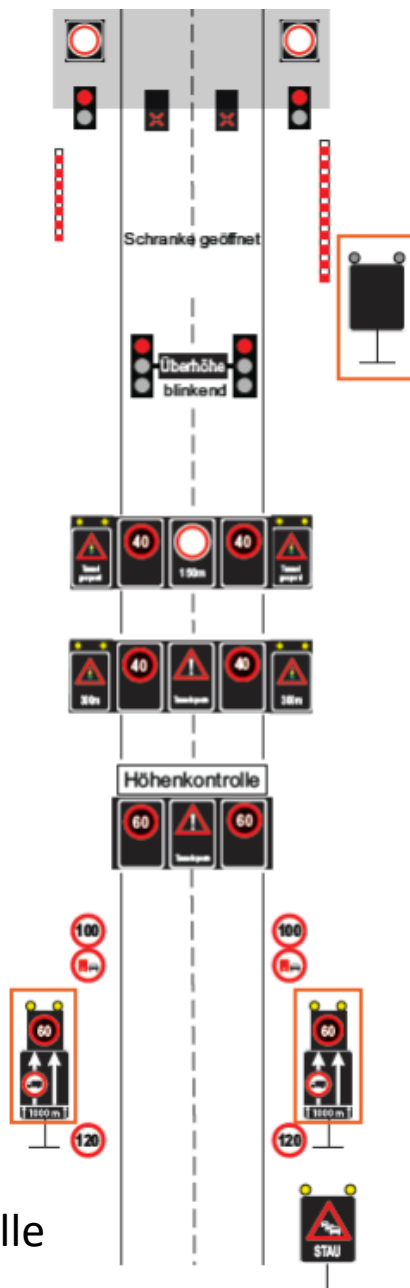


Abb. 1: Auslösung Höhenkontrolle

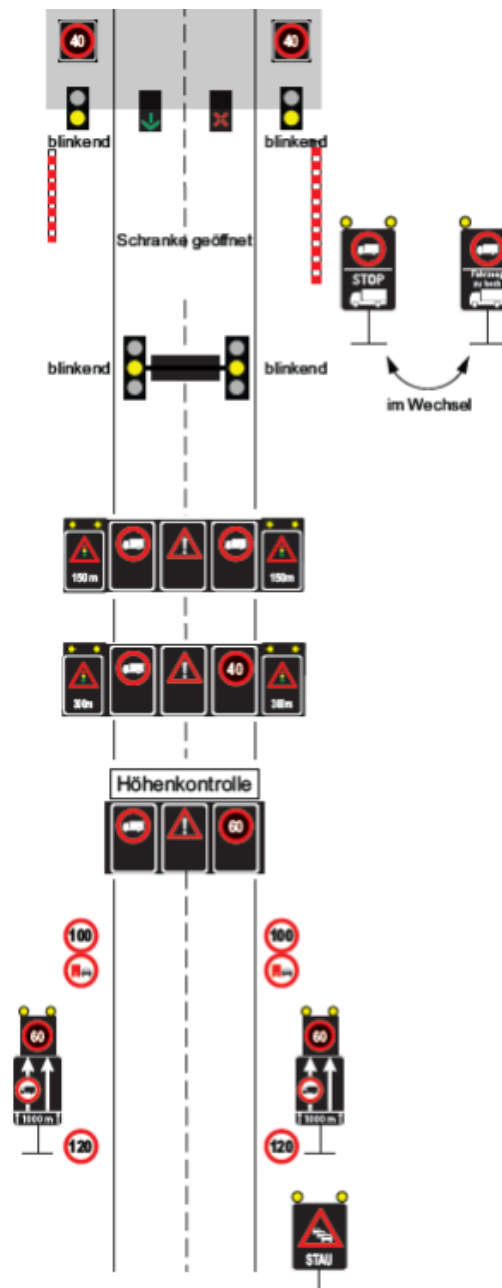
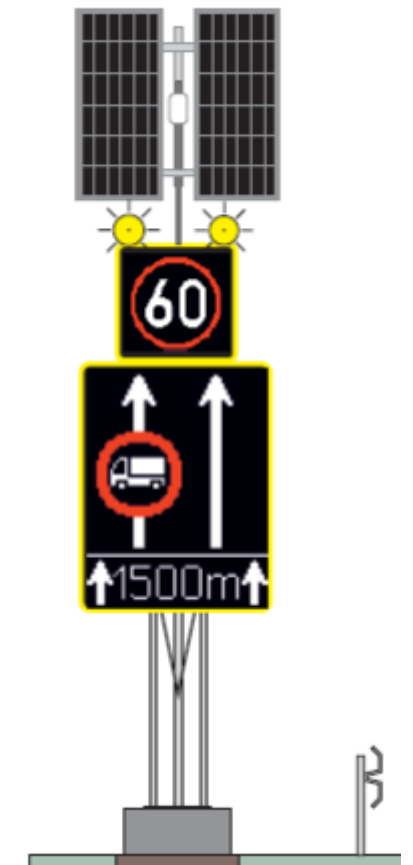


Abb. 2: Freigabe PKW

Die Autobahn



Zusätzliches WVZ im Zulauf

Erfahrungen aus Pilotprojekt 1

- Manuelle Freigabe Pkw-Verkehr nach der Tunnelsperrung durch visuelle Prüfung durch Operatoren
- Zeitspanne zwischen Tunnelsperrung und Freigabe Pkw-Verkehr häufig über 20 Minuten
- Keine Freigabe bei schlechter Sicht / Dunkelheit möglich
- Freigabe nur möglich, wenn auslösendes Fahrzeug vor dem Sperrquerschnitt angehalten hat
 - wenn Fahrzeugführer des auslösenden Fahrzeugs das Rotlicht am Sperrquerschnitt missachtet hat und erst an der zweiten LSA am Tunnelportal anhält, erreicht die Information am zusätzlichen WVZ den Fahrzeugführer nicht
- Keine geringere Anzahl der Auslösungen, aber Reduktion der Wirkungen (geringerer Zeitverlust im Stau für Pkw)

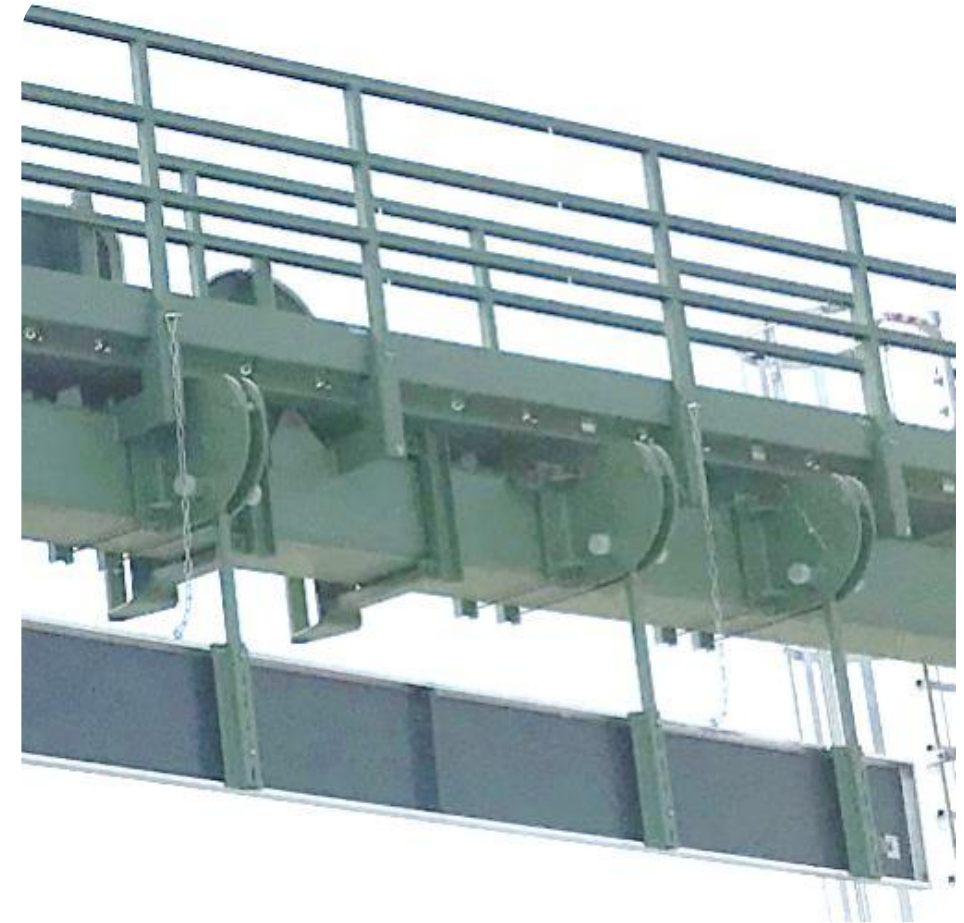
5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel

- Prinzip Pilotprojekt 2: HöKo Tunnel
Allach A99

Entwicklung von Lösungen zur Reduktion der Auslöser

Beispiel: Höhenkontrolle Tunnel Allach A99

- Erstausrüstung mit Höhenkontrolle zum Schutz der Infrastruktur
- Nach Inbetriebnahme regelmäßige Auslösung der Höhenkontrolle
- Pilotprojekt 2: Bauliche Nachrüstung für geänderte Grundlage zur Bußgelderhebung zum Schutz der Infrastruktur bei Missachtung der Höhenbegrenzung
 - Anwendung §250a Bußgeldkatalog (BKatV)
 - Deutlich höhere Bußgelder / Fahrverbote: 500 € / 2 Monate (Stand 04/23)
 - Kennzeichnung der Straßenfläche bei Höhenkontrolle durch VZ 600 StVO
 - Abklappbare Ausführung, angebracht in tatsächlich überwachter Höhe
- Erfahrungen aus Pilotprojekt 2:
 - Keine signifikante Reduktion der Auslösungen



Z 600 StVO

5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel

- Prinzip Pilotprojekt 3: Vor-HöKo
Tunnel Eching / Ettersschlag A96

Entwicklung von Lösungen zur Reduktion der Auslöser

Beispiel: Höhenkontrolle Tunnel Eching / Tunnel Etterschlag A96

- Pilotprojekt 3: Nachrüstung einer vorgelagerten **temporären Vor-Höhenkontrolle mit mobilen Systemkomponenten**
 - Zwei Vor-Höhenkontrollen im Abstand von ca. 800 m vor der letzten Anschlussstelle vor Tunnelbauwerk
 - Nachfolgende zusätzliche WVZ mit Visualisierung der Überhöhe und Anweisung zum Verlassen der Autobahn mit alternierenden Anzeigehalten
 - Ausleitungsbeschilderung an der Anschlussstelle
 - Bei Weiterfahrt Auslösung Höhenkontrolle und Tunnelsperrung
- Erfahrungen aus Pilotprojekt 3:
 - Deutliche Reduzierung der Anzahl von Auslösungen der stationären Höhenkontrolle (mit Tunnelsperrung) zum Schutz der Infrastruktur

Die Autobahn



Beschilderung mit
alternierender Anzeige

Ausleitungsbeschilderung
an Anschlussstelle



5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel

- Prinzip Pilotprojekt 4: Vor-HöKo
Tunnel Tutting A94

Überführung der Vor-Höhenkontrolle in die Regelausstattung

Beispiel Höhenkontrollsystem Tunnel Tutting A94 (in Bau) / Wanktunnel B2 (in Planung)

- Höhenkontrolle zum Schutz der Infrastruktur im Zulauf auf das Tunnelbauwerk
- Zusätzliche Vor-Höhenkontrolle vor der letzten Ausleitmöglichkeit
- Ausstattung der Vor-Höhenkontrollen entsprechend der im Pilotprojekt 3 erfolgreich erprobten Ausstattung

5. Bestehende Lösungen zur Reduktion der Sperrzeiten vor dem Tunnel

- Prinzip Pilotprojekt 5: Vor-HöKo
Tunnel Engelbergtunnel A81

Realisierung einer Vor-Höhenkontrolle mit Kennzeichenerfassung

Beispiel: Höhenkontrollsystem Engelbergtunnel A81 (in Planung)

- Tunnelsanierung mit Einbau Innen-Betonschale verringert Höhenprofil
- Höhenkontrolle zum Schutz der Infrastruktur im Zulauf auf das Tunnelbauwerk
- Zusätzliche Vor-Höhenkontrolle vor der letzten Ausleitmöglichkeit
 - Induktionsschleifen zur Anwesenheitsprüfung Fahrzeug
 - An einem Stahlbauwerk angeordnete Systeme zur Höhenmessung
 - Überwachung einer bauwerksabhängigen Grenzhöhe parallel zur Querneigung der Fahrbahn
 - Messprinzip auf Basis Reflexions-Lichttaster (LT) mit Abstandsmessung
 - Bedingung: Belegung Induktionsschleife **und** Unterbrechung LT1 o/u vor LT2 o/u
 - Snapshot-Kamera zur Erfassung des überhohen Fahrzeuges im Moment der Durchfahrt
 - ANPR-Kamera zur Erfassung des Kfz-Kennzeichens vom überhohen Fahrzeug

Realisierung einer Vor-Höhenkontrolle mit Kennzeichenerfassung

Beispiel: Höhenkontrollsystem Engelbergtunnel A81 (in Planung)

- Der Vor-Höhenkontrolle nachfolgende zusätzliche WVZ mit
 - Darstellung des Kfz-Kennzeichens (auch international)
 - Visualisierung der Überhöhe
 - Anweisung zum Verlassen der Autobahn mit alternierenden Anzeigeeinhalten
- Ausleitungsbeschilderung an der Anschlussstelle
- Bei Weiterfahrt Auslösung Höhenkontrolle und Tunnelsperrung



Vor-Höhenkontrolle

Nachfolgende Beschilderung
München/Karlsruhe



Beschilderung mit
alternierender Anzeige



6. Prinzip HöKo 2.0

6. Prinzip HöKo 2.0

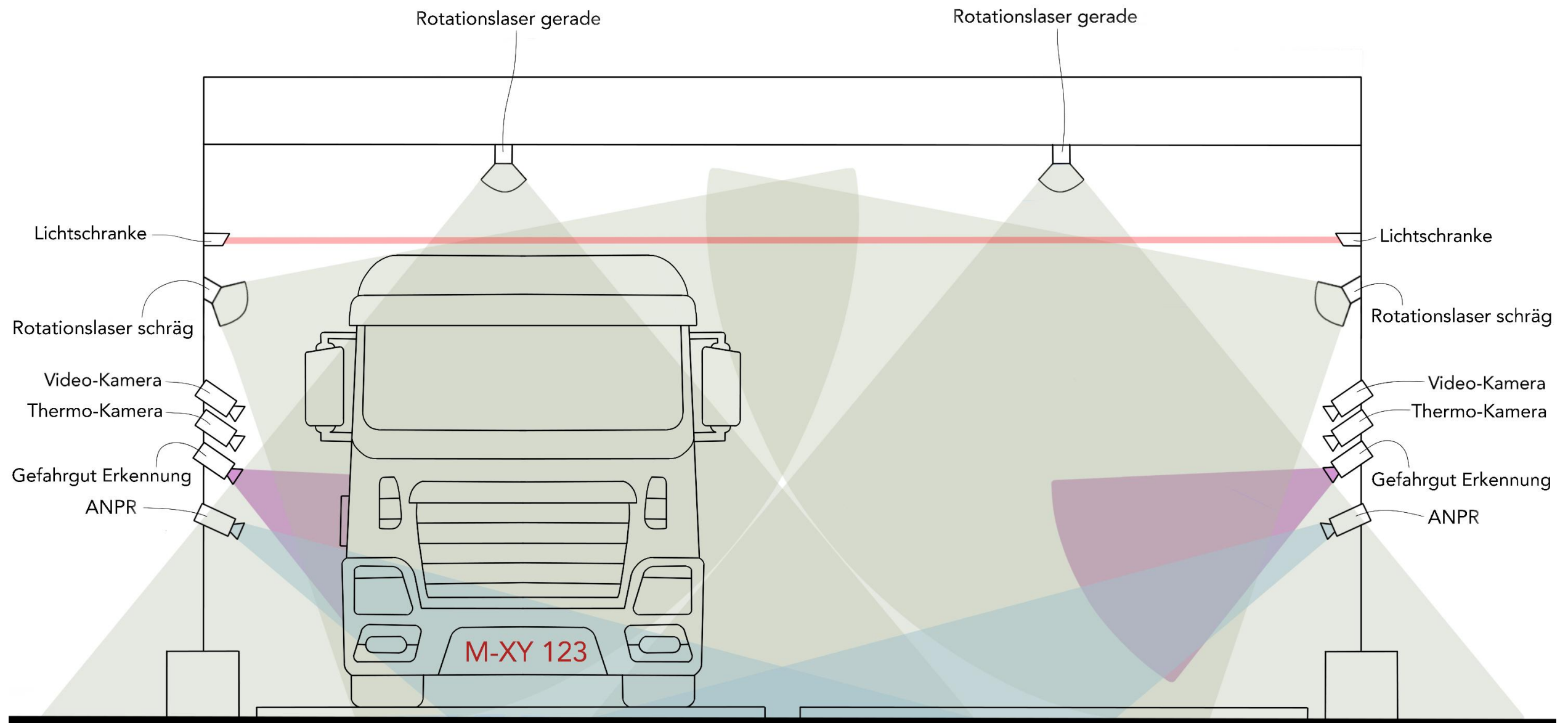
- Anordnung der Höhenmessung an der HöKo in ausreichendem Abstand zum Tunnelbauwerk für kontrollierte Geschwindigkeitsreduktion bis zur Sperrung vor Ankunft des überhohen Fahrzeugs
- Situierung einer Vor-HöKo weit vor der letzten Anschlussstelle vor dem Tunnel
- Aufbau von Messeinrichtungen zur umfänglichen Detektion querschnittspassierender Fahrzeuge
 - Aufbau von Lidar-Laserdetektoren über jeder Fahrspur
 - Aufbau von schrägen Lidar-Laserdetektoren (schräg zum Querschnitt)
 - Verschneidung der Messergebnisse aus den generierten Punktwolken der Einzeldetektoren zur Ermittlung einer aussagekräftigen Fahrzeugsilhouette
 - Somit Höhen- und Breitenmessung des passierenden Fahrzeugs
 - Induktionsschleifen zur Präsenzmessung (Belegt-Meldung je Fz) je Fahrstreifen
 - Lichtschranke (wie gewohnt) am Messquerschnitt
 - Aufbau einer Standard- und einer Thermo-Kamera zu Dokumentationszwecken
 - Aufbau einer ANPR-Kamera zur Kennzeichenerfassung
 - (Aufbau einer OCR-Kamera zur Interpretation von Gefahrguttransport-Informationen am Fahrzeug)

6. Prinzip HöKo 2.0

- Aufbau dynamischer Informationsanzeigen in Seitenaufstellung zur direkten Ansprache des überhöhten Fahrzeugs mit Anzeige des Kennzeichens des verursachenden Fahrzeugs
- Aufforderung Fahrzeuglenkers zum Verlassen der Autobahn an der nächsten Anschlussstelle bei Überhöhe mit Anzeige des Kennzeichens des verursachenden Fahrzeugs
- Aufbau einer ANPR-Kamera in der Anschlussstelle zur Kontrolle der Ausfahrt
- Aufbau einer Vor-Höko-Einrichtung im Einfahrast der Anschlussstelle
- Aufbau der (Standard-) HöKo-Einrichtung in deutlichem Abstand vor der Sperreinrichtung des Tunnelportals
- Aufbau eines dynamischen Informationsanzeigers mit der Anhalteaufforderung für das verursachende Fahrzeug an der Anhaltebucht vor der Sperreinrichtung durch Anzeige des Kennzeichens
- Bereitstellung einer Anhaltebucht für LKW in ausreichender Länge (mindestens 40m) und Breite (z.B. für Polizei, etc.) nach der Standard-HöKo und vor den Sperreinrichtungen des Tunnels

6. Prinzip HöKo 2.0

- Messquerschnitt HöKo 2.0



6. Prinzip HöKo 2.0

- Messprinzip LiDAR-Sensor (Rotationslaser) und Fz-Silhouetten Bestimmung

- Lidar funktioniert nach demselben Prinzip wie Radar
- Das Kernprinzip von LiDAR basiert auf der Messung der Zeit, die ein Lichtpuls benötigt, um von der Quelle zum Objekt und zurück zum Sensor zu gelangen:
 - **Emission:** Ein LiDAR-Sensor sendet einen extrem kurzen Laserpuls aus (meist im Infrarotbereich, ca. 840–950 nm oder 1550 nm)
 - **Reflexion:** Der Lichtpuls trifft auf ein Objekt in der Umgebung und wird von dessen Oberfläche diffus gestreut bzw. reflektiert
 - **Detektion:** Ein hochempfindlicher Detektor (Empfänger) registriert das zurückkehrende Lichtsignal.
 - **Berechnung:** Aus der Zeitspanne zwischen Aussendung und Empfang sowie der konstanten Lichtgeschwindigkeit berechnet der Prozessor die Entfernung zum Objekt



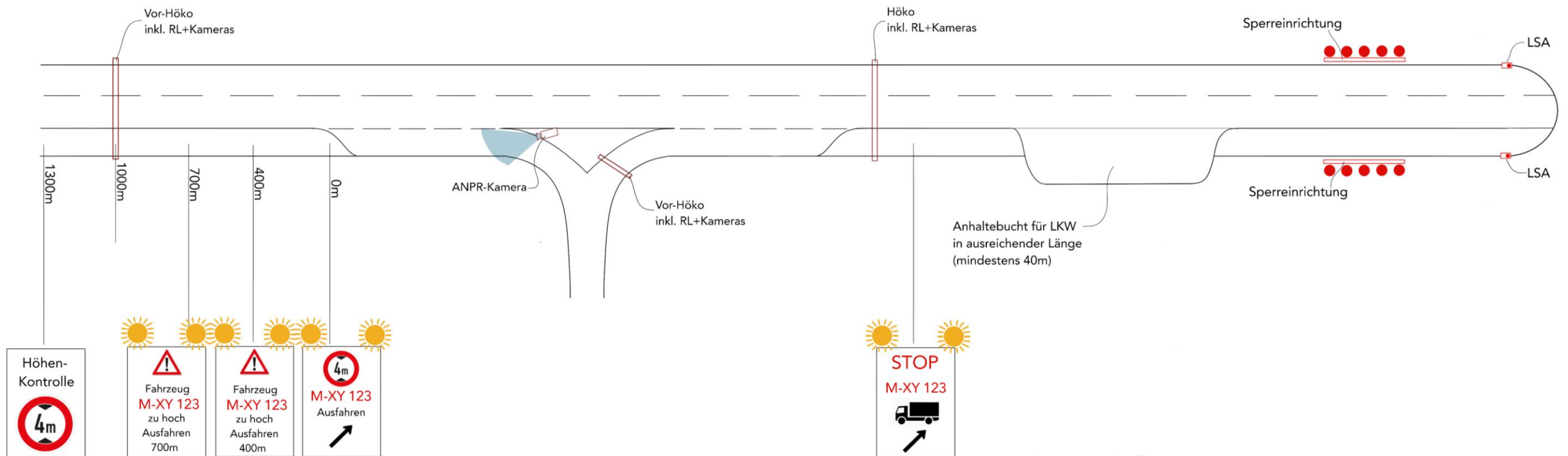


<https://enterprise-insights.dji.com/de/blog/punktwolken-verwenden>

6. Prinzip HöKo 2.0

- Anlagen Bild HöKo 2.0

Grundprinzip Höko 2.0



7. Diskussion

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**