

OptiFCD

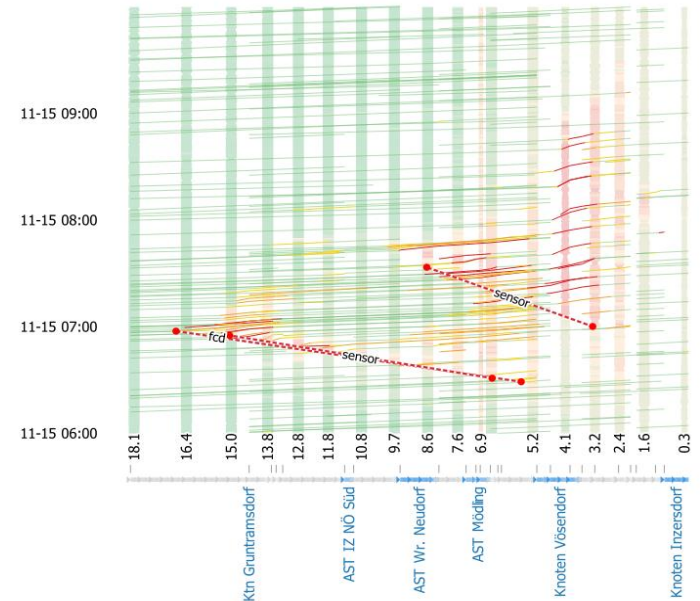
Ermittlung sinnvoller FCD-Durchdringungsgrade für das österreichische Autobahnen- und Schnellstraßennetz

Ergebnispräsentation beim ViF-Forum 2020
17. November 2020

Dr. Karl Rehrl



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



3 Szenarien und relevante Qualitätsparameter

Qualitätsparameter	Beschreibung	Q-Kategorie
(QP1) Aktualität	Die maximal erlaubte Zeitdifferenz (Alter) eines erkannten Ereignisses.	Zeitliche Qualität
(QP2) Detektionswahrscheinlichkeit	Die Wahrscheinlichkeit mit der ein Ereignis detektiert wird.	Vollständigkeit
(QP3) Korrektheit	Der Prozentsatz des Algorithmus ein Ereignis korrekt zu detektieren.	Thematische Genauigkeit
(QP4) Lagegenauigkeit	Die Genauigkeit der räumlichen Verortung des Ereignisses.	Räumliche Genauigkeit
(QP5) Lagedynamik	Zulässige Lageveränderung des Ereignisses (z.B. Stauende und -wurzel)	Räumlich Genauigkeit
(QP6) Zeitliche Dynamik	Zulässige zeitliche Veränderung des Ereignisses (Stauende und -wurzel)	Zeitliche Qualität

Szenario Stillstands-Detektion

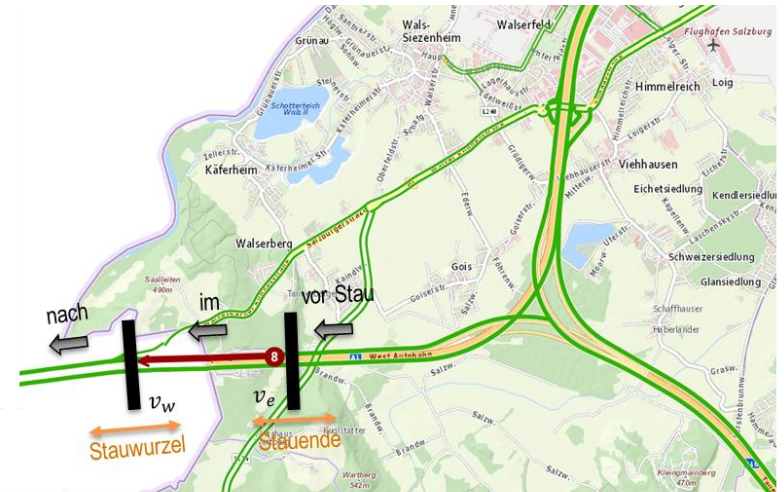
Szenario Fahrzeitmessung

Szenario Stau-Detektion

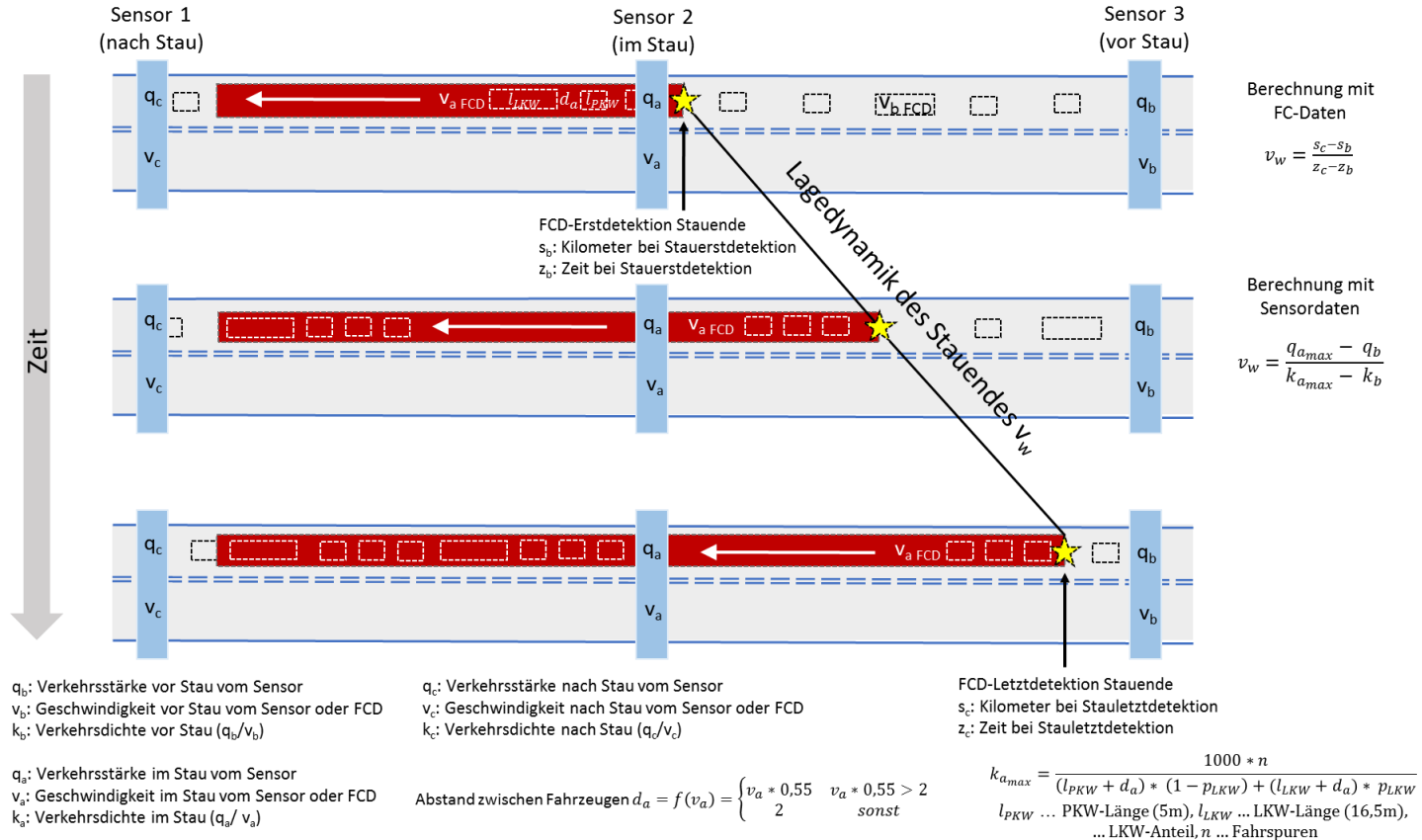
Qualitätsparameter abgeleitet von ISO 19157 Geographic Information - Data Quality

Szenario Stau-Detektion

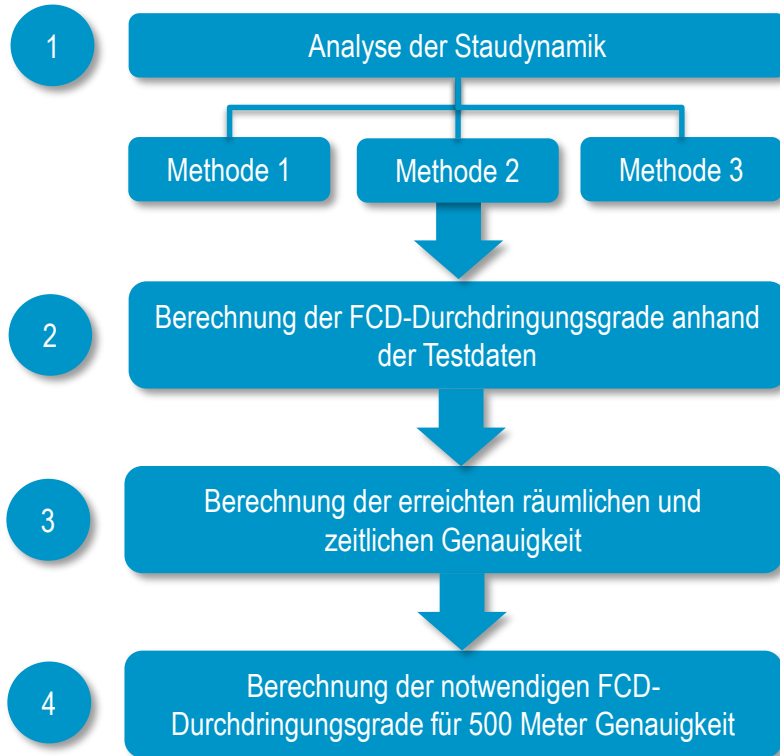
- **Definition:** Ein Staubereich im Szenario „**Stau-Detektion**“ wurde in Abstimmung mit der ASFINAG folgendermaßen definiert: Fahrzeuge bewegen sich auf einer Länge von mindestens 200 Metern mit einer Geschwindigkeit von weniger als 30 km/h oder 25% der Freiflussgeschwindigkeit.
- Relevante Parameter für die Verkehrsinformation:
 - Position und Dynamik der Stauwurzel und des Stauendes
 - Dauer bzw. Verzögerung des Staus
 - Länge des Staus
- Mögliche Ausprägungen der Stauwurzel
 - **Statisch** (z.B. an einer Mautstelle, Grenze, etc.)
 - **Dynamisch** (z.B. nach dem Räumen einer Unfallstelle)
- Mögliche Ausprägungen des Stauendes
 - Stauende bewegt sich entgegen der Fahrtrichtung → Stau baut sich auf
 - Stauende bewegt sich in Fahrtrichtung → Stau baut sich ab, denn es kommen weniger Fahrzeuge nach als abfließen können.



Modell zur Berechnung der Staudynamik

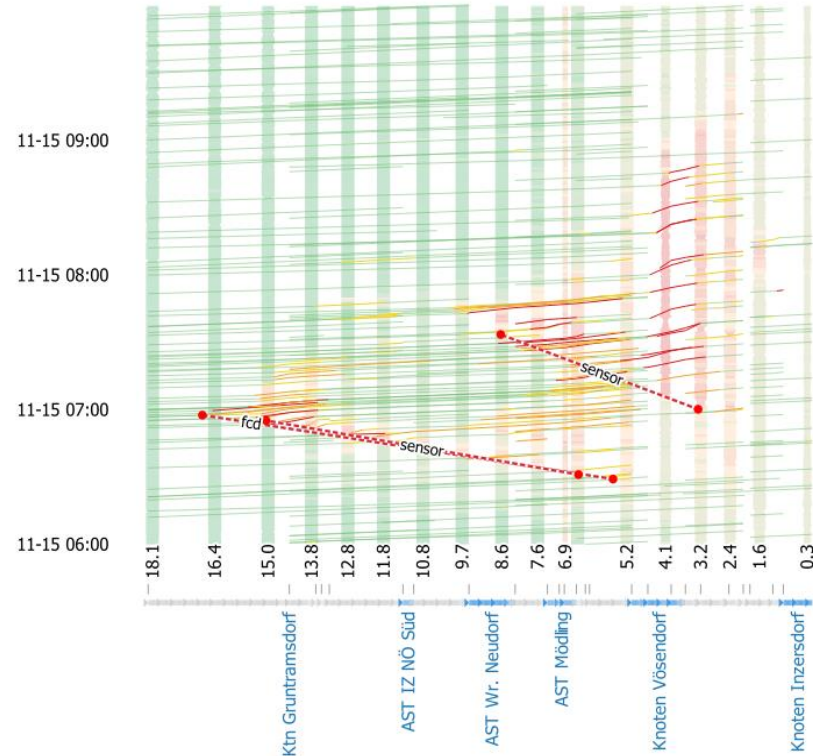
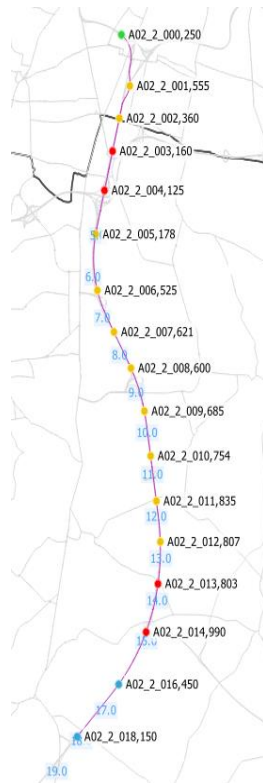


Analyse von 9 Stauereignissen

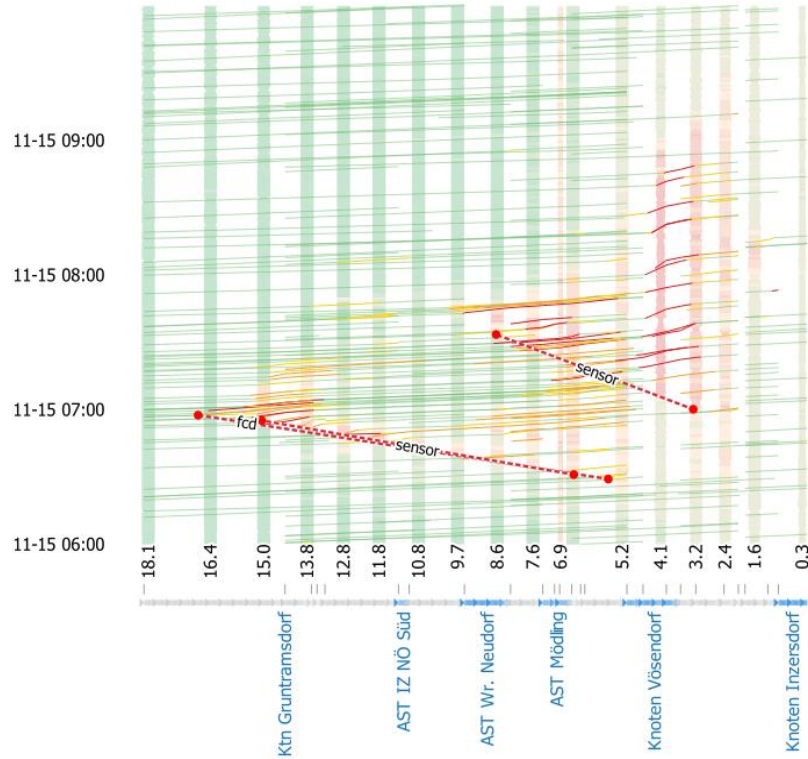


Nr	Stauereignis	Fahrt-richtung	Datum	Ursache	Besonderheiten
1	A1 – Westautobahn beim Knoten Linz	Salzburg	27.11.2017	Unfall	Abfließender Verkehr zur A7
2	A2 – Südatautobahn beim Knoten Vösendorf	Wien	15.11.2017	Überlastung	Mehrere Anschlussstelle
3	S1 - Wiener Außenring Schnellstraße	A2	15.11.2017	Unfall	Mehrere Anschlussstelle
4	A4 – Ostautobahn bei Neusiedl am See	Ungarn	9.11.2017	Überlastung	
5	A12 – Inntalautobahn zwischen Zirl und Innsbruck	Innsbruck	20.11.2017	Überlastung	
6	A10 – Tauernautobahn vor Hieflertunnel	Salzburg	27.11.2017	Totalsperre	Staubereich im Tunnel
7	A22 – Donauuferautobahn beim Knoten Kaisermühlen	A23	15.11.2017	Überlastung	Staubereich im Tunnel
8	A7 – Mühlkreisautobahn durch Linz	Freistadt	24.11.2017	Überlastung	Mehrere Anschlussstelle
9	A23 – Südosttangente beim Knoten Kaisermühlen	A2	15.11.2017	Überlastung	Mehrere Anschlussstelle

15.11.2017: A2 – Südbahn beim Knoten Vösendorf



1) Analyse der Staudynamik



Methode 1a: Berechnung der Lagedynamik durch FCD-Staudetektionen

Geschwindigkeit des Stauendes gegen Kilometrierungsrichtung [km/h]	$v = \frac{-(15,43 \text{ km} - 5,6 \text{ km})}{07:02 \text{ h} - 06:29 \text{ h}} = \frac{-9,83 \text{ km}}{0:33 \text{ h}} = -17,87$
---	---

Methode 1b: Berechnung der Lagedynamik durch Staudetektionen der Querschnittsmessungen

Geschwindigkeit des Stauendes gegen Kilometrierungsrichtung [km/h]	$v = \frac{-(14,99 \text{ km} - 5,18 \text{ km})}{06:57 \text{ h} - 06:28 \text{ h}} = \frac{-9,81 \text{ km}}{0:31 \text{ h}} = -18,99$
---	--

Methode 2: Berechnung der Lagedynamik mit FCD-Daten und Querschnittsmessungen

FCD-Messung um 06:39:17 zwischen KM 8,94 und KM 8,35

FCD-Geschwindigkeit im Stau [km/h]	$v_a = 23,27$
------------------------------------	---------------

Querschnittsmessung 06:35 – 06:40 Uhr vor dem Stau bei KM 9,685

LKW-Anteil [%]	$p_{LKW} = 10,4\%$
----------------	--------------------

Geschwindigkeit vor Stau [km/h]	$v_b = 94,68$
---------------------------------	---------------

Verkehrsstärke vor Stau [Kfz/h]	$q_b = 8748$
---------------------------------	--------------

Verkehrsdichte vor Stau [Kfz/km]	$k_b = \frac{q_b}{v_b} = \frac{8748}{94,68} = 92$
----------------------------------	---

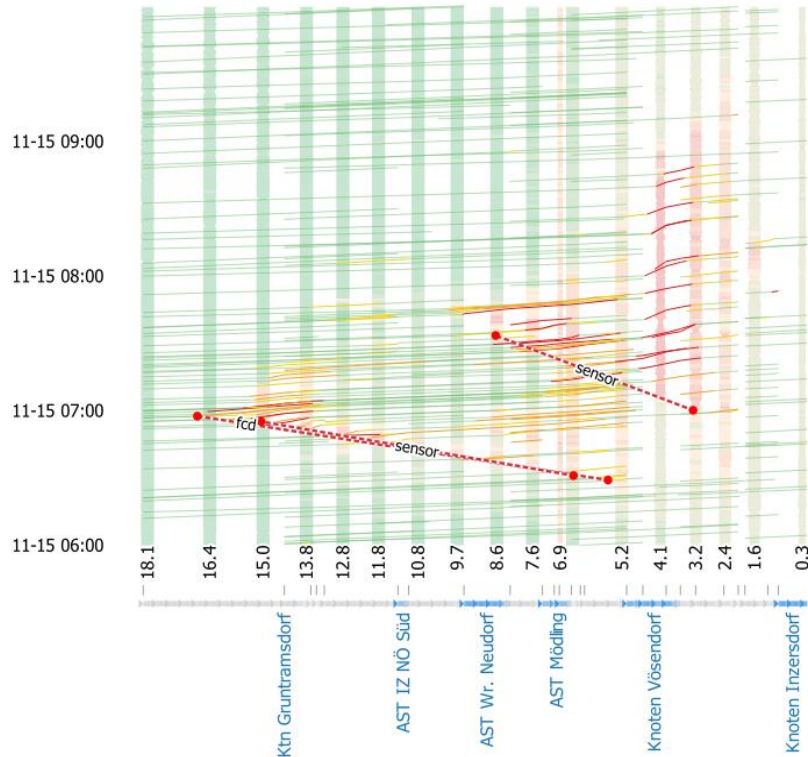
Geschwindigkeit des Stauendes

Verkehrsdichte im Stau (4 Spuren) [Kfz/km]	$k_{a,max} = 211$
--	-------------------

Verkehrsstärke im Stau [Kfz/h]	$q_{a,max} = k_{a,max} * v_a = 4910$
--------------------------------	--------------------------------------

Geschwindigkeit des Stauendes [km/h]	$v_w = \frac{q_{a,max} - q_b}{k_{a,max} - k_b} = \frac{4910 - 8748}{211 - 92} = \frac{-3838}{119} = -23,76$
--------------------------------------	---

2-4) Berechnung der FCD-Durchdringungsgrade



FCD-Durchdringungsgrad der Testdaten	
FCD-Befahrungen mit verifizierter	$q_{FCD} = 60$
Verzögerung am Stauende [Kfz/h]	
Verkehrsstärke bei KM 18,1 [Kfz/h]	$q_b = 4978$
Durchdringungsgrad [%]	$p = \frac{q_{FCD}}{q_b} = \frac{60}{4978} = 1,2 \%$

Zeitliche und räumliche Genauigkeit der Stauende-Detektion	
Zeitliche Genauigkeit bei 60 Kfz/h [s]	$T = -\ln(1 - 0,95) * \frac{3600}{60} = 180 \text{ s}$
Räumliche Genauigkeit bei einer Geschwindigkeit des Stauendes von -17,87 km/h [m]	$s = T * \frac{ v }{3,6} = 180 * \frac{ -17,87 }{3,6} = 892 \text{ m}$

Berechneter FCD-Durchdringungsgrade bei 500 Metern räumlicher Genauigkeit	
Verkehrsstärke am Stauende [Kfz/h]	$q = 4978$
Minuten, die das Stauende für 500 Meter benötigt [min]	$t = \left \frac{s}{v_w} * 0,06 \right = \left \frac{500}{-17,87} * 0,06 \right = 1,68$ $= 1:41$
FCD-Stärke nach dem stochastischen Modell [Kfz/h]	$q_{FCD} = -\ln(1 - 0,95) * 60 * \frac{1}{1,68} = 107$
Durchdringungsgrad [%]	$D_{FCD} = \frac{q_{FCD}}{q} = \frac{107}{4978} = 0,0214 = 2,1 \%$

FCD-Durchdringungsgrade aller Stauereignisse

	D _{FCD} [%]	S _{FCD} [m]	T _{FCD} [s]
1: A1	1,01 %	533 m	300 s
2: A2	1,21 %	892 m	180 s
3: S1	0,87 %	1.412 m	399 s
4: A4	2,24 %	206 m	189 s
5: A12	0,75 %	1.331 m	674 s
6: A10	0,60 %	3.628 m	1.348 s
7: A22	0,32 %	2.182 m	829 s
8: A7	0,34 %	2.238 m	1.078 s
9: A23	0,20 %	516 m	770 s

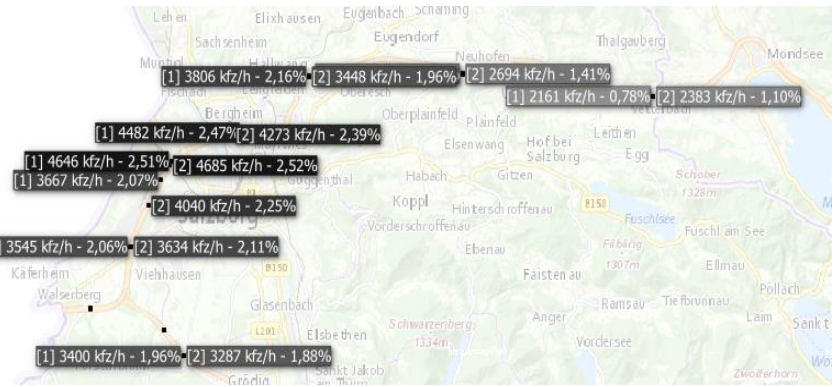
FCD-Durchdringungsgrade und räumliche/zeitliche Genauigkeiten für die Stauereignisse ermittelt anhand der Testdaten

	v _w [km/h]	D ₂₅₀ [%]	D ₅₀₀ [%]	D ₁₀₀₀ [%]
1: A1	-6,40	3,19 %	1,60 %	0,80 %
2: A2	-17,87	4,30 %	2,15 %	1,08 %
3: S1	-12,73	4,94 %	2,47 %	1,24 %
4: A4	-3,92	1,98 %	0,99 %	0,49 %
5: A12	-7,11	3,99 %	1,99 %	1,00 %
6: A10	-9,83	9,85 %	4,92 %	2,46 %
7: A22	-9,47	2,80 %	1,40 %	0,70 %
8: A7	-7,47	3,03 %	1,50 %	0,76 %
9: A23	-2,41	0,41 %	0,21 %	0,10 %

Notwendige FCD-Durchdringungsgrade für die Stauereignisse für unterschiedliche räumliche Genauigkeiten

Schlussfolgerungen

- Notwendige FCD-Durchdringungsgrade können nur durch Berücksichtigung der Staudynamik berechnet werden.
- Staudynamik kann nach unterschiedlichen Methoden berechnet werden -> Methoden sind je nach Situation anzuwenden -> Mehrwert für das Verkehrsmanagement
- Notwendige FCD-Durchdringungsgrade variieren bei den analysierten Staubeispielen bei 500 Metern räumlicher Genauigkeit zwischen 0,2 und 4,9% -> Excel für Berechnung
- 2,5% Durchdringungsgrad als guter Durchschnittswert bei 500 Metern räumlicher Genauigkeit!




salzburgresearch   



Dipl.-Ing. Dr. Karl Rehr

 Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.
Jakob-Haringer-Straße 5/3 | Salzburg, Austria

 Tel. +43 662 2288-416 | Fax +43 662 2288-222

 karl.rehr@salzburgresearch.at

