

# Monitoring Brücke Frohnleiten und Positionen Lehrgerüstmonitoring

Brückentagung 2017

18.05.2017

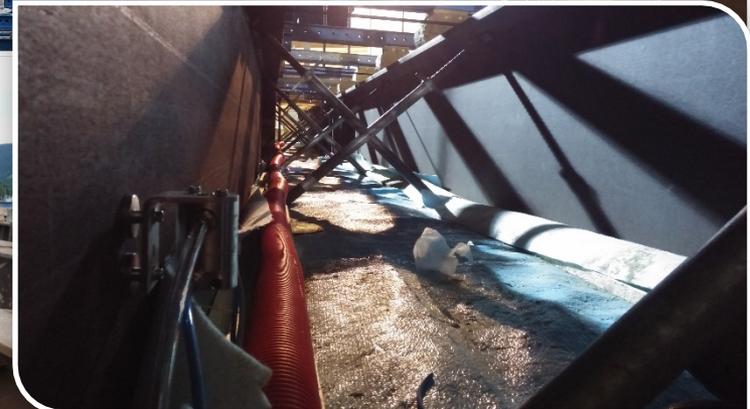
Vortrag: Michael Vospernig

Roland Sticker

Erwin Pilch

Alfred Hüingsberg

Gerald Gasparin



ASFiNAG

BB  
INFRA

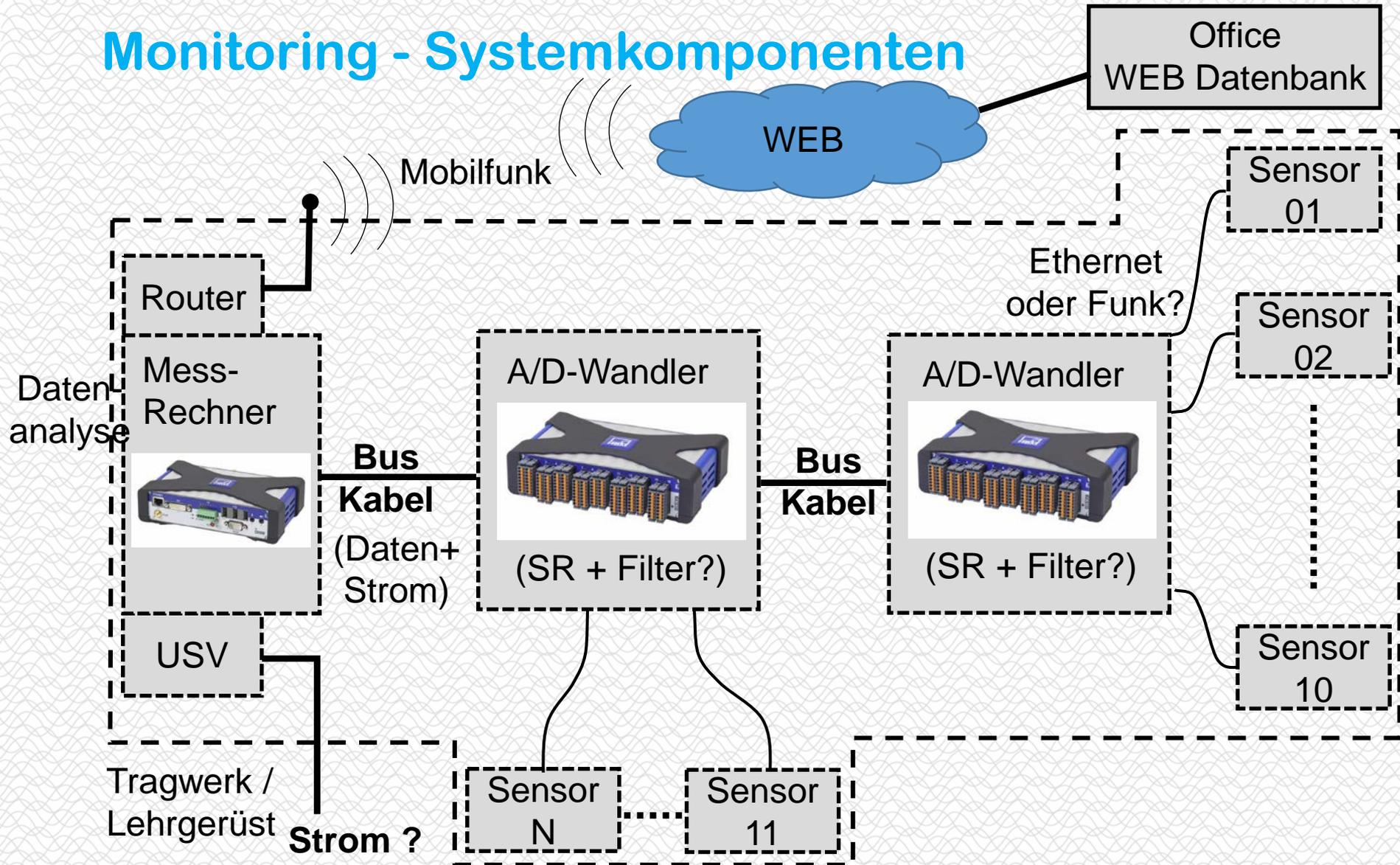
# Überblick

- **Monitoring Allgemein**
  - Begriffsbestimmungen und Definitionen
  - Möglichkeiten und Grenzen beim Lehrgerüstmonitoring
  - Zwischenfälle mit Lehrgerüsten in den letzten 3 Jahren
- **Die Umsetzung am Beispiel Monitoring Frohnleiten**
  - Zeitschiene
  - Messlayout und Umsetzung
  - Sicherheitsmanagementplan (SMP)
  - Langzeitverlauf der Messdaten
  - Betonieren Feld 3 und Feld 2
  - Lessons learned
- **Positionen Lehrgerüstmonitoring**
  - Motivation und Hintergrund
  - Aufbau
  - Anwendung
- **Zusammenfassung**

## Monitoring - Begriffsbestimmungen

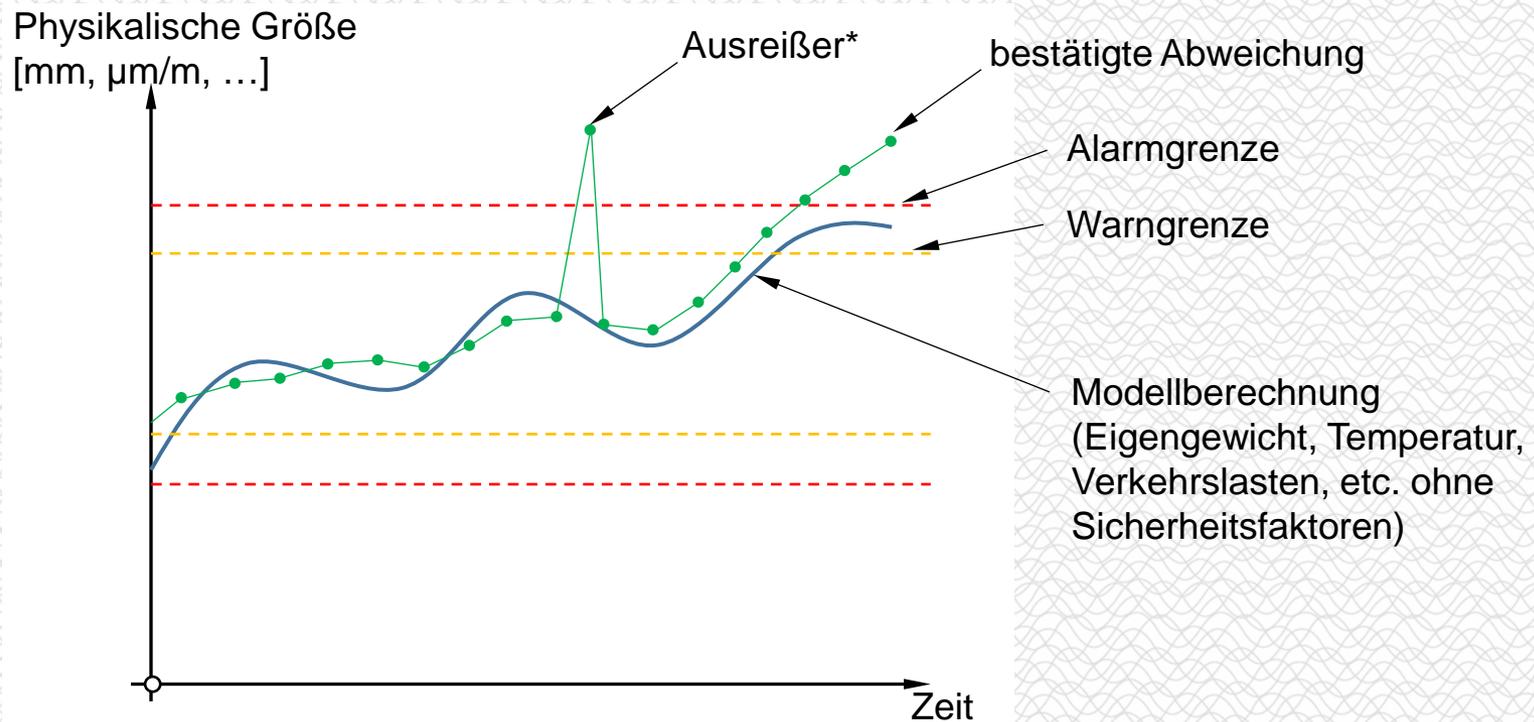
- Monitoring ist die **automatisierte, periodische Aufzeichnung von Daten**, d.h. von physikalischen Messgrößen (z.B. Verformungen, Dehnungen, Beschleunigungen, etc.).
- Die Daten werden **vorerst in Echtzeit bereitgestellt** (Dokumentation z.B. **Online Datenbank mit Webinterface**), die Beurteilung erfolgt gesondert.
- Durch die Definition von **Warn- und Alarmwerten** werden kritische Zustände aufgezeigt (SMS, Email, Warnleute etc.).
- Die Beurteilung unerwarteter Messgrößen erfolgt durch Fachexperten die anomale Werte bestätigen oder zu relativieren.
- Eine betätigte Alarmierung hat eine geordnete Alarmierungskette zur Folge (siehe SMP).

# Monitoring - Systemkomponenten



# Monitoring – Möglichkeiten und Grenzen

- Modellvergleich -> z.B. mit statischen Rechenmodell



\*Fehlalarm (Event)

## Monitoring – Möglichkeiten und Grenzen

- Modellvergleich -> z.B. mit statischen Rechenmodell
- Datenkontext und Datenkorrelation im Langzeitverlauf
- Ausreißer müssen minimiert werden („Datenvertrauen“)
- Radarboxeffekt, alle passen mehr auf (Baufirma, ÖBA, etc.)



# Lehrgerüsteinstürze in den letzten 3 Jahren

S35 Frohnleiten, 21.02.2015 Österreich



A7 bei Werneck, 15.07.2016 Deutschland



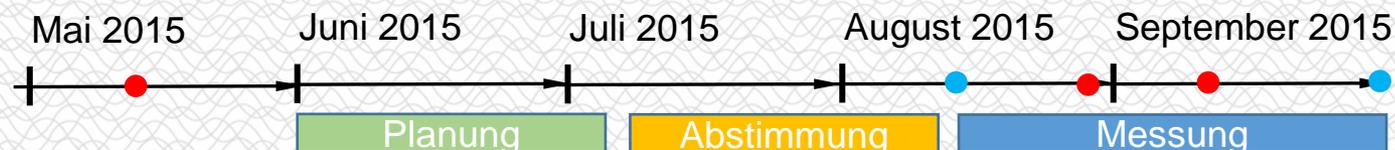
A14 bei Ancona, 09.03.2017 Italien



- Jedes Jahr ein Einsturz?

# Monitoring S35 Frohnleiten Sommer 2015

- Erstkontakt mit Bauherr ASFINAG im Anfang Mai 2015
  - Erstes Umreißen der Anforderungen zur Angebotserstellung
  - Übermittlung der Dokumente für das Monitoringkonzept, Auflage ÖBB für die Einreichung (EisbG) mit erhöhten Auflagen Anfang Juni
- Planung, Auslegung und Konfektionierung der Messanlage, inkl. Erarbeitung SMP (Teil Monitoring) im Juni.
- Abstimmen der Grenzwerte mit dem Gerüstbauer (Fa. Kehl) und Prüfstatiker (Dr. Kratzer) im Juli 2015.
- Installation der Messanlage von 14.08. bis 16.08.2015, (Wochenende in der Nacht, im Rahmen einer Gleissperre) Abschluss am 19.08.2015.
- Betonieren Feld 3 am 28.08.2015
- Betonieren Feld 2 am 11.09.2015
- Deinstallation der gesamten Anlage am 02.10.2015

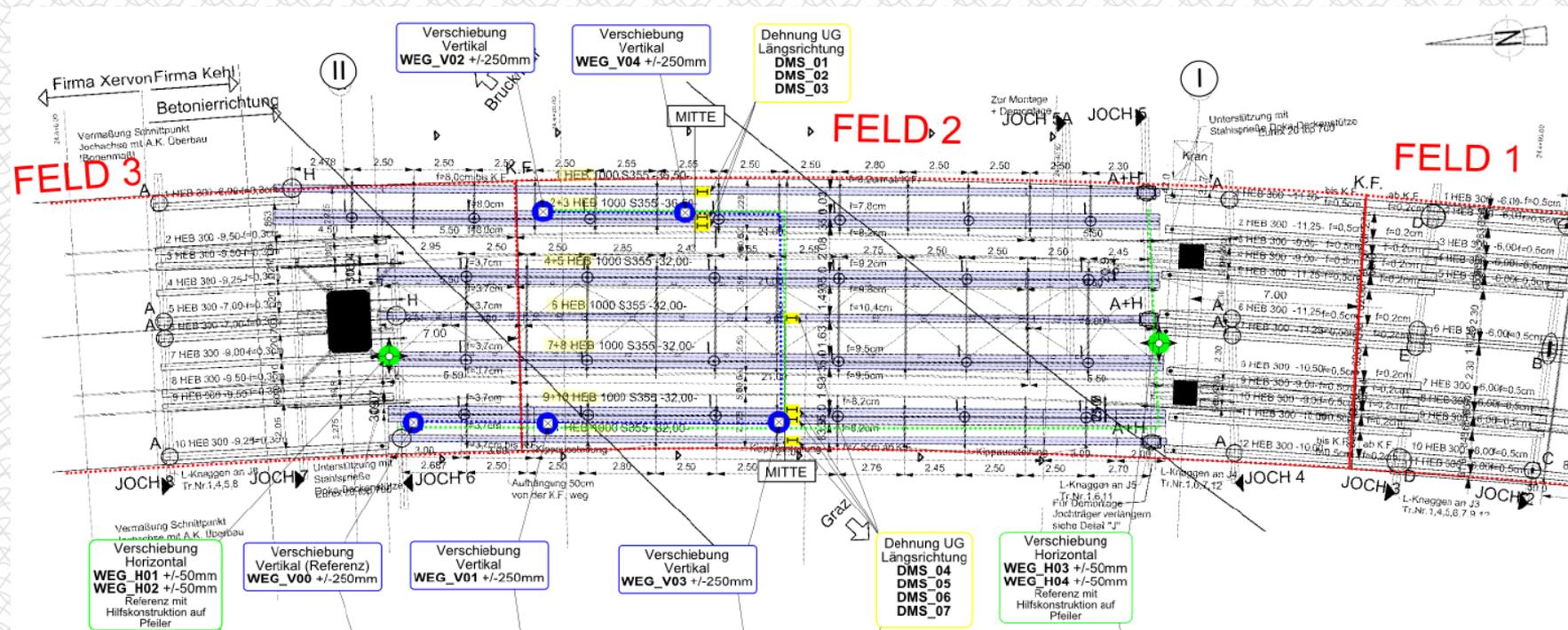


## Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

- 4 Schlauchwaagesensoren zur Messung der vertikalen Durchbiegung der Rüstungsträger (0-500mm)
- 4 Wegaufnehmer zu Messung der horizontalen Lage in Quer und Längsrichtung (+/- 50mm)
- 7 Dehnmessstreifen zur Messung der Dehnungen in Längsrichtung (Biegung) Untergurt Rüstträger (HEB 1000) zur Evaluierung der Lastaufteilung ( $\mu\text{m}/\text{m}$ )
- 8 Dehnmessstreifen zur Messung der Längsdehnung (Normalkraft) in den Rüststützen ( $\mu\text{m}/\text{m}$ )
- 1 Lufttemperatursensor ( $^{\circ}\text{C}$ )
  
- 24 Messpunkte für das Lehrgerüst über der Bahntrasse

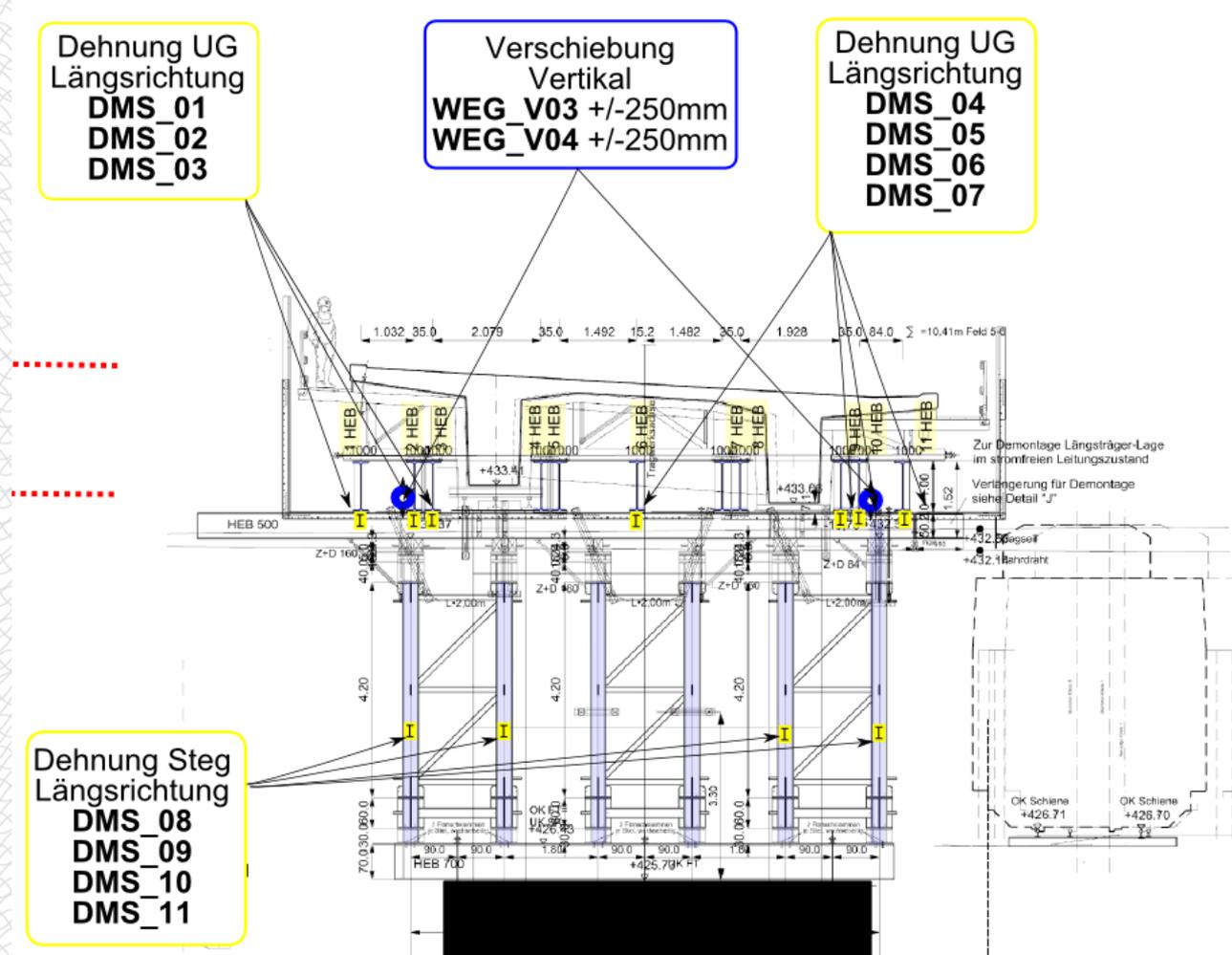
# Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

- Lageplan



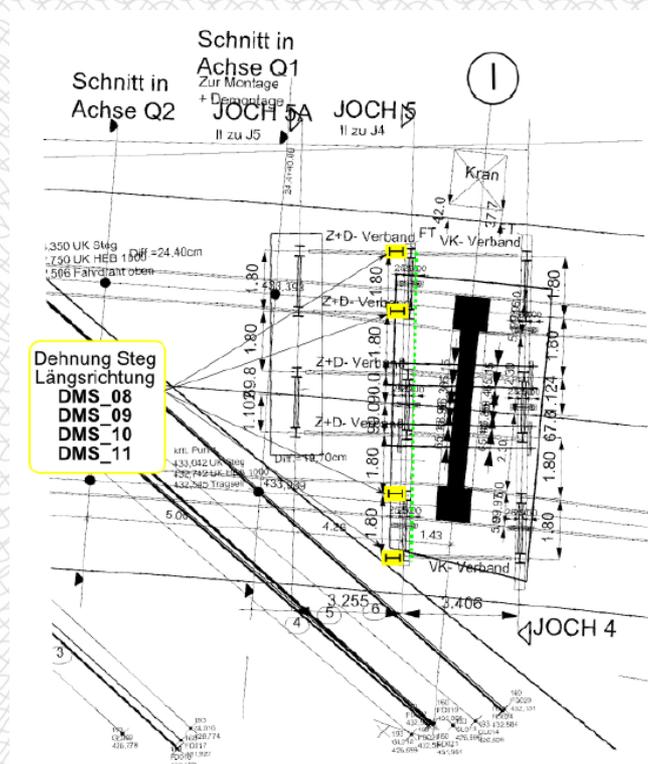
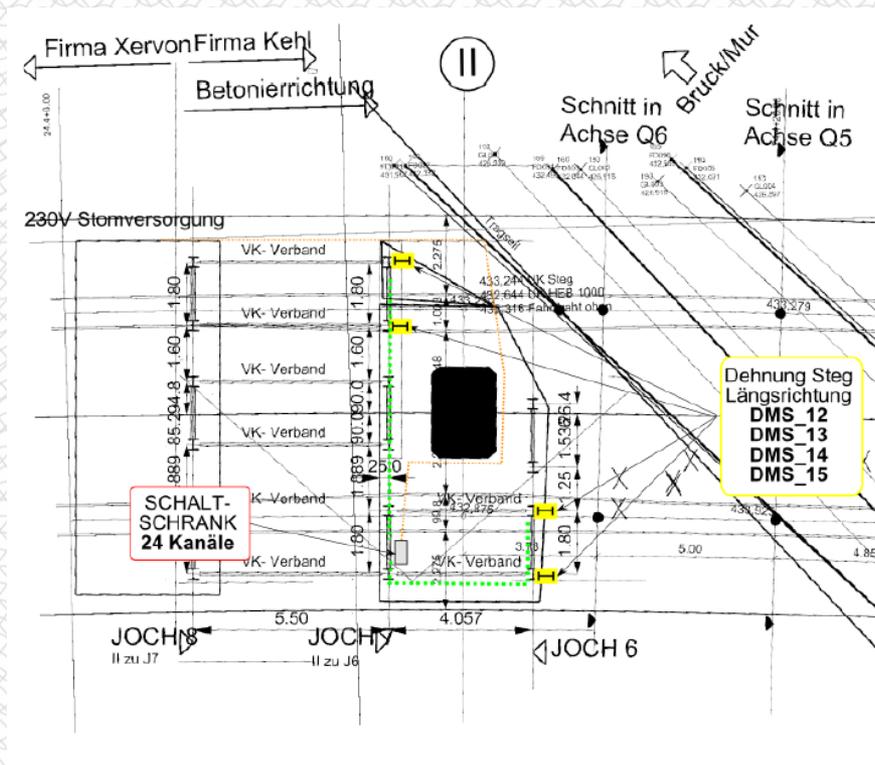
# Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

■ Querschnitt



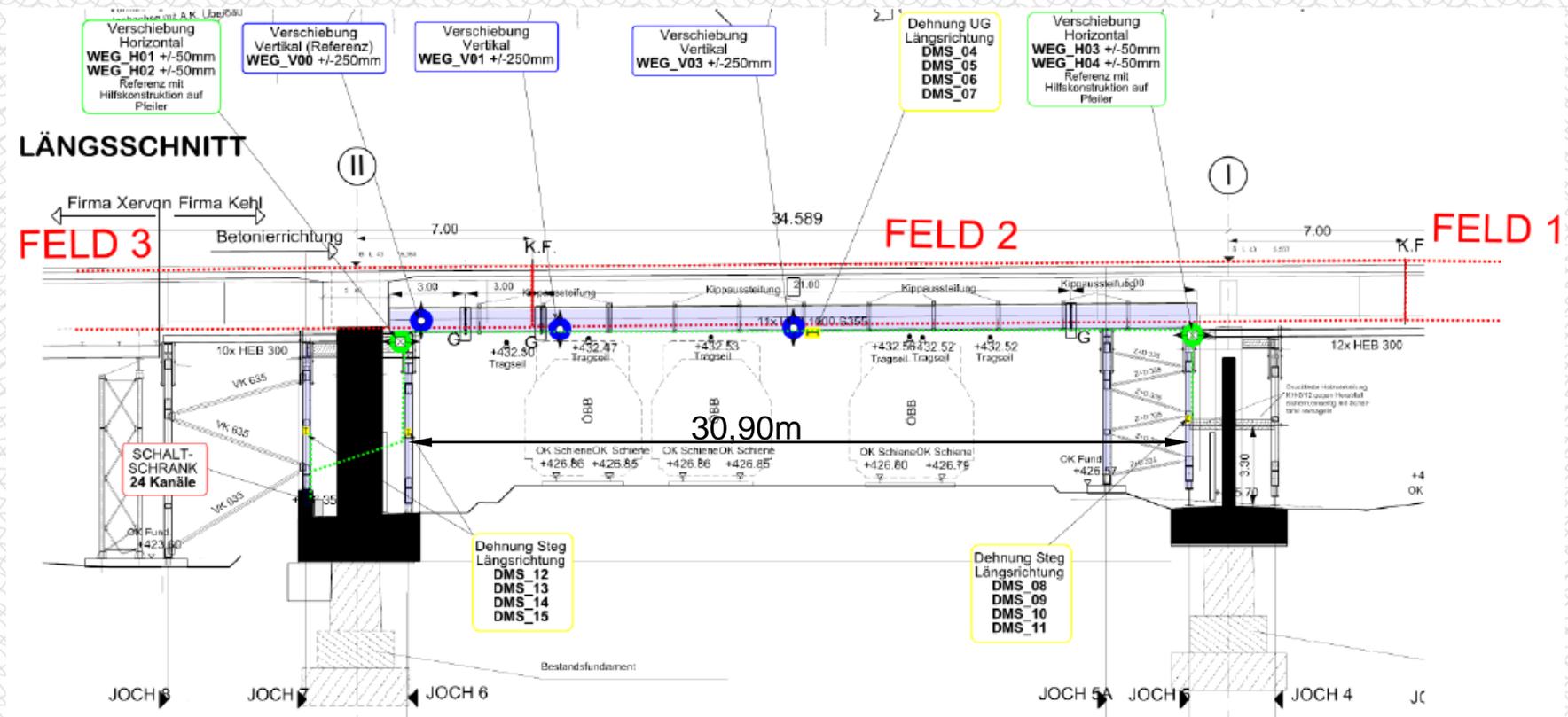
# Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

- Lageplan



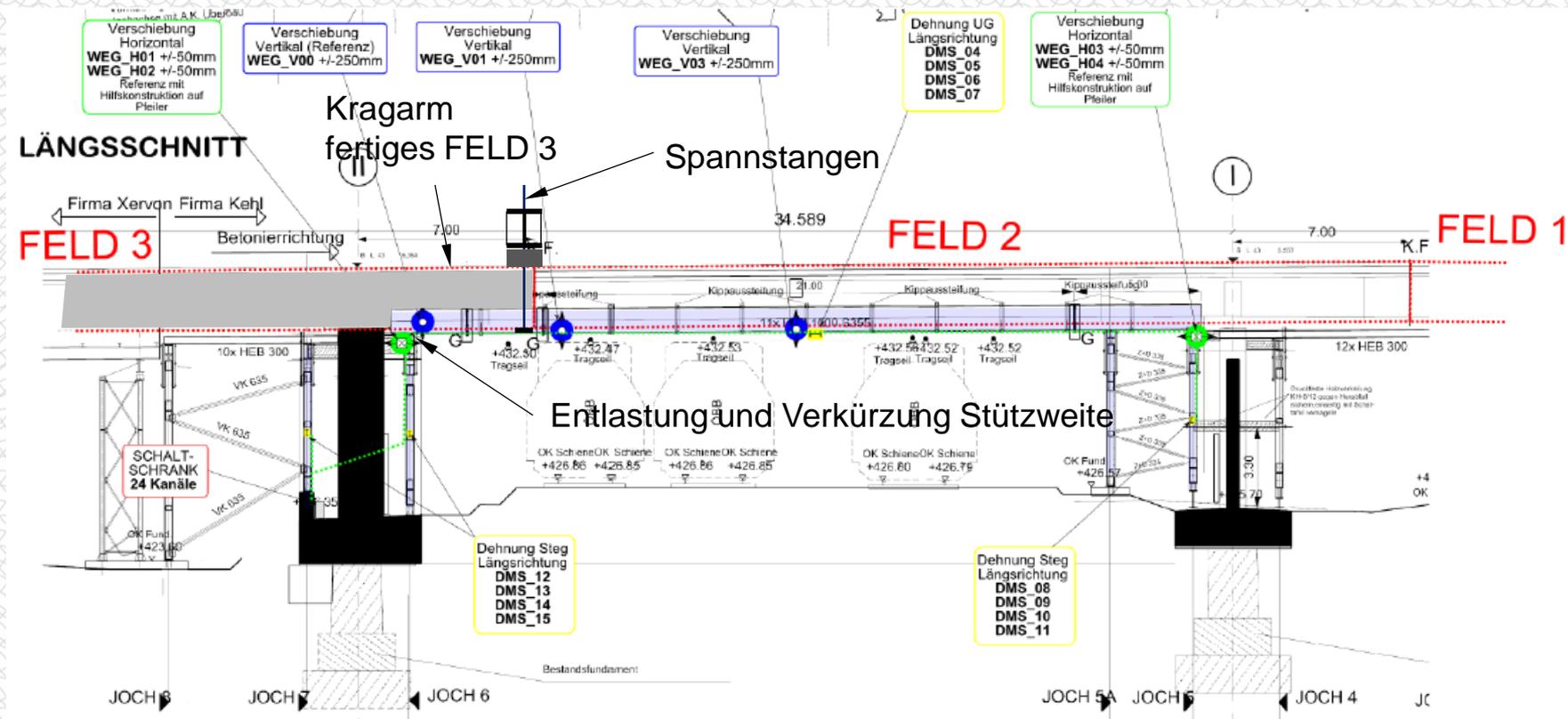
# Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

## ■ Längsschnitt (Betonieren Feld 3)



# Monitoring S35 Frohnleiten - Messlayout

- Längsschnitt (Betonieren Feld 2 – Änderung System)



## Monitoring S35 Frohnleiten – SMP (Dokument)

- Allgemeines
- **Regelung der Zuständigkeiten**
- Beobachtungsprogramm
- **Warnstufen und Vorgehensweise**
- **Alarmplan**
- Organisation im Krisenfall
- **Schutzprioritäten im Krisenfall**

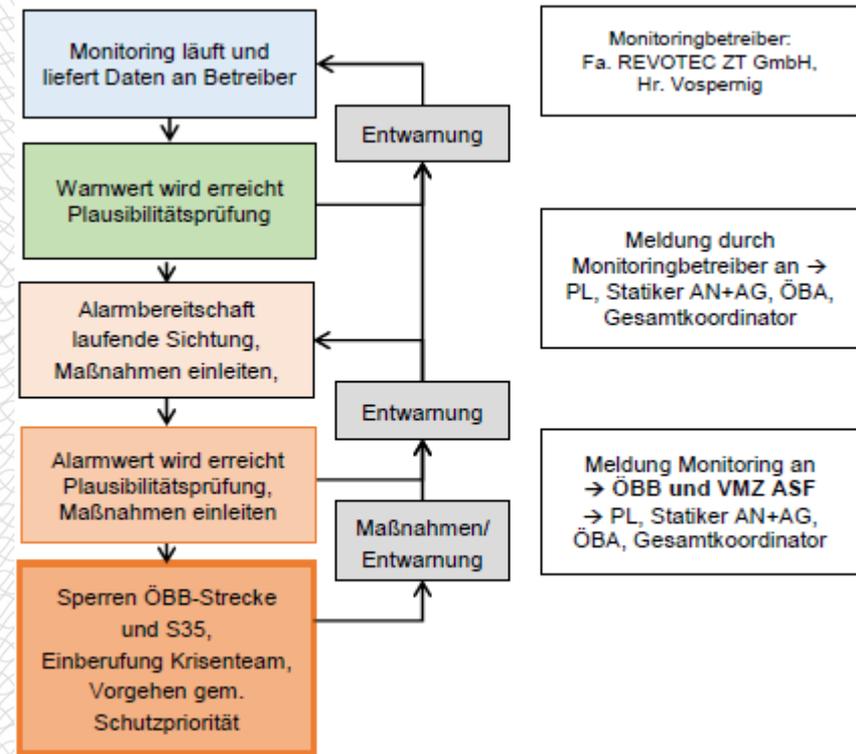
# Monitoring S35 Frohnleiten - SMP

## ■ Zuständigkeitsmatrix

Zuständigkeiten innerhalb der Handlungsschritte  
Z=Zuständig, M=Mitwirkung, I=Information, ()= Festlegung im Bedarfsfall

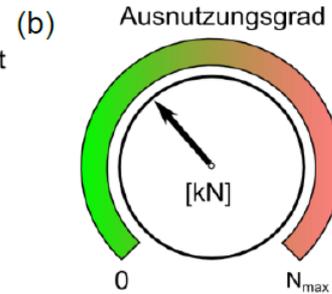
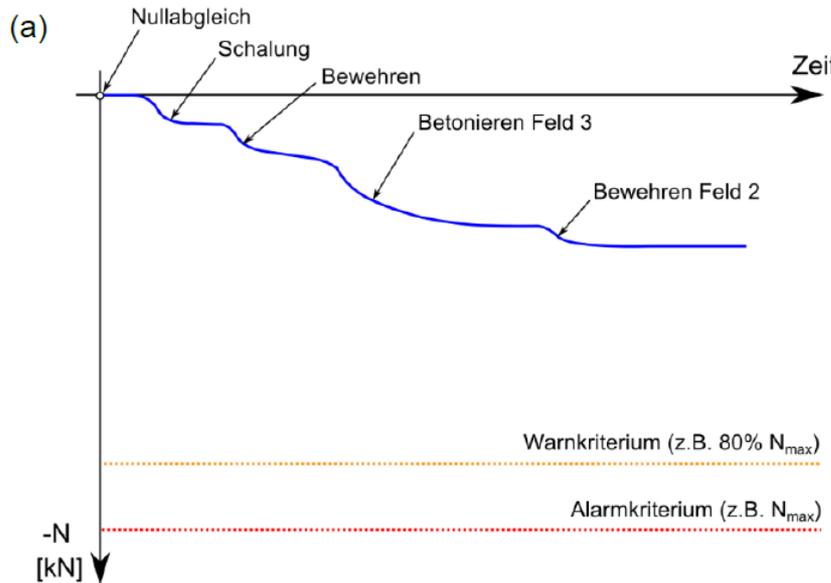
Handlungsschritt	ASFINAG Management	ASFINAG Projektleitung	Tunnelwarte/ÜZ/ Autobahnmeister	ASFINAG Experten	ASF Pressesprecher	Vermessung/Monitoring	Experten, Statiker AN, Prüfstatiker ASFINAG	Bauleiter BAU ARGE, Gesamtkoordinator Genüst	ÖBA	ÖBB		
Szenario/ Messanlage	I	Z		M		M, Z	M	M	M	I		
Festlegung Warn- und Alarmkriterien/-werte	I	Z		M		M	Z	Z	I	I		
Warnkriterium/-wert erreicht	I	Z	I	I		M	M	M	I	(I)		
Plausibilitätsprüfung Messsystem		I				Z	I	I				
Plausibilitätsprüfung Beurteilung Messwerte		I				M	Z	M	I			
Alarmbereitschaft laufende Sichtung, Maßnahmen einleiten	I	Z	M	M	I	M	M	Z	M	I		
Alarmkriterium/-wert erreicht	I	Z	I	M	I	Z	Z	M	M	Z		
Plausibilitätsprüfung Messsystem		I				Z	I	I				
Plausibilitätsprüfung Beurteilung Messwerte		I				M	Z	M	M	I		
Krisenteam+/ Einschränkung/ Sperren	I	Z	M	I	M	I	M	Z	M	M		

## ■ Alarmplan



# Monitoring S35 Frohnleiten - SMP

- Warn- und Alarmwerte (Dehnungen ohne Nullabgleich)



		LF1	Träger + Schalung + Bewehrung + Schutzgerüst Feld 3 bis Koppelfuge	LF2	Betonage Feld 3 bis Koppelfuge	WARNWERTE (ohne Nullabgleich)	ALARMWERTE (ohne Nullabgleich)
Sensoren	Träger-Nr.	Rechenwert	Rechenwert	Rechenwert	Messwert	Messwert	
WEG_H01	6 [ mm ]	0	0		±10	±25	
WEG_H02	6 [ mm ]	0	0		±10	±25	
WEG_H03	9 [ mm ]	0	0		±10	±25	
WEG_H04	9 [ mm ]	0	0		±10	±25	
DMS_01	1 [ μm/m ]	226	369		1127	1690	
DMS_02	2 [ μm/m ]	226	360		1127	1690	
DMS_03	3 [ μm/m ]	226	377		1127	1690	
DMS_04	6 [ μm/m ]	161	223		1127	1690	
DMS_05	9 [ μm/m ]	161	206		1127	1690	
DMS_06	10 [ μm/m ]	161	199		1127	1690	
DMS_07	11 [ μm/m ]	161	197		1127	1690	
DMS_08	Joch 5 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.			-511	-761	
DMS_09	Joch 5 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.			-511	-761	
DMS_10	Joch 5 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.			-511	-761	
DMS_11	Joch 5 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.			-511	-761	
DMS_12	Joch 7 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.			Grenzdehnung Biegung + Knicken		
DMS_13	Joch 7 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.					
DMS_14	Joch 6 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.					
DMS_15	Joch 6 [ μm/m ]	Diese Werte sind nicht maßgebend.					

# Monitoring S35 Frohnleiten - SMP

- Warn- und Alarmwerte (Buchbiegung mit Nullabgleich)

Betonieren FELD 3

			<b>LF1</b> Träger + Schalung + Bewehrung + Schutzgerüst Feld 3 bis Koppelfuge		<b>LF2</b> Betonage Feld 3 bis Koppelfuge		<b>WARNWERTE</b> (mit Nullabgleich)	<b>ALARMWERTE</b> (mit Nullabgleich)
Sensoren	Träger-Nr.		Rechenwert	Rechenwert	Messwert	Messwert		
WEG_V01	10 KF	[ mm ]	-15	-5	-7	-9		
WEG_V02	2 KF	[ mm ]	-40	-25	-31	-44		
WEG_V03	10 Feldm	[ mm ]	-30	-8	-10	-12		
WEG_V04	2 Feldm	[ mm ]	-52	-30	-38	-45		

Betonieren FELD 2

			<b>LF1</b> Träger + Schalung + Bewehrung + Schutzgerüst Feld 2 bis Koppelfuge		<b>LF2</b> Betonage Feld 2 bis Koppelfuge		<b>WARNWERTE</b> (mit Nullabgleich)	<b>ALARMWERTE</b> (mit Nullabgleich)
Sensoren	Träger-Nr.		Rechenwert	Rechenwert	Messwert	Messwert		
WEG_V01	10 KF	[ mm ]	-1	-3	<b>-5-10=-15</b>	<b>-6-11=-17</b>		
WEG_V02	2 KF	[ mm ]	-1	-3,5	<b>-6-10=-16</b>	<b>-7-11=-18</b>		
WEG_V03	10 Feld-M	[ mm ]	-20	-55	<b>-69</b>	<b>-96</b>		
WEG_V04	2 Feld-M	[ mm ]	-20	-60	<b>-75</b>	<b>-105</b>		

# Monitoring S35 Frohnleiten - Testalarm

- SMS Alarmierung durch Probealarm

Daten 1 - 18 von 18

Seite 1 von 1

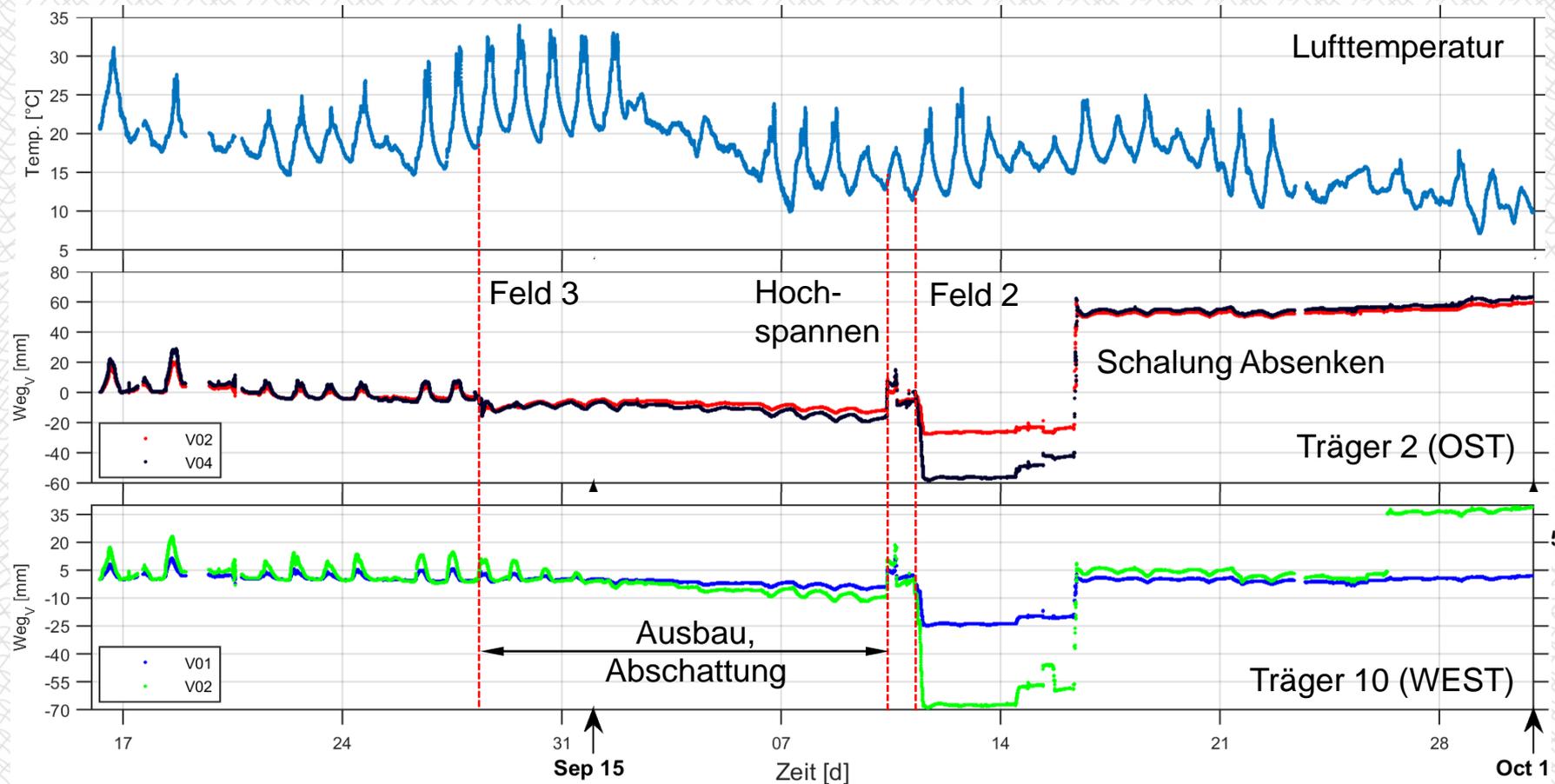
An Nummer	Typ	Inhalt	Versandzeit	Status	Details
+436644522002	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 14:09		 
+436642822405	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 14:09		 
+436649641315	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436649607173	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436646010814235	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436646010814223	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436643404431	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+49702198440	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436648101145	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436767017605	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436643442839	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436767626714	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436602999363	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 
+436504325843	SMS	S35 Monitoring Feld 2 - ALARM-TEST: R...	26.08.2015 - 10:33		 

Grün = SMS angekommen

- SMS beantworten um richtige Nummer zu bestätigen!

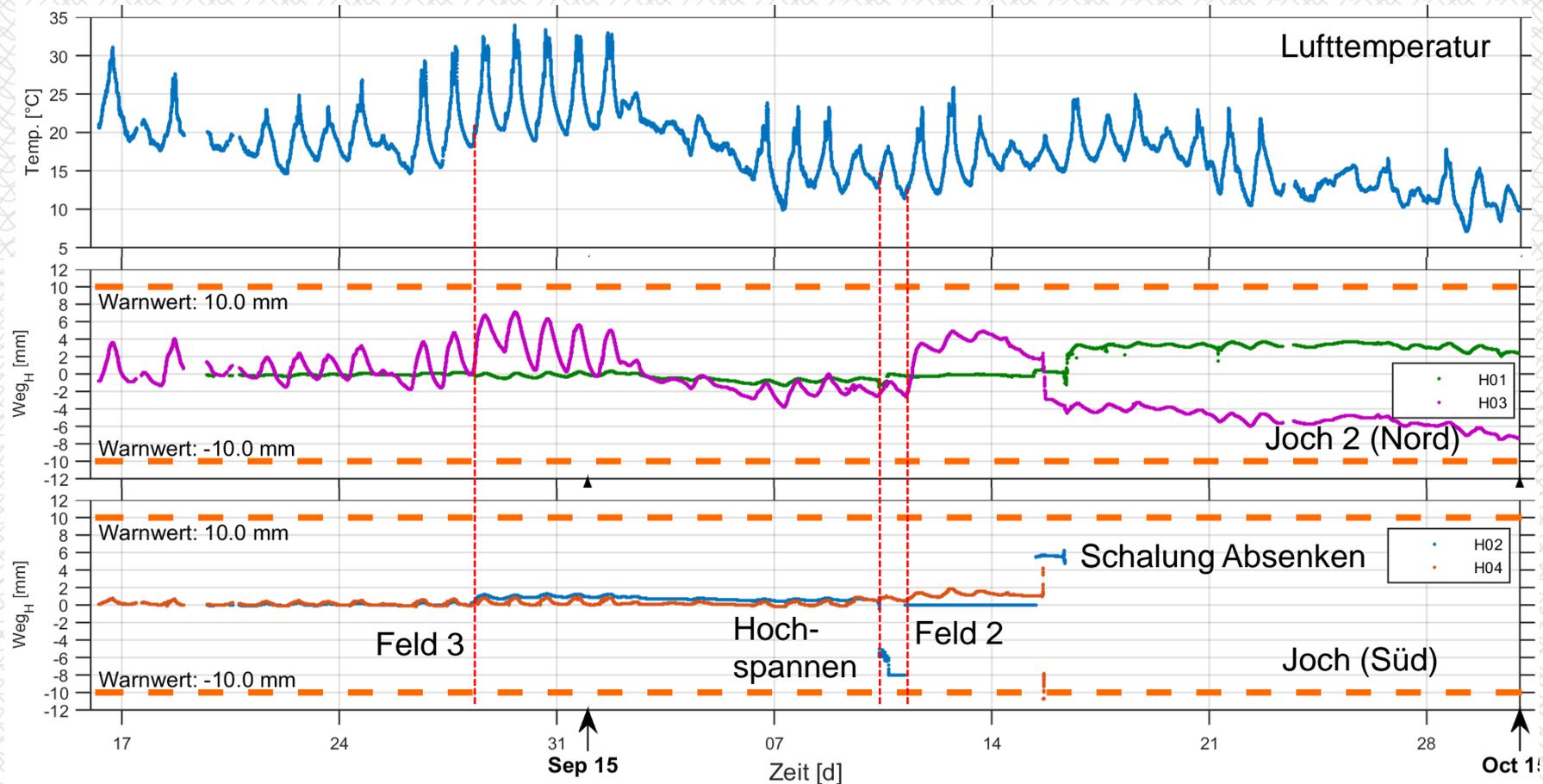
# Monitoring S35 Frohnleiten - Datenverlauf

## Vertikale Durchbiegung



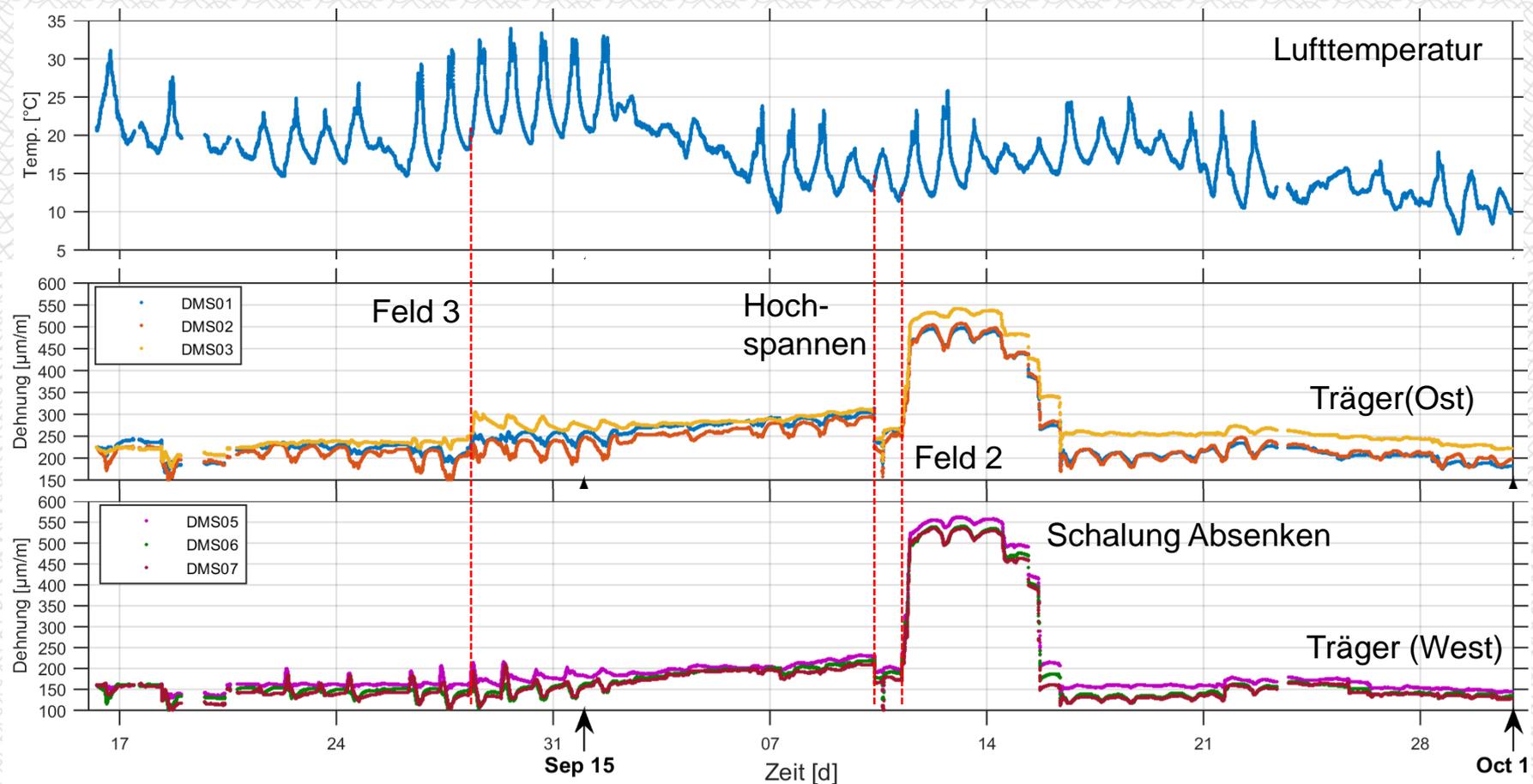
# Monitoring S35 Frohnleiten - Datenverlauf

## ■ Horizontale Lage



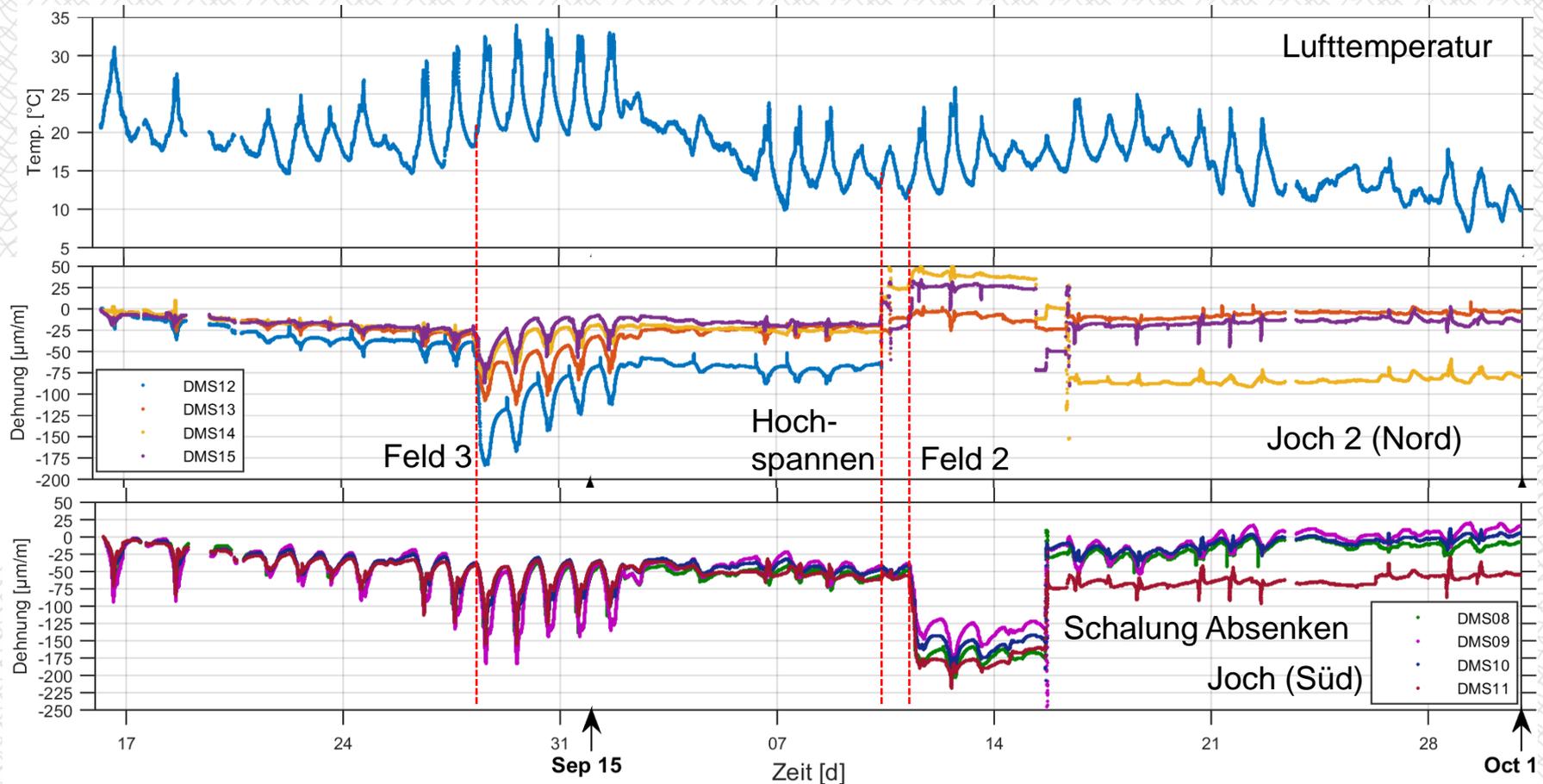
# Monitoring S35 Frohnleiten - Datenverlauf

## ■ Dehnungen Rüstträger



# Monitoring S35 Frohnleiten - Datenverlauf

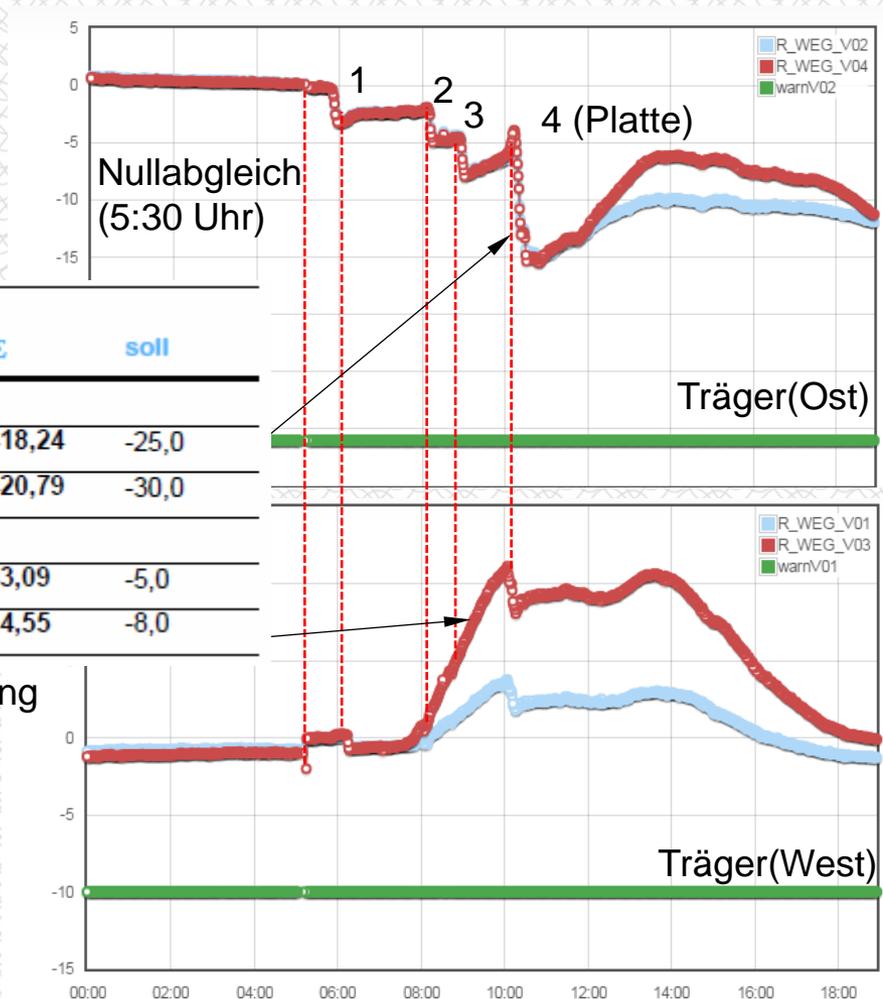
## ■ Dehnungen Rüststützen



# Monitoring S35 Frohnleiten – Detail Betonieren

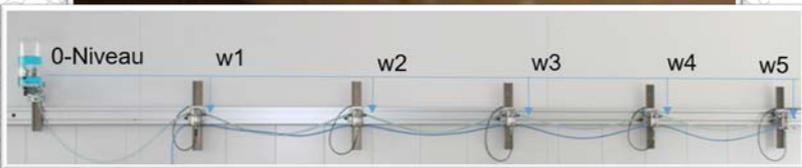
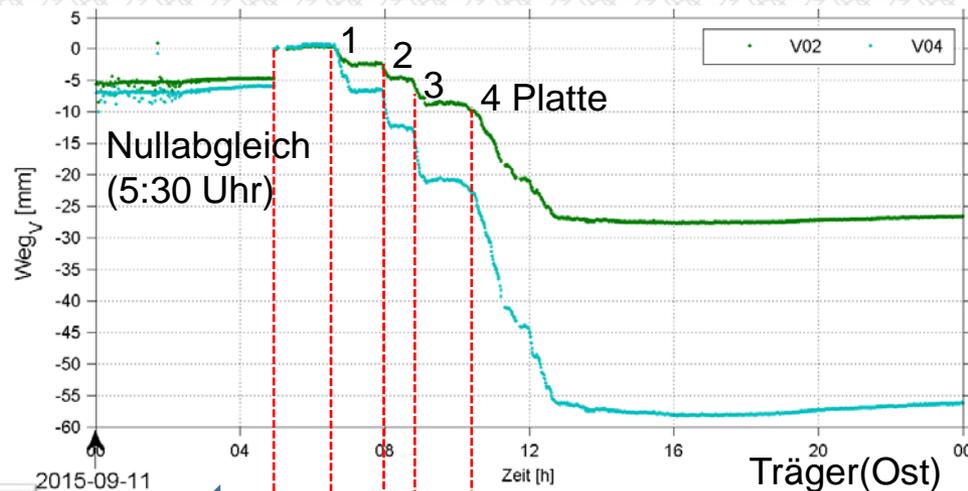
- Feld 3, 28.08.2015

Bauteil	Lastschritt					soll
	1	2	3	4	$\Sigma$	
<b>Träger 2</b>						
R_V02	[mm]-2,53	-2,64	-2,98	-10,09	-18,24	-25,0
R_V04	[mm]-2,93	-3,02	-3,45	-11,39	-20,79	-30,0
<b>Träger 10</b>						
R_V01	[mm]-0,58	-0,26	-0,23	-2,02	-3,09	-5,0
R_V03	[mm]-0,95	-0,29	-0,23	-3,08	-4,55	-8,0

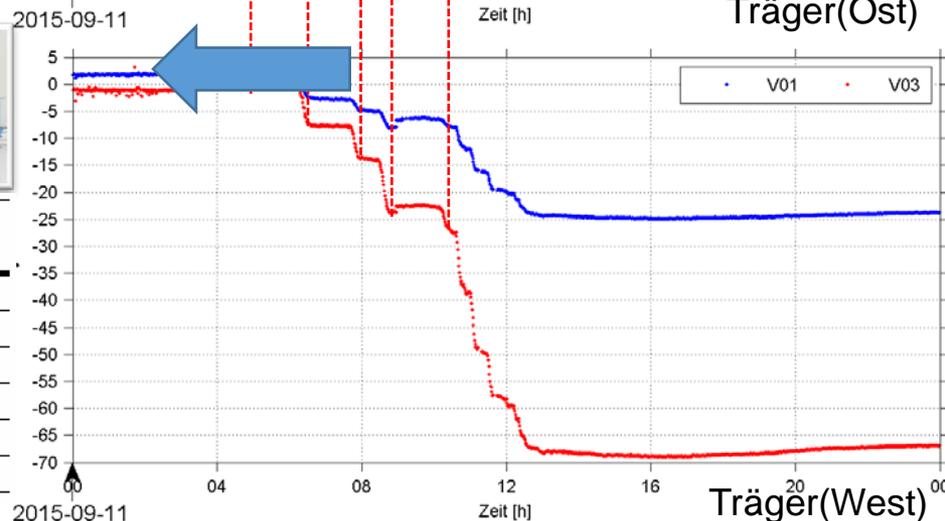


Temperaturkrummung

# Monitoring S35 Frohnleiten – Detail Betonieren



Bauteil	Lastschritt				Σ	soll
	1	2	3	4		
<b>Träger 2</b>						
R_V02	[mm]-3,12	-2,26	-4,28	-18,08	-27,74 (-12,74)	-3,5
R_V04	[mm]-7,09	-5,82	-7,72	-36,3	-56,93 (-41,93)	-55,0
<b>Träger 10</b>						
R_V01	[mm]-2,61	-1,97	-3,15	-17,86	-25,69 (-10,69)	-3,0
R_V03	[mm]-7,87	-5,99	-9,75	-45,21	-68,82 (-53,82)	-60,0



## Monitoring S35 Frohnleiten – Lessons Learned

- Das Monitoring hat gut funktioniert, 3 Alarmierung die sofort als Fehlalarm identifiziert werden können (Kabel abgerissen, Lehrgerüst absenken ohne Ankündigung)
- Die Wahl des Messlayouts hat grundsätzlich sehr gut funktioniert
- Die Planung des Monitorings muss mit der Planung des Lehrgerüsts einhergehen, da der definitive Ausführung des Gerüsts erst kurz vor dem Betonieren fest steht.
- Die Angabe von Grenzwerten ist sehr schwierig, da die Lastfälle für den Ausbau genau berechnet werden müssen und die Ergebnisse sehr stark von Modellierung abhängen.
- Temperaturbedingte Verformungen müssen im Tagesgang bewertet werden und können größer sein als die eigentliche Belastung.

## Positionen Lehrgerüst - Motivation

- Als Konsequenz aus dem Einsturz Frohnleiten wurde seitens ÖBB und ASFINAG eine Arbeitsgruppe zusammengestellt um Positionstexte für die „Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LBVI)“ zu definieren.
- Die Leistungsbeschreibungen „9083 – Lehrgerüstmonitoring“ liegen bis August 2017 zur Begutachtung vor.
- Die grundsätzliche Verständigung ist, das Monitoring an einen qualifizierten Auftragnehmer direkt zu vergeben und nicht als Subleistung z.B. bei der Baufirma.
- Das Lehrgerüstmonitoring soll nicht als obligatorisch für zukünftige Projekte verstanden werden, sondern wenn
  - hoher Sachschaden und Gefahr für Leib und Leben,
  - komplexe Bauweise,
  - Beeinträchtigung von benachbarter Infrastruktur (parallele, hochrangige Verkehrsverbindungen) zu befürchten ist.
- Die Entscheidung liegt beim Auftraggeber

## Positionen Lehrgerüst - Aufbau

- Ausschreibung bestehend aus Einzelpositionen
- Ausschreibung als Pauschalposition
- Einzelpositionen
  - Planung Monitoringanlage
  - SMP - Mitarbeit oder Erstellung
  - Basisstation (Beistellen)
  - Erweiterungsmodule (Beistellen)
  - Sensoren (Beistellen incl. Verkabelung und Befestigung)
    - ...Weg, Dehnung, Kraft, Neigung, Temperatur, Beschleunigung, Schwinggeschwindigkeit, Wetter, ...
    - jeweils elektrisch oder faseroptisch
  - Inbetriebnahme und Betreiben (in Monaten)
  - Datenübertragung an Onlinedatenbank (in Monaten)
  - Waren und Alarmieren
  - Bereitschaft (in oder außerhalb der Regelarbeitszeit)
  - Berichtswesen
  - Besprechungen

# Positionen Lehrgerüst - Aufbau

## ▪ Beispiel Basissation

### 908310A Schaltschrank (Basisstation)

PA

Beistellen einer Monitoring Basiseinheit, projektiert, gefertigt und geprüft nach EN 61439-1, EN 61439-2.

Die Schaltstation hat über eine **unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)** zur Überbrückung von Spannungsausfällen zu verfügen.

Die Ausführung hat in der **Schutzklasse IP64** zu erfolgen.

#### 1. Überwachung

Es ist ein Fernzugriff auf Datenlogger sowie eine **mobile Datenanbindung** für den kompletten Fernzugriff auf sämtliche Komponenten und Daten, sowie eine Überwachung der Versorgungsspannung, Türöffnung und der Innentemperatur zu gewährleisten.

Weiters sind sämtliche Maßnahmen zum Schutz vor unbefugten Zugriffen von außen (**VPN, Firewall, Virens Scanner**) nachzuweisen und auf Stand zu halten.

Die Basisstation hat über einen **Messverstärker** für alle weiteren definierten Messgeber zu verfügen. Die **Abtastrate** des Messsignals muss **mindestens 200 Hz** betragen und eine **zeitsynchrone und autonome Messdatenerfassung** aller Messkanäle muss nachgewiesen werden.

#### 2. Inbetriebnahme

Die Basisstation ist rechtzeitig vor Auslösung von Einwirkungen auf Lehrgerüste in Betrieb zu nehmen

# Positionen Lehrgerüst - Aufbau

## ▪ Beispiel Basisstation

Die Leistung beinhaltet auch:

- das Einrichten und Bereithalten einer ausreichenden Stromversorgung,
- eine ausreichende USV zur Überbrückung von Spannungsausfällen,
- das Liefern, Installieren, Betreiben und Wegschaffen von Datenlogger mit **ausreichendem Datenspeicher** und Messverstärker für alle im Weiteren definierten Messgeber, sofern nicht gesonderte Positionen im LV vorgesehen sind,
- eine Einrichtung zum Fern-Reset des Gesamtsystems per SMS,
- alle Maßnahmen für eine autonome Messdatenerfassung,
- das Beistellen und Betreiben eines Datenrekorders vor Ort für die Speicherung sämtlicher Rohdaten der Messanlage,
- das Einrichten von **Alarmierungsfunktionen per Email/SMS** bei Grenzwertüberschreitung von Messkanälen,
- die **Software zur Messdatenerfassung** und Fernübertragung auf den Monitoring Server,
- das Einrichten und die Inbetriebnahme für die Datenerfassung, Datenübertragung und Fernzugriff,
- das Einrichten und Bereithalten von Maßnahmen zum Schutz vor unberechtigten Zugriff von außen (VPN, Firewall, Virens Scanner).

Gesondert vergütet wird:

- ein vom AG gesondert angeordnetes Umstellen der Basisstation.

**Verrechnet wird:**

- 70% der Pauschale nach Inbetriebnahme und 30% der Pauschale nach vollständiger Räumung der Basisstation.

# Positionen Lehrgerüst - Aufbau

## ▪ Beispiel Sensor

908314A **Elektrische Dehnungsmessstreifen** **Stk**

Beistellen von Dehnungsmessstreifen (DMS) inklusive zugehöriger Verkabelung und Vorrichtungen zum Ankleben an Stahlteile einschließlich aller Materialien zur Befestigung und geeignetem Schutz vor Witterung (Messstellenschutz).

Die Installation der Dehnungsmessstreifen hat durch qualifiziertes Personal mit Zertifizierungsprüfung gemäß VDI/VDE/GESA 2636 zu erfolgen.

Die Dehnungsmessstreifen sind für das **Grundmaterial angepasst** zu liefern und als Halbbrücken (temperaturkompensiert) auszuführen.

Wegen einer erforderlichen elektromagnetischen Verträglichkeit sind ausschließlich **Trägerfrequenz Messverstärker** zulässig

Abtastrate (Hz):

Verschaltung:

Leitertechnik Verkabelung:

Messgitterlänge (mm):

Die Leistung beinhaltet auch:

- Sämtliche Vorbehandlungen für Klebestellen auf dem vorgegebenen Grundmaterial.

Verrechnet wird:

- je eingesetztem Messstreifen.

## Zusammenfassung

- Lehrgerüstmonitoring ist eine Herausforderung in der Planung und Abstimmung, besonders mit Gerüstbauer und Prüfstatiker
- Gute, „smarte“ Systeme funktionieren sehr zuverlässig und geben den Beteiligten ein Vertrauen über den Zustand und der Funktion des Lehrgerüsts
- Die Positionen Lehrgerüstmonitoring sind noch in Begutachtung, ermöglichen es aber in Zukunft bei der Planung berücksichtigt zu werden und geben eine sehr breite technische Anwendung wieder.

## Danke für die Aufmerksamkeit!



Dipl.-Ing.

**Michael Vospernik**

Geschäftsführender Gesellschafter

Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen

Hermannngasse 18 / im Hof / 1.Stock

A-1070 Wien

**T** +43 (0)1 890 99 73

**M** +43 (0) 650 43 258 43

**H** [www.revotec.at](http://www.revotec.at)