BAW
Bundesanstalt für Wasserbau







Karsten Otte

Die Anwendung messtechnischer Verfahren beim Monitoring

BAW Kolloquium 26.09.2017

Hamburg, 26.09.2017

Agenda

Bauwerksmessung

- Messstellenübersicht BWM Messungen (Bsp. Brunsbüttel)
- Aufbau eines Testsystems (Übertragungswege, Schnittstellen, Anforderungen)

Neue Generation Messtechnik

- Datenlogger CR6
- Strukturierung (Master/Slave)
- Data Collector
- Kommunikation All – IP/NGN

Webservice Messdatenanzeige

- Entwicklung und Programmierung einer Messdatenanzeige
- Live Demo Webservice

Ausblick faseroptische Messtechnik

- Aufbau einer Messglasfaser
- Theorie der Dehnungsmessung
- Bewertung faseroptische zur konventionellen DMS Messtechnik
- Mögliche Anwendungsfälle für die Zukunft

Agenda

Bauwerksmessung

- Messstellenübersicht BWM Messungen der BAW Hamburg
- Bsp. alte Messtechnik Schleuse Brunsbüttel
- Aufbau eines Testsystems
- Übertragungswege, Schnittstellen
- Anforderungen

Messstellenübersicht BWM Messungen



Beispiel Messstellenübersicht Brunsbüttel

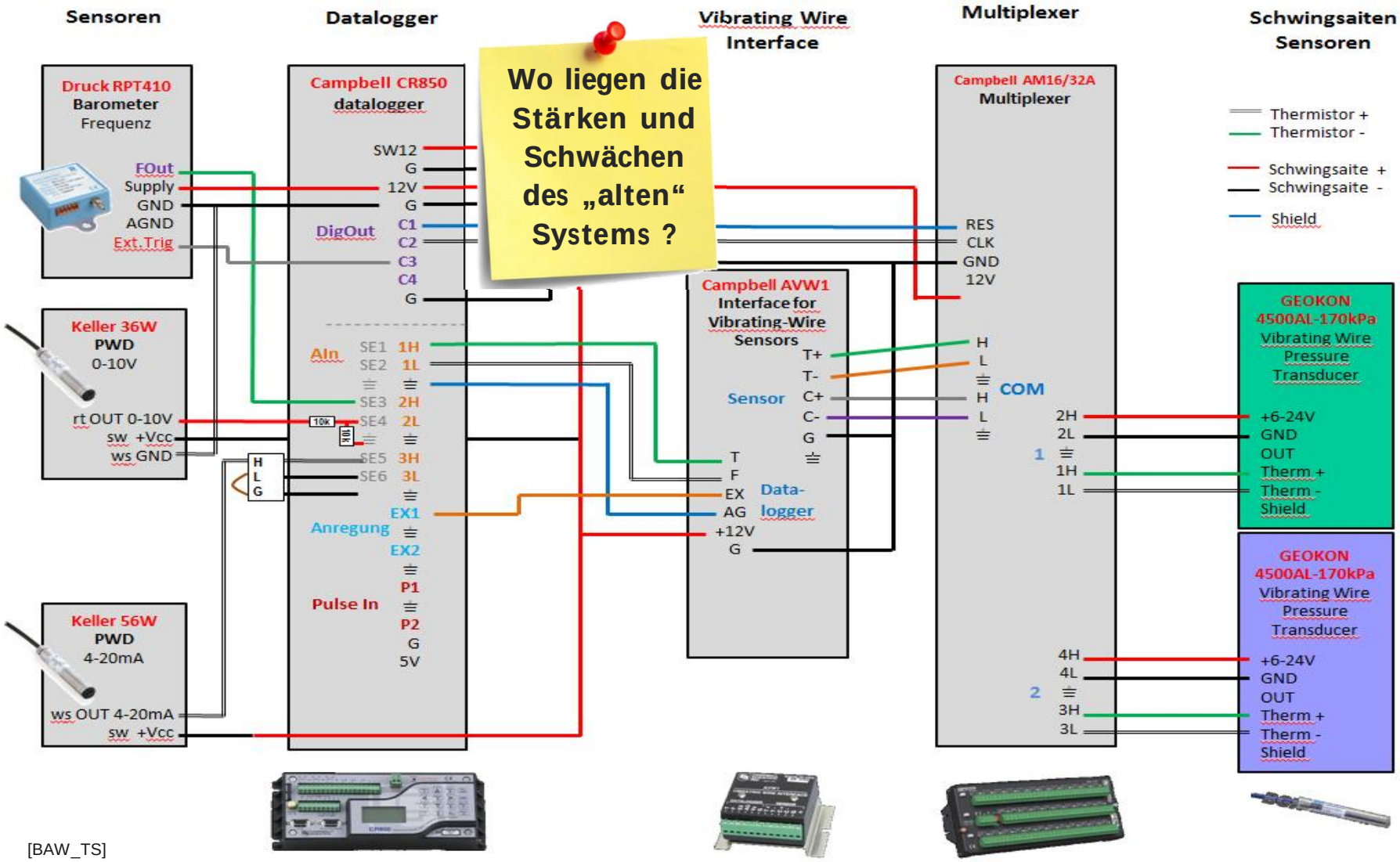


Beispiel Messstellenübersicht Brunsbüttel





Aufbau eines Testsystems



[BAW_TS]

Übertragungswege



PWD
DMS
Schwingsaiten-Sensoren

Luftdruck
Frequenz
0-10V
SDI

Extensometer
DMS

Wasserpegel
Radarsensor
Drucksensor

Wetter
Wetterstation (Vaisala)

Pegelsensoren
DMS
Schwingsaiten-Sensoren

Inklinometer
DMS

Energie
Solarpanel
Solar Laderegler Akku
230V Stromversorgung



Master Logger 1
C800/C850
Data Table



Slave Logger 1
C800/C850
Packbus-Adresse

PC BAW
Data-Collector





Wie flexibel und zukunfts-sicher ist die Messtechnik ?

Sensor-Schnittstellen
- 0-5V
- 4-20mA
- Seriell RS-232/485
- SDI-12
- Schwings.Frequenz

Logger ↔ Logger
- WLAN
- USB
- Netzwerk
- Funk 2,4GHz
- Master/Slave

Logger ↔ BAW
- GSM
- Festnetz (Modem)
- IP (Internet)

Anforderungen Messtechnik Bauwerksmessung

Allgemein

- **ähnliche Möglichkeiten wie konventionelle PC-Messtechnik**
- Erfahrung aus der Langzeitstabilität (Schwingsaite) muss weitergeführt werden

Messtechnik

- keine seriellen Verbindungen
- **einfache Erweiterbarkeit**
- Barometer als Spannungsausgang

Software

- **Einbindung modularer Programmteile**
- Module Logging, Konvertierung etc.
- SW zum Abrufen der Messdaten muss einfach und sicher sein

BAW Bundesanstalt für Wasserbau

BWM

Anzeige

- **Zoom Funktion**
- Logdatei
- Logging Level Anzeige
- Extra Anzeige für BAW MA
- Spez. Anzeige für WSV

Verbindung

- Umstieg Gateway Datenlogger – Modem von AT-Kommandos zu ALL-IP (kein RS232)
- **Direkte Verbindung über IP-Adressen**

Grenzwertüberwachung

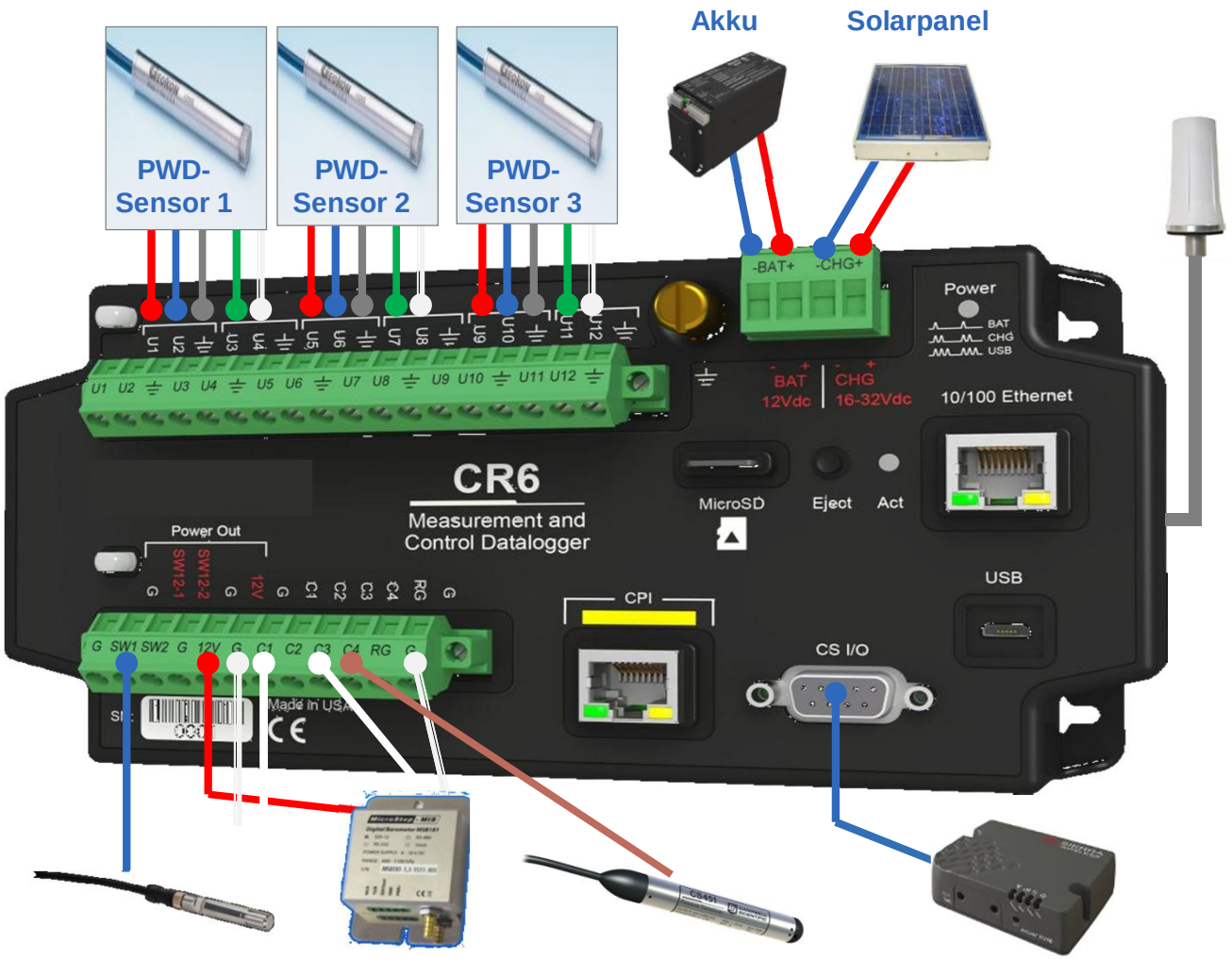
- Null-Werte, NAN Werte filtern
- Mittelwert (Ringpuffer Summe/Anzahl)
- **Alarmierung über Email**

Agenda

Neue Generation Messtechnik

- Datenlogger CR6
- Validierung PWD Sensoren
- Strukturierung Master/Slave Messtechnik Systeme
- Beispiel Messstellen F&E Interaktion OW-GW im Ästuarbereich
- Data Collector
- Kommunikation All – IP, NGN
- Einbindung externer Datenquellen
- Vor- und Nachteile des neuen Messsystems

Neue Generation Messtechnik



Neu

- **+ 3x Schwingsaite**
- **+ Netzwerk**
- **+ WLAN**
- **+ USB**
- **+ mSD Speicher**
- **+ int. Laderegler**
- **+ 24Bit ADC**
- **+ -55°C bis +85°C**
- **+ Stromverbrauch sehr gering**

Validierung Sensoren (Genauigkeit PWD Sensoren Geokon 4500S)

Theorie

Hersteller Datenblatt



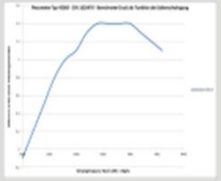
0,1% FS

Kalibrier-datenblatt



Stützpunkte lt. Kalibrierung

Geokon Vergleich



Mathematischer Vergleich Sensorkennlinie Linear / Polynom

Praxis

PWD-Sensor Drucksimulator Datenlogger



Messungen Reserve Sensor am Datenlogger

PWD-Sensor Drucksimulator Handmessgerät



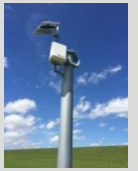
Messungen Reserve Sensor am Handmessgerät

Messstellen Ems



Alle Standorte

Lichtlotmessung GW-Sensor zu Datenlogger



Weener

Lichtlotmessung GW-Sensor zu Geokon-Handmessgerät

	Hersteller Datenblatt	Kalibrier-datenblatt	Geokon Vergleich	PWD-Sensor Drucksimulator Datenlogger	PWD-Sensor Drucksimulator Handmessgerät	Messstellen Ems: Alle Standorte	Messstellen Ems: Weener
Linear	0,1% FS	Stützpunkte lt. Kalibrierung	Mathematischer Vergleich Sensorkennlinie Linear / Polynom	Messungen Reserve Sensor am Datenlogger	Messungen Reserve Sensor am Handmessgerät	Lichtlotmessung GW-Sensor zu Datenlogger	Lichtlotmessung GW-Sensor zu Geokon-Handmessgerät
	0,			,27% FS		Messungen stehen noch aus	**Ø 0,27% FS**
	17			6 cmWs			**9,6 cmWs**
Polynom	0			09% FS	0,13% FS	Messungen stehen noch aus	**Ø 0,02% FS**
	3,:			3,2 cmWs	4,6 cmWs		**Ø 0,71 cmWs**

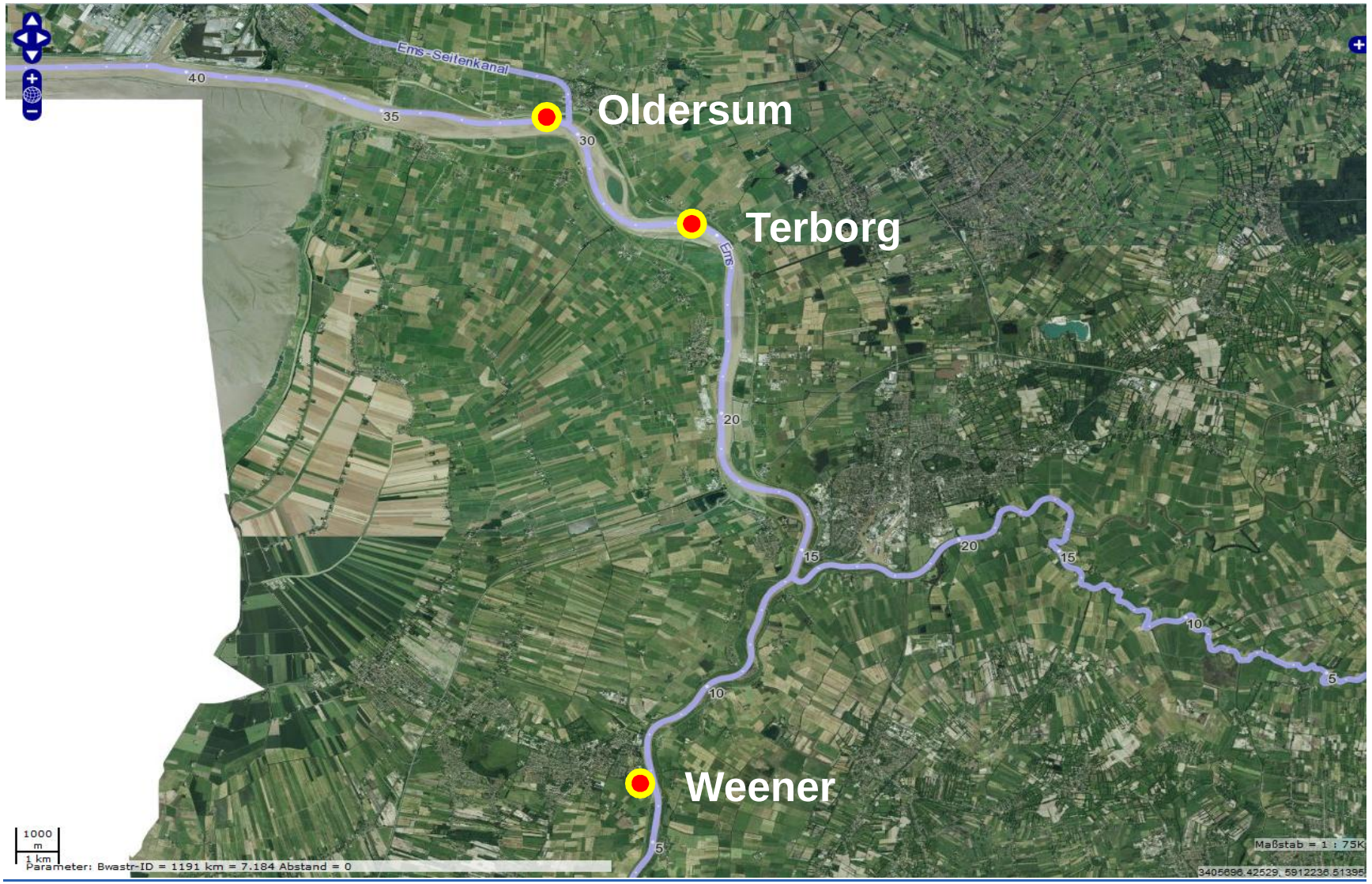
Ergebnisse

Genauigkeit lt. Datenblatt ✓

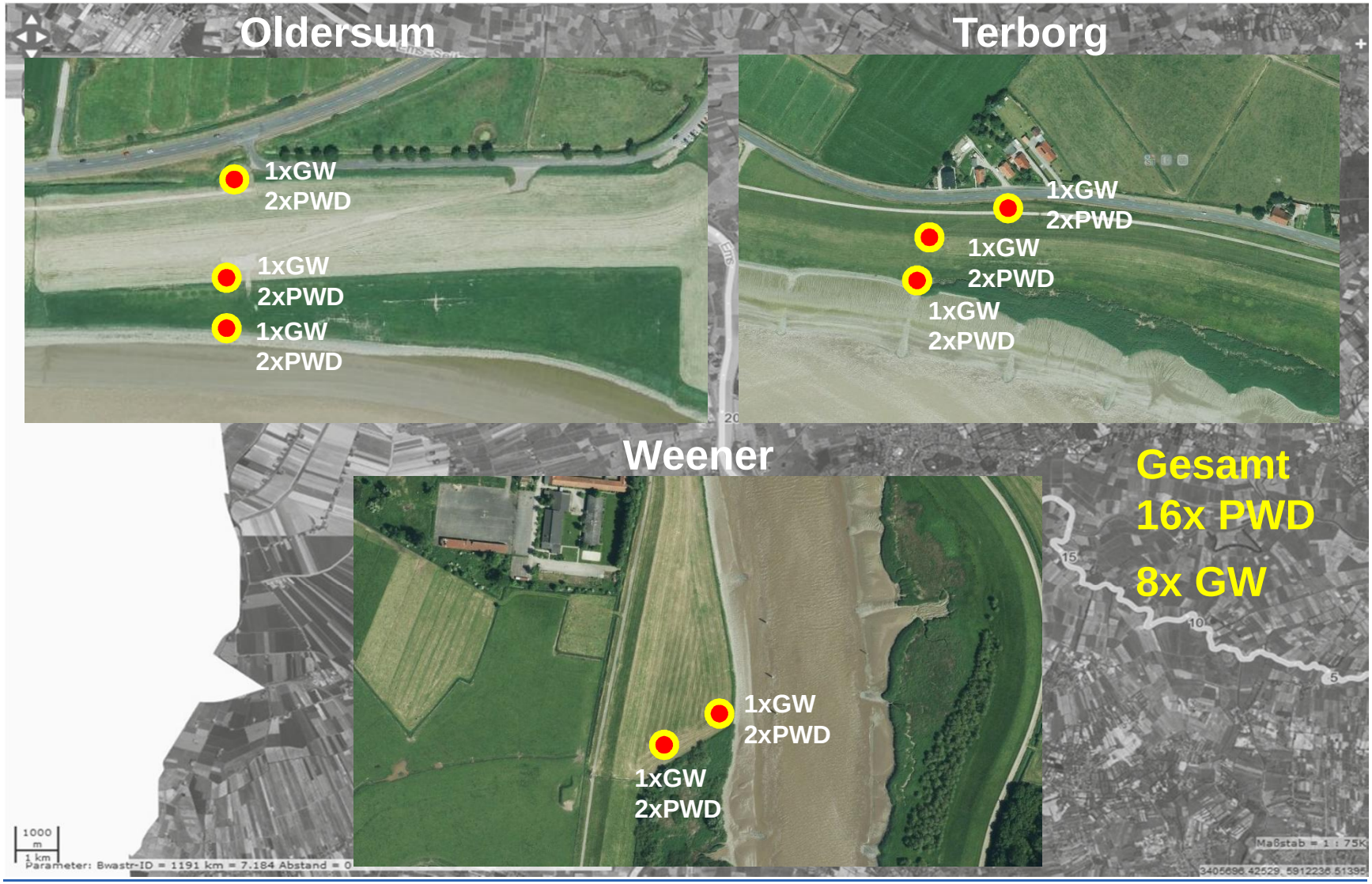
Polynom verwenden ✓

Genauigkeit bis zu 1cmWs ✓

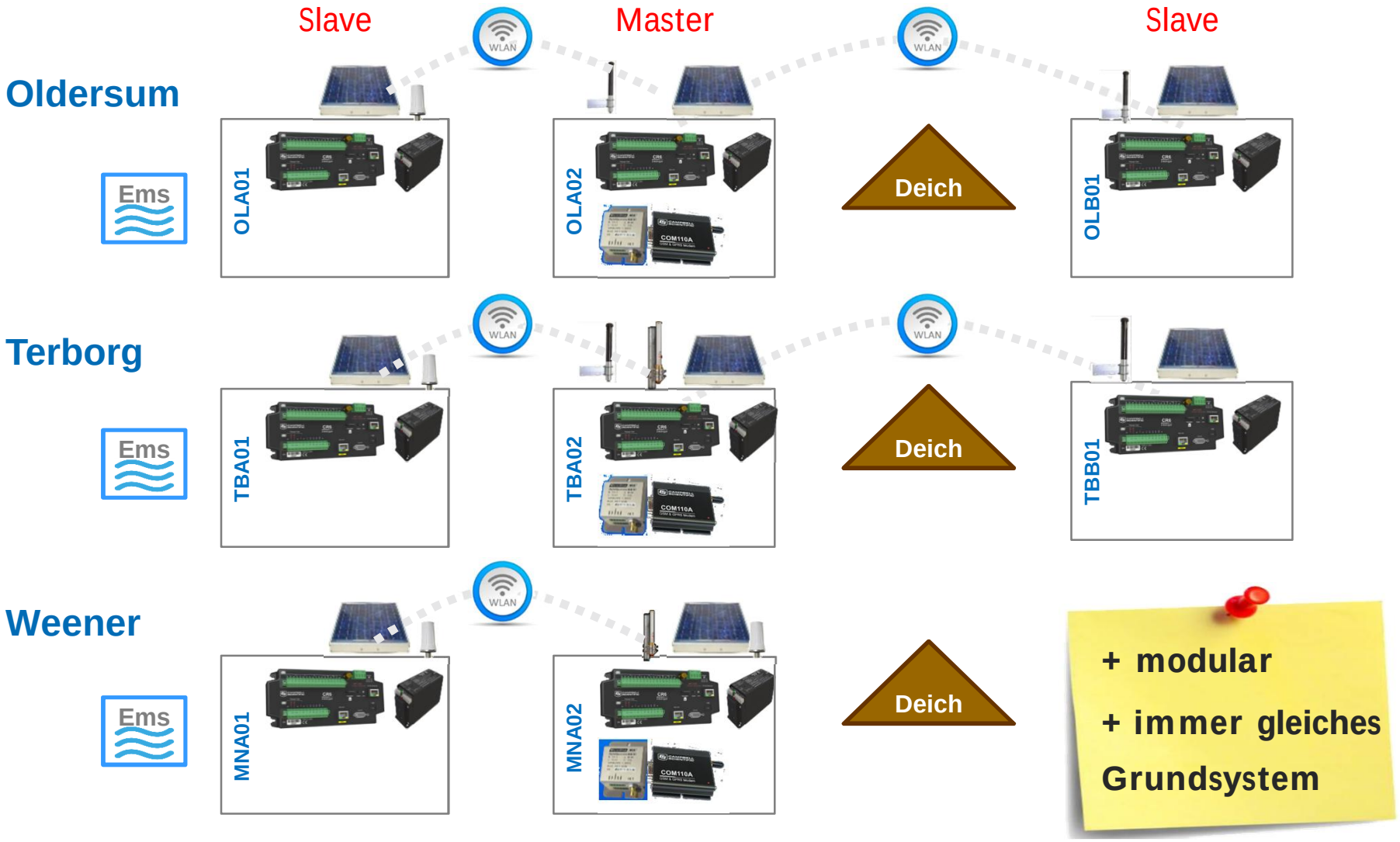
Messstellenübersicht F&E OW-GW 2017



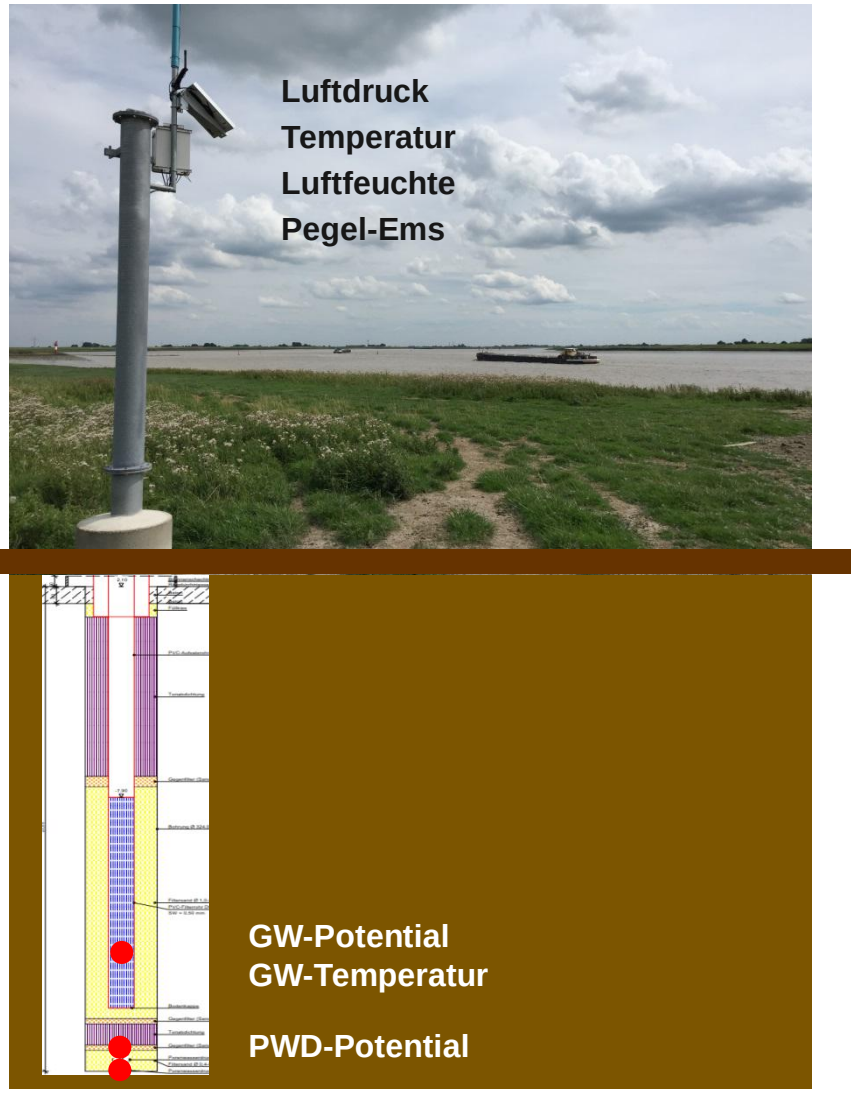
Messstellenübersicht F&E OW-GW 2017



Strukturierung Master/Slave



Messtechnik F&E OW-GW Ems 2017

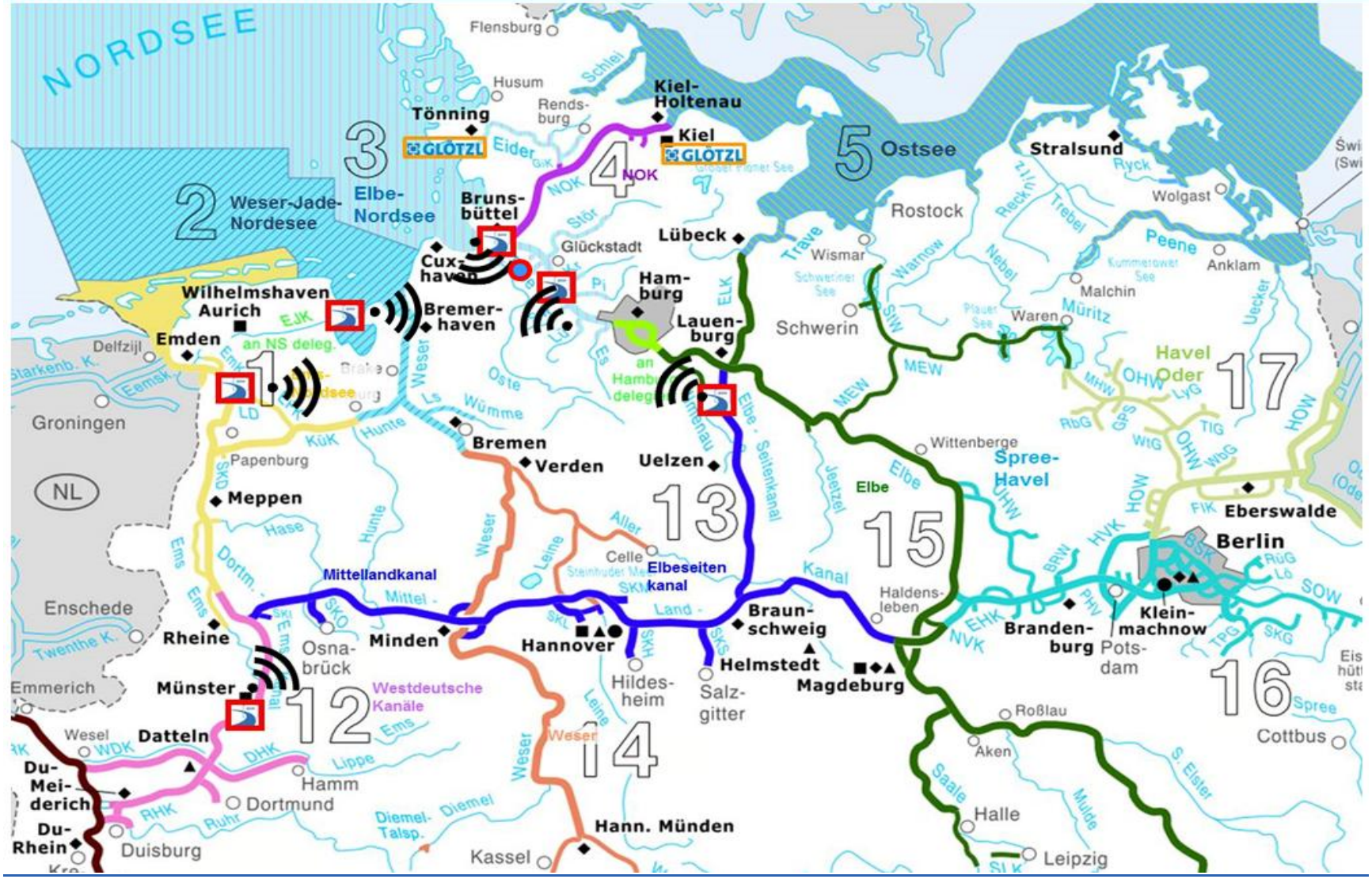




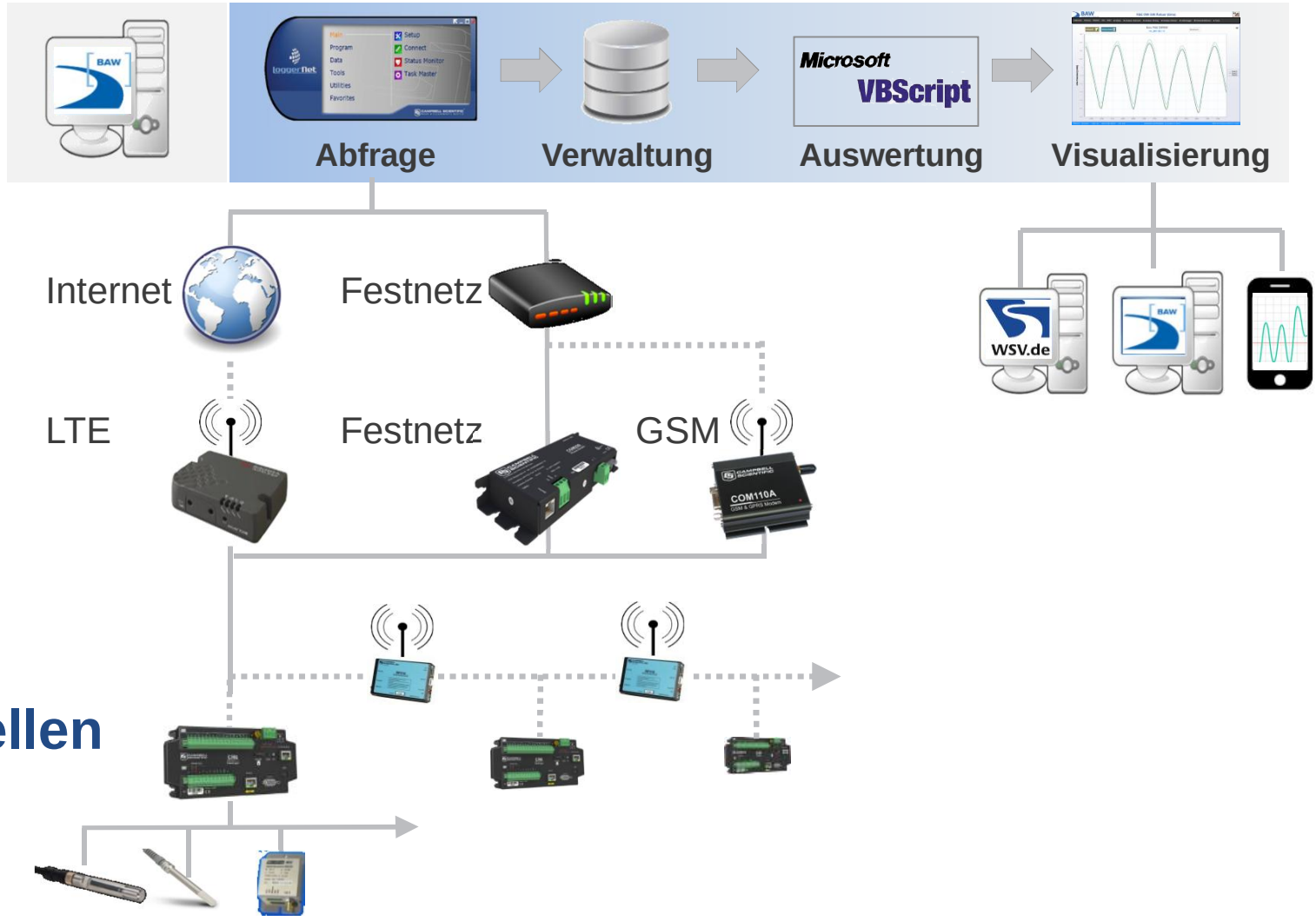




Data-Collector



Data - Collector



[BAW_DC]

Kommunikation



NGN – Next Generation Network

[All-IP]

Kommunikation



Wer ist besonders von der Umstellung betroffen ?

} Hausnotruf-Systeme

} Notrufgeräte

} Haussteuerungen

} Fernwartungen

} EC-Karten-Terminals

} Faxgeräte (ISDN)

} Alarmanlagen

} Aufzüge

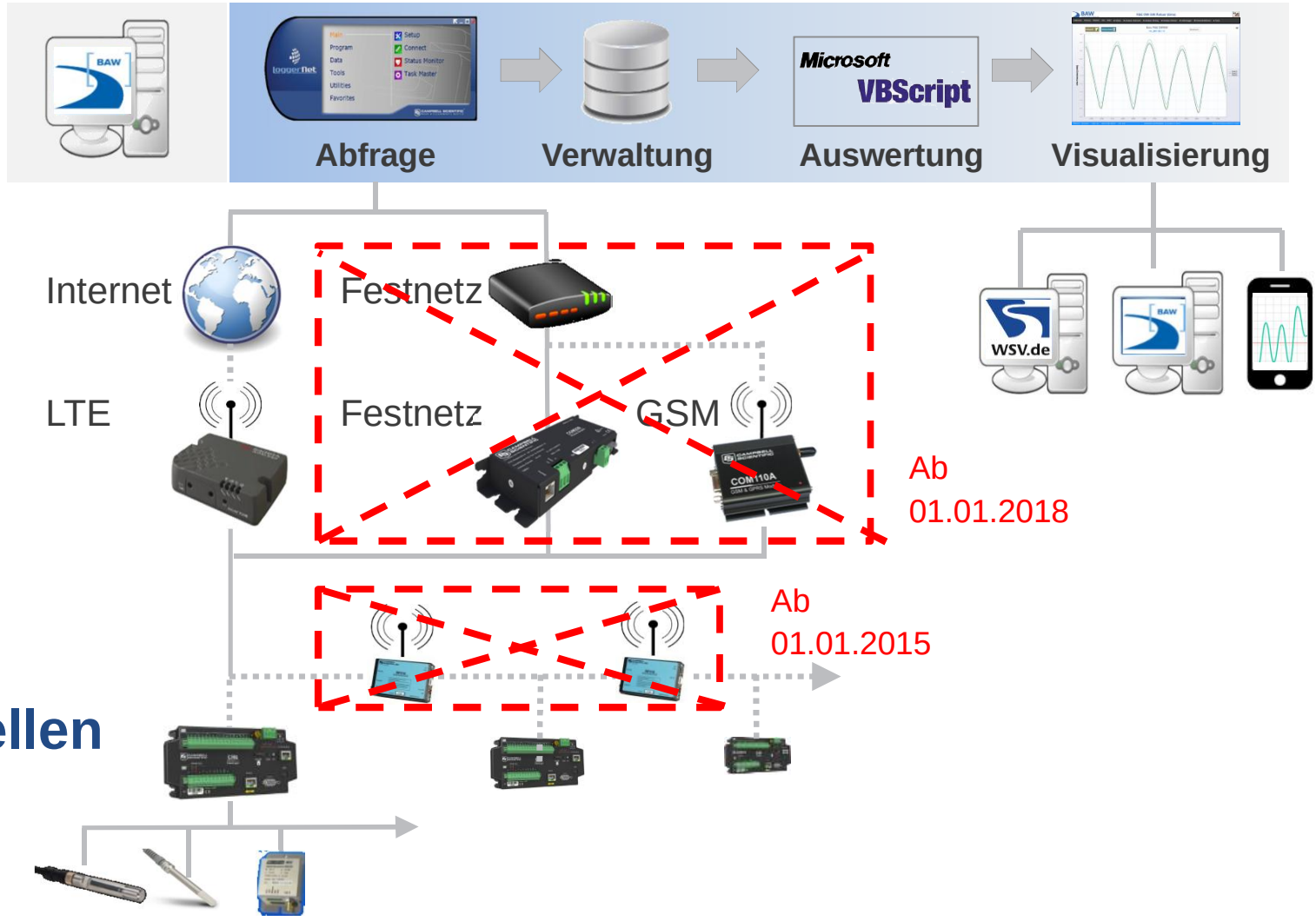
} Online Wetterstationen

} **Datenlogger**

usw.

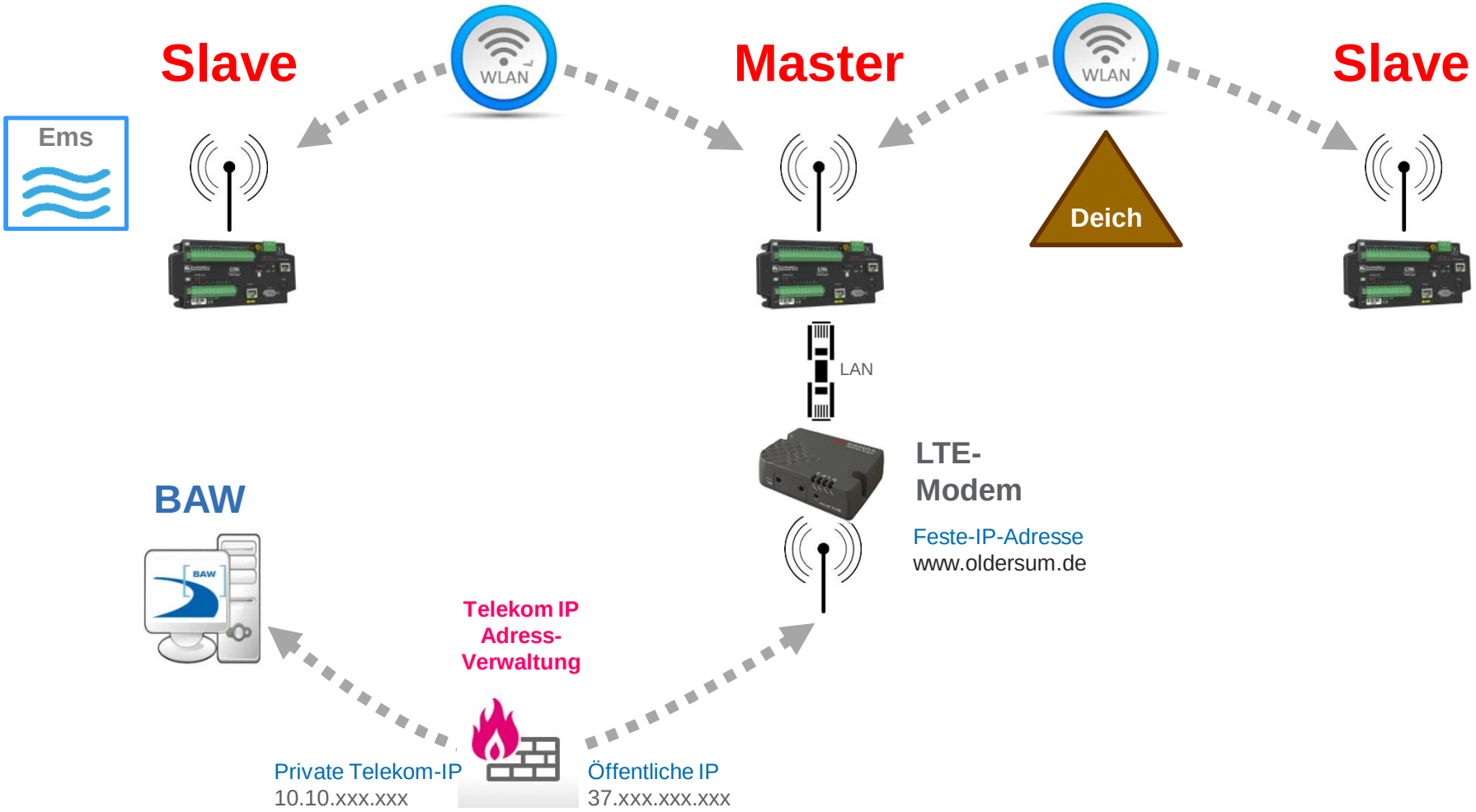
[All-IP]

NGN (Next Generation Network)



[BAW_DC]

Kommunikation Projekt F&E OW-GW Ems



Einbindung externer Datenquellen

- **Direkte Einbindung des Gewässerpegels von PegelOnline (WSV)** PEGELONLINE
- **Keine nachträgliche Zeit-Synchronisation nötig**





Vor- und Nachteile des neuen Messsystems

Zukunftssicheres Messtechnik-System

- Übertragungstechniken (LTE, IP, WLAN, Ethernet, USB…)
- sehr flexibel (CR-Basic Prg, Zeitsynchronisation, ext. Data)

Ganzheitliches Messtechnik-System

- Data-Collector (autom. Messdatenabruf, Zeitgesteuert, Fehlerroutinen)
- Skalierbarkeit (Master, Slave, nur Funkmodul, SDI-12)
- Logging (Error Log, Email Benachrichtigung)
- OS-Update (Remote Betriebssystem Update möglich)

„Messtechnik-Anbieter“ kein spezialisierter Geotechnik-Anbieter

System nicht selbsterklärend (viele Tools, Programmierung komplex)

Agenda

Webservice Messdatenanzeige

- Entwicklung und Programmierung einer Messdatenanzeige
- Welche Programmiersprache (System) wähle ich ?
- Live Demo Webservice

Welche Programmiersprache wähle ich…

C

```c
/* C */

#include <stdio.h>

int quadrat(int i) {
  return i*i;
}

int main(void) {
  int i;

  for (i=1; i<=10; i++) {
    printf("%d %d\n", i, quadrat(i));
  }
  return 0;
}
```

Python

```python
# Python

def quadrat(i):
  return(i*i)

for i in range(1, 11):
  print(i, quadrat(i))
```

PHP

```php
<?php
// PHP

function quadrat($i)
{
    return($i*$i);
}

for ($i = 1; $i <= 10; $i++)
{
    echo $i, " ", quadrat($i), "\n";
}
?>
```

Java

```java
// Java

public class Main {
  public static int quadrat(int i) {
    return i*i;
  }

  public static void main(String[] args) {
    for(int i=1; i<=10; i++) {
      System.out.println(i + " " + quadrat(i));
    }
  }
}
```

JavaScript

```javascript
// JavaScript

function quadrat(i) {
    return i*i;
}

for (var i=1; i<=10; i++) {
    console.log(i, quadrat(i));
}
```

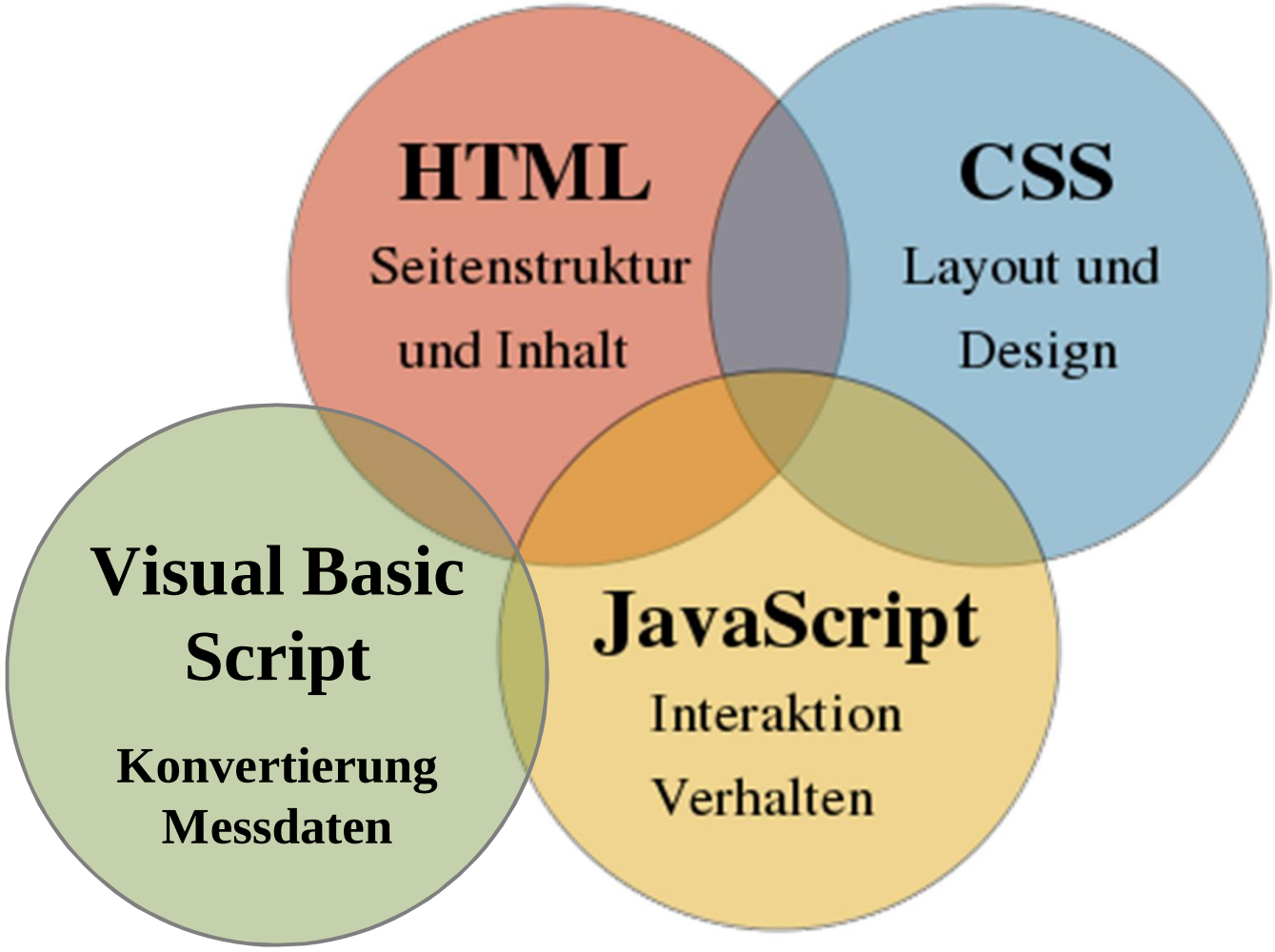
SW-Anforderungen

- Focus Internet
- Programmbibliotheken
- Diagrammanzeige
- Zoom, Tooltip…..
- Kein Compiler

ct 08/2015
Dr. Oliver Diedrich
„ohne JavaScript ist eine moderne Web-Oberfläche kaum mehr vorstellbar“

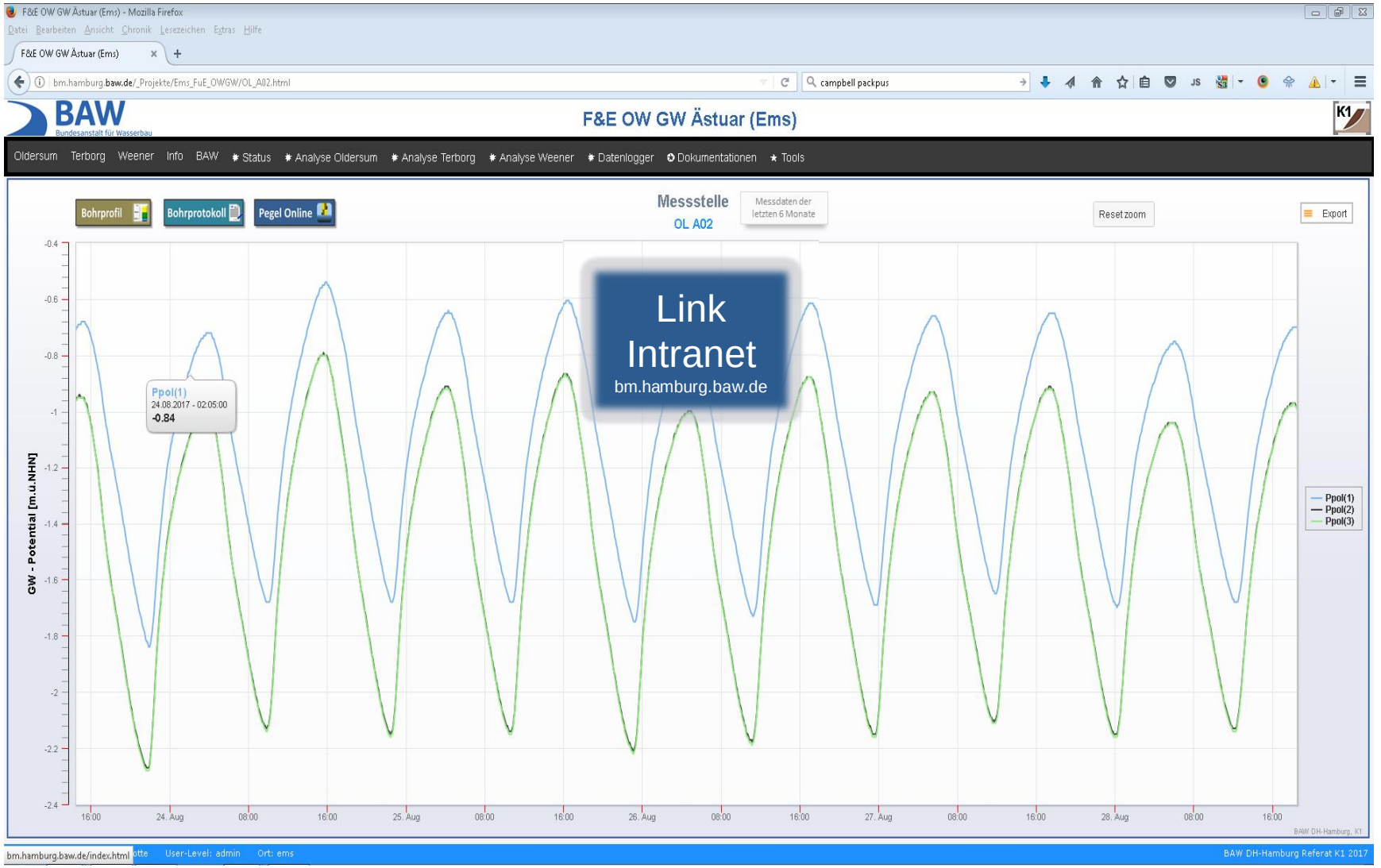
[PRG]

Übersicht der verwendeten Programmiersprachen



[JS]

Live Demo Webservice

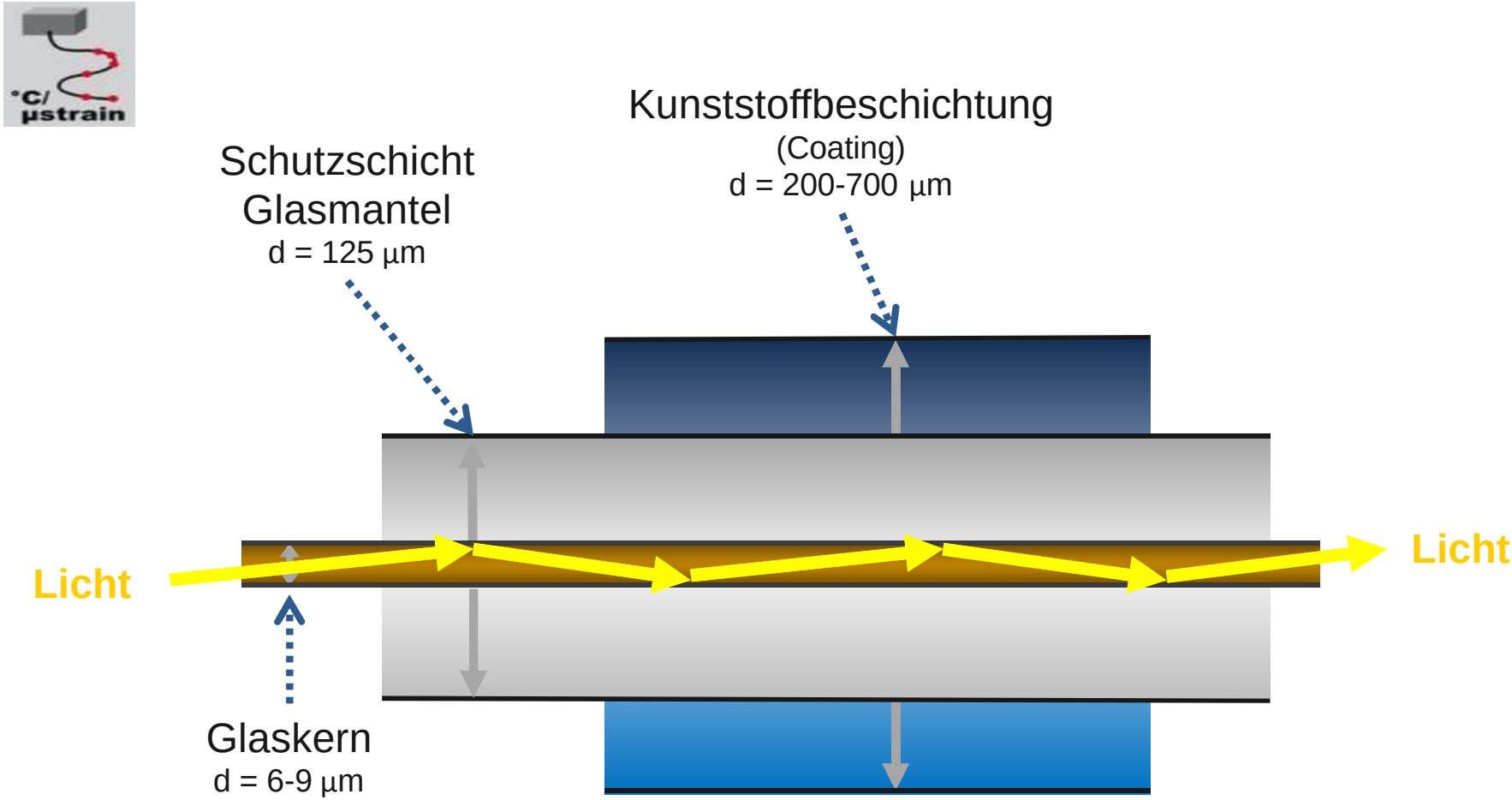


Agenda

Ausblick faseroptische Messtechnik

- Aufbau einer Messglasfaser
- Aufbau des Faser Bragg-Gitters
- Theorie der Dehnungsmessung
- Bewertung faseroptische zur konventionellen DMS Messtechnik
- Mögliche Anwendungsfälle für die Zukunft

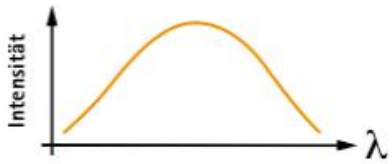
Aufbau einer Messglasfaser



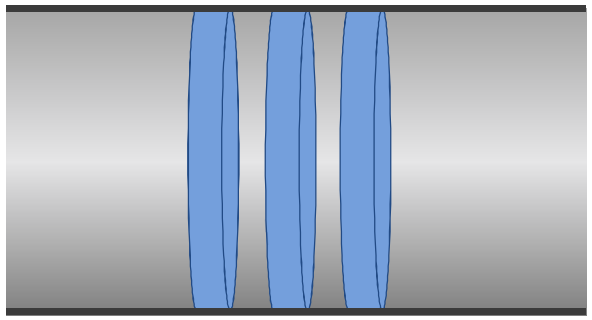
[FOS_HBM]

Aufbau des Faser Bragg-Gitters

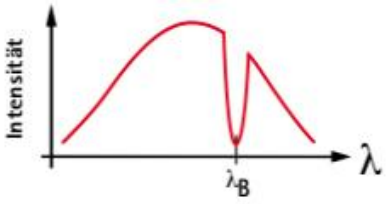
Eingestrahltes Licht



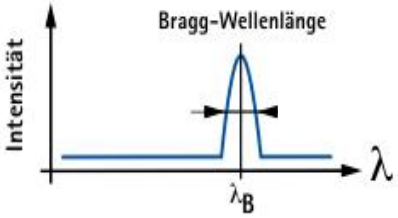
Glasfaser



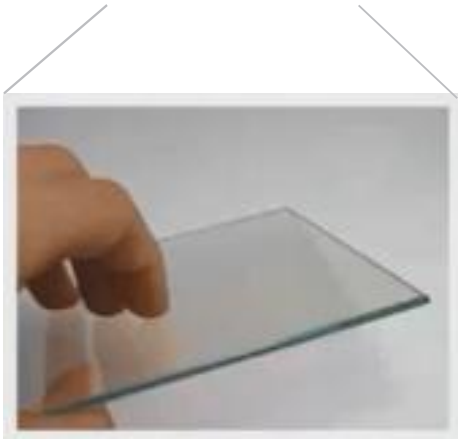
Transmittiertes Licht



Reflektiertes Licht



FBG-Gitter



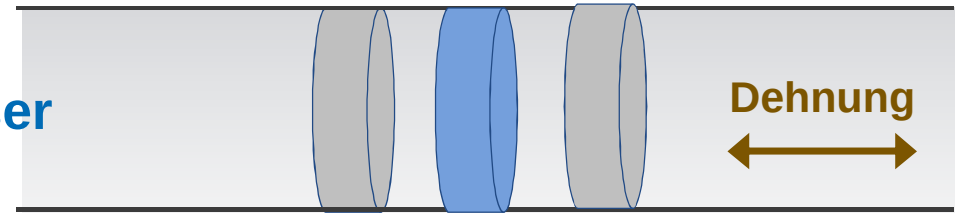
„halbdurchlässige Spiegel“

...ohne ein wenig Theorie geht es auch hier nicht

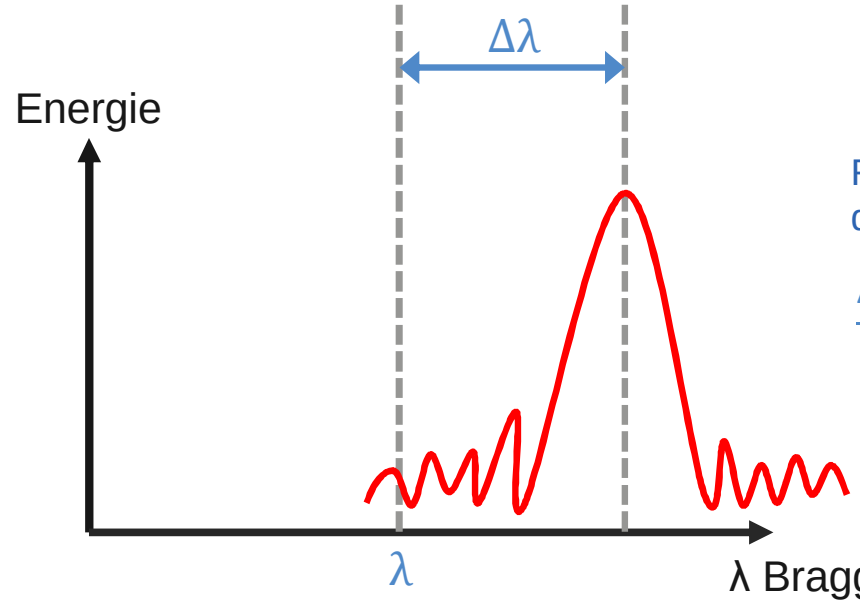
[FOS_HBM]

Theorie der Dehnungsmessung

Glasfaser



Messgerät



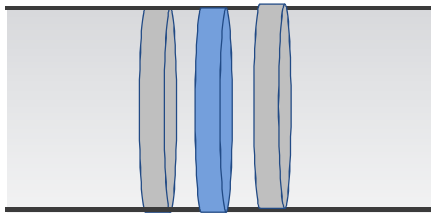
Rel. Änderung der Wellenlänge

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \sim \frac{\Delta l}{l} \sim k \cdot \varepsilon$$

[FOS_HBM]

Theorie der Dehnungsmessung

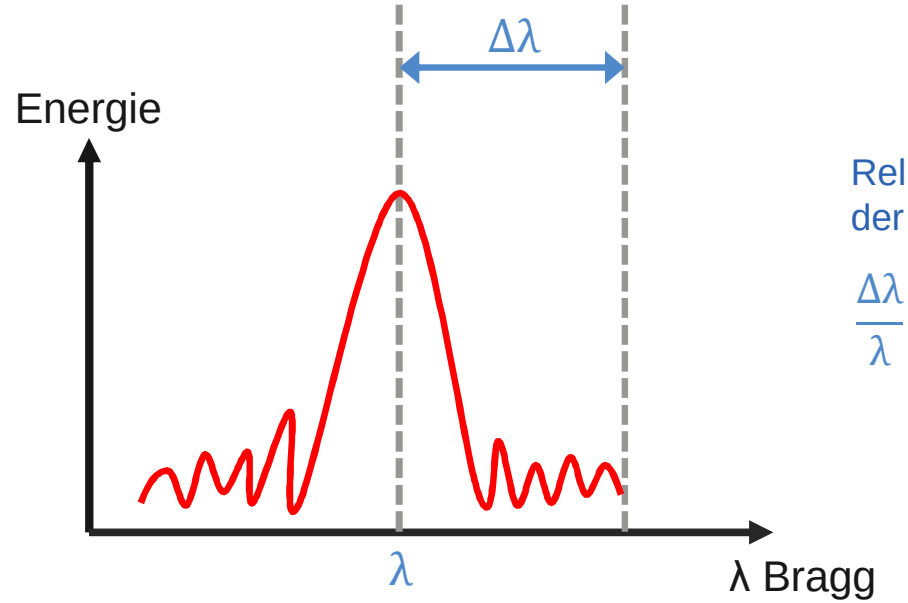
Glasfaser



Stauchung



Messgerät



Rel. Änderung
der Wellenlänge

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \sim \frac{\Delta l}{l} \sim k \cdot \varepsilon$$

[FOS_HBM]

Bewertung faseroptische zur konventionellen DMS Messtechnik

Anforderung	Bewertung FOS zu DMS
Lastzyklen	⊕ 1000x mehr Lastzyklen (1000Mio)
Messamplituden	⊕ 10x mehr als bei DMS (bis zu 3cm/m)
Baugröße	⊕ Kompakte Abmessungen (1mm)
EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit)	⊕ Keine EMV und Isolationsprobleme
Übertragungsstrecken	⊕ Sehr lange Übertragungsstrecken ohne Messverstärker möglich (>100m)
Temperaturabhängigkeit	⊕ Bei reiner Dehnungsmessung Temperaturkompensation nötig
Genauigkeiten Dehnung	⊖ Hohe Genauigkeit bei **geradem** Zug (bis zu 1µm/m)
Messgeschwindigkeit	⊖ Gering (Je nach Messverfahren kleiner 1Hz)

[FOS_4x]

Mögliche Anwendungsfälle für die Zukunft

- Dehnung/Stauchungsmessung Pfahlgründung
- Temperaturmessung Leckagen Detektion (z.B. Eidersperrwerk)
- Dehnung/Stauchungsmessung an Stahlbetonsteifen
- Verformung (Schlitzwand, Unterwasserbetonsohle)
- Instrumentierung Pfähle und Anker

Quellenverzeichnis

[PRG] Dr. Oliver Diedrich : Die passende Programmiersprache finden.
https://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-18-Die-passende-Programmiersprache-finden-2767703.html, (07.08.2015)

[TIOBE] TIOBE: Tiobe Programming Community Language Index.
http://www.tiobe.com/tiobe-index, (06.02.2017)

[JS] Schäfer, Mathias: JavaScript.
https://wiki.selfhtml.org/wiki/JavaScript/Einf%C3%BChrung#JavaScript_in_separaten_Dateien (06.09.2017)

[GAN] Glötzl: GLA-Server Tönning 2016, BAW: Intranet Bauwerkmessung (06.09.2017), BAW: Intranet Bauwerkmessung (06.09.2017)

[FOS_HBM] Dr. Jochen: Funktionsprinzip und Vorteile faseroptischer Sensoren.
https://www.hbm.com (15.08.2017)

[FOS_xxx] Dr. Krug, Florian: Messen mit faseroptischen Sensoren.
http://www.elektroniknet.de/elektronik/messen-testen/messen-mit-faseroptischen-sensoren-25848.html (06.09.2017)

[FOS_4x] Tindl: Grundlagen der faseroptischen Messtechnik.
https://www.fos4x.de/de/grundlagen-der-faseroptischen-messtechnik (06.08.2017)

[All-IP] Fischer: All-IP.
https://www.fischer-engstingen.de (06.09.2017)

[BAW_Ems] BAW: Datenlogger Ems F&E OW-GW. 2017

[BAW_TS] BAW: Messtechnik Testsystem. 2017

[BAW_DC] BAW: Kommunikationsschema Data Collector. 2017





Vielen Dank für Ihr Interesse,
Tipps und Anregungen nehme ich gerne entgegen

Bundesanstalt für Wasserbau
22559 Hamburg

www.baw.de