



Ministerium für Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz des  
Landes Nordrhein-Westfalen



# Entwicklung eines nachhaltigen und klimaangepassten Wasser(mengen)managements für das Einzugsgebiet des WSG / EZG WGA Borken „Im Trier“

## Aktueller Stand, nächste Schritte, Ausblick

*Carsten Bohn, WLW*



2. pAG-Sitzung , 09.04.2024, KGS Borken

# Gliederung

1. Ausgangslage und Zielsetzung
2. Methodischer Ansatz und Herangehensweise
3. Planung und Vorbereitung Feldversuche
4. Indikatoren und Bewertung - Monitoringsystem
5. Erweiterung MIKE SHE
6. Ausblick

## Viele Nutzer – Nutzungskonflikte?



Veränderung des Dargebots und des Bedarfs durch den Klimawandel

**Ziel** Nutzungskonflikte vermeiden → ausreichend Wasser zur Deckung alle Bedürfnisse

## Kooperative Entwicklung von Maßnahmen und Strategien...

- ... zur **Anpassung / Vorsorge gegen Dürren**
- ... zur **Reduzierung** des Wasserverbrauches
- ... **Aufrechterhaltung** des nutzbaren Grundwasserdargebots
- ... **Stützung** des Landschaftswasserhaushaltes
- ... unter Berücksichtigung von **Synergien** zu anderen Sektoren

## Grundprinzipien IWRM / AM - Umsetzungsschritte

1.	Gegenüberstellung Wasserverfügbarkeit / -bedarf - <b>Ist-Zustand, Prognose-Zustand, Defizitanalyse</b>
2.	Einbeziehung der <b>Wechselwirkungen</b> zwischen hydrologischen und klimatischen Bedingungen, Landnutzungsprozessen und relevanten sozio-ökonomischen Prozessen
3.	Stakeholder-Beteiligung - <b>Projektbeirat, projektbegleitende Arbeitsgruppe</b>
4.	Einbeziehung neuer <b>Erkenntnisse, Unsicherheiten, Wissenslücken, ...</b>
5.	Zieldefinition (messbare Ziele und Zeithorizonte) – <b>Vorgaben WRRL, Defizitausgleich, Hochwasserschutz</b>
6.	Planung und parallele Umsetzung von mehreren alternativen Maßnahmen – <b>Auswahl und Festlegung</b>
7.	Modellierung (erwarteter) Veränderungen - <b>Szenarien – Auswirkungen, Klimafolgen</b>
8.	Monitoring, Bewertung (und Dokumentation)- <b>Indikatoren, Messnetz, Ausgestaltung</b>
9.	Anpassung und Fortschreibung der Planung - <b>konkrete Planung und Maßnahmenumsetzung, klimaadaptive Steuerung</b>



# Warum integriertes Wasserhaushaltmodell ?

**Kopplung der Prozesse des hydrologischen Kreislaufes zur integrierten Betrachtung möglicher Auswirkungen verschiedener Einflussfaktoren auf die Wasserbilanz des Modellgebietes (Software MIKE SHE)**

- ermöglicht **Betrachtung / Integration** aller relevanten Wasserhaushaltgrößen / hydrologischen Prozesse im **Gebietswasserhaushalt** (geschlossene Wasserbilanz) in **hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung**
- eigenständige Berechnung **GW-Neubildung** und **Verdunstung (Klimaszenarien)**
- ermöglicht **Einbeziehung Oberflächen- und Fließgewässerabfluss** bzw. deren **gegenseitige Beeinflussung** mit dem **Grundwasser**
- es können auch **mehrere Maßnahmen** in einem Szenario überprüft werden, so dass die gegenseitige Beeinflussung von Maßnahmen quantifiziert / bilanziert werden kann (**was wäre wenn**)
- das integrierte Wasserhaushaltsmodell kann die **starke innerjährliche Dynamik** im Grundwasser und den Fließgewässerständen abbilden
- **Einbeziehung** landwirtschaftlicher Bewässerungsmaßnahmen bzw. Änderungen in Bewässerungstechnik, Fruchtfolgen und Landnutzungsstrategien und deren **Einfluss auf die GW-Neubildung, das Grundwasser und den Wasserbedarf** (Kopplung mit Bewässerungsmodul) möglich / beurteilbar

## Situationsanalyse - Dargebotsbilanzierung

		EZG GW-Modell
<b>GW-Neubildung</b>	mGrowa	2.607.700
	Gwneu	2.851.800
	Schroeder & Wyrwich	3.019.800
	<b>MIKE SHE</b>	<b>2.968.180</b>
	Mittel	2.826.433
<b>Infiltration und Versickerung</b>	Infiltration Döringbach	11.900
	Versickerung Filterrückspülwasser	35.600
<b>GW-Dargebot</b>	mGrowa	2.655.200
	Gwneu	2.899.300
	Schroeder & Wyrwich	3.067.300
	<b>MIKE SHE</b>	<b>3.015.680</b>
	Mittel	2.873.933
<b>GW-Entnahmen</b>	WGA Im Trier	2.800.000
	weitere Wasserrechte	332.639
	Hausbrunnen	20.830
	Viehhaltung	111.860
	Summe	3.265.329
<b>Dargebotsbilanzierung</b>	mGrowa	-610.129
	Gwneu	-366.029
	Schroeder & Wyrwich	-198.029
	<b>MIKE SHE</b>	<b>-249.649</b>
	Mittel	-355.959

mGROWA, GWneu, SCHROEDER & WYRWICH, 1991-2010, MIKE SHE: Zeitreihe 2010 - 2022

## Analyse / Prognose – Wasserbedarfe

### Wasserbedarf Trinkwassergewinnung – Haushalte und Gewerbe

- Tendenz bei **Neubeantragung**  $\Rightarrow$  Rückkehr zu den ursprünglich genehmigten **3 Mio. m<sup>3</sup> Entnahme** pro Jahr ab 2027, ein höherer Bedarf aufgrund der Einwohnerentwicklung ist nicht auszuschließen
- Hausbrunnen  $\Rightarrow$  zukünftiger Anschluss ans öffentliche Wassernetz, verm. nur geringfügige Änderungen, Daten liegen beim Gesundheitsamt  $\Rightarrow$  **Verfügbarkeit ?**

### Berechnungs- / Bewässerungsbedarf, Nutztierhaltung

- **Nutzung Kulturspektrum und Anbauumfang** eines (Anbau-)Jahres als Grundlage (**INVEKOS-Daten bereitgestellt durch LWK NRW, 2016 - 2023**), **klimatische Wasserbilanz** auf Basis von **tagesgenauen Daten** (DWD) unter Berücksichtigung Bodenbeschaffenheit, technikbezogenen Aufschlagfaktoren
- Ermittlung **Berechnungsfläche** (aktuell / zukünftig)  $\Rightarrow$  **flächenspezifischer Bewässerungsbedarf**
- **Nutztierhaltung**  $\Rightarrow$  prozentuale Abschläge Ist-Zustand (2023), **anonymisierte Abfrage aktueller Tierbestände im Bilanzgebiet**  $\Rightarrow$  **Umrechnung in GVE** (Daten Veterinäramt / Tierseuchenkasse)
- **Algorithmen Implementierung in MIKE SHE für Bedarfsprognose** (Datenverfügbarkeit)

# Klimaprojektionen und Szenarien



- Simulation **verschiedener Szenarien** um **Systemreaktion** auf **Änderung** von **Entnahmen** und **klimatischen Bedingungen** zu erfassen / zu verstehen
- **Klimatische Einordnung für Nass-, Normal- und Trockenjahr** (Konsens 1. pAG-Sitzung September 2023)

Jahr	Mittlere Temp. [°C]	Minimum Temp. [°C]	Maximum Temp. [°C]	Niederschlag [mm]	Regenreichster Tag [mm]	Sonnen- [h]	Sommer- [h]	Heiße [h]	Frost- [h]	Strenger [h]	Eis- [h]
2013	9,6	-11,2	36,5	717,7	42,6						
2014	11,3	-5	32,6	737,9	39,1						
2015	10,6	-5,2	38,2	855,9	38,8						
2016	10,5	-9,1	34,6	871,2	77,4						
2017	10,8	-7,9	34,8	799,5	28,8						
2018	11,6	-8,8	37,2	604,4	42						
2019	11,3	-8,7	39,4	699,4	24,5						
2020	11,6	-5,6	35,9	726,7	51,6						
2021	10,4	-16,1	33,5	625,3	44,7						
2022	11,7	-11	38,5	653,6	28						
2023	11,7	-5,7	33,4	1299,3	56,5						
	[°C]	[°C]	[°C]	[mm]	[mm]	[h]	48	11	44	0	0

Langjähriges Mittel Niederschläge Station Borken (617), Quelle: DWD

- 1971 – 2000: 851 mm
- 1981 – 2010: 885 mm
- 1991 – 2020: 836 mm
- 2013 – 2022: 749 mm

NS 2023: 1.299,3 mm (2014 - 2023: 807 mm)

RCPI-E

Parameter (Zeitraum)	1971-2000	1981-2010	1991-2020	2014-2023	2023
Niederschlag (Zeitraum)	851	885	836	749	1299,3
Regen (Tag/Tag)	119	119	119	119	119
Tagen über 1 °C (Tag/Tag)	200	200	200	200	200
Wärmere Tage von Herbstbeginn (Tag)	11	11	11	11	11
Temperatur [°C]	10,5	10,6	10,8	11,6	11,7
Wärmestunden [h]	192	192	192	192	192
Sommerzeit [h]	192	192	192	192	192
Wärmere Tage (Zeitraum)	107	107	107	107	107
Wärmere Nächte (Zeitraum)	107	107	107	107	107
Frostzeit (Zeitraum)	185	185	185	185	185
Sommerzeit (Zeitraum)	185	185	185	185	185
Tagen über 1 °C (Zeitraum)	185	185	185	185	185
Wärmere Tage von Herbstbeginn (Tag)	11	11	11	11	11



Quelle: Wasserverband Hessisches Ried 2019

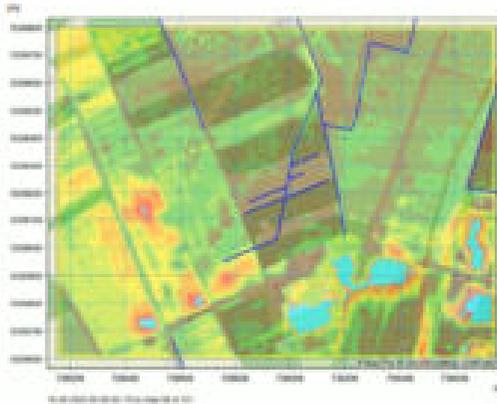


Quelle: Climate Service Center Germany (GERICS)

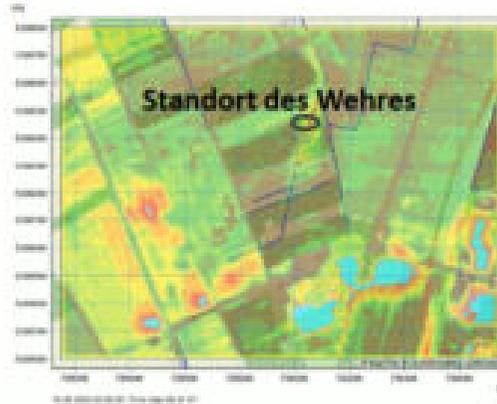


# Anwendung MIKE SHE

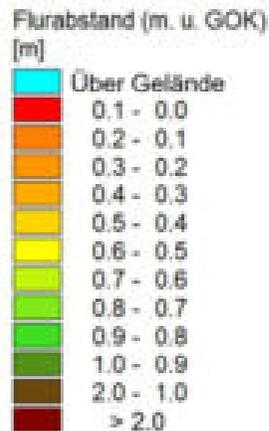
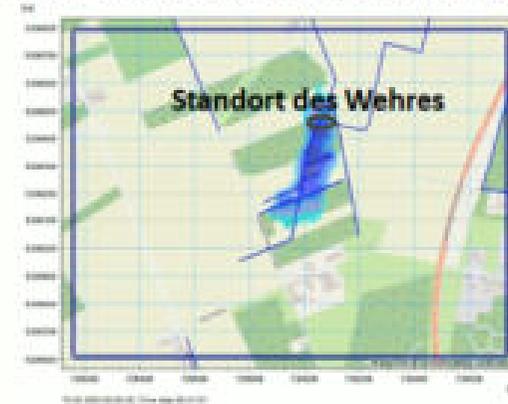
Flurabstandsplan Ausgangszustand



Flurabstandsplan mit Einstau

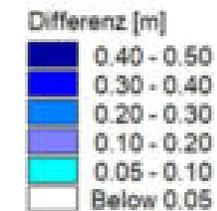


Differenzenplan der Grundwasserstände zwischen Maßnahme u. Ausgangszustand

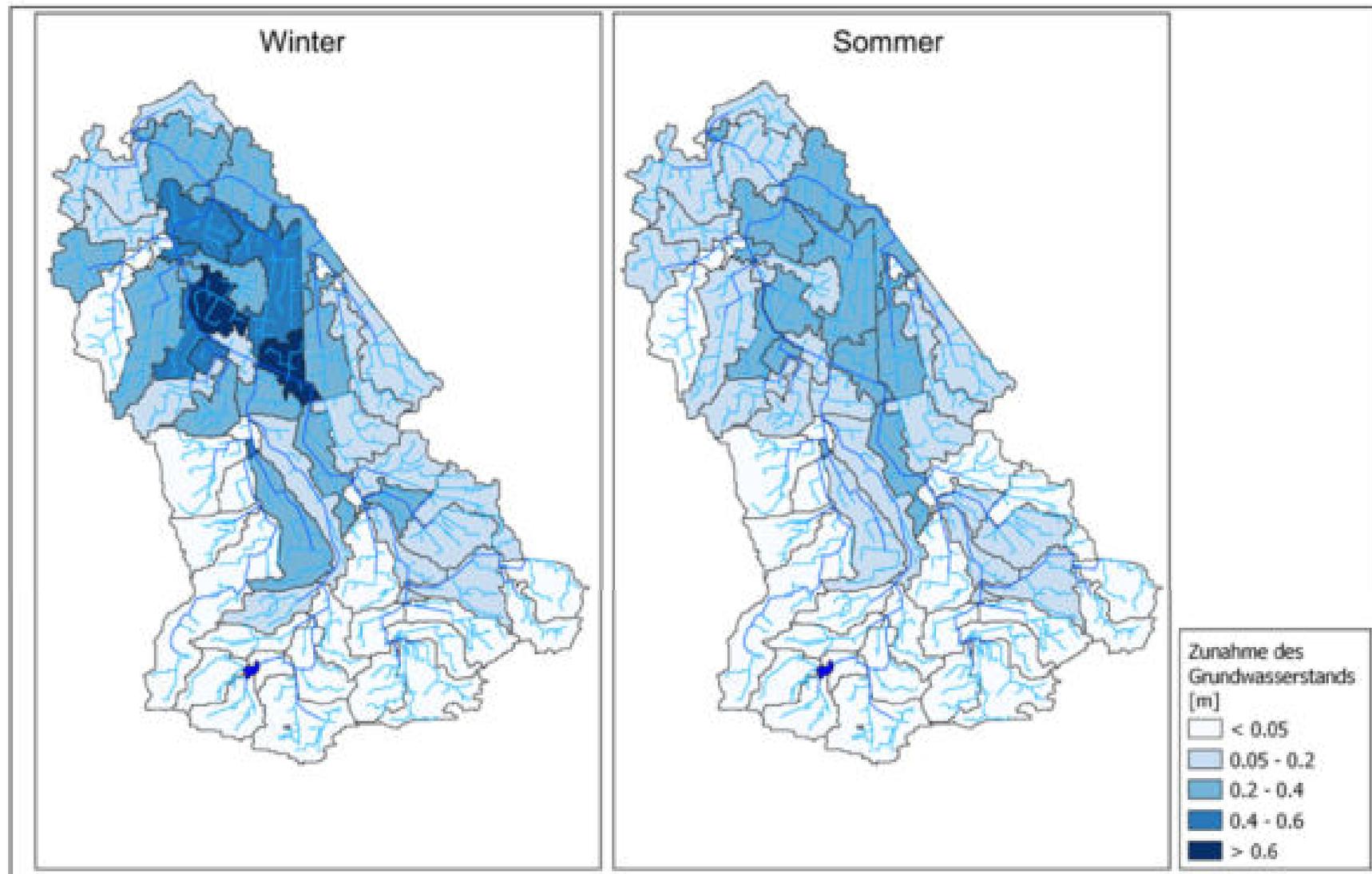


→ Anhebung der Grundwasser-  
spiegel/ Reduzierung der  
Flurabstände

→ Ermittlung des Beeinflussungs-  
raums des Wehres  
→ Bewertung der Effizienz



# Anwendung MIKE SHE



Quelle: Emslandplan 2.0, Hydor 2021

# Aufbau und Anwendung integriertes Wasserhaushaltsmodell

## Realisierung in drei Teilphasen - Arbeitsschritten

### Teil 1 HGM - Erstellung eines Hydrogeologischen Modells (HGM):

- Datenaufbereitung und ggf. –ergänzung, Abstraktion des Modellgebiets in Randbedingungen und Parameteransätze, räumliche Anpassung des Modellgebietes an die aktuellen Gegebenheiten ✓

### Teil 2 Modell - Aufbau und Kalibrierung des Modells:

- Aufbau integriertes Wasserhaushaltsmodell basierend auf den zuvor geschaffenen Grundlagen, stationäre und instationäre Kalibrierung des Modells ( ✓ )

### Teil 3 Planung - Berechnung von Prognoseszenarien:

- Modifizierung des kalibrierten Modells (spiegelt den aktuellen IST-Zustand des Projektgebiets wieder) anhand von Szenarien / Maßnahmen, so dass mögliche Auswirkungen ermittelt werden können

## Projektstruktur - Ablauf

1. **Grundlagendaten, Analyse**
2. **Aufbau Modell, Vorplanung, Vorbereitung**
3. **Integriertes Wasserhaushaltsmodell**
4. **Feldversuche, Messnetzwerk, Monitoring**
5. **Echtzeitfähiges Management- / Bewirtschaftungstool**

Phase 1  
Grundlagenermittlung  
und –schaffung  
„Theorie“

Phase 2  
Umsetzung, Erwei-  
terung, Erprobung  
„Praxis“

## Mögliche Maßnahmen



**Betriebsübergreifendes Bewässerungskonzept**



**Bewässerungseffizienz / Anpassung der Wassernutzung**



**Anpassung der Bewirtschaftung**



**Nutzung alternativer Wasserressourcen**



**Wasserrückhalt / Speicherung in der Fläche**

## ***Paradigmen- / Ideologiewechsel erforderlich von:***

**„Das Wasser muss weg.“**



**„Das Wasser kann / darf bleiben, aber wenn es weg muss, muss es weg können.“**



**Steuerbarkeit**



## Wasserrückhalt / Speicherung - Entwässerungssysteme

### Aktive / passive Rückhaltung im Gewässer (Graben)

- **Anhebung des Wasserstandes im Gewässer durch bewegliches / festes Wehr**, Verwallungen im Profil, Anlage von Sohlschwellen, Verschluss von Durchlässen, etc.

### Gesteuerte Drainage / temporärer Verschluss Drainage

- **Regelungsschacht / -vorrichtung am Ableitungsrohr zur Steuerung der Einstauhöhe**, manueller Verschluss Drainrohr ohne Regelungsmöglichkeit der Einstauhöhe

### Sohlanhebung Graben / Profilaufweitung

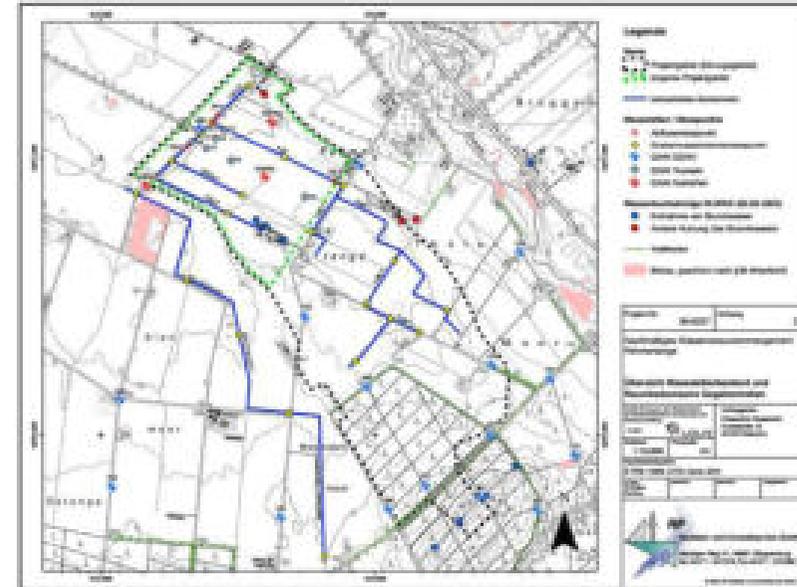
- Anhebung der Gewässersohle ggf. in Verbindung mit einer Profilaufweitung zur Aufrechterhaltung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

### Verfüllung Graben / kontrollierte Unterlassung der Gewässerunterhaltung

- Rückbau / Einschränkung der oberirdischen Entwässerungsstrukturen

➔ **Reduzierung / Steuerung Flächenentwässerung, Erhöhung GW-Stand, Förderung GW-Neubildung, Verlängerung Wasserverfügbarkeit, dezentraler HW-Schutz**

## Kontrollierte Rückhaltung im Gewässer / gesteuerte Drainage



Maßnahme	Umgebung
Grundwasser-Messstellen des GGNV	7 Messstellen im Projektgebiet 1 Vergleichsmessstelle außerhalb des Projektgebietes
Grundwasser-Behormesszeit (neu)	8 flache Messstellen (NWP 1, NWP 2 und NWP 3)
Abflussmessungen Gewässermesspunkte	3 Abfluss-Messstellen 15 Wasserstands-Messstellen
Viederentwurf	DWD-Station Frieswythe-Altensythe Daten GGNV
Stauwehr	Pogel mit Dreieckwehr
Grundwasser-Transsekt-Messstellen	Transsekt 1 orthogonal zu Gewässer F.04 Messstellen T1, T1 und T2 Transsekt 2 orthogonal zu Gewässer F.04, 1 Messstellen T6, T2, T4 und T5

- Praxistauglichkeit (Technik, Kommunikation, Abläufe und Vorgehensweise)
- Erfassung der realen Auswirkungen / Effekte
- Nutzung zur Kalibrierung / Validierung / Evaluierung Modell / Modellergebnisse
- Übertragbarkeit – Best-Practice - Anwendbarkeit

Quelle: Abschlussbericht Projekt NaWaPeh 2023, MathejaConsult 2022

**WT6**

Tabelle unten recht klein, Monitoring könnte man auch auf die Folien weiter hinten begrenzen

Wilkes, Theresa; 03.04.2024

## Kontrollierte Rückhaltung im Gewässer



Quelle: Bartholomeus et al. 2015



Quelle: MathejaConsult 2022



Quelle: Disse, Vortrag Naturschutztag 2022



Quelle: KWT, 2024



## Aktive / passive Rückhaltung im Gewässer



Quelle: www.biodivers.ch



Quelle: Landwirtschaft im Pegel 2014

## Aktive / passive Rückhaltung im Gewässer

### Fachliche Prüfung

#### Beispiele für im Antragsverfahren zu beantwortende Fragen:

- Was ist das Ziel – Welche Flächen sollen mit welchem Ziel (oberflächennahe Grundwasseranreicherung / Bodenfeuchte) von der Maßnahme profitieren?
- Gewässer – Bedeutung im Sinne der WRRL, Wasserführung, naturnah/naturfern, Lage im Gewässersystem, Topographie, Bodenarten, Grundwasserstände usw. – der anliegenden Flächen
- Wann zu welchem Zeitpunkt und -raum soll der Stau in welcher Höhe erfolgen – Einfluss auf die chemisch-physikalischen Parameter – Stauhaltung darf keine negativen Auswirkungen auf nachfolgende Gewässer haben.
- Argumentation zur Einhaltung der Vorgaben der WRRL – Verschlechterungsverbot, Verbesserungsgebot, Durchgängigkeit usw.? In der Regel sind neue Stauungen in berichtspflichtigen Gewässer nicht zulässig, da nicht vereinbar mit den Vorgaben der WRRL – welche Gewässer verbleiben!
- Im Einzelfall könnten auch natur- oder artenschutzrechtliche Fragen zu bewältigen sein – z.B. Schlammpeitzger (FFH Anhang II, Rote Liste)
- Welche Wirkung hat der geplante Stau auf die Oberlieger – Unterlieger, negative Veränderungen Dritter sind auszuschließen.

...



Rechtliche Grundlagen zum Bau und Betrieb von Stauanlagen im Gewässer und zum Rückhalt von Wasser in der landwirtschaftlichen Fläche.

November 2023 | 10



Die Prüfung orientiert sich an den rechtlichen Grundlagen und stellt auf den beantragten Einzelfall ab

## Aktive / passive Rückhaltung im Gewässer

### Organisation

#### Benutzung des Oberflächengewässers zum Aufstau

- Wer ist Erlaubnisnehmer? Stauverband? Wasser- und Bodenverband?
- Welche Eigentümer/Pächter/Nutzer liegen im Einwirkungsbereich? – Einverständnis aller Betroffenen erforderlich
- Wer entscheidet über Zeitpunkt und Dauer des Aufstaus?
- ...



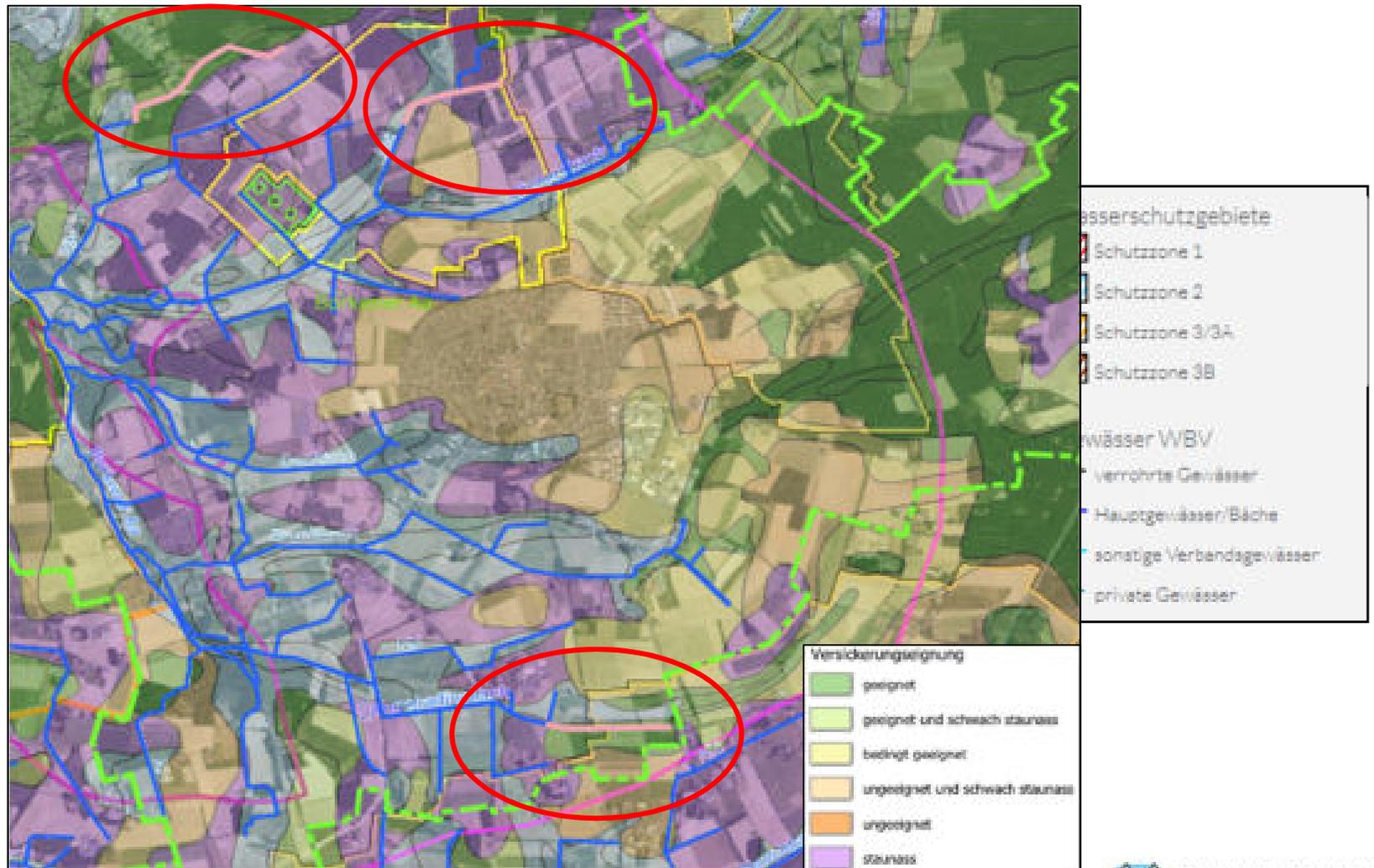
### Zusammenfassung

Der Bau und Betrieb von Stauanlagen in Gewässern als ein Baustein zur Bewältigung langer Trockenzeiten beinhaltet zur Bewältigung vor allem einen **fachlichen Fragenkatalog**, um den rechtlichen Anforderung des Gesetzgebers zu genügen.

Auszuschließen sind alle berichtspflichtigen Gewässer gem. der WRRL einschließlich deren Zuläufe, soweit die für die Themen der Durchgängigkeit und Wiederbesiedlung relevant sind.

Die fachlich-rechtliche Diskussion zu den Kriterien der Einordnung der verbleibenden Gewässerabschnitte läuft, wie z.B.: Nicht berichtspflichtige, technisch ausgebaute, naturferne und nur periodisch wasserführende Entwässerungsgräben

## Sondierung Bereiche für Feldversuche – Vorfluter und Drainagen Begehungen und Abfrage im Februar und März 2024



## Fellerhofgraben (Gew. 180), n. n. (Gew. 170)



## Fellerhofgraben (Gew. 180), n. n. (Gew. 170)



- periodisch trockenfallend ?(Normaljahr)
- strukturarm, naturfern (Entwässerungsgräben, keine Strukturgütekartierung im ELWAS)
- nicht berichtspflichtig
- tlw. angrenzend Beregnungsflächen, GW-Messstelle, Entnahmebrunnen (Gew.180)



## Einstufung gem. WRRL – Gew. 170 und 180

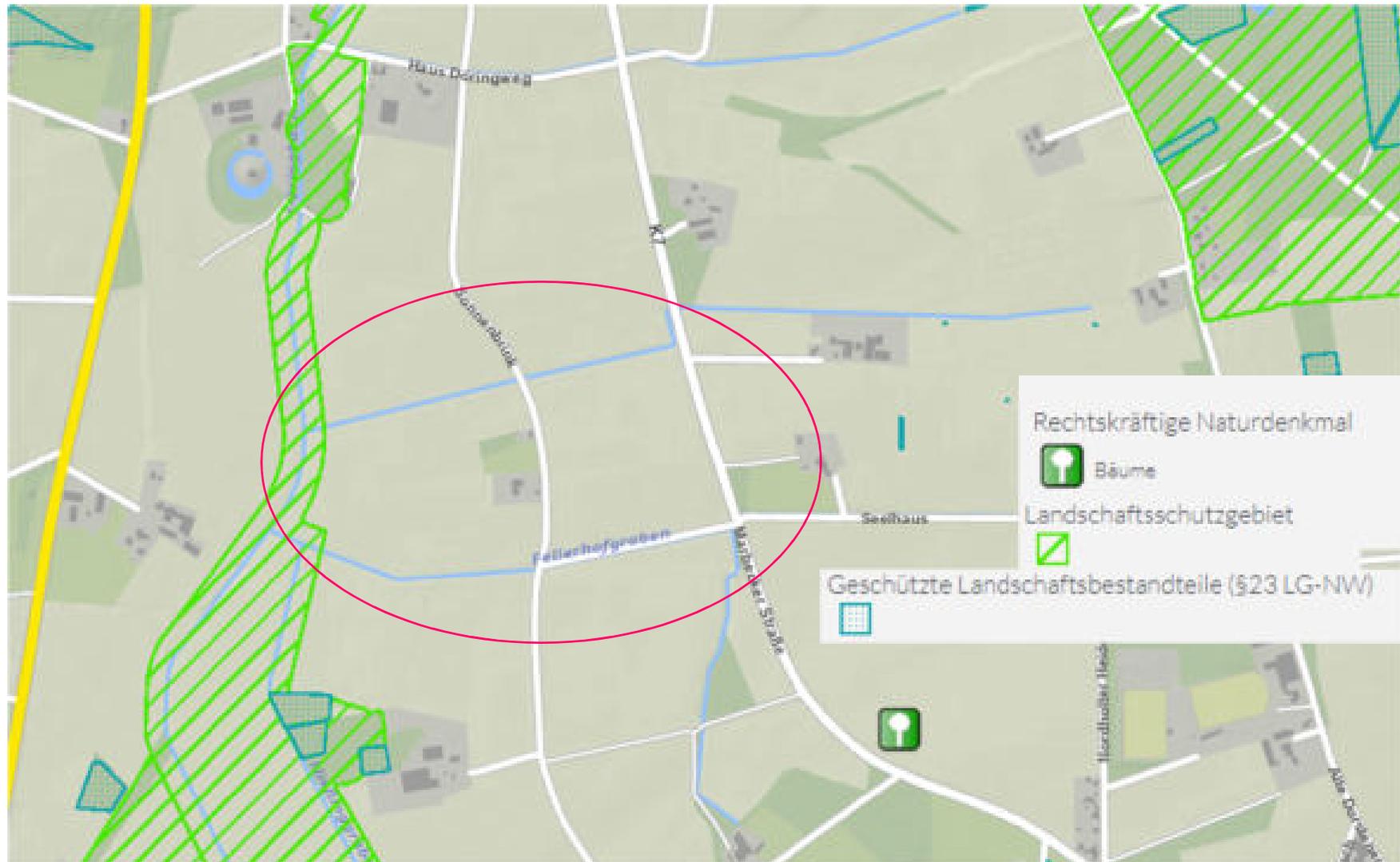


### Preußische Uraufnahme (1826-1850)

- beide Gewässer sind auf der Karte nicht zu erkennen, daher ist davon auszugehen, dass es sich um künstlich angelegte Gewässer handelt
- auch der Verlauf der Gewässer entspricht dieser Einstufung

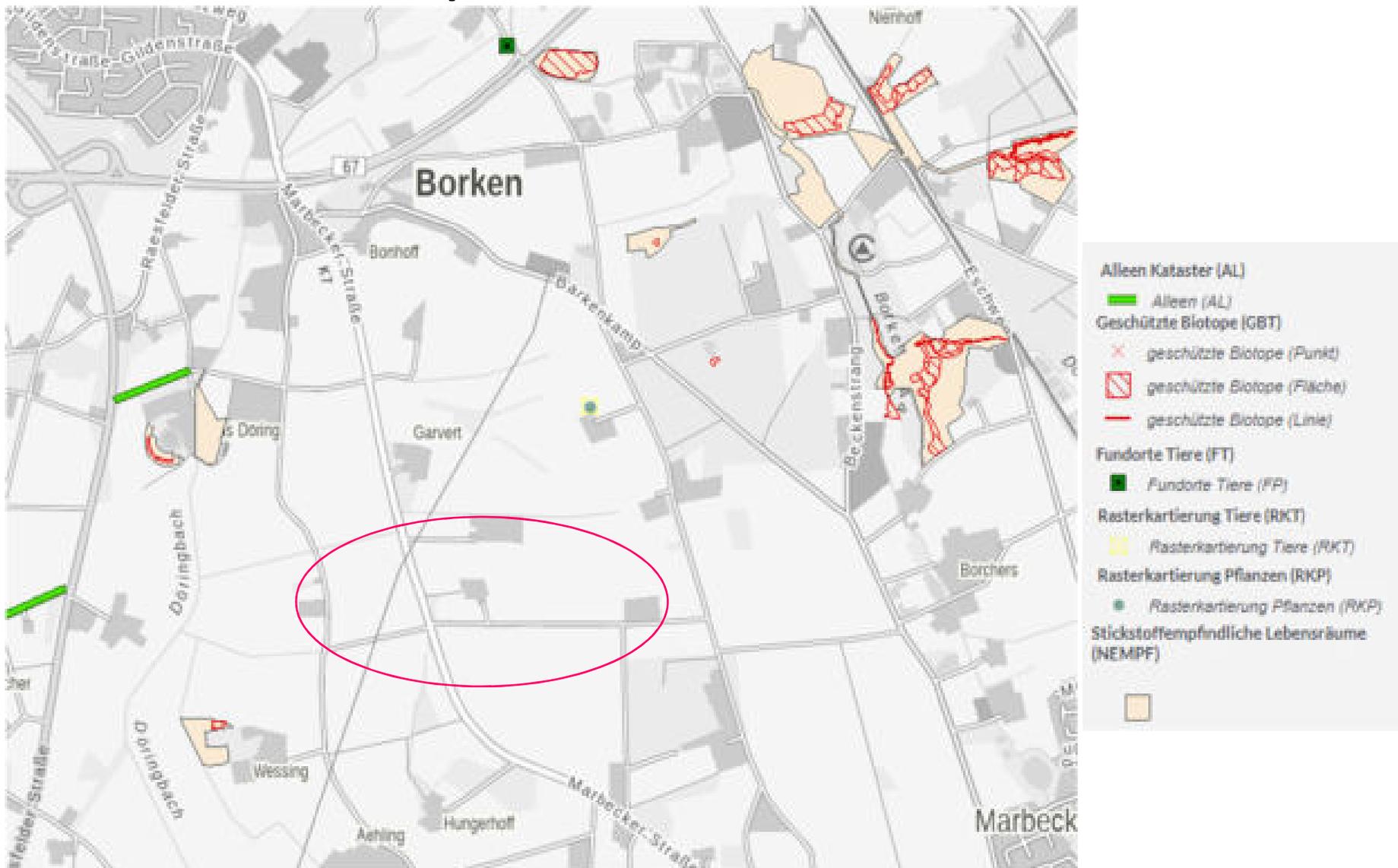
### Artificial Water Bodies (AWB)

## Schutzgebiete – Gew. 170 und 180



Quelle: Geoportal Kreis Borken

# Geschützte Biotope - Fundortkataster – Gew. 170 und 180



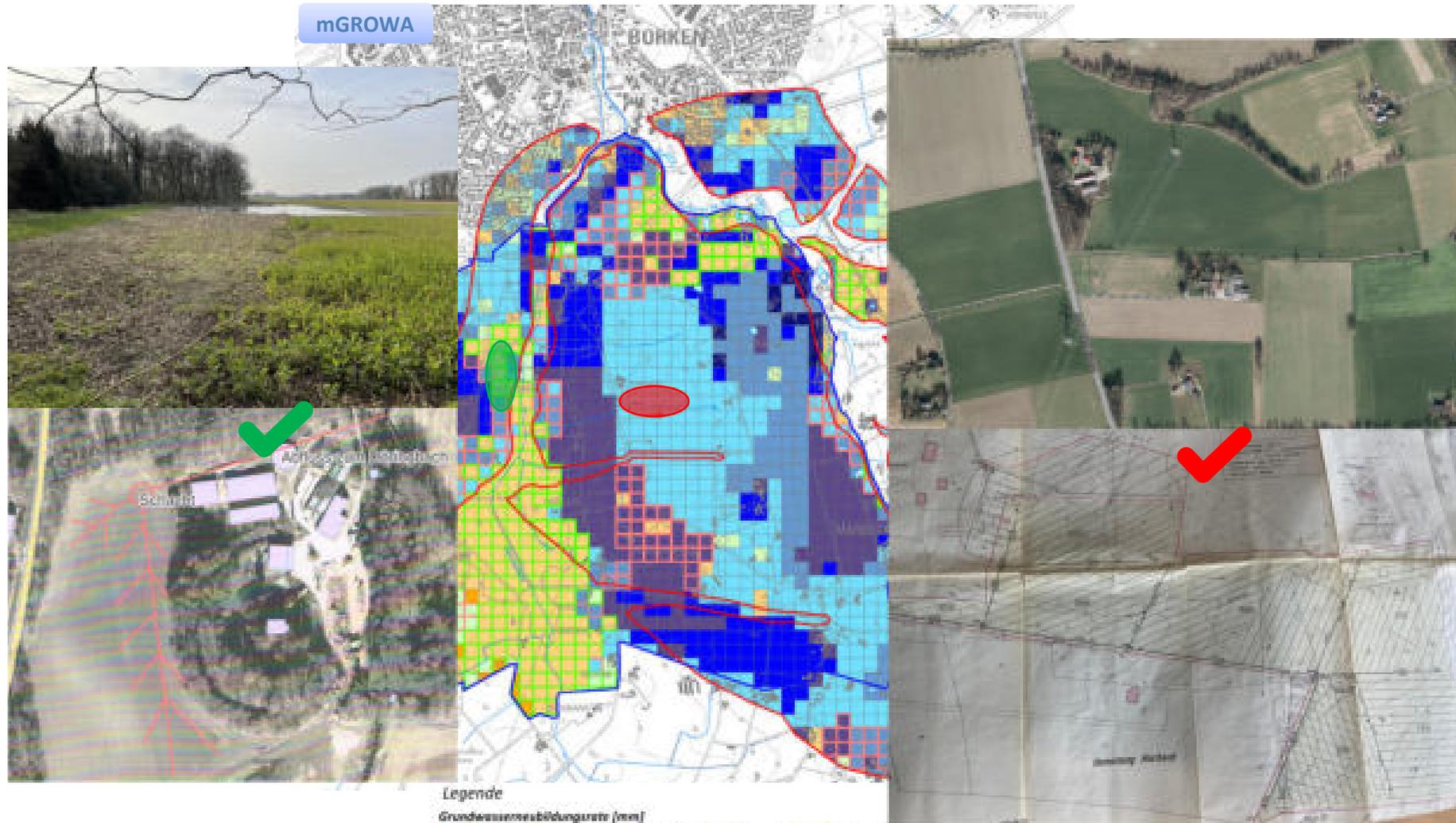
Quelle: @LINFOS

## Gewässereinstau mit SAWAX 2.0 in bestehenden Durchlässen (automatisiert und manuell steuerbar), Übertragbarkeit? weitere Ansätze – Möglichkeiten ?



Quelle: Bartholomeus et al. 2015

# Eignung prüfen – tatsächlich vorhandene Drainagen



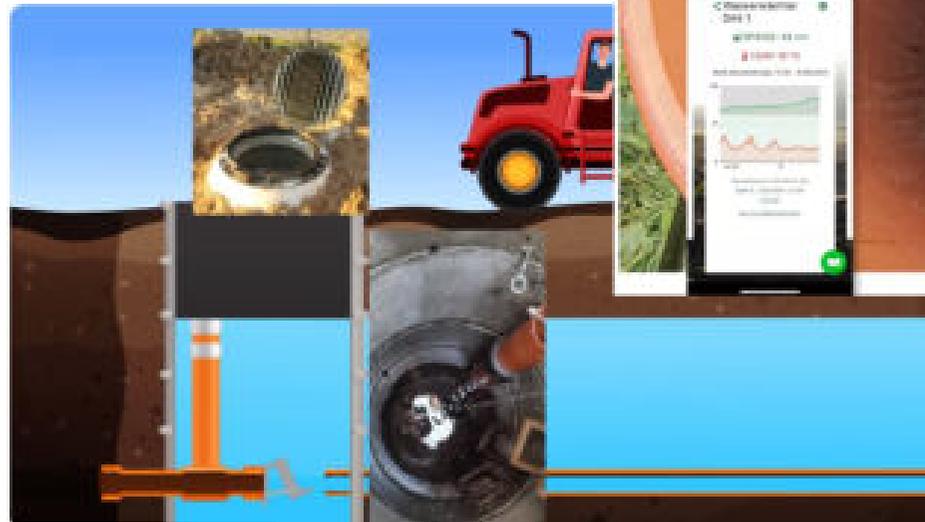
### System Ekodrena



Quelle: Geiger agrisolutions

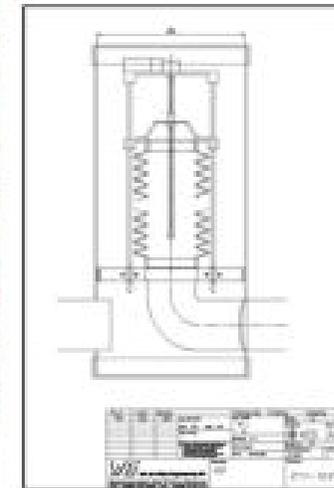


Bildquelle: Tovornik



## Aktiv steuerbare Drainagen – Manuelle Einstellung





Schienen



## Peilregelbuis 500mm

Mit diesem Niveauregulierungsrohr können Grundstücke mit niveaugesteuerter Entwässerung problemlos auf eine klimaadaptive Entwässerung umgerüstet werden.

<https://youtu.be/XW0giaahoBE>



# Klimaadaptiv gesteuerte Drainage

## Witterungsbedingte Steuerung

- Aufstau und Speicherung im Winter/Frühjahr, Förderung der Infiltration und Grundwasserneubildung
- Bei Vorhersage von Daueregen- oder Starkregen: temporäre Öffnung des Regulationsschachtes → Vermeidung von Flächenvernässung
- Anstau des Bodenwassers durch den Regulationsschacht während Trockenperioden → lässt den Pegel in der gesättigten Zone steigen, mehr pflanzenverfügbares Wasser, als im undrainierten Fall
- Verbrauch des Bodenwassers durch Evapotranspiration und Perkolation bis zum Ende der Wachstumsperiode

**Konventionelle Drainage**

**Gesteuerte Drainage**

Witterungsbedingter Wasserrückhalt ermöglicht Überbrückung von Trockenzeiten

Quelle: Sieker 2023

©Sieker

**Bodenfeuchte**

Empfangen und Weiterleiten von Bodenfeuchte- und Wetterdaten auf eine zentrale Recheneinheit

Rechnerische Entscheidung über den durchzuführenden Regelungsvorgang

**Wetterdaten**

Wachstumsphase Feldfrucht

**Zentrale Recheneinheit**

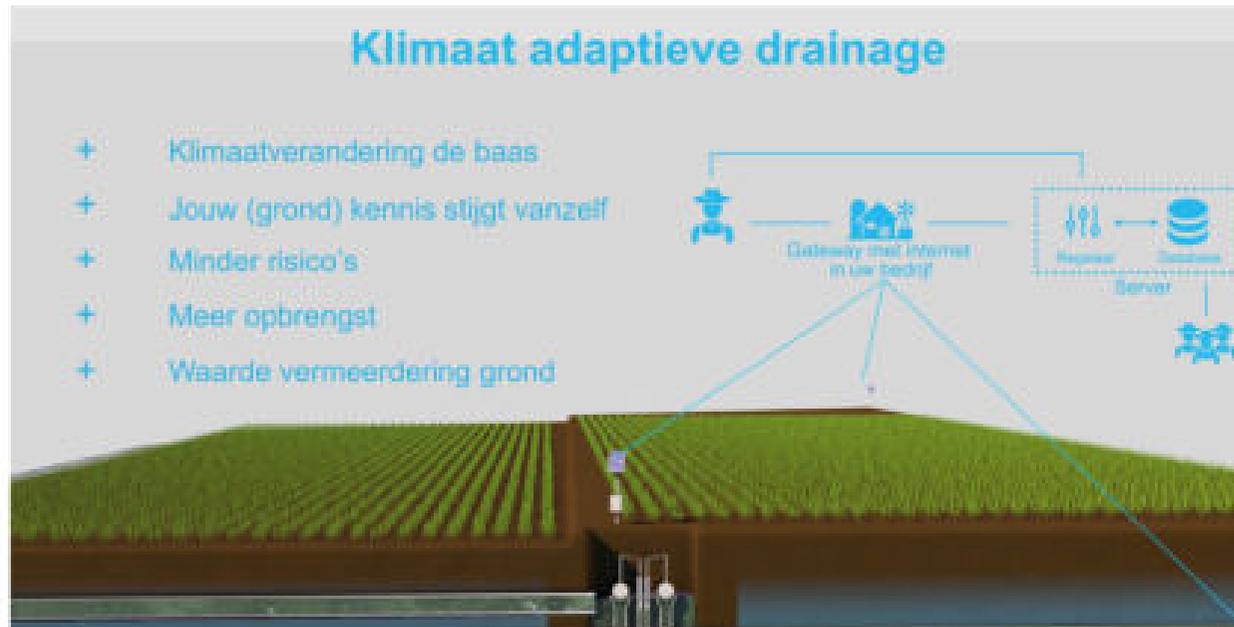
**MIKE SHE**

Quelle: Sieker 2023, verändert

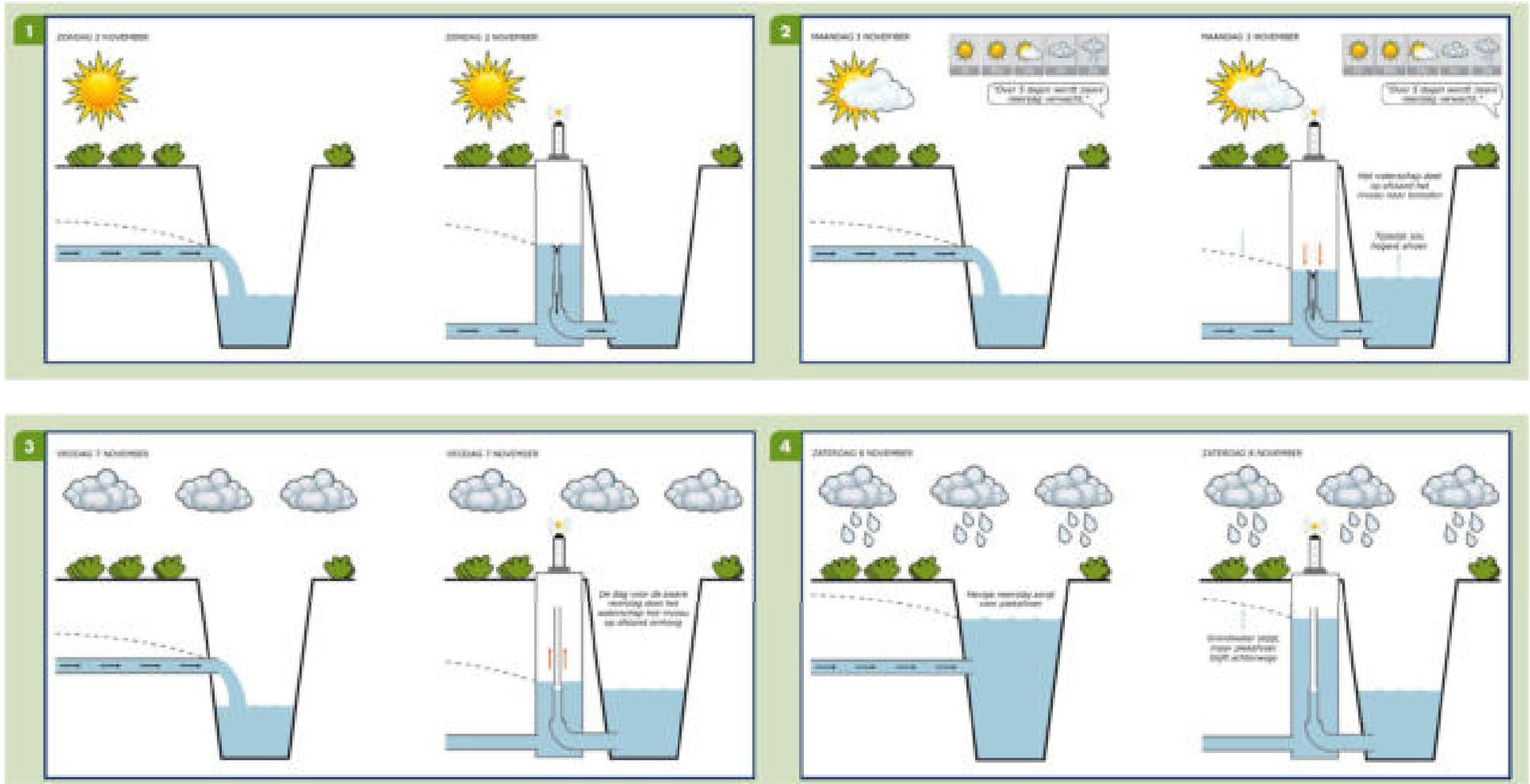
Folie auf die Bilder beschränken und inhaltliches erzählen, damit die Folie nicht zu voll ist und die Leute nicht abgelenkt sind vom lesen

Wilkes, Theresa; 03.04.2024

## Klimaadaptiv gesteuerte Drainage - Unterflurbewässerung



# Synergien Hochwasserschutz – Reduzierung Spitzenabflüsse



# Monitoring

- Überwachung / Ermittlung Systemzustand, reale Auswirkungen Feldversuche
- Überprüfung und Validierung des Modells
- Rückkopplung mit dem Modell (Informationen werden im Modell verarbeitet und analysiert)
- Steuerung der Maßnahmen / Unterstützung DS durch gewonnene Daten unter Berücksichtigung prognostizierte Entwicklungen
- Sensorik erforderlich für
  - Bodenfeuchte
  - Pegelmessstellen / Wasserstand
  - Grundwassermessstellen
  - *Klimastationen / Regensammler*
  - Wasserzähler
- Voraussetzung: Möglichkeit der Datenübertragung (z. B. LoRaWan)



## Indikatoren und Schwellenwerte



**Oberflächenwasser**

**ökologisch Mindestwasserführung**



**Grundwasser**

**Flurabstand, Wasserstand**



**Bodenfeuchte**

**Nutzbare Feldkapazität**



# Ermittlung – Festlegung von Indikatoren / Schwellenwerten

Festlegung hydrologischer Schwellenwerte (Grenz- und Warnwerte) z. B. für Grundwasserstände / Fließgewässerabflüsse / Bodenfeuchte in Abhängigkeit von den hydrogeologischen Rahmenbedingungen und ggf. unter Berücksichtigung (jahres)zeitlicher Aspekte (Vorsorge – Frühwarnsystem)



Festlegung z.B. definierter Grenzgrundwasserstände, die Auskunft über den Zustand des Gebietswasserhaushaltes geben aber auch z. B. zur Sicherung des erforderlichen Mindestwasserabflusses (FG) nicht unterschritten werden sollten. Um Über- / Unterschreitungen von Grenzwerten frühzeitig entgegen wirken zu können, bietet sich die Festlegung von Warnwerten an. Bei Über- / Unterschreiten („Warnphase“) werden bestimmte operative Maßnahmen ausgelöst

## Folie 41

---

**WT8**

etwas viel los... vielleicht könnte man sich auf die Bilder beschränken und die beiden blauen Balken mit Text weglassen

Wilkes, Theresa; 03.04.2024



## Mindestwasserabflüsse ( $Q_{\min,ök}$ )

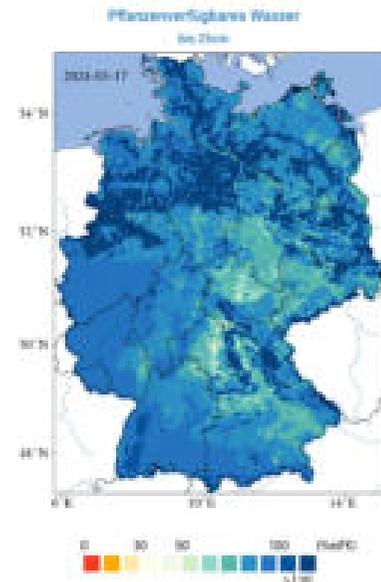
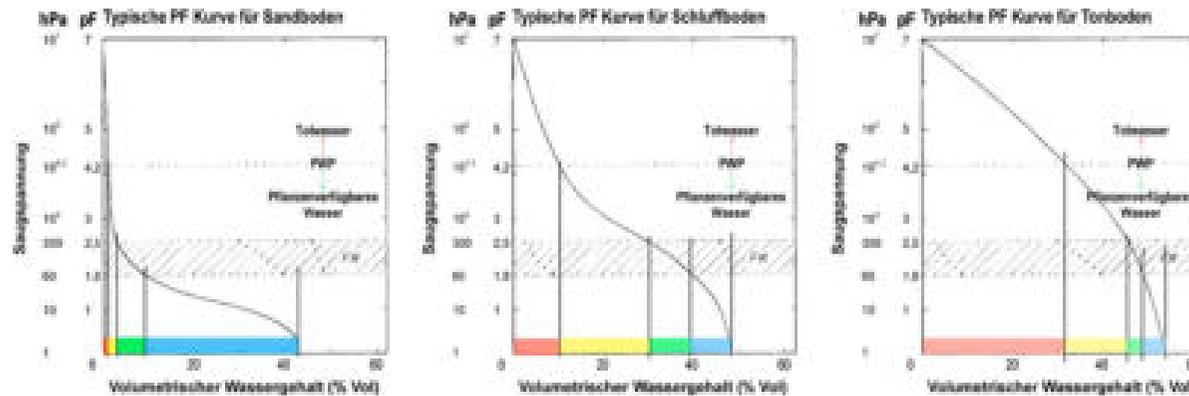
Mindestwasserorientierungswert (MOW) für Fließgewässer auf Basis der ökologischen Zustandsbewertung

<b>Döringbach</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sandgeprägter Tieflandbach (Typ 14)</li> <li>Einzugsgebiet 25,577 [km<sup>2</sup>]</li> </ul>	<b>Borkener Aa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sandgeprägter Tieflandbach (Typ 14)</li> <li>Einzugsgebiet 44,499 [km<sup>2</sup>]</li> </ul>
$Q_{ök} = \text{MOW} * \text{Einzugsgebiet}$	
MOW (MZB) 0,9 [l/s*km <sup>2</sup> ] $Q_{ök} = 0,02302$ [m <sup>3</sup> /s]	MOW (MZB) 0,9 [l/s*km <sup>2</sup> ] $Q_{ök} = 0,04005$ [m <sup>3</sup> /s]
MOW (Fisch): 0,6 [l/s*km <sup>2</sup> ] $Q_{ök} = 0,01535$ [m <sup>3</sup> /s]	MOW (Fisch): 0,6 [l/s*km <sup>2</sup> ] $Q_{ök} = 0,0267$ [m <sup>3</sup> /s]



# Bodenfeuchte

## 1. Nutzbare Feldkapazität (%nFK) $\hat{=}$ Füllstand pflanzenverfügbarer Bodenwasserspeicher



Pflanzenverfügbares Wasser 0 - 25 cm [% nFK]

- 0 - 10 - Welkepunkt 0 % nFK
- 10 - 20
- 20 - 30 - Trockenstress < 20 % nFK
- 30 - 40
- 40 - 50 - beginnender Trockenstress < 50 % nFK
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100
- 100 - 110
- > 110

Optimaler Bereich 50 – 80 %

Quelle: LANUV, verändert



Quelle: UFZ





## Grundwasser

- Bewertungsklasse: kein Niedrigwasser, niedrig und sehr niedrig
- Anhand statistischer Auswertung vorhandener Daten von Wasserständen

Bewertungsklasse	Wasserstand
Kein Niedrigwasser	> 75 % bisher gemessener Werte
Niedrig	< 75 % bisher gemessener Werte
Sehr niedrig	< 90 % bisher gemessener Werte

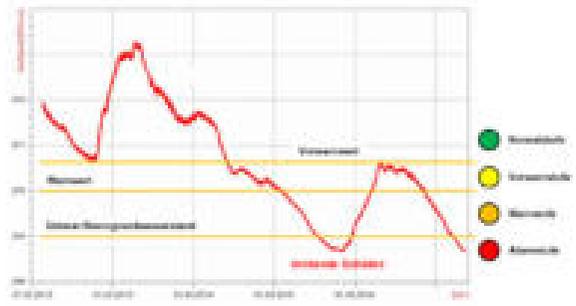
- Übertragen auf die Messstelle 060220843 im Modellgebiet bedeutet das...

Bewertungsklasse	Wasserstand [m über NHN2016]
Kein Niedrigwasser	> 48,05
Niedrig	< 48,05
Sehr niedrig	< 47,85

## Datenverfügbarkeit / -erfassung

- **kontinuierlichen Datenverfügbarkeit** entscheidender Erfolgsfaktor für die Ausschöpfung des vollen Potenzials von Echtzeitanalysen / (Online)Monitoring des Gebietswasserhaushaltes ⇒ **IoT**
- **IoT** ⇒ Installation / Verwendung von **Sensoren – Datenloggern** an zu bestimmenden neuralgischen Punkten zur Datenerhebung ⇒ in Verbindung mit **Datenaggregations- und Analyse-systemen (MIKE SHE)** ⇒ Monitoring einer Vielzahl von Parametern nahezu in Echtzeit möglich
- in **Verbindung mit / durch Einbindung** von **kurz- und mittelfristigen Wetter- bzw. Witterungsprognosen** als auch **real-time Bodenfeuchtedaten und Wasserstandsdaten** ⇒ **Frühwarnsystems** Dürrephasen / Grundlage für Bewässerungssteuerung / Steuerung dezentraler HWS
- **Internet-of-Things Funktechnologien** erlauben eine schnelle und kostengünstige Datenübertragung
- Planung / Aufbau **Datenerfassung, –management und –auswertung / Monitoringsystem** sowie **Implementierung** in **MIKE SHE**
- drainierte Flächen, Beregnungsflächen und -mengen, Hausbrunnen
- **Visualisierung** Daten und Analysen / Simulationen / Prognosen

# Vorbereitung Planung / Aufbau Monitoringsystem – Messnetz



Quelle: Regierung von Unterfranken 2020



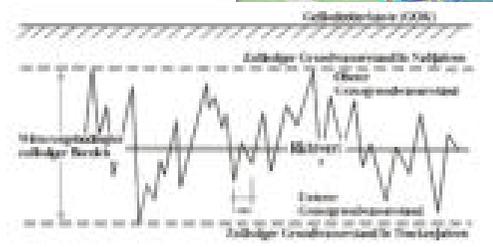
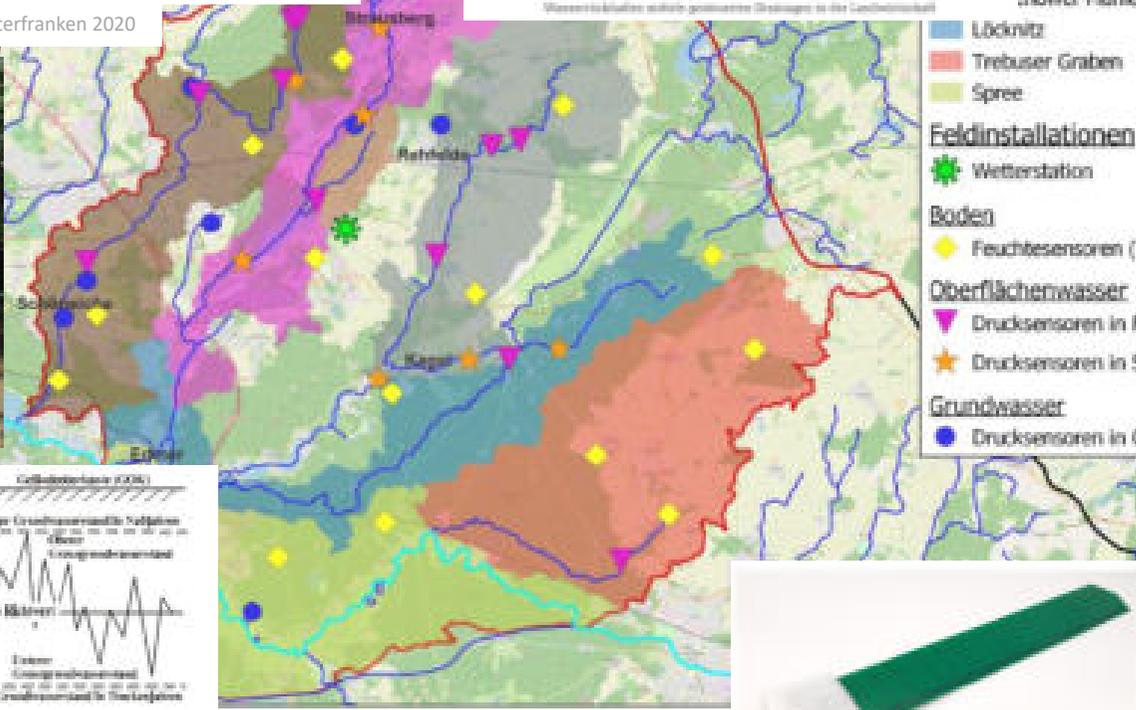
Schematische Darstellung einer typischen Bruchkluftung des natürlichen Wasserhaushalts durch geotektonische Störungen in der Landschaft

100000  
nde  
lgebiet  
odellgebiet  
lgsgebiet  
rsdorfer Mühl  
rsdorfer Mühl  
mover Mühle

Tab. 2: Empfindlichkeit von Biotoptypen gegenüber Wasserstandsänderung

+++	sehr hohe Empfindlichkeit, i.d.R. grundwasserabhängig; Biotope der Nieden- und Übergangsmoore sowie Sümpfe, die bei guter Ausprägung durch einen geringfügig hohen Grundwasserstand mit relativ geringem Schwankungsbereich gekennzeichnet sind (0 bis 20 cm unter Geländeoberfläche (GOF), teilweise geringfügig oder zeitweise überstaut oder überflutet)
++	Hochmoorbiosphäre mit sehr hoher Empfindlichkeit, aber einem eigenen, umfänglichen Wasserhaushalt; in der Regel ist aber unter den heutigen Verhältnissen von einer Verbindung zum Grundwasser das mineralische Untergrunde auszugehen, insbesondere bei Torfsümpfen sowie in den Moosröhrichtflächen
+	hohe Empfindlichkeit, oft grundwasser-, vielfach aber auch überflutungs- oder stauewasserabhängig; Biotope mit hohem Wasserstand oder starkem Einfluss von Stauewasser (z.B. Überflutungen, aber höheren Schwankungen 10-50 cm unter GOF, teilweise zeitweilig überstaut bzw. überflutet)
+	mittlere Empfindlichkeit, grundwasser- oder stauewasserabhängig; größere mährischer Schwemmlandbereich, auch Strohstopfen feilenwasserartiger Standorte (50-100 cm unter GOF)
±	überwiegend geringe oder keine Empfindlichkeit, mittlere Empfindlichkeit bei feuchteren, grundwasser- oder stauewasserabhängigen Ausprägungen; alte Baumbestände können empfindlicher reagieren als die Krautschicht (s. Kollmann 2004: 234)
-	geringe oder keine Empfindlichkeit; Biotoptypen mehr oder weniger trockener Standorte (ohne Merkmale von Grund- oder Stauewasser bzw. ohne Arten, die auf feuchte Standorte angepasst sind)
!	nach Ausprägung Evidenz für verschärfte Kategorien (abhängig von Maximum und Minimum)
0	Binnengewässer: sehr hohe Empfindlichkeit gegen Trockenlegung; bei Quellen, Bachoberläufen und flachen Stillgewässern vielfach auch sehr hohe Empfindlichkeit gegen Grundwasserabsenkung; bilden vielfach Biotoptypen mit grundwasserabhängigen Landschaftssystemen
-	keine Einwirkung; Moorenbiosphäre mit Wertflächen, Biotoptypen der Wertflächen I und II (z.T. auch III)

Quelle: NLWKN 2012

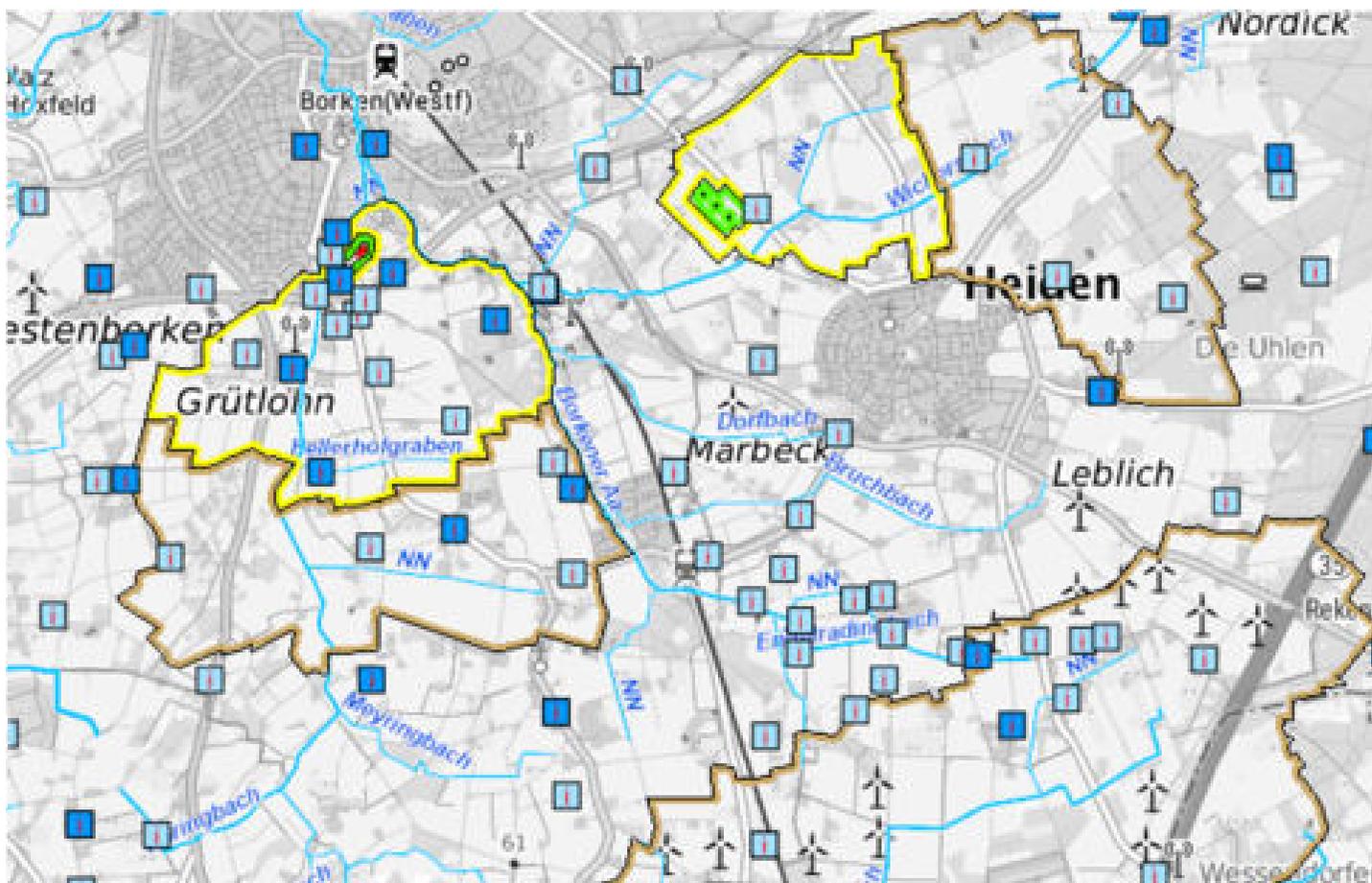


Quelle: Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried

Quelle: Spreewasser:N 2023



## GW-Messstellen



Quelle: ELWAS WEB 2024

## Folie 47

---

**WT10** Wilkes, Theresa; 03.04.2024

**WT11** Folie vielleicht etwas komprimieren... vielleicht nur 2 Folien statt 4  
Wilkes, Theresa; 03.04.2024

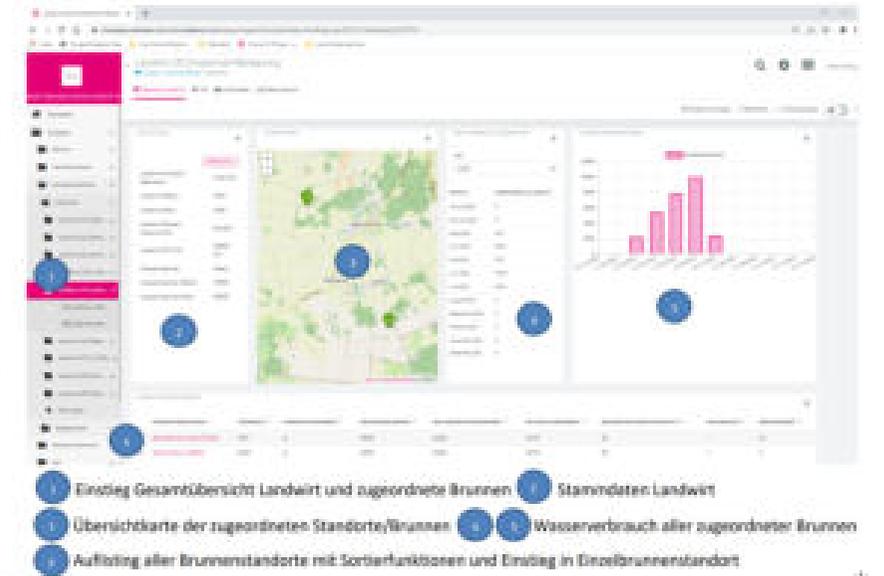
### Wie digitales Wassermanagement in Niedersachsen funktioniert

Technologie auf Basis des Internet of Things unterstützt Kommunen und Betriebe auch beim Wassermanagement. Landwirtinnen und Landwirte im niedersächsischen Diepholz suchten nach einer Lösung, die die Erfassung des Wasserverbrauchs erleichtert. Mit Ground Water Monitoring von T-Systems kann mithilfe von smarten Sensoren in Echtzeit die genaue Entnahme des Grundwassers gemonitort werden.

Dazu wurden die Wasserzähler in den Grundwasserbrunnen durch smarte Sensorik erweitert. Einmal in der Stunde kommunizieren die Geräte über das LTE-M-Netz mit der IoT-Cloud. Dank der Lösung können datenbasierte Entscheidungen getroffen werden und machen die Feldbewässerung so nachhaltiger.



© Landkreis Diepholz



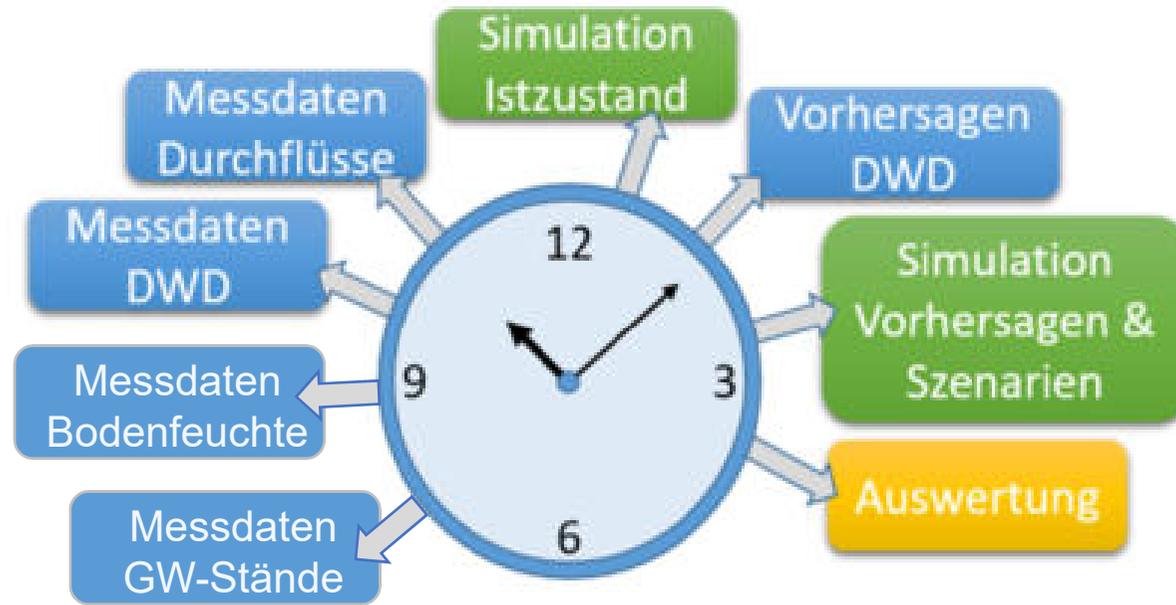
© T-Systems

**Folie 48**

---

**WT10** Wilkes, Theresa; 03.04.2024

**WT11** Folie vielleicht etwas komprimieren... vielleicht nur 2 Folien statt 4  
Wilkes, Theresa; 03.04.2024



**ablaufenden Arbeitsschritte**

Quelle: NieTro 2021, verändert

# Frühwarnsystem – Dürre- / Niedrigwassermanagement



Der Wasser-Monitor des Forschungszentrums Jülich liefert eine Übersicht über den Wasserhaushalt im Boden in sehr hoher räumlicher Auflösung von etwa 600 Metern für ganz Deutschland und angrenzende Gebiete. So lässt sich für einen Zeitraum von bis zu neun Tagen in die Zukunft ablesen, ob der Boden für Pflanzen genug Wasser vorhält oder Landwirte und Hobbygärtner besser zur „Gießkanne“ greifen.

Quelle: <https://www.fz-juelich.de/de/aktuelles/news/pressemitteilungen/2023/wasser-monitor-zeigt-blitzduerre-in-deutschland-1>



Gelinde Monitoring der Bodenfeuchte



**Bewässerungssteuerung mit BOMAS**

**Dreh**



Quellen / Fotos: spreewasser:N 2023, DHI Wasy, LBEG NS, WLV WuB GmbH, LFU Brandenburg

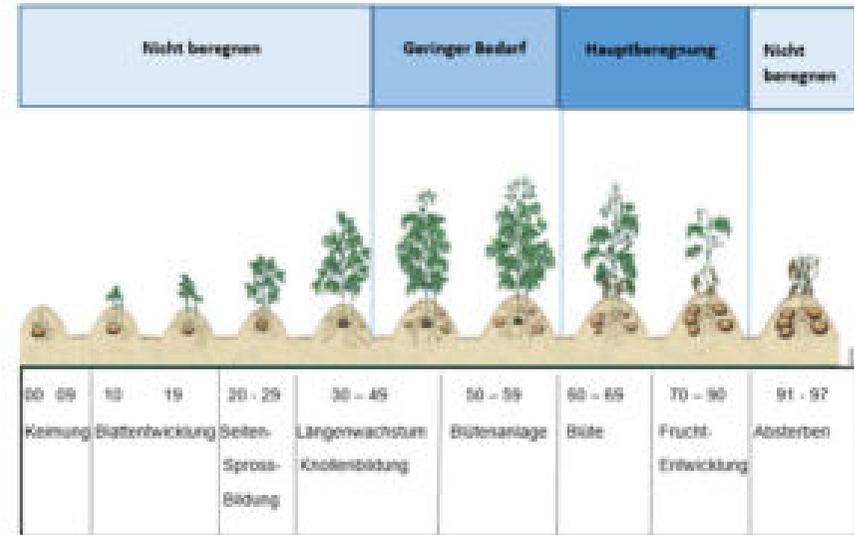
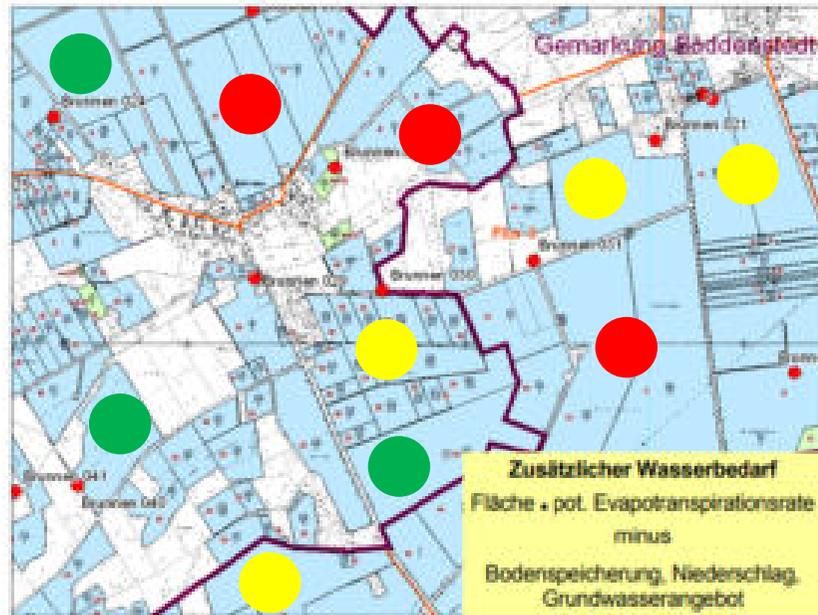


**WT9**

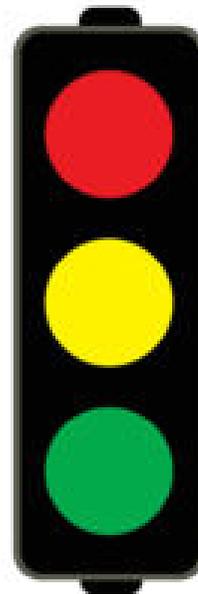
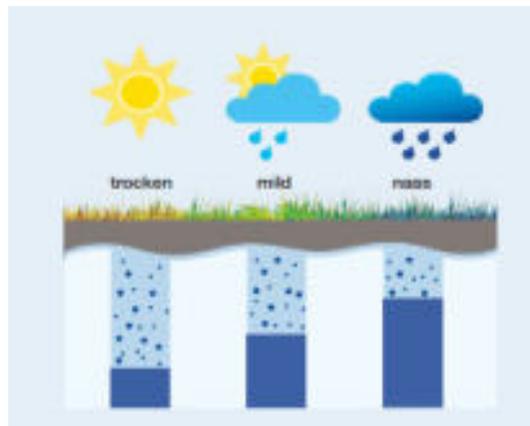
Die Aussage der Folie wird für mich nicht ganz deutlich

Wilkes, Theresa; 03.04.2024

GIS-gestützte Berechnungsflächenverwaltung

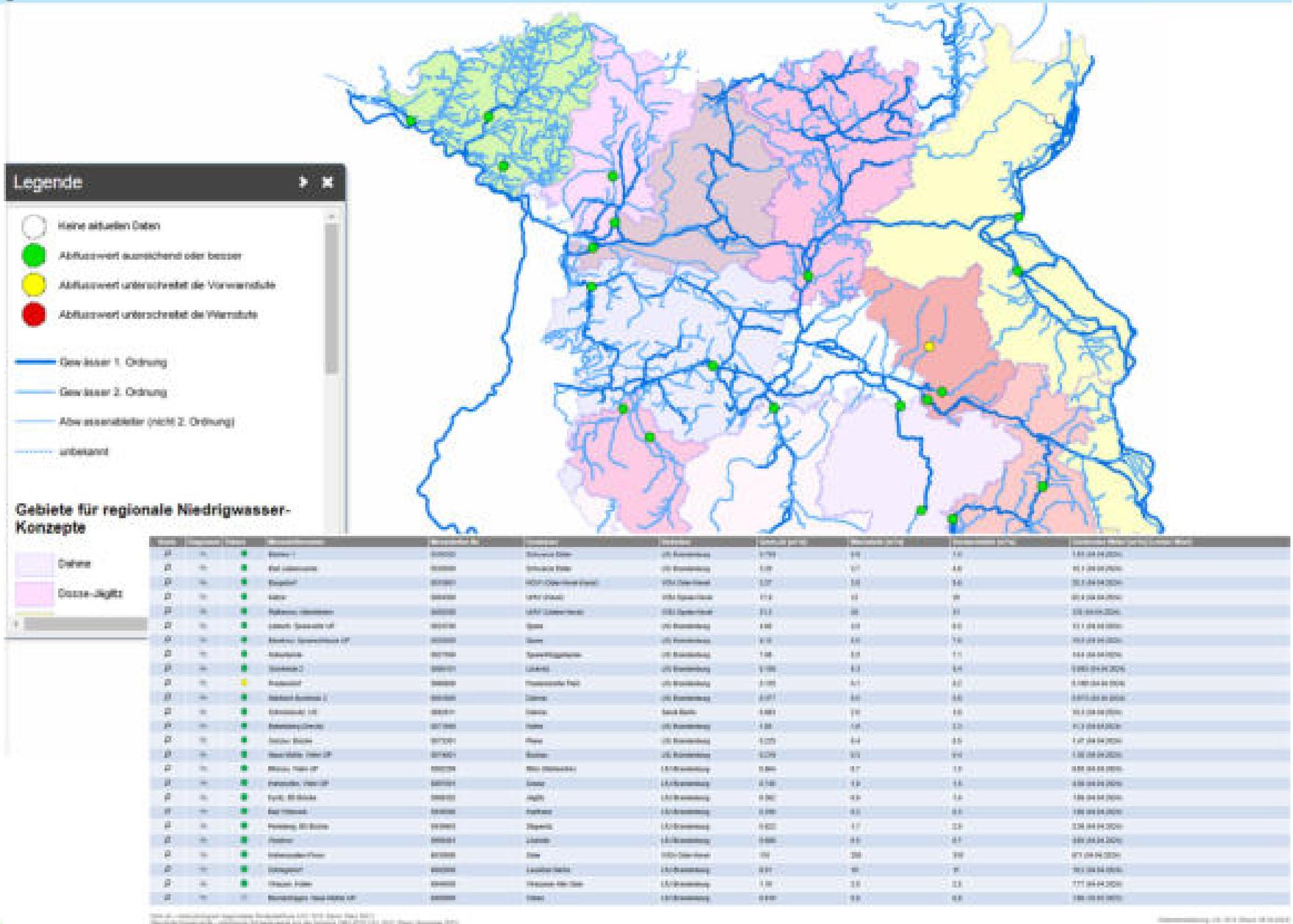


Quelle: DWR Niederösterreich



Bodenart	Puffer (mm)	Einfusswassertiefe (mm) bei Wurzelstufen von			Wassergehalt bei 100% nFK (Vol.%)
		0 - 20 cm	0 - 60 cm	0 - 90 cm	
Sand (S)	3	8	19	30	9%
schwach lehmiger Sand (S)	4	12	28	44	13%
stark lehmiger Sand (SS)	5	14	33	52	16%
sandiger Lehm (SL)	6	17	40	63	19%
schluffiger Lehm (sL)	7	20	47	74	22%
toniger Lehm (L)	8	25	55	88	27%
lehmiger Ton (LT)	4	13	30	47	14%
Ton (T)	3	9	21	33	10%

Quelle: verändert von nFK-Werte <http://www.wasser.at/lexikon>

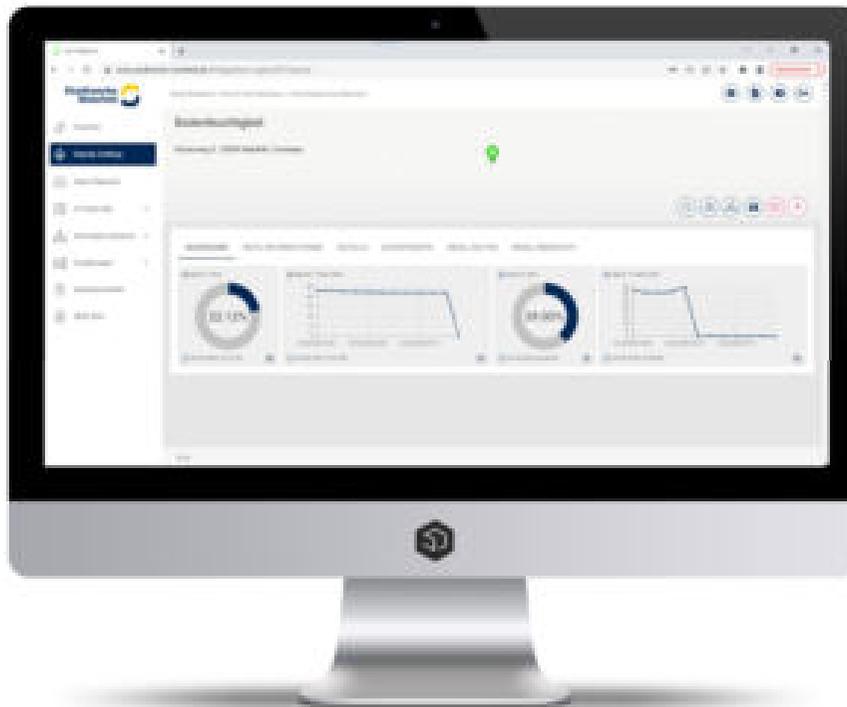


Quelle: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/wassermengenbewirtschaftung/niedrigwasser/informationsplattform-niedrigwasser-brandenburg/>



# Darstellung im Dashboard

Visualisierung der Werte und Erstellen von individuellen **Regeln**.



Die erfassten Daten können je nach Anforderung im Dashboard visualisiert werden:

- Der aktuell gemessene Wert des Sensors wird über ein Diagramm dargestellt
- Zusätzlich können die erhobenen Werte der Bodenfeuchtigkeit anhand einer Zeitreihe dargestellt werden um den Verlauf auf einen Blick zu erkennen
- Über die IoT-Plattform können darüber hinaus Regeln zu Alarmierung bei Grenzwerten eingerichtet werden

## Komplexe Umweltmessnetze

### Baustein 1: Software „SENSOweb“ für WEB-Server

#### Die innovative Software „SENSOweb“

- Zuverlässiger Betrieb von Messnetzen
- Visualisierung der Daten
- Visualisierung des Alarmstatus jeder Messstelle
- Verwaltung von Messstellen
- Überwachung von Wartungsvorgängen
- Fernparametrierung
- Vergabe von Zugriffsrechten
- Einbindung von Übersichtskarten

#### Der Baustein zur Komplettlösung für Ihr Messnetz



- Auswahlmöglichkeiten für die Datenanzeige
- Tabellarische und grafische Anzeige der Daten
- Mittelwertbildung, Anzeige von Min-Max-Werten
- Download-Upload-Funktionen
- Farbige Anzeige des Alarmstatus in Übersichtskarten
- Anlagen neuer und Ändern bereits eingerichteter Messstellen
- und weitere Funktionen

#### Weitere Funktionen



## Komplexe Umweltmessnetze

### Baustein 2: Messtechnik mit Datenübertragung

- **Zuverlässige und robuste Messtechnik**
- **Datenübertragung via GPRS/GSM**
- **Bis zu 500 Messstellen in ein Messnetz integrierbar**
- **Definierte Alarmübertragung**



#### WB-GPRS

- Wasserstandsmonitoring für 4"-Grundwassermessstellen



#### WB-2x-GPRS

- Wasserstandsmonitoring für 2"-Grundwassermessstellen



#### LogTrans

- Datenlogger mit Funkübertragung



#### GPW-GPRS

- Oberflächenwassermesssystem mit Funkübertragung



#### Zähler-GPRS

- Impulsdatenerfassung mit Funkübertragung



#### CTD-GPRS

- Druck-, Temperatur und Leitfähigkeitslogger mit Funkübertragung

#### Datenübertragung via GPRS, GSM

- ⇒ 1...500 Messstellen integrierbar
- ⇒ Bei Übertragung direkt zum Web-Server: Daten sind zeitgleich für mehrere Nutzer verfügbar

#### Alarmmanagement

- ⇒ Übertragung folgender Alarme:
  - ⇒ Geringe Systemspannung
  - ⇒ Über-/Unterschreitung von definierten Schwellenwerten
- ⇒ Übertragung der Feldstärke
- ⇒ Alarmempfangs via SMS, Fax

#### UT-Software „SENSOweb“

- ⇒ Für WEB-Server, Internetdatenbank
- ⇒ Datenspeicherung, Datenvisualisierung
- ⇒ Definierte Zugriffsrechte, Passwort
- ⇒ Fernparametrierung der Messgeräte
- ⇒ Integrierte Übersichtskarten
- ⇒ Kein eigener Web-Server erforderlich

Grundwasser-Online  
Ein Informationsdienst der AG Wasserwerke Hessisches Ried

Login

GWO
START
AKTUELLES
MESSWERTE
PROJEKT

**GRUNDWASSER**

**NIEDERSCHLAG**

**TEMPERATUR**

**KLIMATISCHE WASSERBILANZ**

**BODENFEUCHTE**

### Grundwasser

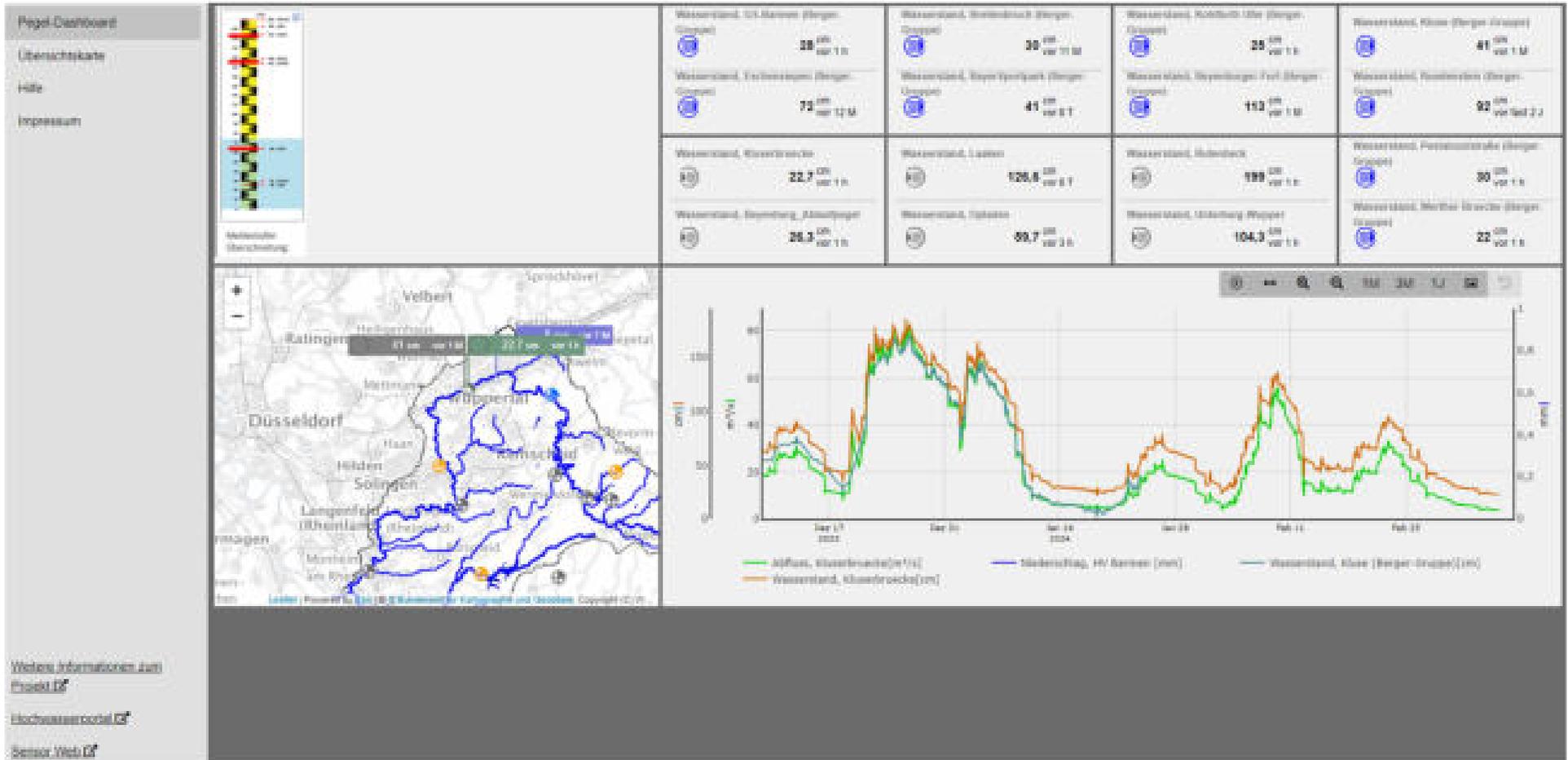
Datenquelle: Beseitigte Wasserversorgungsunternehmen

#### Messstellensuche

- Alsbach-Hähnlein HW-05-G43230
- Bensheim HW-LJ-GF2010
- Bensheim HW-LJ-GS3200
- Bensheim HW-LJ-GS3320
- Bickenbach HW-01-G50430
- Bickenbach ONB-00-NA8
- Dünstadt EWR-BS-01
- Hünstadt FWR-BS-01

Bergisches HochwasserWarnSystem 4.0 - Prototyp

WUPPERVERBAND



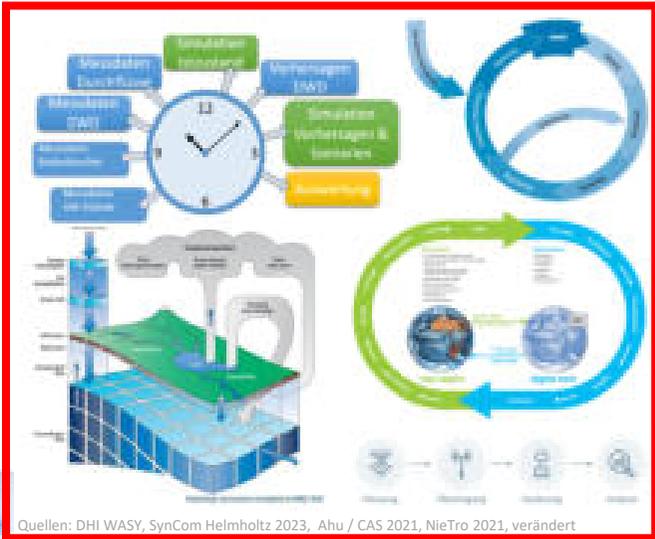
Quelle: <https://www.wupperverband.de/projekte/forschung/2023/05/hochwasserschutzsystem-4-0>

# MIKE SHE als echtzeitfähiges DSS-, Planungs- / Prognose-Tool zur Bewirtschaftung des Landschaftswasserhaushalts / Bewässerungssteuerung

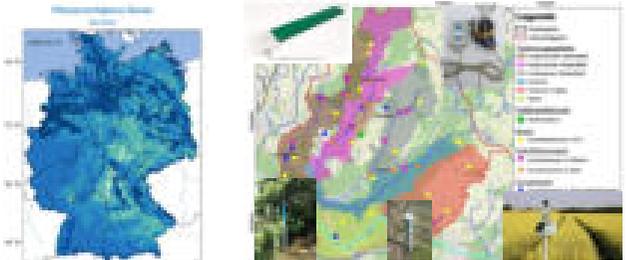
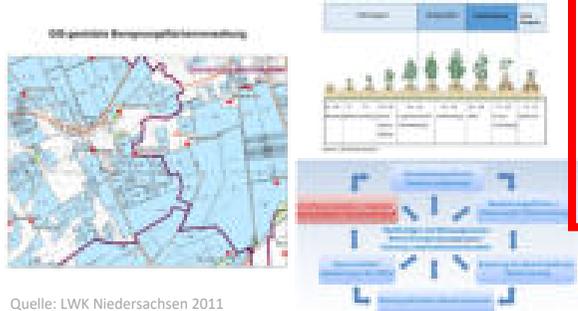
Implementierung /  
Priorisierung /  
Umsetzung



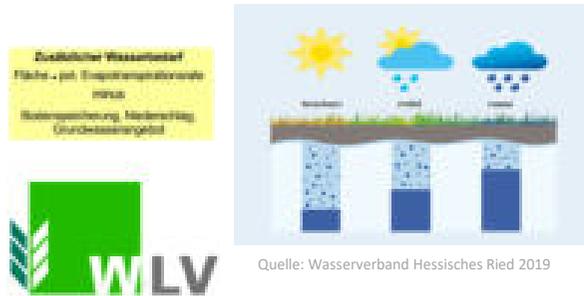
Prognose / Planung /  
Steuerung /Anpassung



Überwachung, Erfassung,  
Dokumentation



Monitoring / Bewertung



## Nächste Schritte

- Festlegung Szenarien – Simulationen
- Konkretisierung Feldversuche inkl. Monitoringkonzept
- Konkretisierung Monitoringsystem / -netzwerk Modellgebiet
- Planung / Vorbereitung Erweiterung MIKE SHE zum echtzeitfähigen Bewirtschaftung-Tool
- Erfordernisse „Kümmerer“

*„Alle Dinge sind schwierig,  
bevor sie einfach sind“.*  
(Thomas Fuller)

