

Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung im Pilotgebiet Worms-Ibersheim

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Einsatz digitaler Mengenzähler in Deutschland	6
2.1	Pilotprojekt Monitoring von Beregnungsbrunnen in der Südpfalz	6
2.2	Smart Farming – Der digitale Wasserzähler in der Feldberegnung	7
2.3	Automatisierte Steuerung der Bewässerungsanlagen des Wasserverbandes Knoblauchland	8
2.4	Pilotprojekt Funkzähler Bergtheimer Mulde	9
2.5	iotAgrar: Projekt zur Digitalisierung	9
2.6	Projekt Nutzwasser	10
3	Bestandsaufnahme Pilotgebiet Worms-Ibersheim	11
4	Messtechnik	14
4.1	Variante 1: Mengenerfassung mittels Betriebsstundenzähler	16
4.2	Variante 2: Mengenerfassung mit fest installierter Messeinrichtung	19
4.3	Variante 3: Mengenerfassung mit mobiler Messeinrichtung	26
5	Datenübertragungstechnik	33
5.1	GSM/GPRS	33
5.2	Walk- / Drive-by	33
5.3	LoRa	34
5.4	NB-IoT	35
6	Datenmanagement	37
7	Bewertung	39
8	Umsetzungskonzept	41
9	Feldversuch	42
10	Quellen	44

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Brunnenabschluss Saugbrunnen (Ausbau DN 300) mit Saugleitung (DN 100), Übergang auf Schnellkupplungsrohr	12
Abb. 2	Brunnen mit doppeltem Ausbau (DN 300 und DN 100)	12
Abb. 3	Brunnen im Schachtbauwerk, Übergang auf 2 Rohrleitungen	13
Abb. 4	Pumpenaggregat der Fa. Bauer mit integriertem Steuermodul (mittig im Bild); Quelle: https://www.bauer-at.com/wp-content/uploads/Dieselpumpaggregat2-768x512.jpg (02.05.2024)	17

Abb. 5	Pumpaggregat der Fa. Hofmann älterer Bauart ohne Steuermodul bei Nauheim (2023)	17
Abb. 6	Mechanischer Wasserzähler - Festinstallation in Schachtbauwerk bei Mechtersheim mit gerader Ein- und Auslaufstrecke; Quelle: envi-systems (2023)	20
Abb. 7	Digitaler Wasserzähler - Festinstallation in Brunnenschacht bei Groß-Gerau (Quelle: BGS UMWELT 2023)	21
Abb. 8	Messschacht mit fest installiertem Durchflussmessgerät (Betrieb nur mit geöffnetem Deckel)	23
Abb. 9	Messschacht mit fest installiertem Durchflussmessgerät (Betrieb bei geschlossenem Deckel)	24
Abb. 10	Magnetisch-induktiver Durchflussmesser mit Tragegestell	27
Abb. 11	Transportable Messbox	28
Abb. 12	Projekt SiZuRi - Aluminium-Kiste zum Schutz der Messeinrichtung; Quelle: BGS UMWELT (2021)	29
Abb. 13	Projekt SiZuRi - Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät (im Bild rechts) und Funklogger (an Innenwand montiert); Quelle: BGS UMWELT (2022)	29
Abb. 14	Transportable Messbox (Edelstahlgehäuse), Quelle: Ralph Scheyer, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Optimierte Wasserbereitstellung durch ein Online-Wasserzählsystem; Mülheimer Tagung 2022; Mülheim (03.03.2022)	30
Abb. 15	Netzabdeckung gemäß Telekom für das Gebiet Worms-Ibersheim (Quelle: https://t-map.telekom.de/tmap2/mobileiot)	36
Abb. 16	Prinzip-Skizze Datenübertragung (manuell oder automatisch) auf einen Datenserver (Online-Monitoring-System)	37

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Vor- und Nachteile Variante 1	18
Tab. 2	Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 1	19
Tab. 3	Vor- und Nachteile Variante 2	25
Tab. 4	Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 2	26
Tab. 5	Vor- und Nachteile Variante 3	31
Tab. 6	Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 3	32
Tab. 7	Vor- und Nachteile GSM/GPRS	33

Tab. 8	Kostenschätzung - Einheitspreise GSM/GPRS	33
Tab. 9	Vor- und Nachteile Walk- / Drive-by	33
Tab. 10	Kostenschätzung - Einheitspreise Walk- / Drive-by	34
Tab. 11	Vor- und Nachteile LoRa	34
Tab. 12	Kostenschätzung - Einheitspreise LoRa	34
Tab. 13	Vor- und Nachteile NB-IoT	35
Tab. 14	Kostenschätzung - Einheitspreise NB-IoT	35
Tab. 15	Kostenschätzung - Online-Monitoring-System	38
Tab. 16	Vergleich der Varianten - Datenübertragungstechnik	40
Tab. 17	Umsetzungskonzept – Variante 2 am Beispiel Worms Ibersheim (90 Brunnen)	41
Tab. 18	Feldversuch - Kostenaufstellung	43

<u>Anlagen:</u>	Anlage 1	Übersichtslageplan Brunnen Worms-Ibersheim	1 : 15.000
	Anlage 2.1	Schaubild 1 - Mengenerfassung mittels Betriebsstundenzähler	o.M.
	Anlage 2.2	Schaubild 2 - Mengenerfassung mit fest installierter Messeinrichtung	o.M.
	Anlage 2.3	Schaubild 3 - Mengenerfassung mit mobiler Messeinrichtung	o.M.
	Anlage 3	Musterverträge SaaS- und Auftragsverarbeitungsvertrag	
	Anlage 4	Umsetzungskonzept – Kosten Variante 1 bis 3	

1 Einleitung

Der Klimawandel führt aufgrund vermehrter Extremwetterlagen zu einer zunehmenden Verknappung der Wasserressourcen. Für deren optimierte Bewirtschaftung ist eine umfassende Erfassung der Entnahmemengen auch bei Grundwasserentnahmen zu landwirtschaftlichen Bewässerungszwecken unerlässlich. Ebenso erfordert das Instrument des Wasserentnahmeentgelts eine praxistaugliche Mengenerfassung von Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung.

Im Bereich der Regionalstellen Mainz und Neustadt a.d.W. existieren insgesamt ca. 3.500 landwirtschaftliche Bewässerungsbrunnen. Um zu einer praktikablen Mengenerfassung zu gelangen, soll im Rahmen der Erhebung des Wasserentnahmeentgeltes für die Brunnen der Beregnungsverbände Worms-Ibersheim und Ludwigshafen-Süd in einem Pilotvorhaben die Umsetzung einer digitalen Mengenerfassung der Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung mit digitaler Fernübertragung und zentraler Bereitstellung der Entnahmedaten bei den Behörden gezeigt werden. Das Umsetzungskonzept von BGS UMWELT und envi-systems für das Pilotgebiet Worms-Ibersheim wird hiermit vorgelegt.

Zur Grundlagenermittlung wurde recherchiert, ob bundesweit bereits bei dezentralen Einzelbrunnen digitale Wasserzähler eingesetzt werden und wie hierbei die Erfassung bzw. Übertragung der Zählerstände erfolgt. Für das Pilotgebiet Worms-Ibersheim wurden die vorhandenen Bestandsdaten zu den Bewässerungsanlagen, bereitgestellt durch die SGD Süd, gesichtet und ausgewertet.

Auf Basis der Recherche und der Auswertung der Bestandsdaten wurden im 2. Halbjahr 2023 im Pilotgebiet in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Beregnungsverband eine Ortsbegehung und Bestandsaufnahme der vorhandenen Anlagen durchgeführt. Hierbei wurden relevante Daten in Hinblick auf eine Ausstattung mit digitalen Mengenmessgeräten (Bauform Brunnen bzw. Brunnenabschluss, Betriebsart, Pumpenleistung, Leitungsanbindung, Umrüstbarkeit, Stromversorgung) erhoben.

Mithilfe der erhobenen Daten werden Lösungsansätze konzipiert, die angepasst an die verschiedenen Bauformen landwirtschaftlicher Beregnungsbrunnen eine digitale Mengenerfassung und Fernübertragung ermöglichen. Die Lösungsvarianten berücksichtigen hierbei unterschiedliche allgemeine Randbedingungen für den Betrieb (Messmethodik, mobile oder feste Installation, manuelle oder automatische Fernübertragung, GPS-Ortung, Diebstahlsicherung). In Verbindung mit den Lösungsansätzen werden die Möglichkeiten zur Datenfernübertragung und für ein zentrales Datenmanagement aufgezeigt.

Auf Basis der Lösungsansätze wird ein Umsetzungskonzept für das Pilotgebiet erstellt und die Kosten verschiedener Variantenausführungen abgeschätzt. Zuletzt erfolgt ein Vorschlag für die Durchführung eines Feldversuches im Pilotgebiet.

2 Einsatz digitaler Mengenzähler in Deutschland

Auf deutschem Bundesgebiet wurde bereits in mehreren Projekten der Einsatz von digitalen Mengemessgeräten an dezentralen, landwirtschaftlichen Einzelbrunnen unter unterschiedlichen Zielsetzungen erprobt. Nachfolgend werden mehrere Fallbeispiele aufgeführt, die Eckpunkte der durchgeführten Untersuchungen vorgestellt und die für dieses Projekt relevanten Erkenntnisse festgehalten.

2.1 Pilotprojekt Monitoring von Beregnungsbrunnen in der Südpfalz

Im Auftrag der SGD Süd führte das Ingenieurbüro HG ein Pilotprojekt zur Überwachung von Beregnungsbrunnen im Raum Hochstadt-Zeiskam durch. An 8 ausgewählten Brunnen innerhalb des Projektgebiets wurden Messungen der Fördermenge sowie des Grundwasserstands durchgeführt. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. Aquitronic eine technische Lösung konzipiert. Alle ausgewählten Brunnen verfügten über Unterwassermotorpumpen und eine eigene Stromversorgung. Die Messung des Grundwasserstands erfolgte hier mithilfe von Tauchsonden im Brunnenausbau, die Fördermenge wurde mithilfe von digitalen Ultraschallwasserzählern gemessen. Die Messdaten wurden mithilfe eines Datenloggers erfasst und mit einem zusätzlichen Funkmodul per GSM/GPRS an einen Datenserver übertragen. Die Messeinrichtung ist grundsätzlich energieautark, die Versorgung erfolgte mithilfe von Akkus. Jedoch wurde die Messeinrichtung aufgrund der geringen Akkulaufzeiten der verwendeten Datenlogger und Funkmodule über ein Ladegerät an die Stromversorgung der Brunnen angeschlossen. Da ein Großteil der in der Landwirtschaft bestehenden Beregnungsbrunnen über keine eigene Energieversorgung verfügt, ist die in diesem Projekt eingesetzte Technik nicht als einheitliche Lösungsvariante geeignet. Die geringen Akkulaufzeiten sowie Probleme beim Ladevorgang führten während des Messzeitraums zwischen August 2021 und Dezember 2022 an mehreren Brunnen zu Ausfällen der Datenübertragung. Zusätzlich wurden bei Kontrollen der Zählerstände vor Ort Abweichungen zu den übertragenen Daten festgestellt. Offenbar wurden die Förderraten der Brunnen stündlich auf den Datenserver übertragen, nicht jedoch der tatsächliche Zählerstand der Wasserzähler. Da die verwendeten Ultraschallwasserzähler die Durchflussrate in beide Fließrichtungen aufzeichneten, wurden Rückflüsse aus dem Beregnungsnetz während Stillstehen des Brunnens ebenfalls erfasst und auf die Fördermengen addiert. Ebenso wurden aufgrund der Übertragungsrate von 60 Minuten geringe Ausfälle der Brunnenpumpe, zum Beispiel bei Aktivierung des Trockenlaufschutzes, nicht berücksichtigt. Hierdurch ergaben sich bei den auf dem Datenserver höhere Fördermengen als tatsächlich vor Ort gefördert wurden.

Als Erkenntnis ist festzuhalten, dass zur Vermeidung von systematischen Messfehlern richtungsabhängige Messungen durchgeführt werden müssen, um Rückflüsse aus der Beregnungsleitung bzw. dem Beregnungsnetz zu erfassen. Des Weiteren sind die Fördermengen nicht indirekt anhand gemessener Förderraten, sondern anhand des Zählerstandes zu erfassen. Das Hauptaugenmerk der Messung liegt auf dem Gesamtvolumen der Fördermenge je Brunnen. Bei der Übertragung von Messdaten ist entsprechend der Zählerstand der wichtigste Parameter. Um einen möglichst langen und störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, sollte auf den Einsatz von

Batterien und Akkus mit Laufzeiten <1 Jahr generell verzichtet werden, wenn keine externe Stromversorgung zur Verfügung steht.

2.2 Smart Farming – Der digitale Wasserzähler in der Feldberegnung

Der Nutzungsdruck auf die Grundwasserressource und die damit verbundenen Konkurrenzen, wie z.B. die Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung und der Erhalt von feuchteabhängigen Lebensräumen, erfordern auch in Niedersachsen ein verbessertes Wassermanagement. In Niedersachsen prüfen die Unteren Wasserbehörden für seitens der Landwirte zu meldenden Grundwasserentnahmen zur Bewässerungszwecken und ermitteln die Wasserentnahmegebühr. Die instantane zentrale Datenbereitstellung dient der Behörde auch zur Kontrolle von Allgemeinverfügungen (z.B. Beregnung nur nachts). Im bewässerungsintensiven Landkreis Diepholz wurde in einem Demonstrationsprojekt die zeitnahe digitale Erfassung und zentrale Sammlung der Entnahmemengen umgesetzt: Ground Water Monitoring für Smart Farming von T-Systems. Zentrale Fragestellungen des Demonstrationsprojektes sind:

- Funktechnik und Netzabdeckung
- Robustheit der auf dem Feld eingesetzten Technik
- Möglichkeiten der Darstellung und Auswertung der Daten auf der Ebene von Einzelbrunnen
- Meldungen an Landwirte (Alarmmeldung bei Fehlern in der Mengenerfassung, Start/Stop Beregnungsgang, Einbindung von Daten zur Bewässerungssteuerung, z.B. Raindancer)
- Transparenz zwischen Landwirt und Behörde

Es wurden zur Kostenreduktion des Demonstrationsprojektes 30 bereits vorhandene herkömmliche mechanische Wasserzähler durch einen magnetischen Kontakt nachgerüstet und diese über ein lokales Gateway (LTE-M, mit SIM-Karte) an die IoT-Plattform der Telekom angebunden. Dort werden die Daten gespeichert und ausgewertet. Sowohl die Untere Wasserbehörde als auch die einzelnen Landwirte können über ein Webportal auf ihre jeweiligen Daten zugreifen und erhalten spezifische Auswertungen bezüglich Wassermengen, Entnahmezeiten und -orte. Es werden Alarmmeldungen bei ausbleibenden Messdaten automatisiert abgesetzt. Das gesamte System wird von T-Systems gewartet (u.a. jährliche Kontrollen der Vor-Ort-Messungen).

Die bisherigen Erfahrungen zum Demonstrationsprojekt wurden in einem Fachgespräch am 12.11.2024 der Regierung von Unterfranken unter Beteiligung von BGS Umwelt und envi-systems mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Diepholz und T-Systems diskutiert.

Zu Beginn der bisherigen 3 Praxisjahre waren erhebliche Aufwendungen an die Einrichtung der Reedkontakte an die mechanischen Zähler unterschiedlicher Hersteller erforderlich. Der Aufwand für technische Maßnahmen konnte im Verlauf der Feldmessungen erheblich reduziert werden. Dennoch waren auch im 3. Praxisjahr noch an 25 % der Mengenummessungseinrichtungen technische Anpassungen erforderlich (v.a. Probleme mit der Akkulaufzeit). Die Anfälligkeit von Mengenummessungen gegenüber Vibrationen hat sich bestätigt. Die Mengenzähler sind inzwischen auf (Beton)-Sockel oder gegründeten Metallständern befestigt. Insbesondere zu Beginn haben verschiedene

Umwelteinflüsse zu Geräteausfällen geführt (Wassereintritt, Korrosion, Wildverbiss an Kabeln, mechanische Beschädigung).

Vergleichsweise wenig Aufwand musste für eine zuverlässige Datenübertragung erbracht werden. Schwierigkeiten traten primär bei Messschächten mit Metalldeckeln auf. Inzwischen werden zuverlässig die Daten aller 30 Messeinheiten über die angebundene Box mittels SIM-Karte übertragen. Hierbei werden jedoch nur die übertragenen Zählerimpulse übertragen, in Mengewerte umgerechnet und in der Datenbank gespeichert – nicht die Zählerstände.

In der Box ist zusätzlich ein GPS-Empfänger integriert, dessen ermittelte Lagekoordinate gemeinsam mit den Zählerimpulsen übertragen wird. Die GPS-Information wird zur Plausibilitätsprüfung (Zuordnung des jeweiligen Zählers zu einem Brunnen) eingesetzt.

Die vorliegenden Erfahrungen zeigen die grundsätzliche Eignung, legen aber eine Ausweitung des Feldversuchs in einem größeren Maßstab als wichtigen weiteren Test nahe. Untersuchungsschwerpunkte für den Großmaßstab sind:

- Intensiverer Test der „Alltagstauglichkeit“ hinsichtlich Robustheit/Funkabdeckung
- Verbreiterung der Anwendungsfälle (z.B. weitere Landkreise, Viehtränken)
- Kompatibilität mit verschiedensten mechanischen und digitalen Devices
- Cloud- und Gerätemanagement (Updates/Ausfälle/Fehler/Mandantenpflege etc.)
- Datenschnittstellen intern/extern
- Ermittlung der erforderlichen Personalressourcen

Es wird auf eine enge Abstimmung mit den Landesfachbehörden hingewiesen, um die Kompatibilität zu den Digitalisierungsprozessen auf der Landesebene zu gewährleisten.

2.3 Automatisierte Steuerung der Bewässerungsanlagen des Wasserverbandes Knoblauchsland

Der Wasserverband Knoblauchsland stellt für eine landwirtschaftliche Fläche von ca. 900 ha im Städtedreieck Nürnberg-Fürth-Erlangen Bewässerungswasser bereit. Die technische Struktur des Verbands besteht aus einer Brunnenfassung mit 12 Brunnen an einem Gewinnungsstandort. Die Leistungsfähigkeit der Brunnenanlage beträgt bis zu 600 l/s, die Hauptleitung (DN 600) zum Befüllen der Hochbehälter (je 6.000 m³ Fassungsvermögen) verläuft quer durch das Verbandsgebiet. 6 Druckpumpwerke mit einer Leistung von bis zu 1.200 m³/h speisen über ca. 150 km Druckrohrleitungsnetz ca. 1.500 Hydranten, an denen die Betriebe Beregnungswasser entnehmen können. Die Steuerung des gesamten Systems erfolgt über ein Prozessleitsystem. Derzeit wird die Anlage für eine optimierte Anlagensteuerung weiter automatisiert. Hierzu werden u.a. Mengenzähler mit GPS und Datenfernübertragung integriert. Es werden mechanische Wassermesser eingesetzt, die mit Reed-Kontakten ausgestattet werden. Die Datenübertragung wird über ein LoRa-WAN (s. Kap. 5.3) erfolgen. Ein Großteil der Technik wird in Eigenentwicklung zur Anwendungsreife gebracht. Es ist vorgesehen, nach erfolgreicher Entwicklung im Verband die Technologie zu vermarkten (pers. Mitteilung Herr Dunger, Wasserverband Knoblauchsland).

2.4 Pilotprojekt Funkzähler Bergtheimer Mulde

In der Bergtheimer Mulde, einer nördlich von Würzburg gelegenen Region mit landwirtschaftlichem Bewässerungsanbau (Gemüse und Sonderkulturen), soll mithilfe von Mengenzählern mit Datenfernübertragung der Einfluss von Grundwasserentnahmen auf den Grundwasserleiter untersucht werden. Hintergrund sind die sich ändernden Anforderungen an eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung infolge rückläufiger Grundwasserneubildung und der Einstufung des Grundwasserkörpers in das mengenmäßige Risiko.

Zur Erarbeitung erkenntnis- und faktenbasierter Handlungsoptionen werden mehr Kenntnisse über den Einfluss von Grundwasserentnahmen auf den Grundwasserleiter benötigt. Das betrifft Entnahmen im Allgemeinen und insbesondere während der Bewässerungssaison. Im Rahmen des Pilotprojekts sollen deshalb die in der Bergtheimer Mulde geförderten Grundwassermengen und Veränderungen der Grundwasserstände automatisiert erfasst und anschließend in eine web-basierte Datenbank übertragen werden. Vorgesehen ist der Einsatz von Mengenzählern und Drucksonden an Brunnen der Brauch- und Trinkwasserförderung (ca. 100 Entnahmestellen). Mit der engmaschigen Erfassung von Entnahmedaten kann der Nutzungsdruck in der Bewässerungssaison besser bewertet und zudem die amtliche Überwachung erlaubter Wasserentnahmemengen unterstützt werden.

Das Projekt ist auf fünf Jahre angelegt und untergliedert sich in 3 Phasen. In Phase 1 erfolgt eine umfassende Technologierecherche sowie die Identifikation und Ansprache der relevanten Akteure. Phase 2 bildet die Umsetzung im Feld. Deren Umsetzung wird für 2026 angestrebt. Phase 3 schließt das Projekt mit einer eingehenden technischen und organisatorischen Evaluierung ab (Pers. Mitteilung Herr Bauer, Regierung von Unterfranken).

2.5 IoT-Agrar: Projekt zur Digitalisierung

Das Kooperationsprojekt „IoT-Agrar“ zwischen dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), der Hochschule Geisenheim, der IOTA-Stiftung und peerOS startete zum 01. Mai 2020. Es beschäftigt sich mit neuen Wegen der Übertragung und Verarbeitung von Sensordaten im Gartenbau und der Landwirtschaft. Im Blickpunkt steht die dezentrale Datenspeicherung (Distributed Ledger Technologie, DLT) über das Internet der Dinge (Internet of Things, IOT).

Durch das digitale Dokumentieren der Zählerstände könnte auf ein Überschreiten von etwaig zugewiesenen Wasserrechten frühzeitig reagiert werden. Zudem ist die Erhebung des Echtzeitwasserverbrauchs die Grundvoraussetzung für die Berechnung und Umsetzung von Bewässerungsempfehlungen auf Basis einer klimatischen Wasserbilanz. Um mögliche Anwendungsmöglichkeiten auszuloten, wurde auf dem Campus der Hochschule Geisenheim im Versuchsgewächshaus des

LLH eine Testinstallation auf Basis einer Wasseruhr eingerichtet. Daneben wurde eine mobile Messeinheit mit Datenfernübertragung (vgl. Kap. 4.3) entwickelt¹.

Ob und wann das Projekt in einem Feldversuch in die nächste Phase geht, ist derzeit offen.

2.6 Projekt Nutzwasser

Das BMBF-Verbundprojekt: Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource) (<https://www.nutzwasser.org>) beschäftigt sich mit Konzepten der Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Anwendungen. Im Projekt werden innovative Wasserbehandlungstechnologien eingesetzt, um eine alternative Wasserressource für den landwirtschaftlichen und städtischen Bewässerungsbedarf bereitzustellen. Darüber hinaus werden flexible Managementstrategien entwickelt, um das Risiko der Schadstoffbelastung bei der Wasserwiederverwendung zu minimieren.

Die Demonstration dieser Konzepte erfolgt im Pilotmaßstab. Großtechnische Versuche mit innovativen Aufbereitungsverfahren (zwei parallele Wasserwiederverwendungsanlagen) und Anwendungskonzepten in Reallaboren dienen dabei als direkte Vorstufe der Umsetzung. Im Rahmen der großtechnischen Versuche wird Ablauf der Kläranlage Schweinfurt weitergehend aufbereitet (UF + Ozonung + BAK + UV) und das dabei produzierte Nutzwasser sowohl für urbane Anwendungen als auch zur landwirtschaftlichen Bewässerung genutzt.

Für einen definierten Planungsraum im landwirtschaftlichen Bewässerungsgebiet der Gemeinde Gochsheim östlich von Schweinfurt ("Reallabor Gochsheim") werden Echtzeit-Wetterdaten (DWD), Wettervorhersagedaten (DWD) und schlagbezogene Daten in einer für Landwirte frei verfügbaren Bewässerungs-App der ALB Bayern e.V. verrechnet (www.alb-bayern.de/app). Zudem werden Daten von lokalen Grundwassermessstellen, Bodenfeuchtesensoren und mechanischen Wasserzählern an den von Landwirten im Untersuchungsraum eingesetzten Bewässerungspumpen in Echtzeit über Sensoren ausgelesen und in einem embedded Microcontroller vorverarbeitet (Edge computing), indem die Zählimpulse der Wasserzähler gesammelt und in Volumina umgerechnet werden. Diese IoT-Knoten übermitteln die Daten per LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) an ein zentrales Gateway, das die Daten vieler IoT-Knoten entgegennimmt und von dort über The Things Network (TTN), per LTE/UMTS oder über eine LAN-Anbindung in die Cloud des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) übermittelt. Dort werden die Daten ausfallsicher gespeichert, zusammengeführt, prozessiert, archiviert und über eine Web-Benutzeroberfläche verfügbar gemacht (Beispieldaten: <https://data.nutzwasser.org/Opendata/>). Zudem wird eine Schnittstelle zur Bewässerungs-App der ALB Bayern e.V. bereitgestellt. Diese Daten können

¹ <https://llh.hessen.de/unternehmen/technik-energie-und-bauen/digitalisierung/projekt-zur-digitalisierung-geht-an-den-start/>

dann für eine bedarfsgerechte Nutzwasserversorgung in diesem Reallabor ausgelesen und visualisiert werden.

Gleichzeitig werden für ausgewählte Übergabepunkte (Pilotanlage–Nutzwassernetz; Nutzwassernetz–Reallabor Gochsheim) die Wassermengen und Wasserqualitätsdaten ebenfalls über Echtzeit-IoT Sensoren in die Cloud gestellt. Damit ergibt sich einerseits ein autonomes Steuerungssystem für die Anforderung und Verteilung von Nutzwasser, andererseits aber auch ein System zur Qualitätssicherung.

3 Bestandsaufnahme Pilotgebiet Worms-Ibersheim

Die Bestandsdaten der landwirtschaftlichen Beregnungsbrunnen im Pilotgebiet des Beregnungsverbands Worms-Ibersheim wurden von der SGD Süd bereitgestellt. Eine Übersicht über das Verbandsgebiet und die mit den Bestandsdaten bereitgestellten Brunnenstandorte ist in Anlage 1 dargestellt.

Das Verbandsgebiet des Beregnungsverbands Worms-Ibersheim umfasst die landwirtschaftlichen Flächen rund um den Wormser Stadtteil Ibersheim. Es grenzt an die Gemarkungen Eich, Hamm am Rhein, Osthofen und Worms-Rheindürkheim sowie im Süden und Osten an den Rhein. Innerhalb des Verbandsgebietes befinden sich 90 Einzelbrunnen zwecks der landwirtschaftlichen Bewässerung. Am 20.10.2023 wurde eine Ortsbegehung mit Vertretern des Beregnungsverbands Worms-Ibersheim durchgeführt. Hierbei wurden die maßgeblichen im Verbandsgebiet eingesetzten Beregnungstechniken durch den Verband vorgestellt sowie die verschiedenen vom Verband betriebenen Brunnensysteme besichtigt.

Mit Ausnahme des Brunnen I 24-286 handelt es sich bei allen Beregnungsbrunnen im Verbandsgebiet um Saugbrunnen verschiedenen Alters und Bauart. Die Brunnen verfügen über keine fest installierte Pumpe, sondern das Grundwasser wird mithilfe von mobilen Pumpaggregaten (Nennförderleistung ca. 40 m³/h), betrieben mit einem Dieselmotor, gefördert und über Schnellkupplungsrohre überirdisch an die Beregnungsmaschinen zur Feldbewässerung geleitet. Die älteren Brunnen verfügen über einen Brunnenausbau DN 300 sowie eine mit dem Brunnendeckel verbundene Saugleitung DN 100. Am Brunnendeckel findet der Übergang der Saugleitung auf einen Schnellkupplungsanschluss mit einem Anschlussdurchmesser von 89 mm statt, an dem das Pumpaggregat angeschlossen werden kann.



Abb. 1 Brunnenabschluss Saugbrunnen (Ausbau DN 300) mit Saugleitung (DN 100), Übergang auf Schnellkuppelungsrohr

Die neuesten Brunnen im Verbandsgebiet verfügen über einen doppelten Ausbau. Neben der Saugleitung mit Schnellkuppungsanschluss ist hier zusätzlich ein offenes Ausbaurohr DN 300 angeordnet, in das eine mobile Unterwassermotorpumpe eingesetzt werden kann. Hierdurch können an diesen Standorten höhere Fördermengen erreicht beziehungsweise 2 Beregnungsmaschinen gleichzeitig betrieben werden.



Abb. 2 Brunnen mit doppeltem Ausbau (DN 300 und DN 100)

Bei dem Brunnen I 24-286 handelt es sich um einen Brunnen mit Schachtbauwerk und einer über einen fest installierten Stromanschluss betriebenen Unterwassermotorpumpe (80 m³/h). Er ist der einzige Brunnen im gesamten Verbandsgebiet in dieser Bauart zur landwirtschaftlichen Bewässerung. Im Bereich des Brunnens wurden unterirdische Leitungen (DN 200) mit mehreren Entnahmestellen am Feldrand verlegt. Dadurch können mehrere Beregnungsmaschinen gleichzeitig betrieben werden.



Abb. 3 Brunnen im Schachtbauwerk, Übergang auf 2 Rohrleitungen

Die entnommenen Wassermengen im Verbandsgebiet werden bisher anhand der Anzahl der jährlichen Betriebsstunden und der Nennförderleistung der Pumpaggregate ermittelt (Anzahl Betriebsstunden x Nennförderleistung).

Die Ergebnisse der Bestandaufnahme sind nachfolgend zusammengefasst:

- Insgesamt 90 Beregnungsbrunnen im Verbandgebiet
- 89 Saugbrunnen:
 - Betrieb mit mobilen Pump-Aggregaten
 - Keine externe Stromversorgung
 - Anschluss: Schnellkupplungsrohre 89 mm
 - Fördermengen: Anzahl Betriebsstunden Aggregat x Nennförderleistung ($Q \approx 40 \text{ m}^3/\text{h}$)
- 1 Schachtbrunnen
 - Betrieb mit Unterwassermotorpumpe

- Externe Stromversorgung
- Anschluss DN 200 an Beregnungsleitung (Schnellkupplungsrohre 89 mm)
- Fördermengen: Anzahl Betriebsstunden Pumpe x Nennförderleistung ($Q \approx 80 \text{ m}^3/\text{h}$)

4 Messtechnik

Wie anhand der Referenzprojekte und der bei der Ortsbegehung besichtigten landwirtschaftlichen Beregnungsbrunnen schnell deutlich wird, gibt es je nach Verbandsgebiet und Betreiber deutliche Unterschiede in der Betriebsweise und in der Bauart der Beregnungsbrunnen. Nur die wenigsten Beregnungsbrunnen verfügen dabei ursprünglich über eine messtechnische Erfassung der Fördermengen. Es ist davon auszugehen, dass landesweit verschiedenste Brunnenvarianten im Einsatz sind. Aus diesem Grund ist eine einheitliche Lösung für den Einbau von Messgeräten zur digitalen Mengenerfassung nicht realistisch. Stattdessen werden mehrere technische Lösungsvarianten konzipiert, die an die verschiedenen Bau- und Anschlussarten angepasst werden können. Eine individuelle Anpassung im Einzelfall aufgrund besonderer Bauweisen oder Platzverhältnisse wird voraussichtlich unumgänglich sein.

Auf Basis der Ortsbegehung wurden folgende Bauarten für Beregnungsbrunnen identifiziert:

- Saugbrunnen mit mobilem Pumpaggregat
- Schachtbrunnen mit Unterwassermotorpumpe

Die Brunnen werden entweder direkt an nachgeschaltete Beregnungsmaschinen angeschlossen oder fördern in ein gemeinsames Bewässerungsnetz. Auch andere Arten der Wasserverteilung, wie zum Beispiel Tröpfchenbewässerung, kommen zum Einsatz. Um gemessene Fördermengen jedem Brunnenstandort eindeutig zuordnen zu können, sollte daher von Messungen an Entnahmestellen von Bewässerungsnetzen, Verteilern oder Beregnungsmaschinen abgesehen werden. Stattdessen werden die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Lösungsvarianten für den direkten Einbau beziehungsweise Einsatz am Brunnenstandort vorgesehen. Bei Einsatz transportabler Messtechnik ist der Einsatz einer GPS-Ortung unumgänglich, wenn die Fördermengen einzelnen Brunnen zugeordnet werden sollen.

Als allgemeines Kriterium für eine geeignete Lösung ist die Robustheit und Langlebigkeit der Lösungsvarianten zu nennen. Der Messaufbau ist im landwirtschaftlichen Betrieb verschiedensten mechanischen Belastungen und Witterungen ausgesetzt. Daher müssen alle Messeinrichtungen für diese Umgebungen konzipiert werden, zum Beispiel durch den Einsatz von Messgeräten mit erhöhter Schutzklasse bezüglich Staub- und Wasserdichtigkeit und Sicherung gegenüber mechanischer Beanspruchung (befahrbarer Schachtdeckel, Schutzverkleidung für transportable Messgeräte). Es ist eine langfristige Nutzungsdauer (≥ 20 Jahre) anzustreben, um Wartungsaufwand und wiederkehrende Kosten zu minimieren.

Da auf landwirtschaftlichen Flächen mehrheitlich kein Stromanschluss vorhanden ist, sollen die nachfolgenden Lösungsvarianten sowohl mit als auch ohne externe Stromversorgung

funktionieren. Wie während des Pilotprojekts des Büros HG erkannt wurde, stellt der Einsatz von wiederaufladbaren Akkus eine mögliche Störungsquelle dar, wodurch ein zusätzliches Ausfallrisiko besteht. Stattdessen sollten Batterien mit möglichst langer Lebensdauer zum Einsatz kommen. Die Batterielaufzeiten der verschiedenen Messgeräte und Module sind deshalb ein zusätzlicher Faktor, der sich maßgeblich auf die Langlebigkeit des Messaufbaus auswirkt. Batterien für digitale Wasserzähler erreichen heutzutage hohe Batterielaufzeiten von bis zu 20 Jahren. Bei der Fernübertragung von Messdaten und beim Einsatz von GPS-Trackern ist die Batterielaufzeit hingegen sehr stark von dem verwendeten Übertragungsintervall abhängig. Moderne Funkmodule erreichen bei einem geringen Übertragungsintervall (zum Beispiel Übertragung der Messwerte 1-mal pro Tag) Batterielaufzeiten von mehreren Jahren. GPS-Module, wie sie zum Beispiel in der Automobilbranche eingesetzt werden, erreichen ähnliche Laufzeiten. Kürzere Übertragungsintervalle können die Batterielaufzeit jedoch erheblich verringern. Ziel ist es, den zusätzlichen Wartungsaufwand seitens der Landwirte wie zum Beispiel durch Reparatur oder Batterietausch zu minimieren.

Für die Bereitstellung der Messdaten zur Verwendung durch die SGD Süd können allgemein 2 Varianten unterschieden werden. Entweder erfolgt die Bereitstellung über eine Handablesung der Messdaten und den Übertrag in eine Online-Datenbank oder es erfolgt eine automatische Fernübertragung der Messdaten in eine Online-Datenbank.

Die unterschiedlichen Arten der Datenbereitstellung können voraussichtlich für alle Lösungsvarianten umgesetzt werden, es ergeben sich jedoch maßgebliche Unterschiede für die verwendete Messtechnik und das benötigte Zubehör. Je nach Hersteller kann die Messtechnik mit integrierten oder externen Funkmodulen ausgerüstet werden und es stehen verschiedene mögliche Fernübertragungstechniken zur Verfügung, worauf in Kap. 5 eingegangen wird. Für den Zugriff auf die übertragenen Messdaten wird ein zentrales Datenmanagement benötigt (Kap. 6).

Die genannten Anforderungen werden nachfolgend zusammengefasst:

- Einsatz in rauer Umgebung
 - Staub- und wasserdicht (Schutzklasse IP65 bis IP68)
 - Schutz vor mechanischer Beanspruchung
 - Diebstahlsicherheit
 - Frostsicherheit
- Stromversorgung
 - Vorhandene Stromversorgung nutzen
 - Batteriebetrieb mit leistungsfähigen Batterien (Batterielaufzeit mind. 6 Jahre, keine Akkus!)
- Messung möglichst direkt am Brunnenstandort (eindeutige Zuordnung, ggf. mithilfe GPS)

- Bereitstellung der Messdaten
 - Einrichten einer zentralen Online-Monitoring-Datenbank
 - Handablesung und Übertrag in die Online-Monitoring-Datenbank
 - Automatische Fernübertragung in die Online-Monitoring-Datenbank

4.1 Variante 1: Mengenerfassung mittels Betriebsstundenzähler

Im Verbandsgebiet Worms-Ibersheim erfolgt die Ermittlung der jährlichen Brunnenfördermengen bisher indirekt über eine händische Erfassung der Betriebsstunden der eingesetzten Pumpen. Multipliziert mit der Nennförderleistung der eingesetzten Pumpe lässt sich eine Jahressumme der Brunnenfördermenge je Brunnen berechnen.

Als genereller Nachteil dieser Variante und damit auch der bisherigen Vorgehensweise im Verbandsgebiet ist die Ungenauigkeit bei der indirekten Ermittlung der Fördermengen über die Betriebsstundenzähler in den Vordergrund zu stellen. Landwirtschaftlich eingesetzte Pumpen sind unabhängig von ihrem Typ (Saugpumpen, Bohrlochwellen (BLW)-Pumpen) in der Regel ungesteuert. Das bedeutet, dass die Fördermenge der Pumpe nicht genau eingestellt werden kann und an die Randbedingungen der Einbausituation geknüpft ist. Unter anderem in Abhängigkeit des Flurabstands am Entnahmeort ergibt sich die zu überwindende Förderhöhe der Pumpe. Diese variiert nicht nur von Standort zu Standort, sondern unterliegt auch den saisonalen Schwankungen des Grundwasserstands. Weiterhin kommt es auf dem Weg zwischen der Entnahme und dem eigentlichen Standort der Beregnung zu einem Energieverlust in der Bewässerungsleitung (Rohrreibungsverluste). Dieser ist stark von der Leitungslänge und dem Leitungsdurchmesser sowie von der Dichtigkeit der verwendeten Rohrleitung abhängig. Entsprechend ist zu erwarten, dass im Betrieb signifikante Abweichungen zwischen den tatsächlichen Förderleistungen der Pumpen und den für die Ermittlung der Gesamtfördermengen herangezogenen Nennförderleistungen auftreten. Als Datengrundlage für ein detailliertes Grundwassermanagement ist daher eine direkte Messung der Fördermengen zu bevorzugen (Kap. 4.2 und Kap. 4.3).

Da Betriebsstundenzähler jedoch großflächig vorhanden und im Einsatz sind, ist als kostengünstigste Variante zur direkten Übermittlung der Fördermengen die Möglichkeit zumindest zu betrachten, eine regelmäßige Ablesung der Betriebsstundenzähler durch die Landwirte durchzuführen (Protokollierung der Bewässerungsvorgänge je Brunnen). Hierbei können die von den Landwirten erhobenen Daten regelmäßig direkt in die Online-Datenbank eingetragen werden, zum Beispiel in Form einer App, von welcher die Daten jederzeit abgerufen und ausgewertet werden können. Dies ist mit einem im Vergleich zur bisherigen Praxis höheren Verwaltungsaufwand seitens der Landwirte verbunden, besonders, wenn die Fördermengen nach Brunnen getrennt („brunnenscharf“) zu melden sind.

Alternativ besteht die Möglichkeit, die vorhandenen Betriebsstundenzähler an den von den Landwirten eingesetzten Pumpaggregaten durch moderne, netzwerkfähige Betriebsstundenzähler beziehungsweise Steuermodule auszutauschen, die den Zählerstand per Telekommunikation selbstständig in die Online-Datenbank übertragen. So sind zum Beispiel die Pumpaggregate im

Pilotgebiet Worms-Ibersheim mit Steuereinheiten der Fa. ELCOS ausgerüstet. Die modernsten dieser Geräte verfügen über ein GSM-Modem und können somit über das Mobilfunknetz zum Beispiel per App überwacht und gesteuert werden. Mit einer Einbindung der gesendeten Daten in eine Online-Datenbank wäre hier ein zentraler Zugriff möglich, sofern eine Kompatibilität seitens der Hersteller mitgetragen wird.



Abb. 4 Pumpenaggregat der Fa. Bauer mit integriertem Steuermodul (mittig im Bild); Quelle: <https://www.bauer-at.com/wp-content/uploads/Dieselpumpaggregat2-768x512.jpg> (02.05.2024)



Abb. 5 Pumpaggregat der Fa. Hofmann älterer Bauart ohne Steuermodul bei Nauheim (2023)

Als entscheidendes Hindernis ist, bezogen auf das gesamte Landesgebiet Rheinland-Pfalz, die große Anzahl unterschiedlicher verwendeter Aggregate zu sehen. Hier kommen Aggregate mit Diesel- oder Elektromotoren verschiedenster Hersteller und verschiedenstem Alterszustand zum Einsatz. Es ist davon auszugehen, dass ein einheitlicher technischer Standard hier in absehbarer Zeit nicht erreicht werden kann.

Die Aufrüstung mit funkfähigen Betriebsstundenzählern oder Steuermodulen und das Einbinden von Systemen verschiedener Hersteller in ein zentrales Datenmanagement erfordert individuelle Lösungen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus der Tatsache, dass Pumpaggregate mobil sind und in den Verbandgebieten je nach Erfordernis an den unterschiedlichsten Brunnenstandorten zum Einsatz kommen. Durch eine automatische Übertragung der Zählerstände können daher nur die Gesamtfördermengen erfasst werden, eine genaue Zuordnung zu den Brunnen ist ohne Weiteres nicht möglich. Hierfür ist zusätzlich eine Standortübertragung per GPS und eine Zuordnung des übermittelten Standortes zu einem Brunnen notwendig. Die Pumpaggregate verfügen grundsätzlich nicht über ein eigenes GPS-Modul, sodass auch hier eine Aufrüstung erforderlich wäre.

Anlage 2.1 enthält ein Schaubild bezüglich der genannten Möglichkeiten bei einer Mengenerfassung mit Betriebsstundenzähler. Nachfolgend sind die genannten Vor- und Nachteile dieser Variante zusammengefasst (Tab. 1).

Tab. 1 Vor- und Nachteile Variante 1

Vorteile	Nachteile
+ Fernübertragung per Funk möglich	- Ermittlung der Fördermengen nur schätzungsweise anhand Betriebsstunden, keine direkte Messung
+ Geringer Ressourcenbedarf (Grundausrüstung vorhanden)	- Keine einheitliche technische Lösung aufgrund der hohen Anzahl unterschiedlicher Arten der Stromversorgung
+ Geringe Anschaffungskosten (keine Durchflussmessgeräte benötigt)	- Händische Zuordnung der Betriebsstunden zum jeweiligen Brunnen durch den Landwirt, keine externe Kontrolle möglich (oder Zusatzkosten durch GPS)
	- Händische Erfassung der Betriebsstunden bei Nichtempfang der Daten

Weiterhin enthält Tab. 2 eine Kostenschätzung (Einheitspreise) für die Variante 1.

Tab. 2 Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 1

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Handablesung Betriebsstunden	* 0,- €	psch
Steuermodul mit Funksteuerung	1.000,- €	stk
Funk-Betriebsstundenzähler	300,- €	stk
GPS-Tracker, batteriebetrieben	350,- €	stk

* Die Betriebsstunden müssen regelmäßig vom Landwirt abgelesen und dem jeweiligen Brunnen zugeordnet gemeldet werden.

Die Kosten für ein neues Pump- oder Antriebsaggregat variieren zwischen rd. 5.000 € und 20.000 €.

4.2 Variante 2: Mengenerfassung mit fest installierter Messeinrichtung

An Standorten mit fest installierten Brunnenpumpen (Brunnenschächte mit Unterwassermotorpumpen, BLW-Pumpen, etc.) ermöglicht der Einbau von fest installierten Wasserzählern eine direkte und genaue Messung der Brunnenfördermengen. Hierbei können mechanische und digitale Wasserzähler unterschieden werden. Mechanische Wasserzähler, auch Wasseruhr genannt, erfassen das durchflossene Wasservolumen mithilfe von durch den Förderstrom angetriebenen Flügelrädern oder Ringkolben innerhalb des Zählergehäuses. Hierüber können Fließgeschwindigkeit und das durchflossene Volumen ermittelt werden. Mechanische Wasserzähler sind kompakt, können grundsätzlich ohne Strom betrieben werden und sind im Vergleich zu digitalen Wasserzählern kostengünstig. Als Nachteil ist zu nennen, dass die Messgenauigkeit mechanischer Wasserzähler stark von der Einbausituation abhängig ist. Turbulente Strömungen sowie Lufteinschlüsse in der Rohrleitung können zu deutlichen Messfehlern führen. Um dies auszugleichen, sind mechanische Wasserzähler bevorzugt in geraden Leitungsabschnitten zu verbauen. Mindesteinlauf- sowie Mindestauslaufstrecken von etwa dem 5- bis 10-fachen Rohrdurchmesser sind einzuhalten, um eine genaue Messung zu ermöglichen. Diese Anforderung macht den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis schwierig. Die Platzverhältnisse in bestehenden Schachtbauwerken sind der Regel stark begrenzt (Abb. 3), denn in der Landwirtschaft werden Brunnenschächte meist nur mit geringen Durchmessern von 800 bis 1.000 mm hergestellt. Ein Einbau mechanischer Wasserzähler in die bestehende Leitungssituation nach den anerkannten Regeln der Technik ist daher voraussichtlich nur im Einzelfall möglich.



Abb. 6 Mechanischer Wasserzähler - Festinstallation in Schachtbauwerk bei Mecktersheim mit gerader Ein- und Auslaufstrecke; Quelle: envi-systems (2023)

Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus dem zu erwartenden Verschleiß der Messeinrichtung. Da aus den Beregnungsbrunnen Rohwasser ohne vorherige Aufbereitung gefördert wird, sind mechanische Wasserzähler verstärkten Verschleißprozessen ausgesetzt. So führen Sand und Schwebstoffe im Förderstrom zu einem Abrieb der inneren Bauteile, gegebenenfalls setzen sich gelöstes Eisen und Mangan durch den Kontakt mit Sauerstoff an turbulenten Strömungsbereichen wie zum Beispiel am Flügelrad ab, wodurch mit einer graduellen Verockerung des Wasserzählers zu rechnen ist. Mit zunehmendem Verschleiß steigt die Ungenauigkeit der Messung. Vom Wasserzähler werden dann geringere Fördermengen aufgezeichnet als tatsächlich entnommen werden.

Mechanische Wasserzähler können mit Reed-Kontaktgebern ausgestattet werden, welche die Anzahl der Umdrehungen als elektrischen Impuls weitergeben. Über einen Datenlogger und ein integriertes oder externes Funkmodul wird eine digitale Übertragung der Messdaten ermöglicht. Der Energiebedarf kann über eine externe Stromversorgung, falls vorhanden, oder über einen Batteriebetrieb gesichert werden. In Abhängigkeit des Übertragungsintervalls sind heutzutage Batterielebensdauern von mehreren Jahren problemlos erreichbar.

Die Alternative zu mechanischen Wasserzählern stellen digitale Wasserzähler dar. Batterien für digitale Wasserzähler erreichen heutzutage hohe Batterielaufzeiten von bis zu 20 Jahren. Die Messung des Förderstroms erfolgt hier in der Regel kontaktlos per Ultraschall oder magnetisch-

induktiv, wodurch mechanischer Verschleiß minimiert wird. Die mittlerweile auf dem Markt verfügbaren Messgeräte bieten zudem eine hohe Toleranz gegenüber den verschiedensten Einbausituationen sowie eine hohe Messgenauigkeit auch bei stark variierenden Durchflussmengen. Im Rohwasser mitgeführte Stoffe haben in der Regel keine Auswirkungen auf die Messgenauigkeit. Mindesteinlauf- und Auslaufstrecken sind je nach Modelltyp gegenüber mechanischen Zählern deutlich reduziert oder teilweise gar nicht mehr erforderlich (bei gleicher Dimensionierung von Zähler zu Rohrdurchmesser).



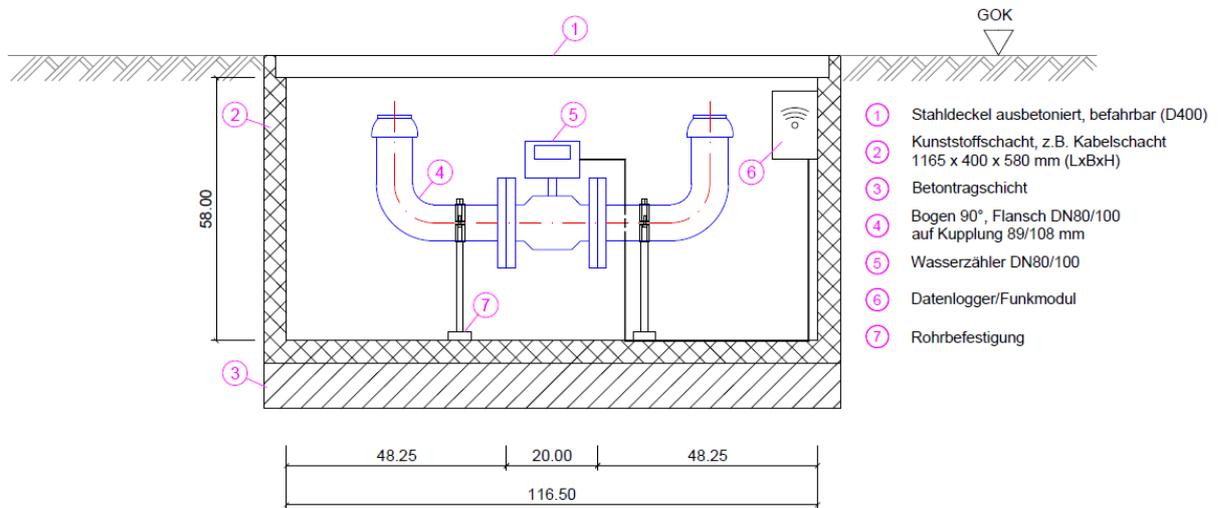
Abb. 7 Digitaler Wasserzähler - Festinstallation in Brunnenschacht bei Groß-Gerau (Quelle: BGS UMWELT 2023)

Die Messgeräte für den Einsatz bei Leitungsdurchmessern von 80 bis 200 mm verfügen über Einbaulängen zwischen 20 und 30 cm und können mit vergleichsweise geringem Arbeitsaufwand auch in bestehenden Brunnenschächten durch ein Trennen der vorhandenen Leitung fest verbaut werden. Der Einsatz in Verbindung mit einem Funk- und GPS-Modul wirkt sich nicht auf die Einbaulänge des Messgerätes aus, da diese entweder als Aufsatz auf dem Messgerät aufsitzen oder extern zum Beispiel an der Schachtwand befestigt werden können. Dennoch ist eine Betrachtung der individuellen Einbausituation an den jeweiligen Brunnenstandorten und bei beengten Platzverhältnissen eine Anpassung der bestehenden Leitungen unumgänglich.

Hinsichtlich Lebensdauer und Qualität der Messdaten wird aufgrund der erschwerten Randbedingungen im landwirtschaftlichen Bereich der Einsatz digitaler Wasserzähler empfohlen.

Zum Schutz vor Diebstahl und Beschädigungen durch den landwirtschaftlichen Betrieb sollte eine Festinstallation nur in geschlossenen Bereichen wie Brunnenschächten oder vergleichbaren Bauwerken eingesetzt werden. Bei vorhandenen Brunnen ohne ein entsprechendes Bauwerk, wie zum Beispiel den Saugbrunnen im Verbandsgebiet Worms-Ibersheim, wäre der Einbau fest installierter Messtechnik in Verbindung mit der Herstellung eines Messschachts in unmittelbarer Nähe zum Brunnen möglich. Ein solcher Messschacht kann mit geringer Tiefe und für den landwirtschaftlichen Verkehr befahrbar zum Beispiel als Kunststoffschacht hergestellt werden. Mögliche Ausführungen für einen kompakten Messschacht sind nachfolgend dargestellt.

Messschacht, außer Betrieb



Messschacht, in Betrieb

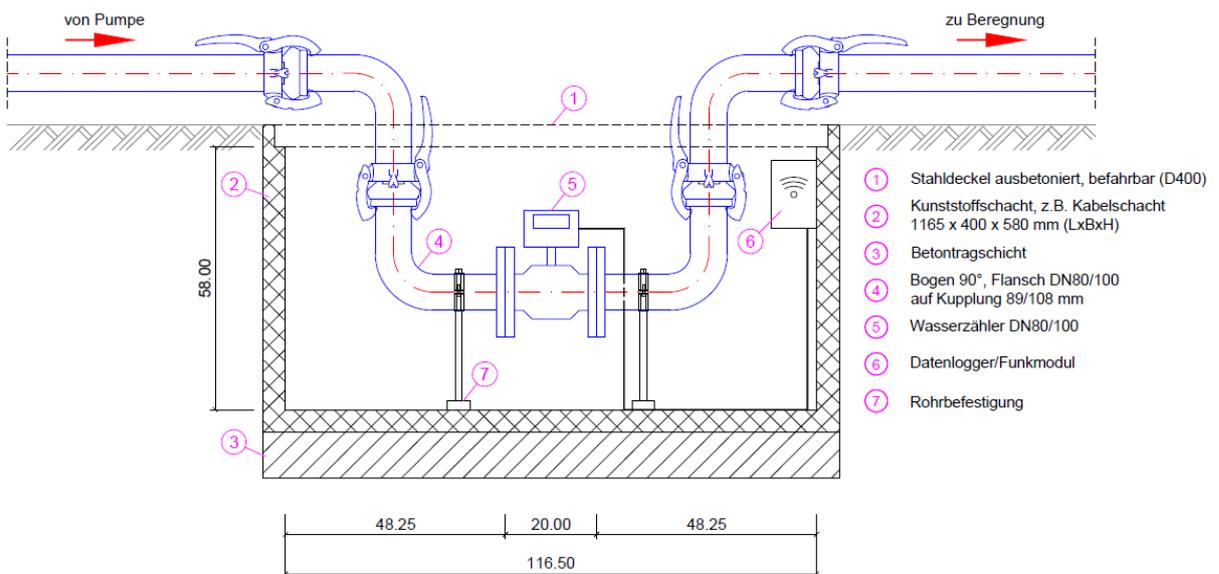
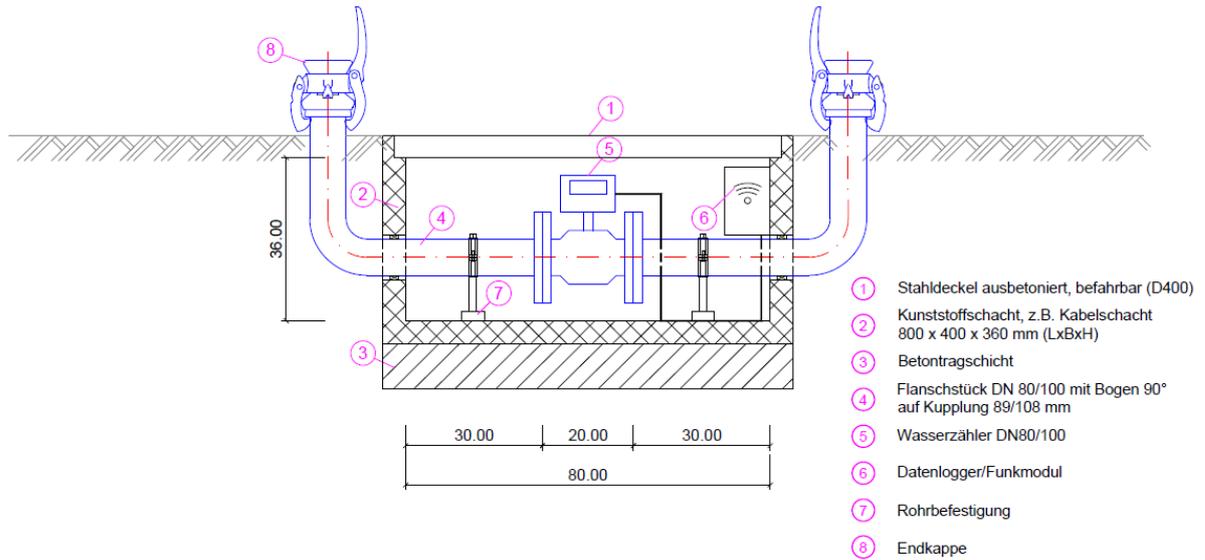


Abb. 8 Messschacht mit fest installiertem Durchflussmessgerät (Betrieb nur mit geöffnetem Deckel)

Bei der Ausführung entsprechend Abb. 8 ist der Messschacht, wenn außer Betrieb, vollständig für den landwirtschaftlichen Verkehr befahrbar. Ein Anschluss der Bewässerungsleitung für den Betrieb ist nur bei geöffnetem Deckel möglich. Zur Erhöhung der Diebstahlsicherheit bietet sich als Alternative eine Ausführung gemäß Abb. 9. Hierbei ist ein Anschluss der Bewässerungsleitung und der Betrieb des Wasserzählers bei geschlossenem Deckel möglich, die Rohranschlüsse liegen an der Geländeoberkante. Das System ist daher nicht grundsätzlich befahrbar. Hierzu wäre eine zusätzliche Sicherung der Leitungsanschlüsse notwendig, zum Beispiel mithilfe von Betonschutzrohren.

Messschacht, außer Betrieb



Messschacht, in Betrieb

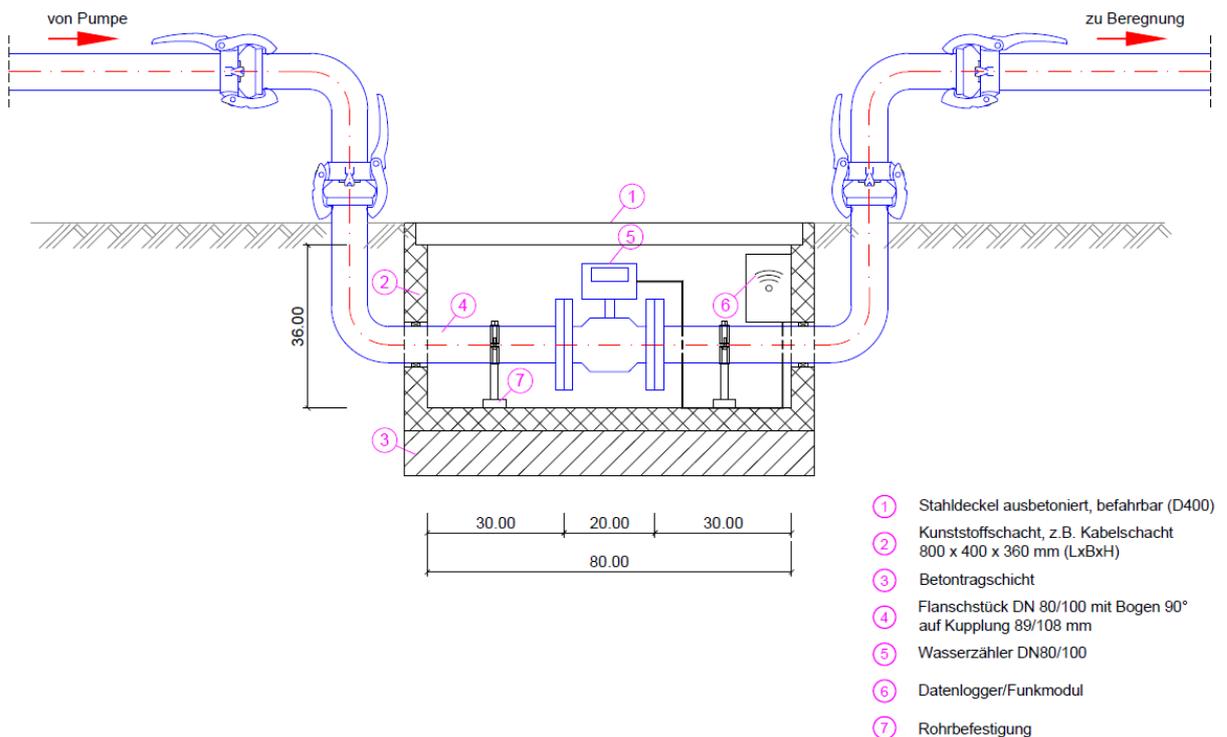


Abb. 9 Messschacht mit fest installiertem Durchflussmessgerät (Betrieb bei geschlossenem Deckel)

Anlage 2.2 enthält ein Schaubild, wie ein Messschacht in vorhandene Bewässerungssysteme eingegliedert werden kann (Beispiel Saugbrunnen und BLW-Brunnen). Es ist zu beachten, dass bei Saugbrunnen die Messung des Förderstroms immer auf der Druckseite der Pumpe erfolgen muss, da eine Messung auf der Saugseite aufgrund der turbulenteren Strömung und Lufteinträgen im Saugrohr beeinträchtigt wird.

Für den Einbau unterhalb der Geländeoberkante beziehungsweise in Schachtbrunnen sollten nur überflutungssichere Messgeräte in druckwasserdichter Ausführung (Schutzklasse IP68) zum Einsatz kommen.

Auch bei der Variante 2 ist eine händische Protokollierung der Fördermengen als Alternative zu einer Fernübertragung möglich. Durch das Einsparen der für die Fernübertragung notwendigen Technik werden die Investitionskosten verringert, was jedoch mit einem erhöhten Verwaltungsaufwand seitens der Landwirte einhergeht. Der betriebliche Aufwand für die Landwirte ist bei dieser Variante gering. Vor Beginn eines Bewässerungsvorgangs ist hier lediglich der Leitungsanschluss an den Messschacht herzustellen.

Vor- und Nachteile der Variante 2 werden nachfolgend zusammengefasst (Tab. 3.):

Tab. 3 Vor- und Nachteile Variante 2

Vorteile	Nachteile
+ Fernübertragung per Funk möglich	- Hohe einmalige Anschaffungskosten
+ Hohe Messgenauigkeit (direkte Messung Fördermenge)	- Händische Erfassung der Zählerstände bei Nichtempfang der Daten
+ Mengentnahme pro Brunnen 1:1 zuzuordnen	
+ Geringer Ressourcenbedarf (Lebensdauer digitale Wasserzähler bis 20 Jahre)	
+ Widerspruchs-Management (durch Nutzung des Datenspeichers)	

Eine Kostenschätzung (Einheitspreise) für die Variante 2 unter Berücksichtigung verschiedener Anschlussgrößen ist in der nachfolgenden Tab. 4 enthalten.

Tab. 4 Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 2

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Messtechnik		
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 80	300,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 100	400,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 150	800,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 200	1.200,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 80	1.500,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 100	2.000,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 150	2.500,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 200	3.000,- €	stk
Einbau in vorh. Schachtbauwerk		
vorh. Leitung trennen	200,- €	psch
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 80	300,- €	stk
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 100	400,- €	stk
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 150	500,- €	stk
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 200	800,- €	stk
Herstellung Messschacht		
Erdarbeiten, Herstellen Betonfundament	300,- €	psch
Kunststoffschacht, Abmessungen ca. 1165x400x580 mm, befahrbar bis Klasse D400	1.000,- €	stk
Flansch DN 80 auf Schnellkupplung 89 mm inkl. Bogen 90°, Stahl verzinkt	200,- €	stk
Flansch DN 100 auf Schnellkupplung 108 mm inkl. Bogen 90°, Stahl verzinkt	250,- €	stk
Rohrdurchführungen dichten	200,- €	stk

4.3 Variante 3: Mengenerfassung mit mobiler Messeinrichtung

Bei einer Festinstallation entspricht die Anzahl benötigter Messeinrichtungen der Anzahl der zu überwachenden Brunnen. Um die Anzahl benötigter Messeinrichtungen und damit die Kosten zu reduzieren, könnte alternativ die Messung mit einem mobilen Gerät in einer Transportbox (zum Beispiel Alu-Riffelblech) oder innerhalb eines Schutzrahmens oder Tragegestells aus Stahl erfolgen. Mit dieser Vorgehensweise können mit einem einzelnen Wasserzähler mehrere Brunnenstandorte überwacht werden und die Anzahl der benötigten Messeinrichtungen richtet sich lediglich nach der maximalen Anzahl gleichzeitiger Berechnungsvorgänge. Die mobile Messeinrichtung würde in diesem Fall ebenso wie Pump- oder Antriebsaggregate zu den jeweiligen

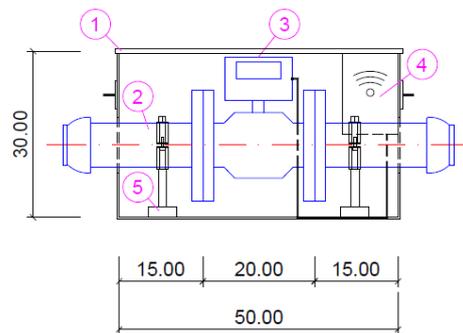
Brunnenstandorten transportiert und für den Berechnungsvorgang in die Bewässerungsleitung integriert. Da sowohl mechanische als auch digitale Wasserzähler im Messbetrieb anfällig für Vibrationen und Erschütterungen sind, ist eine Installation von Messgeräten direkt auf Pump-Aggregaten nicht zu empfehlen. Um die Messdaten einzelnen Brunnenstandorten zuordnen zu können, ist für diese Variante im Falle einer Fernübertragung eine Aufzeichnung des Gerätestandortes per GPS vorzusetzen.



Abb. 10 Magnetisch-induktiver Durchflussmesser mit Tragegestell

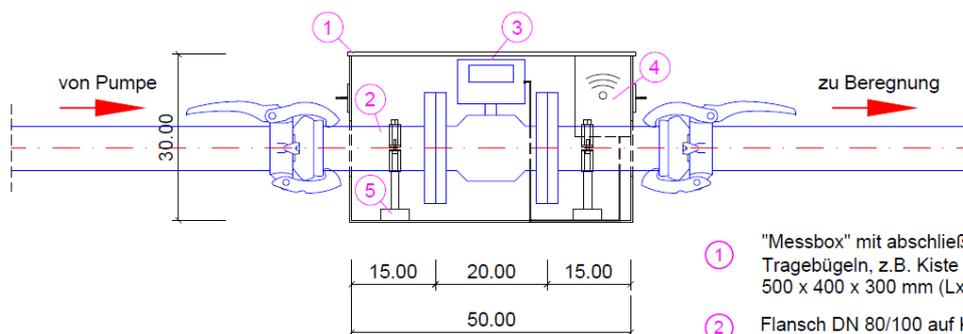
Die Variante 3 ist für alle schachtlosen Bauarten geeignet. Als maßgebliche Nachteile dieser Variante ist das erhöhte Risiko gegenüber Beschädigungen beim regelmäßigen Transport und gegenüber Diebstahl während des laufenden Betriebs zu nennen. Da mechanische Messgeräte deutlich anfälliger gegen Beanspruchungen sind und die erforderlichen Messstrecken die Abmessungen nochmals deutlich vergrößern, ist für diese Variante ebenfalls eine Ausführung mit digitalen Wasserzählern zu empfehlen. Verwendete Messgeräte sollten staub- und wasserdicht sein und mindestens der Schutzklasse IP 65 entsprechen. Zum Schutz der empfindlichen Geräte im täglichen Einsatz bietet eine Ausführung mit abschließbarer Transportbox einen Vorteil gegenüber einem offenen Gestell. Die Kupplungen im Ein- und Auslauf der Messeinrichtung können gegebenenfalls mit einer zusätzlichen Diebstahlsicherung versehen werden. Die mögliche Ausführung einer transportablen „Messbox“ ist nachfolgend beispielhaft dargestellt (Abb. 11).

Messbox, außer Betrieb



- ① "Messbox" mit abschließbarem Deckel und Tragebügel, z.B. Kiste aus Alu-Riffelblech 500 x 400 x 300 mm (LxBxH)
- ② Flansch DN 80/100 auf Kupplung 89/108 mm
- ③ Wasserzähler DN80/100
- ④ Datenlogger/Funkmodul
- ⑤ Rohrbefestigung

Messbox, in Betrieb



- ① "Messbox" mit abschließbarem Deckel und Tragebügel, z.B. Kiste aus Alu-Riffelblech 500 x 400 x 300 mm (LxBxH)
- ② Flansch DN 80/100 auf Kupplung 89/108 mm
- ③ Wasserzähler DN80/100
- ④ Datenlogger/Funkmodul
- ⑤ Rohrbefestigung

Abb. 11 Transportable Messbox

Das Gewicht einer solchen Messbox beträgt ca. 25 bis 30 kg und kann daher nur von 2 Personen gehandhabt werden. Anlage 2.3 enthält ein Schaubild, wie die Variante 3 in vorhandene Bewässerungssysteme integriert werden kann (Beispiel Saugbrunnen und BLW-Brunnen).

BGS UMWELT hat einen vergleichbaren Messaufbau im Rahmen des Forschungsprojektes „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds zur Sicherung und Wiederherstellung naturverträglich genutzter feuchter Eichen-Hainbuchen-Wälder (SiZuRi)“ konzipiert und umgesetzt. Die Messung der Durchflussmengen erfolgt hier mithilfe eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts der Fa. Krohne, die Messdaten werden mithilfe eines Funkloggers an einen Datenserver übertragen. Zum Schutz der Messgeräte und weiterer Armaturen wurde die Messeinrichtung innerhalb einer Aluminiumkiste untergebracht (Abb. 12 und Abb. 13).



Abb. 12 Projekt SiZuRi - Aluminium-Kiste zum Schutz der Messeinrichtung; Quelle: BGS UMWELT (2021)

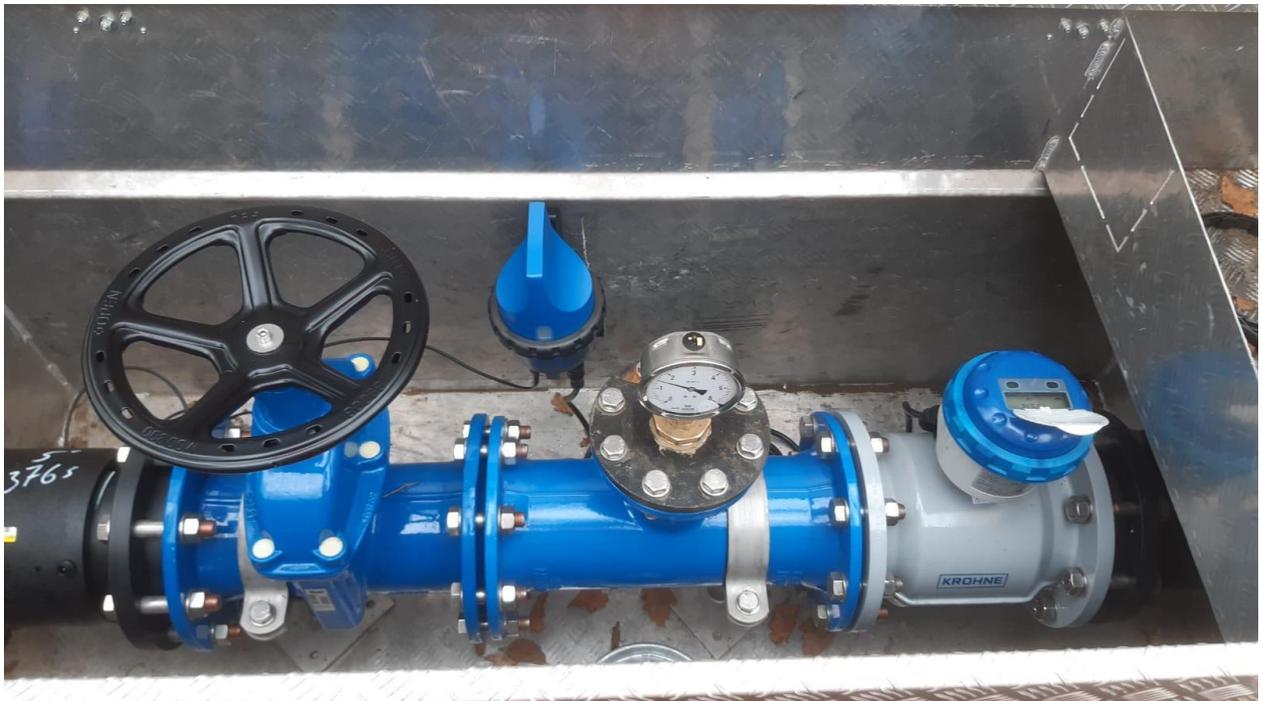


Abb. 13 Projekt SiZuRi - Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät (im Bild rechts) und Funklogger (an Innenwand montiert); Quelle: BGS UMWELT (2022)

Aufgrund der angeschlossenen Leitungsgröße und zusätzlicher verbauter Armaturen ist der dargestellte Aufbau nicht transportfähig, folgt aber dem gleichen Prinzip wie die beschriebene Messbox gemäß Abb. 11. Betriebserfahrungen können daher beispielhaft herangezogen werden. Die Messeinrichtung ist seit Ende 2021 bei Gernsheim am Rhein im Außenbereich im Einsatz und läuft bisher störungsfrei, die Messdaten (Durchflussrate und Zählerstand sowie Batteriestand) werden vor Ort alle 15 Minuten erfasst und einmal stündlich auf einen Datenserver übertragen. Bei dieser Übertragungsrate verfügt das Durchflussmessgerät über eine Batterielaufzeit von bis zu 10 Jahren. Trotz geringen Netzempfangs am Einsatzort, der sich innerhalb eines Waldgebietes befindet, erfolgte auch die Datenübertragung bisher ohne Zwischenfälle.

Ein weiteres Beispiel wurde bei der Mülheimer Tagung 2022 in Mülheim am 03.03.2021 vorgestellt. Für den Bewässerungsverband Griesheim wurde vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen eine transportable Messbox konzeptioniert. Diese besteht aus einer Edelstahlbox, in der ein Ultraschall-Durchflussmessgerät, ein ferngesteuertes Steuerventil sowie ein Drucksensor verbaut sind. Die Datenübertragung erfolgt mithilfe eines LoRa/GPS-Funkmoduls. Die Messbox ist in Abb. 14 dargestellt.



Abb. 14 Transportable Messbox (Edelstahlgehäuse), Quelle: Ralph Scheyer, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Optimierte Wasserbereitstellung durch ein Online-Wasserzählsystem; Mülheimer Tagung 2022; Mülheim (03.03.2022)

Der betriebliche Aufwand bei Variante 3 ist höher als bei Variante 2. Die transportable Messbox muss sicher transportiert und an jedem Brunnenstandort vor Beginn der Bewässerung gemeinsam mit den Bewässerungsleitungen aufgebaut werden. Die Langlebigkeit der Messeinrichtung ist gegenüber der Variante 2 als stark reduziert einzuordnen.

Tab. 5 stellt die Vor- und Nachteile der Variante 3 zusammen:

Tab. 5 Vor- und Nachteile Variante 3

Vorteile	Nachteile
+ Fernübertragung per Funk möglich	- Hohe mechanische Belastung durch regelmäßigen Auf- und Abbau sowie Transport
+ Deutliche geringere Anzahl and Zählern benötigt (geringere Anschaffungskosten)	- Händische Erfassung der Zählerstände bei Nichtempfang der Daten
+ Hohe Messgenauigkeit (direkte Messung Fördermenge)	- Hoher Aufwand für den Landwirt (Anschluss vor jeder Bewässerung, Transport, Zuordnung, Instandhaltung)
+ Mengentnahme pro Brunnen 1:1 zuzuordnen	- Hohes Transportgewicht (25-30 kg)
+ Geringer Ressourcenbedarf (Zählerwechsel i.d.R. alle 18 Jahre)	- 2 Personen für Transport und Einbau notwendig
+ Widerspruchs-Management (durch Nutzung des Datenspeichers)	

Bei Beregnungsnetzen ist die Installation fester Messeinrichtungen direkt an den Brunnenstandorten und vor einer Einspeisung in das Beregnungsnetz zur Erfassung der individuellen Brunnenfördermengen zu bevorzugen.

Eine Kostenschätzung (Einheitspreise) für die Variante 3 unter Berücksichtigung verschiedener Anschlussgrößen ist in der nachfolgenden Tab. 6 enthalten.

Tab. 6 Kostenschätzung - Einheitspreise Variante 3

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Messtechnik		
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 80	300,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 100	400,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 150	800,- €	stk
Mechanischer Wasserzähler, Schutzklasse IP 68, DN 200	1.200,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 80	1.500,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 100	2.000,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 150	2.500,- €	stk
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 200	3.000,- €	stk
GPS-Tracker, batteriebetrieben	350,- €	stk
Mobile Messbox		
Alu-Riffelblech-Kiste, Abmessungen ca. 500x400x300 mm, verschließbar	200,- €	stk
Flansch DN 80 auf Schnellkupplung 89 mm, Stahl verzinkt	100,- €	stk
Flansch DN 100 auf Schnellkupplung 108 mm, Stahl verzinkt	150,- €	stk
Rohrdurchführungen herstellen	50,- €	stk

5 Datenübertragungstechnik

5.1 GSM/GPRS

Hierbei wird das herkömmliche Handynetz der jeweiligen Betreiber (Telekom, Vodafone, O2) zur Datenübermittlung genutzt. In Regionen ohne Handyempfang können keine Funkprotokolle übermittelt werden.

Tab. 7 Vor- und Nachteile GSM/GPRS

Vorteile	Nachteile
+ Netzwerk steht bereit	- Zusatzmodul am Zähler notwendig
+ geringe Kosten für Datenübermittlung	- belastet Akkuleistung des Zählers
+ keine Zusatzsoftware nötig	- kein IP68 (nicht druckwasserdicht)
	- wenn keine Netzabdeckung möglich müssen Zählerstände händisch erfasst werden

Tab. 8 Kostenschätzung - Einheitspreise GSM/GPRS

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
GSM-Karte	25,- €	stk
Nutzungsgebühr jährlich	60,- €/a	stk

5.2 Walk- / Drive-by

Die vom elektronischen Wasserzähler gemessenen Zählerstände werden über ein wM-Bus-Funkprotokoll in kurzen Zeitintervallen (i.d.R. alle 15-25 Sek.) versendet. Die Reichweite der Funkprotokolle beträgt i.d.R. rund 150 m. Die Empfangsquoten liegen meist bei annähernd 100%. Im empfangenen Funkprotokoll wird der Zeitstempel, der aktuelle Zählerstand, der Zählerstand des letzten Monat-Stichtags (31.12., 31.01., 28.02., 31.03. etc.) übertragen. Empfangen und entschlüsselt werden die Funkprotokolle über eine Antenne/Empfangseinheit sowie eine i.d.R. Hersteller-spezifische Auslesesoftware.

Tab. 9 Vor- und Nachteile Walk- / Drive-by

Vorteile	Nachteile
+ 100% Empfangsquote	- erheblicher Auslese-Aufwand durch Ablaufen bzw. Abfahren aller Zähler
+ stichtagsgenaue Zählerstände	- kostenpflichtige Auslesesoftware des jew. Zählerherstellers erforderlich
+ Wasserförderungsbilanz direkt nach Auslesung möglich	

Tab. 10 Kostenschätzung - Einheitspreise Walk- / Drive-by

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Zusatzsoftware des Zählerherstellers (bis 250 Zähler)	1.200,- €	psch
Nutzungsgebühr jährlich	1.200,- €/a	psch

Die Kosten für die Zusatzsoftware des Zählerherstellers ist in der Regel abhängig von der Zähleranzahl (Angabe Tab. 10 für bis zu 250 Zähler). Für die Ablesung ist ein erheblicher betrieblicher beziehungsweise personeller Aufwand erforderlich.

5.3 LoRa

LoRa-WAN steht für Long Range Wide Area Network und ist ein Low-Power-Wireless-Netzprotokoll, das ein energieeffizientes Senden von Daten über lange Strecken ermöglicht.

Die über LoRa-WAN übertragenen Funkprotokolle weisen eine große Reichweite auf. In der Praxis wurden gute Empfangsquoten der Wasserzähler (Schacht = Verbau im Keller) in Entfernungen von 1.500 bis 2.000 m ermittelt. Zum Empfang müssen entsprechende Antennen/Gateways so aufgebaut werden, dass möglichst alle Zähler empfangen werden können. Ein hoher, exponierter Standort, der zudem über einen Stromanschluss verfügt, ist hierbei für eine hohe Empfangsquote von Vorteil. Die vom Gateway empfangenen Funkprotokolle werden zwischengespeichert und in konfigurierbaren Intervallen z.B. über eine GSM-Karte an den Applikation-Server des Funknetzbetreibers gesandt.

Tab. 11 Vor- und Nachteile LoRa

Vorteile	Nachteile
+ voller Einfluss auf Netzverfügbarkeit indem Antennen versetzt bzw. zusätzlich errichtet werden können	- Netzwerkaufbau muss eigenständig erfolgen, hoher Aufwand
+ sehr geringe Betriebskosten (Strom für Antenne + GSM-Karte)	- Strom für die Antennen muss vorhanden sein
+ Option: Vermietung des Netzwerkes an Externe (ggf. gegen Nutzungs-Entgelt)	- wenn keine Netzabdeckung möglich, müssen Zählerstände händisch erfasst werden
+ große Auswahl an Herstellern	
+ integrierte Datenkarte (IP68)	

Tab. 12 Kostenschätzung - Einheitspreise LoRa

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Netzplanung	10.000,- €	psch
Aufbau Antenne inkl. Gateway	2.500,- €	stk
Netzbetrieb (Strom, Datenübertragung) jährlich	2.000,- €/a	psch

5.4 NB-IoT

NB-IoT steht für NarrowBand IoT (Internet of Things). Auch hierbei handelt es sich um ein Low-Power-Wide-Area-Network-Funktechnologiestandard.

Insbesondere die Deutsche Telekom betreibt ein über ganz Deutschland gespanntes NB-IoT-Netzwerk. Hersteller von digitalen Wasserzählern nutzen mittels integrierter NB-IoT-Funkkarten dieses existierende und vom Betreiber bereitgestellte Netzwerk. Für die Nutzung erheben die Zählerhersteller eine entsprechende Nutzungsgebühr. In Regionen, in denen dieses Netzwerk nicht bzw. nur eingeschränkt zur Verfügung steht, können NB-IoT-Zähler ihre Funkprotokolle nicht übertragen. Mittels Zusatzantennen, die direkt am Zähler angebracht werden um das Funk-signal vom Schachtinneren direkt an den Schachtdeckel zu bringen, kann die Funckerreichbarkeit der jeweiligen Wasserzähler verbessert werden.

Tab. 13 Vor- und Nachteile NB-IoT

Vorteile	Nachteile
+ Netzwerk steht bereit	- Zusatzsoftware des Zählerherstellers erforderlich
+ sehr geringe Betriebskosten (integrierte Datenkarte)	- kein Einfluss auf Netzverfügbarkeit
+ integrierte Datenkarte (IP68)	- wenige Zählerhersteller unterstützen NB-IoT
	- wenn keine Netzabdeckung möglich ist, müssen Zählerstände händisch erfasst werden

Tab. 14 Kostenschätzung - Einheitspreise NB-IoT

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Zusatzsoftware des Zählerherstellers (bis 250 Zähler)	2.500,- €	psch
Nutzungsgebühr jährlich	2.500,- €/a	psch

Die Kosten für die Zusatzsoftware des Zählerherstellers ist in der Regel abhängig der Zähleranzahl (Angabe Tab. 14 für bis zu 250 Zähler).

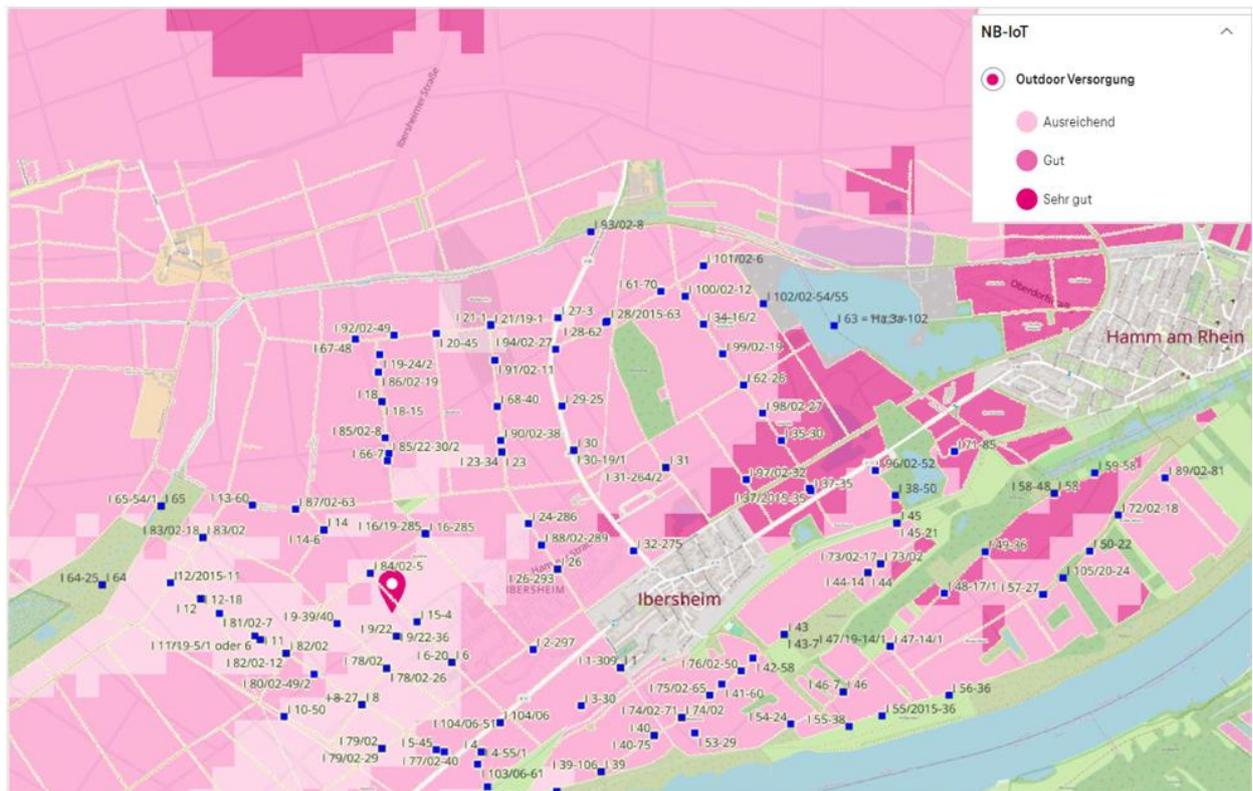


Abb. 15 Netzabdeckung gemäß Telekom für das Gebiet Worms-Ibersheim (Quelle: <https://t-map.telekom.de/tmap2/mobileiot>)

6 Datenmanagement

Für das Datenmanagement soll ein Online-Monitoringsystem (Abb. 16) angestrebt werden, dass der Erfassung, Verwaltung und Auswertung von Zählerständen sowie deren Infocodes dient.

Datenmanagement

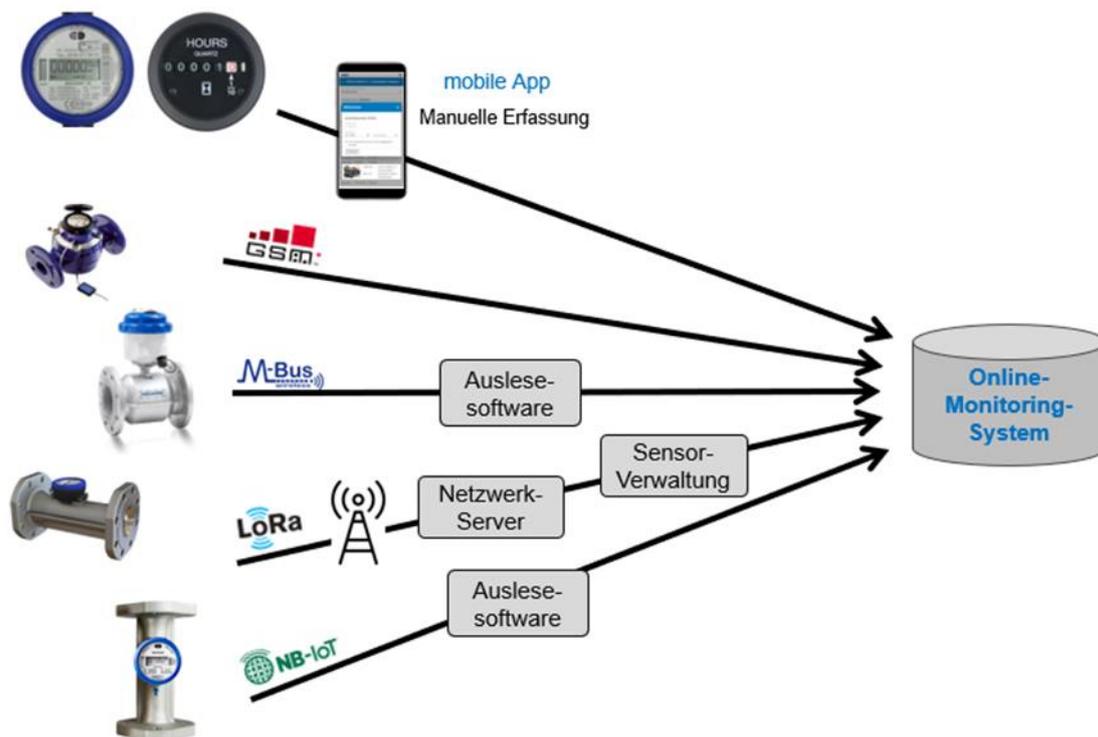


Abb. 16 Prinzip-Skizze Datenübertragung (manuell oder automatisch) auf einen Datenserver (Online-Monitoring-System)

Es soll dabei die folgenden Funktionalitäten bereitstellen:

- Erfassen beziehungsweise Importieren aller Zählerstände und Infocodes
 - über wM-Bus-Funkprotokoll (walk-/drive-by) bzw. NB-IoT: Unterstützung der entsprechenden Export-Schnittstellen über die Auslesesoftware des jeweiligen Zählerherstellers
 - Unterstützung eines automatisierten Importprozesses der Zählerprotokolle, die über das jeweilige Netzwerk übermittelt wurden

- Kontrolle der Einbausituation der Zähler über Infocodeauswertung möglich
 - Eine „Trocken“-Meldung des Zählers weist auf einen nicht eingebauten Wasserzähler hin. Dies kann insbesondere im Spätherbst dazu genutzt werden, um noch nicht ausgebaute Zähler zu identifizieren
 - Eine „Rückfluss“-Meldung weist auf einen Wasserzähler hin, der entgegen der vorgegebenen Fließrichtung falsch eingebaut wurde
- Auswerten der ermittelten Mengen/Verbräuche über Diagramme, Listen/Exporte oder räumlich über ein integriertes GIS-Fenster
- Eine reine Web-Anwendung sollte zum Einsatz kommen, sodass ein sicherer und ortsunabhängiger Zugriff auf alle Daten ermöglicht wird

Für das Online-Monitoring-System fallen einmalige Kosten für die Einrichtung (unabhängig der Anzahl an ausgelesenen Zählern) sowie jährliche Kosten für die Bereitstellung des Servers inklusive laufender Serverkosten, Wartung des gesamten Servers (Betriebssystem, Datenbank, Firewall, Virenschutz), Installation und Bereitstellung der Software inklusive Aktualisierungen, regelmäßige Datenbankaktualisierungen und -sicherungen an.

Gemäß DSGVO muss mit dem jeweiligen Anbieter des Online-Monitoring-System, da es sich hierbei um eine Cloud-Lösung handelt, 2 Verträge abgeschlossen werden. Diese Verträge nennen sich „Software as a Service“ (kurz SaaS)- und Auftragsverarbeitungsvertrag. Musterverträge hierzu sind als Anlage 3 beigefügt.

Sofern keines der existierenden Online-Monitoring-Systeme alle erforderlichen Funktionen und Schnittstellen abdecken sollte, sind Aufwände und Kosten für Spezialentwicklungen zusätzlich einzukalkulieren.

Tab. 15 Kostenschätzung - Online-Monitoring-System

Beschreibung	Einheitspreis	Einheit
Einrichtung und Bereitstellung (unabhängig von Zähleranzahl), einmalig	60.000,- €	psch
Betrieb Server, Datenbank und Monitoring-System, jährlich	20.000,- €/a	psch

7 Bewertung

Als günstigste Variante verbleibt die Mengenerfassung über die bereits großflächig vorhandenen Betriebsstundenzähler, zum Beispiel bei einer Erweiterung der bisherigen Vorgehensweise (Ablesung durch die Landwirte) durch das Bereitstellen einer App zur Übertragung der Zählerstände in ein zentrales Datenmanagement. Hier ist der Aufwand gering. Ein Umbau der eingesetzten Pumpaggregate durch den Einsatz von Betriebsstundenzählern mit Datenfernübertragungstechnik hingegen wird aufgrund der vielfältigen eingesetzten Technik als nur schwer umsetzbar angesehen. Gegen diese Variante spricht im Allgemeinen der Verlust der Messgenauigkeit im Vergleich zu einer direkten Messung der Fördermengen sowie die fehlende Zuordnung zu einzelnen Brunnen und fehlende Kontrollmöglichkeiten im Vergleich zu einer automatisierten Übertragung.

Aufgrund der gegebenen Umstände mit vielen verschiedenen Brunnen, verschiedensten Altersstrukturen und der verstreuten Lage ist das sinnvollste System zur Erfassung der Entnahmemengen der verschiedenen Brunnen inklusive Protokollierung der jeweiligen Mengen der Einbau von digitalen Wasserzählern in Schachtbauweise an jedem Brunnen. Diese bieten eine hohe Messgenauigkeit (hohe Datenqualität) bei geringem betrieblichem Aufwand und erfüllen die IP68-Schutzklasse (staub- und druckwasserdicht) was in dieser rauen Umgebung zwingend von Nöten ist. Der Verbau in vorhandenen oder neu zu errichtenden Schächten bietet erhöhten Schutz sowohl gegenüber Witterung (z.B. Frost) als auch gegenüber mechanischen Beanspruchungen und Diebstahl. Die Variante ist allerdings mit hohen Investitionskosten verbunden. Kostenreduktionen sind bei einer oberirdischen Anordnung der Mengenumessungen gegeben. Dem stehen allerdings die deutlich höheren Risiken der unmittelbaren Einwirkung der Umwelteinflüsse bzw. durch Diebstahl gegenüber.

Als Variante mit geringeren Investitionskosten (aufgrund geringerer benötigter Anzahl an Messeinrichtungen) bei gleichbleibender Datenqualität sind mobile Messeinrichtungen zu nennen. Aufgrund des Einsatzes in der landwirtschaftlichen Umgebung ist hierbei jedoch nur von einer geringen Lebensdauer der Messtechnik und von entsprechenden wiederkehrenden Kosten auszugehen. Als Hauptgründe für die geringe Lebensdauer sind mechanische Beanspruchungen und ein entsprechend beschleunigter Materialverschleiß zu nennen, welche beim Transport und Versetzen der Messeinrichtungen auftreten. Hinzu kommt die Unhandlichkeit und das hohe Gewicht einer voll ausgerüsteten Messbox. Diese müsste jeweils mit mindestens zwei Personen versetzt werden. Ebenso ist auch hier das Diebstahlrisiko im Betrieb deutlich erhöht.

Aus fachtechnischer Sicht wird für ein auf langjährige und effiziente Nutzung ausgelegtes System die Variante 2 empfohlen. Hinsichtlich Datenübertragungstechniken bietet Tab. 16 eine vergleichende Bewertung der beschriebenen Varianten:

Tab. 16 Vergleich der Varianten - Datenübertragungstechnik

Variante / Bewertungskriterium	Kosten	Betrieblicher Aufwand	Robustheit / Langlebigkeit	Datenquantität	Datenqualität
Handablesung	o *	-	+	-	-
GSM/GPRS	+	+	o	+	+
walk-by / drive-by	o **	-	o	o	+
LoRa-WAN	-	o	-	+	+
NB-IoT	+	+	o	+	+

* Ablesung muss regelmäßig durch den Landwirt erfolgen

** Auslesung muss regelmäßig durchgeführt werden

Nach Tab. 16 ist eine Datenübertragung via NB-IoT (siehe Kap. 5.4) die zu empfehlende Variante, da aufgrund der vorgegebenen Infrastruktur des Gebietes Worms-Ibersheim das schon vorhandene Funknetz der Telekom mittels geeigneter elektronischer Wasserzähler und Online-Monitoring-Software einfach und effizient nutzbar ist. Das Netz ist komplett vorhanden und bietet grundsätzlich die Möglichkeit einer 100%-Auslesung. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, jederzeit mittels eines optischen Lesekopfs des jeweiligen Zählerherstellers (Zusatzkosten ca. 1.000€/St.) den Tagesspeicher (mit 460 Tageswerten, EEPROM) direkt am Zähler mittels der vorhandenen Software des Zählerherstellers auszulesen. Zur Auslesung via LoRa-Netzwerk ist die Stromversorgung vor Ort aufwändig herzustellen. Eine Auslesung im Walk-/Drive-By-Modus ist wegen des großen Personalbedarfes ebenso nicht zu empfehlen. Zusätzlich hat NB-IoT einen Vorteil gegenüber GSM/GPRS, da die benötigte Datenkarte von vorneherein fest im Zähler verbaut werden kann. Hierdurch erhält der Zähler mit NB-IoT eine höhere Schutzklasse (mind. IP67) und ist dadurch druckwasserdicht. Bei GSM/GPRS muss eine Karte von Hand in ein externes Rechenwerk gesteckt werden und ist dadurch nur spritzwassergeschützt (max. IP42), was den Anforderungen nicht genügt.

8 Umsetzungskonzept

Für eine mögliche Umsetzung erfolgt am Fallbeispiel des Pilotgebietes Worms-Ibersheim eine Kostenaufstellung entsprechend der nach Kap. 7 empfohlenen Vorzugsvariante. Für die Datenerfassung wird der Einsatz digitaler Wasserzähler als fest installierte Messeinrichtung innerhalb bestehender Schachtbauwerke (wo vorhanden) und innerhalb von neu zu errichtenden, befahrbaren Messschächten empfohlen. Als Datenübertragungstechnik wird NB-IoT gewählt. Die Kostenaufstellung erfolgt unter Berücksichtigung der vorhandenen Mengen und Anschlussgrößen gemäß den Beschreibungen in Kap. 3. Zum Vergleich wurde in Anlage 4 eine Kostenaufstellung für alle Varianten (1 bis 3) durchgeführt.

Tab. 17 Umsetzungskonzept – Variante 2 am Beispiel Worms Ibersheim (90 Brunnen)

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamtbetrag
Messtechnik				
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 80	89	Stk.	1.500,- €	133.500,- €
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 200	1	Stk.	3.000,- €	3.000 €
Einbau in vorh. Schachtbauwerk				
vorh. Leitung trennen	1	psch	200,- €	200,- €
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 200	2	Stk.	800,- €	1.600,- €
Herstellung Messschacht				
Erdarbeiten, Herstellen Betonfundament	89	psch	300,- €	26.700,- €
Kunststoffschacht, Abmessungen ca. 1165x400x580 mm, befahrbar bis Klasse D400	89	Stk.	1.000,- €	89.000,- €
Flansch DN 80 auf Schnellkupplung 89 mm inkl. Bogen 90°, Stahl verzinkt	178	Stk.	200,- €	35.600,- €
Rohrdurchführungen dichten	89	Stk.	200,- €	17.800,- €
Datenübertragungstechnik NB-IoT				
Zusatzsoftware des Zählerherstellers	1	psch	2.500,- €	2.500,- €
Nutzungsgebühr jährlich	1	psch	2.500,- €/a	2.500,- €/a
Online-Monitoring-System				
Einrichtung	1	psch	60.000,- €	60.000,- €
Betrieb Server und Datenbank jährlich	1	psch	20.000,- €/a	20.000,- €/a
Kosten, netto einmalig				369.900,- €
Kosten, netto jährlich				22.500,- €/a

9 Feldversuch

Um die Praxistauglichkeit zu testen, wird empfohlen, einen Feldversuch mit der Vorzugsvariante 2 durchzuführen. Ziel dieses Feldversuches soll es sein, die beschriebene Technik unter möglichst unterschiedlichen Randbedingungen im laufenden Betrieb zu testen. Dabei können Stärken und Schwächen erkannt und ggf. Verbesserungen vorgenommen werden, bevor das System in größerem Umfang umgesetzt wird. Voraussetzung für eine vergleichbare Datengrundlage ist, dass trotz unterschiedlicher Randbedingungen alle an dem Feldversuch beteiligten Brunnen nach dem gleichen Prinzip für Mess- und Datenübertragungstechnik ausgestattet werden. Die Umrüstung vorhandener mechanischer Zähler wird u.a. wegen des zu erwartenden erheblichen Aufwandes nicht empfohlen. Bei der gewählten Vorzugsvariante handelt es sich um bewährte Technik, welche in der Wasser- und Abwasserwirtschaft seit vielen Jahren zum Einsatz kommt. Es ist grundsätzlich von einem störungsfreien Betrieb auszugehen. Als kritisch für einen erfolgreichen Messbetrieb sind die Randbedingungen anzusehen, unter denen die Technik zum Einsatz kommen soll. Daher sollten in dem Feldversuch vor allem die folgenden Aspekte kritisch untersucht werden:

- Umsetzung Lösungsvariante mit verschiedenen Brunnenarten
- Einfluss örtlicher Randbedingungen
- Datenempfang (Netzabdeckung)

Anhand der Erfahrungen im Pilotgebiet Worms-Ibersheim sowie dem Pilotgebiet Ludwigshafen-Süd (BGS UMWELT, 2024) konnten 3 übergeordnete Brunnenarten identifiziert werden, an welchen die Umsetzung der technischen Lösungsvariante 2 getestet werden sollte:

- Saugbrunnen mit mobilem Pumpaggregat
- Schachtbrunnen mit Unterwassermotorpumpe
- Brunnen mit Bohrlochwellenpumpe (BLW-Brunnen)

Für Saug- und BLW-Pumpen sind Messschächte in Brunnennähe herzustellen. Die Lage der Messschächte ist dabei in Abstimmung mit dem betreibenden Landwirt an die örtlichen Gegebenheiten angepasst festzulegen, um einen störungsfreien Betrieb zu ermöglichen (z.B. durch ausreichend Abstand zwischen Brunnen und Messschacht für das Aufstellen und Anschließen des Pumpaggregats).

Bei vorhandenen Schächten sollten die Messeinrichtungen innerhalb der vorhandenen Schächte verbaut und dabei möglichst verschiedene Einbauszenarien abgedeckt werden (Einbau horizontal, vertikal, etc.). Bereits vorhandene, mechanische Messgeräte sollen ausgetauscht werden.

Abb. 15 zeigt die Netzabdeckung für NB-IoT im Pilotgebiet Worms-Ibersheim. Hier ist erkennbar, dass 3 unterschiedliche Bereiche bezüglich der Empfangsqualität unterschieden werden können. In einem Feldversuch sollten daher auch Bereiche mit vermeintlich geringer Netzabdeckung untersucht werden, um die Grenzen der Übertragungstechnik zu testen.

BGS UMWELT empfiehlt für die Durchführung des Feldversuches eine Umsetzung an 10 Brunnenstandorten je Brunnenart (insgesamt 30 Messeinrichtungen) in einem gemeinsamen

Pilotgebiet Worms-Ibersheim, Ludwigshafen-Süd und ggf. weiterer Projektgebiete, um eine angemessene Bandbreite an Randbedingungen abdecken und vergleichen zu können. Die Kosten für einen solchen Feldversuch werden nachfolgend abgeschätzt (Tab. 18).

Um Ausfällen vorzubeugen, sollen nicht weniger als 3 Brunnenstandorte je Brunnenart integriert werden. Grundsätzlich gilt, je mehr Brunnen im Rahmen des Feldversuches untersucht werden, desto höher ist der Informationsgewinn. Als Dauer für den Feldversuch soll zunächst 1 Jahr angesetzt und nach Auswertung der ersten Ergebnisse ggf. eine Verlängerung vorgesehen werden.

Tab. 18 Feldversuch - Kostenaufstellung

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamtbetrag
Messtechnik				
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 100	30	Stk.	2.000,- €	60.000,- €
Einbau in vorh. Schachtbauwerk				
vorh. Leitung trennen	10	psch	200,- €	2.000,- €
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 100	20	Stk.	400,- €	8.000,- €
Herstellung Messschacht				
Erdarbeiten, Herstellen Betonfundament	20	psch	300,- €	6.000,- €
Kunststoffschacht, Abmessungen ca. 1165x400x580 mm, befahrbar bis Klasse D400	20	Stk.	1.000,- €	20.000,- €
Flansch DN 100 auf Schnellkupplung 108 mm inkl. Bogen 90°, Stahl verzinkt	40	Stk.	250,- €	10.000,- €
Rohrdurchführungen dichten	20	Stk.	200,- €	4.000,- €
Datenübertragungstechnik NB-IoT				
Zusatzsoftware des Zählerherstellers	1	psch	2.500,- €	2.500,- €
Nutzungsgebühr jährlich	1	psch	2.500,- €/a	2.500,- €/a
Online-Monitoring-System				
Einrichtung	1	psch	20.000,- €	20.000,- €
Betrieb Server und Datenbank jährlich	1	psch	20.000,- €/a	20.000,- €/a
Kosten, netto einmalig				132.500,- €
Kosten, netto jährlich				22.500,- €/a

Brand Gerdes Sitzmann
Umweltplanung GmbH

Darmstadt, den 22.11.2024



Dr.-Ing. Markus Kämpf



Markus Hiel, M. Eng.



Dr.-Ing. Tom Gutzke

10 Quellen

BGS UMWELT (2021): Betriebliche Erfahrungen mit der Zuwässerung im Gernsheimer Wald, Berichtsjahr 2021, unveröffentlicht

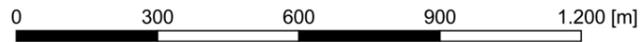
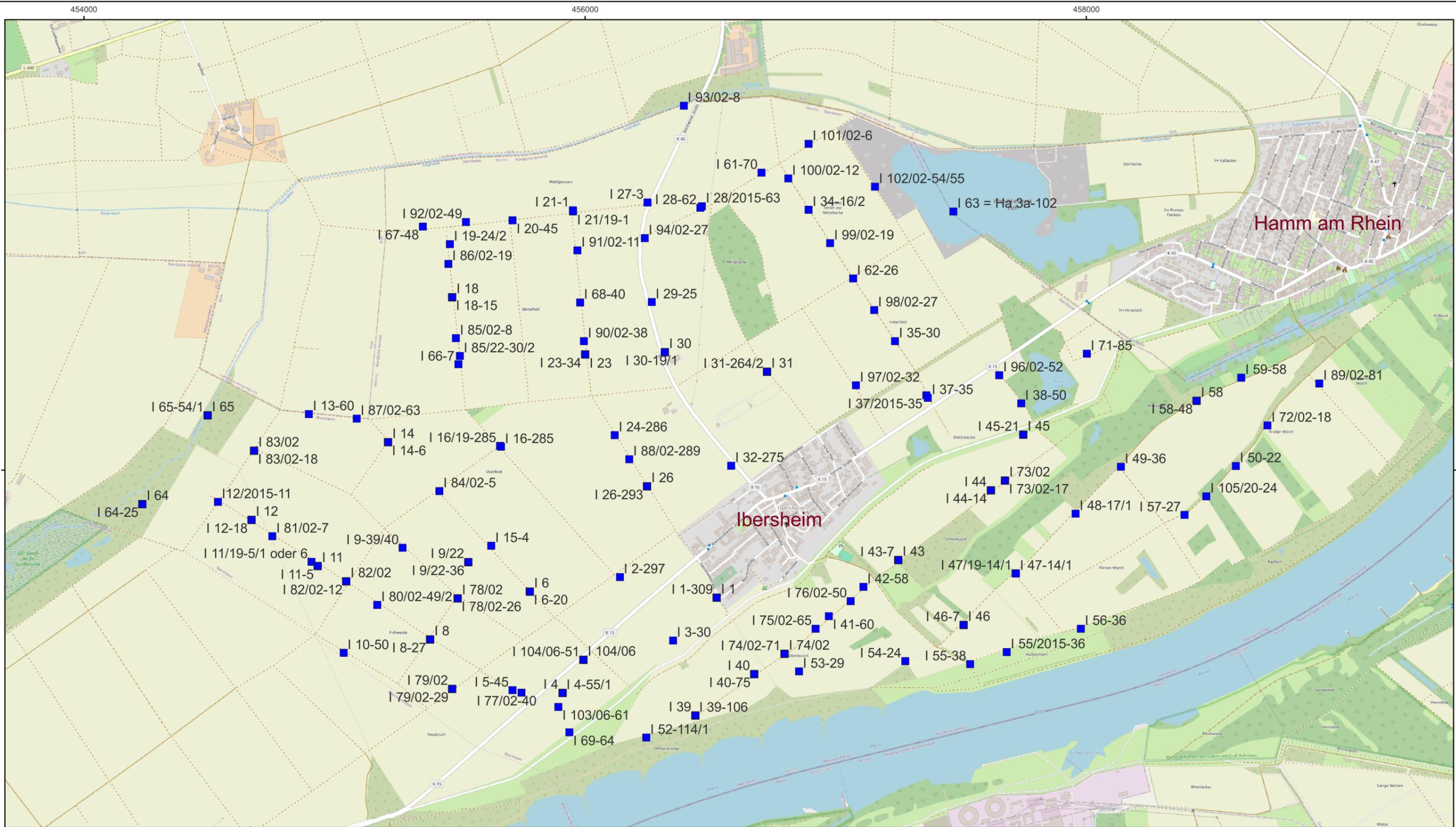
BGS UMWELT (2024): Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung im Pilotgebiet Ludwigshafen-Süd, unveröffentlicht

DVGW Arbeitsblatt W 406 (A) (2021): Wasserzählermanagement, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V, Mai 2021, Bonn

HG GmbH (2023): Pilotprojekt - Monitoring von Beregnungsbrunnen, Bericht, Stand Dezember 2022, unveröffentlicht

Mutschmann/Stimmelmayer (2019): Taschenbuch der Wasserversorgung, 17. Auflage, Springer Vieweg, 2019, Wiesbaden

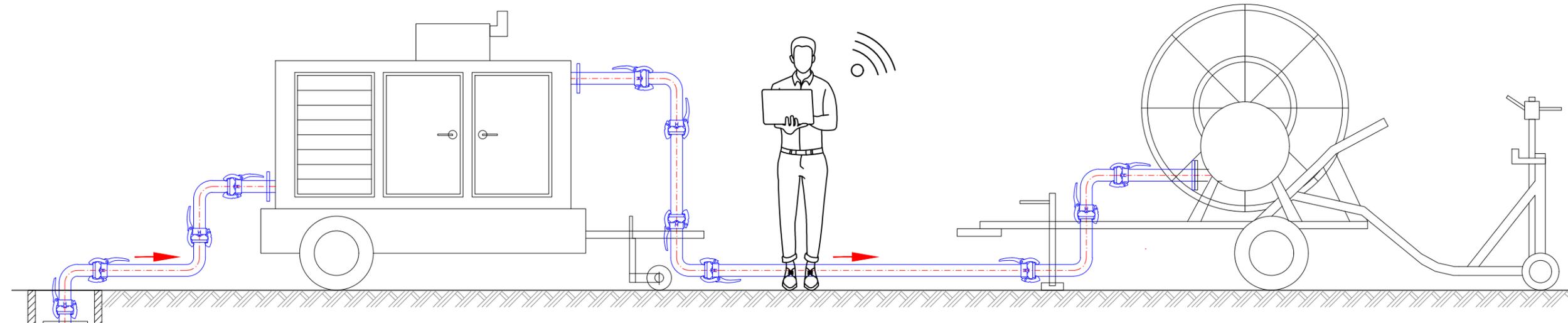
Ralph Scheyer (2022): Optimierte Wasserbereitstellung durch ein Online-Wasserzählersystem, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Optimierte Wasserbereitstellung durch ein Online-Wasserzählersystem; Mülheimer Tagung 2022; Mülheim (03.03.2022)



Legende:

■ Brunnen

<p>BGS UMWELT Tel (06151) 9456-0 Fax (06151) 9456-80 Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH www.bgs Umwelt.de info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 D 64297 Darmstadt</p>		<p>Anlage: 1</p>
<p>Projekt: Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung</p>		<p>Maßstab: 1:15.000</p>
<p>Planbezeichnung: Übersichtslageplan Brunnen Worms-Ibersheim</p>		<p>Datei: 6180-003.ggz Layout: Anlage-01 Berarb.: Gra.</p>
<p>Auftraggeber:</p>	<p>BGS UMWELT Darmstadt, den</p>	<p>Gez.: Kes. Datum: 09/2024 Projektnr.: 6180</p>

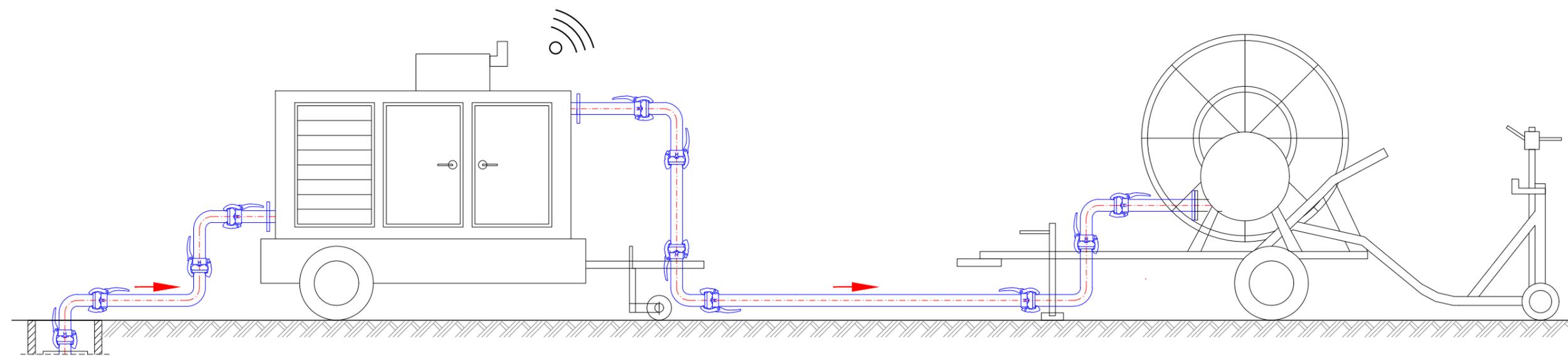


Saugbrunnen

Pumpaggregat mit Betriebsstundenzähler

Handablesung und Übertrag in Online-Datenbank

Beregnungsmaschine

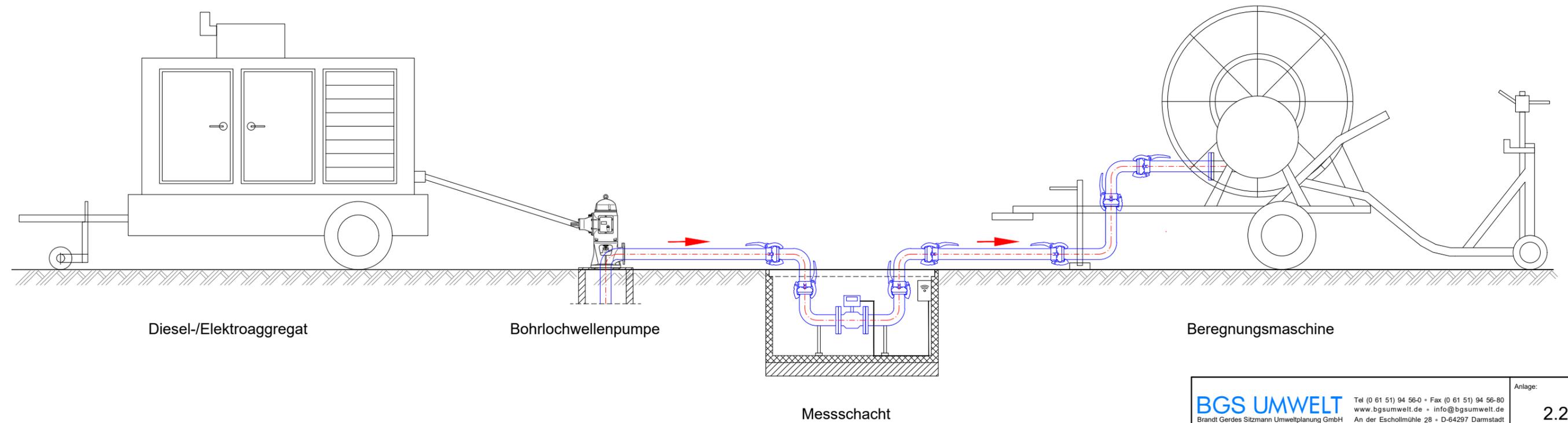
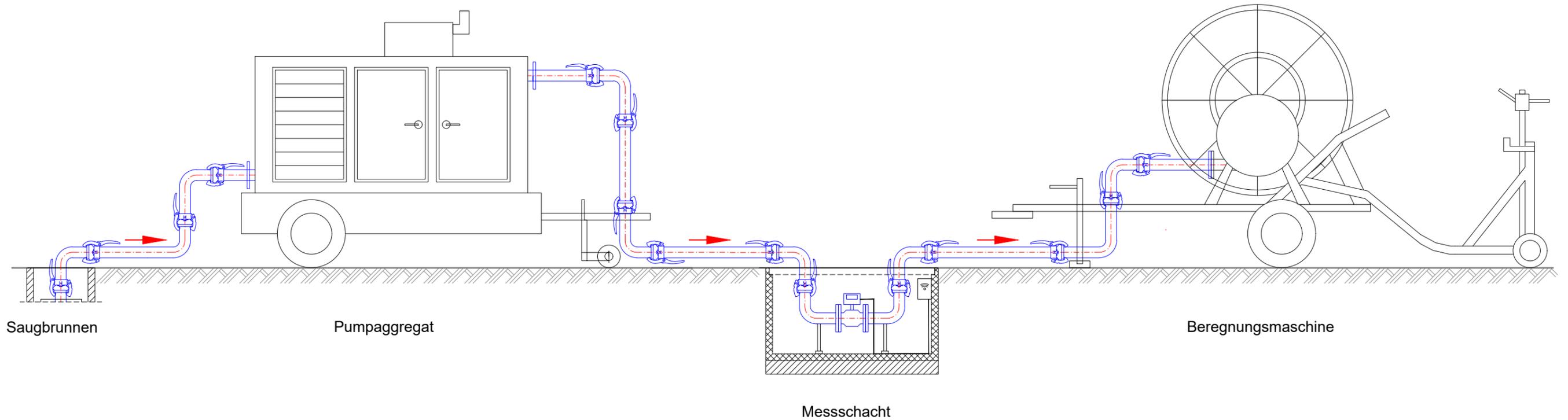


Saugbrunnen

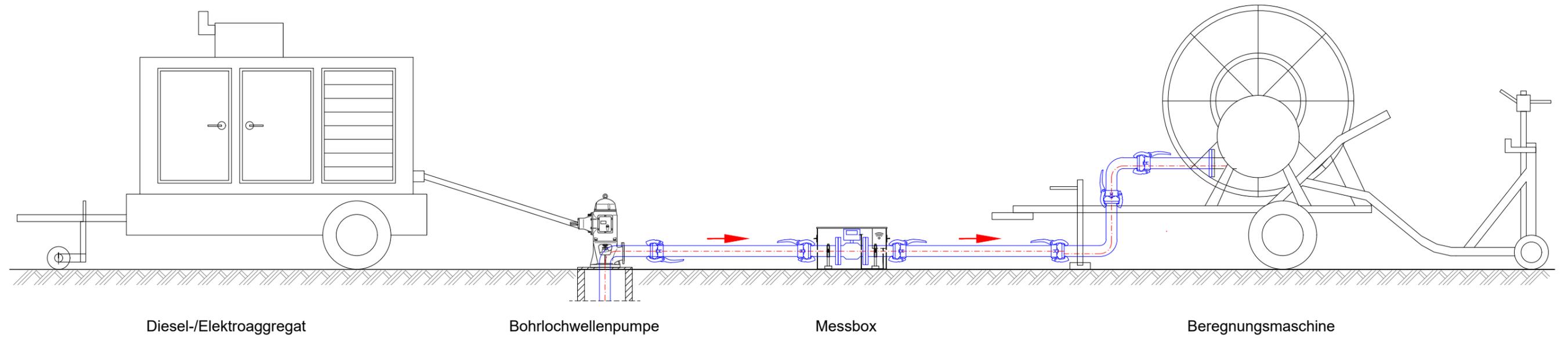
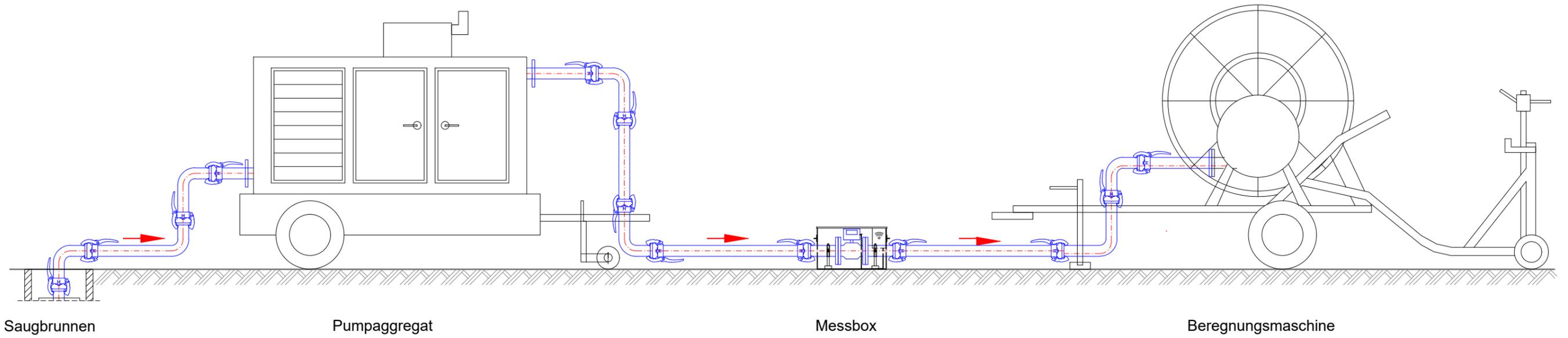
Pumpaggregat mit Funk-Betriebsstundenzähler (automatisierter Übertrag in Online-Datenbank)

Beregnungsmaschine

BGS UMWELT Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Escholmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 2.1
Projekt: Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung		Maßstab: o.M.
Planbezeichnung: Schaubild 1 Mengenerfassung mittels Betriebsstundenzähler		Datei: 6180-002.dwg Layout: Anlage-02.1 Bearb.: Hie.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Mai 2024 Projekt-nummer: 6180



BGS UMWELT Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Escholmühle 28 • D-64297 Darmstadt		Anlage: 2.2
Projekt: Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung		Maßstab: o.M.
Planbezeichnung: Schaubild 2 Mengenerfassung mit fest installierter Messeinrichtung		Datei: 6180-002.dwg Layout: Anlage-02.2 Bearb.: Hie.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Mai 2024 Projekt- nummer: 6180



BGS UMWELT Tel (0 61 51) 94 56-0 • Fax (0 61 51) 94 56-80 <small>Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH www.bgs Umwelt.de • info@bgs Umwelt.de An der Eschollmühle 28 • D-64297 Darmstadt</small>		Anlage: 2.3
Projekt: Digitale Mengenerfassung in der landwirtschaftlichen Bewässerung		Maßstab: o.M.
Planbezeichnung: Schaubild 3 Mengenerfassung mit mobiler Messeinrichtung		Datei: 6180-002.dwg Layout: Anlage-02.3 Bearb.: Hie.
Auftraggeber:	BGS UMWELT Darmstadt, den	Gez.: See. Datum: Mai 2024 Projekt- nummer: 6180

Anlage 3

Musterverträge SaaS- und Auftragsverarbeitungs-
vertrag

Software as a Service Vertrag (SaaS)

Zwischen

nachfolgend „Kunde“

und

Hersteller
Online-Monitoring-System

nachfolgend „Anbieter“

§ 1 Vertragsgegenstand

- (1) Der Anbieter stellt dem Kunden die Software „XY“ inkl. eventuell angebotener und beauftragter Zusatzmodule zur Verfügung.
- (2) Die Software wird vom Anbieter als webbasierte SaaS- bzw. Cloud-Lösung betrieben. Dem Kunden wird ermöglicht, die auf den Servern des Anbieters oder auf den Servern eines vom Anbieter beauftragten Dienstleisters gespeicherte und betriebene Software über eine Internetverbindung während der Laufzeit dieses Vertrags für eigene Zwecke zu nutzen und seine Daten mit ihrer Hilfe zu speichern und zu verarbeiten.
- (3) Diese Vertragsbedingungen gelten ausschließlich. Vertragsbedingungen des Kunden finden keine Anwendung. Gegenbestätigungen des Kunden unter Hinweis auf seine eigenen Geschäftsbedingungen wird ausdrücklich widersprochen.

§ 2 Leistungen des Anbieters

- (1) Der Anbieter wird die Software immer in der aktuellen Version anbieten und führt hierfür regelmäßige Aktualisierungen durch. Der Anbieter ist nicht verpflichtet, die Software während eines laufenden Aktualisierungsvorgangs zur Verfügung zu stellen.
- (2) Der Anbieter stellt die Software am Router-Ausgang des jeweiligen Rechenzentrums des Anbieters oder seines Dienstleisters („Übergabepunkt“) zur Verfügung. Die Software verbleibt jederzeit auf dem Server des Anbieters oder seines Dienstleisters. Der Anbieter schuldet nicht die Gewährleistung der Datenverbindung zwischen dem Übergangspunkt und den IT-Systemen des Kunden. Es obliegt dem Kunden, die technischen Voraussetzungen zur Empfangnahme der Software am Übergabepunkt und ihrer Nutzung zu schaffen.
- (3) Der Anbieter räumt dem Kunden für die Laufzeit des Vertrags das nicht-ausschließliche, nicht übertragbare und zeitlich auf die Dauer des Nutzungsvertrags beschränkte Recht ein, die Benutzeroberfläche der Software zur Anzeige auf dem Bildschirm in den Arbeitsspeicher der vertragsgemäß hierfür verwendeten Endgeräte zu laden und die dabei entstehenden Vervielfältigungen der Benutzeroberfläche vorzunehmen.
- (4) Der Anbieter bietet zu seinen Geschäftszeiten von Montag bis Freitag Nutzersupport an. Dieser ist telefonisch oder per E-Mail erreichbar.
- (5) Bei übermäßiger Beanspruchung des Speicherkontingents durch den Kunden ist der Anbieter berechtigt, dem Kunden zusätzliches Speicherkontingent in Rechnung zu stellen. Der Anbieter wird den Kunden rechtzeitig informieren, sofern das Speicherkontingent erreicht ist und ihm ein Angebot für ein zusätzliches Speicherkontingent unterbreiten.

§ 3 Verfügbarkeit der Software

- (1) Der Anbieter überlässt dem Kunden die Software mit einer Netzwerk- und Hardware-Verfügbarkeit von 99,5 % im Monatsmittel.
- (2) Der Anbieter weist den Kunden darauf hin, dass Einschränkungen oder Beeinträchtigungen der erbrachten Dienste entstehen können, die außerhalb des Einflussbereichs des Anbieters liegen. Hierunter fallen insbesondere Handlungen von Dritten, die nicht im Auftrag des Anbieters handeln, vom Anbieter nicht beeinflussbare technische Bedingungen des Internets sowie höhere Gewalt. Auch die vom Kunden genutzte Hard- und Software und technische Infrastruktur kann Einfluss auf die Leistungen des Anbieters haben. Soweit derartige Umstände Einfluss auf die Verfügbarkeit oder Funktionalität der vom Anbieter erbrachten Leistung haben, hat dies keine Auswirkung auf die Vertragsgemäßheit der erbrachten Leistungen.
- (3) Der Anbieter kann bis zu zwei Mal je Kalenderjahr die Leistungserbringung zur Durchführung von umfangreicheren Wartungsarbeiten für einen im Voraus festgelegten Zeitraum von maximal zwei Tagen unterbrechen. Der Anbieter kündigt dies mit einem Vorlauf von mindestens fünf Kalendertagen an. Diese Zeiträume bleiben bei der Berechnung der Verfügbarkeitsquote unberücksichtigt.

- (4) Der Kunde ist verpflichtet, Funktionsausfälle, -störungen oder -beeinträchtigungen der Software unverzüglich und so präzise wie möglich beim Anbieter anzuzeigen. Unterlässt der Kunde diese Mitwirkung, gilt § 536c BGB entsprechend.

§ 4 Vergütung

- (1) Zahlungszeitraum und Höhe der Vergütung richten sich nach dem jeweiligen Angebot des Anbieters.
- (2) Der Vergütung setzt sich zusammen aus einem einmaligen Betrag für die Einräumung des Nutzungsrechts während der Vertragsdauer sowie einem jährlichen Betrag. Der jährliche Betrag beinhaltet
 - Bereitstellung des Servers inkl. laufender Serverkosten
 - Wartung des gesamten Servers (Betriebssystem, Datenbank, Firewall, Virenschutz)
 - Installation und Bereitstellung der Software inkl. Aktualisierungen
 - Regelmäßige Datenbankaktualisierungen und -sicherungen
 - Telefonische Erreichbarkeit und Remote-Support (inkl. 1 Std./Monat)
- (3) Verzögert der Kunde die Zahlung einer fälligen Vergütung um mehr als vier Wochen, ist der Anbieter nach vorheriger Mahnung mit Fristsetzung und Ablauf der Frist zur Sperrung des Zugangs zur Software berechtigt.
- (4) Der Vergütungsanspruch des Anbieters bleibt von der Sperrung unberührt. Der Zugang zur Software wird nach Begleichung der Rückstände unverzüglich wieder freigeschaltet. Das Recht zur Zugangssperrung besteht als milderer Mittel auch dann, wenn der Anbieter ein Recht zur außerordentlichen Kündigung nach § 9(2) hat.
- (5) Die Vergütung sonstiger Leistungen richtet sich nach dem jeweils beauftragten Angebot des Anbieters.

§ 5 Mitwirkungspflichten des Kunden

- (1) Der Kunde wird den Anbieter bei der Erbringung der vertraglichen Leistungen in angemessenem Umfang unterstützen.
- (2) Für die Nutzung der Software müssen die Systemvoraussetzungen beim Kunden erfüllt sein. Der Kunde trägt hierfür selbst die Verantwortung.
- (3) Der Kunde erhält für den ersten initialen Benutzer eine Zugriffsberechtigung, bestehend aus einer Benutzerkennung und einem Passwort. Benutzerkennung und Passwort können durch den Kunden geändert werden. Für jede natürliche Person ist durch den Kunden ein eigener Benutzer anzulegen. Der Kunde hat dafür Sorge zu tragen, dass nicht (mehr) zugriffsberechtigte Personen in der Software gesperrt werden.
- (4) Der Kunde hat die ihm zur Verfügung gestellten Zugangsdaten geheim zu halten und dafür zu sorgen, dass Mitarbeiter, denen Zugangsdaten zur Verfügung gestellt werden, dies ebenfalls tun.
- (5) Die Leistung des Anbieters darf Dritten nicht zur Verfügung gestellt werden, soweit das nicht von den Parteien ausdrücklich vereinbart wurde.

§ 6 Datenspeicherung, Datensicherung, Datensicherheit

- (1) Der Kunde räumt dem Anbieter für die Zwecke der Vertragsdurchführung das Recht ein, die vom Anbieter für den Kunden zu speichernden Daten vervielfältigen zu dürfen, soweit dies zur Erbringung der nach diesem Vertrag geschuldeten Leistungen erforderlich ist. Der Anbieter ist auch berechtigt, die Daten in einem Ausfallsystem bzw. separaten Ausfallrechenzentrum vorzuhalten. Zur Beseitigung von Störungen ist der Anbieter ferner berechtigt, Änderungen an der Struktur der Daten oder dem Datenformat vorzunehmen.
- (2) Der Anbieter sichert die Daten des Kunden auf dem vom Anbieter verantworteten Server regelmäßig.
- (3) Der Kunde und der Anbieter schließen eine Auftragsdatenverarbeitungsvereinbarung ab.

§ 7 Gewährleistung

Es gelten grundsätzlich die gesetzlichen Regelungen zur Gewährleistung. Die §§ 536b (Kenntnis des Mieters vom Mangel bei Vertragsschluss oder Annahme), 536c (Während der Mietzeit auftretende Mängel; Mängelanzeige durch den Mieter) BGB finden Anwendung. Die Anwendung des § 536a Abs. 2 (Selbstbeseitigungsrecht des Mieters) ist jedoch ausgeschlossen. Ausgeschlossen ist auch die Anwendung von § 536a Abs. 1 BGB (Schadensersatzpflicht des Vermieters), soweit die Norm eine verschuldensunabhängige Haftung vorsieht.

§ 8 Haftung und Schadensersatz

- (1) Der Anbieter haftet für Schäden des Kunden, die vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht wurden, die Folge des Nichtvorhandenseins einer garantierten Beschaffenheit sind, die auf einer schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten (sogenannte Kardinalpflichten) beruhen, die Folge einer schuldhaften Verletzung der Gesundheit, des Körpers oder des Lebens sind oder für die eine Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz vorgesehen ist, nach den gesetzlichen Bestimmungen.
- (2) Kardinalpflichten sind solche vertraglichen Pflichten, deren Erfüllung die ordnungsgemäße Durchführung des Vertrages überhaupt erst ermöglichen und auf deren Einhaltung der Vertragspartner regelmäßig vertrauen darf und deren Verletzung auf der anderen Seite die Erreichung des Vertragszwecks gefährdet.
- (3) Bei Verletzung einer Kardinalpflicht ist die Haftung – soweit der Schaden lediglich auf leichter Fahrlässigkeit beruht – beschränkt auf solche Schäden, mit deren Entstehung beim Einsatz der vertragsgegenständlichen Software typischerweise gerechnet werden muss.
- (4) Im Übrigen ist die Haftung – gleich aus welchem Rechtsgrund – ausgeschlossen.
- (5) Resultieren Schäden des Kunden aus dem Verlust von Daten, so haftet der Anbieter hierfür nicht, soweit die Schäden durch eine regelmäßige und vollständige Sicherung aller relevanten Daten durch den Kunden vermieden worden wären.

§ 9 Laufzeit und Kündigung, Herausgabe / Löschung von Daten

- (1) Der Vertrag wird auf unbestimmte Zeit geschlossen und kann ordnungsgemäß mit einer Frist von drei Monaten zum Jahresende gekündigt werden.
- (2) Der Kunde kann den Vertrag jederzeit ohne Einhaltung einer Frist kündigen, wenn ein schwerwiegender Verstoß des Anbieters gegen die anzuwendenden Datenschutzvorschriften oder gegen Pflichten aus diesem Vertrag vorliegt oder der Anbieter den Zutritt des Kunden oder der zuständigen Aufsichtsbehörde vertragswidrig verweigert.
- (3) Die außerordentliche Kündigung aus wichtigem Grund bleibt beiden Parteien bei Vorliegen der gesetzlichen Voraussetzungen vorbehalten. Ein wichtiger Grund für den Anbieter liegt insbesondere dann vor, wenn der Kunde trotz Mahnung mehr als zwei Monate mit der Zahlung einer fälligen Vergütung in Verzug ist. Sofern der Kunde den Kündigungsgrund zu vertreten hat, ist der Kunde verpflichtet, dem Anbieter die vereinbarte Vergütung abzüglich von vom Anbieter ersparter Aufwendungen bis zu dem Termin zu zahlen, an dem der Vertrag bei einer ordentlichen Kündigung frühestens enden würde.
- (4) Kündigungserklärungen bedürfen zu ihrer Wirksamkeit der Schriftform. Die Einhaltung dieser Form ist Voraussetzung für die Wirksamkeit der Kündigung.
- (5) Nach Beendigung des Vertrags hat der Anbieter sämtliche vom Kunden überlassenen Daten, die im Zusammenhang mit dem vorliegenden Vertrag stehen, nach Wahl des Kunden entweder zurückzugeben oder zu löschen, soweit keine Aufbewahrungspflichten oder –rechte bestehen. Für die Zurückgabe der überlassenen und sich noch im Besitz des Anbieters befindlichen Daten verwendet der Kunde die vorhandenen Exportschnittstellen.

§ 10 Geheimhaltungspflichten

- (1) Beide Parteien verpflichten sich, alle Informationen, die sie im Zusammenhang mit der Durchführung dieses Vertrages erhalten, zeitlich unbegrenzt vertraulich zu behandeln und nur zur Durchführung des Vertrages zu verwenden. Keine Partei ist berechtigt, diese Informationen ganz oder teilweise zu anderen als den soeben genannten Zwecken zu nutzen oder diese Information Dritten zugänglich zu machen.
- (2) Die vorstehende Verpflichtung gilt nicht für Informationen, die eine der Parteien nachweisbar von Dritten erhalten hat, ohne zur Geheimhaltung verpflichtet zu sein oder die öffentlich bekannt sind.

§ 11 Übertragung der Rechte und Pflichten

Die Abtretung der Rechte und Pflichten aus diesem Vertrag ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Anbieters zulässig. Der Anbieter ist berechtigt, Dritte mit der Erfüllung der Pflichten aus diesem Vertrag zu betrauen.

§ 12 Schlussbestimmungen

- (1) Sollte das Eigentum des Kunden beim Anbieter durch Maßnahmen Dritter (etwa durch Pfändung oder Beschlagnahme), durch ein Insolvenzverfahren oder durch sonstige Ereignisse gefährdet werden, so hat der Anbieter den Kunde unverzüglich zu informieren. Der Anbieter wird die Gläubiger über die Tatsache, dass es sich um Daten handelt, die im Auftrag verarbeitet werden, unverzüglich informieren.
- (2) Für Nebenabreden ist die Schriftform erforderlich.
- (3) Sollten einzelne Bestimmungen dieser Vereinbarung ganz oder teilweise unwirksam oder undurchführbar sein oder werden, so ist die Wirksamkeit der übrigen Regelungen hiervon nicht betroffen. In diesem Falle werden die Parteien einvernehmlich eine neue Regelung oder Ergänzung der bestehenden Regelung vereinbaren, die die unwirksame oder undurchführbare Regelung in einer Art und Weise ersetzt bzw. ergänzt, die der ursprünglich von den Parteien bei Abfassung dieser Anlage beabsichtigten Regelung am nächsten kommt, hätten sie denn die Unwirksamkeit oder Undurchführbarkeit bedacht. Dies gilt auch für Regelungslücken.
- (4) Es gilt das Recht der Bundesrepublik Deutschland.

_____ den _____
Ort Datum

Darmstadt, den _____
Ort Datum

Kunde

XY (Anbieter)

Vertrag zur Auftragsverarbeitung gemäß Art. 28 DSGVO

Zwischen

nachfolgend „Auftraggeber“

und

Hersteller
Online-Monitoring-System

nachfolgend „Auftragnehmer“

Präambel

Wir, XY, stellen online-Monitoring-System zur Verfügung, welches insbesondere wasserwirtschaftliche Stamm-, Mess-, Mengen- und Analysedaten verarbeitet und durch den cloud-basierten Ansatz zudem ein kooperatives Arbeiten ermöglicht.

Der Betrieb unseres Unternehmens hängt in hohem Maße von der Qualität unserer Softwaresysteme und IT-Dienstleistungen ab. Das Vertrauen unserer Kunden bildet die Grundlage für den erfolgreichen Einsatz unserer Softwaresysteme sowie unserer Dienstleistungen. Um dieses Vertrauen zu jedem Zeitpunkt rechtfertigen, muss die Integrität, die Vertraulichkeit und die Verfügbarkeit der von uns angebotenen IT-Dienste und Daten sichergestellt sein.

Damit wir dieser Verantwortung nachkommen können, müssen sämtliche Einrichtungen den Schutz der Informationstechnik unterstützen. Hierzu sind Regeln und angemessene Maßnahmen erforderlich, um Informationen und Daten in einer Art und Weise zu schützen, dass

- ihre Vertraulichkeit in angemessener Weise gewahrt ist und die Kenntnisnahme nur durch berechtigte Personen erfolgen kann,
- ihre Integrität durch ihre Richtigkeit und Vollständigkeit sichergestellt ist,
- ihre Verfügbarkeit gewährleistet ist, damit sie von den autorisierten Personen zum gewünschten Zeitpunkt in Anspruch genommen werden können und dass
- gesetzliche Verpflichtungen (z.B. Datenschutzgesetz) erfüllt werden können.

§ 1 Allgemeines

- (1) Der Auftragnehmer verarbeitet personenbezogene Daten im Auftrag des Auftraggebers i.S.d. Art. 4 Nr. 8 und Art. 28 der Verordnung (EU) 2016/679 Datenschutz Grundverordnung (DSGVO). Dieser Vertrag regelt die Rechte und Pflichten der Parteien im Zusammenhang mit der Verarbeitung von personenbezogenen Daten.
- (2) Sofern in diesem Vertrag der Begriff „Datenverarbeitung“ oder „Verarbeitung“ (von Daten) benutzt wird, wird die Definition der Verarbeitung i.S.d. Art. 4 Nr. 2 DSGVO zugrunde gelegt.

§ 2 Gegenstand des Auftrags

Der Gegenstand der Verarbeitung, Art und Zweck der Verarbeitung, die Art der personenbezogenen Daten und die Kategorien betroffener Personen sind folgende:

- Erfassung, Verwaltung, Auswertung und Übermittlung wasserwirtschaftlicher Daten, insbesondere gemäß Trinkwasserverordnung und des Gesetzes zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG)
- Verarbeitung von personen- und sachobjektbezogener Daten - und besonderen Arten von personenbezogenen Daten (insbesondere Benutzer und Ansprechpartner inkl. Kommunikationsdaten wie z.B. Telefon, E-Mail)

§ 3 Rechte und Pflichten des Auftraggebers

- (1) Der Auftraggeber ist Verantwortlicher i.S.d. Art. 4 Nr. 7 DSGVO für die Verarbeitung von Daten im Auftrag durch den Auftragnehmer. Dem Auftragnehmer steht nach § 4 Abs. (5) das Recht zu, den Auftraggeber darauf hinzuweisen, wenn eine seiner Meinung nach rechtlich unzulässige Datenverarbeitung Gegenstand des Auftrags und/oder einer Weisung ist.
- (2) Der Auftraggeber ist als Verantwortlicher für die Wahrung der Betroffenenrechte verantwortlich. Der Auftragnehmer wird den Auftraggeber unverzüglich darüber informieren, wenn Betroffene ihre Betroffenenrechte gegenüber dem Auftragnehmer geltend machen.
- (3) Der Auftraggeber hat das Recht, jederzeit ergänzende Weisungen über Art, Umfang und Verfahren der Datenverarbeitung gegenüber dem Auftragnehmer zu erteilen. Weisungen müssen in Textform (z.B. E-Mail) erfolgen.
- (4) Regelungen über eine etwaige Vergütung von Mehraufwänden, die durch ergänzende Weisungen des Auftraggebers beim Auftragnehmer entstehen, bleiben unberührt.
- (5) Der Auftraggeber kann weisungsberechtigte Personen benennen. Für den Fall, dass sich die weisungsberechtigten Personen beim Auftraggeber ändern, wird der Auftraggeber dies dem Auftragnehmer in Textform mitteilen.
- (6) Der Auftraggeber informiert den Auftragnehmer unverzüglich, wenn er Fehler oder Unregelmäßigkeiten im Zusammenhang mit der Verarbeitung personenbezogener Daten durch den Auftragnehmer feststellt.
- (7) Für den Fall, dass eine Informationspflicht gegenüber Dritten nach Art. 33, 34 DSGVO oder einer sonstigen, für den Auftraggeber geltenden gesetzlichen Meldepflicht besteht, ist der Auftraggeber für deren Einhaltung verantwortlich.

§ 4 Allgemeine Pflichten des Auftragnehmers

- (1) Der Auftragnehmer verarbeitet personenbezogene Daten ausschließlich im Rahmen der getroffenen Vereinbarungen und/oder unter Einhaltung der ggf. vom Auftraggeber erteilten ergänzenden Weisungen. Ausgenommen hiervon sind gesetzliche Regelungen, die den Auftragnehmer ggf. zu einer anderweitigen Verarbeitung verpflichten. In einem solchen Fall teilt der Auftragnehmer dem Auftraggeber diese rechtlichen Anforderungen vor der Verarbeitung mit, sofern das betreffende Recht eine solche Mitteilung nicht wegen eines wichtigen öffentlichen Interesses verbietet. Zweck, Art und Umfang der Datenverarbeitung richten sich ansonsten ausschließlich nach diesem Vertrag und/oder den Weisungen des Auftraggebers. Eine hiervon abweichende Verarbeitung von Daten ist dem Auftragnehmer untersagt, es sei denn, dass der Auftraggeber dieser schriftlich zugestimmt hat.
- (2) Der Auftragnehmer verpflichtet sich, die Datenverarbeitung im Auftrag nur in Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) oder des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) durchzuführen.
- (3) Der Auftragnehmer sichert im Bereich der auftragsgemäßen Verarbeitung von personenbezogenen Daten die vertragsmäßige Abwicklung aller vereinbarten Maßnahmen zu.
- (4) Der Auftragnehmer ist verpflichtet, sein Unternehmen und seine Betriebsabläufe so zu gestalten, dass die Daten, die er im Auftrag des Auftraggebers verarbeitet, im jeweils erforderlichen Maß gesichert und vor der unbefugten Kenntnisnahme Dritter geschützt sind.
- (5) Der Auftragnehmer wird den Auftraggeber unverzüglich darüber informieren, wenn eine vom Auftraggeber erteilte Weisung nach seiner Auffassung gegen gesetzliche Regelungen verstößt. Der Auftragnehmer ist berechtigt, die Durchführung der betreffenden Weisung so lange auszusetzen, bis diese durch den Auftraggeber bestätigt oder geändert wird. Sofern der Auftragnehmer darlegen kann, dass eine Verarbeitung nach Weisung des Auftraggebers zu einer Haftung des Auftragnehmers nach Art. 82 DSGVO führen kann, steht dem Auftragnehmer das Recht frei, die weitere Verarbeitung insoweit bis zu einer Klärung der Haftung zwischen den Parteien auszusetzen.
- (6) Die Verarbeitung von Daten im Auftrag des Auftraggebers außerhalb des Zuständigkeitsbereichs des Auftragnehmers oder Subunternehmern ist nur mit schriftlicher Zustimmung des Auftraggebers zulässig.

- (7) Der Auftragnehmer wird die Daten, die er im Auftrag für den Auftraggeber verarbeitet, getrennt von anderen Daten verarbeiten. Eine physische Trennung ist nicht zwingend erforderlich.
- (8) Der Auftragnehmer kann dem Auftraggeber die Person(en) benennen, die zum Empfang von Weisungen des Auftraggebers berechtigt sind. Für den Fall, dass sich die weisungsempfangsberechtigten Personen beim Auftragnehmer ändern, wird der Auftragnehmer dies dem Auftraggeber in Textform mitteilen.

§ 5 Datenschutzbeauftragter des Auftragnehmers

Der Auftragnehmer ist nicht zur Bestellung eines Datenschutzbeauftragten verpflichtet.

§ 6 Meldepflichten des Auftragnehmers

- (1) Der Auftragnehmer ist verpflichtet, dem Auftraggeber jeden Verstoß gegen datenschutzrechtliche Vorschriften oder gegen die getroffenen vertraglichen Vereinbarungen und/oder die erteilten Weisungen des Auftraggebers, der im Zuge der Verarbeitung von Daten durch ihn oder andere mit der Verarbeitung beschäftigten Personen erfolgt ist, unverzüglich mitzuteilen. Gleiches gilt für jede Verletzung des Schutzes personenbezogener Daten, die der Auftragnehmer im Auftrag des Auftraggebers verarbeitet.
- (2) Ferner wird der Auftragnehmer den Auftraggeber unverzüglich darüber informieren, wenn eine Aufsichtsbehörde nach Art. 58 DSGVO gegenüber dem Auftragnehmer tätig wird und dies auch eine Kontrolle der Verarbeitung, die der Auftragnehmer im Auftrag des Auftraggebers erbringt, betreffen kann.
- (3) Dem Auftragnehmer ist bekannt, dass für den Auftraggeber eine Meldepflicht nach Art. 33, 34 DSGVO bestehen kann, die eine Meldung an die Aufsichtsbehörde binnen 72 Stunden nach Bekanntwerden vorsieht. Der Auftragnehmer wird den Auftraggeber bei der Umsetzung der Meldepflichten unterstützen. Der Auftragnehmer wird dem Auftraggeber insbesondere jeden unbefugten Zugriff auf personenbezogene Daten, die im Auftrag des Auftraggebers verarbeitet werden, unverzüglich, spätestens aber binnen 48 Stunden ab Kenntnis des Zugriffs mitteilen. Die Meldung des Auftragnehmers an den Auftraggeber muss insbesondere folgende Informationen beinhalten:
 - eine Beschreibung der Art der Verletzung des Schutzes personenbezogener Daten, soweit möglich mit Angabe der Kategorien und der ungefähren Zahl der betroffenen Personen, der betroffenen Kategorien und der ungefähren Zahl der betroffenen personenbezogenen Datensätze;
 - eine Beschreibung der von dem Auftragnehmer ergriffenen oder vorgeschlagenen Maßnahmen zur Behebung der Verletzung des Schutzes personenbezogener Daten und gegebenenfalls Maßnahmen zur Abmilderung ihrer möglichen nachteiligen Auswirkungen.

§ 7 Mitwirkungspflichten des Auftragnehmers

- (1) Der Auftragnehmer unterstützt den Auftraggeber bei seiner Pflicht zur Beantwortung von Anträgen auf Wahrnehmung von Betroffenenrechten nach Art. 12-23 DSGVO. Es gelten die Regelungen von § 11 dieses Vertrages.
- (2) Der Auftragnehmer wirkt an der Erstellung der Verzeichnisse von Verarbeitungstätigkeiten durch den Auftraggeber mit. Er hat dem Auftraggeber die insoweit jeweils erforderlichen Angaben in geeigneter Weise mitzuteilen.
- (3) Der Auftragnehmer unterstützt den Auftraggeber unter Berücksichtigung der Art der Verarbeitung und der ihm zur Verfügung stehenden Informationen bei der Einhaltung der in Art. 32-36 DSGVO genannten Pflichten.

§ 8 Kontrollbefugnisse

- (1) Der Auftraggeber hat das Recht, Überprüfungen zur Einhaltung der Bestimmungen dieses Auftrags durch den Auftragnehmer in dessen Geschäftsbetrieb zu überzeugen.
- (2) Der Auftraggeber kann nach vorheriger Terminvereinbarung mit angemessener Frist die Kontrolle im Sinne des Absatzes (1) in der Betriebsstätte des Auftragnehmers zu den jeweils üblichen Geschäftszeiten vornehmen. Der Auftraggeber wird dabei Sorge dafür tragen, dass die Kontrollen nur im erforderlichen Umfang durchgeführt werden, um die Betriebsabläufe des Auftragnehmers durch die Kontrollen nicht unverhältnismäßig zu stören. Bei Vorliegen eines Datenschutzverstoßes durch den Auftragnehmer kann eine Kontrolle auch ohne vorherige Anmeldung vorgenommen werden.
- (3) Die Einhaltung der Vorschriften über Datenschutz und Datensicherheit sowie der vertraglichen Vereinbarungen im angemessenen und erforderlichen Umfang kann auch durch die Einholung von Auskünften und die Einsichtnahme in die gespeicherten Daten und die Datenverarbeitungsprogramme erfolgen. Hierfür stellt der Auftragnehmer die entsprechenden Unterlagen zur Verfügung.
- (4) Der Auftraggeber ist berechtigt, die Kontrollen gemäß Absatz (2) und (3) auch von fachlich bzw. juristisch berechtigten Dritten durchführen zu lassen.

§ 9 Unterauftragsverhältnisse

- (1) Der Auftragnehmer darf zur Erfüllung des Auftrags die Beauftragung von Unterauftragnehmern vornehmen. Die bei Vertragsbeginn bestehenden Unterauftragsverhältnisse sind in Anhang 2 zu diesem Vertrag aufgeführt. Diese gelten als von Beginn des Auftrages an genehmigt.
- (2) Der Auftraggeber erteilt dem Auftragnehmer die allgemeine Genehmigung, weitere Auftragsverarbeiter im Sinne des Art. 28 Abs. 2 DSGVO in Anspruch zu nehmen (Art. 28 Abs. 2 Satz 1 Alt. 2, Satz 2 DSGVO). Der Auftragnehmer informiert den Auftraggeber, wenn er Änderungen in Bezug auf die Hinzuziehung oder die Ersetzung weiterer Auftragsverarbeiter vornimmt. Der Auftraggeber kann gegen derartige Änderungen Einspruch erheben. Der Einspruch ist innerhalb von einem Monat nach Zugang der Information über die Änderungen schriftlich gegenüber dem Auftragnehmer einzulegen. Kann keine einvernehmliche Lösung erzielt werden, erfolgt eine Einschränkung oder Beendigung der Auftragsverarbeitung.
- (3) Der Auftragnehmer hat den Unterauftragnehmer sorgfältig auszuwählen und vor der Beauftragung zu prüfen, dass die in diesem Vertrag vereinbarten Regelungen auch gegenüber dem Unterauftragnehmer gelten. Der Vertrag mit einem Unterauftragnehmer muss schriftlich abgefasst werden, was auch in einem elektronischen Format erfolgen kann (Art. 28 Abs. 4 und Abs. 9 DSGVO).
- (4) Der Auftragnehmer hat dem Unterauftragnehmer dieselben Pflichten zum Schutz personenbezogener Daten aufzuerlegen, die zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer festgelegt sind.
- (5) Der Auftragnehmer haftet gegenüber dem Auftraggeber dafür, dass der Unterauftragsverarbeiter den Datenschutzpflichten nachkommt, die ihm durch den Auftragnehmer vertraglich auferlegt wurden.
- (6) Nicht als Unterauftragsverhältnisse sind Dienstleistungen anzusehen, die der Auftragnehmer bei Dritten als reine Nebenleistung in Anspruch nimmt, um die geschäftliche Tätigkeit auszuüben. Dazu gehören beispielsweise Reinigungsleistungen, reine Telekommunikationsleistungen ohne konkreten Bezug zu Leistungen, die der Auftragnehmer für den Auftraggeber erbringt, Post und Kurierdienste, Transportleistungen, Bewachungsdienste. Der Auftragnehmer ist gleichwohl verpflichtet, auch bei Nebenleistungen, die von Dritten erbracht werden, Sorge dafür zu tragen, dass angemessene Vorkehrungen und technische und organisatorische Maßnahmen getroffen wurden, um den Schutz personenbezogener Daten zu gewährleisten.

§ 10 Vertraulichkeitsverpflichtung

- (1) Der Auftragnehmer ist bei der Verarbeitung von Daten für den Auftraggeber zur Wahrung der Vertraulichkeit über Daten, die er im Zusammenhang mit dem Auftrag erhält bzw. zur Kenntnis erlangt, verpflichtet. Der Auftragnehmer verpflichtet sich, die gleichen Geheimnisschutzregeln zu beachten, wie sie dem Auftraggeber obliegen. Der Auftraggeber ist verpflichtet, dem Auftragnehmer etwaige besondere Geheimnisschutzregeln mitzuteilen.
- (2) Der Auftragnehmer sichert zu, dass ihm die jeweils geltenden datenschutzrechtlichen Vorschriften bekannt sind und er mit der Anwendung dieser vertraut ist. Der Auftragnehmer sichert ferner zu, dass er seine Beschäftigten mit den für sie maßgeblichen Bestimmungen des Datenschutzes vertraut macht und zur Vertraulichkeit verpflichtet hat. Der Auftragnehmer sichert ferner zu, dass er insbesondere die bei der Durchführung der Arbeiten tätigen Beschäftigten zur Vertraulichkeit verpflichtet hat und diese über die Weisungen des Auftraggebers informiert hat.

§ 11 Wahrung von Betroffenenrechten

- (1) Der Auftraggeber ist für die Wahrung der Betroffenenrechte allein verantwortlich. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, den Auftraggeber bei seiner Pflicht, Anträge von Betroffenen nach Art. 12-23 DSGVO zu bearbeiten, zu unterstützen. Der Auftragnehmer hat dabei insbesondere Sorge dafür zu tragen, dass die insoweit erforderlichen Informationen unverzüglich an den Auftraggeber erteilt werden, damit dieser insbesondere seinen Pflichten aus Art. 12 Abs. 3 DSGVO nachkommen kann.
- (2) Soweit eine Mitwirkung des Auftragnehmers für die Wahrung von Betroffenenrechten insbesondere auf Auskunft, Berichtigung, Sperrung oder Löschung durch den Auftraggeber erforderlich ist, wird der Auftragnehmer die jeweils erforderlichen Maßnahmen nach Weisung des Auftraggebers treffen. Der Auftragnehmer wird den Auftraggeber nach Möglichkeit mit geeigneten technischen und organisatorischen Maßnahmen dabei unterstützen, seiner Pflicht zur Beantwortung von Anträgen auf Wahrnehmung von Betroffenenrechten nachzukommen.
- (3) Der Auftragnehmer ist berechtigt, Mehraufwände, die durch Mitwirkungsleistungen im Zusammenhang mit Geltendmachung von Betroffenenrechten gegenüber dem Auftraggeber beim Auftragnehmer entstehen und dabei über das übliche Maß hinaus gehen, in Rechnung zu stellen. Eine Kostentragungspflicht des Auftraggebers scheidet aus, soweit die Unterstützungsleistungen aufgrund von Gesetzes- oder Vertragsverstößen des Auftragnehmers erforderlich werden.

§ 12 Geheimhaltungspflichten

- (1) Beide Parteien verpflichten sich, alle Informationen, die sie im Zusammenhang mit der Durchführung dieses Vertrages erhalten, zeitlich unbegrenzt vertraulich zu behandeln und nur zur Durchführung des Vertrages zu verwenden. Keine Partei ist berechtigt, diese Informationen ganz oder teilweise zu anderen als den soeben genannten Zwecken zu nutzen oder diese Information Dritten zugänglich zu machen.
- (2) Die vorstehende Verpflichtung gilt nicht für Informationen, die eine der Parteien nachweisbar von Dritten erhalten hat, ohne zur Geheimhaltung verpflichtet zu sein, oder die öffentlich bekannt sind.

§ 13 Vergütung

Die Vergütung des Auftragnehmers wird gesondert vereinbart.

§ 14 Technische und organisatorische Maßnahmen zur Datensicherheit

- (1) Der Auftragnehmer verpflichtet sich gegenüber dem Auftraggeber zur Einhaltung der technischen und organisatorischen Maßnahmen. Der zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses bestehende Stand der technischen und organisatorischen Maßnahmen ist als Anhang 1 zu diesem Vertrag beigefügt.
- (2) Die Parteien sind sich darüber einig, dass zur Anpassung an technische und rechtliche Gegebenheiten Änderungen der technischen und organisatorischen Maßnahmen erforderlich werden können. Wesentliche Änderungen, die die Integrität, Vertraulichkeit oder Verfügbarkeit der personenbezogenen Daten beeinträchtigen können, wird der Auftragnehmer im Voraus mit dem Auftraggeber abstimmen. Maßnahmen, die lediglich geringfügige technische oder organisatorische Änderungen mit sich bringen und die Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit der personenbezogenen Daten nicht negativ beeinträchtigen, können vom Auftragnehmer ohne Abstimmung mit dem Auftraggeber umgesetzt werden. Der Auftraggeber kann jederzeit eine aktuelle Fassung der vom Auftragnehmer getroffenen technischen und organisatorischen Maßnahmen anfordern.
- (3) Der Auftragnehmer wird die von ihm getroffenen technischen und organisatorischen Maßnahmen regelmäßig und auch anlassbezogen auf ihre Wirksamkeit kontrollieren.

§ 15 Dauer des Auftrags

- (1) Der Vertrag beginnt mit Unterzeichnung und wird auf unbestimmte Zeit geschlossen.
- (2) Er ist mit einer Frist von drei Monaten zum Jahresende kündbar.
- (3) Der Auftraggeber kann den Vertrag jederzeit ohne Einhaltung einer Frist kündigen, wenn ein schwerwiegender Verstoß des Auftragnehmers gegen die anzuwendenden Datenschutzvorschriften oder gegen Pflichten aus diesem Vertrag vorliegt, der Auftragnehmer eine Weisung des Auftraggebers nicht ausführen kann oder will oder der Auftragnehmer den Zutritt des Auftraggebers oder der zuständigen Aufsichtsbehörde vertragswidrig verweigert.

§ 16 Beendigung

- (1) Nach Abschluss der Erbringung der Verarbeitungsleistungen, in der Regel nach Beendigung des Vertrages, hat der Auftragnehmer sämtliche in seinen Besitz gelangten Unterlagen, Daten und erstellten Verarbeitungs- oder Nutzungsergebnisse, die im Zusammenhang mit dem Auftragsverhältnis stehen, nach Wahl des Auftraggebers an diesen zurückzugeben oder zu löschen. Die Löschung ist in geeigneter Weise zu dokumentieren. Etwaige gesetzliche Aufbewahrungspflichten oder sonstige Pflichten zur Speicherung der Daten bleiben unberührt. Für Datenträger gilt, dass diese im Falle einer vom Auftraggeber gewünschten Löschung zu vernichten sind.
- (2) Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber auf Verlangen die Löschung der Daten schriftlich zu bestätigen.

§ 17 Haftung und Schadensersatz

Die Vertragsparteien haften entsprechend den Bestimmungen gemäß Art. 82 DSGVO.

§ 18 Schlussbestimmungen

- (1) Sollte das Eigentum des Auftraggebers beim Auftragnehmer durch Maßnahmen Dritter (etwa durch Pfändung oder Beschlagnahme), durch ein Insolvenzverfahren oder durch sonstige Ereignisse gefährdet werden, so hat der Auftragnehmer den Auftraggeber unverzüglich zu informieren. Der Auftragnehmer wird die Gläubiger über die Tatsache, dass es sich um Daten handelt, die im Auftrag verarbeitet werden, unverzüglich informieren.
- (2) Für Nebenabreden ist die Schriftform erforderlich.
- (3) Sollten einzelne Bestimmungen dieser Vereinbarung ganz oder teilweise unwirksam oder undurchführbar sein oder werden, so ist die Wirksamkeit der übrigen Regelungen hiervon nicht betroffen. In diesem Falle werden die Parteien einvernehmlich eine neue Regelung oder Ergänzung der bestehenden Regelung vereinbaren, die die unwirksame oder undurchführbare Regelung in einer Art und Weise ersetzt bzw. ergänzt, die der ursprünglich von den Parteien bei Abfassung dieser Anlage beabsichtigten Regelung am nächsten kommt, hätten sie denn die Unwirksamkeit oder Undurchführbarkeit bedacht. Dies gilt auch für Regelungslücken.
- (4) Es gilt das Recht der Bundesrepublik Deutschland.

Ort den
 Datum

Darmstadt, den
Ort Datum

Auftraggeber

XY (Auftragnehmer)

- Anhang 1 Technisch organisatorische Maßnahmen nach Art. 32 DSGVO für das Online-Monitoring-System
- Anhang 2 Beauftragte Unterauftragnehmer

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamtbetrag
Messtechnik				
Handablesung Betriebsstunden*	90	psch	0,- €	0,- €
Online-Monitoring-System				
Einrichtung	1	psch	60.000 €	60.000,- €
Betrieb Server und Datenbank jährlich	1	psch	20.000 €/a	20.000,- €/a
			Kosten, netto einmalig	60.000,- €
			Kosten, netto jährlich	20.000,- €/a

* Die Betriebsstunden müssen regelmäßig vom Landwirt abgelesen und dem jeweiligen Brunnen zugeordnet gemeldet werden

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamtbetrag
Messtechnik				
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 80	89	Stk.	1.500,- €	133.500,- €
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 200	1	Stk.	3.000,- €	3.000 €
Einbau in vorh. Schachtbauwerk				
vorh. Leitung trennen	1	psch	200,- €	200,- €
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 200	2	Stk.	800,- €	1.600,- €
Herstellung Messschacht				
Erdarbeiten, Herstellen Betonfundament	89	psch	300,- €	26.700,- €
Kunststoffschacht, Abmessungen ca. 1165x400x580 mm, befahrbar bis Klasse D400	89	Stk.	1.000,- €	89.000,- €
Flansch DN 80 auf Schnellkupplung 89 mm inkl. Bogen 90°, Stahl verzinkt	178	Stk.	200,- €	35.600,- €
Rohrdurchführungen dichten	89	Stk.	200,- €	17.800,- €
Datenübertragungstechnik NB-IoT				
Zusatzsoftware des Zählerherstellers	1	psch	2.500,- €	2.500,- €
Nutzungsgebühr jährlich	1	psch	2.500,- €/a	2.500,- €/a
Online-Monitoring-System				
Einrichtung	1	psch	60.000,- €	60.000,- €
Betrieb Server und Datenbank jährlich	1	psch	20.000,- €/a	20.000,- €/a
Kosten, netto einmalig				369.900,- €
Kosten, netto jährlich				22.500,- €/a

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamtbetrag
Messtechnik				
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 80	30	stk	1.500,- €	45.000,- €
Digitaler Wasserzähler, richtungsabhängige Messung, Schutzklasse IP 68, batteriebetrieben, DN 200	1	stk	3.000,- €	3.000,- €
Einbau in vorh. Schachtbauwerk				
vorh. Leitung trennen	1	psch	200,- €	200,- €
Flanschstück, Stahl verzinkt, DN 200	2	stk	800,- €	1.600,- €
Mobile Messbox				
Alu-Riffelblech-Kiste, Abmessungen ca. 500x400x300 mm, verschließbar	30	stk	200,- €	6.000,- €
Flansch DN 80 auf Schnellkupplung 89 mm, Stahl verzinkt	60	stk	100,- €	6.000,- €
Rohrdurchführungen herstellen	30	stk	50,- €	1.500,- €
Datenübertragungstechnik NB-IoT				
Zusatzsoftware des Zählerherstellers	1	psch	2.500,- €	2.500,- €
Nutzungsgebühr jährlich	1	psch	2.500,- €/a	2.500,- €/a
Datenmanagement				
Einrichtung	1	psch	60.000,- €	60.000,- €
Betrieb Server und Datenbank jährlich	1	psch	20.000,- €/a	20.000,- €/a
			Kosten, netto einmalig	125.800,- €
			Kosten, netto jährlich	22.500,- €/a