

Heft 6

Bericht

zum

Grundwassermodell für die Trabrennbahn Hillerheide

Auftraggeber: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Herr Patrick Blase
Freie-Vogel-Straße 369
44269 Dortmund

Auftragsdatum: 05.11.2019
Abgabedatum: 04.02.2021
Bestell-Nr.: PB/SHa/19262.15
Projektnummer: 430241

Emscher Wassertechnik GmbH
Brunnenstr. 37
45 128 Essen
Tel.: 0201 / 3610 - 0 (Sekretariat)
Fax: 0201 / 3610 – 100

Der vorliegende Bericht und die zugehörigen Untersuchungen wurden von folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Emscher Wassertechnik GmbH (EW) ausgearbeitet:

Dipl.-Geol. Dr. Florian Werner	Projektleiter
Sandra Kons, M.Sc. Geow.	Grundwassermodellierung

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Vorgehensweise	1
3	Geohydraulisches Gesamtsystem und Modelltyp	2
4	Modellaktualisierung	3
4.1	Hydrogeologischer Schichtenaufbau	3
4.2	Bärenbach.....	4
4.3	Grundwasserstände und -gleichen.....	5
5	Modellkalibrierung	7
5.1	Kalibrierstrategie und Plausibilitätskontrolle	7
5.2	Ergebnis der Kalibrierung.....	7
6	Grundwasserprognoserechnungen	12
6.1	Planzustand	12
6.2	Planzustand mit monatlich veränderlicher GW-Neubildung	16
7	Zusammenfassung	19

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Gelände der ehemaligen Trabrennbahn in Recklinghausen Hillerheide soll städtebaulich entwickelt werden. Kern des Entwicklungskonzepts ist die Erstellung eines Sees im Bereich der heutigen Rennbahn. Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (BCE) hat 2017 für die Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH (SER) eine Machbarkeitsstudie –Seenplanung- erstellt. Für die Planung des Sees ist als besondere Leistung ein Grundwassermodell zu erstellen. Die Leistung ist wie folgt bezeichnet:

„Erstellen eines digitalen Grundwassermodells für das Plangebiet für die was-serrechtliche Genehmigung (Planfeststellungsverfahren) des Rennbahnsees auf der ehemaligen Trabrennbahn nach § 68 WHG“.

Am 05.11.2019 hat Herr Dipl.-Ing. P. Blase, BCE die Emscher Wassertechnik GmbH (EW) mit dieser Leistung beauftragt. Die EW kann dazu auf das vorliegende Grundwassermodell RE-Siemensstraße der Emschergenossenschaft (EG) zurückgreifen. Das Grundwassermodell soll im Umfeld des geplanten Sees aktualisiert werden.

2 Vorgehensweise

Bei der Emschergenossenschaft steht für das Untersuchungsgebiet das regionale Grundwassermodell RE-Siemensstraße zur Verfügung, welches zuletzt 2015 im Rahmen der Simulationen zur Konzeptionellen Planung eines Grundwasserersatzsystems in der Siemensstraße und zur Ökologischen Verbesserung des Bärenbachs aktualisiert wurde. Zuvor wurde es 2011 von der Emscher Wassertechnik GmbH für die Dimensionierung der Dränagen und deren Bauwasserhaltung (2014) am Hauptkanal Recklinghausen verwendet.

Im Rahmen der dreidimensionalen Erweiterung erfolgte zunächst eine feinere Diskretisierung des Finite-Elemente-Netzes im Bereich des geplanten Hillersees, sodass die Ufer- und Böschungslinien abgebildet werden. Anschließend wurden die Bohrprofile ausgewertet, um die Quartärbasis und die Schichtenaufteilung im Quartär zu ermitteln. Für die Erstellung des Grundwassergleichenplans wurden die vorhandenen Grundwassermessstellen von der Emscherwassertechnik ausgewertet. Es wurde ein Gleichenplan für mittlere Verhältnisse erstellt. Das gesamte Grundwassermodell wurde anschließend stationär für eine mittlere Grundwassersituation nachkalibriert. Der aktuelle Istzustand stellt

das Ergebnis dieser Modellkalibrierung ohne die geplanten baulichen Maßnahmen auf dem Gelände der ehemaligen Trabrennbahn dar.

In den Prognoserechnungen wurden im Anschluss an die Kalibrierung die Auswirkungen der baulichen Änderung durch einen See untersucht. Es wurden verschiedene Wasserspiegellagen des Sees simuliert und die daraus resultierenden Ex- und Infiltrationsmengen dokumentiert.

Als Simulator für die numerische Modellierung wurde das Programmsystem SPRING verwendet, das auf der Methode der Finite-Elemente basiert.

3 Geohydraulisches Gesamtsystem und Modelltyp

Im Vorfeld der numerischen Grundwassermodellierung muss eine hydrogeologische Modellvorstellung entwickelt werden. Darauf aufbauend und unter Berücksichtigung der Fragestellung des Projektes werden Modelltyp und Modell-aufbau gewählt. Mit dem Modell wird die Natur abstrahiert dargestellt, sodass die Fragestellung hinreichend genau bearbeitet werden kann. Das Modellgebiet umfasst eine 13,7 km² große Fläche mit einem 4,5 km² großen 3D-Gebiet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Modellgebiet und 3D-Bereich

Um die unterschiedliche hydraulische Wirkung der einzelnen Schichten des oberen Grundwasserstockwerks differenziert betrachten zu können, wird das neue Grundwassermodell Hillersee dreidimensional aufgebaut. Dazu müssen die Ober- und Unterkanten der vorhandenen hydrogeologischen Einheiten und deren hydraulische Leitfähigkeiten (k_f -Werte) im Modell implementiert werden.

Das vorliegende 3D-Modell bildet die Grundwassersituation im oberen Grundwasserstockwerk ab, das sich aus den Deckschichten des Quartärs und den oberen, im Allgemeinen stärker geklüfteten Schichten des Emschermergels zusammensetzt. Das Quartär besteht im Untersuchungsgebiet hauptsächlich aus Ablagerungen in Bach- und Flusstälern.

Die Basis des Grundwasserstockwerkes bildet der ungeklüftete Emschermergel.

4 Modellaktualisierung

Das Grundwassermodell Hauptkanal Recklinghausen / Siemensstraße liegt bei der Emschergenossenschaft vor und wurde für die Fragestellung zum Hillersee aktualisiert. Die Modellaktualisierungen werden im Folgenden beschrieben.

4.1 Hydrogeologischer Schichtenaufbau

Im Rahmen der Auswertungen der Schichtenverzeichnisse wurden die Schichtgrenzen der geologischen Einheiten ermittelt. Die Quartärbasis bildet die Grenze zwischen Quartär und Kreide. Die Differenz zwischen Geländeoberkante und Quartärbasis liefert die Mächtigkeiten (0-14 m) des Quartärs im 3D-Gebiet. Im Umfeld der Trabrennbahn sind die Mächtigkeiten mit 1-5 m besonders gering. Zusätzlich lassen die Bohrprofile eine Unterteilung in ein oberes sandiges und ein unteres schluffiges Quartär zu. Ein Schnitt durch das 3D-Gebiet ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden aus der bisherigen Modellbearbeitung übernommen und sind in Tab. 1 dargestellt. Die Bandbreite der k_f -Werte (plausible Ober- und Untergrenzen) wird benötigt, um Durchlässigkeitsbeiwerte im Zuge der Kalibrierung variieren zu können.

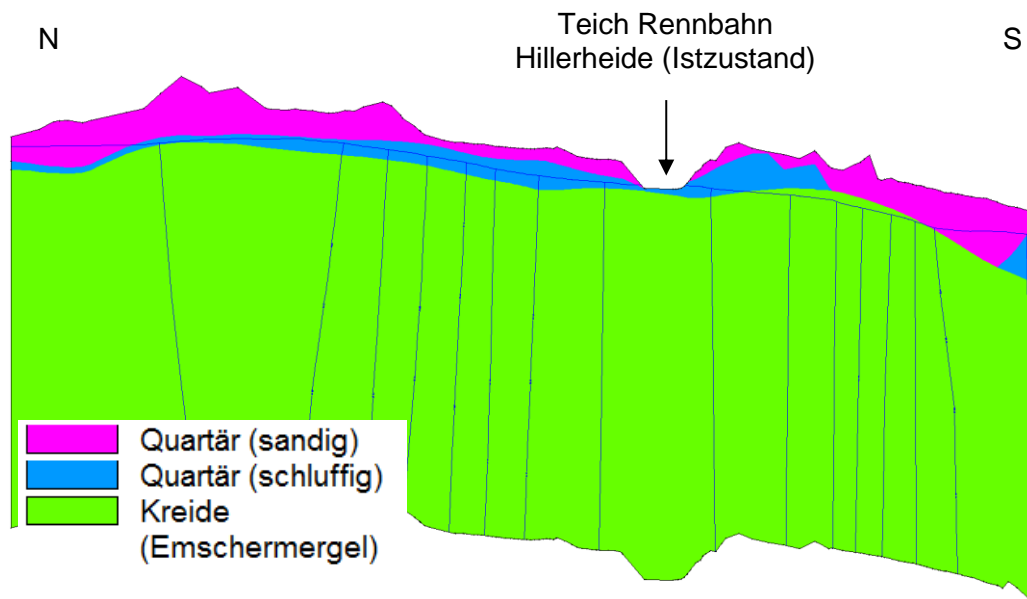


Abbildung 2: Geologischer Schnitt von Norden nach Süden durch das 3D-Gebiet im Ist-Zustand vor der Herstellung des Sees.

Tab. 1: Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) und Startwerte für die Modellkalibrierung.

Geologische Einheit	k_f -Wert-Spannen (m/s)
Sandiges Quartär	$4 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$
Schluffiges Quartär	$5 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$
Kreide (Emschermergel)	$1 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-5}$

4.2 Bärenbach

Da die sich langfristig einstellenden Grundwasserverhältnisse analysiert werden sollen sind für den Bärenbach die geplanten Wasserspiegellagen und Laufänderungen ins Grundwassermodell übernommen worden. Die eigentliche ökologische Umgestaltung und Umlegung des Bärenbachs sollen im Verlauf des Jahres 2020 erfolgen (Aussage Stadt Recklinghausen).

4.3 Grundwasserstände und -gleichen

Für die Aktualisierung des Grundwassergleichenplans wurden rund 50 Grundwassermessstellen ausgewertet, wovon 18 für die Erstellung des Grundwassergleichenplans verwendet werden konnten. Für 10 dieser Messstellen konnte ein Mittelwert über 10 Jahre gebildet werden. Allerdings zeigte sich an den Messstellen in der Nähe des Hauptkanals Recklinghausen im August 2016 ein Absturz in der Ganglinie und die Grundwasserstände blieben auf diesem niedrigeren Niveau (Abbildung 3). Daher wurde für alle 18 Messstellen ein Mittelwert über 3 Jahre von 10/2016-09/2019 bestimmt. Zusätzlich zu den langjährigen Ganglinien standen an 4 neu errichteten Messstellen Loggerdaten für den Zeitraum vom 17.01. – 07.02.2020 zur Verfügung. Diese Messreihe wurde für eine Nachkalibrierung bis zum 09.07.2020 verlängert.

Da die Loggerdaten kein komplettes Jahr zur Ableitung eines Mittelwertes enthielten, wurden die Mittelwerte mit Blick auf die nächstgelegene Messstelle mit langer Zeitreihe in einen zyklischen Jahresverlauf eingehängt (angepasst). Auf Basis dieser Mittelwerte wurde ein neuer Grundwassergleichenplan erstellt (Abbildung 4).

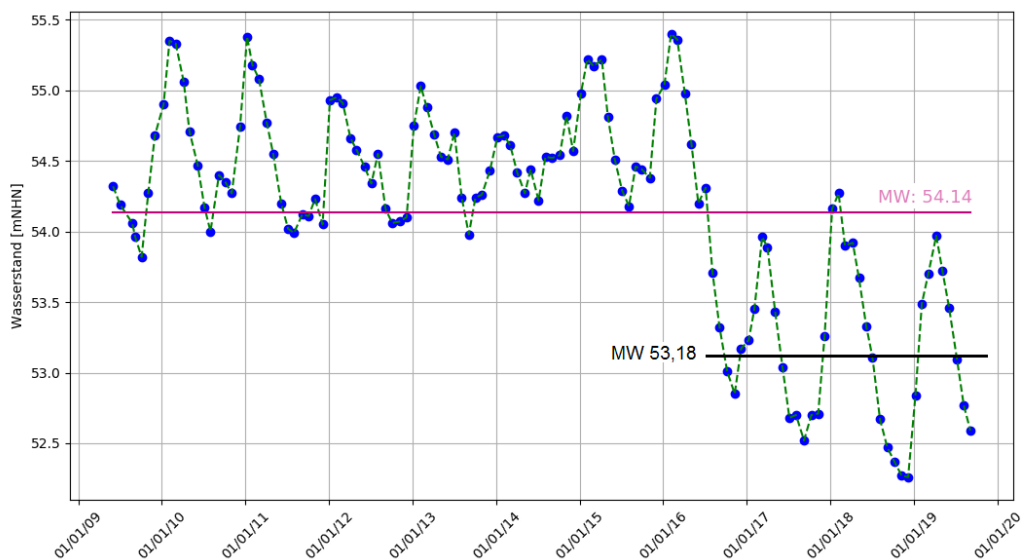


Abbildung 3: Ganglinie der EGLV-Messstelle 2435320 als Beispiel für unterschiedliche Mittelwerten für die letzten 10 oder 3 Jahre.

Aus Abbildung 3 lassen sich ebenfalls repräsentative Werte für die GW-Schwankungen im Planungsgebiet ableiten. Diese betragen rund 1,5 m als Amplitude und somit rund 0,75 m als Abweichung in jede Richtung vom Mittelwert.



Abbildung 4: Grundwassergleichenplan für mittlere Verhältnisse mit verwendeten Messstellen

5 Modellkalibrierung

5.1 Kalibrierstrategie und Plausibilitätskontrolle

Ziel der Kalibrierung des Modells ist es, die berechneten Grundwasserstände mit den gemessenen Grundwasserständen an den Messstellen möglichst gut widerzuspiegeln. Um die räumlichen Inhomogenitäten des natürlichen Systems abzubilden werden die Durchlässigkeitsbewerte innerhalb der vorgegebenen Grenzen für jede Schicht iterativ verändert.

Neben den Grundwasserstandsmessungen bildet die Plausibilitätsprüfung der berechneten Flurabstände ein zweites Qualitätskriterium. So sind Vernässungsflächen in Bereichen mit Bebauung oder landwirtschaftlicher Nutzung unplausibel. In bebauten Bereichen sind Flurabstände von unter 2,5 m daher kritisch zu hinterfragen, wenn nicht bekannt ist, dass Vernässungsprobleme existieren. Zudem sind große Flurabstände bei bekannten Feuchtfächen zu hinterfragen. Diese qualitativen Informationen stellen zwar nicht so belastbare Grundlagendaten wie die gemessenen Grundwasserstände dar, erhöhen aber als zusätzliches Kriterium die Belastbarkeit der gesamtäumlichen Modellkalibrierung.

5.2 Ergebnis der Kalibrierung

Nach der Kalibrierung des Grundwassermodells ergeben sich zwischen den berechneten und den gemessenen Grundwasserständen maximale Abweichungen von 0,39 m und eine mittlere Abweichung von 0,13 m. Insgesamt konnte das Grundwassermodell somit gut an die vorherrschende Grundwassersituation des Ist-Zustandes angepasst werden. Die Abweichungen belegen, wie genau die Grundwassersituation mit dem vorliegenden Modell nachgerechnet wird. Es wurden die Wasserwirtschaftsjahre 2016-2018 betrachtet, die Lage der Messstellen zeigt Abbildung 5. Einen Vergleich der berechneten und gemessenen Potenziale im Zeitverlauf zeigt Abbildung 6 a-c.

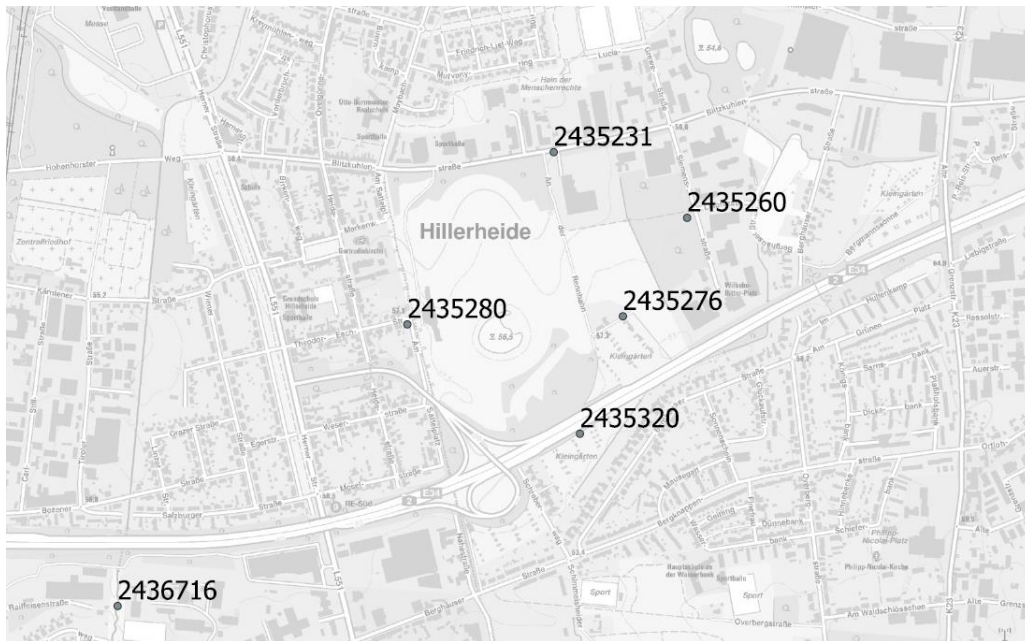
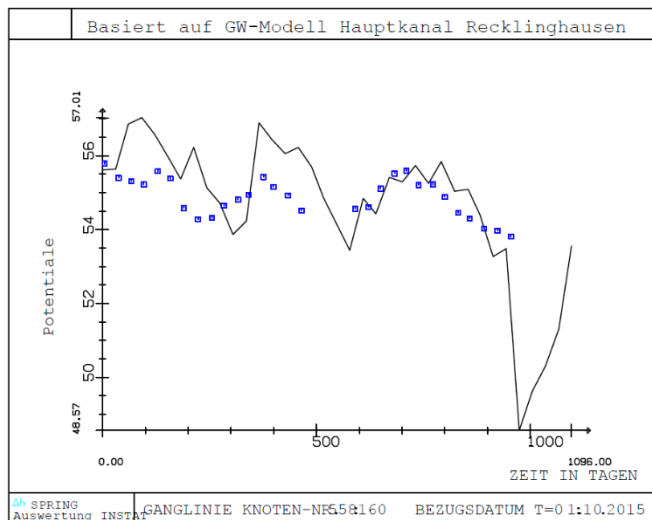
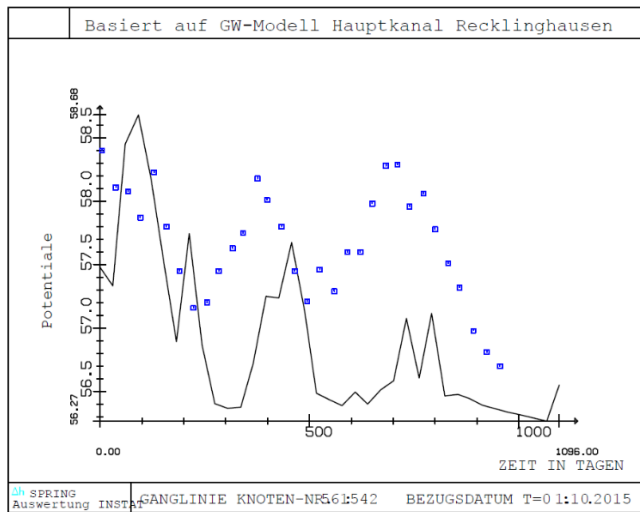


Abbildung 5: Lage der Messstellen für den Vergleich der Potenziale

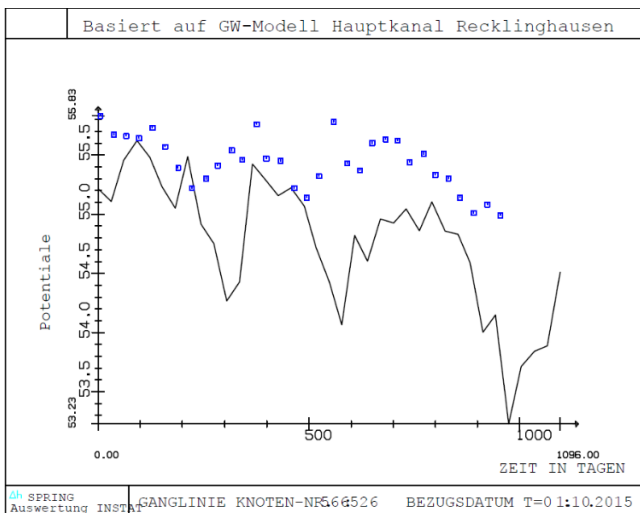


Mst. 2435260

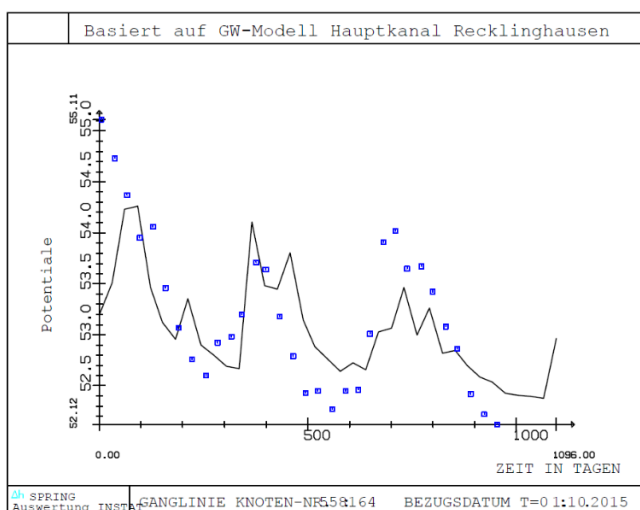
Abbildung 6a: Gemessene Potenziale an Messstellen mit berechneten Ganglinien für die Jahre 2016-2018



Mst. 2435231

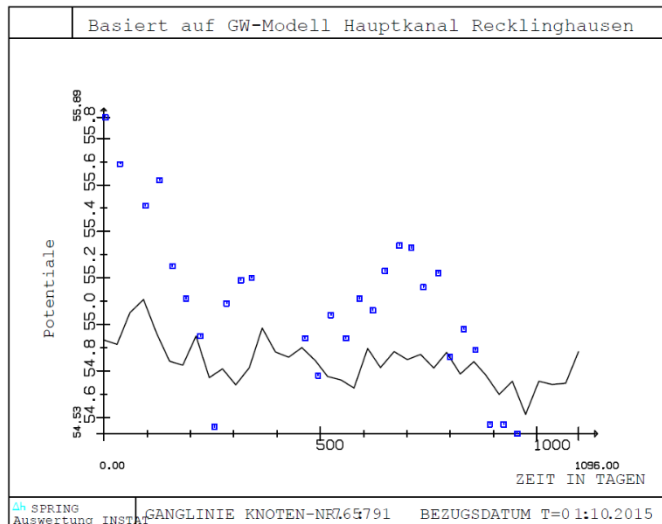


Mst. 2435216

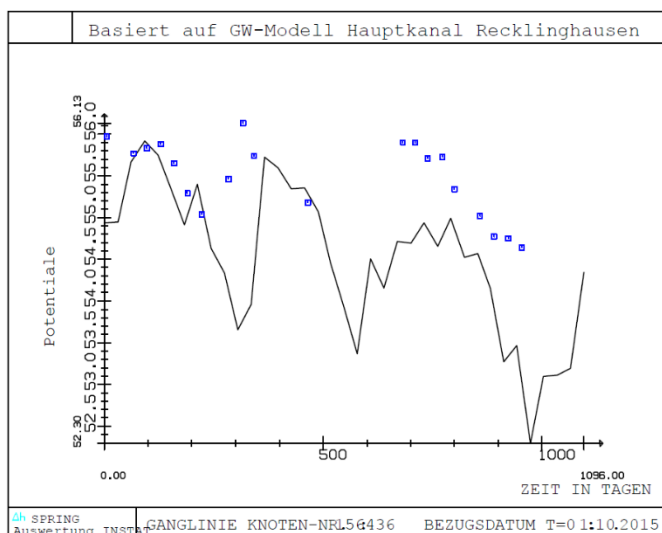


Mst. 2435320

Abbildung 6b: Gemessene Potentiale an Messstellen mit berechneten Ganglinien für die Jahre 2016-2018



Mst. 2435280



Mst. 2435276

Abbildung 6c: Gemessene Potentiale an Messstellen mit berechneten Ganglinien für die Jahre 2016-2018

Die instationäre Kalibrierung wurde für die Wasserwirtschaftsjahre 2016 bis 2018 durchgeführt. Die Porositäten der Modellelemente wurden aus dem kf-Wert abgeleitet. Durch die Annahme, dass der unterirdische Abfluss nicht direkt dem Grundwasser zufließt, sondern in der Bodenzone zurückgehalten wird, wurde die monatlichen Grundwasserneubildung verzögert und geglättet. Dadurch wird ein Anstieg bzw. eine Absenkung des Grundwasserstandes zeitverzögert und über das Jahr gesehen vergleichmäßigt. Die berech-

neten Grundwasserstände sind als Ganglinien dargestellt und mit Messwerten an ausgewählten Grundwassermessstellen verglichen. Es zeigt sich, dass das Modell nicht immer die Beträge der Messwerte nachzeichnet, insgesamt die Spanne der Messwerte aber gut abgebildet wird.

6 Grundwasserprognoserechnungen

6.1 Planzustand

Für die Simulation des Planzustands wurde die Hohlform des geplanten Sees aus dem Modell des Ist-Zustands ausgeschnitten. Der Seeboden liegt auf einer Höhe von 53,6 m NHN und oberhalb davon (Abb. 7). Für den südlichen Teil des Sees wurde eine Abdichtung angenommen, die einer 10 cm mächtigen Schicht mit einer Durchlässigkeit von $k_f=1 \cdot 10^{-8}$ m/s entspricht. Der Plan-Wasserspiegel des Sees befindet sich bei 57,0 m NHN.

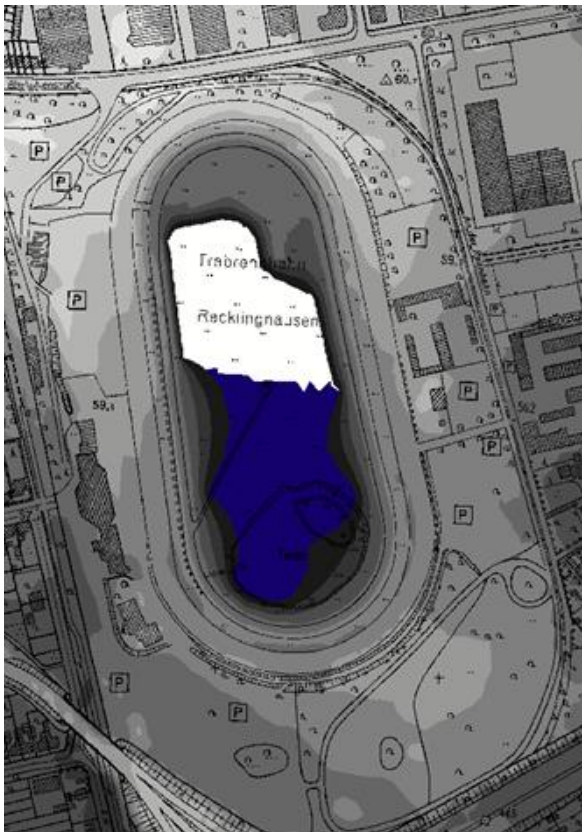


Abbildung 7: Seemorphologie und Bereich der Abdichtung am Seeboden (blau)

Im nördlichen Uferbereich des Sees wurde eine 0,5 m mächtige durchlässige Dränageschicht mit $k_f= 5 \cdot 10^{-5}$ m/s berücksichtigt, die einen Aufstau des Sicker- und Grundwassers, an der dort vorhandenen Stützmauer verhindern soll (Abb. 8). Für die Bereiche der Uferbauwerke wurde eine undurchlässige Sohle angesetzt.

Bei der stationären Berechnung wurde eine mittlere GW-Neubildung (siehe (Abb. 9) als Jahressumme angesetzt. Das Berechnungsverfahren basiert auf dem bei der EG für die Grundwassermodellierung üblichen Verfahren nach MEßER (www.gwneu.de). Für die instationären Berechnungen wurden Monatswerte verwendet, die von realen Jahren abgeleitet wurden, um keine synthetischen Wetterdaten zu verwenden. Es wird ein sehr trockenes Jahr, gefolgt von einem trockenen Jahr und ein normales Jahr berechnet. Bei einem Seewasserstand von 57,0 m NHN strömt von dem See mehr Grundwasser ab, als zu. Ein Gleichgewicht mit dem Grundwasser wäre etwa bei einem Seewasserstand von 56,4 m NHN der Fall.

Für die stationäre Berechnung ergibt sich eine mittlere jährliche Stützwassermenge von rund 28.000 m³ (netto). Der berechnete GW-Zustrom zum See beträgt rund 9.000 m³/a (brutto), der berechnete Abstrom rund 37.000 m³/a (brutto).

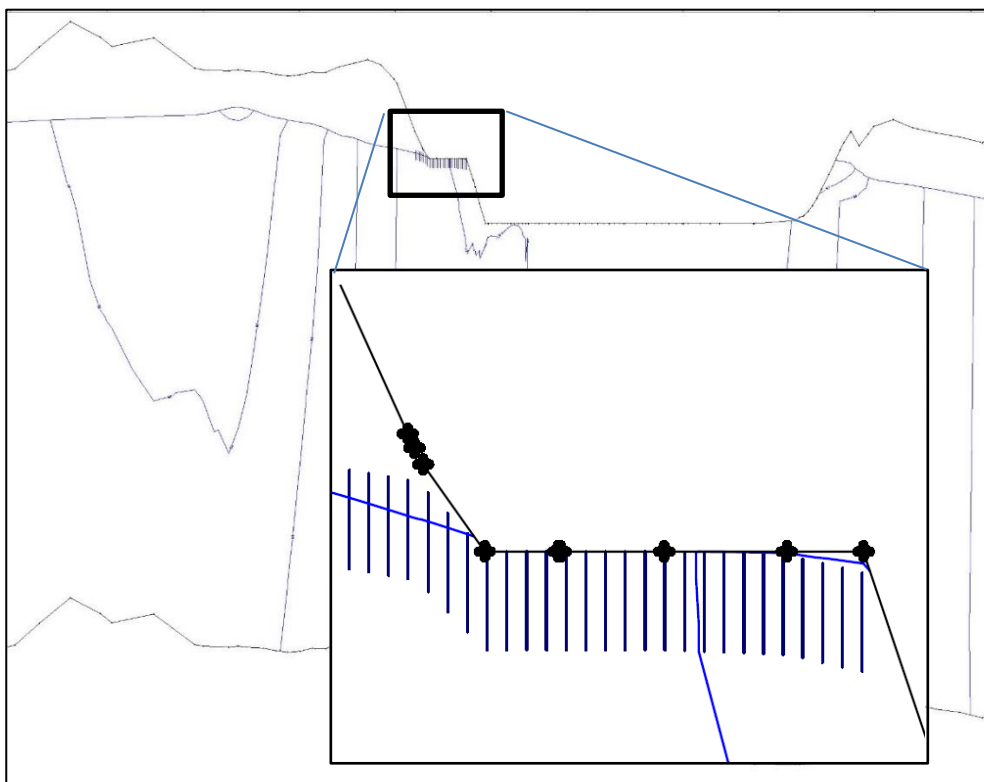


Abbildung 8: Nord-Süd-Schnitt durch den See mit Dränageschicht im nördlichen Uferbereich (schraffierter Bereich)

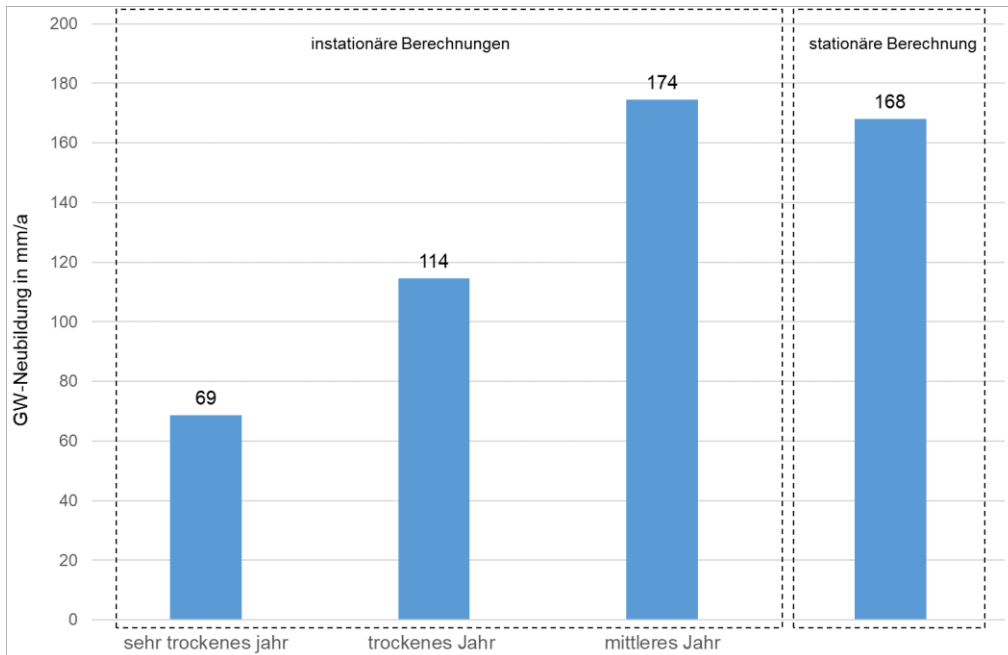


Abbildung 9: Jahressummen der GW-Neubildung für die betrachteten Jahre

Die berechneten Grundwassergleichen für stationäre, mittlere Zustände im Planzustand zeigt die Abbildung 10. Gegenüber dem Istzustand ergibt sich im nördlichen Bereich des Sees (GW-Zustrom) eine Absenkung von bis zu 1,7 m und im südlichen Bereich (GW-Abstrom) eine Aufhöhung des Grundwassers um bis zu 2,9 m. Die Bereiche maximaler Änderung befinden sich jeweils innerhalb des geplanten Sees. Außerhalb des Sees ergeben sich Änderungen von 0,25 bis 1,0 m (Abb. 11).



Abbildung 10: Berechnete Grundwassergleichen für den Planzustand

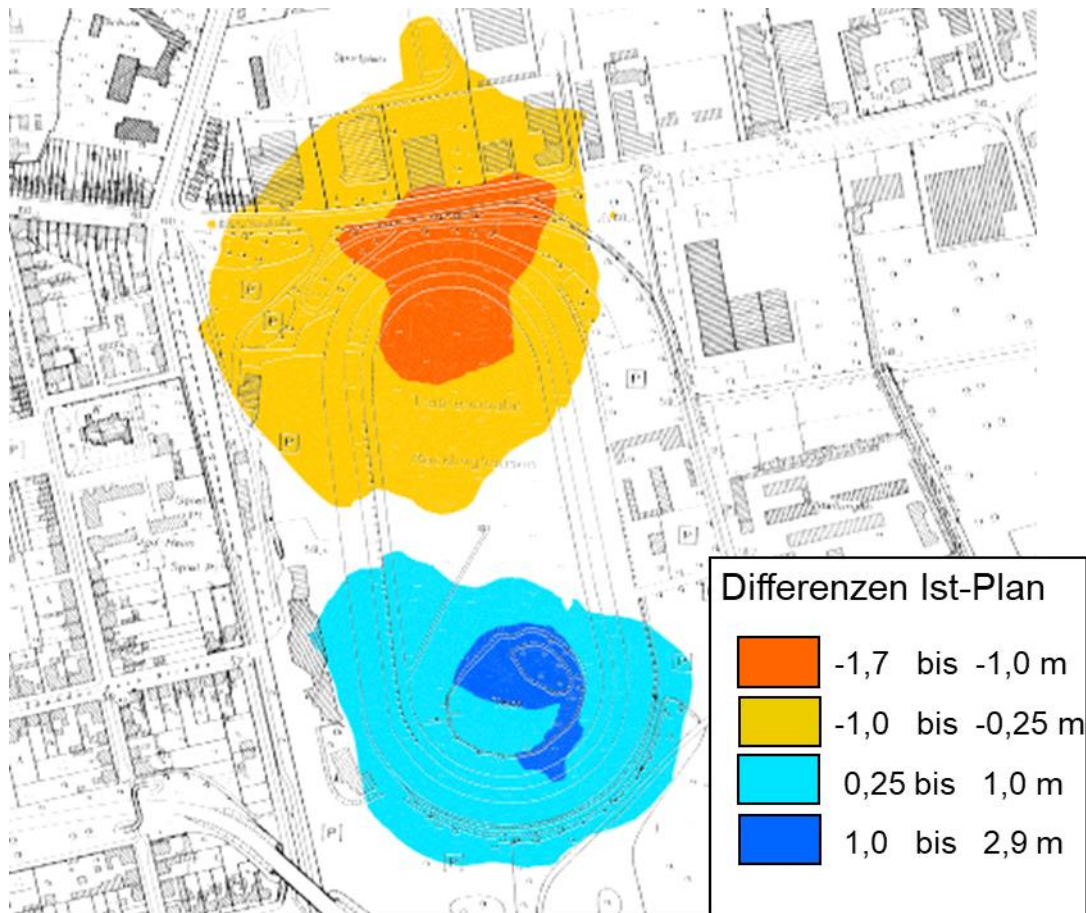


Abbildung 11: Änderung der Grundwasseroberfläche im Vergleich zum Istzustand

6.2 Planzustand mit monatlich veränderlicher GW-Neubildung

Die instationäre Simulation des Sees erfolgt bei jahreszeitlichen Grundwasserschwan-
kungen, diese werden durch die monatlich veränderliche Grundwasserneubildung be-
wirkt.

Für eine Zeitreihe von drei Jahren wurde nach vorausgegangener Einstellung von quasi-
stationären Zuständen eine Zeitreihe mit Neubildungswerten simuliert, die aus einem
sehr trockenen Jahr, einem trockenen Jahr und einem Normaljahr bestand. Es ergeben
sich die in Abbildung 12 dargestellten Austauschraten zwischen Grundwasser und Ober-
flächenwasser. Die Ergebnisse des Grundwassermodells weisen einen Verlust von
Grundwasser als negative Rate und den Gewinn an Grundwasser als positive Rate aus.
Die Stützwasserrate hat daher ein positives Vorzeichen, die Abflussspende ein Negati-
ves.

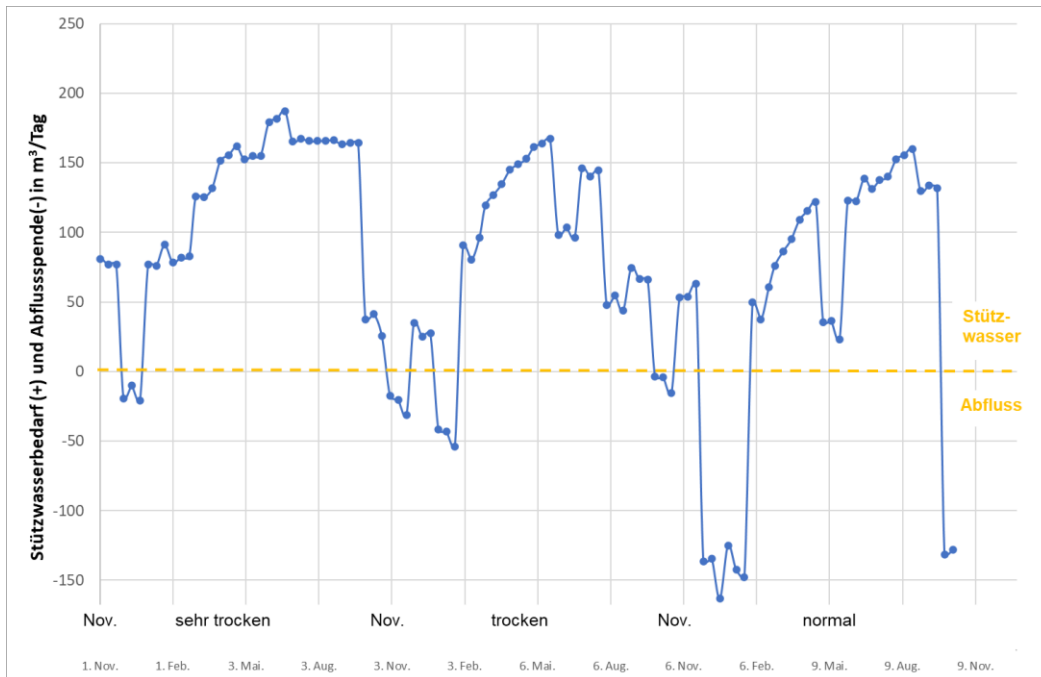


Abbildung 12: Abflussspenden (negative Werte) und Stützwasserbedarf (positive Werte)

Neben der Bewertung Normaljahr, sehr trockenes Jahr und trockenes Jahr, die sich aus den Jahressummen der Neubildung ergeben, ist die Verteilung auf die einzelnen Monate von Bedeutung. Diese kann auch in trockenen Jahren Monate mit erhöhter Neubildung erzeugen. Im Mittel ergibt sich in der instationären Berechnung ein vergleichbarer Stütz-wasserbedarf, wie er für die stationäre Berechnung ausgewiesen wurde. In den Monaten März bis Oktober treten Stütz-wassermengen von 2.000 bis 5.000 m³/Monat auf. In den Monaten Januar und Februar wird ein Abfluss von bis zu 4.500 m³/Monat erzeugt (Abb. 12).

Für die in Abbildung 13 dargestellten Orte sollten Ganglinien zum berechneten Grundwasserstand ausgewiesen werden, diese sind in Abbildung 14 dargestellt.

Da im Verlauf der Bearbeitung verschiedene Maßnahmen (schräge Seesohle, Dichtschicht, Dränschicht) und Kombinationen daraus geprüft und simuliert wurden, haben sich auch die benötigten Stütz-wassermengen geändert. Insofern verlieren die kommunizierten vorläufigen Zahlen zur Wasserbilanz mit den hier abschließend dargestellten Zahlen ihre Gültigkeit. Neben den im Verlauf der Bearbeitung angepassten Geometrien und Randbedingungen wurde im Verlauf der Bearbeitung das Modell auch von unplausiblen Eingangsdaten befreit.

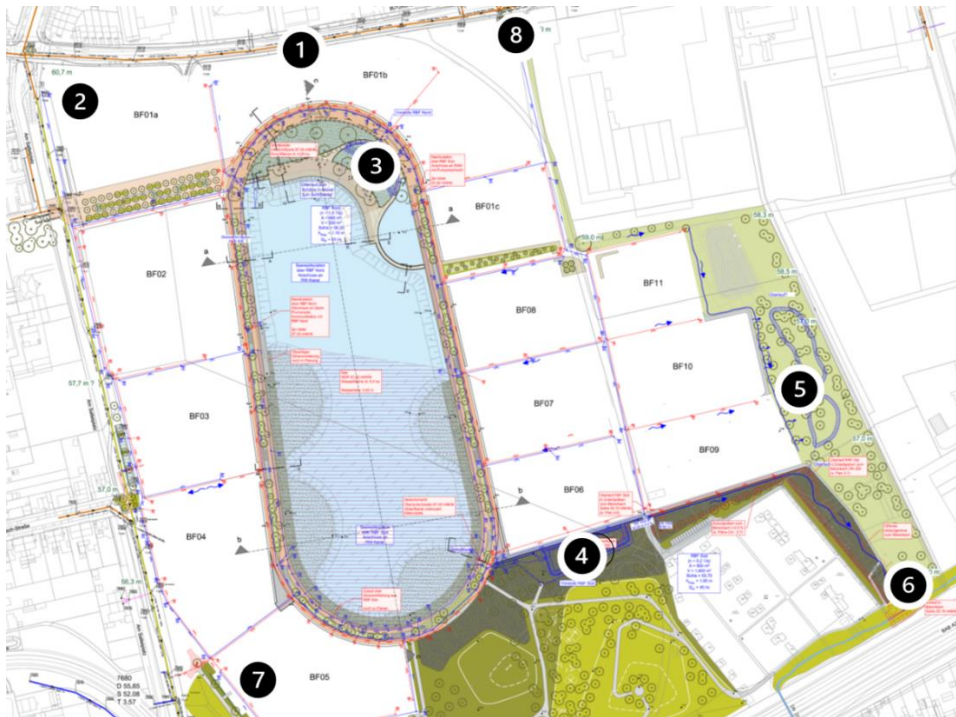


Abbildung 13: Lage der Betrachtungspunkte

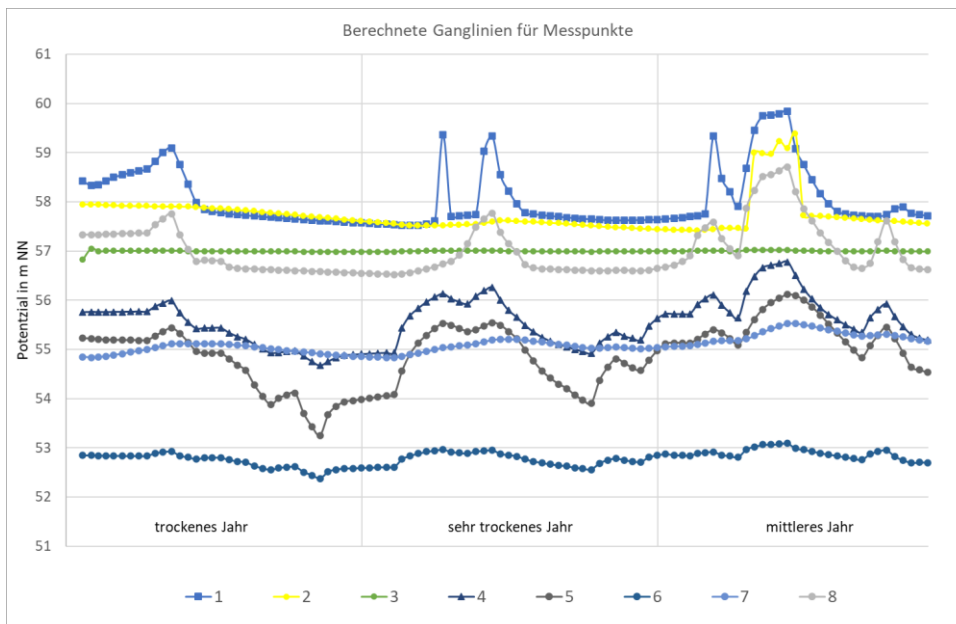


Abbildung 14: Berechnete GW-Ganglinien für die Betrachtungspunkte in der Umgebung des Sees

7 Zusammenfassung

Für das Gelände der ehemaligen Trabrennbahn Hillerheide in Recklinghausen wurde ein Grundwassermodell erstellt und kalibriert. Anschließend wurde der geplante See mit dem Modell simuliert. Der See Hillerheide wurde entsprechend der geplanten Morphologie mit einer Sohlhöhe von 53,6 m NHN in den tiefsten Bereichen aus dem Grundwasserleiter ausgeschnitten. In seinem südlichen Teil wurde eine Abdichtung der Sohle angesetzt. Im nördlichen Uferbereich wurde unter den Uferbauwerken eine Dränschicht in Ansatz gebracht. Der Wasserspiegel wurde auf 57 m NHN gehalten.

Der Seewasserspiegel liegt ca. 0,6 m über dem Gleichgewichtswasserspiegel, der sich ohne eine Steuerung durch die natürlichen Grundwasser-Zu- und Abströme einstellen würde. Daher ist der See durch eine Zuspeisung zu stützen.

Essen, den 04.02.2021

ppa. Dr. Johannes Meßer

i.V. Dr. Florian Werner