



Stadt Köln



Sportamt der Stadt Köln

Entwurf

Bewässerung

Vorwiesen Rheinenergiestadion

mit Grundwasser

Neubau Grundwasserbrunnen

Neubau Bewässerungssystem

Dokumentverfasser:

MÜNSCHER
Ingenieure Köln

Weißenburgstr. 72
50670 Köln
Tel. 0221 49 11 62 7
Fax 0221 49 73 63 7
E-Mail mail@muenscher.eu

Köln, den 15. Okt 2019

Inhalt

A	Projektbeschreibung	4
1.	Lage des Projektes	4
2.	Projektdefinition.....	5
B	Planungsgrundlagen	6
1.	Grundwasserbrunnen.....	6
2.	Bewässerungsgebiet.....	7
2.1	Wasserbedarf	8
C	Vorentwurfsplanung Grundwasserbrunnen	9
1.	Altlasten / Geologie (Anlage Bodengutachten).....	9
2.	Grundwasser / Wasserschutzzone	10
3.	Grundwasserqualität	11
4.	Ausbaukriterien für den Grundwasserbrunnen	12
5.	Technische Ausrüstung.....	14
6.	Elektro- und Steuereinrichtung (im separat aufgestellten Überflurschrank)	14
7.	Wartung der Anlage	15
8.	Fördermengen / Wasserbedarf (Anlage Wasserbedarfsermittlung)	15
D	Bewässerungssystem, Druckerhöhung, Reservoir	16
1.	Bewässerungsfläche	16
2.	Bewässerungsart	17
3.	Bewässerungsinstallation und geometrische Verteilung	18
4.	Bemessung Druckerhöhung und Speicher	22
5.	Druckerhöhungsanlage.....	23
6.	Speicher für vorzuhaltendes Grundwasser	27
7.	Steuerung des Bewässerungssystems.....	29
E	Projektkosten Zusammenstellung	30
F	Unterschrift und Freigabe	31

Anlagen

Kostenberechnung

Weitere Anlagen

- Auslegung Druckerhöhung und Speicher
- Bodengutachten
- Brunnen Bemessung
- Brunnen Skizze
- Brunnenstube
- Druckverlust Ringleitung
- E-Versorgung
- Skizze Schaltschrank
- Versenkgrenner
- Wasserbedarfsermittlung
- Wasserverteilung und Stationen
- Systemschnitt Wasserversorgung

Planunterlagen

- Plan 448E 110 LP Wasserversorgung Variante 1
- Plan 448E 111 LP Wasserversorgung Variante 2
- Plan 448E 120 LP Berechnungssystem West
- Plan 448E 121 LP Berechnungssystem Ost

A Projektbeschreibung

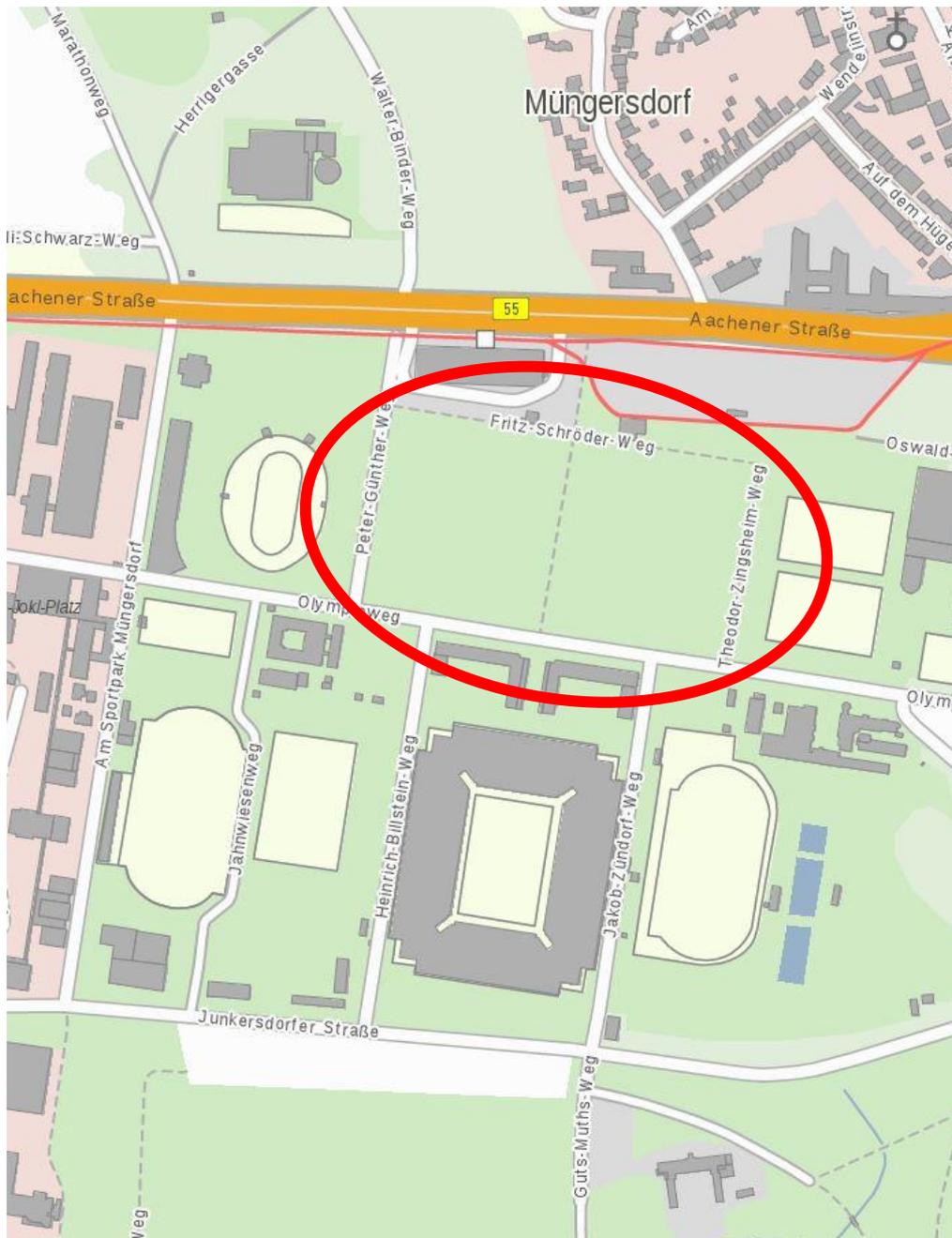
1. Lage des Projektes

(keine Änderung zum Vorentwurf)

Das Projekt liegt in Köln-Müngersdorf unmittelbar nördlich des Rheinenergie-Stadions.

Das Sportamt der Stadt Köln hat zur Planung dieses Projektes die MÜNSCHER Ingenieure Köln (folgend kurz MIK) beauftragt.

Gegenstand der Planung ist eine automatisierte Bewässerung einer Sportrasenfläche mit Grundwasser.



2. Projektdefinition

Das Projektziel definiert sich in einem nachhaltigen Bewässerungssystem der Sportrasenflächen zwischen Olympiaweg und Fritz-Schröder-Weg, sowie seitlich begrenzt durch den Theodor-Zingsheim-Weg und Peter-Günther-Weg. Die Speisung der Bewässerungsanlage soll mit Grundwasser erfolgen.

Der Bau eines Grundwasserbrunnens wird verfolgt, um die hohen Betriebskosten durch Verwendung von Trinkwasser aus dem Leitungsnetz der Rheinenergie, zu senken.

Ein hydrogeologisches Gutachten wurde im Rahmen des Vorentwurfs erstellt. Die Ergebnisse zeigen brauchbare Entnahmemengen des Grundwassers auf. Eine Zwischenspeicherung des Grundwassers wird jedoch in Bezug auf die maximal mögliche Fördermenge erforderlich.

Die Eignung eines Grundwasserbrunnens ist im Vorentwurf bereits dargelegt worden.

Die Bewässerung der Sportrasenflächen soll automatisiert mit Handeingriff erfolgen.

Es soll ein wirtschaftliches System herausgearbeitet werden, welches die Bewässerung vereinfacht und möglichst kein Personal an den Vorgang bindet.

Als Grundlage der Planung wurden MIK die Bestandspläne der Rasenflächen mit angrenzender Topographie übergeben.

Im Rahmen des Vorentwurfs wurden Festlegungen getroffen, die für die Entwurfsplanung zur Grundlage herangezogen werden.

- Einzelne Regner-Leistung nicht über 20 m³/h
- Max. Wurfweite der Regner 30 m und nicht über 5 bar Druck
- Anordnung analog Variante 2 des Vorentwurfs
- Beregnungszeiten
 - o Mo – Fr 6:00 – 16:00 Uhr – beide Flächen (West- und Ost Fläche)
 - o Mo – Fr 16:00 – 22:00 Uhr (jeweils eine Fläche)
 - o Sa – So und feiertags Beregnung nur bei extremer Hitze
 - o Bei Großveranstaltungen ist keine Beregnung möglich
- Eine Druckerhöhungsanlage – nicht redundant
- Reservoir zur Zwischenspeicherung des Grundwassers möglichst als Schachtlösung, wie bereits als Variante im Vorentwurf aufgezeigt
- Keine Vernetzung mit der Bestands IT, autarkes Netz mit einem PC, sowie 2 Handteile

B Planungsgrundlagen

1. Grundwasserbrunnen

Die Lage des Grundwasserbrunnens wurde im Vorfeld durch das Sportamt, Herrn Reul und Herrn Reese, und MIK, Herrn Münscher, gemeinsam festgelegt und bleibt auch im Entwurf der favorisierte Standort.

Die Kriterien für die Lage des Grundwasserbrunnens waren hierbei wie folgt:

- Erreichbarkeit mit größeren Fahrzeugen
- Sicherheit gegen Vandalismus
- Geeignet in der Größe
- Frei von Baumbewuchs und Leitungen
- Ohne öffentlichen Nutzungsdruck

Die Bohrung wurde vollständig bis zum Ende (Tertiär) des Grundwasserleiters (Aquifer) durchgeführt. Das Tertiär wurde bei 29,50 m unter Geländeoberkante vorgefunden. Nach hydrologischer Auswertung liegt die Mächtigkeit des Aquifers bei rund 8,75 m. Die Durchlässigkeit der Bodenzonen ist als „gut“ zu bezeichnen.



Bild Quelle Google Earth Pro

2. Bewässerungsgebiet

Das Bewässerungsgebiet betrifft ausschließlich die 5,3 ha große Sportrasenfläche.
(Entspricht dem Vorentwurf)



Die Sportrasenfläche definiert sich in folgende Merkmale

- Hoher Nutzungsdruck
- Stark drainiert
- Lös-lehmige Anteile im Oberboden des Rasens

Diese wird derzeit mit mobilen Wasserwerfern bewässert. Je nach Jahreszeit ist der hierfür erforderlich Aufwand immens.

Eine Automatisierung der Bewässerung mit einem örtlich festen Bewässerungssystem ist Ziel dieses Projektes.

Des Weiteren wurde durch ein örtlich festes Bewässerungssystem die Beregnungszeit und die gleichmäßige Verteilung des Wassers auf der Fläche optimiert.

Für das Bewässerungssystem in der Fläche sind folgende Kriterien umzusetzen:

- Nutzung als Sportfläche
- Belastung durch Pferde oder Fahrzeuge möglich
- Drainagesystem in der gesamten Fläche vorhanden, Bestandsplan
- Hochwertige, stabile Wasserwerfer

Keine Zapfstellen am Grundwassersystem zur externen Bewässerung.

2.1 Wasserbedarf

In der Anlage „Wasserbedarfsermittlung“ wurde die Herangehensweise der Bedarfs-
ermittlung niedergelegt. MIK ist davon überzeugt, dass die angenommenen Werte auf die
Realität 1:1 übertragbar sind.

Es macht einen großen Unterschied, ob eine Rasensportfläche oder Grünland bewässert
wird. Insofern ist eine Echtzeit / Langzeitsimulation nicht hilfreich. Eine Feinabstimmung
kann später nach Erfahrungswerten erfolgen, um den Automatisierungsprozess zu
optimieren.

Das Welken der Rasenfläche ist nur bedingt akzeptabel. Grundsätzlich ist ein Welken für
die Resistenz der Rasenfläche notwendig. Auch zur Verhinderung von Moos- und
Algenbildung ist eine trockene Vegetationsschicht hin und wieder anzustreben.
Bei dem hier vorliegenden Oberboden ist ein regelmäßiges Aerifizieren notwendig. Auch
ein regelmäßiger Sandeintrag wäre für den vorliegenden Boden empfehlenswert.

Die Wasserbedarfsermittlung hat folgende Werte zum Ergebnis. Berücksichtigt ist bereits
eine Trockenphase, wie sie 2018 vorlag. Des Weiteren wurde eine weitere klimatische
Entwicklung in Betracht gezogen und berücksichtigt, damit das System nachhaltig
betrieben werden kann.

errechneter Wasserbedarf

- **maximal jährlich**
Qa = 47.508 m³/a
WHG Antrag 50.000 m³/a

- **maximal täglich**
Qd = 343 m³/d
WHG Antrag 360 m³/d

- **maximal stündlich**
Qh = 18,9 m³/h
WHG Antrag 20 m³/h

C Vorentwurfsplanung Grundwasserbrunnen

1. Altlasten / Geologie (Anlage Bodengutachten)

Vorab wurde eine **hydrogeologische Untersuchung** im Bereich der geplanten Brunnenanlage ausgeführt. Die Untersuchungen wurden durch ein qualifiziertes zertifiziertes Unternehmen ausgeführt. Hinsichtlich der geplanten „Kleinbrunnenanlage“ wurde auf einen Pumpversuch nach DVGW verzichtet.

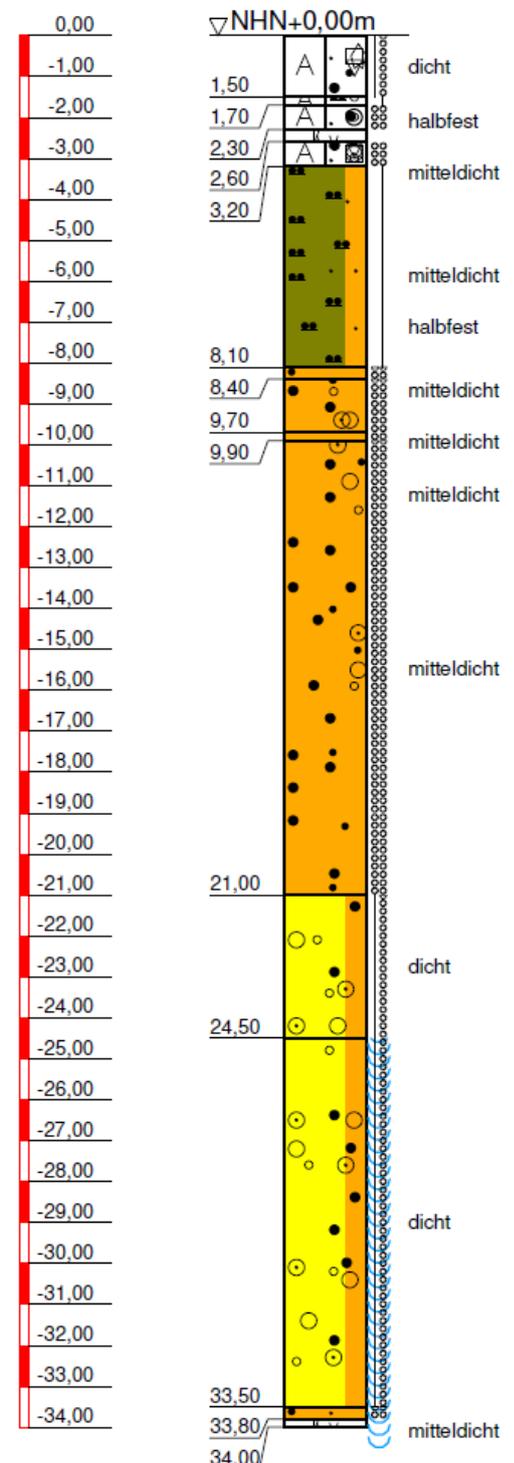
Im Untergrund befinden sich bis ca. 3,20 m Auffüllungen im geringen Maße. Die Auffüllung ist unauffällig und darunter befinden sich gewachsene Böden.

Altlasten im Erdreich liegen im Sinne einer Grundwasserverunreinigung nicht vor bzw. sind nicht bekannt.

Sämtliche Bodenbereiche wurden auch durch MIK sensorisch vor Ort geprüft. Eine Auffälligkeit konnte nicht festgestellt werden.

Das Schichtenverzeichnis zeigt ab einer Tiefe von 8,10m die Mittelterrasse mit Kiesen und Sanden auf. Diese stellt bis zum Tertiär in 33,50 m Tiefe den Grundwasserleiter des 1. Grundwasserstockwerks dar.

Die kf-Wert Ermittlung zeigt eine Durchlässigkeit im Bereich des Grundwasserleiters von $1,39 \times 10^{-4}$ m/s bis $3,40 \times 10^{-4}$ m/s auf. Die Böden dürfen demnach als gut durchlässig klassifiziert werden. Im Bereich des Grundwasserleiters sind bis 8% Bestandteile an Fein-/ Feinststoffen im Boden vorzufinden.



2. Grundwasser / Wasserschutzzone

Der Standort der geplanten Brunnenanlage hat eine vorhandene Geländehöhe von 46,00m ü. NN.

Niedrigster gemessener Grundwasserspiegel 38,25 m ü. NN

Die Grundwassermächtigkeit beträgt somit bei 8,75 m.

Hinsichtlich der Zuordnung von Schutzgebieten der Wassergewinnungswerke ist der Standort der geplanten Brunnenanlage **keiner Wasserschutzzone** zugeordnet.

Die geplanten **Anlagen der Grundwasserversorgung**, Brunnenanlage, Steuer- und Versorgungseinheiten **verursachen keinen Schadstoffaustrag** in das Grundwasser.

Grundwassermessstellen / Grundwassernutzungen im Umfeld

Die Karte GW-Anlagen zeigt aktive Grundwassermessstellen und einen aktiven Grundwasserbrunnen. Der Grundwasserbrunnen im alten Pumpenhaus des Landhaus Kuckuck wird jedoch in naher Zukunft stillgelegt und am Junkersdorfer Weg nahe des Adenauer Weihers neu errichtet. Insofern liegen nach Kenntnis des Bodengutachtens und Erkenntnisse durch MIK keine Grundwasseranlagen vor, die durch die hier geplante Entnahmestelle beeinflusst werden.

Diese bleiben im Sinne der stationären Betrachtung über den Absenktrichter von der geplanten Grundwasserentnahme unbeeinflusst (nächste Messstelle 250 m, nächste GW-Gewinnung ab 360 m Abstand). Eine Überschneidung von Rechten oder Interessen weiterer Anlagen ist, wie oben bereits erläutert, im geringen Maße gegeben.

3. Grundwasserqualität

Gemäß der Richtlinie 206 / 44 / EG über die Qualität von Süßwasser sowie Gefahrenschwellenwerte im Grundwasser sind keine Werte auffällig.

Der Sulfatwert im oberen Drittel ist in der Untersuchung des Grundwassers (siehe Bodengutachten) falsch. Hier muss es statt 1700 mg/l -> 170 mg/l heißen.

Auch die Ammoniumwerte sind für den Verwendungszweck in Ordnung.

Alle Parameter liegen entsprechend des Trends unter dem „Geringfügigkeitsschwellenwert“ zur Beurteilung von lokal begrenzten Grundwasserverunreinigungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Bericht „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“.

Nitrat

Die allgemeine Nitrat Problematik im Kölner Stadtgebiet muss bei der Grundwassergewinnung Berücksichtigung finden.

Die Messwerte sind auf einem akzeptablen Niveau und sogar trinkwassertauglich.

4. Ausbaukriterien für den Grundwasserbrunnen

Die Brunnenanlage wird als **Vertikalbrunnen** geplant, da dies die gängigste und kostengünstigste Methode zur Grundwassergewinnung in gut durchlässigen Grundwasserleitern ist.

Ausbau und Bemessung erfolgen gemäß den gültigen Regelwerken, Normen und Vorschriften.

Die Bemessung der Geometrie der Brunnenanlage erfolgte gem. DVGW W118.

Siehe Anlage Brunnenbemessung für die Durchmesser DN400, 500, 600 und 700.

Der Aspekt der Wirtschaftlichkeit und Auskömmlichkeit der Grundwassergewinnung steht bei der Wahl des geeigneten Brunnenbohrdurchmessers im Vordergrund.

dynamischer Kostenvergleich über Gesamtlebensdauer

DN Brunnen	400	500	600	700
max. Q l/s	4,42	5,25	5,86	6,03
Baukosten 2019	164.041,50 €	182.189,00 €	205.394,00 €	233.418,50 €
Lebensdauer	60	60	60	60
Wartung+Betrieb	351.133,36 €	389.978,36 €	439.649,02 €	499.635,89 €
Reinigung 4x	28.090,67 €	31.198,27 €	35.171,92 €	39.970,87 €
Regenerierung 2x	70.226,67 €	77.995,67 €	87.929,80 €	99.927,18 €
Gesamt 60J	613.492,20 €	681.361,30 €	768.144,74 €	872.952,44 €
theoretische Jahres-Fördermenge	48.883	58.062	64.809	66.689
maximale Jahres-Fördermenge	50.000	50.000	50.000	50.000
Kosten E 60 Jahre	655.795,16 €	573.352,34 €	532.693,68 €	536.164,20 €
Kosten / m³ mit Preissteigerung	0,42 €	0,42 €	0,43 €	0,47 €
TW-Kosten / m³ ohne Preissteigerung	1,50 €	1,50 €	1,50 €	1,50 €

Tabelle zeigt Brutto-Kosten!

Die abgebildeten Kosten sind als ad-hoc Investition ohne Aufzinsung gerechnet.

Der wirtschaftlichste und auskömmliche Bohrdurchmesser ist DN500. Je nach Bohrverfahren liegt der echte Bohrdurchmesser zwischen DN490 und 530.

Hier die maßgeblichen Werte für den Brunnenausbau DN500:**Siehe auch Anlage Brunnenskizze**

- Bohr-/Brunnen DN 500 mm
- Filterrohr DN 250 mm
- Filterrohrlänge 7,75 m
- Filterrohr Überschüttung 1,00 m
- Filterrohr Unterschüttung 1,00 m
- max. GW-Absenkung 1,18 m
- Reichweite Radius ca. 79 m

Weitere Ausbaukriterien

für Vertikalfilterbrunnen gemäß DVGW W 123:

- Über- Unterschüttung
- Gegenfilter aus Feinsand
- Dichtungstone / Tonsperre
- Filterkopfabdichtung
- Peilrohr

Die **Entwicklung und der Bau des Brunnens** gemäß DVGW W119 wird durch ein Unternehmen mit DVGW W120 Zertifizierung vorgesehen.

Die **Brunnenpumpe** mit 19 m³/h Fördermenge bei ca. 4 bar Betriebsdruck wird mit Kühlmantel, Trockenlaufschutz und aufgesetzter Rückschlagklappe ausgerüstet.

Das **Brunnenabschlussbauwerk (Siehe Anlage Brunnenstube)** ist als vollständig unterirdisches Betonbauwerk gemäß DVWG W122 geplant.

5. Technische Ausrüstung

- Montageöffnung und Einstiegsöffnung, als Haubenabdeckung
- Einstieg über Steigleiter
- Be- und Entlüftung über Lüftungspfeifen
- Wasserdichte Kabel- und Rohreinführungen
- Oberflächenbehandelter Beton / Estrich
- Integriert in die Sohle des Brunnenabschlussbauwerks wird ein DN 400 Edelstahl Brunnenkopf mit dichten Durchführungen der Brunnensteigleitung NW65, E-/ Steuerkabel der Brunnenpumpe und des Peilrohrs NW 40/50

- **Armaturen / Messeinrichtung** der wasserführenden Leitung NW 65 Edelstahl
- Wasserzähler analog mit elektronischer Auswertungseinheit (im Steuerschrank)
- Pass- und Ausbaustück
- Weichdichtender Absperrschieber

6. Elektro- und Steuereinrichtung (im separat aufgestellten Überflurschrank)

- Schaltschrank mit geteilter Einheit für Steuerung und Elektro IP54 für Nass-/ Feuchträume
- Stromzuführung, Verteilung und Sicherung
- Elektronisch digitale Steuerungseinheit für Pumpe mit Regelung Motoranlauf

7. Wartung der Anlage

- Sämtliche Anlagenteile müssen in einem jährlichen Turnus durch eine entsprechende fachlich geeignete Firma gewartet und instandgesetzt werden
- Eine regelmäßige optische Prüfung von Störmeldungen findet durch das örtliche Personal des Sportamtes der Stadt Köln statt.

8. Fördermengen / Wasserbedarf (Anlage Wasserbedarfsermittlung)

Die Brunnenanlage wird für eine Fördermenge von **5,25 l/s => 19 m³/h** ausgelegt. Dieses stellt die absolute Verbrauchsspitze dar. Auf Basis der Wasserbedarfsermittlung ergibt sich ein **theoretisch rechnerischer** Bedarf von **50.000 m³/a**, einschl. eines 25%igen Zuschlags für die Abdeckung einer zukünftigen Anforderung.

Folgende Entnahmemenge sind geplant:

Max. Jährlich 50.000 m³/a (errechnet 49.125 m³)

Max. täglich 380 m³/d (errechnet 377 m³/d)

Max. stündlich 20 m³/h (errechnet 18,9 m³/h)

D Bewässerungssystem, Druckerhöhung, Reservoir

1. Bewässerungsfläche

Die Sportrasenfläche ist insgesamt 5,3 ha groß und wird durch einen Weg (Oskar-Rehfeld-Weg) in 2 etwa gleich große Flächen getrennt.



Bildquelle Google Earth Pro

Die Rasenfläche hat einen hohen Nutzungsdruck. Es werden verschiedene Sportarten ausgeübt. Im Sommer ist diese Fläche fast täglich in Nutzung. Des Weiteren sind die angrenzenden Wege Verbindungen zum Rheinenergiestadion, Stadionbad, Sporthochschule und vielem mehr. Regelmäßig wird die Wiese durch Passanten gequert, statt Nutzung der Wegeflächen.

Insgesamt darf der Bereich als dauerhaft belebt eingestuft werden.

Die Bewässerung der Sportrasenflächen sollte nach Möglichkeit innerhalb der Zeiten stattfinden, an denen keine Nutzung der Flächen erfolgt.

Eine automatisierte Bewässerung birgt an solchen öffentlichen Orten immer ein Risiko, da der Prozess der Bewässerung nicht ständig überwacht werden kann.

Dieses lässt sich hier nicht verhindern, da die Flächen weder räumlich getrennt noch eingezäunt sind.

Sämtliche Vorgaben und Grundlagen sind der Ziffer A zu entnehmen, bzw. der Anlage Wasserbedarfsermittlung.

2. Bewässerungsart

Derzeit wird die Fläche über mobile Wasserwerfer bewässert. Dieser Prozess bindet vor allem an Hochsommertagen sehr viel Personalleistung.

Für eine automatisierte Bewässerung kommen nur versenkbare Wasserwerfer in Betracht. Eine Untergrundbewässerung ist bei so großen Flächen nicht kontrollierbar und umsetzbar. Dauerhaft aus der Fläche herausragende Regner sind hinsichtlich der Nutzung und der Verletzungsgefahr nicht vertretbar.

Die Versenkgewer werden mit verschiedenen Öffnungs-Mechanismen hergestellt. Seitens MIK wird die Fa. Perrot empfohlen. Sie ist Marktführer und hinsichtlich der Ersatzteile und Wartung auf dem Markt weit verbreitet.

Versenkgewer gibt es in der Ausführungsart verschiedene.

Es wird im Entwurf die Aufgabe sein, einen genauen Produktraum abzustimmen und festzulegen.

Ausgeschlossen sind jedoch Regner, die keine hohe Belastung durch Fahrzeuge oder Pferde bestehen. Hiermit schließen sich bereits die meisten Turbinen-Antriebe aus.

Ebenso werden keine Regner verwendet, die kein eigenes Magnetventil besitzen. Externe Magnetventile erfordern einen Kleinschacht, welches hier nicht in Betracht kommt. Ebenso sind Hochleistungsregner auszuschließen, die eine Leistung über 20 m³/h besitzen, da mit steigender Leistung des Regners auch die Verletzungsgefahr steigt.



Zum Einsatz innerhalb der Bewässerungsflächen sollen Schwinghebel-Versenkgewer kommen. Das Produkt Triton-L der Fa. Perrot diente zur Bemessung der Anlage. Es bringt sämtliche Merkmale, die hier gefordert sind mit. Besonders prägnant ist die Düsenteknik, die trotz moderatem Druck eine gute Wurfweite der Regler erzielt. Der Bauherr wird sich für eine Oberfläche der Regner entscheiden. MIK bevorzugt ein in orange gefärbter Kunstrasenbelag. Die Ausführung mit Falldämpfung ist möglich, jedoch nicht berücksichtigt. Es sind Vollkreis- und Teilkreisregner geplant. Der erforderliche Druck an dem jeweiligen Regner soll ca. 5bar sein. Dies ist bezogen auf den Fließdruck, d.h. Ausgangsdruck abzgl. der Verluste.

3. Bewässerungsinstallation und geometrische Verteilung

Eine Vorbemessung zu verschiedenen Lösungen der geometrischen Bewässerungsverteilung wurde im Vorentwurf mit Variante 1-3 untersucht.

Hierbei unterscheiden sich die Varianten zunächst in der Dichte der Anordnung zueinander. In direkter Abhängigkeit zu der Regner-Anordnung stehen die Druckerhöhungsanlage und der Speicher.

Eine Verdichtung der Abstände zwischen den Regnern etwa gleicher Leistung bedeutet auch eine Verstärkung der Druckerhöhungsanlage in Bezug auf die Pumpleistung, sowie eine Vergrößerung des Reservoirs. Dieser kausale Zusammenhang ist genauso umkehrbar.

Die Variante 2 wurde favorisiert und wird in diesem Entwurf weiterverfolgt.

Gemäß Ziffer 2 soll jedoch die Verletzungsgefahr durch den Wasserstrahl minimiert werden. Insofern wurde eine maximale Grenze der Leistung eines Regners mit 20 m³/h gesetzt. Hierbei sind Wurfweiten bis 25-30 m bei 4-6 bar möglich, wobei der maximale Druck auf 5 bar zu begrenzen ist. V.g. wird ebenfalls auf Grund einer Verletzungsgefahr eingeschränkt.

Auf dieser Basis hat MIK die Variante 2 in Bezug auf die Anordnung der Regner und speziell auf die Überlappung der Wurfradien ausgearbeitet.

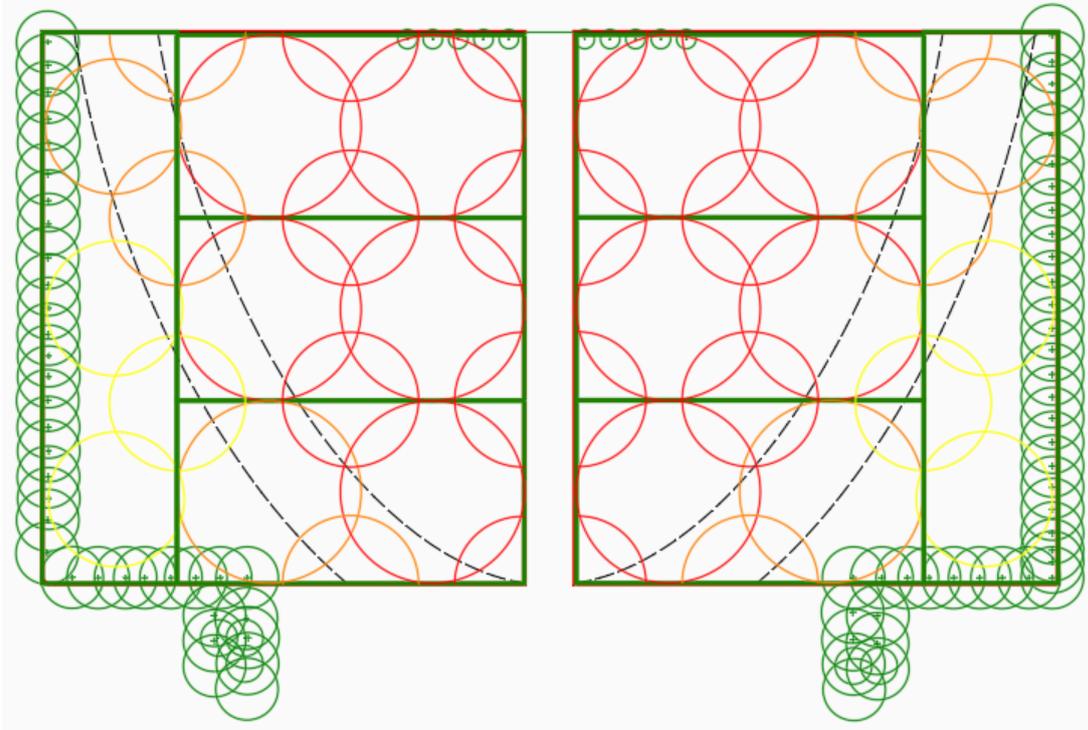
Eine Überlappung der Wurfradien hat den Vorteil, dass eine Redundanz der Regner entsteht und die Beregnungszeit verkürzt werden kann, aber den Nachteil, dass mehr Regner auf der Fläche anzuordnen sind.

Die kürzere Beregnungszeit ergibt sich jedoch nur daraus, dass auch die Druckerhöhungsanlage eine höhere Leistung erhält. Die hieraus entstehenden Kosten sind erheblich. Ebenso muss der Speicher zur Vorlage des Grundwassers angepasst werden. Denn die Förderleistung der Druckerhöhungsanlage ist deutlich höher, als die Gewinnung von Grundwasser. Dementsprechend ist bei höherer Leistung der Druckerhöhungsanlage auch ein größerer Speicher erforderlich.

Die Variante 2 stellt ein ausgewogenes und in Bezug auf die Kosten ökonomisches Modell dar. Das Ziel ist, die Kosten in Bezug auf die Verlegung der

Variante 2

Grobe Darstellung



Die Aufteilung der Variante 2 ist in Bezug auf die Unterteilbarkeit der Bewässerung für die laufende Nutzung ideal.

Im Anliegenden Plan 448E110LP und 448E111LP sind die Beregnungsfelder mit Stationen-Aufteilung dargestellt. Eine Station ist die Zusammenfassung von mehreren Regnern mit der Zuweisung einer Beregnungsdauer. Hierbei ist zu beachten, dass eine Sternverkabelung der an jedem Regner vorhandenen Magnetventilsteuerung erfolgt. D.h. die heute vorgesehenen Zonen sind jederzeit umstellbar.

MIK hat die Stationen unter folgenden Kriterien gebildet.

- Etwa gleicher Wasserbedarf je Station
- Logisch zusammenhängende Bereiche, um kontrolliert und nachvollziehbar zu Bewässern
- Stimmigkeit des jeweiligen Wasserbedarfs der Fläche

Entsprechend aller Vorgaben und Rahmenbedingungen wurde die Bewässerung in der Anlage Wasserverteilung und Stationen berechnet und bemessen.

Leitungstrassen für Bewässerungssystem

Zur Versorgung der Regner wurde für jedes der beiden Bewässerungsfelder von ca. 25ha eine Ringleitung ausgebildet. Eine Ringleitung besitzt Vorteile in Bezug auf die Zirkulation des Wassers.

Auf eine Bemessung der Ringleitung nach Hardy-Cross wurde verzichtet, da es sich hier nicht um ein Trinkwassersystem handelt.

Die Ringleitungsgröße wurde mit einem stationären Verfahren mit Rohrreibungsverlusten und lokalen Verlusten durch T-Stücke und Schieber ermittelt.

Eine Überbemessung der Ringleitungssituation (regulär NW80 -> gewählt NW100) wurde in Bezug auf die Verluste bewusst in Kauf genommen. Hierdurch wird auf Druckminderer an den jeweiligen Regnern oder Strängen verzichtet.

Die Geodätische Komponente hat ausschließlich Auswirkung auf die Pumpenleistung.

Projekt:		 1	 2	 3
1. Fördermedium				
Fördermedium		Wasser	Wasser	Wasser
Aggreg.Zustand		flüssig	flüssig	flüssig
Volumenstrom	m3/h	18	18	18
Massenstrom	kg/h	17967,6	17967,6	17967,6
Volumenstrom abzw.Rohr	m3/h	1		
Dichte	kg/m3	998,2	998,2	998,2
Dyn.Viskos.	10-6 kg/ms	1002	1002	1002
Kin.Viskos.	10-6 m2/s	1,003806852	1,003806852	1,003806852
2. Zusätzliche Daten für Gase				
Eintritts-Druck (abs.)	bar			
Eintritts-Temperatur	°C			
Austritts-Temperatur	°C			
Normvolumenstrom	Nm3/h			
3. Rohrleitungselement				
Rohrbezeichnung			Schieber Ringleitung	Kunststoffrohr PE DIN 8074
Rohrleitungselement		Abzweigstück Stromtrennung	Schieber	Kreisrohr
Anzahl		21	8	1
Elementabmessungen	SI	Rohrdurchmesser D1: 102,20 mm Rohrdurchmesser D2: 50,00 mm Radius R: 0,00 mm Winkel w: 90,00 Grad	Rohrdurchmesser D: 102,20 mm Höhe H: 50,00 mm	Rohrdurchmesser D: 102,20 mm Rohrlänge L: 510,00 m
4. Berechnungsergebnis				
Strömungsgeschw.	m/s	0,609506486	0,609506486	0,609506486
Reynolds-Zahl		62055,32739	62055,32739	62055,32739
Strömungsgeschw.2	m/s	0,141471061		
Reynolds-Zahl 2		7046,727177		
Strömungsform		turbulent	turbulent	turbulent
Rohrrauigkeit	mm			0,1
Rohrreibungszahl				0,023278726
Zeta-Wert		0,017345679	2,373726071	116,1658515
Zeta-Wert abzw.Rohr		0,979395774		
Druckv. abzw.Rohr	mbar	1,815944029		
Druckverlust	mbar	0,675390321	35,20990224	215,3885997
Druckverlust	bar	0,00067539	0,035209902	0,2153886
Summe Druckverlust	bar	0,00067539	0,035885293	0,251273892

Verlust in der Ringleitung Feld West/ Feld Ost 0,25 bar

Verlust in den Anschlussstichen 0,10 bar

Die maximale Bewässerungsmenge je Station liegt bei 36 m³/h (siehe Anlage Wasserverteilung und Stationen).

Der erforderliche Druck an dem jeweiligen Regner beträgt 5bar.

Vorausgesetzt wird demnach hinter der Druckerhöhungsanlage ein nutzbarer Wasserdruck von 5,35 bar.

Bei einem Schaden innerhalb des Leitungsnetzes oder an den Regnern erfolgt eine Ringleitungstrennung eines Abschnitts über geplante Schieberanlagen.

In diesem Fall liegen die maximalen Verluste innerhalb der Ringleitung bei 0,51 bar.

D.h. auch bei einem eingeschränkten Betrieb ist kein maßgeblicher Unterschied der Wurfweite der Regner zu erwarten.

Die Regner besitzen entsprechende Magnetventile, die sich über einen Impulsgeber öffnen und schließen. Die Sternverkabelung wird im Rohrleitungsgraben mitgeführt. Eine Aufschaltung der Kabel ist innerhalb des Steuerschranks im Abschnitt Grundwasserbrunnen vorgesehen.

Die Steuerung der Bewässerungsanlage ist Ziff. 7 zu entnehmen.

Die Verlegetiefe der Druckleitung erfolgt innerhalb der Bewässerungsfläche (Wiese) nicht frostfrei. Die Überdeckung beträgt ca. 50cm mit Verlegung eines Warnbands. Dieses reicht aus, da bei Bodenfrost grundsätzlich auch keine Bewässerung erfolgt. Eine Entleerung der Leitung ist innerhalb des Abschnitts Druckerhöhung und Speicher vorgesehen.

Durch die geringe Grabentiefe wird die bestehende Drainage der Wiesenflächen nicht beeinträchtigt. Auch Schächte der Drainage wurden in der Planung berücksichtigt.

4. Bemessung Druckerhöhung und Speicher

Entsprechend der Kostenoptimierung und Abstimmungen im Vorentwurf wurde entschieden, dass eine Druckerhöhungsanlage ausreichend ist und keine Redundanz durch eine zweite Druckerhöhung erfolgt. Die Verortung der Anlage wurde bereits im Vorentwurf festgelegt. Siehe hierzu die Planunterlagen 448E120LP und 121LP.

Durch die größeren Bewässerungs-Zeitfenster ist auch ein paralleler Betrieb von 2 Druckerhöhungsanlagen nicht mehr notwendig. Ebenso ergab sich im Rahmen des Entwurfs durch diese Festlegung eine Speicherverkleinerung.

Die Bemessung des Speichers mit Druckerhöhung erfolgt jetzt nicht mehr durch globale Faktoren, sondern richtet sich ausschließlich nach den Bewässerungszeitfenstern mit dem dazugehörigen Wasserbedarf.

Die Bemessung ist der Anlage „Auslegung Speicher Druckerhöhungsanlage zu entnehmen“.

Zukunftsorientiert, d.h. mit entsprechendem Klimafaktor, wurde eine Anlage ermittelt, welche eine **Bevorratung (Speicher) von 80 m³ Grundwasser** und **eine insgesamte Pumpenleistung von 36 m³/h für die Druckerhöhungsanlage** vorsieht.

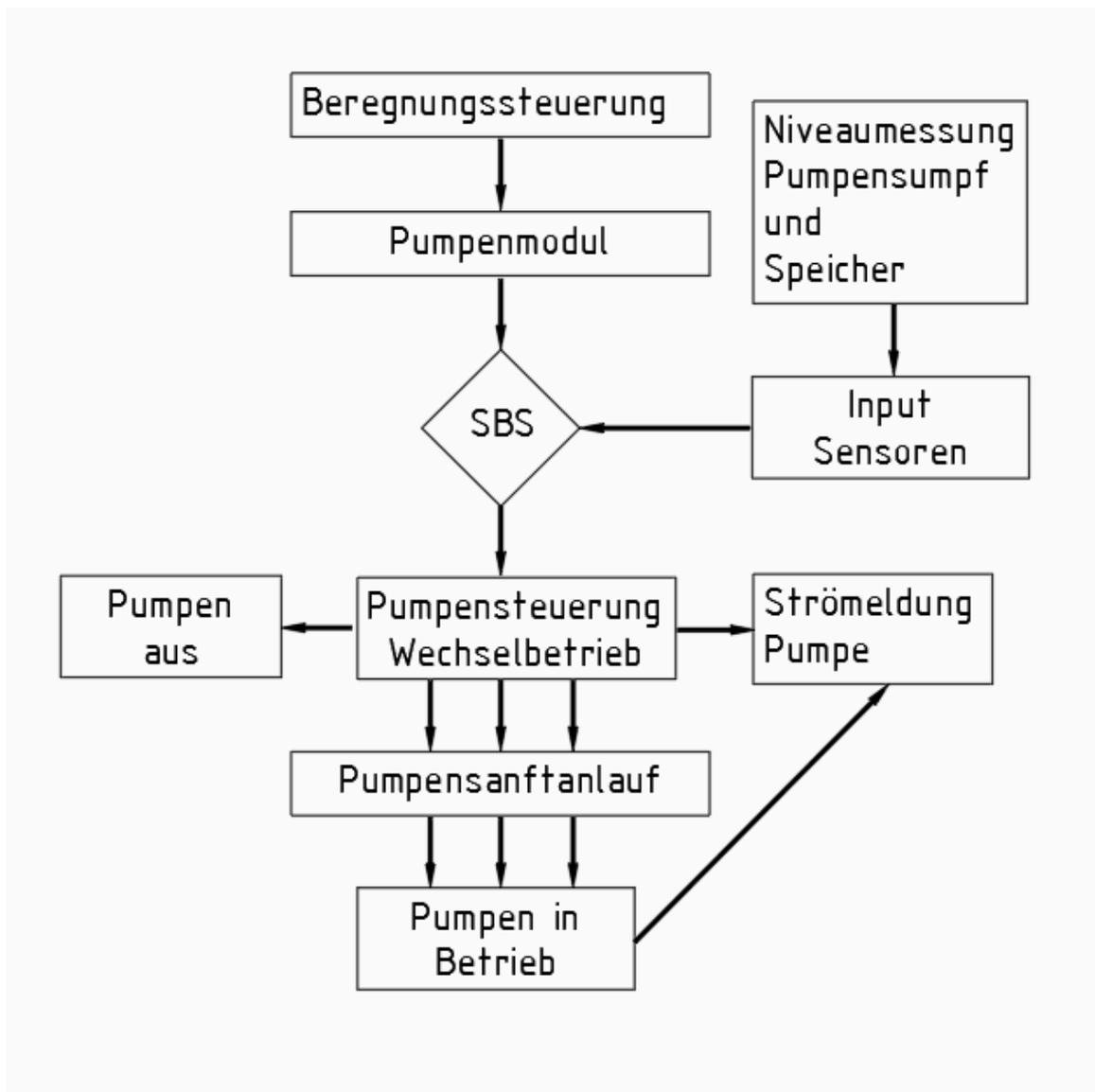
5. Druckerhöhungsanlage

Die Förderleistung der Druckerhöhungsanlagen ist mit 36 m³/h festgelegt.

Die Druckerhöhungsanlage fördert über einen Wasserverteilerschacht einschließlich Druckausgleichsbehälter und Druckminderer in die Ringleitungsnetze der Bewässerungsanlage Feld West und Ost.

Funktion der Anlage:

Die Bewässerungssteuerung steuert gleichzeitig auch die Pumpen der Druckerhöhungsanlage. Sobald die Bewässerungsanlage in Betrieb geht, wird durch ein Pumpenmodul die DEA angeschaltet. Eine Niveaumessung im Pumpensumpf oder Speicher verhindert das Trockenlaufen der Pumpen.



Varianten der Druckerhöhung

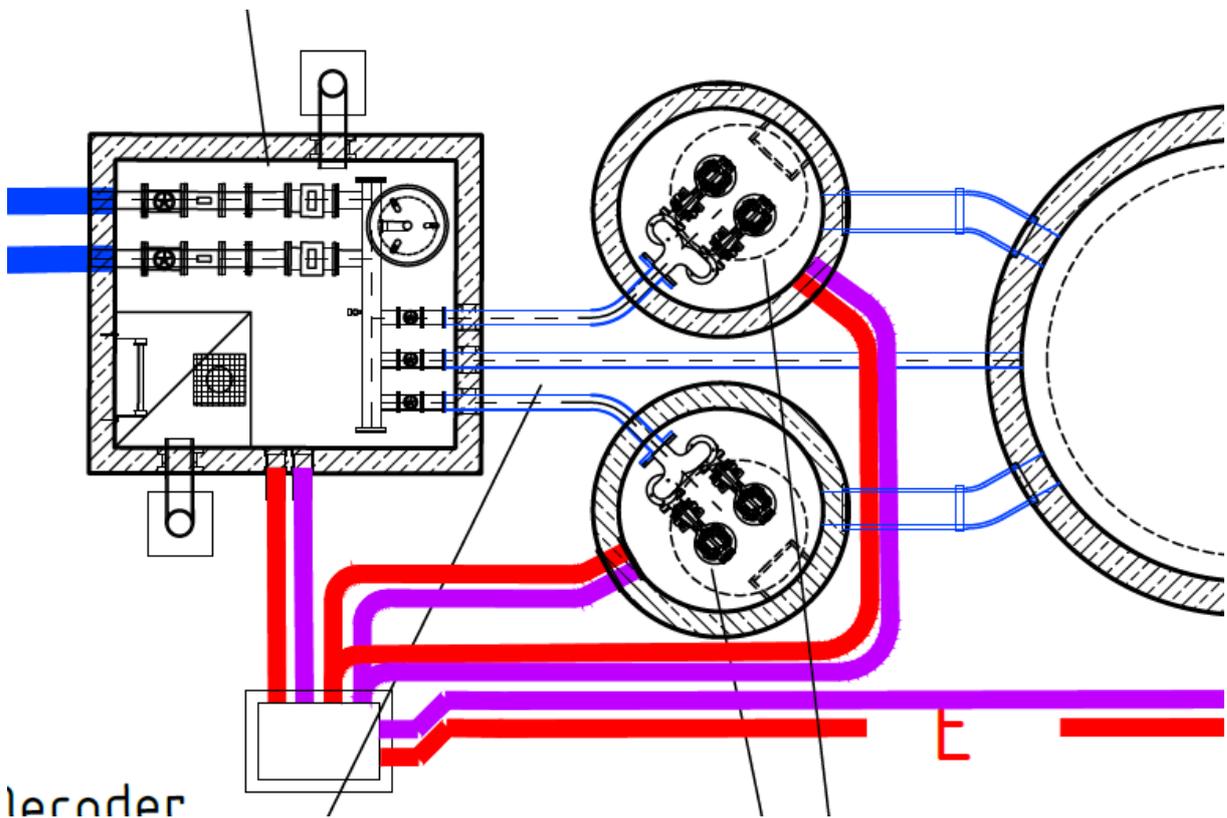
Im Entwurf werden 2 Varianten untersucht, die grundlegend in abgewandelter Form bereits im Vorentwurf erläutert wurden.

Variante 1 sieht für den Speicher eine Kombination von Oval-Schächten (Betonfertigteile) und Speicher aus Kunststoff-Hohlblöcken vor und Variante 2 nur Oval-Schächte (Betonfertigteile).

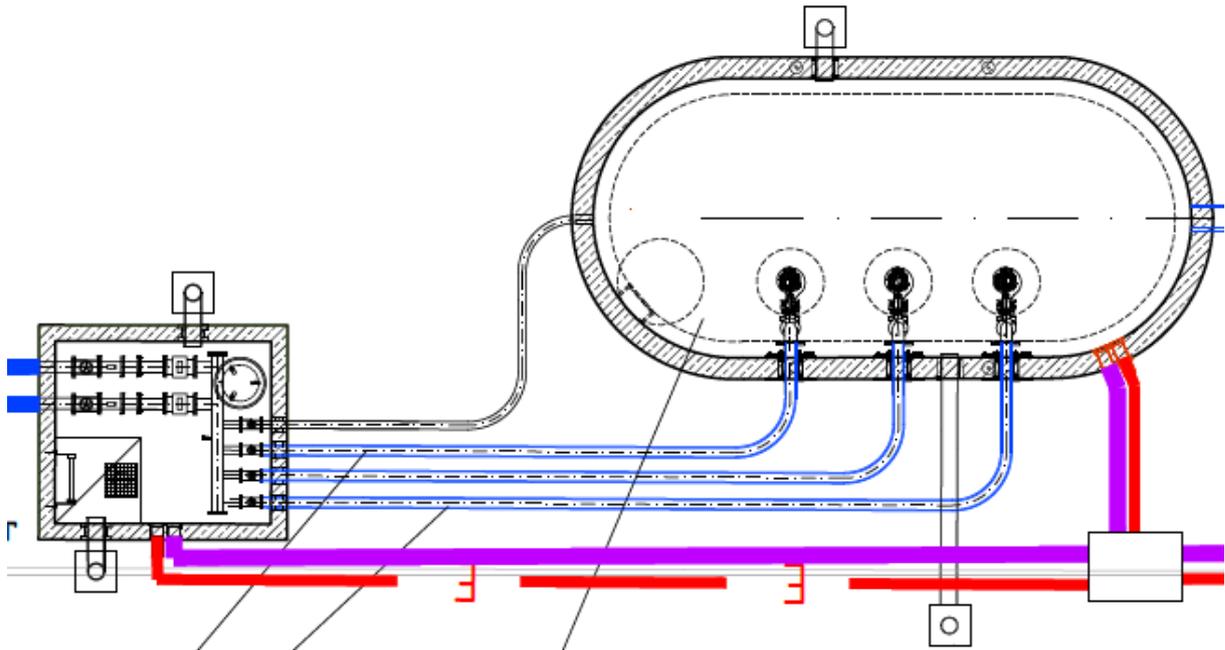
In Variante 1 werden die Pumpen (Nassaufstellung) in einem der Oval-Schächte integriert und in Variante 2 werden die Pumpen in separaten Pumpenfertigteilschächten inkl.

Pumpensumpf nass aufgestellt. MIK hat von einer Trockenaufstellung der Pumpenanlage Abstand genommen. Das hierfür notwendige Bauwerk zur Integration der Pumpen wäre nicht rentabel. Die Druckerhöhungsanlage wird innerhalb eines Betonschachtes installiert.

Variante 1 DEA mit 2 Fertigteilsschächten rund NW1500



Variante 2 DEA integriert in Speicherschacht



Bauteile der Anlage:

Ein unterirdischer Raum „Technischschacht“ mit elektrischen Anlagen ist grundsätzlich aufwendig. Insofern wurden die Pumpen separiert und nass aufgestellt.

Technischschacht

- Betonfertigteile LxBxH 2,50x3,00x2,05 m
- Frostwächter / Heizung
- Lüftung mit Zwangslüftung
- Wassereintrichsensor
- Leckagepumpe in Pumpensumpf
- Bauwerksdämmung außen
- Estrichboden und Wandbeschichtung
- Einstieg mit Steigleiter – auch als Montageöffnung
- Druckausgleichsbehälter
- Rohrinstallation, Druckminderer, Schieber, Pass- und Ausbaustück, Probenahmeventil

Pumpentechnik mit Pumpensumpf

Die Pumpeninstallation erfolgt, wie bereits beschrieben, in den Varianten 1+2 in Betonfertigteilschächten.

3-4 Pumpen (davon 1 Pumpe als Reserve) mit Leistung 36 m³/h insgesamt

- 3 Pumpen mit je 18 m³/h
- 4 Pumpen mit je 12 m³/h

Pumpen werden wartungsfreundlich auf einem Schlittensystem montiert. Auf diese Weise kann jede Pumpe an einer Kette aus dem Pumpensumpf gezogen und gewartet werden. Klassische Kreiselpumpe für Rohwasser, da kein Kontakt mit Trinkwasser -> Chromnickelstahl 1.4301 für die Gehäuseausführung, integrierter Kühlmantel, Trockenlaufschutz, Temperatursensor

H geo = Geodätische Förderhöhe = OK Wiese – OK WSP Pumpensumpf = **3,60 m**

H A = erforderlicher Ausgangsdruck DEA + H geo = **58,60 m**

Effektiver Wirkungsgrad >70%

Leistung der Pumpenanlage

$$P_{Welle} = \frac{\rho * g * Q * H_A}{\eta} \quad P_{Mot} = \frac{P_{Welle}}{\eta_{Mot}}$$

P = Elektrische Leistung insgesamt **ca. 14,5 KW**

Pumpensteuerung mit Wechselbetrieb, Ausfallkompensation, Sanftanlauf
Trockenlaufsensor im Pumpensumpf per potentialfreiem Anschluss an Steuerung,
Automatische Abschaltung 0,50m WSp über Sohle Pumpensumpf.
Vollständige Anbindung der Anlagen an Potentialausgleich.

Die Elektrische Versorgung der Anlage erfolgt über den Steuerschrank Grundwasserbrunnen.

Pumpenkabel 3x400V mit max. Spannungsabfall 2%, Kabel 3x16 mm² Vollkupfer 600m

6. Speicher für vorzuhaltendes Grundwasser

Speicher und Grundwasservorbehandlung:

Den Speichermodulen wird grundsätzlich ein Beruhigungsschacht und ein Schlammfang vorgeschaltet. Dieser dient der Entspannung des mit Druck eingetieten Grundwassers über die Brunnenpumpe und Druckrohrleitung. Der Schlammfang, welcher zur Entsandung dient, könnte entfallen, wenn im ersten Speichermodul eine Ablaufinstallation mit Schwimmer integriert ist. Davon wird seitens MIK abgeraten.

Das Speichervolumen ist gemäß Ziffer 5 dieses Berichtes mit 80 m³ vorzuweisen.

Das Speichervolumen muss nutzbar sein.

Bereitgestellt wird das Speichervolumen über:

Variante 1 Kombination aus Oval-Schacht und Kunststoff-Speicherblöcke

2 Ovalschächte mit je 25 m ³	->	50 m ³
1 Ovalschacht mit Pumpensumpf 25/2,5*1,75	->	17,5 m ³
Speicher-Blöcke 12 x 2,40 x 0,80 x 0,7	->	15 m ³
Speicher Variante 1		82,50 m³

Variante 2 Oval-Schacht

3 Ovalschächte mit je 25 m ³	->	75 m ³
2 Pumpstationen 1,5 x 1,5 ² /4 x PI	->	5 m ³
Speicher-Blöcke 12 x 2,40 x 0,80 x 0,7	->	15 m ³
Speicher Variante 2		80,00 m³

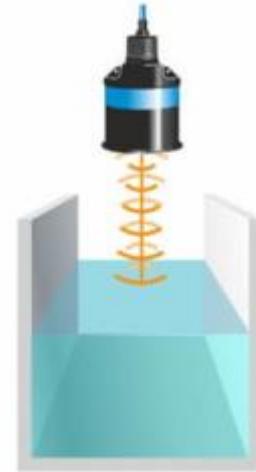
Eine Variante 3 hätte MIK gerne diesem Entwurf beigefügt. Es handelt sich um ein liegendes PP/PE Rohr NW2500 mit vollständiger Integrierung der Pumpenanlage und Technikammer. Die Fa. Frank GmbH hat hierüber leider keine Auskunft erteilt.

Ausstattung der Speicher:

- Einstieg 800 mit Steigeleiter
- Befüllung im Freispiegelgefälle NW200 1:100 Q_{max} > Q_{GW} = 18,9 m³/h
- Niveaumessung mit Anbindung an Steuerung Grundwasserbrunnen für Ein- und Ausschaltpegel

Niveaumessung und Schaltwasserspiegel:

Die Anlagennutzung ist so ausgelegt, dass bei einem absinkenden Wasserspiegel und Erreichen des Einschaltwasserspiegels, grundsätzlich keine Gefahr für ein ständiges Schaltspiel der Grundwasserbrunnenpumpe besteht. Insofern können Ein- und Ausschaltspiegel nur etwa 10 cm voneinander entfernt liegen. Eine optische Messsonde kommt auf Grund der kontaktlosen Messung und Langlebigkeit in Betracht.



Speicherbehälter

Speicherbehälter gibt es in verschiedenen Formen. Seitens MIK werden Ovalschächte als Fertigteil-Lösung vorgeschlagen. Ein Ovalschacht kann bis zu 25m³ erbringen. System ist gut revisionierbar und auf Grund der Sanierbarkeit langlebig.



Kunststoff Speicherkastensystem

Einige Anbieter von Versickerungssystemen bieten auch Systeme an, die sich in Speicher umwandeln lassen. Diese Systeme sind sehr kostengünstig und für Belastungen SLW 30 geeignet. Jedoch ist eine Revisionierbarkeit kaum gegeben.



7. Steuerung des Bewässerungssystems

In den vorherigen Teilen der Ziffer D wurde das vollständige Bewässerungssystem einschl. Kabel und Steuerschrank hergerichtet.

Die Steuerung und Elektroarbeiten im Steuerschrank werden innerhalb dieses Abschnitts erfasst.

Das Ergebnis ist ein vollständig flexibel zu konfigurierendes System. Die Konfiguration soll über eine fertige Software erfolgen.

Das Steuergerät muss geeignet sein, 2 Druckerhöhungsanlagen und 40 Kreisregler zu steuern. Eine externe Anbindung erfolgt über GSM oder W-Lan.



Einen Trockenschutz bringt die Druckerhöhungsanlage selbst mit und ist nicht weiter zu konfigurieren. Die Grundwasserbrunnenanlage schaltet sich im Bedarfsfall selbsttätig ein und erfordert in diesem Steuerschrank keine weiteren Regelungen.

Betriebstechnisch sind die Steuerschränke GWB und Bewässerungsanlage vollständig zu trennen.

Sobald die Steuerungsanlage der Bewässerung aktiv wird, werden beide oder nur eine Druckerhöhungsanlagen in Betrieb genommen. Nach einem Programm oder manuell kann anschließend die Bewässerung erfolgen. Die Schaltung der Regner erfolgt über die Verkabelung bzw. in den Regnern integrierten Magnetventilen.

vollständige Installation, Steueranlage, E-Arbeiten, Software etc. sowie 2 Tablett

E Projektkosten Zusammenstellung

Kostenberechnung Zusammenstellung

	GP Entwurf
Teilmaßnahme A	
GW-Brunnen	148.885,40 €
Teilmaßnahme B	
V1 Vorlagespeicher mit Ovalschächten + Speicherblöcken	208.557,30 €
V2 Vorlagespeicher mit 3 Ovalschächten	188.625,58 €
Teilmaßnahme C	
V1 Druckerhöhungsanlage	108.680,84 €
V2 Druckerhöhungsanlage	129.571,63 €
Teilmaßnahme D	
Bewässerungssystem mit Steuerung	368.729,36 €

Variante 1 Gesamtkosten, netto	834.852,90 €
zzgl 19% MwSt	158.622,05 €
Gesamtkosten brutto	993.474,95 €

Variante 2 Gesamtkosten, netto	835.811,97 €
zzgl 19% MwSt	158.804,27 €
Gesamtkosten brutto	994.616,24 €

**Die hier aufgeführten Baukosten beruhen auf den Marktpreisen 2019.
Mit einer deutlichen Preissteigerung in 2020 ist nicht zu rechnen.**

F Unterschrift und Freigabe

aufgestellt: Köln, den 15. Okt. 2019

MÜNSCHER
Ingenieure Köln



Vorentwurf ist freigegeben:

.....

Sportamt der Stadt Köln