

**Projekt:**  
**Zirkulationsanlage in dem**  
**Steinbruch Jäger**

**Erläuterungsbericht Entwurfsplanung**  
**(LP 3)**

**Stand März 2025**

Erstellt durch:  
Tobias Viehl  
IWR GmbH

## Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	3
1.1	Träger der Maßnahme .....	3
1.2	Zukünftiger Betreiber .....	3
1.3	Planungsgrundlagen .....	3
1.4	Veranlassung .....	3
1.5	Aufgabenstellung .....	4
2.	Grundlagen .....	4
3.	Erweiterung Szenario (Planfall 2b).....	5
4.	Zirkulationsanlage.....	5
4.1	Schwimmponton .....	6
4.2	Rührwerk .....	6
4.3	Seewasserleitung und Verankerung .....	7
4.4	Hydraulik.....	7
4.5.1	PV-Erweiterung.....	11
4.6	Sicherheitssysteme .....	12
4.7	Herstellung/Montage und Verlegung .....	13
4.8	Reinigung und Wartung .....	14
5.	Kostenschätzung .....	14
6.	Betriebskostenberechnung .....	14
7.	Anlagen .....	16
8.	Quellen .....	17

## **1. Veranlassung und Aufgabenstellung**

### **1.1 Träger der Maßnahme**

Der Träger der Maßnahme ist die Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, ansässig in der Lüsberger Straße 2, 51580 Reichshof. Die ökologische Begutachtung des zukünftig entstehenden Sees erfolgte durch das Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos. Dieser führte verschiedene Betrachtungen und Untersuchungen durch, die in der Aufstellung verschiedener möglicher Planungsvarianten resultierte. Im Folgenden wird der im Gutachten erörterte Planfall 2b als Vorzugsvariante ausgearbeitet.

### **1.2 Zukünftiger Betreiber**

Der Träger ist ebenfalls der zukünftige Betreiber der Anlage hierzu wird eine neue Tochter-Gesellschaft gegründet.

### **1.3 Planungsgrundlagen**

- Vorgaben des AGs und Rahmenbedingungen
- Limnologisches Gutachten zur Entwicklung der Abgrabungsstätte Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, Reichshof-Nespen nach Einstau und Erweiterung, BGL-Boos - Version 1, 19.8.2024
- Fachartikel „Artificial mixing for destratification and control of cyanobacterial growth in reservoirs“, 2008
- Pläne zum WHG BImSchG Antrag, Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH
- Fachbeitrag „Gewässerinterne Ökotechnologien zur Verminderung der Trophie von Seen und Talsperren“, Lewandowski et al. 2013.

### **1.4 Veranlassung**

Im Steinbruch Jäger, der unter G. Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH - Werk Steinbruch Elbachstraße 11 51580 Reichshof zu finden ist, soll nach Beendigung des Grauwackeabbaus und dem Anstieg des Seespiegels (in etwa 40-60 Jahren) aus gewässerökologischen Gründen eine Zwangszirkulationsanlage installiert werden.

Aus dem bereits erwähnten limnologischen Gutachten geht hervor, dass aufgrund des anzustrebenden langfristig nährstoffarmen Zustands und mindestens mesotrophen Status zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung dieses angestrebten Zustandes notwendig sind. Es gibt

verschiedene Maßnahmen, um die Wasserqualität zu verbessern, dazu zählen die Tiefenwasserbelüftung und die Zwangszirkulation. Beide werden in Kapitel 2 genauer beschrieben.

## 1.5 Aufgabenstellung

Das Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Ressourcenmanagement GmbH (IWR) soll im Rahmen einer Entwurfsplanung eine Zwangszirkulationsanlage untersuchen und beschreiben. Hierzu werden folgende Leistungspunkte bearbeitet:

- Beschreibung und Darstellung der Anlage und der technischen Einrichtungen
- Beschreibung des Verankerungssystems
- Beschreibung der Energieversorgung
- Kostenschätzung.

Nachtrag vom März 2025:

Die Energetische Versorgung des Zwangsbelüfters soll über eine Photovoltaikanlage realisiert werden. Zusätzlich soll über eine zusätzliche PV-Erweiterung ein monetärer Ertrag von etwa 30t€ durch Rückeinspeisung von Überschussstrom erwirtschaftet werden. Diese dienen den Zweck der Absicherung von Betrieb und Wartungskosten welche durch die Zwangsbelüftung Anfallen.

## 2. Grundlagen

Das Gütebild eines Sees wird stark durch die Nährstoffkonzentrationen und die damit verbundene Sauerstoffqualität beeinflusst. Besonders für tiefere Seen, die nicht mit Fließgewässern verbunden sind, wird eine langfristige Nährstoffarmut angestrebt, idealerweise mit einem mesotrophen Status. Zur Ableitung passender Orientierungswerte für diese Seen werden unter anderem die Trophieklassifikation der LAWA und die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) herangezogen.“

Gezielte Maßnahmen wie Tiefenwasserbelüfter und Zwangszirkulationssysteme können in diesen Fällen eingesetzt werden. Diese Verfahren tragen dazu bei, den Sauerstoffgehalt in der Tiefe zu erhöhen und eine gleichmäßigere Verteilung der Nährstoffe zu fördern, wodurch der trophische Zustand des Sees stabilisiert oder verbessert werden kann.

**Tiefenwasserbelüftung** fügt Sauerstoff gezielt dem Tiefenwasser hinzu, ohne die thermische Schichtung zu zerstören. Dies ist vorteilhaft, da eine stabile Schichtung die Verfügbarkeit von Nährstoffen im Oberflächenwasser begrenzt. Reiner Sauerstoff wird im Hypolimnion dosiert oder das Tiefenwasser wird an die Oberfläche gefördert, wo Gase entweichen und



Sauerstoff aufgenommen wird. Das sauerstoffreiche Wasser wird dann zurückgeleitet. Beide Methoden fördern den guten ökologischen Zustand der Fischlebensräume und verringern die Gefahr von Fischsterben, indem sie die Sauerstoffkonzentration erhöhen und schädliche Verbindungen reduzieren.

**Zwangszirkulation** sorgt für die vollständige Durchmischung des Wasserkörpers, verhindert die Schichtung und ermöglicht die Ausgasung gelöster Gase ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) sowie die Aufnahme von Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) aus der Atmosphäre. Sie kann die Verfügbarkeit von Phosphor im Oberflächenwasser erhöhen, was unerwünschtes Algenwachstum fördern kann. Der Energiebedarf ist gegenüber der Tiefenwasserbelüftung deutlich geringer.

Für den Steinbruch Jäger, Planfall 2b wird, gemäß limnologischem Gutachten, die empfohlene Variante der Zwangszirkulation ausgearbeitet. Diese kann mit geringem Aufwand autark durch den Einsatz von Photovoltaik-Anlagen betrieben werden.

### 3. Erweiterung Szenario (Planfall 2b)

Das im limnologischen Gutachten mit Planfall 2b beschriebene Szenario zur Erweiterung des Sees mit Sohlanhebung durch Auffüllung sieht die zusätzliche Optimierungsmaßnahme der Zwangszirkulation mittels Rührwerk vor.

#### **Kenndaten des Sees im Planfall 2b:**

- Seesohle: 265 m ü.NN
- Seefläche: 197.955 m<sup>2</sup>
- Maximale Wassertiefe: 58 m
- Mittlere Wassertiefe: 42,5 m
- Volumen: 8.405.105 m<sup>3</sup>.

Das Szenario Planfall 2b ist die Grundlage der nachfolgend beschriebenen Planungsleistungen.

### 4. Zirkulationsanlage

Die Zirkulationsanlage verursacht im Sommer einen Zustrom von warmem, nährstoffarmem, epilimnischem Wasser in die nährstoffreiche Tiefe des Sees, das Hypolimnion. Dieses Wasser steigt anschließend aufgrund seiner geringeren Dichte wieder auf und initiiert eine Zirkulation des Wasserkörpers durch die dadurch entstehende Auftriebsstrahlströmung. Es erfolgt eine Durchmischung der natürlich im See vorliegenden Schichtung des Wassers. Bei geringeren Temperaturunterschieden im Winter entstehen einfache Umschichtungseffekte.

Die Anlage wird aus einem vertikal im See ausgerichteten PE-HD Rohr mit einem Durchmesser von 150 cm und einer Länge von 56,5 m, das mit einem Rührwerk ausgestattet ist, bestehen.

Die Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes des vorgelegten Planfalls in Kombination mit der Zwangszirkulation durch ein Rührwerk wird im limnologischen Bericht als sehr gut bewertet, was zu der Auswahl dieses Planfalls und Maßnahme führte.

#### 4.1 Schwimmponton

Der obere Teil des Rohrs der Zirkulationsanlage wird an einem Schwimmponton mit Plattform befestigt, sodass es dauerhaft an der Wasseroberfläche aufschwimmt. Abbildung 1 zeigt eine Beispielhafte Ausführung des Schwimmpontons. Es soll ein Ponton verwendet werden, das mithilfe von vier Stahlseilen und Stahlringen um das Rohr befestigt wird. Die Oberkante des Rohrs soll sich ca. 80 cm unter der Wasseroberfläche befinden.



Abbildung 1: Schwimmponton mit Plattform, Quelle: Research Report No 59

#### 4.2 Rührwerk

Zur Herstellung der Zirkulation wird ein Wasserumschlag von  $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  angestrebt. Für dieses Fördervolumen wurde das XYLEM 4410 IE3 BANANA Rührwerk ausgewählt, da es einen geringen Energiebedarf hat. Das Rührwerk wird sich oben im auskragenden Rohr befinden und sitzt optimalerweise 100 cm unter der Wasseroberfläche, 20 cm unterhalb der Oberkante des Rohres. Der Motor wird mittig auf der schwimmenden Plattform fixiert, diese hat eine Aussparung für den Antrieb des Rührwerks. Zwischen Rohr und Plattform wird ein

Netz angebracht, das das Einschwimmen von Wasservögeln und Fischen verhindern soll. Die Maschenweite wird mit ca. 10x10 cm gewählt.

### 4.3 Seewasserleitung und Verankerung

Es ist eine Verankerung mittels Fundamente und Seilen im Seegrund zu planen, die das Abtreiben des Rohrs verhindert und weiterhin den gewählten Abstand von 2,5 m zwischen unterem Rohrende und Seegrund sicherstellt. Die Fundamente können vor der Flutung des Steinbruchs hergestellt werden. Um Wasserpegelschwankungen abzufangen, wird das Rohr unten mit einem ausziehbaren „Rohrteil“ ausgestattet (Ziehharmonika-Prinzip). Dieser Teil besteht aus einer robusten PE-HD Plane mit periodischen Stahlringen. Die Verbindung zum PE-Rohr wird geschweißt. Weiterhin wird an der Ausströmöffnung ein Gitter mit einer Maschenweite von 20 cm angebracht.

### 4.4 Hydraulik

Der erforderliche Volumenstrom der Zirkulationsanlage wird mit 0,5 m<sup>3</sup>/s festgelegt (Boos, 2024). Die Verlusthöhe ergibt sich aus den Rohrreibungsverlusten und aus Verlusten des Zu- und Ablaufes der Rohrleitung.

Folgende Eingangsparameter liegen zugrunde:

- $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- $D = 1,5 \text{ m}$
- $A = 1,767 \text{ m}^2$ .

Die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  berechnet sich wie folgt:

$$v = \frac{0,5 \text{ m}^3/\text{s}}{1,7671 \text{ m}^2} \approx 0,283 \text{ m/s}$$

Weiterhin wird die Verlusthöhe in der Rohrleitung nach Darcy-Weisbach ermittelt:

$$h_f = 0,019 \times \frac{60 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} \times \frac{(0,283 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 0,0154 \text{ m}$$

Die Verlusthöhe am Ein- und Auslasspunkt berechnet sich wie folgt:

Für den Verlustkoeffizienten wird mit  $k = 0,5$  angenommen (Annahme für ein gitterartiges Strömungshindernis):

$$h_{in/out} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s} \times \frac{(0,283 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 0,002 \text{ m}$$

Es wird nun die gesamte Verlusthöhe berechnet:

$$h_{\text{total}} = h_f + h_{in} + h_{out} = 0,0154 \text{ m} + 0,002 \text{ m} + 0,002 \text{ m} = 0,0194 \text{ m}$$

Damit ergibt sich der zusätzliche Energiebedarf anhand der Verluste.

$$P_{\text{Verlust}} = \rho \times g \times Q \times h_{\text{total}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,0194 \text{ m} \approx 0,0952 \text{ kW}$$

Bei einer Leistungsaufnahme von 0,9 kW und 0,0952 kW Energieverlusten wird die Gesamtleistung aufgerundet und mit 1 kW angesetzt.

Es ergeben sich folgende Betriebsparameter:

- Strömungsgeschwindigkeit: 0,283 m/s
- Fördervolumen/Zirkulationsvolumen: 0,5 m³/s
- Leistungsaufnahme: 0,9952 kW
- Energiebedarf: 4.380 kWh. (Siehe 4.5).

In Abbildung 2 werden die durch das Rührwerk entstehenden Strömungen visualisiert. Das Rührwerk erzeugt eine Strömung, die zunächst das Oberflächenflächenwasser im Epilimnion ansaugt und es dann nach unten drückt. Am unteren Ende der Rohrleitung tritt das Wasser aus, es entstehen Verwirbelungen im Hypolimnion. Daraus resultiert eine Durchmischung der Schichten.

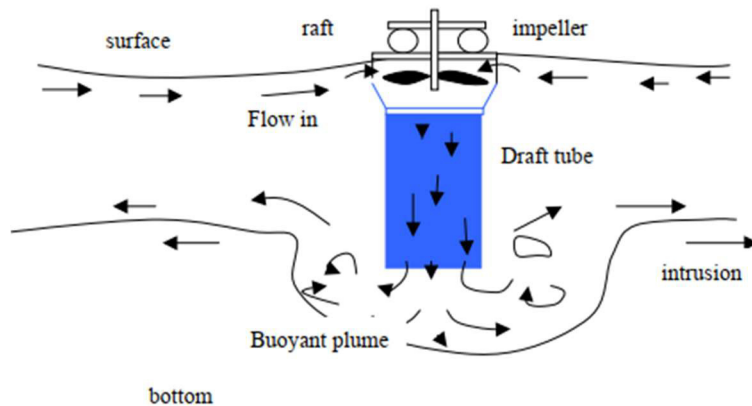


Abbildung 2: Strömungsmechanik Zirkulationsanlage, Quelle: Research Report No 59

#### 4.5 Beschreibung der Energieversorgung

Das Rührwerk wird ganzjährig täglich 12 Stunden lang tagsüber betrieben und hat eine Leistungsaufnahme von 0,9 kW. Um die Energieverluste abzudecken, wurde die Leistung auf 1 kW aufgerundet, was zu einem jährlichen Energiebedarf von 4.380 kWh führt. Die Energieversorgung der Anlage erfolgt über auf dem Festland liegende Photovoltaikanlage, ergänzt durch ein Speichersystem, um einen autarken Betrieb des Rührwerks zu gewährleisten. Die Anlage zum Betrieb der Zwangszirkulationsanlage ist Teil einer Quantitativ Erweiterten PV-Anlage, wie in Abbildung 3 und 4 dargestellt. Der für den Betrieb der Zwangszirkulation erforderliche Teil umfasst folgende Komponenten:

- **PV-Module:** Gesamtleistung von 6,75 kWp, bestehend aus 16 Doppelglasmodulen, jeweils mit einer 450 W Leistung, nach Süden ausgerichtet und in einem Neigungswinkel von 30° montiert. Doppelglasmodule haben eine größere Resilienz gegenüber Hagelstürmen sowie Hitzeeinwirkungen durch Feuer oder Lichtbögen.
- **Wechselrichter:** Mit einer Leistung von 6 kW.
- **Energiespeichersystem:** Akkumulatoren mit einer Gesamtkapazität von mindestens 4,1 kWh.
- **Unterkonstruktion:** Tragekonstruktion als Stahlgerüst zur Befestigung der Module. Die Unterkonstruktion sollen eine Höhe von etwa 1,5-2m abdecken, sodass die Flächen unterhalb der Elemente für niedrig Gewächs wie Gräser freistehen. Eine Statische Berechnung der Fundamente und Stahlträger hierzu ist in der Ausführungsplanung zu berücksichtigen.



- **Blitzschutz:** Tiefererder samt Potentialausgleichsschienen und Verbindung aller Element
- **Schwimmend verlegte Verkabelung:** Besonders wetter- und wasserbeständig als Verbindung der Erzeuger (PV-Anlage) mit dem Verbraucher (Zwangs Zirkulator)



Abbildung 3: Belegung PV-Module – Teil A

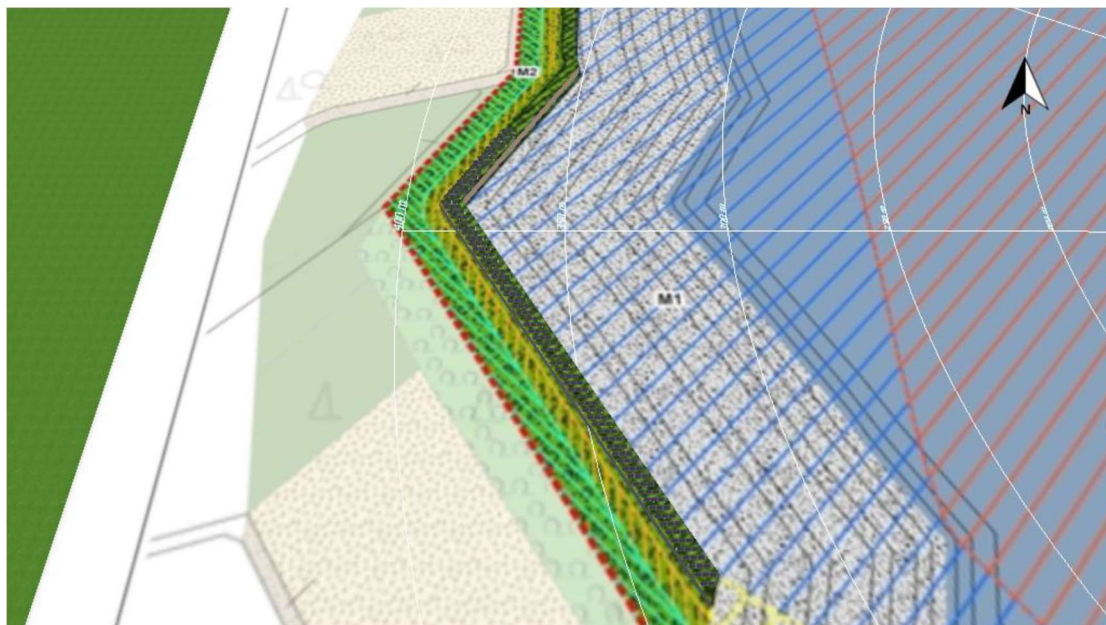


Abbildung 4: Belegung PV-Module – Teil B

Mit dieser Konzeptionierung der PV-Anlage können 63,6 % des Gesamtverbrauchs (einschließlich des Eigenverbrauchs des Wechselrichters), 2.904 kWh/Jahr, direkt durch die PV-

Module gedeckt werden, während der Restverbrauch, 1.664 kWh/Jahr, über das Speichersystem abgedeckt wird. Die PV-Module sind an Wechselrichter, Geräteanschlusskästen (GAK), Energiespeichersystem anzuschließen. Wichtig ist hierbei, dass sowohl das Speichersystem als auch der Wechselrichter in der Lage sein müssen, den Anlaufstrom des Rührwerks von 9,1 A bereitzustellen.

#### 4.5.1 PV-Erweiterung

Neben der erforderlichen Leistung für die Zwangsbelüfter sollen zusätzliche PV-Module zur Einspeisung von Überschussstrom geplant werden. Der Monetäre zu erzielender Ertrag ist mit 30.000€ vom AG vorgegeben.

##### Berechnung der erforderlichen Energieerzeugung

Um 30.000 € bei einer Einspeisevergütung von 0,06 €/kWh zu erzielen, ist folgende Strommenge erforderlich:

$$\frac{30.000 \text{ €}}{0,06 \text{ €/kWh}} = 500.000 \text{ kWh pro Jahr}$$

##### Energieerzeugung eines einzelnen PV-Moduls

Ein 460-Watt-Modul erzeugt bei einer durchschnittlichen Sonnenstundenanzahl von 4 Stunden pro Tag folgende Energie:

$$460 \text{ W} \times 4 \text{ h} = 1.840 \text{ Wh} = 1,84 \text{ kWh pro Tag}$$

Auf das Jahr hochgerechnet:

$$1,84 \text{ kWh} \times 365 = 671,6 \text{ kWh pro Jahr pro Modul}$$

##### Berechnung der benötigten Modulanzahl

Die erforderliche Anzahl an Modulen ergibt sich durch:

$$\frac{500.000 \text{ kWh}}{671,6 \text{ kWh/Modul}} \approx 744,49 \text{ Module}$$

Zuzüglich zu den 16 Modulen für die Zwangszirkulation ergeben sich 761 Module, auf diese wurde ein Sicherheitsaufschlag von 7% erhoben für den Ausgleich Leistungseinbußen durch Verschmutzung, Alterung oder Verschattung. Die geplante Anzahl beträgt somit **814 Module**. Die Module werden auf dem umliegenden Böschungskamm, welcher eine Breite von etwa 5 Metern hat, angelegt, in zwei Reihen und nach Süden orientiert, siehe Anhang *PV-Sol Bericht* und *Lageplan*.

Bei der PV-Erweiterung sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen, die die Wirtschaftlichkeit und technische Realisierbarkeit der Anlage beeinflussen können.

Ein wesentlicher Punkt ist die aktuelle Einspeisevergütung, die sich weiter verringern könnte und durch den sehr weit in der Zukunft liegenden umsetzungszeitpunkt schwer voraussagbar ist. Dadurch wird die Refinanzierung über die Einspeisung zunehmend herausfordernder, insbesondere bei großen Anlagen. Ein hoher Eigenverbrauch des erzeugten Stroms kann die Wirtschaftlichkeit verbessern, da auf diese Weise die Kosten für den Netzstrombezug reduziert werden. Allerdings hängen die tatsächlichen Einsparpotenziale von zukünftigen Strompreisentwicklungen und dem Verbrauchsprofil der Abnahmestellen ab. Zu beachten ist auch, dass es immer eine parallele Preisentwicklung von Moduleanzahl und Investitionskosten gibt.

Ab einer Anlagengröße von 100 kWp ist eine Direktvermarktung des überschüssigen Stroms erforderlich. Dies kann zwar zu einer leicht höheren Vergütung führen, erfordert jedoch zusätzlichen administrativen Aufwand und vertragliche Vereinbarungen mit einem Direktmarkter.

Darüber hinaus sind technische Aspekte wie die Netzanbindung, eventuelle Netzurückwirkungen sowie genehmigungsrechtliche Vorgaben zu prüfen. Auch mögliche Änderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen oder Förderprogramme könnten die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen beeinflussen.

Eine abschließende Bewertung der Wirtschaftlichkeit sollte daher auf Basis der zum Zeitpunkt der Umsetzung geltenden Regelungen, Vergütungssätze und Marktbedingungen erfolgen, um eine möglichst optimale Anlagenauslegung zu gewährleisten.

## 4.6 Sicherheitssysteme

Das gesamte Areal ist vor unberechtigttem Zutritt zu sichern. Es muss gewährleistet werden, dass die Zäune den relevanten Standards genügen und stabil genug sind, um unautorisiertes Betreten dauerhaft abzuhalten. Die am Land stehende EMSR-Technik, wie PV-Module, Wechselrichter und Batterie sind separat zu schützen, empfehlenswert ist ein eigener Zaun oder Rammschutz.

Die Zirkulationsanlage muss an der Wasseroberfläche mit einem stabilen Netz gesichert werden, das eine Maschenweite von 10 cm aufweist. Dieses Netz schützt vor dem Eindringen größerer Fische, Vögel, anderen Tieren und Personen. Es sorgt dafür, dass die Tierwelt oder Fremdkörper die Funktionsweise der Anlage nicht stören oder beschädigt werden.

An der unteren Öffnung der vertikalen Rohrleitung wird ein Gitter mit einer Maschenweite von 20 cm angebracht. Dieses Gitter verhindert, dass größere Fremdkörper die Rohrleitung blockieren oder dass Tiere während des Stillstands des Rührwerks einschwimmen. Dieses



Gitter ist derart gestaltet, dass es durch Taucher/Tauchroboter für Wartungszwecke per Hand leicht zu öffnen ist.

Der Schaltschrank, die Batterieeinheit sowie der Wechselrichter der Zwangszirkulationsanlage müssen vor äußeren Einwirkungen wie Wind, Wetter und mechanischen Beschädigungen geschützt werden. Es ist eine wetterfeste Umhausung vorgesehen, die den Standards der Schutzklasse IP 65 oder höher entspricht. Darüber hinaus ist es notwendig, Maßnahmen für den Blitz- und Überspannungsschutz zu ergreifen, um die elektrischen Bauteile vor Blitzeinschlägen und Überspannungen zu schützen. Dies kann zum Beispiel durch die Einrichtung eines Erdungssystems und passenden Blitzschutzmaßnahmen erfolgen.

## 4.7 Herstellung/Montage und Verlegung

Die Herstellung der Zirkulationsanlage kann in zwei Phasen unterteilt werden. Die Phase vor der Flutung (Phase 1) und die Phase nach der Flutung des Steinbruchs (Phase 2).

### **Phase 1, vor der Flutung:**

Zunächst wird die zukünftige Seesohle und die umgebenden Böschungsareale von vorhandener Vegetation befreit, um den Nährstoffeintrag in das herzustellende Gewässer zu begrenzen. Anschließend werden die 5 Verankerungsfundamente mittig erbaut. In diese sind nichtrostende Stahllösen eingegossen, an denen später die Halterungsstahlseile der Rohrleitung befestigt werden.

### **Phase 2, nach der Flutung:**

Die Rohrleitung wird an Land vormontiert, inklusive Rührwerk und Ponton. Der Anschluss an die Verankerung wird von einem Industrietaucher durchgeführt. Dafür wird das vormontierte Rohr mittels einer Planke (Rohr-Rutsche) zunächst zu Wasser gelassen und von einem Boot zum Ankerpunkt geschleppt. Anschließend muss das Rührwerk an die bereits im Seegrund verlegten Kabel angeschlossen werden. Dies wird ebenfalls durch Industrietaucher durchgeführt. Das gleiche Prinzip wird für die Floating PVA verfolgt.

Arbeiten, die unabhängig von den zwei genannten Phasen ausgeführt werden können, sind die Installation der PVA-Komponenten an Land sowie die Herstellung/Ausbesserung der Zaunanlage. Weiterhin hat die Baustelleneinrichtung anfänglich der Baumaßnahme zu erfolgen.

## 4.8 Reinigung und Wartung

Die PV-Anlage muss, da sie vor Ort nicht in ein bestehendes Prozessleitsystem eingebunden werden kann, einmal jährlich gewartet werden. Bei eventuellen Schäden sind die Module einzeln auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Die Komponenten, die an Land stehen, können problemlos begangen und von nur einer Person gewartet werden. Bei der Prüfung elektrischer Komponenten ist aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen die Anwesenheit zweier Personen zwingend notwendig.

Die Zirkulationsanlage wird nach ersten Annahmen einmal jährlich von Bewuchs/Algenablagerungen befreit. Dafür ist das Rührwerk abzuschalten. Es wird ein Industrietaucher/-roboter eingesetzt, der von unten in das Rohr tauchen und dieses von innen reinigen kann. Der Reinigungsintervall kann je nach Verschmutzungsgrad variieren und zwischen 1 und 4 Jahren angepasst werden.

Das Rührwerk sollte alle zwei Jahre gewartet werden. Dafür ist die Plattform ebenfalls per Boot anzusteuern und eine in Situ Wartung durchzuführen.

## 5. Kostenschätzung

Im Rahmen der Entwurfsplanung (Anlehnung an HOAI LP 3) wurde für die Zirkulationsanlage inklusive PV-Anlage eine Kostenschätzung angelegt. Die Kosten der gesamten Maßnahme werden auf **546.020,00 €** brutto geschätzt (siehe Anlage Kostenschätzung). Hier sind die Kosten der PV-Anlage sowie dazugehöriger EMSR-Technik bereits integriert.

## 6. Betriebskostenberechnung

Für die Betriebskostenberechnung sind folgende Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen relevant:

- 1x jährlich Reinigung Rohrleitung
  - o Industrietaucher und/oder -roboter, Boot, 8 Stunden 5.000 €
- 1x jährlich Wartung PV- Anlage und Komponenten
  - o 2xTechniker, 16 Stunden 12.500 €
- Alle 2 Jahre Wartung Rührwerk
  - o Boot, Techniker, 4 Stunden 1.250 €
- 1x jährlich überprüfen des Sicherheitsnetzes/-gitters

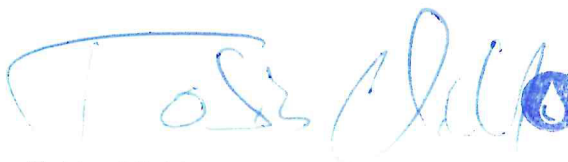
- Sichtprüfung im Rahmen der anderen Wartungsaufgaben.


Aus den genannten Maßnahmen resultieren voraussichtlich jährliche Betriebskosten in der Höhe von circa **18.125 €**.

## 7. Anlagen

- Übersichtslageplan (*Revision2-28.03.2025*)
- Detail Verankerung und Auströmmöffnung
- Detail Schwimmponton und Zuströmmöffnung
- Kostenschätzung (*Revision2 -PV-Erweiterung-28.03.2025*)
- PV-Sol Bericht (*Revision2- 814 PVModule-28.03.2025*)

Köln, 28.03.2025

  
Tobias Viehl

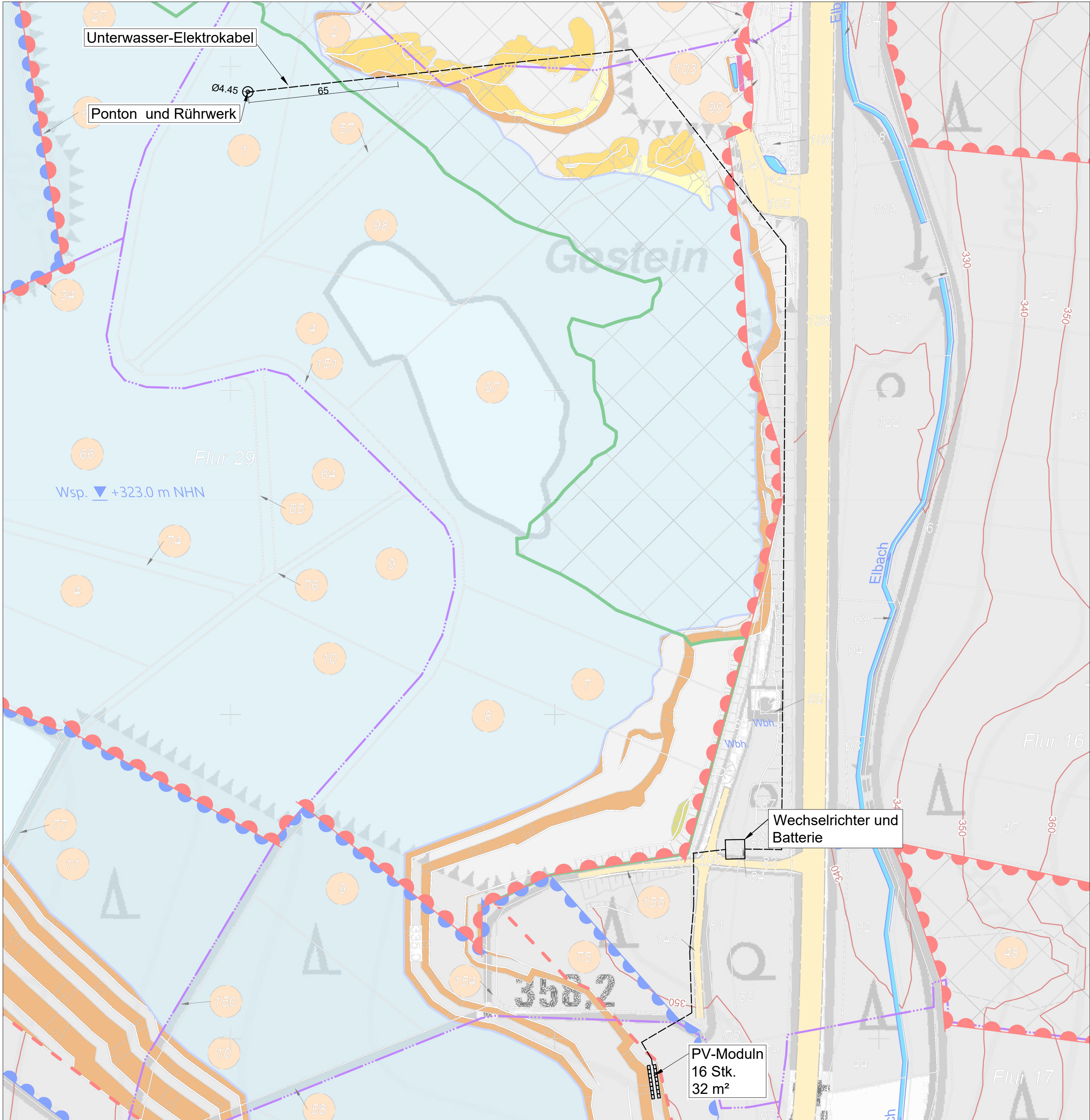
  
Ingenieurgesellschaft für Wasserwirtschaft  
und Risikomanagement GmbH  
Am Süd-St. Martin 7 • 50667 Köln

## 8. Quellen

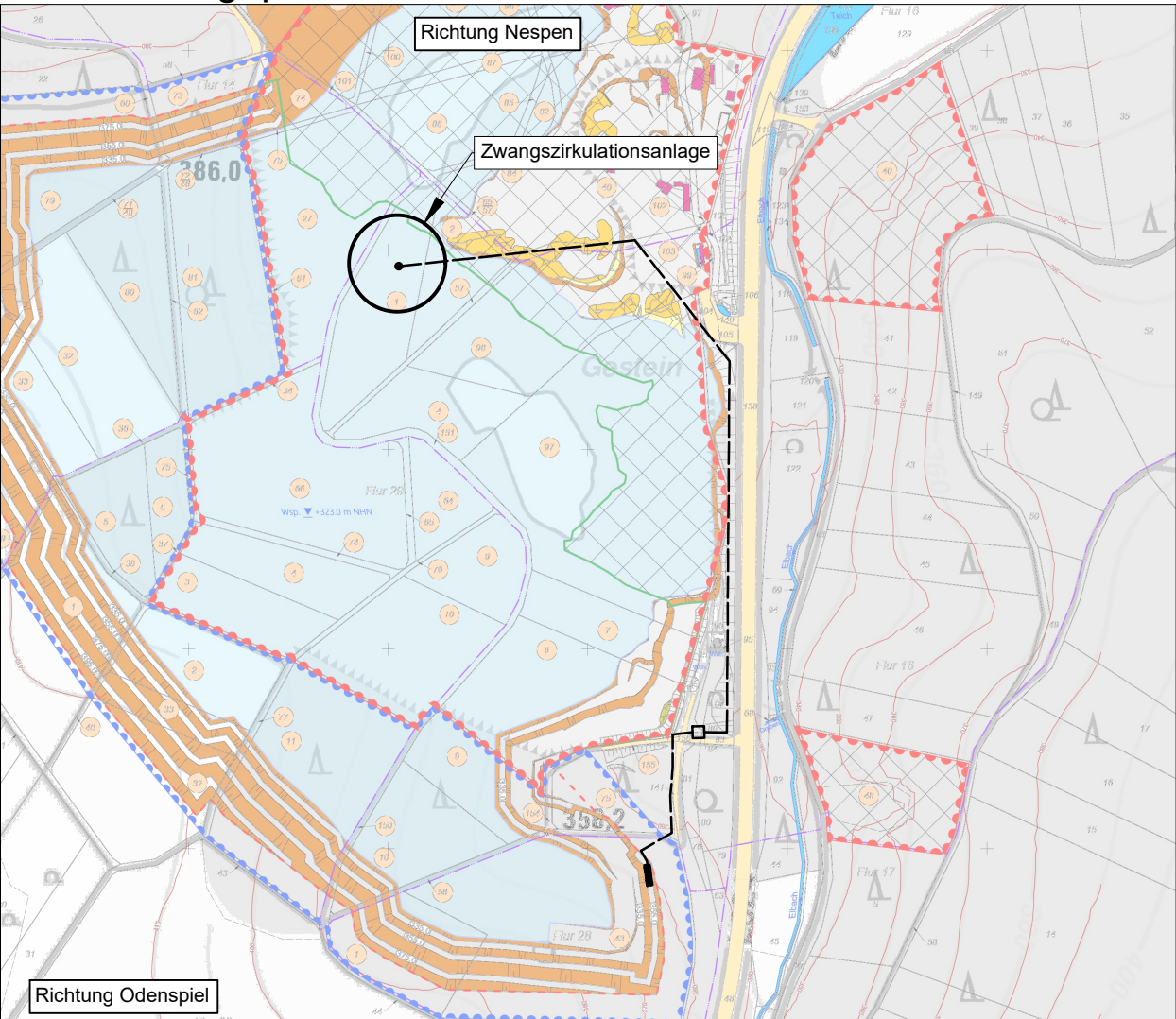
Justin D Brookes, Michael D Burch, David M Lewis, Rudi H Regel, Leon Linden, Bradford Sherman, Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (2008): Research Report No 59: Artificial mixing for destratification and control of cyanobacterial growth in reservoirs,



Lageplan M 1:1250



Übersichtslageplan M 1:5000



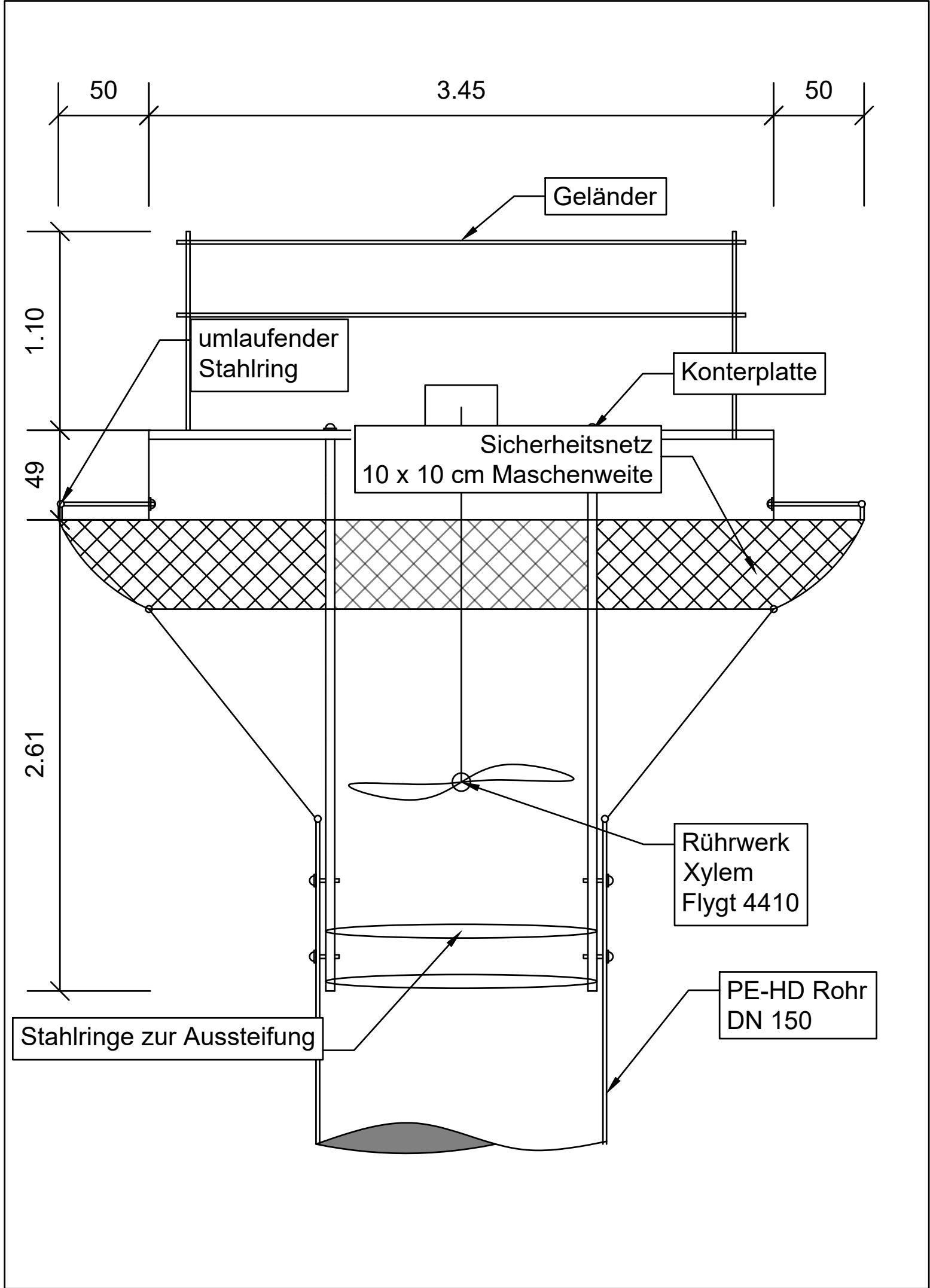
Hinweise:  
Der hinterlegte Lageplan wurde am 13.08.2024 durch das Ing.-Büro Prof.Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH erstellt.

Nr.	Art der Änderung	Datum	Zeichen

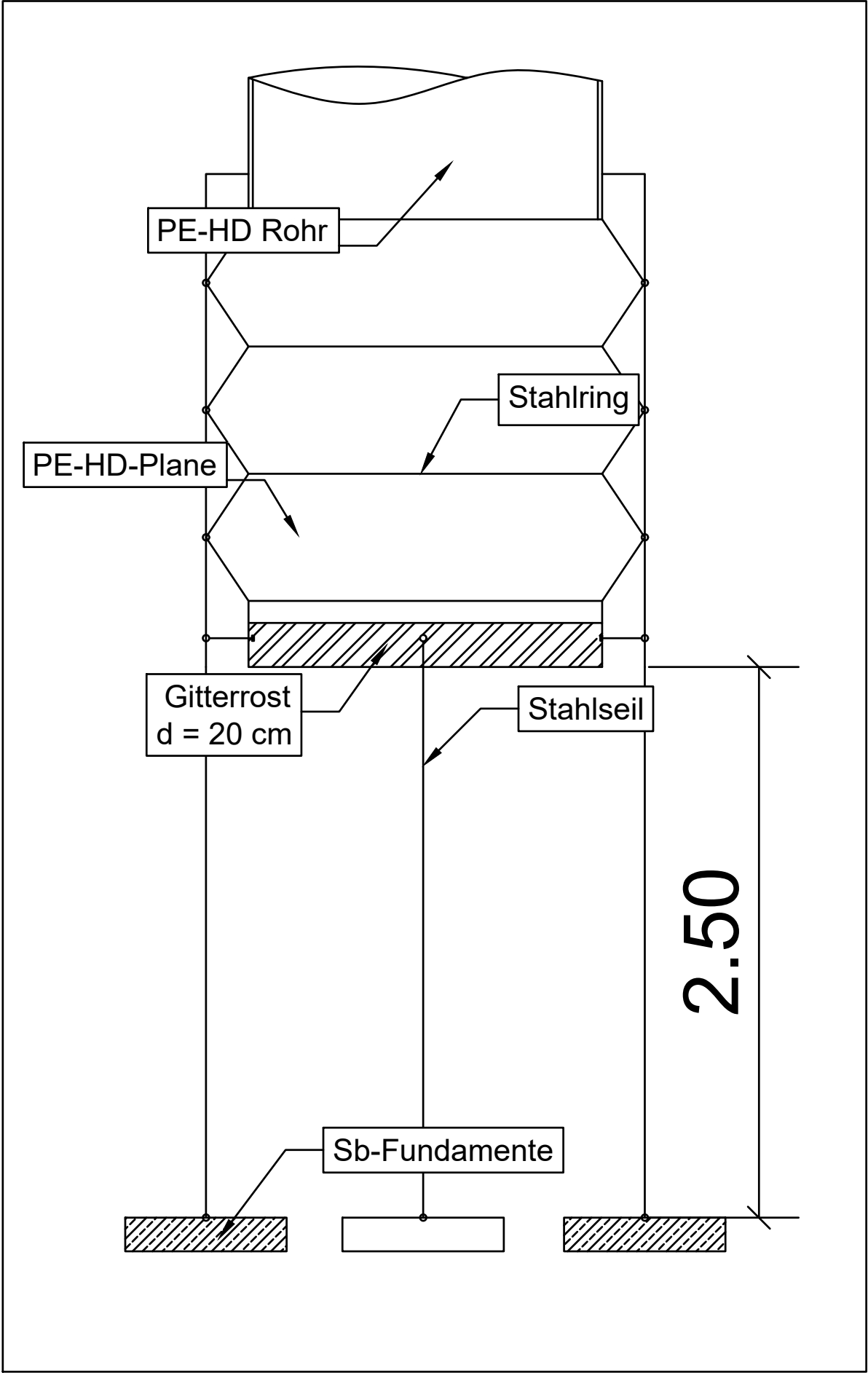
Auftraggeber: G. Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH						
D- 51580 Reichshof Elbachstraße 11		Telefon: 02297 343 Telefax:				
Erweiterung des Steinbruchs Jaeger Planung Zwangszirkulationsanlage						
Zwangszirkulations- und PV-Anlage Lageplan					Unterlage:	Plan-Nr.: 01
					Maßstab: 1:1250, 1:5000	
		gezeichnet	bearbeitet	geprüft	Entwurfsverfasser:	
Zeichen		Schäferkordt	Schäferkordt	Viehl		
Datum		08.11.2024	18.03.2025	18.03.2025		
Auftragnehmer:  IWR Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Ressourcenmanagement GmbH					Datum: 18.03.2025	



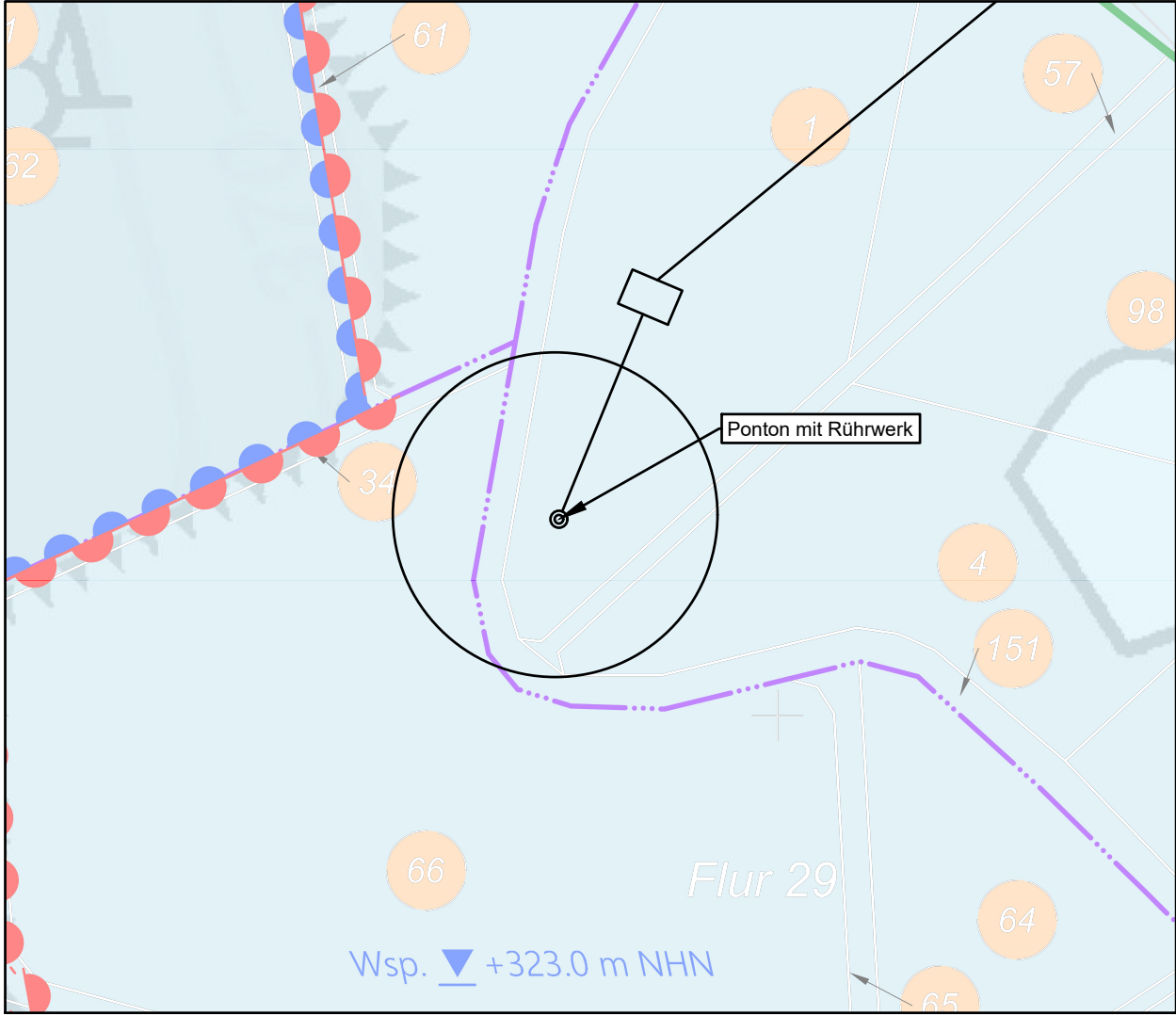
Detail 1: Ponton und Seewasserleitung Oberfläche M 1:25



Detail 2: Fundamente und Seewasserleitung Boden M 1:25




Übersichtslageplan M 1:1250



Hinweise:  
Der hinterlegte Lageplan wurde am 13.08.2024 durch das Ing.-Büro Prof.Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH erstellt.

Nr.	Art der Änderung	Datum	Zeichen

Auftraggeber: G. Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH  D- 51580 Reichshof Elbachstraße 11					Telefon: 02297 343 Telefax:			
Erweiterung des Steinbruchs Jaeger Planung Zwangszirkulationsanlage								
Zwangszirkulationsanlage Detailzeichnungen					Unterlage:		Plan-Nr.: 02	
					Maßstab: 1:25, 1:1250			
		gezeichnet	bearbeitet	geprüft	Entwurfsverfasser:			
Zeichen		Schäferkordt	Schäferkordt	Viehl				
Datum		13.11.2024	15.11.2024	15.11.2024				
Auftragnehmer:  <b>IWR</b> Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Ressourcenmanagement GmbH					Datum: 15.11.2024			

OZ	Kurztext	Menge	ME	Einheitspreis	Gesamtbetrag
<b>1</b>	<b>Zwangszirkulation - Steinbruch Jäger - Revision1</b>				<b>546.020,00</b>
1.	Allgemeine Arbeiten				32.500,00
1. 1.	Vorbereitung und Allgemeine Arbeiten				32.500,00
1. 1. 10.	Baustelleneinrichtung	1,000	pau	22.500,00	22.500,00
1. 1. 20.	Rückschnitt vorhandener Vegetation	1,000	pau	10.000,00	10.000,00
<b>2.</b>	<b>Fundamente / Befestigungen</b>				<b>24.150,00</b>
2. 1.	Befestigung Seegrund				24.150,00
2. 1. 10.	Fundamente	5,000	Stk	4.000,00	20.000,00
2. 1. 20.	Stahlseile	50,000	m	33,00	1.650,00
2. 1. 21.	Sicherheitsgitter a=20 cm	1,000	pau	2.500,00	2.500,00
<b>3.</b>	<b>Schwimmponton</b>				<b>100.150,00</b>
3. 1.	Schwimmponton				100.150,00
3. 1. 10.	Ponton mit Plattform	1,000	pau	65.000,00	65.000,00
3. 1. 11.	Geländer	1,000	pau	1.500,00	1.500,00
3. 1. 20.	Sicherheitsnetz 10x10 cm	1,000	pau	2.500,00	2.500,00
3. 1. 30.	Stahlringe NIRO	1,000	pau	4.500,00	4.500,00
3. 1. 31.	Stahlstreben	30,000	m	55,00	1.650,00
3. 1. 50.	Rührwerk XYLEM 4410, D=1.5m 0,9 kW	1,000	pau	25.000,00	25.000,00
<b>4.</b>	<b>Seeleitung</b>				<b>62.620,00</b>
4. 1.	Seeleitung PE-HD				62.620,00
4. 1. 10.	Seeleitung PE-HD	44,600	m	950,00	42.370,00
4. 1. 20.	Seeleitung, flexibel PE-HD-Plane + Trägerringe	15,000	m	1.350,00	20.250,00
<b>5.</b>	<b>Energie und EMSR</b>				<b>307.600,00</b>
5. 1.	PV-Anlage				227.100,00
5. 1. 10.	Module TSM-450-NEG9R 450W o.g.lw. incl Installation	814,000	Stk	150,00	122.100,00
5. 1. 20.	Untergrundarbeiten und Tragekonstrukt	1,000	pau	25.500,00	25.500,00
5. 1. 30.	Wechselrichter und Batteriespeicher	1,000	pau	70.000,00	70.000,00
5. 1. 40.	Erdungsanlage	1,000	pau	9.500,00	9.500,00
5. 2.	EMSR				80.500,00
5. 2. 10.	Schaltschrank und EMSR-Technik	1,000	pau	45.000,00	45.000,00
5. 2. 20.	Kabel (Seewasser und sonstige)	1,000	pau	35.500,00	35.500,00
<b>6.</b>	<b>Prüfungen und Dokumentation</b>				<b>9.000,00</b>
6. 1.	Dokumentation, Abnahme und Prüfungen				9.000,00
6. 1. 10.	Dokumentation, Abnahme und Prüfungen	1,000	pau	9.000,00	9.000,00
<b>7.</b>	<b>Zaunanlage</b>				<b>10.000,00</b>
7. 1.	Erweiterung/Erneuerung Zaunanlage				10.000,00
7. 1. 10.	Zaunanlage	1,000	pau	10.000,00	10.000,00