

Unterlage 16-01-01: Konzept zum Bodenmonitoring im Betriebsfall

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Grundlagen	2
2.1	Rechtliche Grundlagen und Normen.....	2
2.2	Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen	3
2.2.1	Ergebnisse des Oberflächenwasser(OW)-Modells	3
2.2.2	Ergebnisse zu Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen	4
2.2.3	Ergebnisse zu Sedimentation und Nährstoffeintrag	5
3	Flächenidentifizierung und Ermittlung des Untersuchungsumfangs	6
3.1	Einteilung nach Flurteilstücken	6
3.2	Einteilung nach Flächenkategorie-Teilflächen	6
3.3	Festlegung von Bodendauerbeobachtungsflächen	7
4	Ablauf der Untersuchung	9
4.1	Probenahme, Aufbereitung und Lagerung.....	9
4.2	Analyse.....	11
4.3	Darstellung und Bewertung.....	11
5	Abschließende Hinweise und Empfehlungen	12
6	Literaturverzeichnis	12
6.1	Rechtliche Grundlagen, Richtlinien und Normen	12
6.2	Sonstige Literatur	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich Einstauhöhen Ist- und Planzustand auf Landflächen bei verschiedenen Wellen in m (Angaben ohne Deichbruch)	4
Tabelle 2:	Anzahl der Teilflächen in Abhängigkeit von der Untersuchungsfläche (LfU 2019)	6
Tabelle 3:	Flächenkategorien (FK) nach Bodenform und Nutzung sowie resultierende FK-Teilflächen	7
Tabelle 4:	Verschiebung von Rasterpunkten	8
Tabelle 5:	Probemenge in Abhängigkeit vom Größtkorn (DIN 18123)	10

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nichtsystematisches Probenahmemuster „W“ (21 Probenahmepunkte; blaue Punkte sind mit Magneten zu markieren)	10
--------------	---	----

Anhangsverzeichnis

Anhang 16-01-02-A	Liste der Bodendauerbeobachtungsflächen
Anhang 16-01-02-B	Probenprotokoll (Vorlage aus Rahmenkonzept LfU 2019)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 16-01-03-01_1v1 Übersichtslageplan – Flächenkategorien (FK) und Flächen mit erwartbar höherer Belastung [Maßstab 1 : 10.000]
- Anlage 16-01-03-02_1v1 Übersichtslageplan – Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) [Maßstab 1 : 10.000]

Abkürzungsverzeichnis

<u>Abkürzung</u>	<u>Bezeichnung</u>
BayBodSchG	Bayerisches Bodenschutzgesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BDF	Bodendauerbeobachtungsfläche
BTK	Biotoptypenkartierung
FBU	Fachbeirat Bodenuntersuchungen
FK	Flächenkategorie
HQ(Tn)	Tn-jährliches Hochwasser
HW	Hochwasser
HWR	Hochwasserrückhaltung
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
OW	Oberflächenwasser
ROV	Raumordnungsverfahren Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife
RzK	Regulierungsbauwerk zum Kößnach-Ableiter
UBA	Umweltbundesamt
ÜBK	Übersichtsbodenkarte
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VSU	Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung
WWA	Wasserwirtschaftsamt Deggendorf

1 Veranlassung

Nach langanhaltendem Regen waren im Juni 2013 weite Teile Bayerns von einem schweren Hochwasser betroffen. Unter diesem Eindruck hatte die bayerische Staatsregierung im Juni 2013 beschlossen, die Anstrengungen im Hochwasserschutz weiter zu forcieren und zu intensivieren, um den Schutz der bayerischen Bevölkerung vor den Naturgewalten zu verbessern. Als Konsequenz wurde die bereits seit 2001 bestehende und bewährte Hochwasserschutzstrategie „Aktionsprogramm 2020“ zum „Aktionsprogramm 2020plus“ (AP2020plus) erweitert.

Ein Schwerpunkt im AP2020plus ist der Rückhalt von Hochwasser. Um an den größeren Gewässern in Bayern Handlungsspielräume bei extremen Hochwasserereignissen zu haben, sollen dort insbesondere Flutpolder vorgesehen werden.

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf (WWA), plant die Errichtung einer Hochwasserrückhaltung (HWR) in Form eines steuerbaren Flutpolders im Bereich der Oberauer Donauschleife in Höhe der Stauhaltung Straubing im Regierungsbezirk Niederbayern. Dieser Standort wurde im Rahmen des Bayerischen Flutpolderprogrammes (LfU 2014) als ein möglicher Standort für „gesteuerte Flutpolder“ untersucht und von der Bayerischen Staatsregierung festgelegt.

Gesteuerte Flutpolder sind eingedeichte Flussniederungen oder Senken, die bei Hochwasser über regulierbare Ein- und Auslaufbauwerke ereignisbezogen und kontrolliert geflutet werden, um durch die Kappung des Hochwasserscheitels die Sicherheit der Hochwasserschutzanlagen in den unterhalb liegenden Flussabschnitten zu erhöhen.

Mit der Errichtung einer Hochwasserrückhaltung im Bereich der Oberauer Donauschleife bei Straubing soll der bestehende ungesteuerte Retentionsraum an der Donau in einen gesteuerten Flutpolder umgewandelt und gleichzeitig zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen werden. Insgesamt sollen ca. 14 Mio. Kubikmeter Retentionsraum an der Donau aktiviert werden, um Spitzenabflüsse in der Donau ab einem etwa 30-jährlichen Hochwasserereignis und nach Fertigstellung des Donauausbaus zwischen Straubing und Vilshofen ab einem etwa 100 jährlichen Hochwasserereignis möglichst wirksam zu kappen.

Der Betrieb der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife kann potenziell schädliche Bodenveränderungen zur Folge haben, aus denen eine Wertminderung der ackerbaulichen Flächen im Flutungsraum resultiert. Schädliche Bodenveränderungen nach §2 Abs. 3 BBodSchG sind „*Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen*“. Insbesondere die Kontamination der Böden mit Schadstoffen stellt ein erhöhtes Risiko dar.

Laut §5 der Mustervereinbarung zwischen dem Bayerischen Bauernverband und den Staatsministerien für Umwelt und Verbraucherschutz sowie Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (auch Flutpoldervereinbarung; StMUV et al. 2014) liegt die Beweislast, dass etwaige Bodenschädigungen nicht aus dem Betrieb des Polders resultieren beim Vorhabenträger (Beweislastumkehr). Aus diesem Grund wurde durch das Bayerische Landesamt für Umwelt ein Rahmenkonzept „Empfehlungen für ein landwirtschaftliches Bodenmonitoring in Flutpoldern“ (LfU 2019) entwickelt, dessen Ergebnisse bei der Beurteilung potenzieller Entschädigungsansprüche für die Beweisführung herangezogen werden können. Das Rahmenkonzept sieht eine grund- bzw. flurstückscharfe Beprobung vor. Dies wäre aufgrund der Größe der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife mit einem enormen Probenumfang und hohem Zeit- und monetärem Aufwand für Probenahme und -analyse verbunden. Im Folgenden wird daher ein praktikables und wirtschaftlich vertretbares Konzept zum Bodenmonitoring erarbeitet, welches den Aufwand durch Festlegung von Flächenkategorien reduziert.

2 Grundlagen

2.1 Rechtliche Grundlagen und Normen

Das vorliegende Konzept bezieht sich auf die folgenden rechtlichen Grundlagen in der jeweils aktuell gültigen Fassung:

- Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Bayerisches Bodenschutzgesetz (BayBodSchG)
- Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung (VSU)

In Anhang 1 der BBodSchV sind für den Wirkpfad Boden – Nutzpflanze die folgenden Normen mit dem angegebenen Ausgabedatum, welches ggf. vom Fachbeirat Bodenuntersuchungen (FBU) adaptiert wurde, verwiesen. Diese Normen nehmen daher rechtsverbindlichen Charakter an:

- DIN ISO 10381-1:2003-08 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 1: Anleitung für die Planung von Probenahmeprogrammen); zurückgezogen und ersetzt durch DIN ISO 18400-101:2020-11 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 101: Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans), DIN ISO 18400-104:2020-11 (Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 104: Strategien) und DIN ISO 18400-107:2020-11 (Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen)
- DIN ISO 10381-2:2003-08 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren); zurückgezogen und ersetzt durch DIN ISO 18400-102:2020-11 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 102: Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken)
- DIN ISO 10381-3:2002-08 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 3: Anleitung zur Sicherheit)
- DIN ISO 10381-4:2004-08 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 4: Anleitung zur Vorgehensweise bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten); zurückgezogen und ersetzt durch DIN ISO 18400-104:2020-11 (Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 104: Strategien) und DIN ISO 18400-202:2020-11 (Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 202: Erfassung)
- DIN 18123:1996-11 (Baugrund – Untersuchungen von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung); zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4:2017-04 (Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung)
- DIN 4021:1990-10 (Baugrund – Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben); zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 22475-1:2007-01 (Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung)

Zudem bieten die folgenden Normen ergänzende Hinweise und Vorgaben:

- DIN ISO 18400-203 (Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 203: Untersuchungen kontaminationsverdächtiger Flächen), da auch bei landwirtschaftlich genutzten Flächen Kontaminationen z.B. durch unsachgemäßen Pestizideinsatz oder Aufbringung von organischen Abfällen vorliegen können
- DIN ISO 18512 (Bodenbeschaffenheit - Anleitung für die Lang- und Kurzzeitlagerung von Bodenproben)

- DIN 19747 (Untersuchung von Feststoffen - Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen)

2.2 Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen

Der Betrieb der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife kann potenziell schädliche Bodenveränderungen im Sinne des BBodSchG hervorrufen. Zur Abschätzung der Schwere der Auswirkungen des Polderbetriebs wurden hydrologische Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst werden.

Zur Beachtung naturschutzfachlicher Belange wurde für das geplante Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt. Diese stützt sich in der Argumentation ebenfalls auf die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen. Die Auswirkungsprognose der UVP kommt zusammenfassend zu dem Schluss, dass sich aus Sicht des Naturschutzes durch den Betrieb der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife keine schädlichen Bodenveränderungen ergeben.

2.2.1 Ergebnisse des Oberflächenwasser(OW)-Modells

Im Rahmen der Entwurfsplanung wurden im OW-Modell instationäre Berechnungen für verschiedene Wellen zur Simulation der Rückhaltewirkung im Ist-Zustand (ungesteuerte Retention) und für das Einsatzziel der max. Scheitelreduktion im Plan-Zustand (gesteuerte Retention) durchgeführt. Die Berechnungsszenarien erfolgten u. a. für HQ30, HQ100, HQ200 und HQ300 mit Ganglinien auf Basis der Hochwasserereignisse 1988, 2002, 2011 und für das Realereignis 2013.

Die Ergebnisse bzw. Aussagen aus dem OW-Modell zu Einstauhöhen / Fließtiefen, maximalen Fließgeschwindigkeiten und Schubspannung sowie Einstaudauern wurden der Auswirkungsbeurteilung im Rahmen der UVP zugrunde gelegt und werden nachfolgend zusammenfassend erläutert. Detaillierte Ausführungen sind der Unterlage 05-03 zu entnehmen. Eine vergleichende Gegenüberstellung von Ist- und Plan-Zustand (einschl. Frühjahresflutung) für die Szenarien HQ30, HQ100 und HQ200 ist der Unterlage 05-06 zu entnehmen.

Im Ist-Zustand wird bei einem HQ30 der Retentionsraum an der Oberauer Schleife nicht in Anspruch genommen bzw. werden die Kößnachdeiche nicht überströmt. Somit ergeben sich in diesem Zusammenhang die größten Auswirkungen der geplanten HWR im Hochwasserfall durch eine statistisch häufigere Polderflutung und einen Anstieg der Einstauhöhe. Dieser Zustand ist als kurz- bis mittelfristig zu betrachten, da mit dem Ausbau der Donau stromabwärts zwischen Straubing-Vilshofen langfristige die Einsatzhäufigkeit wieder abnimmt. Im Rahmen der Auswirkungsprognose zur UVP wurde daher zur Beurteilung jeweils vom ungünstigsten Fall gegenüber dem Ist-Zustand ausgegangen, d.h. Einsatzhäufigkeit im langjährigen Mittel einmal in 30 Jahren. Bei größeren Hochwasserereignissen im Plan-Zustand ist hingegen von einer deutlichen Reduzierung der Einstaudauer und des Restwasservolumens auszugehen.

Die Einstaudauer auf den Polderflächen im Ist- und Plan-Zustand ist abhängig von der Wellenform (spitze / breite Welle) und der Leistungsfähigkeit der vorhandenen bzw. geplanten Bauwerke und beträgt für HQ100 ca. 4,5 bis 21 Tage.

Bei den Ist-Zuständen ohne Deichbruch ist die Einstaudauer am größten, da die Retentionsräume an der Oberauer Schleife nur bis zur niedrigsten Höhe des Kößnachdeiches bzw. durch Einsatz des bestehenden Regulierungsbauwerks zur Kößnach (RzK) entleert werden. Durch die begrenzte Leistung des RzK dauert die Entleerung mehrere Wochen bis Monate.

Tritt im Ist-Zustand ein Deichbruch auf, reduziert sich auch die Einstaudauer, die aber immer noch einige Wochen betragen kann. Die Wassermengen in den beiden Schleifenteilen können nur teilweise über den Deichbruch entleert werden, da die Polder Sossau West und Ost höher liegen. Die Entleerung der Schleifenteile erfolgt dann nur über das bestehende RzK.

Im Plan-Zustand kann die Einstaudauer durch die geplanten Entleerungsbauwerke deutlich gegenüber dem Ist-Zustand verringert werden. Bei einer Welle mit mittlerem Volumen oder spitzen Welle beträgt die Einstaudauer nur wenige Tage bis zu einer Woche. Bei einer breiten Welle dauert der Einstau hingegen bis zu ca. 3 Wochen.

Die Flächen im künftigen Flutpolder werden aufgrund des hinausgezögerten Flutungsbeginns deutlich später eingestaut als natürliche Donauvorländer. Die Entleerung erfolgt parallel mit fallendem Donauwasserspiegel. Die Überstaudauer der Vorlandflächen im Flutpolder ist somit deutlich kürzer als beim natürlichen Einstau der Donauvorländer.

Die Wassertiefen auf Landflächen im Bereich der Oberauer Schleife sind für den Ist- und Plan-Zustand in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Vergleich Einstauhöhen Ist- und Planzustand auf Landflächen bei verschiedenen Wellen in m (Angaben ohne Deichbruch)

Polderteile / Donau	HQ30		HQ100	HQ200	HQ100 / HQ200
	Ist	Plan	Ist	Ist	Plan
Obere Schleife	-	2,0 - 2,8	1,4 - 2,3	2,0 - 2,9	2,0 - 2,8
Untere Schleife	-	2,0 - 2,6	1,5 - 2,0	2,0 - 2,6	2,0 - 2,6
Flurlage Hagen	-	2,5 - 4,7	1,3 - 2,8	3,0 - 3,3	2,5 - 4,7
Polder Öberau	-	1,7 - 3,4	1,5 - 2,9	1,7 - 3,4	1,7 - 3,4
Polder Sossau West	-	2,2 - 3,7	1,7 - 3,2	2,2 - 3,7	2,2 - 3,7
Polder Sossau Ost	-	-	2,0 - 3,0	2,5 - 3,5	1,5 - 3,5

Die Wassertiefen im künftigen Flutpolder liegen im Bereich der Wiesenflächen der oberen und unteren Schleife zwischen 2,0 und 2,8 m. Die künftigen Einstauhöhen im Flutpolder entsprechen in etwa den Wassertiefen beim derzeitigen HQ200.

Infolge der größeren Rückhaltewirkung des Flutpolders sind im Plan-Zustand die Wassertiefen im Polder Sossau Ost und in der Donau unterstrom der Staustufe Straubing etwas niedriger als im Ist-Zustand.

2.2.2 Ergebnisse zu Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen

Die nachfolgenden Aussagen wurden den Unterlagen zu den hydraulischen Nachweisen entnommen (Unterlagen 05-03 und 05-07). Die größten Fließgeschwindigkeiten treten am Einlaufbauwerk auf. Durch das Tosbecken im Anschluss an das Einlaufbauwerk und das Ableitungsgerinne zum Absetzbecken werden die Fließgeschwindigkeiten rasch unter 1,0 m/s reduziert. Im Absetzbecken beruhigt sich das einströmende Wasser und die Geschwindigkeiten reduzieren sich auf 0,25 bis 0,50 m/s.

Es ist somit zu erwarten, dass die groben Schwebstoffe (Sande, Grobschluff) im Ableitungsgerinne und im Absetzbecken abgelagert werden und die feinen Schwebstoffe (Fein- bis Mittelschluff) auf den Wiesen- und Altwasserflächen.

In Senken/Seigen, Gräben und im Bereich der Fließstrecke zwischen Absetzbecken und oberer Schleife sind lokal durchaus Fließgeschwindigkeiten von max. 1,0 bis 2,0 m/s möglich.

Auf dem Großteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Flutpolder treten jedoch max. Fließgeschwindigkeiten von kleiner 0,5 m/s auf. Im Polder Sossau West im Bereich der Deichlücke 8 liegen die Fließgeschwindigkeiten mit bis 0,75 m/s etwas höher.

Beim Flutungsprozess sind nur lokale Erosionen in den Grabenzügen am Einlaufbauwerk und in Teilen der Fließstrecke zu erwarten. Aufgrund des ökologisch hochwertigen Biotopbestandes sind in diesen Bereichen keine bzw. nur begrenzte Maßnahmen (Verlängerung der Tosbeckenwange am Grabenzug) vorgesehen. Sollten im Einsatzfall des Flutpolders Erosionen auftreten, sind diese im Nachgang zu begutachten und die Abbruchstellen ggf. auszubessern.

Im Bereich der Deichlücken treten teilweise ebenfalls erhöhte Fließgeschwindigkeiten und Sohl Schubspannungen auf. Daher sind hier in der Sohle (teilweise) und im Bereich der Böschungen zu den vorhandenen Deichen verdeckte Sicherungen aus Wasserbausteinen vorgesehen, die mit einer Vegetationstragschicht abgedeckt werden. Sollten im Einsatzfall des Flutpolders die Vegetationstragschicht erodiert und die verdeckten Wasserbausteine beschädigt werden, sind diese im Nachgang wiederherzustellen.

Auf den Wiesen- und Altwasserflächen der Oberauer Schleife sowie auf den landwirtschaftlichen Flächen im Polder Oberau und im Polder Sossau West sind hingegen keine Erosionen infolge des Flutpoldereinsatzes zu erwarten.

2.2.3 Ergebnisse zu Sedimentation und Nährstoffeintrag

Anhand der Kombination von Hochwasserereignissen unterschiedlicher Fülle mit verschiedenen Schwebstoffkonzentrationen wurden in Unterlage 05-07 die Sedimentationsmengen bei Einsatz des geplanten Flutpolders prognostiziert.

Dabei spielt im künftigen Flutpolder Oberauer Schleife der Geschiebetransport keine Rolle, da dieser in der Donau sohnah stattfindet und die Wehrschwelle des geplanten Einlaufbauwerks ca. 5 Meter über der Sohle der Donau liegt. Stattdessen werden in den Flutpolder gelöste und feste Stoffe (ca. 80 % Schluff und bis zu 20 % Sand) transportiert und können dort für einige Zeit zurückgehalten werden. Diese gelösten und festen Stoffe setzen sich im Flutpolder ab, je länger die Verweilzeiten sind.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass die Sedimentmengen im Flutpolder bei Extremhochwasserereignissen, wie HQ200 (HW2011) der Donau, im Bereich von 0,25 bis 1,5 kg/m² liegen. **Dies entspricht einer Sedimenthöhe von ca. 0,1 mm auf landwirtschaftlichen Flächen.**

Auch eine Grenzwertbetrachtung mit dem gemessenen Extremwert der Schwebstoffkonzentration von 730 mg/l und einem Extremhochwasserereignis mit großer Fülle, wie HQ200 (HW1988) der Donau ergaben nur geringe Sedimentationsmengen von 2,0 bis 6,5 kg/m. **Dies entspricht einer Sedimenthöhe von ca. 1,0 mm auf landwirtschaftlichen Flächen.**

Es konnte durch die Modellberechnungen gezeigt werden, dass eventuell eingetragene Grobschluffe und Sande fast vollständig unterstrom des Einlaufbauwerks im Absetzbecken sedimentieren. Auf den sonstigen Flächen des Flutpolders sedimentieren hingegen vorwiegend die feinen Schwebstoffe (Fein- und Mittelschluff).

Der Vergleich der Nährstoffparameter der gelösten Schwebstoffe anhand verschiedener Messwerte kam zu dem Ergebnis, dass die Nährstoffparameter zumeist in ähnlicher Größenordnung vorliegen, unabhängig von der Höhe des Abflusses in der Donau oder der Schwebstoffkonzentration.

Bei Vergleich des Nährstoffeintrages über den Luftpfad liegen die in den Flutpolder eingetragenen Nährstoffkonzentrationen für Nitrat um ein Vielfaches höher als der jährliche Eintrag über die Luft. Bei den Nährstoffen Ammonium und Ortho-Phosphat liegen die Werte hingegen bei Einsatz des Flutpol-

ders teils deutlich unter oder auf Höhe der jährlichen Werte, die über den Luftpfad eingetragen werden.

3 Flächenidentifizierung und Ermittlung des Untersuchungsumfangs

Im Betriebsfall werden ca. 500,5 ha überstaut. Die Grünlandflächen der oberen und unteren Schleife werden nicht in die Betrachtung einbezogen, da die Abschätzung der Wertänderungen über die regelmäßige Biotopkartierung erfolgt. Somit sind nur Acker- und Grünlandflächen (BTK 2020) im Polder Oberau und im Polder Sossau West in die Betrachtung miteinzubeziehen. Außerdem werden Flurstücke im Staatsbesitz aus dem Monitoring ausgeschlossen. Es ergibt sich somit ein Flächenumfang für das Bodenmonitoring von insgesamt ca. 127,3 ha (= Ackerfläche: ca. 121,5 ha; Grünlandfläche: ca. 5,8 ha). Es handelt sich um 66 Flurstücke für die ein Entschädigungsanspruch gegenüber dem Vorhabenträger geltend gemacht werden könnte.

3.1 Einteilung nach Flurteilstücken

Den Empfehlungen des Rahmenkonzeptes (LfU 2019) folgend werden Flurstücke zunächst nach Nutzung sowie Bodenart und Humusgehalt in Flurteilstücke unterteilt. Für die überschlägige Bestimmung des Untersuchungsumfanges wird statt der Bodenart und dem Humusgehalt die Einteilung in Bodenformen (1:25.000) zur Verschneidung genutzt.

Flurteilstücke > 5 ha werden noch einmal einer Teilung unterworfen (Tabelle 2). Dies betraf die Flurstücke 5622/724/0 und 5624/2430/1. Sie wurden jeweils in 3 Flurteilstücke unterteilt. Es entstehen somit 142 Flurteilstücke.

Tabelle 2: Anzahl der Teilflächen in Abhängigkeit von der Untersuchungsfläche (LfU 2019)

Größe der Untersuchungsfläche A [ha]	Bildung von Teilflächen [Anzahl (n)]
< 5	1
> 5 bis 10	3
> 10 bis 15	4
> 15 bis 20	5
> 20 bis 30	6
> 30	$n = 1 + \sqrt{A}$

3.2 Einteilung nach Flächenkategorie-Teilflächen

Um den Probenumfang zu verringern, werden die Flurteilstücke entgegen den Empfehlungen des Rahmenkonzeptes (LfU 2019) nicht vollumfänglich beprobt. Stattdessen werden Flächenkategorien (FK) nach Bodenform und Nutzung festgelegt. Innerhalb dieser FK werden anschließend Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) ermittelt, welche sowohl für die Erstbeprobung als auch für Wiederholungsuntersuchungen genutzt werden sollen.

Durch Verschneidung der Flächennutzung mit den Bodenformen der Übersichtsbodenkarte (ÜBK) entstehen so die in Tabelle 3 dargestellten 8 Flächenkategorien (Anlage 01). Aufgrund der groben Auflösung der ÜBK (1: 25.000) werden FK mit einer Fläche < 0,1 ha aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, sodass FK 8 (Grünland auf Bodenform 90a) mit einer Fläche von 530 m² entfällt.

Den Empfehlungen des Rahmenkonzeptes (LfU 2019) folgend werden Flächen > 5 ha in FK-Teilflächen zerlegt. Die Anzahl der FK-Teilflächen hängt dabei von der Größe der Untersuchungsfläche ab (Tabelle 2). Es entstehen somit insgesamt 26 FK-Teilflächen (Tabelle 3). Die Bestimmung der

FK-Teilflächen wird jedoch nur zur Berechnung der Rasterauflösung zur Festlegung der BDF genutzt (Kapitel 3.3). Eine gesonderte Beprobung der FK-Teilflächen ist nicht vorgesehen.

Tabelle 3: Flächenkategorien (FK) nach Bodenform und Nutzung sowie resultierende FK-Teilflächen

Bodenform nach ÜBK25	Nutzung	Größe der Untersuchungsfläche [ha]	FK	FK-Nr.	Anz. FK-Teilfl.
Terrestrische Böden					
19b – Fast ausschließlich Pararendzina aus kiesführendem Carbonatlehm (Flussmergel oder Schwemmsediment über Carbonat-sand-bis –schluffkies (Schotter)	Acker	65,1	Acker auf Bodenform 19b	1	9
	Grünland	5,3	Grünland auf Bodenform 19b	2	3
Übergangsformen zwischen terrestrischen und semiterrestrischen Böden					
64a – Fast ausschließlich Gley-Pararendzina und Pararendzina-Gley aus Schluff bis Lehm (Flussmergel) über Carbonatsandkies (Schotter), gering verbreitet aus Talsediment; meist tiefreichend humos	Acker	39,3	Acker auf Bodenform 64a	3	7
	Grünland	0,5	Grünland auf Bodenform 64a	4	1
Semiterrestrische Böden					
64b – Vorherrschend kalkhaltiger Gley, gering verbreitet kalkhaltiger Humusgley aus Schluff bis Lehm (Flussmergel über Carbonatsandkies)	Acker	10,4	Acker auf Bodenform 64b	5	4
	Grünland	-	-	-	-
89 – Fast ausschließlich kalkhaltige Vega aus Carbonatschluff, gering verbreitet aus Carbonatsand bis –lehm (Auensediment)	Acker	2,8	Acker auf Bodenform 89	6	1
	Grünland	-	-	-	-
90a – Vorherrschend Gley-Kalkpaternia, gering verbreitet kalkhaltiger Auengley aus Auensediment mit weitem Bodenartenspektrum	Acker	3,9	Acker auf Bodenform 90a	7	1
	Grünland	(< 0,1)	Grünland auf Bodenform 90a (entfällt)	(8)	-
Gesamtuntersuchungsfläche / Gesamtanzahl Teilflächen		127,3			26

3.3 Festlegung von Bodendauerbeobachtungsflächen

Zur Festlegung von Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) wird über die Gesamtuntersuchungsfläche ein Quadratraster aufgespannt, dessen Seitenlänge durch die nachfolgende Formel berechnet wird (LfU 2019):

$$S [m] = \sqrt{\frac{\text{Gesamtuntersuchungsfläche}}{\text{Gesamtanzahl Teilflächen}}}$$

Für die Einteilung nach Flurteilstücken wäre daher ein 100 m-Raster zur Abbildung der potenziellen schädlichen Bodenveränderung notwendig, wohingegen für die Einteilung nach FK-Teilflächen ein 220 m-Raster ausreicht.

Der Bezugspunkt (= südwestlichste Ecke des südwestlichen Quadrates) für das Raster ergibt sich aus dem Schnittpunkt einer horizontalen Gerade, die den südlichsten Punkt und einer vertikalen Gerade, die den westlichsten Punkt der Gesamtuntersuchungsfläche tangiert. In jedem Rasterquadrat wird eine Bodendauerbeobachtungsfläche angelegt, wenn der in diesem Quadrat enthaltene Teil der

Gesamtuntersuchungsfläche mehr als 50 % der Quadratfläche ausmacht. Dieses Kriterium wird bei einer Einteilung nach Flurteilstücken von 134 Rasterquadraten erfüllt, bei einer Einteilung nach FK-Teilflächen von 28 Rasterquadraten. Die Anzahl an benötigten Bodenproben kann durch die Einteilung in Flächenkategorien demnach deutlich reduziert werden. Aus diesem Grund werden BDF anhand der Einteilung nach FK-Teilflächen festgelegt.

Um ein repräsentatives Ergebnis zu erzielen sollte sich die Anzahl der BDF (n_{BDF}) pro FK prozentual an der zu repräsentierenden Flächengröße orientieren:

$$n_{\text{BDF}} = \text{Gesamtanzahl BDF} \cdot \frac{\text{Anteil Fläche der FK}}{\text{Gesamtuntersuchungsfläche}}$$

In der Regel dienen die Rastermittelpunkte zur Auswahl der BDF. Sechs der Punkte mussten dazu verlegt werden (Tabelle 4), da nicht alle Rastermittelpunkte innerhalb der zu beprobenden Fläche oder mehrere Punkte auf dem gleichen Flurteilstück lagen. Zudem musste die Anzahl der Punkte pro FK angepasst werden. Außerdem wurde ein Punkt hinzugefügt, um die FK 4 bei der Probenahme zu berücksichtigen. Die Flurteilstücke, die den (teilweise angepassten) Rastermittelpunkten am nächsten liegen, dienen als BDF.

Tabelle 4: Verschiebung von Rasterpunkten

ID	Grund und Art der Verschiebung
1_10	Punkt auf gleichem Flurteilstück wie 1_08; Verschiebung auf nächstgelegenes Flurteilstück 50 m nach Osten
3_01	Punkt außerhalb der Gesamtuntersuchungsfläche; Verschiebung 60 m nach Süden
3_03	Punkt auf gleichem Flurteilstück wie 3_06; Verschiebung auf nächstgelegenes Flurteilstück 10 m nach Norden
3_04	Punkt außerhalb der Gesamtuntersuchungsfläche; Verschiebung 10 m nach Westen
5_01	Punkt von FK 1 auf FK 5 verschoben; Verschiebung 20 m nach Süden
6_01	Punkt von FK 1 auf FK 6 verschoben; Verschiebung 60 m nach Westen

Die Ergebnisse der Sedimentationsbetrachtung (Unterlage 05-07) zeigen eine homogene Verteilung der Sedimente auf den zu untersuchenden Flächen. Allerdings wurde die Sedimentationsbetrachtung ohne Berücksichtigung von Fließhindernissen, wie Vegetation durchgeführt. Es ist jedoch zu erwarten, dass an Standorten mit hoher Einstaudauer eine höhere Sedimentation auftritt. Aus diesem Grund werden 10 zusätzliche Punkte mit erwartbar höherer Belastung ausgewiesen. Die Verteilung der Punkte wurde zufällig generiert und umfasst Standorte mit einer Einstaudauer von mehr als fünf Tagen. Flurteilstücke, die bereits durch eine BDF aufgrund des Rasters belegt sind (s.o.), wurden aus der Auswahl ausgeschlossen.

Die Punkte des Rasters (29) und die Punkte, die über die Einstaudauer ausgewählt wurden (10), bestimmen die zu beprobenden Flurteilstücke (Kapitel 3.1), welche als BDF dienen. Die Lage und Ausdehnung der BDF sind der Anlage 02 zu entnehmen.

Es wird empfohlen für jede BDF ein Datenblatt mit mindestens den folgenden Informationen zu erstellen:

- ID der Bodendauerbeobachtungsfläche
- Bezeichnung der Flächenkategorie bzw. Grund der Auswahl (z.B. Einstaudauer > 5 Tage)
- Betroffenes Flurstück
- GPS Koordinaten der Eckpunkte des Beprobungsmusters (Kapitel 4.1 bzw. Abbildung 1)
- Lageplan des betroffenen Flurstücks mit Umgrenzung des Flurteilstücks welches als BDF fungiert und eingetragenen Eckpunkten des Beprobungsmusters

4 Ablauf der Untersuchung

Probenahme, Analyse und Bewertung sind von Sachverständigen und Untersuchungsstellen im Sinne des §18 BBodSchG und Art. 6 BayBodSchG sowie VSU vorzunehmen.

4.1 Probenahme, Aufbereitung und Lagerung

Nach Fertigstellung der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife muss einmalig der stoffliche Ist-Zustand der Böden auf allen BDF erfasst werden. Auf Basis dieser Erstbeprobung können Vorbelastungen erkannt und dokumentiert werden, die nicht auf den Polderbetrieb zurückzuführen sind (Beweissicherung). Außerdem müssen zur lückenlosen Beweisführung regelmäßig Wiederholungsuntersuchungen durchgeführt werden. Für diese wird, ohne Flutungsereignis, ein Intervall von etwa 10 Jahren empfohlen. Im Falle eines Flutungsereignisses sind alle BDF erneut zu beproben unabhängig vom Abstand zur letzten Beprobung. Die nächsten Beprobungen erfolgen dann erneut alle 10 Jahre ausgehend von besagtem Flutungsereignis.

Jegliche Bodenprobenahme sollte nach Abschluss aller bodennutzenden und bodenbeeinflussenden Arbeiten erfolgen, um zu gewährleisten, dass ausschließlich Änderungen des Bodenzustands durch Bewirtschaftung, ubiquitären Eintrag und/oder möglichen Flutungseinfluss erfasst werden. Die Beprobung ist auf Grünlandflächen unmittelbar nach der letzten Mahd (Herbst) und auf Ackerflächen im Anschluss an die Ernte (Spätsommer/Herbst) durchzuführen. Dieser Zeitpunkt sollte bei Wiederholungsuntersuchungen beibehalten werden.

Nach einer Flutung hat die Bodenprobenahme erst nach Abschluss der Schadensbeseitigung an Wirtschaftswegen, Gräben und sonstigen Anlagen sowie die Beseitigung von Auflandungen, Ausspülungen, Unrat und Treibgut nach § 5 der Flutpoldervereinbarung zu erfolgen.

Für die Beweisaufnahme ist es sinnvoll bei jeder Beprobung eine Fotodokumentation der BDF durchzuführen. Die Bilder sollten dabei immer in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sein. Zudem kann eine Luftbilddokumentation ggf. unter Einsatz einer Drohne zur optischen Identifizierung von Sediment- oder Schadstoffablagerungen unmittelbar nach einer Flutung hilfreich sein.

Bereiche, die eine offensichtliche Schadstoffbelastung oder mächtige Sedimentablagerungen aufweisen, sollten unabhängig von den festgelegten BDF beprobt werden.

Durch den Polderbetrieb wird nur die oberste Bodenschicht durch am Sediment haftende oder direkte Ablagerungen beeinflusst. Eine Beprobung des obersten Bodenhorizontes ist daher ausreichend. Auf Ackerböden erfolgt die Beprobung bis in 30 cm und auf Grünlandflächen bis 10 cm Tiefe.

Die ausgewählten BDF werden nach dem im Rahmenkonzept (LfU 2019) empfohlenen W-förmigen Probenahmemuster bestehend aus 21 Einzeleinstichen beprobt (Abbildung 1). Hierzu wird auf Ackerflächen ein ca. zwei bis fünf Meter breiter Streifen entlang aller Grenzen von der Probenahme ausgeschlossen, um nicht den Bereich des Vorgewendes zu beproben (VDLUFA 1997). Das „W“ sollte zudem quer zur Bearbeitungsrichtung ausgerichtet werden.

Um die Wiederauffindbarkeit der BDF zu gewährleisten, werden die Eckpunkte des „W“ mithilfe eines GPS-Gerätes dezimetergenau eingemessen und mit Magneten in 50 cm Tiefe markiert. Diese sind später mit einem Magnetsuchgerät wieder auffindbar. Zusätzlich ist die Abarbeitung des „W“ bei der Probenahme durch die Trackingfunktion eines auf den Dezimeter genauen GPS zu dokumentieren.



Abbildung 1: Nichtsystematisches Probenahmemuster „W“
(21 Probenahmepunkte; blaue Punkte sind mit Magneten zu markieren)

Die Probenahme erfolgt durch 21 Einzelprobenahmestellen mit geeignetem Probenahmegerät (z.B. Nmin-Bohrer; \varnothing ca. 35 mm). Die Einzelproben werden zu einer Mischprobe vereinigt. Alle Geräte sollten möglichst aus Edelstahl bestehen und müssen zwischen den Probenahmen auf verschiedenen BDF gründlich gereinigt werden, um eine Kontamination der Probe zu vermeiden.

Die Menge des zu entnehmenden Bodens richtet sich nach Anhang 1 Nr. 2.4.1 BBodSchV nach dem Größtkorn entsprechend DIN 18123 (Tabelle 5). Die Praxis hat gezeigt, dass ca. 1 kg lufttrockener Feinboden (Korngröße < 2 mm) für die Analyse ausreichend ist. Die Probenmenge kann daher auch durch Abschätzung des Skelett- (Korngröße > 2 mm) und Wasseranteils im Gelände und Aufschlagen von 1 kg ermittelt werden.

Tabelle 5: Probenmenge in Abhängigkeit vom Größtkorn (DIN 18123)

Geschätztes Größtkorn der Bodenprobe [mm]	Mindestprobenmenge [g]
2	150
5	300
10	700
20	2.000
30	4.000
40	7.000
50	12.000
60	18.000

Die entnommene Mischprobe ist zu homogenisieren und vor der Aufbereitung mittels geeigneter Methoden in zwei repräsentative Aliquote gleicher Größe aufzuteilen. Eines dieser Teilproben wird als Anorganikprobe in einen Polyethylenbeutel abgefüllt, das zweite Aliquot wird erneut auf 2 Teilproben aufgeteilt. Diese werden in je eine (250 ml) Weithals-Braunglasflasche mit Schliffverschluss überführt und dienen als Organik- bzw. Rückstellprobe.

Für die Probenbeschriftung sind geeignete Etiketten zu verwenden und mindestens mit den folgenden Informationen zu beschriften:

- Probenahmeort (ID der BDF; betroffenes Flur(teil)stück)
- Beprobungstiefe (0 - 30 cm bei Acker bzw. 0 – 10 cm bei Grünland)
- Vorgesehene Untersuchung / Schadstoffgruppe (organisch bzw. anorganisch)
- Probenehmer (Name, Vorname, ggf. Firma/Behörde)

- Probenahmedatum (Tag, Monat, Jahr)

Zudem sind in einem Probenprotokoll alle probenrelevanten Informationen festzuhalten (Anhang B, Vorlage aus dem Rahmenkonzept des LfU 2019).

Der Polyethylenbeutel muss möglichst luftdicht verschlossen, vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt und bei Umgebungstemperatur transportiert werden. Die Flaschenproben sollten unmittelbar nach der Bodenprobenahme eingefroren und unter Lichtabschluss ins Analyselabor bzw. zur Lagerung gebracht werden. Dabei ist bei Transport und Lagerung auf die Aufrechterhaltung der Kühlkette zu achten. Bodenproben zur Untersuchung auf Schwermetalle sind in Polyethylen- oder Polypropylen-Behältern bei Raumtemperatur aufzubewahren.

Angaben zur maximalen Dauer der Lagerung sind der DIN ISO 18512 zu entnehmen. Proben, die nicht sofort analysiert werden, sind vor der Einlagerung nach DIN 19747 zu behandeln.

Zur Beweissicherung sind von allen BDF Bodenproben der Erstbeprobung dauerhaft einzulagern. Die Rückstellproben der letzten beiden Wiederholungsuntersuchungen werden ebenfalls eingelagert. Die eingelagerten Proben älterer Wiederholungsuntersuchungen können verworfen werden.

4.2 Analyse

Im Rahmen der Erstbeprobung und der Wiederholungsuntersuchungen müssen die Bodenproben der BDF auf die folgenden Parameter untersucht werden (Qualitätssicherung durch verdeckte Doppelproben):

- pH-Wert
- organischer Kohlenstoff
- Korngrößenverteilung
- Schadstoffe mit Prüf- und Maßnahmenwerten nach Anh. 2 Nr. 2 BBodSchV i. V. §8 Abs. 1 BBodSchG:
 - Arsen
 - Schwermetalle (Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink)
 - Benzo(a)pyren
 - Polychlorierte Biphenyle (PCB₆)
- weitere relevante Schadstoffe (Bewertung nach §4 Abs. 5 BBodSchV)

Die Bodenproben der Erstuntersuchung sowie die ersten zwei von einer Flutung nicht betroffenen Wiederholungsuntersuchungen sind unmittelbar zu analysieren. Im Falle einer Flutung sind die nach dieser Flutung entnommenen und die darauffolgenden zwei Wiederholungsuntersuchungen zu analysieren. Dies dient der Erfassung der natur- und artefaktbestimmten Schwankungen und Abweichungen in den Bodenmesswerten und ist unerlässlich für die Bewertung der betriebsbedingten Auswirkungen der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife.

4.3 Darstellung und Bewertung

Sollte bereits im Rahmen der Erstuntersuchung Prüf- und Maßnahmenwertüberschreitungen festgestellt werden, sind diese nicht auf betriebsbedingte Auswirkungen der Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife zurückzuführen. Bei einer großflächigen Kontamination sind ggf. geogene Ursachen zu prüfen. Es greifen die entsprechenden Regelungen des Bodenschutzrechtes.

Durch Differenzenbildung der Werte vor und nach einer Flutung wird unter Verwendung geeigneter Statistik die Signifikanz der Stoffzunahmen errechnet. Treten keine signifikanten Erhöhungen auf, können keine Entschädigungsansprüche gegenüber dem Vorhabenträger geltend gemacht werden.

Es werden bei jeder Untersuchung alle BDF beprobt und Rückstellproben eingelagert. Die Analyse der Wiederholungsuntersuchung erfolgt jedoch im Falle einer Flutung der Hochwasserrückhaltung gestaffelt, um unnötigen Analyseaufwand zu vermeiden. Dazu werden zunächst alle Proben von BDF mit erwartbar erhöhter Belastung analysiert (10 BDF), die vor und nach der Flutung entnommen wurden (10 BDF). Werden keine signifikanten Stoffzunahmen nachgewiesen, ist keine weitere Analyse notwendig.

Sollten jedoch signifikante Stoffzunahmen nachgewiesen werden, werden auch die vor und nach der Flutung entnommenen Proben der anderen 29 BDF einer Analyse unterzogen.

Die Ergebnisse der BDF stehen repräsentativ für alle Flurteilstücke, die derselben FK angehören. Wird demnach für eine Flächenkategorie eine signifikante Erhöhung festgestellt, können für alle Flurteilstücke dieser FK Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden.

5 Abschließende Hinweise und Empfehlungen

Die relativ grobe Abgrenzung der Bodenformen auf Grundlage der ÜBK25 kann sich im weiteren Planungsverlauf für die Abgrenzung der Flächenkategorien und Flurteilstücke als unzureichend erweisen. Zudem wurde die Sedimentationsbetrachtung ohne Berücksichtigung von Fließhindernissen, wie Vegetation durchgeführt. Im Rahmen des vorliegenden Konzeptes wurde daher die Einstaudauer berücksichtigt. Weiterführende Erkenntnisse zur tatsächlichen Sedimentation können die Ausweisung weiterer BDF notwendig machen. Das vorliegende Konzept bedarf daher unbedingt der Fortschreibung und bildet lediglich die Grundlage für ein praktikables und wirtschaftlich vertretbares Verfahren zur Beweissicherung landwirtschaftlicher Böden.

Zur länderübergreifenden Qualitätssicherung wird die Verwendung des Methoden-Codes des Umweltbundesamtes empfohlen (UBA 2011). Dieser verschlüsselt alle relevanten Informationen zu eingesetzten Methoden von der Probenahme im Gelände über Probenvorbehandlung bis hin zum Untersuchungs- und Bestimmungsverfahren.

6 Literaturverzeichnis

6.1 Rechtliche Grundlagen, Richtlinien und Normen

BayBodSchG - Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bayerisches Bodenschutzgesetz) vom 23. Februar 1999, in der aktuell gültigen Fassung

BBodSchG - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998, in der aktuell gültigen Fassung

BBodSchV - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999, in der aktuell gültigen Fassung

DIN 18123 - Baugrund - Untersuchungen von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung vom November 1996; ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4

DIN 4021 - Baugrund - Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben vom Oktober 1991; ersetzt durch DIN EN ISO 22475-1

- DIN EN ISO 17892-4 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung vom April 2017
- DIN EN ISO 22475-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwasser-messungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung vom Januar 2007
- DIN ISO 10381-1 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung für die Planung von Probenahme-pro-grammen vom August 2003; ersetzt durch DIN ISO 18400-101, DIN ISO 18400-104 und DIN ISO 18400-107
- DIN ISO 10381-2 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren vom August 2003; ersetzt durch DIN ISO 18400-102
- DIN ISO 10381-3 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Sicherheit vom August 2002
- DIN ISO 10381-4 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 4: Anleitung zur Vorgehensweise bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten vom August 2004; ersetzt durch DIN ISO 18400-104 und DIN ISO 18400-202
- DIN ISO 18400-101 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme Teil 101: Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans vom November 2020
- DIN ISO 18400-102 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme Teil 102: Auswahl und Anwendung von Probenahme-techniken vom November 2020
- DIN ISO 18400-104 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme Teil 104: Strategien vom November 2020
- DIN ISO 18400-107 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen vom November 2020
- DIN ISO 18400-202 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 202: Erfassung vom November 2020
- DIN ISO 18400-203 - Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 203: Untersuchungen kontaminationsverdächtiger Flächen vom November 2020
- DIN ISO 18512 - Bodenbeschaffenheit - Anleitung für die Lang- und Kurzzeitlagerung von Bodenproben vom März 2009
- VSU - Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung in Bayern (VSU - Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung) vom 3. Dezember 2001

6.2 Sonstige Literatur

- Ad-hoc-AG Boden 2005 - Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5); 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2005
- AP2020plus - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV): Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus (AP2020plus), München, Juni 2014
- Blume et al. 2010 - Blume, H.-P., G. W. Brümmer, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretschmar, K. Stahr, B.-M. Wilke: Scheffer & Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde; 16. Auflage, neu bearbeitet von Blume et al., Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2010

- Blume et al. 2011 - Blume, H.-P., K. Stahr, P. Leinweber: Bodenkundliches Praktikum – Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler; 3. Auflage, neu bearbeitet; Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2011
- BTK 2020 - Büro Prof. Kagerer: Biotopkartierung, Stand Januar 2020
- Diepenbrock et al. 2012 - Diepenbrock, W., F. Ellmer, J. Léon: Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – UTB Grundwissen Bachelor; 3. Auflage, völlig neu bearbeitet und erweitert, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 2012
- LfU 02/2020 - Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Umweltatlas Bayern
www.umweltatlas.bayern.de (letzter Zugriff: 02/2020)
- LfU 2014b - Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Flutpolderkonzept für die bayerische Donau, 2014
- LfU 2019b - Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Empfehlungen für ein landwirtschaftliches Bodenmonitoring in Flutpoldern – Rahmenkonzept, Dezember 2019
- StMUV et al. 2014 - Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), Bayerischer Bauernverband (BBV): Mustervereinbarung gesteuerte Flutpolder, unveröffentlicht, München, 2014
- UBA 2011 - Umweltbundesamt (UBA): Auswertung der Veränderungen des Bodenzustands für Boden-Dauerbeobachtungsflächen - Teil A: Methoden-Code, UBA-Text 89/2011, Berlin, 2011
- ÜBK25 - Übersichtsbodenkarte von Bayern 1:25.000, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2017
- VDLUFA 1997 - Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Methodenbuch Band I: Die Untersuchung von Böden, Darmstadt, 1997
- Wikipedia 10/2021 - Wikipedia: Hjulström-Diagramm:
https://en.wikipedia.org/wiki/Hjulstr%C3%B6m_curve (letzter Zugriff 10/2021)