

Anna Walter



Potentielle Standorte für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Masterarbeit

**POTENTIELLE STANDORTE FÜR
PUMPSPEICHERWERKE IN NIEDERSACHSEN UND
DEREN ÖKOLOGISCHE VERTRÄGLICHKEIT**

Anna Maria Walter
Leibniz Universität Hannover
Institut für Umweltplanung
Institut für Kartographie und Geoinformatik
Erstbetreuerin: Prof. Dr. Christina von Haaren
Zweitbetreuer: Dipl. Geoinf. Daniel Fitzner

DANKSAGUNG

Hiermit möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Betreuern Prof. Dr. Christina von Haaren und Dipl. Geoinf. Daniel Fitzner für die Betreuung, Beratung und Unterstützung während der Arbeit bedanken.

Mein Dank gilt auch Herrn Schönemeier und dem Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen für ihre Mühe und die Bereitstellung benötigter Daten für die Standortermittlung, sowie Frau Schwarzenberger vom Landkreis Goslar für die Bereitstellung des Landschaftsrahmenplans für die Ökologische Risikoanalyse.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bundesregierung will bis zum Jahr 2050 den durch konventionelle Kraftwerke verursachten Treibhausgasausstoß um bis zu 80 % senken. Dabei soll vor allem der Umstieg auf alternative Energien eine große Rolle spielen. Alternative Energien können allerdings nicht abhängig vom Verbrauch erzeugt werden. Daher ist eine Energiespeicherung in Zeiten des Überflusses notwendig, um die Energiesicherheit während Spitzenlasten zu gewährleisten. Auch Netzschwankungen können mithilfe von Energiespeichern ausgeglichen werden. Eine Dezentralisierung von Stromspeichern ist in diesem Zuge genauso bedeutsam, wie die Dezentralisierung der Stromerzeugung, um Verluste aufgrund von weiten Übertragungen zu minimieren.

Die im Augenblick effektivsten Stromspeicher stellen Pumpspeicherwerke dar. Einfach ausgedrückt, nutzen Pumpspeicherwerke Stromüberschüsse, um Pumpen zu betreiben, welche Wasser von einem tiefer gelegenen Speicherbecken in ein höher gelegenes pumpen und dadurch die elektrische Energie in potentielle Energie umwandeln. Die potentielle Energie in Form von Wasser kann anschließend gespeichert werden. Bei Energiedefizit kann die gespeicherte Energie durch ablassen des Wassers und mit Hilfe von Turbinen wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Studien zeigen, dass Energiespeicher in Form von Pumpspeicherwerken ab 50 MW wirtschaftlich rentabel sind. Die Leistung ergibt sich dabei aus der Leistung der Pumpen und Turbinen sowie aus dem verfügbaren Wasservolumen und der Fallhöhe.

Anlässlich der Notwendigkeit von Energiespeichern und des Potentials von Pumpspeicherwerken befasst sich die Arbeit mit der Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk. Hinsichtlich der Dezentralisierung von Energiespeichern findet die Standortermittlung für Niedersachsen statt, da im gesamten Bundesland bis zum heutigen Zeitpunkt nur ein Pumpspeicherwerk vorhanden ist.

Aufgrund der Funktionsweise von Pumpspeicherwerken, welche zwei Speicherbecken auf unterschiedlichen Höhenniveaus bedingt, können Pumpspeicherwerke nicht überall installiert werden; gewisse Geländebedingungen müssen erfüllt werden. Diese Geländebedingungen sind abhängig von der Leistung, die installiert werden soll.

Für die Definition der Anforderungen an die Geländeanalyse und die Ermittlung eines potentiellen Pumpspeicherwerkstandortes mit einer Leistung von über 50 MW (und somit wirtschaftlich rentabel) wurden die Daten und Anforderungen des neuesten (in Planung befindlichen) Pumpspeicherwerks mit einer Leistung von mindestens 50 MW verwendet. Dabei handelt es sich um das Pumpspeicherwerk Blautal. Das Pumpspeicherwerk Blautal weist eine Fallhöhe von knapp 170m und ein Speichervolumen von 1,3 Mio. Liter auf.

Die Geländeanalyse, durchgeführt mit Hilfe von ArcGIS ergibt, dass mehr als 500.000 ha für den Bau von Pumpspeicherwerken (mit den genannten Anforderungen) in Niedersachsen in Frage kommen, wobei naturschutzrechtlich streng geschützte Gebiete bereits aus der Analyse ausgeschlossen wurden.

Ein im Zuge der Analyse entwickeltes Tool soll helfen, künftig Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken schneller zu ermitteln. Tendenziell zeigt das Ergebnis des Flächenscreenings, dass der Bau von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen durchaus möglich ist. Auf Grundlage der potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken wurde anschließend ein Standort für ein potentielles Pumpspeicherwerk, das heißt für Ober- und Unterbecken ermittelt, wobei weitere Anforderungen, wie zum Beispiel der Baugrund, berücksichtigt wurden. Der identifizierte Standort befindet sich im Landkreis Goslar in dem gemeindefreien Gebiet „Harz“ und grenzt an die Gemeinden Langelsheim und Hahausen. Das Oberbecken liegt 1,5 km bis 2 km westlich von Langelsheim, das Unterbecken 2,5 km östlich von Hahausen. Die beiden künstlich angelegten Speicherbecken haben dabei einen Flächenverbrauch von jeweils 17,4 ha und die unterirdischen Triebwasserwege verlaufen über eine Länge von 4,32 km.

Für den Standort wurde anschließend eine Ökologische Risikoanalyse durchgeführt, um die ökologische Verträglichkeit des Pumpspeicherwerks an dem ermittelten Standort zu analysieren. Dabei wurden die von Pumpspeicherwerken ausgehenden Beeinträchtigungen ermittelt und ihre Intensität mit Hilfe einer dreistufigen Ordinalskala bewertet. Anschließend wurden die Empfindlichkeiten der betroffenen Schutzgüter (nach §2 Abs. 1 Satz 2 UVPG) untersucht und ebenfalls anhand einer dreistufigen Skala bewertet. Durch die Aggregation von Empfindlichkeit und Intensität entstand so das ökologische Risiko für die Schutzgüter. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem durch die Speicherbecken mit enormen Auswirkungen zu rechnen ist. Der Flächenverbrauch von insgesamt 34,8 ha führt zu einem beträchtlichen Lebensraumverlust, zu visuellen Störungen, zu Bodenverdichtungen und großflächigen Versiegelungen und zu Zerschneidungen. Vor allem der Flächenverlust wirkt sich stark auf die einzelnen Schutzgüter aus. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass die unterirdischen Triebwasserwege lediglich zu geringen Auswirkungen führen und primär auf die Schutzgüter Wasser und Boden wirken.

Letztendlich haben die Analysen ergeben, dass das Ausbaupotential von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen noch lange nicht verbraucht ist. Sie verdeutlichen allerdings auch mit welchen Auswirkungen auf Natur und Landschaft durch den Bau eines Pumpspeicherwerks zu rechnen ist. Ziel sollte es daher sein, neue Pumpspeicherwerke möglichst ökologisch verträglich zu gestalten, um so einen wichtigen Beitrag zur Energiewende zu leisten ohne dabei Natur und Landschaft zu stark zu beeinträchtigen.

ABSTRACT

The German Government decided to reduce the greenhouse gas emission caused by conventional power stations by 80% until 2050. In particular renewable energies are supposed to take over the energy supply. Nevertheless renewable energies can't be produced depending on the current energy consumption. Therefore, storing energy during periods of abundance is necessary to ensure energy supply during peak load. In this context the decentralization of energy storage systems is as important as the decentralization of energy production plants, to minimize energy loss due to long transmits.

The most effective storage systems are pumped-storage power plants. Pumped-storage power plants use energy surplus to operate pumps. Those pumps pump water from a low situated storage basin in a higher situated storage basin. Thus the electrical energy will be converted into potential energy, which can be stored. During energy deficit the water can be drained back into the lower basin while turbines convert the potential energy back to electrical energy. Studies indicate that pumped-storage systems with an installed power of at least 50 MW are economically profitable. Thereby the power depends on the efficiency of the pumps and turbines as well as on the net head and the water volume.

Concerning the necessity to store energy and due to the potential of pumped-storage power plants, the aim of this thesis is to find suitable locations to build pumped-storage power plants in Lower Saxony, Germany. At the present moment only one pumped-storage power plant is installed in Lower Saxony, so another location will help to decentralize the power storage of Germany.

The functioning defines the site requirements. With regard to the two needed basins on different altitudes the storage system can't be build anywhere; certain topographical requirements must be met. Those topographical requirements depend on the energy power that shall be installed. To find a suitable and economically profitable location the values of the newest (in planning process) pumped-storage power plant with an installed power over 50 MW were used. The pumped-storage power plant "Blautal" is the smallest that fulfills the requirements of an installed power over 50 MW. It has a net head of about 170 m and a water volume of 1.3 Mio liters.

The ArcGIS based analyzes show, that more than 500.000 ha can be used to build pumped-storage power plants in Lower Saxony, while fulfilling the set requirements. Thereby areas with strict nature protection status were already left out. A developed Tool shall help to determine potential locations faster. In general the study shows, that there is a high potential to build pumped-storage power plants in Lower Saxony.

Based on the potential areas detected in the first step of the analysis, a potential site for a specific pumped-storage power system was identified. The identified pumped-storage power system is located in the district "Goslar". The lower basin lies 1.5 km – 2 km east of Hahausen and Neuebrug, while the upper basin is located 2,5 km west of Langelsheim. Both of the water basins demand an area of 17,4 ha, while the underground waterways have a length of 4.6 km.

An ecological risk analysis was performed for the potential site to analyze the ecological compatibility. Thereby the intensity of the impacts caused by the pumped-storage power plant was

evaluated. In a second step the sensitivity of the objects of protection (§2 (3) sentence 2 UVPG) was analyzed and evaluated. By aggregating the intensity and the sensitivity the ecological risk was calculated.

The results of the ecological risk analysis indicate, that enormous impacts have to be expected, mostly due to the water basins. The land consumption of 34.8 ha leads to loss of surface area for Flora and Fauna, to visual disturbance, to soil compaction and extensive sealing and to landscape fragmentation. Especially the loss of surface area has a strong impact on the objects of protection. Nevertheless the results also show, that the underground waterways only lead to small impacts and affect mainly the objects of protection “soil” and “water”.

The analysis highlight, that there’s still much potential to build pumped-storage power plants in Lower Saxony, but they also highlight with what kind of impacts nature and landscape are confronted with. Therefore the object should be, to build new pumped-storage system ecologically sustainable, to make an important contribution to energy transition without damaging nature and landscape.

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.1.1 Bedeutung und Potential von Pumpspeicherwerken	2
1.1.2 Grundlagen von Pumpspeicherwerken	6
1.1.2.1 Funktionsweise und wesentliche Komponente von Pumpspeicherwerken	7
1.1.2.2 Maschinensätze	8
1.1.2.3 Standortanforderungen	8
1.1.2.4 Bauweise von Pumpspeicherwerken	9
1.1.3 Umweltauswirkungen von Pumpspeicherwerken.....	10
1.1.3.1 Wirkfaktoren	11
1.1.3.2 Auswirkungen	11
1.1.4 Dezentralisierung von Stromspeichern	17
1.2 Zielsetzung und Untersuchungsfragen.....	18
2 METHODIK.....	20
2.1 ArcGIS basierte Standortermittlung für Pumpspeicherwerke	20
2.1.1 Datengrundlage.....	21
2.1.2 Potentielle Flächen für den Bau von Speicherbecken in Niedersachsen	22
2.1.2.1 Anforderungen an die Landschaft.....	22
2.1.2.2 Potentielles Untersuchungsgebiets für die Flächenanalyse	23
2.1.2.3 Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken	23
2.1.2.4 Potentielle Speicherbeckenstandorte für Ober- und Unterbecken.....	24
2.1.2.5 Automatisierung der Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte durch ArcGIS Model Builder	25
2.1.3 Potentielle Pumpspeicherwerkstandorte in Niedersachsen.....	28
2.1.3.1 Anforderungen an den Standort	28
2.1.3.2 Ermittlung eines Speicherbeckenstandortes	28
2.1.3.3 Ermittlung der Flächen für ein Speicherbeckenpendant.....	28
2.1.3.4 Automatisierung der Ermittlung der Flächen für ein Speicherbeckenpendant	29
2.1.3.5 Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Pumpspeicherwerk	30
2.2 Ökologische Risikoanalyse	32
2.2.1 Datengrundlage.....	33
2.2.2. Vorhabensbeschreibung.....	34
2.2.3 Beeinträchtigungsintensität durch das Vorhaben.....	35
2.2.4 Beeinträchtigungsempfindlichkeit der Schutzgüter.....	35
2.2.5 Das ökologische Risiko.....	36
2.2.6 Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen	37
3 ERGEBNISSE DER STANDORTERMITTLUNG	39
3.1 Anforderungen an die Landschaft.....	39
3.1.1 Ausschlusskriterien.....	39
3.1.2 Geländeanforderungen	41
3.2 Potentielles Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse	42
3.6 Potentieller Standort eines Pumpspeicherwerks in Niedersachsen.....	51
4 ERGEBNISSE DER ÖKOLOGISCHEN RISIKOANALYSE.....	54
4.1 Vorhabensbeschreibung.....	54
4.2 Beeinträchtigungsintensität.....	57

4.3 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit	59
4.3.1 Erfassungskriterien	59
4.3.2 Ist-Zustand	59
4.3.2 Empfindlichkeit des Schutzgutes	60
4.3.3 Ökologisches Risiko	61
4.4 Schutzgut Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt	68
4.4.1 Erfassungskriterien	68
4.4.2 Ist-Zustand	69
4.4.3 Empfindlichkeit des Schutzguts	69
4.4.4 Ökologisches Risiko	70
4.5 Schutzgut Boden	78
4.5.1 Erfassungskriterien	78
4.5.2 Ist-Zustand	78
4.5.3 Empfindlichkeit des Schutzguts	79
4.5.4 Ökologisches Risiko	80
4.6 Schutzgut Wasser	85
4.6.1 Erfassungskriterien	85
4.6.2 Ist-Zustand	86
4.6.3 Empfindlichkeit des Schutzgutes	86
4.6.4 Ökologisches Risiko	87
4.7 Schutzgut Klima/Luft	95
4.7.1 Erfassungskriterien	95
4.7.2 Ist-Zustand	95
4.7.3 Empfindlichkeit des Schutzguts	96
4.7.4 Ökologisches Risiko	97
4.8 Schutzgut Landschaft und landschaftsgebundene Erholung	104
4.8.1 Erfassungskriterien	104
4.8.2 Ist-Zustand	105
5.5.3 Empfindlichkeit des Schutzgutes	105
5.5.4 Ökologisches Risiko	107
4.9 Schutzgut Kultur- und sonstige Sachgüter	114
4.9.1 Erfassungskriterien	114
4.9.2 Ist-Zustand	114
4.10 Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen	115
5 DISKUSSION	117
5.1 Potential zum Bau von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen	117
5.2 Ökologische Verträglichkeit von Pumpspeicherwerken	118
5.3 Methodenkritik	119
5.3.1 Standortermittlung	119
5.3.2 Ökologische Risikoanalyse	120
5.4 Ausblick	122
6 QUELLEN	123

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Funktionsprinzip eines Pumpspeicherwerks (BR 2014: www)	2
Abbildung 2: Darstellung des Lastgangs einer Woche mit und ohne Pumpspeicherwerke bei 80% EE (MOSER 2012: www).....	5
Abbildung 3: Arten von Energiespeichern (BAUER et al. 2012: 3).....	6
Abbildung 4: Prinzipskizze der Funktionsweise eines Pumpspeicherwerks (BAUER et al. 2012: 9).....	7
Abbildung 5: Analyseschritte zur Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte.....	20
Abbildung 6: Analyseschritte zur Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Pumpspeicherwerk	21
Abbildung 7: Zu definierende Geländeansforderungen.....	23
Abbildung 8: Funktionsprinzip der Tools "Focal Statistic" - Range	24
Abbildung 9: Funktionsweise des Tools "Focal Statistic" - Minimum/Maximum	24
Abbildung 10: Berechnung der Mindesthöhe und Maximalhöhe	25
Abbildung 11: Model zur Ermittlung potentieller Flächen für Speicherbecken	27
Abbildung 12: Selektionsprinzip für die Ermittlung potentieller Flächen für den Bau eines Speicherbeckens	29
Abbildung 13: Model zur Ermittlung dazugehöriger Flächen für den Bau des zweiten Speicherbeckens	31
Abbildung 14: DPSIR-Modell.....	32
Abbildung 15: Naturräumliche Regionen in Niedersachsen (VON DRACHENFELS 2010: 250).....	56
Abbildung 16: Empfindlichkeit „Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“	62
Abbildung 17: Empfindlichkeit „Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterung“ und „Staub- und Schadstoffeintrag“	63
Abbildung 18: Empfindlichkeit "Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung" gegenüber der Beeinträchtigung "Lärm- und Lichtemission"	64
Abbildung 19: Empfindlichkeit "Radwege" gegenüber den Beeinträchtigungen "Erschütterung" und "Staub- und Schadstoffemission"	65
Abbildung 20: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“	66
Abbildung 21: Empfindlichkeit „forstwirtschaftliche Nutzung“ gegenüber der Beeinträchtigung „Flächenverlust“	67
Abbildung 22: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“	71
Abbildung 23: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffeintrag“	72
Abbildung 24: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“	73
Abbildung 25: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenentzug“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“	74
Abbildung 26: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Versiegelung/Bodenverdichtung“	75
Abbildung 27: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“	76
Abbildung 28: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“	77

Abbildung 29: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“	81
Abbildung 30: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“	82
Abbildung 31: Empfindlichkeit "Boden" gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“	83
Abbildung 32: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffeintrag“	84
Abbildung 33: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“	88
Abbildung 34: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“	89
Abbildung 35: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ ..	90
Abbildung 36: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“	91
Abbildung 37: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“	92
Abbildung 38: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“	93
Abbildung 39: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung "Staub- und Schadstoffemission"	94
Abbildung 40: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“	98
Abbildung 41: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“	99
Abbildung 42: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“	100
Abbildung 43: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“	101
Abbildung 44: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“	102
Abbildung 45: Empfindlichkeit der „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“	103
Abbildung 46: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenentzug“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“	108
Abbildung 47: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterung“ und „Staub- und Schadstoffemission“	109
Abbildung 48: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“	110
Abbildung 49: Empfindlichkeit „Landschaftsbild“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“	111
Abbildung 50: Empfindlichkeit "Ruhe" gegenüber der Beeinträchtigung "Lärm- und Lichtemission"	112
Abbildung 51: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Erschütterung“	113

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Umweltauswirkungen von Pumpspeicherwerken auf die Schutzgüter	12
Tabelle 2: Ziele und Vorgehensweise zum Erreichen der Ziele.....	19
Tabelle 3: Verwendete Daten zur Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk	21
Tabelle 4: Verwendete Daten zur Ermittlung des Ökologischen Risikos durch Pumpspeicherwerke ..	33
Tabelle 5: Erläuterungen zu den Beeinträchtigungsintensitätsklassen.....	35
Tabelle 6: Erläuterungen zu den Empfindlichkeitsklassen (nach SCHOLLES 2008: 476)	36
Tabelle 7: Aggregation von Beeinträchtigungsempfindlichkeit und Beeinträchtigungsintensität/Präferenzmatrix	36
Tabelle 8: Erläuterungen der Risikoklassen (nach SCHOLLES: 478).....	37
Tabelle 9: Definierte Geländeansforderungen für die Flächenanalyse	41
Tabelle 10: Ausschlussflächen und das Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse	42
Tabelle 11: Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken	47
Tabelle 12: Standortansforderungen für den Bau von Pumpspeicherwerken	49
Tabelle 13: Intensität der zu erwartenden Beeinträchtigungen	57
Tabelle 14: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit“	59
Tabelle 15: Empfindlichkeit des Schutzguts „Mensch und menschliche Gesundheit“ gegenüber den Beeinträchtigungen.....	60
Tabelle 16: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	62
Tabelle 17: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	63
Tabelle 18: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	64
Tabelle 19: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	65
Tabelle 20: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	66
Tabelle 21: Empfindlichkeit „Nutzung (forstwirtschaftlich)“ gegenüber der Beeinträchtigung „Flächenverlust“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	67
Tabelle 22: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt“	68
Tabelle 23: Empfindlichkeit des Schutzguts „Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt“ gegenüber den Beeinträchtigungen.....	69
Tabelle 24: : Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	71
Tabelle 25: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	72
Tabelle 26: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	73
Tabelle 27: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	74

Tabelle 28: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Versiegelung/Bodenverdichtung“, und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	75
Tabelle 29: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	76
Tabelle 30: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	77
Tabelle 31: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Boden“	78
Tabelle 32: Empfindlichkeiten des Schutzguts „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen	79
Tabelle 33: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	81
Tabelle 34: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	82
Tabelle 35: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	83
Tabelle 36: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	84
Tabelle 37: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Wasser“	85
Tabelle 38: Empfindlichkeiten des Schutzguts „Wasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen"	86
Tabelle 39: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	88
Tabelle 40: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	89
Tabelle 41: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	90
Tabelle 42: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	91
Tabelle 43: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	92
Tabelle 44: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	93
Tabelle 45: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	94
Tabelle 46: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Klima/Luft“	95
Tabelle 47: Empfindlichkeiten des Schutzguts "Klima/Luft" gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen	96
Tabelle 48: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	98
Tabelle 49: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	99
Tabelle 50: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	100
Tabelle 51: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	101
Tabelle 52: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	102

Tabelle 53: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	103
Tabelle 54: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Landschaft und landschaftsgebundene Erholung“	104
Tabelle 55: Empfindlichkeit des Schutzguts „Landschaft und landschaftsgebundene Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen	106
Tabelle 56: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	108
Tabelle 57: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	109
Tabelle 58: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	110
Tabelle 59: Empfindlichkeit „Landschaftsbild“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	111
Tabelle 60: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko.....	112
Tabelle 61: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Erschütterung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko	113
Tabelle 62: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Kultur- und sonstige Sachgüter“.....	114
Tabelle 63: Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen	116

KARTEN

Karte 1: Ausschlussgebiete	43
Karte 2: Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse	44
Karte 3: Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken	46
Karte 4: Potentielle Standorte für den Bau von Speicherbecken.....	48
Karte 5: Anforderungen an den Standort.....	50
Karte 6: Potentieller Standort eines Pumpspeicherwerks in Niedersachsen	52
Karte 7: Gefälle und Höhenmodell des potentiellen Standortes.....	53
Karte 8: Das geplante Vorhaben - Neubau eines Pumpspeicherwerks	55

DIAGRAMME

Diagramm 1: Entwicklung von Pumpspeicherwerken in Deutschland (eigene Darstellung nach BAUER et al. 2012: 13).....	3
Diagramm 2: Energieverlust eines Pumpspeicherwerks (eigene Darstellung nach GLOOR 2010: www)3	3

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Durch die von der deutschen Bundesregierung im Sommer 2011 eingeleitete Energiewende und der Vorstellung des Konzepts „Energielandschaft 2050“ wird sich die Art der Energieversorgung Deutschlands in den kommenden Jahren erheblich verändern (BÜTING 2012: 12). Das Energiekonzept „Energielandschaft 2050“ steht „für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ für ganz Deutschland (BUNDESREGIERUNG 2010b: www). Ziel des Energiekonzepts ist es unter anderem die Treibhausgasemission durch Kraftwerke stufenweise bis 2050 um bis zu 80% zu senken (ebd.). Dabei sollen vor allem erneuerbare Energien (EE) in Form von Solar- und Windkraft eine tragende Rolle spielen (BUNDESREGIERUNG 2010a: www).

Die Stromerzeugung durch Windkraftanlagen und Solarpanels ist jedoch wetter- und tageszeitenabhängig (ENBW ENERGIE 2015: www). Windenergie kann erst ab einer bestimmten Windstärke erzeugt werden und Solarpanels speisen nur tagsüber und abhängig von der Intensität der Sonnenstrahlung Energie in das Stromnetz (ebd.). Abhängig von den Tageszeiten schwankt auch die benötigte Energie Deutschlands (MOSER 2012: www). So ist vor allem tagsüber der Energiebedarf höher als nachts (ebd.). Grundsätzlich überschreitet die Energieeinspeisung durch EE entweder den aktuellen Energiebedarf oder reicht zur Deckung nicht aus. Die Einspeisung trifft nur zufällig die aktuelle benötigte Leistung; die Energie wird unabhängig vom Bedarf erzeugt (VANNEMANN 2012: 343).

Eine große Herausforderung stellt daher die Gewährleistung der Versorgungssicherheit auch in Zeiten geringer Energieerzeugung oder während Spitzenlasten dar (MOSER 2012: www). Bis dato werden die Spitzenlasten mithilfe von fossilen Brennstoffen ausgeglichen, was langfristig allerdings nicht mit den Zielen der Bundesregierung, der Senkung der Treibhausgasemission vereinbar ist (ebd.). Eine Möglichkeit die Versorgungssicherheit zu gewährleisten ist die Energiespeicherung von EE in Zeiten des Überflusses (AUFLEGER et al. 2013: 373). Doch nicht nur aufgrund dessen gewinnt die Speicherung elektrischer Energie zunehmend an Bedeutung (ebd.).

Die zunehmende europaweite volatile Stromeinspeisung in die Netze führt zu einem hohen Regelungsbedarf, der durch Speicherausbau oder den Ausbau von schnell regelbaren Kraftwerken bewerkstelligt werden muss (ebd.). Durch den Ausbau EE werden die Schwankungen zwischen Energieüberschuss und –defizit weiter steigen und der Ausgleich zwischen den Hochs- und Tiefs zu einem immer größeren Balanceakt (POPP 2010: 67). Stromspeicher werden daher nicht nur zur Speicherung bei Energieüberschuss durch EE benötigt sondern auch als Puffersysteme zur Regelung von Stromeinspeisung (ANDERER 2011: 40). Vor allem durch den Ausbau von Windenergieanlagen und der Annahme, dass auch bei Starkwind die Energiespitzen ins Netz eingespeist werden, kann davon ausgegangen werden, dass konventionelle thermische Kraftwerke in sehr kurzer Zeit auf Null

herunter gefahren werden müssen und bei Windstille wieder zu voller Kraft hochgefahren werden müssen, um die Einspeisung in das Netz zu regulieren (POPP 2010: 67). Das Hoch- und Herunterfahren von Kraftwerken ist sehr zeitaufwändig und konventionelle thermische Kraftwerke können nicht kurzfristig vom Netz genommen werden, sodass sie für die Regulierung der Stromlasten kaum geeignet sind (ebd.).

Energieüberschüsse, welche durch EE entstehen, müssten daher abgeregelt werden wodurch das volle Potential der EE nicht ausgeschöpft werden würde. Das wiederum würde zu einem wirtschaftlichen Nachteil führen (PÜRER 2012: 350). Daher ist eine Speicherung der erzeugten Energie in Zeiten des Überflusses unabdingbar, um das volle Potenzial EE nutzen zu können und auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll handeln zu können (ebd.). Als solche Stromspeicher eignen sich vor allem Batterien (z.B. Lithium-Ionen-Batterien), Pumpspeicher, Druckluftspeicher sowie die Umwandlung in Brenngase (z.B. Wasserstoff) (VANNEMANN 2012: 345).

Obwohl der Ausbau der Energiegewinnung durch Wasserkraft in den kommenden Jahren laut Bundesregierung nur eine untergeordnete Rolle spielen wird, birgt die Wasserkraft dennoch ein sehr großes Potential als Energiespeicher, denn

„Speicherwasserkraftanlagen stellen heute die größten Speichersysteme dar“ (ANDERER 2011: 40) und können einen hohen Beitrag zur Regulierung des Stromnetzes leisten (BÜTING 2012: 12; MOSER 2012: www).

Vor allem Speicherwasserkraftanlagen in Form von Pumpspeicherwerken (PSW) (siehe Abb. 1) können einen hohen Beitrag zur Energiespeicherung sowie zur Regulierung des Stromnetzes leisten (MOSER 2012: www).

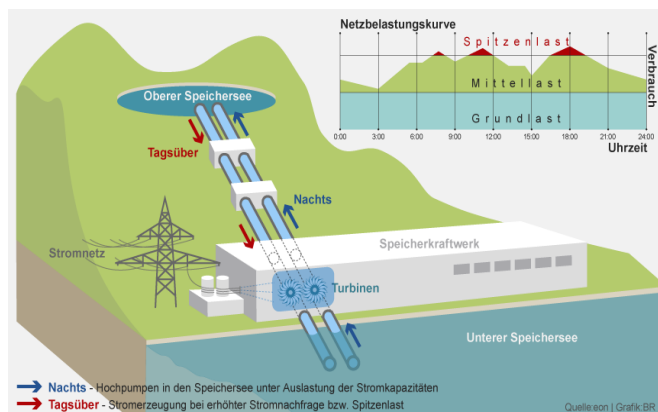


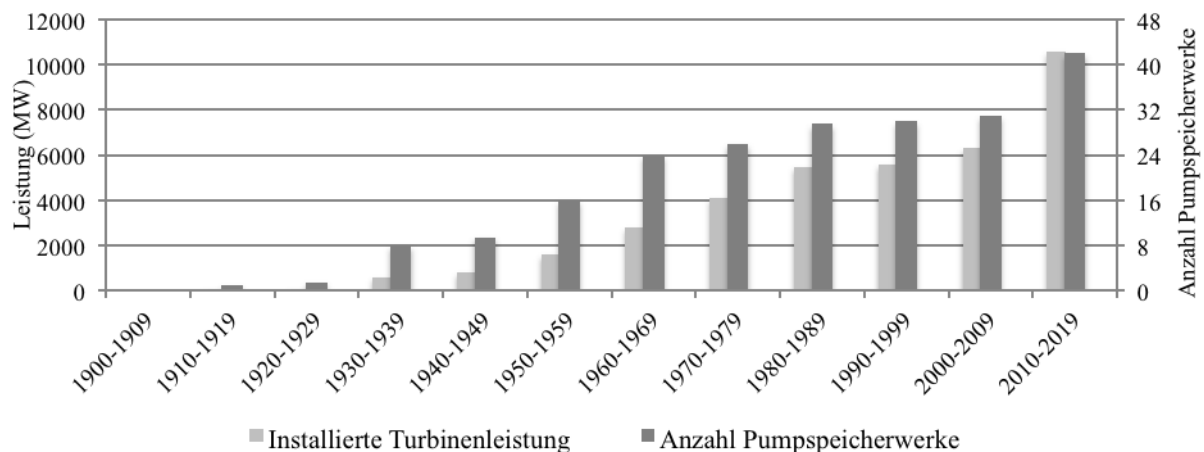
Abbildung 1: Funktionsprinzip eines Pumpspeicherwerks (BR 2014: www)

1.1.1 Bedeutung und Potential von Pumpspeicherwerken

Während die ersten PSW vor allem in den fünfziger, sechziger und siebziger Jahren gebaut wurden, kommt es aufgrund der vielen Vorzüge von PSW in Verbindung mit der Energiewende „seit rund zehn Jahren zu einer neuerlichen Renaissance der Errichtung von Pumpspeicherkraftwerken (...)“ (PÜRER 2012: 349). Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und den damit verbundenen Stromspeicherbedarf wird sich die Anzahl an PSW, sowie die installierte Turbinenleistung voraussichtlich stark erhöhen (siehe Diagramm 1) (BAUER et al. 2012: 13). Zu den aktuell ca. 30 existierenden PSW in Deutschland, mit einer Gesamtleistung von 7 GW, kommt es neben der Optimierung und Vergrößerung einzelner auch zur Planung von mehr als 20 neuen PSW (MOSER 2012: www; PÜRER 2012: 349; TRIANEL GMBH 2015: www). Auch die vermehrten Potentialstudien

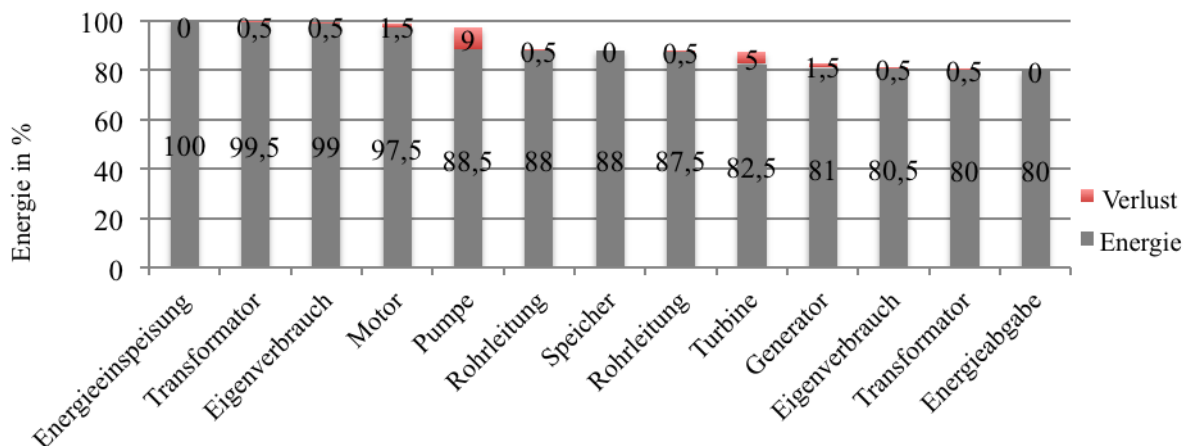
zur Ermittlung potentieller Standorte einzelner Bundesländer zeigen, dass PSW eine wieder größer werdende Rolle spielen. Die meisten der existierenden und der in Planung befindlichen PSW befinden sich im Schwarzwald sowie in Bayern (TRIANEL GMBH 2015: www). Weltweit sind mehr als 110 GW Leistung in Form von PSW installiert (DÖTSCH et al. 2009: www).

Diagramm 1: Entwicklung von Pumpspeicherwerken in Deutschland (eigene Darstellung nach BAUER et al. 2012: 13)



Wie bereits erwähnt gibt es viele Vorteile und Gründe, die für einen Bau von Pumpspeicherwerken sprechen. Das größte Potential birgt dabei die Stromspeicherung. PSW können überschüssige Energie aufnehmen und speichern und dadurch das Abregeln von Erneuerbaren Energien (EE) vermeiden (BAUER et al. 2012: 2ff). Gerade als Stromspeicher zeigen sie einen enormen Wirkungsgrad (VANNEMANN 2012: 346). Auch nach längeren Speicherperioden können 75 % - 80 % der Energie zurück ins Netz gespeist werden (ebd.). Einen höheren Wirkungsgrad weisen nur Lithium-Ionen-Batterien (Kurzzeitspeicher) auf. Der Energieverlust welcher bei ca. 20 % liegt, entsteht vor allem durch das Betreiben der elektrischen Anlagen, das heißt beim Lade- und Entladevorgang des Oberbeckens (siehe Diagramm 2; GLOOR 2010: www).

Diagramm 2: Energieverlust eines Pumpspeicherwerks (eigene Darstellung nach GLOOR 2010: www)



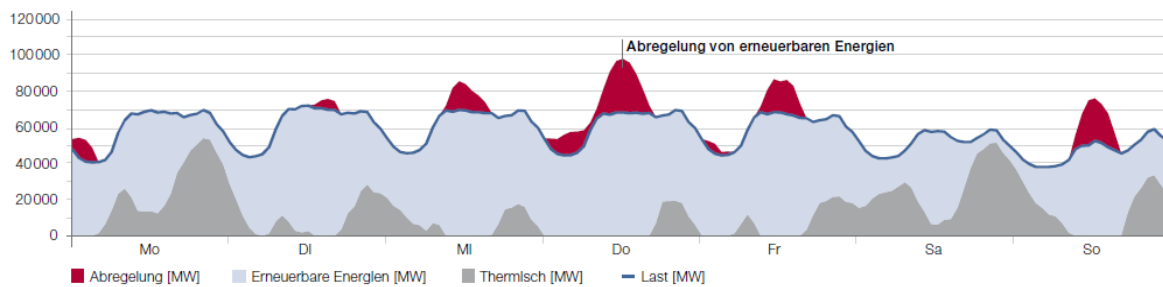
Doch PSW können nicht nur als Energiespeicher dienen; sie sind auch sehr flexibel und reaktionsstark, was sie befähigt Energieschwankungen im Stromnetz schnell und effektiv auszugleichen (VANNEMANN 2012: 342). Sie können innerhalb von fünf Minuten vom Stillstand bis zum Höhepunkt der Leistungsabgabe bzw. –aufnahme angefahren werden (ebd.). Nach Angaben der Anlagenbetreiber sind sogar Wechselschaltungen zwischen Pump- und Turbinenbetrieb von unter 60 Sekunden möglich (siehe Kap. 1.1.2.1) (BAUER et al. 2012: 12). Durch das schnelle Umschalten können Pumpspeicherwerke auf fast fünf Betriebswechsel pro Tag kommen. Dadurch leisten sie schon jetzt einen hohen Beitrag zur Spannungshaltung (ebd.).

Die folgende Studie von „Voith Engineered Reliability“ soll das Potential von PSW in Blick auf Stromspeicher und Puffersystem veranschaulichen und verdeutlichen, welchen Beitrag PSW zur Energiewende leisten können. Die Studie zeigt die Wirkung bei einem Einsatz von PSW bei einem Anteil von 80 % (Netzentwicklungsplan Deutschland) erneuerbarer Energien im Stromnetz (siehe Annahmen zur Studie) (MOSER 2012: www). Zugleich gibt die Studie einen Überblick über die Unterschiede zwischen dem realisierten Netzentwicklungsplan Deutschlands ohne PSW, sowie der Realisierung in Verbindung mit PSW (vgl. MOSER 2012: www).

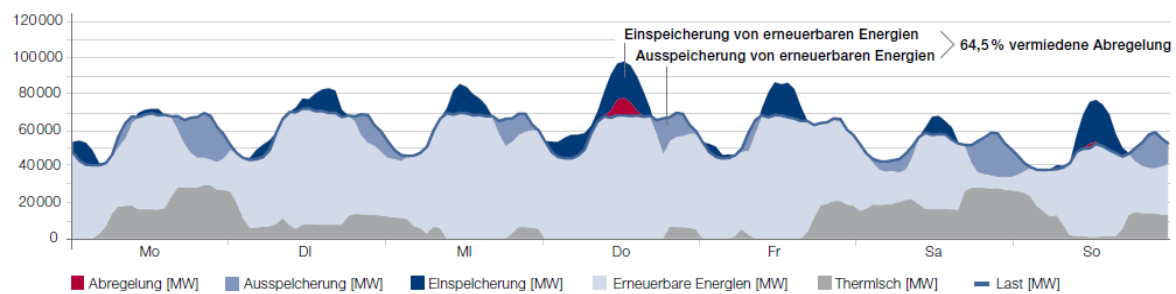
Abbildung 2 zeigt den Lastgang einer Woche in Deutschland ohne PSW (Abb. 2: oben) und mit PSW (Abb. 2: unten). Der obere Teil der Grafik zeigt, wie viel MW in einer Woche abgeregelt werden müssten und dadurch verloren gehen würden. Zudem wird dargestellt, welche Schwankungen thermische Kraftwerke ausgleichen müssten und wie stark sie hoch- und herunter reguliert werden müssten. Berechnungen zeigen, dass selbst das Abschalten der fossilen Stromerzeugung die Erzeugungsüberschüsse zu manchen Zeiten nicht ausgleichen könnte. Der untere Teil macht die Veränderungen und Vorteile durch PSW deutlich. Überschüssige Energie kann eingespeichert werden und dadurch die Abregelung von Wind- und Photovoltaikanlagen um bis zu 64,5 % vermieden werden. Daraus folgt, dass ein größerer Nutzen aus den EE gezogen werden kann. Zudem wird deutlich, dass das Hoch- und Herunterfahren von fossilen Stromerzeugern nicht mehr so starken Schwankungen unterliegt oder ihr Gebrauch nicht notwendig ist, da PSW flexibel und schnell auf die Schwankungen im Stromnetz reagieren können. Bis zu 16 GW zusätzlicher Pumpspeicher können in dem vorliegenden Szenario wirtschaftlich sinnvoll sein. Durch die Verwendung von PSW konnte ein Überschuss von 184 Mio. € pro Jahr berechnet werden, da Kosten für fossile Brennstoffe wegfallen, sowie Reservekraftwerke ersetzt werden können. Alles in allem macht das Szenario deutlich, welche Vorteile der Ausbau von PSW mit sich bringt (MOSER 2012: www).

Lastgang² einer Woche ohne und mit Pumpspeicherkraftwerken 2050 (80 % erneuerbare Energien)

Ohne Pumpspeicherkraftwerke



Mit Pumpspeicherkraftwerken



²Belspielhafter Lastgang bezogen auf Gesamtdeutschland aus der IAEW-Studie

Abbildung 2: Darstellung des Lastgangs einer Woche mit und ohne Pumpspeicherwerke bei 80% EE (MOSER 2012: www)

Annahmen zur Studie:

- Keine Netzbeschränkungen
- Deutschland als Inselsystem, d.h. keine Transite in Anrainerstaaten
- Sonstiger Verbrauch auf Basis von ENTSO-E Daten
- EE-Erzeugung auf Basis vom IWES-Modell und Wetterdaten des Jahres 2007
- EE-Installationskosten auf Basis der BMU-Leitstudie 2010
- Perfect Foresight
- Stundenscharfe Auflösung für ein repräsentatives Jahr (2007)
- Netzentwicklungsplan BRD wird wie geplant realisiert
- Es wird ausschließlich das Stromversorgungssystem betrachtet
- Must-Run Kapazitäten betragen 10 GW bei 60 % EE und 0 GW bei 80 % EE
- Investitionskosten für Zubau PSW 1.000 € / kW (Leistungsteil), 50 € / kWh (Speicheranteil)
- Verhältnis Energie / Leistung für Zubau 7 Wh / W, Wirkungsgrad: 80 %, Lebensdauer: 60 Jahre
- Gemischter Kapitalzins von 4 %

Die Fähigkeit des Schwarzstarts ist ein weiterer Vorteil von PSW gegenüber anderen Speichersystemen (ALBRECHT 2012: 355). So können PSW unabhängig vom Stromnetz und ohne jegliche Stromzufuhr aus dem Stillstand heraus bis zur vollen Leistung anfahren und dadurch bei totalen Stromausfällen nicht nur dazu genutzt werden Energie zu liefern sondern auch dazu, andere (konventionelle) Kraftwerke anzufahren (ebd.).

Zwar gibt es noch weitere Technologien und Stromspeicher, die ähnliches Potential mit sich bringen, allerdings befinden sich PSW nicht nur technisch, sondern auch, laut vieler Studien, wirtschaftlich auf einem hohen Niveau und sind dadurch aus wirtschaftlicher Sicht am besten geeignet (BAUER et al. 2012: 11, HEINZ & SCHLENKHOFF 2011a: 162, ACHATZ & SCHMID 2015: 284). Die vermehrte Standortsuche für PSW durch Investoren und Energiekonzerne bestätigt diese Wirtschaftlichkeit (VANNEMANN 2012: 347). Hoch effizient sind sie nicht nur Aufgrund ihres Potentials als Energiespeicher und ihrer Flexibilität, sondern auch durch die überschaubaren und vor allem planbaren Energiemengen (ENGELS & GODDE 2015: 282). Hinzu kommt eine sehr lange Lebensdauer von 80 bis 100 Jahren (ebd.).

Neben dem bereits existierenden Potential und der Wirtschaftlichkeit von PSW zum heutigen Zeitpunkt ist das technische Potential und die Weiterentwicklung nahezu unbegrenzt (BAUER et al. 2012: 54). Der Wirkungsgrad und die Flexibilität befinden sich zwar schon auf einem sehr hohen Entwicklungsstand (ebd.: 13), dennoch steckt in allen Anlagenteilen ein technisches und dadurch wirtschaftliches Weiterentwicklungspotential (PÜRER 2012: 350). Eine stetige Weiterentwicklung findet hierbei nicht nur bei den Pumpen und den Turbinen statt, sondern auch bei der Druckstollenauskleidung, dem Wasserschloss, der Druckschächte, der hydraulisch-maschinellen Teile, der regelfähigen Asynchronmaschinen sowie der Speicherbecken (PÜRER 2012: 350ff).

Ein großer Nachteil von PSW ist, dass vor allem ihr Ausbaupotential limitiert ist (ALBRECHT 2012: 355f). Begrenzt wird es vor allem durch geeignete Standorte, die Akzeptanz der Bürger, sowie die Umweltauswirkungen und den langwierigen Prozess von der Standortfindung über die Planung bis hin zur Umsetzung (ebd.). Allerdings gibt es auch im Punkt Ausbaupotential immer mehr Wege (BAUER et al. 2012: 54). Möglichkeiten bieten hier zum Beispiel der Bau von mehreren kleineren Anlagen, der Bau von PSW in ehemaligen Bergbauanlagen oder der Bau von Becken unter der Erde (ebd.). Dadurch erhöht sich nicht nur die Akzeptanz in der Bevölkerung, es führt auch zu geringeren Umweltauswirkungen (ebd.). Bei entsprechender Ausführung und entsprechendem Bau können die Speicherbecken bei Bedarf auch auf zwei Weisen genutzt werden (BAUER et al. 2012: 57). Typisch wären hier neben der Nutzung zur Stromspeicherung, die Nutzungen zur Brauchwasserversorgung, zur Trinkwasserversorgung, zum Hochwasserschutz, zur Hochwasserrückhaltung, als Löschwasserspeicher oder bei entsprechender Gestaltung die Nutzung als Naherholungsgebiet (ebd.). Der ständige Zuwachs von Pumpspeicherwerken seit dem Ende des neunzehnten Jahrhunderts ist ein Beleg für die vielfältige Einsetzbarkeit, das Potential sowie den Bedarf von PSW (BAUER et al. 2012: 13), denn „nach dem heutigen Stand der Technik stellen Pumpspeicherkraftwerke die einzige zuverlässige, wirtschaftlich tragfähige und ökologisch sinnvolle Speichermöglichkeit für elektrischen Strom dar.“ (ALBRECHT 2012: 354).

1.1.2 Grundlagen von Pumpspeicherwerken

Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Stromspeichertechnologien: direkte und indirekte Stromspeicher (siehe Abb. 3) (BAUER et al.: 2012: 3). Während direkte Energiespeicher die Energie in Form von Magnetfeldern oder elektrischen Feldern speichern, erfolgt bei indirekten Stromspeichern die Umwandlung elektrischer Energie in chemische (Batteriespeicher) oder mechanische Energie (ebd.). Pumpspeicherwerke gehören

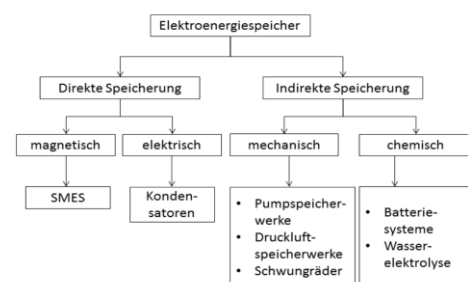


Abbildung 3: Arten von Energiespeichern (BAUER et al. 2012: 3)

zu den indirekten Stromspeichern und speichern überschüssige elektrische Energie in Form von potentieller Energie (ebd.).

1.1.2.1 Funktionsweise und wesentliche Komponente von Pumpspeicherwerken

Das grundlegende Funktionsprinzip von Pumpspeicherwerken ist leicht verständlich (siehe. Abb. 4) (ALTERNATIVE STROMERZEUGER 2013: www). Ein PSW besteht je nach Lage und Situation aus verschiedenen Anlageteilen. Grundsätzlich gehören dazu aber: zwei Wasserspeicherbecken (Oberbecken und Unterbecken) auf unterschiedlichen geodätischen Höhenniveaus, ein Kraftwerkhaus mit den benötigten hydraulischen und elektrischen Maschinen, sowie „Triebwasserleitungen, die den Austausch der Pendelwassermenge zwischen den Becken ermöglichen und bündeln“ (ACHATZ & REIL 2014: 10).

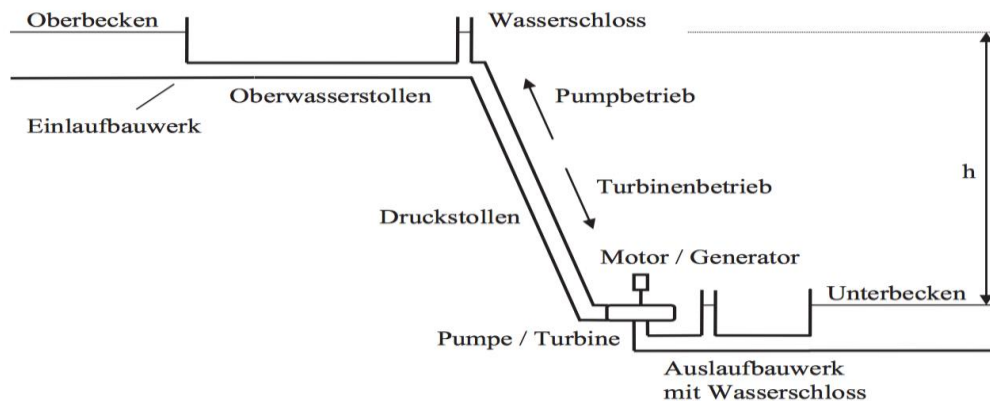


Abbildung 4: Prinzipskizze der Funktionsweise eines Pumpspeicherwerks (BAUER et al. 2012: 9)

Die Energiespeicherung durch PSW funktioniert, indem überschüssige elektrische Energie aus dem Stromnetz genutzt wird, um Pumpen zu betreiben, welche Wasser aus dem Unterbecken in das Oberbecken pumpen (Ladevorgang) (ALTERNATIVE STROMERZEUGER 2013: www). Dabei wird bei dem Ladevorgang die elektrische Energie mithilfe von Elektromotoren zuerst in mechanische Energie umgewandelt (BAUER et al. 2012: 9). Die Pumpen befördern das Wasser durch Rohrleitungen in ein höher gelegenes Becken und wandeln so die mechanische Energie in potentielle Energie um, welche langfristig gespeichert werden kann (ebd.). Bei einem Energiedefizit im Stromnetz wird das gespeicherte Wasser wieder abgelassen (Entladevorgang) und durch Turbinen in mechanische Energie und letztlich durch Generatoren in elektrische Energie umgewandelt zu werden (ALBRECHT 2012: 355f).

Grundsätzlich ist die Menge an potentieller Energie die gespeichert werden kann von der Fallhöhe sowie dem Beckenvolumen abhängig (BAUER et al. 2012: 10). Die gespeicherte Energie des Wasser entspricht der Kapazität welche sich aus der Dichte des Wassers ρ , der Erdbeschleunigung g , der Wasserspiegeldifferenz (Oberwasser – Unterwasser) h und dem Volumen V ergibt: $K = \rho \cdot g \cdot h \cdot V$

1.1.2.2 Maschinensätze

Die Effektivität eines Pumpspeicherwerks ist abhängig vom Maschinensatz sowie den Leistungsverlusten in den Druckstollen. Grundsätzlich werden zwei verschiedene Arten von Turbinen-Pumpenkombinationen (Maschinensatz) eingesetzt (ALBRECHT 2012: 356); reversible Maschinensätze oder ternäre Maschinensätze (ebd.). Während reversible Maschinensätze neben dem Motorgenerator aus einer reversiblen Pumpturbine bestehen besitzen ternäre Maschinensätze neben dem Motorgenerator eine separate Turbine und eine separate Pumpe (VOITH GMBH 2015: www). Der reversible Maschinensatz funktioniert, indem die Pumpturbine von beiden Seiten mit Wasser durchströmt werden kann und abhängig von der Strömungsrichtung als Turbine oder Pumpe fungiert (ALBRECHT 2012: 356). Durch die Verwendung von Asynchronmotorgeneratoren kann bei reversiblen Maschinensätzen die Drehzahl variiert und somit zielgenau an die überschüssige Energiemenge angepasst werden und dabei das Netz hocheffizient reguliert und stabilisiert werden (ACHATZ & SCHMID 2015: 284). Bei ternären Systemen muss aufgrund der getrennten Hydraulikmaschinen (Pumpen und Turbinen) die Drehrichtung des Motorgenerators nicht geändert werden, um vom Pump- zum Turbinenbetrieb zu wechseln (VOITH GMBH 2015: www). Da die Drehrichtung beibehalten werden kann sind kürzere Umschaltzeiten (unter einer Minute) zwischen Pump- und Turbinenbetrieb und dadurch eine flexiblere Regulierung möglich (ALBRECHT 2012: 356).

1.1.2.3 Standortanforderungen

Die Standortanforderungen von Pumpspeicherwerken ergeben sich aus dem Funktionsprinzip. Da die Menge an potentieller Energie die gespeichert werden kann von der Wasserspiegeldifferenz (Höhenunterschied) und dem Speichervolumen abhängt, ergeben sich daraus die beiden wesentlichen Standortanforderungen (BAUER et al. 2012: 10). Die Standortanforderungen können dabei allerdings stark variieren und sind abhängig davon, wie viel Energie gespeichert werden soll.

Grundsätzlich können PSW überall installiert werden, wo genügend Platzreserven vorhanden sind. Benötigt werden lediglich zwei Wasserreservoirs auf unterschiedlichen geodätischen Höhenniveaus (BAUER et al. 2012: 9). Dieser Höhenunterschied kann dabei natürlich sein oder künstlich angelegt worden sein (ebd.). Die Höhenunterschiede installierter PSW in Deutschland variieren zwischen 49,4 m (Pumpspeicherwerk Bleiloch, Thüringen) und 625 m (Pumpspeicherwerk Wehr, Baden-Württemberg) (ebd.: 52), wobei die durchschnittliche Fallhöhe von PSW bei 217,66 m liegt (BAUER et al. 2012: 52). Das Speichervolumen der Wasserreservoirs liegt zwischen 1 Mio. m³ und 12 Mio. m³. Die Becken haben dabei eine Flächengröße von 5 ha bis 55 ha (HEINZ & SCHLENKHOFF 2011b: 165f.). Daher ist neben dem Höhenunterschied und dem Speichervolumen auch die benötigte Flächengröße (abhängig vom Speichervolumen) ein ausschlaggebender Faktor bei einer Standortsuche. Zudem dürfen die beiden Becken horizontal nicht zu weit auseinander liegen, um eine Verbindung zwischen den Becken zu realisieren (BAUER et al. 2012: 9). Eine weitere Standortanforderung ist das Vorhandensein oder die Möglichkeit der Installation benötigter

Infrastruktur. Anforderungen wie Netzanschluss, Erstbefüllung mit Wasser und Erschließung durch Anfahrtswege müssen erfüllbar sein (VANNEMANN 2012: 347).

1.1.2.4 Bauweise von Pumpspeicherwerken

Die Anlagenteile eines PSW bilden die beiden Wasserreservoirs sowie die Triebwasserwege. Triebwasserwege bestehen dabei aus einem Einlaufbauwerk, dem Druckstollen, dem Maschinengebäude, dem Unterwasserstollen sowie dem Auslaufbauwerk (ACHATZ & REIL 2014: 13, OBERMEYER GMBH 2011: 3). Nichtsdestotrotz bieten PSW einen großen Spielraum, was die bautechnische Umsetzung angeht (GIESECKE et al. 2014: 716). Dieser Spielraum ist vor allem abhängig von der Topografie, sowie von der geotechnischen und der wasserwirtschaftlichen Situation am Standort (ebd.). Im Folgenden wird allerdings nur auf die Bauweise von oberirdischen Speicherbecken eingegangen, da dies die am meisten verwendete Variante ist (BAUER et al 2012: 13).

Unterbecken entstehen meist durch Flussaufweitungen oder durch das künstliche Ausheben eines Beckens. Da sich Oberbecken meist auf einer Bergkuppe oder einer Hochebene befinden werden diese vorwiegend künstlich angelegt (ebd.). Künstliche Becken entstehen durch den Erdabtrag und Aushub des Beckens oder aber durch die Errichtung von Dämmen (ebd.). In den meisten Fällen wird eine Kombination aus Aushub und Dammerrichtung gewählt (ebd.: 717). Dadurch entsteht ein Massenausgleich: die abgetragene Erdmasse wird zur Errichtung des Damms genutzt (ebd.). Bei einem nicht ausreichenden Gefälle können Ringwallspeicher angelegt werden. Dabei befindet sich das Oberbecken in der Mitte während das Unterbecken als äußerer Ring angeordnet wird (vgl. STROMSPEICHER 2015: www).

Zusätzlich zum Anlegen der Becken muss eine Abdichtung dieser stattfinden. Größere Undichtigkeiten wirken sehr schnell auf den Wirkungsgrad der Anlage oder können die Standsicherheit der Becken gefährden (ebd.). Eine Abdichtung kann auf unterschiedliche Art durchgeführt werden: Durch natürliche Erdverdichtung (z.B. Lehmdichtung), durch Abdichtung mit Geotextilmatten mit eingebettetem Bentonit, durch eine Asphaltbetondichtung, durch Zementbeton mit Dehnungsfugen, durch Pflasterung aus Natur- oder Kunststeinen mit Fugenguss oder durch eine Kunststoffdichtung (ebd.: 219).

Die Art der Triebwasserwege ist meist abhängig von der Entfernung der Beckenpaare, der zu überbrückenden Fallhöhe, der oberirdischen Geländeneigung, der technischen Realisierbarkeit, der Lage zu Bebauungen oder der Lage zu lärmempfindlichen Landschaftselementen (TRÄNKLE 2011: 9). Druckstollen können sowohl unterirdisch (geschlossene Bauweise), oberflächennah (offene Bauweise) oder gänzlich oberirdisch verlaufen (ebd.). Für die geschlossene Bauweise muss dafür je nach Situation, mehrere Meter unter der Geländeoberkante ein Felshohlraum mit einem Durchmesser von mehreren Metern angelegt werden, in welchem anschließend der Druckstollen verlegt wird (OBERMEYER 2011: 11). Dieser Felshohlraum kann dabei durch unterschiedliche Vortriebsarten entstehen (ebd.). Bei einer offenen Bauweise wird ein Rohrgraben angelegt in welchem der

Druckstollen verlegt wird und der anschließend mit 0,5 m bis 1,5 m Substrat bedeckt wird (TRÄNKLE 2011: 23). Bei einer offenen Bauweise muss nach der Verlegung ein Schutzstreifen von mehreren Metern Breite angelegt werden, der von Bepflanzungen oder größerer Vegetation freigehalten werden muss, um den Druckstollen nicht zu gefährden (ebd.). Bei einer oberirdischen Bauweise werden die Druckstollen an der Oberflächenkante entlang verlegt und abschnittsweise befestigt (GIESECKE et al. 2014: 219). Eine offene oder oberirdische Bauweise ist allerdings nur möglich, wenn sich zwischen Ober- und Unterbecken keine Anstiege befinden, sondern das Höhenprofil durchgängig abwärts verläuft (ebd.). Da der Flächenverbrauch und der Eingriff in die Natur möglichst gering gehalten werden soll werden die Triebwasserleitungen bei neuen PSW meist unterirdisch verlegt, was auch auf die Entwicklung von Tunnelbohrmaschinen zurückzuführen ist (ACHATZ & REIL 2014: 13).

Das bauliche Konzept der maschinentechnischen Anlagen variiert je nach Situation und Art der Triebwasserwege. Durch das unterirdische Anlegen der Triebwasserwege werden die maschinentechnischen Anlagen häufig in den Berg in eine Kaverne verlegt oder in tiefe Schächte am Rand des Unterbeckens gebaut (Schachtkraftwerk) (ebd.). Dabei sind zusätzlich das Anlegen eines Kraftwerksschachts oder Zufahrtsstollen sowie ein Kabelschacht für die Energieableitung notwendig (GIESECKE et al. 2014: 717). Bei einer oberirdischen oder offenen Bauweise werden die maschinentechnischen Anlagen meist in einem oberirdischen Kraftwerkshaus untergebracht.

Die sogenannte Energieableitung, die für den Betrieb eines PSW notwendig ist, wird in der Literatur selten als eigentlicher Bestandteil des PSW gezählt. Eine Energieableitung findet entweder per Erdkabel oder per Hochspannungsleitung statt. Die Variante der Energieableitung ist ebenfalls standort-, situations- und geländeabhängig (TRÄNKLE 2011: 14).

1.1.3 Umweltauswirkungen von Pumpspeicherwerken

Der Bau von Pumpspeicherwerken stellt einen großen Eingriff in Natur und Landschaft dar und wirkt dabei unterschiedlichen stark auf die Schutzgüter (nach §2 Abs. 1 Satz 2 UVPG) (ENERGIEWENDE NATURVERTRÄGLICH 2015b: www). Allgemein ist mit bau-, anlage-, und betriebsbedingten Auswirkungen zu rechnen (ebd.)

Wirkfaktoren, welche bau-, anlage-, betriebs- oder in manchen Fällen nachbetriebsspezifisch auftreten, sind Sachverhalte, Tätigkeiten und Eigenschaften eines Projekts, die Wirkungen auf die Schutzgüter mit sich bringen (RL 2001/42/EG: Anhang II, PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 2004: 79). Wirkfaktoren haben demnach einen unmittelbaren Bezug zum geplanten Projekt (BFN 2015d: www). Die Wirkungen hängen unmittelbar mit den Wirkfaktoren zusammen und sind mit den Merkmalen des Projekts verbunden (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 2004: 79). Die Wirkungen können dabei direkt, indirekt, sekundär, kumulativ oder synergetisch sein und temporär, dauerhaft oder mittelfristig wirken. (BFN 2015d: www). Dabei ist zu beachten, dass Wirkungen sowohl positiv als auch negativ sein können (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + Umwelt 2004: 79). Als

entscheidungsrelevant werden in weiteren Planungen Wirkungen angesehen, welche Naturhaushalt und Landschaftsbild erheblich (positiv oder negativ) beeinträchtigen (OBERMEYER GMBH 2011: 137).

1.1.3.1 Wirkfaktoren

Baubedingte Wirkfaktoren

Als baubedingte Wirkfaktoren gelten alle Faktoren, die während der Bauzeit wirken, wobei ihre Wirkungen zeitlich begrenzt sind (BALLA et al. 2010: 16). Dazu zählen unter anderem Baufelder, Baugruben, Material- und Maschinenstellplätze, Baustellenverkehr oder Baubeleuchtung (BFN 2015a: www).

Anlagebedingte Wirkfaktoren

Bei anlagebedingten Wirkfaktoren handelt es sich um Wirkungen, die von den Vorhabensbestandteilen ausgehen und über die Bauphase hinaus wirken (BFN 2015a: www). Dazu zählen sämtliche Anlagenteile, wie zum Beispiel die Speicherbecken, die Triebwasserwege, sowie eventuell benötigte Zuwege und sonstige benötigte Infrastruktur (ebd.).

Betriebsbedingte Wirkfaktoren

Bei betriebsbedingten Wirkfaktoren handelt es sich um Einflüsse, welche nur während des Betriebs der Anlage wirken. Diese Faktoren, wie zum Beispiel das Betreiben der Maschinenwerke, wirken zwar dauerhaft, allerdings nur zu Betriebszeiten. Da der Betrieb von Pumpspeicherwerken von Netzschwankungen und Spitzenlasten und Überproduktionen abhängig ist, können die Betriebszeiten der Anlage nur sehr schwer oder gar nicht vorhergesagt werden, finden aber sequenziell statt.

1.1.3.2 Auswirkungen

Die Wirkfaktoren und Auswirkungen von Pumpspeicherwerken können sehr unterschiedlich sein und sind vor allem von der Art des Pumpspeicherwerks abhängig. Dazu zählen zum Beispiel die Bauvarianten der Speicherbecken (oberirdisch, unterirdisch, Flussaufweitungen etc.) sowie die Art und Bauweise der Triebwasserwege. Da das künstliche Anlegen von Ober- und Unterbecken die heutzutage am meisten genutzte Variante ist, werden im Folgenden nur die Auswirkungen, die von solch einer Anlage ausgehen betrachtet (BAUER et al 2012: 13). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Becken durch Aushub, Geländeabtrag und Dammerrichtung angelegt und flächig abgedichtet werden, die Triebwasserwege (Einlaufbauwerk, Druckstollen, Maschinengebäude, Unterwasserstollen, Auslaufbauwerk) unterirdisch angelegt werden, während der Höhenunterschied natürlich gegeben ist. Die abschließend beschriebenen Wirkfaktoren von Pumpspeicherwerken geben einen allgemeinen Überblick über mögliche Auswirkungen. Tabelle 1 veranschaulicht, welche Schutzgüter von welchen

Wirkungen betroffen sind, in welcher Phase sie auftreten und ob sie dauerhaft, sequenziell oder temporär sind (EMC GMBH 2013: 18ff).

Tabelle 1: Umweltauswirkungen von Pumpspeicherwerken auf die Schutzgüter

Auswirkungen	Ursache	Phase	Dauer	Mensch und menschliche Gesundheit	Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt	Boden	Wasser	Klima und Luft	Landschaft und landschaftsgebundene Erholung	Kultur- und sonstige Sachgüter
Flächenverlust	Bauflächen	ba	t	x	x	x	x	x	x	x
	Speicherbecken	an	d							
Versiegelung/ Bodenverdichtung	Baumaschinen	ba	t		x	x	x	x		
	Abdichtungen	an	d							
Einbringung von Fremdmaterialien	Abdichtung	an	d			x	x			
	Druckstollen									
	Kraftwerkshaus									
Visuelle Störungen/ Sichtbarkeit	Kraftwerkshaus	ba	t	x	x				x	x
	Speicherbecken	an	d							
Zerschneidungs-/ Barrierewirkung	Baustelle	ba	t	x	x				x	
	Speicherbecken	an	d							
Wasserhaltung	Bauflächen	ba	t			x	x			
Erschütterungen	Baumaschinen	ba	t	x	x				x	x
Lärm- und Lichtemission	Baumaschinen	ba	t	x	x				x	
	Anlage	be	s							
Staub- und Schadstoffemission	Baumaschinen	ba	t	x	x	x	x	x	x	
Veränderung des Lokalklimas	Wasserbecken	an	d					x		
Elektrische und Magnetische Felder	Elektrische Anlage	be	s							
Bodenerwärmung	Elektrische Anlage	be	s			x				
Entnahme von Rohwasser/ Erstbefüllung	Füllung eines Speicherbeckens	ba	t				x			

Phase: an-anlagebedingt, ba-Baubedingt, be-Betriebsbedingt

Dauer: t-temporär, d-dauerhaft, s-sequenziell

Flächenverlust

Bei Pumpspeicherwerken kommt es zu baubedingtem und anlagebedingtem direkten Flächenentzug. Die gesamte Fläche wird einer vollständigen Umformung unterworfen (TRÄNKLE 2011: 166). Gründe dafür sind zum Beispiel Baufelder, Zufahrtsstraßen oder Flächen für Boden- und Materialablagerung und das Abstellen von Baumaschinen (HÖLZER 2009: 9).

Alle durch den Bau in Anspruch genommenen Flächen gehen temporär als Lebensraum verloren und die Vegetation wird zerstört; auch eine Nutzung durch den Menschen ist nicht mehr möglich (ebd.: 86). Durch den Verlust von Vegetation gehen auch die von ihr ausgehenden Funktionen verloren, wie die Frischluftproduktion oder die Filterfunktion gegenüber Partikeln (BIOTA 2014: 188). Auch kann die Vegetation keine Verdunstungsleistungen mehr erfüllen, wodurch die klimatische

Ausgleichsfunktion herabgesetzt wird (ebd.: 196). Auch mit Sekundärwirkungen auf die Fauna ist zu rechnen, vor allem wenn Habitats entfernt und nicht wieder hergestellt werden können (ebd.: 222). Zusätzlich dazu führt das Entfernen von Vegetation zu einem Verlust von Deckungs- und Orientierungshilfen für Tierarten (ebd.: 249).

Durch die Anlage kommt es ebenfalls zu einem Flächenverlust (TRÄNKLE 2011: 166). Dies führt zu einem dauerhaften Standortverlust für Arten und Lebensgemeinschaften (ebd.: 154). In den Bereichen des Beckendamms kommt es zu einer Flächenumwandlung in Form von einer Überbauung des natürlichen Bodens, wodurch das Bodengefüge dauerhaft gestört wird (TRÄNKLE 2011: 155). Dadurch kommt es zu Veränderungen des Wasser-, Stoff- und Lufthaushaltes des Bodens, wodurch wiederum die Filterfunktion und die Funktion im Wasserkreislauf verändert werden (ebd.: 154). Zudem kann der Boden in diesen Bereichen nicht mehr als „landschaftsgeschichtlich“ angesehen werden (ebd.).

Versiegelung/Bodenverdichtung

Bei Pumpspeicherwerken kommt es zu baubedingten Versiegelungen und Bodenverdichtungen. Ursachen sind dabei zum Beispiel Baufelder und Zufahrtsstraßen. Hinzu kommen Flächen für Boden- und Materialablagerung und das Abstellen von Baumaschinen (HÖLZER 2009: 9). Dadurch kommt es während der Bauphase zu Veränderungen des Bodenaufbaus (GEO et al. 2009: 85). Der Einsatz schwerer Baumaschinen führt zu einer Bodenverdichtung bis in tiefe Bereiche – vor allem bei Nichtanlegen geeigneter Baustraßen. Obwohl die Wirkung nur baubedingt auftritt ist sie vor allem bei nassen und feuchten Böden langfristig (GEO et al. 2009: 86ff). Das Hohlraumvolumen kann deutlich reduziert werden, was Folgen auf den Luftaustausch sowie die Leitfähigkeit des Wassers hat (ebd.). Eine Bodenverdichtung erhöht zudem den Eindringwiderstand für Wurzeln, was zu einem verminderten Pflanzenwachstum führen kann (ebd.). Zwar ist die Reichweite der Wirkungen auf die genutzte Fläche beschränkt und temporär, dennoch kommt es zeitweilig zu einem vollständigen Funktionsverlust des Bodens und der ursprünglichen Nutzung (BIOTA 2014: 171). Es kann davon ausgegangen werden, dass sich nach Beendigung der Bauphase auf vielen Flächen nicht der ursprüngliche Zustand wiederherstellen lässt (ebd.: 205).

Anlagebedingt kommt es innerhalb der Speicherbecken zu einer vollständigen Abdichtung der Beckenböden durch Deckbeläge (BFN 2015b: www). Diese Versiegelung führt zu einem Verlust aller biologischer Funktionen der betroffenen Flächen (ebd.).

Einbringung von Fremdmaterialien

Die Triebwasserleitung, die beide Beckenpaare miteinander verbindet, sowie das unterirdische Kraftwerkshaus gelten als „Fremdmaterial“ im Boden. Sie ersetzen als Fremdkörper den natürlichen Boden, wodurch sämtliche Bodenfunktionen in diesen Bereichen verloren gehen (GEO et al. 2009: 93). Auch steht der eingenommene Raum nicht mehr als Wurzelraum für Pflanzen zur Verfügung, was weitere Auswirkungen mit sich bringen kann.

Visuelle Störungen/Sichtbarkeit

Baustellenbestandteile werden als Fremdkörper in der Landschaft wahrgenommen und beeinträchtigen das Landschaftsbild negativ und führen so zu visuellen Störungen (GEO et al. 2009: 90). Durch diese visuellen Störungen kann es zu einer Meidung des Gebiets durch sensible Tierarten oder den Menschen kommen (ebd.). Bei der landschaftsgerechten Wiederherstellung nach Abschluss der Bauarbeiten kann davon ausgegangen werden, dass die Wirkungen nur vorübergehend sind und vollständig wieder entfernt werden können (BIOTA 2014: 201).

Durch das Anlegen zweier Beckenpaare mit mehreren Hektar Fläche kommt es auch zu einer anlagenbedingten Störung und zu Sichtbarkeit und führt zu einer Veränderung des Landschaftsbildes. Dies kann, wie auch schon die Baustellenanlagen, zu einer Abwanderung und Meidung des Gebiets durch sensible Tierarten führen sowie Auswirkungen auf die Erholungsnutzung durch den Menschen in der Umgebung haben. Bei einer guten Integration der Becken in das Landschaftsbild können PSW allerdings in Form eines touristischen Attraktionspunkts auch eine positive Wirkung mit sich bringen (TRÄNKLE 2011: 144).

Zerschneidungs-/Barrierewirkung

Aufgrund der Größe des Vorhabens (der Speicherbecken, der Baustellen, der Baustellenstraßen) kann es zu Landschafts- und Lebensraumzerschneidungen kommen (TRÄNKLE 2011: 147). Die Zerschneidung der Landschaft führt zu einer Zerstörung funktionaler Zusammenhänge (ebd.). Vor allem die Wanderung von Tieren wird eingeschränkt und es kann zu einer Trennung von Populationen führen, was Auswirkungen auf die Biodiversität mit sich bringen kann (GEO et al. 2009: 225). Vor allem größere Anfahrtswege und ständiger Verkehr im Zuge der Bauarbeiten können zu einer vorübergehenden Zerschneidung für einzelne Tierarten führen und auch Auswirkungen auf Mensch und Landschaft mit sich bringen (GEO et al. 2009: 90).

Wasserhaltung

Wasserhaltung ist bei hoch stehendem Grundwasser notwendig, um während der Bauphase ein Volllaufen der Baugrube zu verhindern (GEO et al. 2009: 90). Dabei ist die Wasserhaltung auch abhängig von den Witterungsbedingungen sowie von der Einbindetiefe des Bauwerks (BIOTA 2014: 178). Eine gegebenenfalls notwendige Absenkung des Grundwassers im Baubereich ist ein Eingriff in den Bodenwasserhaushalt. Die hydraulischen Auswirkungen können bis zu 20 m weit reichen. Die Reichweite ist dabei abhängig von der Durchlässigkeit der Böden (ebd.). Nach Beendigung der Bauphase kann davon ausgegangen werden, dass sich der normale Grundwasserstand wieder einstellt und es dadurch nicht zu irreversiblen Veränderungen kommt (ebd.).

Erschütterungen

Zu Erschütterungen wird es aufgrund der Nutzung schwerer Baumaschinen und durch das Anlegen der unterirdischen Triebwasserwege kommen. Abhängig von den verschiedenen Vortriebsarten können diese Erschütterungen schwächer oder stärker ausfallen (OBERMEYER GMBH 2011: 11). Davon ausgehend finden Erschütterungen nur im näheren Umkreis der Baustelle sowie den Bau- und Zufahrtstraßen statt; zudem sind sie temporär und auf die normalen Arbeitszeiten beschränkt (HÖLZER 2009: 9f). Gegenüber Erschütterungen empfindliche Tierarten werden in ihren angrenzenden Lebensräumen gestört (GEO et al. 2009: 86ff). Auch der Mensch wird durch die Erschütterungen in seinem Wohn- und Erholungsumfeld beeinträchtigt (ebd). Von Erschütterungen betroffen sein können auch Kultur- und Sachgüter, welche möglicherweise in ihrer Stabilität beeinträchtigt werden können (BIOTA 2014: 258). Der Umfang der Wirkungen ist dabei vor allem abhängig von der Dauer und der Intensität der Erschütterungen (ebd.).

Lärm- und Lichtemission

Erhöhte Belastungen durch Lärm- und Lichtemissionen finden aufgrund des Baustellenbetriebs (Baufahrzeuge, Beleuchtung) statt und wirken temporär beschränkt (HÖLZER 2009: 9f). Dabei wirken sie im unmittelbaren Baustellenumfeld und in der Umgebung der Bau- und Zufahrtsstraßen (ebd.). Auf störungsempfindliche Tierarten wirken Lärm- und Lichtemission besonders stark und sie können über die Bauzeit hinweg zu Abwanderungen eben dieser führen (TRÄNKLE 2011: 148). Negative Auswirkungen kann die Emission auch auf die Wohn- und Erholungsfunktion (HÖLZER 2009: 9f) oder auf Kultur- und Sachgüter haben (BIOTA 2014: 258). Wenn Kultur- und Sachgüter zum Beispiel durch den Menschen genutzt werden, können vor allem Lärmemissionen den Erlebniswert beeinträchtigen (ebd.).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass es durch den Betrieb eines Pumpspeicherwerks ebenfalls zu Schallemission und die dazugehörigen Auswirkungen kommt. Diese kommen allerdings im Bereich des Kraftwerkhauses vor. Durch die unterirdische Lage und den Bau entsprechender Schalldämmung kann verhindert werden, dass es zu nennenswerten Auswirkungen auf die Schutzgüter kommt (WSK PULS GmbH 2014: 53).

Staub- und Schadstoffemission

Während der Bauphase kommt es zu einer erhöhten Staub- und Schadstoffemission. Schadstoffeinträge sind dabei vor allem in Form von Kraftstoff, Schmier- und Reinigungsmitteln, sowie Farben möglich. Hinzu kommen in geringem Umfang Abgas- und Staubeintragungen durch Materialtransporte und Baumaschinen (GEO et al. 2009: 88). Durch Phosphor, Stickstoff und Kalium kann es zu einem Nährstoffeintrag kommen, welcher vor allem bei nährstoffarmen Böden und Vegetationsstandorten zu Veränderungen führen kann (BIOTA 2014: 207). Temporäre Auswirkungen können für Pflanzen entstehen indem ihre Photosyntheseleistung durch Staubaablagerungen auf den

Blättern minimiert wird (TRÄNKLE 2011: 197). Schadstoffemissionen stellen zudem eine Belastung für Oberflächengewässer dar, sowie eine mittelbare Belastung für das Grundwasser (BIOTA 2014: 178). Allerdings kann bei ordnungsgemäßer Durchführung der Bauarbeiten davon ausgegangen werden, dass die Einträge so gering sind, dass sie keine nachhaltigen oder schwerwiegenden Auswirkungen auf die Schutzgüter darstellen (TRÄNKLE 2011: 197).

Veränderungen des Lokalklimas

Durch die mit Wasser gefüllten Speicherbecken kann es zu Temperaturveränderungen im näheren Umkreis kommen, da Wasserflächen Auswirkungen auf das Lokalklima haben. „Die Wasserflächen erwärmen sich im Frühjahr später als die umgebenden terrestrischen Flächen, speichern die Wärme im Herbst jedoch länger“ (TRÄNKLE 2011: 161), wodurch es später warm wird, dafür aber länger warm bleibt. Auch die Temperaturschwankungen zwischen oder an einzelnen Tagen werden deutlich geringer sein, als in der Umgebung (ebd.). Da die Wasserflächen von Dämmen umgeben sind kann ein größerer Austausch unterschiedlicher thermischer Luftmassen allerdings unterbunden werden. Durch den erhöhten Luftwassergehalt kann es zu vermehrten Nebelbildungen im Umkreis der Becken kommen (TRÄNKLE 2011: 199). Allerdings kann die Reichweite der Auswirkungen auch hier durch die Dämme begrenzt werden. Daher ist mit keinen bis geringen Wirkungen auf die Schutzgüter zu rechnen.

Elektrische und magnetische Felder

Elektrische Anlagen verursachen grundsätzlich verschiedene Arten von Feldern, dazu zählen elektrische sowie magnetische Felder (VERBUND-UMWELTTECHNIK GMBH 2015: 95). Elektrische Felder werden dabei von elektrischer Spannung verursacht (ebd.). Durch ihre Unabhängigkeit vom Stromverbrauch schwanken sie zeitlich nicht. Generell werden elektrische Felder von allen Materialien und Objekten abgeschirmt (ebd.). Magnetische Felder hingegen werden von elektrischen Strömen verursacht, wodurch sie vom jeweiligen momentanen Stromverbrauch abhängig sind (ebd.). Anders als elektrische Felder können magnetische Felder nicht durch Objekte abgeschirmt werden (ebd.). Zwar können elektromagnetische Felder Auswirkungen auf einzelne Schutzgüter mit sich bringen, allerdings nimmt die Stärke der Felder mit zunehmender Entfernung stark ab. Dadurch kann davon ausgegangen werden kann, dass es aufgrund der unterirdischen Bauweise zu keinen elektromagnetischen Auswirkungen kommen wird (ebd.).

Bodenerwärmung

Durch den Betrieb der Pumpen und Turbinen kann es zu einer Erwärmung in der unmittelbaren Umgebung und den dazugehörigen Auswirkungen kommen. Die Erwärmungen beziehen sich aber lediglich auf die direkte Umgebung der Pumpen und Turbinen im Kraftwerkshaus. Durch eine

Kühlung der Pumpen und Turbinen, sowie einer Isolierung des Kraftwerkshauses kann davon ausgegangen werden, dass es zu keinen Auswirkungen kommen wird (WSK PULS GMBH 2014: 53).

Entnahme von Rohwasser/Erstbefüllung

Für eine Erstbefüllung eines Speicherbeckens mit ausreichend Wasser werden enorme Wassermengen benötigt (>1 Mio. m³). Die Art der Erstbefüllung ist dabei unerheblich, zu den Auswirkungen kommt es am Ort der Wasserentnahme. Die Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt sind dabei abhängig von der Grundwasserneubildungsrate im Wassereinzugsgebiet. Prinzipiell führt es allerdings zu einer temporären Veränderung des Grundwasserspiegels am Entnahmeort (TRÄNKLE 2011: 159).

1.1.4 Dezentralisierung von Stromspeichern

Um die Energiewende erfolgreich zu gestalten ist allerdings eine Dezentralisierung der Stromerzeugung ebenso bedeutsam wie eine Dezentralisierung der Stromspeicherung (ROUSSEAU 2015: www). Durch lokalnahe Stromspeicher wird der Energieverlust, welcher bei einer Übertragung über weite Strecken unvermeidbar ist, minimiert (ebd.). In Deutschland machte im Jahr 2014 die an Land erzeugte Windenergie den größten Anteil an EE und 9,4% der in Deutschland erzeugten Gesamtenergie aus (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE 2015: www). Allein in Niedersachsen beträgt die installierte Windleistung 8233 MW. Installierte Leistung beschreibt in diesem Fall die „gesamte maximale Erzeugungskapazität einer Erzeugungsanlage inklusive der Kapazität durch den Eigenverbrauch“ (BUNDESVERBAND WINDENERGIE 2014: www). Niedersachsen liegt damit mit einem Abstand von ca. 3000 MW (der installierten Windleistung) weit vor den anderen Bundesländern (ebd.). Auch was den Neuausbau der Windleistung angeht liegt Niedersachsen im Bundesländervergleich weit vorne; hinter Schleswig-Holstein auf dem zweiten Platz (ebd.). Die Annahme, dass in Niedersachsen in den kommenden Jahren die Windleistung ausgebaut, die Windparks vergrößert und in der Nordsee vermehrt Offshore-Windanlagen ausgebaut werden, bringt die Schlussfolgerung mit sich, dass zu einer optimalen Nutzung der Windenergie eine lokale Energiespeicherung sinnvoll ist (ROUSSEAU 2015: www). Zum aktuellen Zeitpunkt befindet sich allerdings nur ein PSW in Niedersachsen (MOSER 2012: www). Um die Wirtschaftlichkeit von EE im Norden Deutschlands weiter zu steigern, müssen daher die Möglichkeiten lokaler Energiespeicherung auch in Form von PSW betrachtet werden (ebd.).

1.2 Zielsetzung und Untersuchungsfragen

Pumpspeicherwerke können wie in Kapitel 1.1 beschrieben einen enormen Beitrag zur geplanten Energiewende leisten (MOSER 2012: www). Sie können Energie effektiv und langfristig speichern und Energieschwankungen ausgleichen, wobei allerdings auch eine Dezentralisierung der Speicherwerke notwendig ist (VANNEMANN 2012: 342). Allerdings stellen PSW auch einen großen Eingriff in Natur und Landschaft dar und bringen Auswirkungen auf sämtliche Schutzgüter mit sich (ENERGIEWENDE NATURVERTRÄGLICH 2015a: www).

Das erste Ziel dieser Arbeit ist die Identifizierung potentieller Flächen für den Bau von Speicherbecken in Niedersachsen, sowie die Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk. Das zweite Ziel der Arbeit ist die Ermittlung der ökologischen Nutzungsverträglichkeit beziehungsweise des ökologischen Risikos, ausgehend von dem im ersten Teil der Arbeit identifizierten Pumpspeicherwerk.

Für das Erreichen der Ziele wurden mehrere Forschungsfragen aufgestellt:

1. Ziel: Identifizierung potentieller Flächen für den Bau von Speicherbecken in Niedersachsen Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk

Forschungsfrage (1): Welche Anforderungen müssen erfüllt werden, um den Bau eines Pumpspeicherwerks realisieren zu können?

Forschungsfrage (2): Wie lassen sich potentielle Flächen für den Bau von Speicherbecken ermitteln?

Forschungsfrage (3): Wie lässt sich ein potentieller Standort für ein Pumpspeicherwerk ermitteln?

2. Ziel: Ermittlung des ökologischen Risikos durch ein ausgewähltes, potentielles Pumpspeicherwerk auf die Schutzgüter (nach §2 Abs. 1 Satz 2 UVPG) Mensch und menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt, Landschaft und landschaftsgebundene Erholung, Boden, Wasser, Klima und Luft, Kultur- und sonstige Sachgüter sowie deren Wechselwirkungen untereinander.

Forschungsfrage (4): Wie hoch ist die Intensität potentieller Wirkungen durch Pumpspeicherwerke?

Forschungsfrage (5): Wie hoch ist die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den potentiellen Wirkungen?

Forschungsfrage (6): Wie lassen sich die Beeinträchtigungsintensität und die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den Beeinträchtigungen miteinander verknüpfen um so das ökologische Risiko zu ermitteln?

Tabelle 2: Ziele und Vorgehensweise zum Erreichen der Ziele

Ziele/Forschungsfragen	Arbeitsschritte	Daten und Material
1. Ziel: Identifizierung potentieller Flächen für den Bau von Speicherbecken in Niedersachsen Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk		
<i>Forschungsfrage (1):</i> Welche Anforderungen müssen erfüllt werden, um den Bau eines Pumpspeicherwerks realisieren zu können?	Literaturrecherche: Funktionsweise und Bauweise von Pumpspeicherwerken Datenauswertung von bestehenden Pumpspeicherwerken Literaturrecherche: Gebiete in denen der Bau von Pumpspeicherwerken nicht erlaubt oder nur schwer umsetzbar ist	Fachliteratur über Pumpspeicherwerke Informationen über bestehende Pumpspeicherwerke Richtlinien, Gesetze
<i>Forschungsfrage (2):</i> Wie lassen sich potentielle Flächen für den Bau von Speicherbecken ermitteln?	Erarbeiten von Analyseschritten, um potentielle Flächen für den Bau von Speicherbecken unter Berücksichtigung der Anforderungen identifizieren zu können	Corine Landcover, Digitales Landschaftsmodell (DLM), Digitales Geländemodell (DGM), ArcGIS 10.1
<i>Forschungsfrage (3):</i> Wie lässt sich ein potentieller Standort für ein Pumpspeicherwerk ermitteln?	Erarbeitung von Analyseschritten, um ein Standort für ein Pumpspeicherwerk unter Berücksichtigung der Anforderungen analysieren zu können	Digitales Geländemodell (DGM), Digitales Landschaftsmodell (DLM)
2. Ziel: Ermittlung des ökologischen Risikos durch ein ausgewähltes, potentielles Pumpspeicherwerk auf die Schutzgüter (nach §2 Abs. 1 Satz 2 UVPG) Mensch und menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt, Landschaft und landschaftsgebundene Erholung, Boden, Wasser, Klima und Luft, Kultur- und sonstige Sachgüter sowie deren Wechselwirkungen untereinander		
<i>Forschungsfrage (4):</i> Wie hoch ist die Intensität potentieller Wirkungen durch Pumpspeicherwerke?	Literaturrecherche über Pumpspeicherwerke und deren bau- anlage-, betriebsbedingten Wirkfaktoren und die damit einhergehenden Auswirkungen Bildung von Intensitätsklassen zur Bewertung der Beeinträchtigungsintensität	Fachliteratur zu Ökologischen Risikoanalysen/Bewertungsmethoden
<i>Forschungsfrage (5):</i> Wie hoch ist die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den potentiellen Wirkungen?	Literaturrecherche über die vorkommenden Schutzgüter Bildung von Empfindlichkeitsklassen zur Bewertung der Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den Beeinträchtigungen	Fachliteratur zu Ökologischen Risikoanalysen/Bewertungsmethoden, Landschaftsrahmenplan, Umweltgutachten
<i>Forschungsfrage (6):</i> Wie lassen sich die Beeinträchtigungsintensität und die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den Beeinträchtigungen miteinander verknüpfen um so das ökologische Risiko zu ermitteln?	Bildung von Präferenzmatrix zur Verknüpfung von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit	Fachliteratur zu Ökologischen Risikoanalysen/Bewertungsmethoden,

2 METHODIK

2.1 ArcGIS basierte Standortermittlung für Pumpspeicherwerke

Die Standortsuche für ein Pumpspeicherwerk erfolgt in zwei Analyseschritten. Im ersten Analyseschritt werden potentielle Speicherbeckenstandorte ermittelt. Auf die Ergebnisse der Speicherbeckenstandortsuche aufbauend wird im zweiten Schritt ein Standort für ein Pumpspeicherwerk ermittelt.

Der erste Analyseschritt, die Ermittlung der potentiellen Speicherbeckenstandorte, ist in vier Verfahrensschritte untergliedert (siehe Abb. 5) Im ersten Schritt werden allgemeine Anforderungen definiert. Durch das Definieren von Ausschlusskriterien können bereits im Vorfeld ungeeignete oder nur bedingt geeignete Gebiete aus der Analyse ausgeschlossen werden. Die Geländeansforderungen dienen dazu, potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken zu identifizieren. Im nächsten Schritt werden aufbauend auf den vorherigen Ergebnissen potentielle Speicherbeckenstandorte definiert.

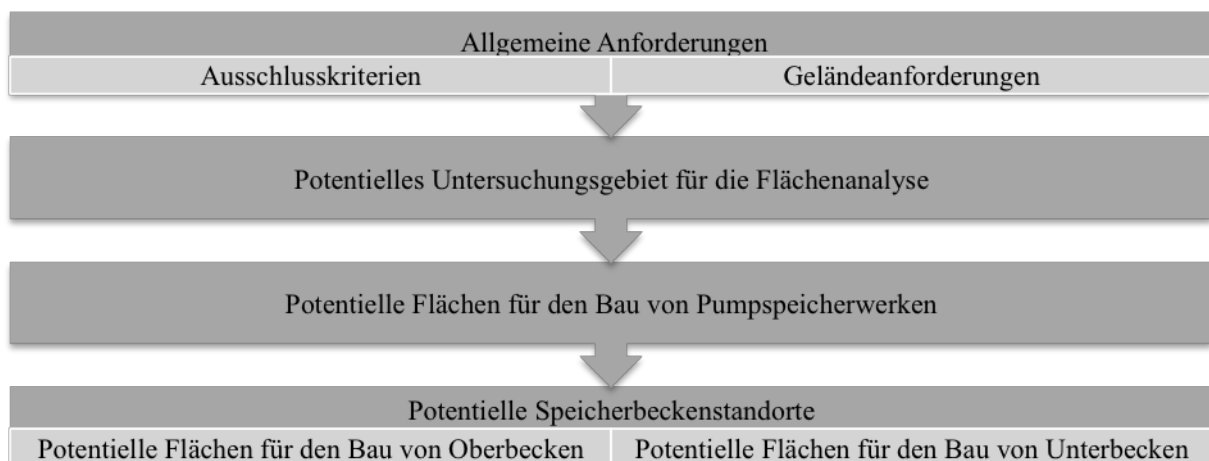


Abbildung 5: Analyseschritte zur Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte

Der zweite Analyseschritt, die Ermittlung eines potentiellen Pumpspeicherwerkstandortes, ist ebenfalls in vier Verfahrensschritte untergliedert (siehe Abb. 6). Die Analyse baut dabei auf den Ergebnissen aus dem ersten Analyseabschnitt, den potentiellen Flächen für den Bau von Ober- und Unterbecken, auf. Im ersten Verfahrensschritt werden Standortanforderungen definiert. Unter Verwendung der Standortanforderungen wird im zweiten Schritt ein Standort für ein Speicherbecken (Ober- oder Unterbecken) ermittelt. Darauf aufbauend werden Flächen gesucht auf denen das Beckenpendant gebaut werden kann. Anschließend werden die ermittelten Flächen erneut anhand der Standortanforderungen untersucht und der Standort des zweiten Speicherbeckens wird definiert.

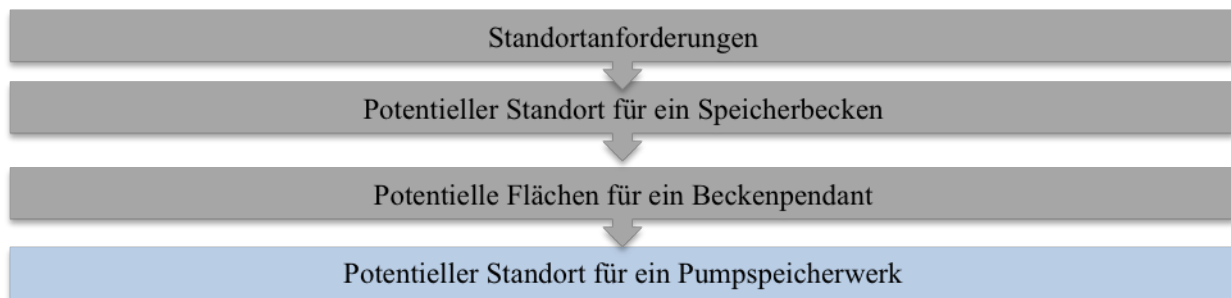


Abbildung 6: Analyseschritte zur Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Pumpspeicherwerk

Im ersten Analyseschritt muss angenommen werden, dass pro Pixel ein Speicherbecken gebaut werden kann, da die Verfahrensschritte auf Rasteranalysen beruhen und die Pixel einzeln in Beziehung gesetzt werden. Bei der anschließenden Ermittlung eines potentiellen Pumpspeicherwerkstandortes wird dann die Flächengröße von Pumpspeicherwerken in der Analyse berücksichtigt.

Die einzelnen Arbeitsschritte werden im Folgenden genauer beschrieben und detailliert dargestellt. Die Analyse wird unter Verwendung des Programms ArcGIS 10.1 der Firma ESRI durchgeführt.

2.1.1 Datengrundlage

Für die Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken sowie die Ermittlung eines Standortes sind verschiedene Datensätze und Informationen erforderlich.

Für die Durchführung des ersten Analyseabschnitts und die Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte wurden Open-Source-Daten verwendet. Da es sich im ersten Teil der Analyse um ein sehr großflächiges Gebiet handelt, reichen die grobauflösenden Open-Source-Daten für eine erste Ausweisung der Flächen für Ober- und Unterbecken aus. Für die genauere Identifizierung eines Speicherbeckenstandorts wurden anschließend höher auflösende Daten vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz verwendet.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die in den jeweiligen Analyseschritten verwendeten Daten.

Tabelle 3: Verwendete Daten zur Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk

Analyseschritt	Informationen	Datensatz	Maßstab/ Auflösung	Datenquelle
Ermittlung des potentiellen Untersuchungsgebiets für die Flächenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Landesgrenze Niedersachsen 	Vektordaten	keine Angabe	Open Street Map
	<ul style="list-style-type: none"> Siedlungsbereiche und Infrastruktur 	Vektordaten	M: 1:250.000	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)
	<ul style="list-style-type: none"> Naturschutzgebiete EU-Vogelschutzgebiete FFH-Gebiete 	Vektordaten	keine Angabe	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	<ul style="list-style-type: none"> Wasserschutzgebiete 	Vektordaten	M: 1:250.000	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)

Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken	<ul style="list-style-type: none"> • Höhenmodell 	Rasterdaten	Gitterweite: 200 m	Digitales Geländemodell (DGM 200)
Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte für Ober- und Unterbecken				
Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Speicherbecken sowie die Ermittlung eines Beckenpendants.	<ul style="list-style-type: none"> • Höhenmodell 	Rasterdaten	Gitterweite: 25 m	ATKIS: Digitales Geländemodell (DGM25)
	<ul style="list-style-type: none"> • Boden 	Vektordaten	M: 1:1.000.000	Bodenübersichtskarte (BÜK1000)
	<ul style="list-style-type: none"> • Leitung • Straßen • Bahntrassen 	Vektordaten	M: 1:250.000	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)

2.1.2 Potentielle Flächen für den Bau von Speicherbecken in Niedersachsen

Die folgenden Unterpunkte beschreiben die Vorgehensweise zur Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken. Bei dem Ergebnis handelt es sich um Gebiete in denen Ober- oder Unterbecken gebaut werden können. Dabei wird es sich lediglich um die Aussage handeln, dass wenn ein Oberbecken in einem der ausgewiesenen Gebiete gebaut wird auch ein dazugehöriges Unterbecken gebaut werden kann und umgekehrt. Dazugehörig beschreibt in dem oben genannten Fall das Erfüllen der, in der Analyse angegebenen, Mindestfallhöhe und das Erfüllen der Unterschreitung des maximalen horizontalen Abstandes.

2.1.2.1 Anforderungen an die Landschaft

Ausschlusskriterien

Für die Standortermittlung von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen werden im Vorfeld Ausschlusskriterien definiert. Die Ausschlusskriterien sollen helfen Gebiete zu identifizieren in denen der Bau von Pumpspeicherwerken rechtlich nicht möglich oder nur sehr schwer umsetzbar ist. Diese Ausschlusskriterien werden hauptsächlich durch Literaturrecherche ermittelt. Mit Hilfe der Ausschlusskriterien werden Gebiete definiert, welche sofort aus der weiteren Analyse ausgeschlossen werden können; so genannte Ausschlussgebiete.

Die Ausschlusskriterien und dadurch auch die Ausschlussgebiete können je nach Anforderungen des Nutzers an den Standort variieren. Eine Analyse ist allerdings auch ohne die vorherige Definition von Ausschlusskriterien möglich. In dem Fall wird das gesamte Untersuchungsgebiet analysiert.

Geländeanforderungen

Um den Bau eines Pumpspeicherwerks realisieren zu können, muss die Landschaft gewisse Geländeanforderungen erfüllen. Diese Geländeanforderungen werden mithilfe von Literaturrecherchen und der Analyse bereits bestehender und geplanter Pumpspeicherwerke definiert. So muss definiert werden, wie hoch die Fallhöhe zwischen den Speicherbecken mindestens sein soll und wie weit die

Becken maximal horizontal voneinander entfernt sein dürfen (siehe Abb. 7). Durch diese Geländebedingungen können Flächen identifiziert werden, die für den Bau von Pumpspeicherwerken (mit ebendiesen Anforderungen) geeignet sind.

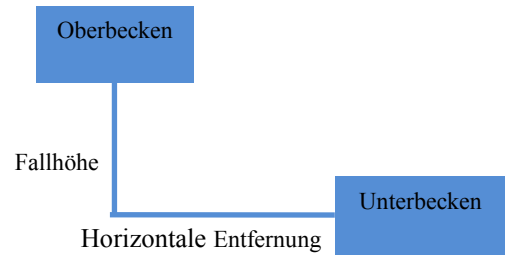


Abbildung 7: Zu definierende Geländebedingungen

2.1.2.2 Potentielles Untersuchungsgebiets für die Flächenanalyse

Mit Hilfe der vorher definierten Ausschlusskriterien wird ein potentielles Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse ermittelt, indem die Ausschlusskriterien auf das Untersuchungsgebiet „Niedersachsen“ übertragen werden. Das dadurch ermittelte potentielle Untersuchungsgebiet bildet ab diesem Punkt die Grundlage für alle weiteren Flächen- und Standortermittlungen im Zuge dieser Analyse.

Die Ermittlung des Untersuchungsgebiets erfolgt dabei in Form einer Vektordatenanalyse durch die Verwendung des Programms ArcGIS 10.1. Dabei werden anhand der Attribute zuerst alle Gebiete identifiziert, die laut den zuvor ermittelten Ausschlusskriterien für den Bau nicht in Frage kommen. Die Gebiete werden selektiert und anschließend extrahiert und als Ausschlussflächen gespeichert. Nach dem Zusammenführen aller Ausschlussflächen können diese aus dem gesamten Untersuchungsgebiet Niedersachsen herausgeschnitten werden. Dadurch entsteht ein Feature Layer welches das potentielle Untersuchungsgebiet enthält.

Das soeben erzeugte Feature Layer mit dem potentiellen Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse muss anschließend auf ein Höhenmodell übertragen werden. Das heißt, es müssen aus dem Höhenmodell (Rasterdatei) von Niedersachsen die Gebiete gelöscht werden, die nicht für den Bau von Pumpspeicherwerken in Frage kommen. Dies ist notwendig, da die Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken auf einer Rasterdatenanalyse basiert. Die Rasterdatei muss bei der Analyse die Ausdehnung des potentiellen Untersuchungsgebiets enthalten sowie die dazugehörigen Höheninformationen. Die so erzeugte Rasterdatei bildet die Grundlage und die Input-Datei für alle weiteren Verfahrensschritte.

2.1.2.3 Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken

Die vorher definierten Geländebedingungen werden in diesem zweiten Verfahrensschritt auf das zuvor identifizierte Untersuchungsgebiet angewendet und so potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ermittelt. Das heißt, es werden die potentiellen Flächen ermittelt bzw. Rasterzellen identifiziert, welche in dem vorher definierten Umkreis (maximale horizontale Entfernung der Speicherbecken) die geforderte Mindestfallhöhe aufweisen. Im ersten Schritt wird dafür das ArcGIS Tool „Focal Statistic“ verwendet. Dieses Tool führt eine Nachbarschaftsanalyse für einen angegebenen Umkreis durch und erzeugt eine neue Rasterdatei, in welcher jedem Pixel die

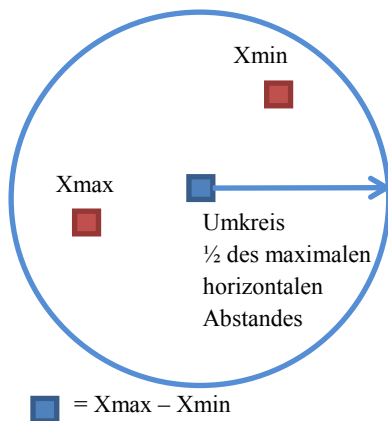


Abbildung 8: Funktionsprinzip der Tools "Focal Statistic" - Range

Differenz (Range) zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert innerhalb des angegebenen Umkreises zugeschrieben wird (siehe Abb. 8). Dabei ist zu beachten, dass bei der Nachbarschaftsanalyse alle Werte im Umkreis des Mittelpunkts einbezogen und in Beziehung gesetzt werden und nicht die Beziehung zum Mittelpunkt (Pixel) selbst analysiert wird. Daher wird bei der Analyse als Größe des Umkreises die Hälfte der maximalen horizontalen Entfernung angegeben. Dadurch soll eine Überschreitung der maximalen horizontalen Entfernung verhindert werden. Anschließend können die Flächen (Pixel) extrahiert werden, denen eine Höhendifferenz gleich oder größer der gewünschten Fallhöhe zugeschrieben wurden. Diese Flächen müssen anschließend mit einem Buffer von $\frac{1}{2}$ des maximalen horizontalen Abstandes (gleich dem Umkreis der Focal Statistics Eingabe) umgeben werden. Grund dafür ist, wie bereits erwähnt, dass bei der Nachbarschaftsanalyse (Focal Statistics) alle Werte im Umkreis des Mittelpunkts einbezogen und in Beziehung gesetzt werden und nicht die Beziehung zum Mittelpunkt (Pixel) analysiert wird. Ohne den Buffer könnten dadurch Gebiete verloren werden, welche für das Erreichen der Mindestfallhöhe notwendig sind.

Durch diesen zweiten Verfahrensschritt lassen sich Gebiete identifizieren, in denen der Bau von PSW mit der gewünschten Fallhöhe und der maximalen horizontalen Entfernung tendenziell möglich ist. Das Ergebnis beinhaltet allerdings noch keine genaueren Angaben über die potentiellen Standorte für Ober- oder Unterbecken.

2.1.2.4 Potentielle Speicherbeckenstandorte für Ober- und Unterbecken

Da im vorangegangenen Schritt lediglich die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ermittelt wurden muss nun identifiziert werden, in welchen Gebieten

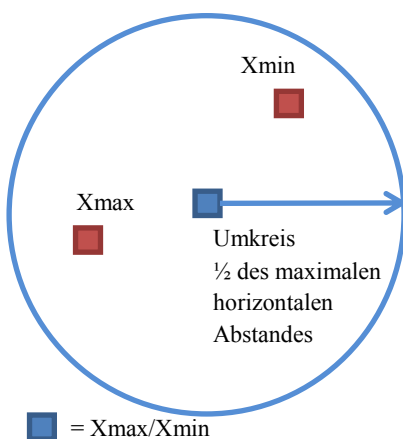


Abbildung 9: Funktionsweise des Tools "Focal Statistic" - Minimum/Maximum

Oberbecken und in welchen Gebieten Unterbecken gebaut werden können. Dafür werden erneut mit Hilfe des Tools „Focal Statistic“ die Nachbarschaftsbeziehungen im angegebenen Umkreis analysiert. „Focal Statistic“ wird in diesem Fall verwendet, um sowohl den höchsten als auch den niedrigsten Punkt (Pixelwert) im angegebenen Umkreis zu ermitteln (siehe Abb. 9). Durch die Ermittlung des höchsten und des niedrigsten Wertes ist es anschließend möglich jeweils die Gebiete für Ober- und Unterbecken zu identifizieren. Dafür werden die beiden soeben erstellen Rasterdateien in Vektordateien (Point Layer) umgewandelt und eine

Attributspalte hinzugefügt, in der die Mindesthöhe für ein Oberbecken, beziehungsweise die Maximalhöhe für ein Unterbecken eingetragen wird. Mindesthöhe bedeutet, dass ein Oberbecken an einem bestimmten Punkt auf oder über einer bestimmten Höhe liegen muss, um den Bau eines dazugehörigen Unterbeckens mit der Mindestfallhöhe innerhalb des maximalen horizontalen Umkreises realisieren zu können. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass ein Unterbecken nicht über einer bestimmten Höhe liegen darf, um einen ausreichenden Höhenunterschied (Mindestfallhöhe) zwischen den Becken realisieren zu können. Die Mindesthöhe für ein Oberbecken berechnet sich dabei aus dem niedrigsten Punkt plus die Mindestfallhöhe. Die Maximalhöhe für ein Unterbecken hingegen aus dem höchsten Punkt abzüglich der Mindestfallhöhe (siehe Abb. 10). Über oder unter diesen Höhenwerten ist der Bau mit der gewünschten Fallhöhe nicht möglich.

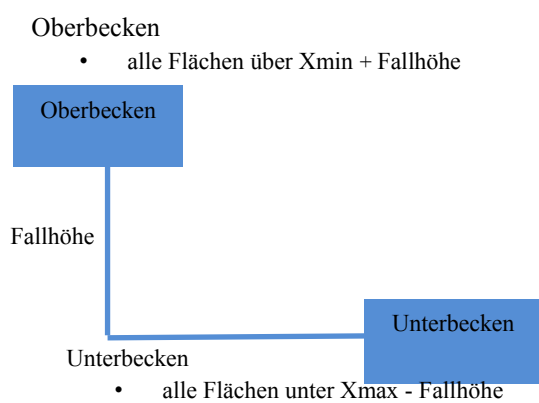


Abbildung 10: Berechnung der Mindesthöhe und Maximalhöhe

Um anschließend potentielle Gebiete für Unter- und Oberbecken zu identifizieren müssen für jeden Punkt alle Flächen selektiert werden, die im gewählten Umkreis (maximale horizontale Entfernung) entweder unter der Maximalhöhe der Unterbecken liegen und dadurch potentielle Flächen für den Bau von Unterbecken darstellen oder umgekehrt, alle Flächen, die über der Mindesthöhe der Oberbecken liegen und dadurch potentielle Flächen für den Bau von Oberbecken darstellen. Für die Selektion

wurde die Rasterdatei des Untersuchungsgebiets in Polygone umgewandelt, welche die benötigten Höheninformationen für die Selektion enthalten.

Bei dem Endergebnis handelt es sich um zwei Vektordateien. Die Vektordateien enthalten Informationen darüber, in welchen Gebieten Ober- und Unterbecken gebaut werden können. Dabei handelt es sich lediglich um die Aussage, dass wenn ein Oberbecken in einem der ausgewiesenen Gebiete gebaut wird auch ein dazugehöriges Unterbecken gebaut werden kann und umgekehrt. Dazugehörig beschreibt in dem oben genannten Fall das Erfüllen der, in der Analyse angegebenen, Mindestfallhöhe und das Erfüllen der Unterschreitung des maximalen horizontalen Abstandes.

2.1.2.5 Automatisierung der Ermittlung potentieller Speicherbeckenstandorte durch ArcGIS

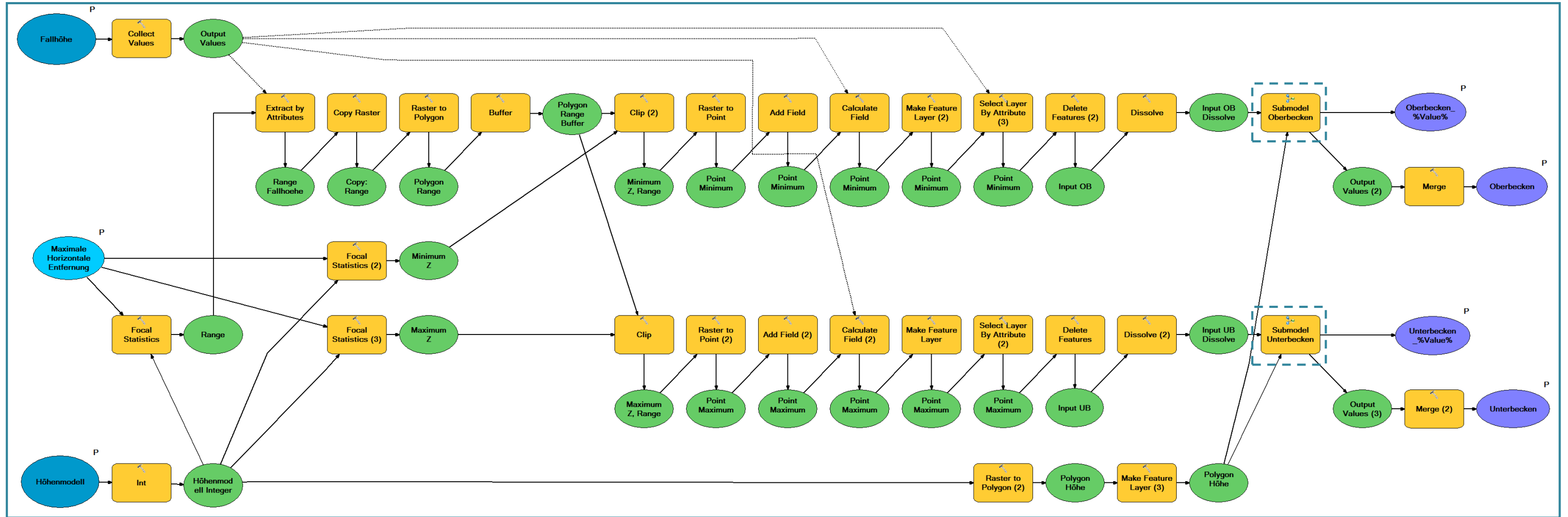
Model Builder

Um einen erheblichen Mehrwert zu schaffen wurden die vorangegangenen Verfahrensschritte mithilfe des ArcGIS Model Builders automatisiert (siehe Abb. 11). Durch diese Automatisierung kann die gesamte Analyse auf jedes beliebige Gebiet übertragen werden. Es können potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken mit beliebigen Geländebedingungen (Fallhöhe, maximale horizontale Entfernung), sowie potentielle Speicherbeckenstandorte ermittelt werden. Die Oberfläche des Tools ist

so angelegt, dass lediglich das potentielle Untersuchungsgebiet, welches im Vorfeld durch die Anwendung der Ausschlusskriterien erstellt wurde, als Rasterdatei mit den Höhenwerten, sowie Fallhöhe und maximale horizontale Entfernung als Inputwerte eingegeben werden müssen. Dies ermöglicht eine einfache und schnelle Übertragung der Analyse auf beliebige andere Gebiete und die Möglichkeit der Änderung der Fallhöhe oder des maximalen horizontalen Abstandes.

Das Model enthält dabei Tools, welche in den Verfahrensschritten nicht erwähnt wurden. So zum Beispiel „Integer“ oder „Make Feature Layer“. Bei diesen Tools handelt es sich um Analyseschritte, welche entweder nicht immer notwendig sind oder es handelt sich um Tools, die bei der Analyse durch ein Model benötigt werden. „Integer“ zum Beispiel wandelt Rasterdaten mit Float Werten in Rasterdaten mit Integer Werten um. Dies ist notwendig, da bei der Nachbarschaftsanalyse durch das Tool „Focal Statistics“ Integer Werte als Input benötigt werden. Das Tool „Integer“ wurde also integriert um es dem Nutzer zu ermöglichen auch Rasterdateien (Höhenmodell) mit Float Werten zu verwenden. „Make Feature Layer“ hingegen ist notwendig um Selektionen auf Grundlage vorher erstellter Feature Layer zu ermöglichen; es speichert zwischenzeitlich die Datei. Für die Selektionen zur Identifizierung der Flächen für den Bau von potentiellen Oberbecken sowie der Flächen für den Bau potentieller Unterbecken wurden zwei Submodels entworfen. In den Submodels läuft die Selektion durch das Tool „Feature Iteration“ über alle Attributwerte und nimmt die Selektionen automatisch vor und speichert das Ergebnis als sogenannten Output. Am Ende werden die Outputs per „Merge“ zusammengeführt um somit dem Anwender ein Feature Layer mit den potentiellen Flächen für den Bau von Oberbecken und ein Feature Layer mit den potentiellen Flächen für den Bau von Unterbecken zur Verfügung zu stellen.

Mainmodell zur Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken



Submodell zur Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken

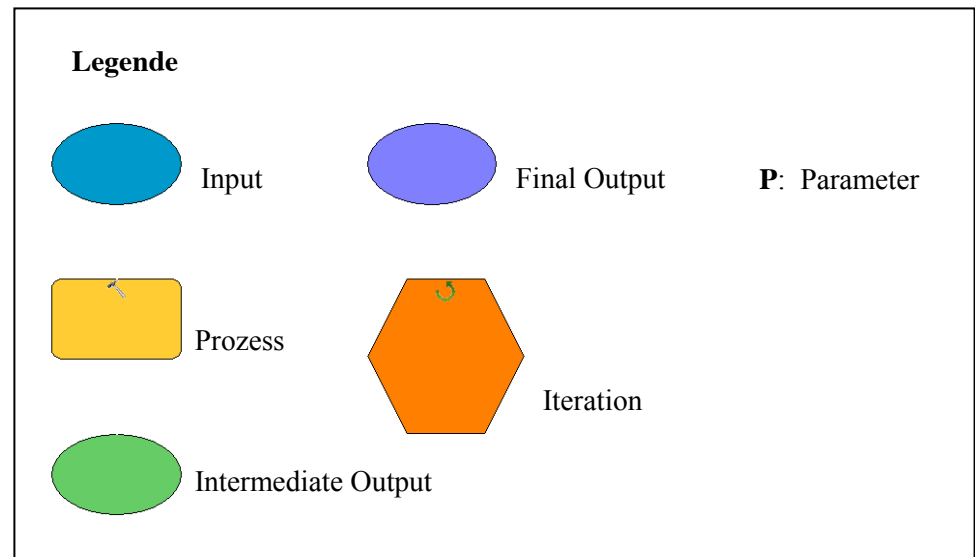
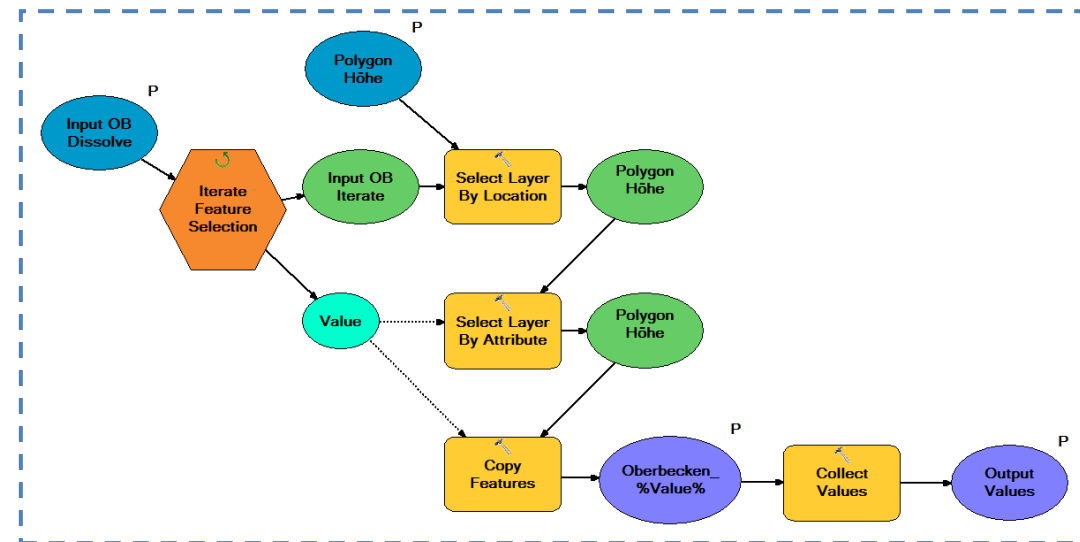


Abbildung 11: Model zur Ermittlung potentieller Flächen für Speicherbecken

2.1.3 Potentielle Pumpspeicherwerkstandorte in Niedersachsen

Die folgenden Unterpunkte beschreiben die Vorgehensweise zur Ermittlung eines potentiellen Pumpspeicherwerkstandortes. Durch die Analyse ist es zum Schluss möglich, einen Standort für ein Oberbecken zu definieren, sowie den Standort für ein dazugehöriges Unterbecken.

2.1.3.1 Anforderungen an den Standort

Bei der Identifizierung eines potentiellen Beckenstandortes kann es dazu kommen, dass weitere Anforderungen erfüllt werden müssen, welche im ersten Teil der Analyse gegebenenfalls nicht berücksichtigt oder abgeschichtet wurden. Diese Anforderungen sollen dazu dienen, den Bau des Speicherwerks zu ermöglichen oder zu vereinfachen. Die gewählten Anforderungen und Kriterien sind vom Nutzer abhängig und können, da es sich um eine personalisierte Untersuchung handelt, ebenso frei gewählt werden, wie die Ausschlusskriterien oder die Geländeansforderungen. Bei den zusätzlichen Anforderungen kann es sich um Anforderungen handeln, welche computergestützt aus den potentiellen Flächen für den Bau von Speicherbeckenstandorten herausgeschnitten werden können oder um Anforderungen, die manuell und mit menschlichem Einschätzungsvermögen angewendet werden müssen. Wird ein potentielles Ober- oder Unterbecken definiert und digitalisiert, müssen anschließend die Flächen für das zugehörige Pendant (mit denselben Anforderungen) ermittelt werden.

2.1.3.2 Ermittlung eines Speicherbeckenstandortes

Damit das Pumpspeicherwerk letztendlich die Geländeansforderungen erfüllt muss es sich innerhalb der ermittelten potentiellen Flächen für Speicherbeckenstandorte befinden. Für die Ermittlung eines Speicherbeckenstandortes werden die potentiellen Flächen zum Bau von Oberbecken oder Unterbecken untersucht und die neuen Anforderungen an den Standort auf ebendiese Flächen übertragen. Zuerst werden alle Flächen, die die Anforderungen nicht erfüllen per ArcGIS zusammengeführt und aus den potentiellen Flächen herausgeschnitten. Anforderungen, die menschliches Einschätzungsvermögen erfordern, müssen manuell auf die Flächen übertragen werden. Schlussendlich muss ein Speicherbeckenstandort (Ober- oder Unterbecken) definiert und digitalisiert werden, um im nächsten Schritt Flächen für ein dazugehöriges Speicherbecken zu ermitteln.

2.1.3.3 Ermittlung der Flächen für ein Speicherbeckenpendant

Der im vorangegangenen Schritt ermittelte Speicherbeckenstandort wird nun als Input für die Ermittlung der Flächen für das dazugehörige Becken verwendet.

Die Ermittlung zusammengehöriger Speicherbeckenstandorte findet mit Hilfe von ArcGIS 10.1 statt. Bei der Ermittlung der Flächen für ein zugehöriges Speicherbeckenpendant wird die Höhenlage des Input-Beckens und die Flächengröße berücksichtigt, um die Mindestfallhöhe zu realisieren und die Größe der Becken und damit das Beckenvolumen annähernd gleich halten zu können (siehe Abb. 12).

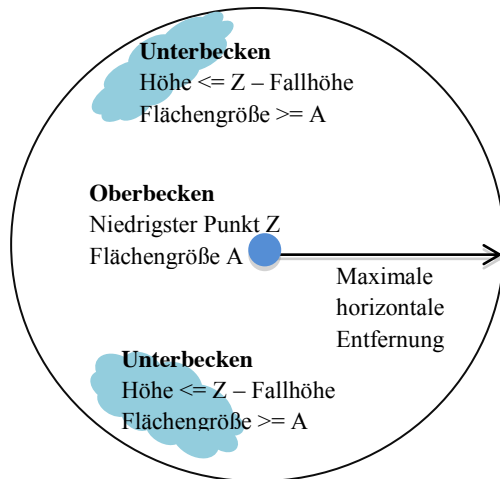


Abbildung 12: Selektionsprinzip für die Ermittlung potentieller Flächen für den Bau eines Speicherbeckens

Im ersten Schritt wird dem Input-Becken mit Hilfe des Tools „Add Surface Information“, durch die Überlagerung des Höhenmodells mit dem Beckenstandort, ein Höhenwert zugewiesen. Dabei wird einem Oberbecken der niedrigste Wert innerhalb der Fläche und dem Unterbecken der höchste Wert der Fläche zugewiesen. So wird sichergestellt, dass auf jeden Fall die Mindestfallhöhe zwischen den Speicherbecken erreicht wird. Anschließend wird daraus die Maximalhöhe eines zugehörigen Unterbeckens zu einem Oberbecken, beziehungsweise die Mindesthöhe eines zugehörigen Oberbeckens zu

einem Unterbecken berechnet. Die Mindesthöhe der Oberbecken ergibt sich dabei aus dem Höhenwert des Input-Unterbeckens zuzüglich der Mindestfallhöhe, während sich die Maximalhöhe für die dazugehörigen Unterbecken aus dem Höhenwert des Oberbeckens abzüglich der Mindestfallhöhe ergibt (vgl. Kap. 3.1.2.4). Die anschließende Identifizierung basiert hauptsächlich auf Selektionen. Für ein zugehöriges Unterbecken für ein Input-Oberbecken werden alle Flächen in einem Umkreis des maximalen horizontalen Abstands selektiert, die unter dem niedrigsten Punkt abzüglich der Mindestfallhöhe (gleich der Maximalhöhe) liegen. Für ein zugehöriges Oberbecken zu einem Input-Unterbecken werden hingegen alle Flächen selektiert, die über dem höchsten Punkt zuzüglich der Mindestfallhöhe (gleich der Mindesthöhe) liegen. Abschließend werden alle Flächen, kleiner der Flächengröße des Inputbeckens, entfernt. Das Ergebnis ist eine Vektordatei mit Flächen, auf denen ein dazugehöriges Speicherbecken, mit Erfüllung der Geländeanforderungen gebaut werden könnte.

2.1.3.4 Automatisierung der Ermittlung der Flächen für ein Speicherbeckenpendant

Die Analyse zur Ermittlung zusammengehöriger Speicherbeckenstandorte wurde ebenfalls mit Hilfe des Model Builders automatisiert (siehe Abb. 13). Ziel ist es, dem Anwender die Möglichkeit zu geben, den Standort des Eingabebeckens variieren zu können und ohne großen Mehraufwand die neuen zugehörigen Flächen zu ermitteln. So können im Falle des Verlegens des Input-Beckens innerhalb kürzester Zeit neue Flächen für das Pendant gefunden werden.

Die Voraussetzung dabei ist, dass der Standort für ein Speicherbecken (Ober- oder Unterbecken) als Polygon digitalisiert vorliegt und als „Input“ für die Ermittlung der Flächen für das zugehörige Becken dient. Zusätzlich werden für die Identifizierung der potentiellen Flächen das Geländemodell, die

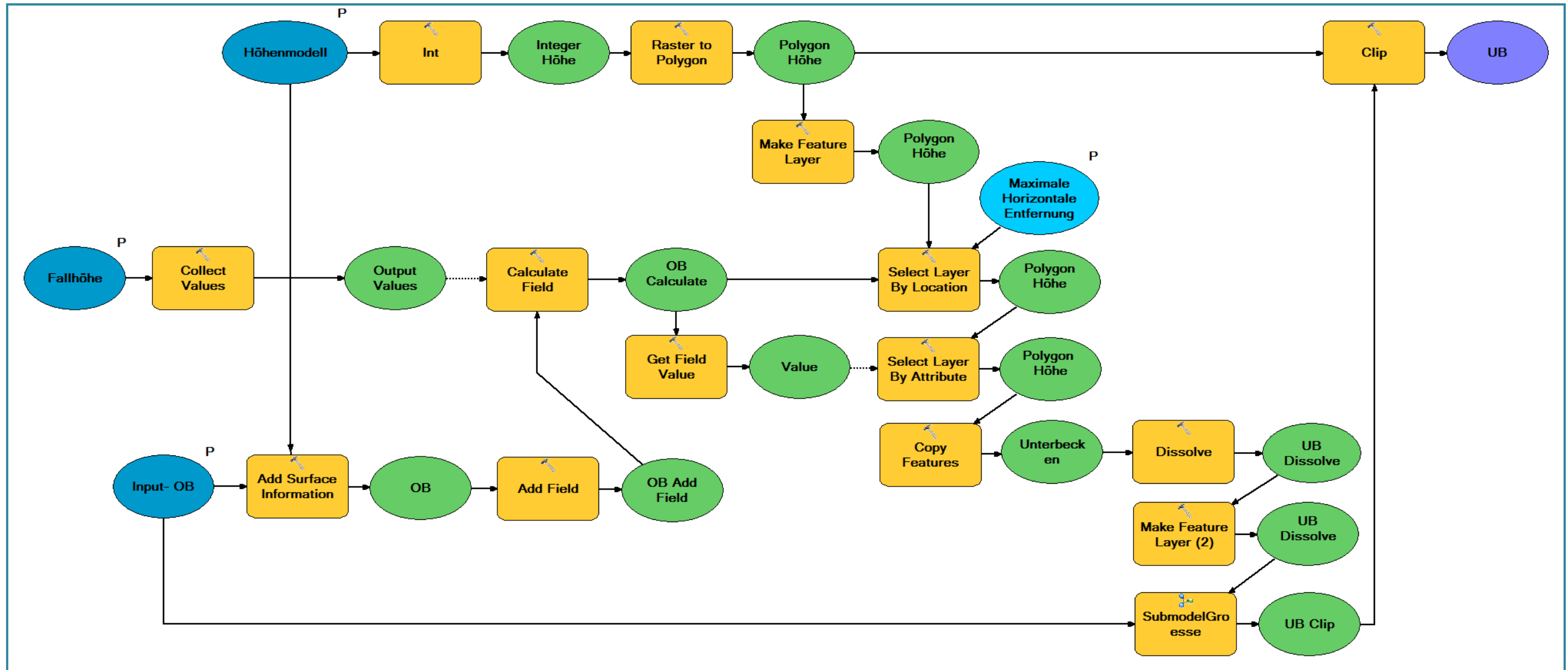
Mindestfallhöhe sowie die maximale horizontale Entfernung der Speicherbecken benötigt. Das Tool ermöglicht es durch die Eingabe der Daten potentielle Flächen für den Bau des dazugehörigen Speicherbeckens automatisch zu identifizieren. Bedingungen hierbei sind auch, dass das digitalisierte Becken (Input) innerhalb der potentiellen Flächen für den Bau von Speicherbeckenstandorten liegt und dass die gewählten Parameter für Mindestfallhöhe und maximalen horizontalen Abstand denen der Flächenanalyse entsprechen oder darunter liegen. Als Output erscheinen dann alle Flächen, in denen ein zugehöriges Becken mit Erfüllung der Gelände- und Flächenanforderungen gebaut werden kann. Sollten die genannten Bedingungen nicht erfüllt sein, kann es vorkommen, dass ein leerer Output generiert wird.

Wie bereits bei der Automatisierung der Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken kommt es zur Verwendung von Model Builder spezifischen Tools, die es ermöglichen, Daten oder Werte zwischen zu speichern und in einem nächsten Schritt wieder zu verwenden.

2.1.3.5 Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Pumpspeicherwerk

Die im vorangegangenen Schritt ermittelten Flächen für den Bau des zweiten Speicherbeckens müssen anschließend erneut untersucht werden. Wie im Schritt zur Ermittlung eines potentiellen Input-Beckens können bestimmte festgelegte Kriterien dazu dienen, einen passenden Unter- oder Oberbeckenstandort zu identifizieren. Anschließend kann das Gelände je nach Art der Verlegung der Triebwasserwege untersucht werden und eine Verlegung der Triebwasserwege definiert werden.

Mainmodell zur Identifizierung der Standorte



Submodell zur Identifizierung der Standorte

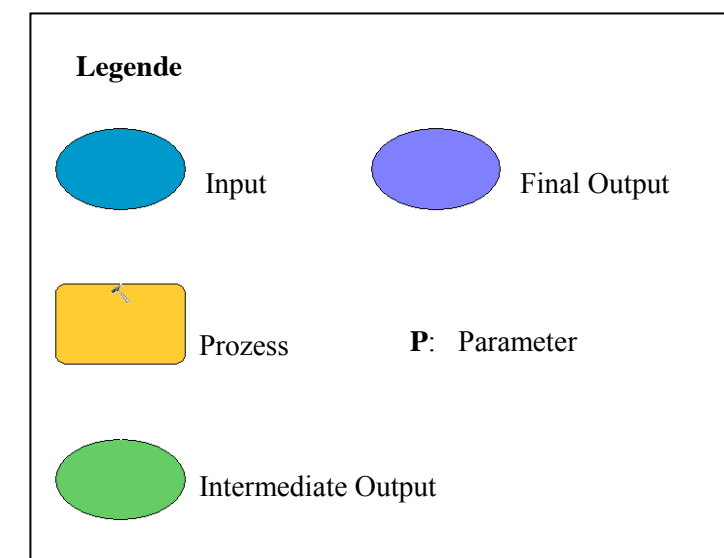
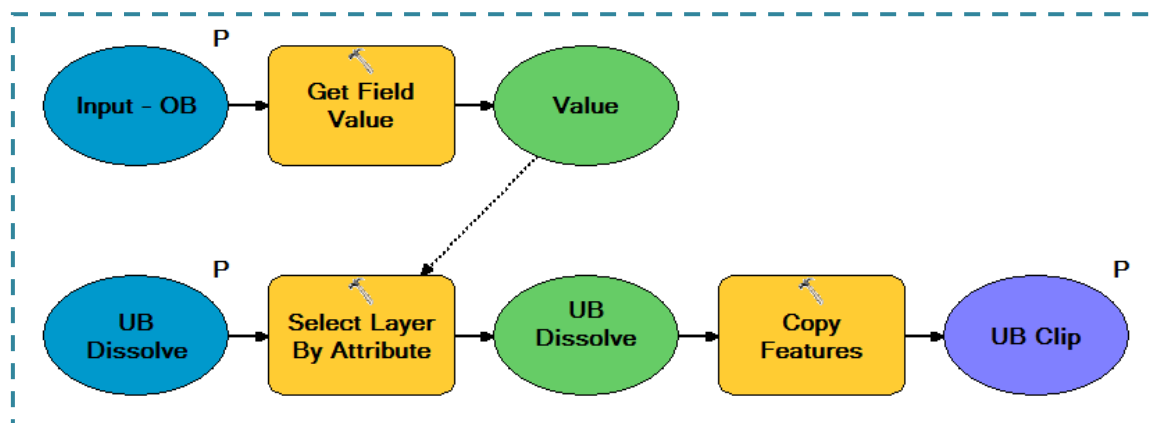


Abbildung 13: Model zur Ermittlung dazugehöriger Flächen für den Bau des zweiten Speicherbeckens

2.2 Ökologische Risikoanalyse

Der Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung gibt an, dass die gewählte Prognosemethode der Umweltwirkungen vom Abstraktionsgrad der vorhandenen Planung abhängig ist. Dabei können „insbesondere für abstrakte oder räumlich nicht verortete Planfestlegungen einfache Prognosetechniken in Form von verbalen Beschreibungen der von den Planfestlegungen ausgehenden Belastungen und der möglicherweise beeinträchtigten Schutzgüter oder Szenario-Beschreibungen sachgerecht sein“ (BALLA et al. 2010: 27). Eine Art dieser Analysen ist die Ökologische Risikoanalyse.

Bei der Ökologischen Risikoanalyse handelt es sich um ein weitgehend formalisiertes Untersuchungsverfahren, welches zur Grobabschätzung der Umweltauswirkungen bzw. der Beeinträchtigungen durch ein Vorhaben genutzt wird (VON HAAREN 2004: 63). Sie wird dabei meist zur Abschätzung der Wirkungen bei unvollständigen Informationen verwendet und berücksichtigt dabei die Belastungen, den Zustand von Natur und Landschaft sowie deren Empfindlichkeit gegenüber den Belastungen. Das Ergebnis – die Verschneidung von Belastung und Empfindlichkeit – der Risikoanalyse wird als ökologische Risikoeinschätzung bezeichnet (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 1988: 52). Das ökologische Risiko soll dabei plausibel und verbal begründet und tabellarisch aufbereitet werden (SCHOLLES 2008: 476).

Grundsätzlich folgt das Prinzip der Ökologischen Risikoanalyse dem Zusammenhang Verursacher-Auswirkung-Betroffener und somit den Stufen des DPSIR Modells (siehe Abb. 14) (VON HAAREN 2004: 98). Das Modell beschreibt dabei eine kausale Kette von Wirkungszusammenhängen.



Abbildung 14: DPSIR-Modell

Driving Force (Treibende Kräfte): die treibende Kraft bzw. das Vorhaben, welches Druck auf die Umwelt ausübt

Pressures (Belastungen): Umweltbeeinträchtigungen, die durch die treibenden Kräfte entstehen

State (Zustand): der Zustand der Landschaft, welche den Beeinträchtigungen ausgesetzt ist

Impact (Auswirkungen): die Wirkungen durch die Beeinträchtigungen auf den Zustand von Natur und Landschaft

Responses (Reaktion): Reaktion auf die Umweltbelastungen/Maßnahmen

Im Zuge der Ökologischen Risikoanalyse wird die Wirkungsintensität der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben (Verursacher) mit der Empfindlichkeit der Schutzgüter (nach §2 Abs. 1 Satz 2 UVPG) gegenüber den Beeinträchtigungen verschnitten. Die Bewertung von Beeinträchtigungintensität und Beeinträchtigungsempfindlichkeit wird dabei mit Hilfe von Relevanzbäumen oder

Begründungstabellen hergeleitet. Die Bewertung von Intensität, Empfindlichkeit und ökologischen Risiken findet dabei meist auf einer drei- oder fünfstufigen Ordinalskala statt. Die Verschneidung von der Intensität der Beeinträchtigungen und der Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen erfolgt mit Hilfe einer erstellten Präferenzmatrix.

Die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, welche laut SCHOLLES (2008: 476) mit einbezogen werden soll, wird in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Grund dafür ist unter anderem, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht berechnet sondern lediglich abgeschätzt werden kann (BACHFISCHER 1978: 92 f.). Zudem würde eine Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit bei dieser Risikoanalyse einen falschen Eindruck über die Genauigkeit der Ergebnisse vermitteln, da es sich bei dem Vorhaben um eine eher abstrakte und räumlich nicht exakt verortete Planung handelt. Aus diesem Grund werden auch Beeinträchtigungintensität und Beeinträchtigungsempfindlichkeit lediglich auf einer dreistufigen Ordinalskala dargestellt, da eine genauere Einstufung (z.B. fünfstufige Skala) zum jetzigen Stand der Planung kaum möglich ist.

Für die Ermittlung des ökologischen Risikos wird zuerst das Vorhaben beschrieben. Anschließend werden die vom Vorhaben ausgehenden Beeinträchtigungen anhand erstellter Bewertungstabellen bewertet. Im nächsten Schritt wird die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den Beeinträchtigungen abgeschätzt. Im letzten Schritt werden Empfindlichkeit und Beeinträchtigung anhand der Präferenzmatrix verschnitten und so das ökologische Risiko ermittelt.

2.2.1 Datengrundlage

Die folgende Tabelle (4) gibt einen Überblick über die verwendeten Kriterien zur Erfassung der einzelnen Schutzgüter. Die Kriterien dienen dabei der Beschreibung des Ist-Zustands der Schutzgüter und der Erfassung der räumlichen Lage und daher auch der Ermittlung der Empfindlichkeiten und der Ermittlung des ökologischen Risikos.

Tabelle 4: Verwendete Daten zur Ermittlung des Ökologischen Risikos durch Pumpspeicherwerke

Schutzgut	Schutzgüter im Sinne von ökologischen Funktionen	Datenquelle
Mensch und menschliche Gesundheit	Siedlungs- und Wohnungsflächen	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)
	Industrie und Gewerbeflächen	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)
	Nutzungsform	LRP Goslar
	Vorranggebiet Rohstoffgewinnung	RROP Zweckverband Großraum Braunschweig
	Vorbehaltsgebiet Erholung	RROP Zweckverband Großraum Braunschweig
	Vorranggebiet ruhige Erholung	RROP Zweckverband Großraum Braunschweig
	Vorranggebiet Freiraumfunktion	RROP Zweckverband Großraum Braunschweig

	Wander- und Radwege	RROP Zweckverband Großraum Braunschweig
Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt	Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften	LRP Goslar
	Besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	Vorranggebiete Natura2000	RROP
	Für den Naturschutz wertvolle Bereiche	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	Biotopverbund	BfN
Boden	Leistungsfähigkeit Boden	LRP Goslar
Wasser	Grundwasser	LRP Goslar
	Oberflächenwasser	LRP Goslar
	Retentionsvermögen	LRP Goslar
	Wasserschutzgebiete	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)
Klima/Luft	Leistungsfähigkeit Klima/Luft	LRP Goslar
	Schwerpunktbereiche (Frischluftentstehungsgebiet, Schadstoffanreicherung)	LRP Goslar
Landschaft und landschaftsgebundene Erholung	Landschaftsschutzgebiete	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	Geschützte Landschaftsbestandteile	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	Naturpark	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
	Landschaftsbild	LRP Goslar
	Ruhe	LRP Goslar
Kultur- und sonstige Sachgüter	Historische Bauwerke oder historische Einrichtungen	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)
	Denkmalschutz (Kulturdenkmal, Bodendenkmal)	ATKIS: Digitales Landschaftsmodell (DLM 250)

2.2.2. Vorhabensbeschreibung

Für eine genaue Ermittlung der relevanten Umweltwirkungen wurde das Vorhaben (nach § 6 UVPG) im Hinblick auf

- Art und Umfang
- Standort
- Bedarf an Grund und Boden
- Art der (zu erwartenden, erheblichen, nachteiligen) Beeinträchtigungen

beschrieben. Die genaue Lage des Pumpspeicherwerks und die Lage der einzelnen Anlagenteile bilden die Grundlage für die Ökologische Risikoanalyse. Sie ermöglicht die Verortung der potentiellen Beeinträchtigungen durch das Vorhaben und so die Bewertung der Empfindlichkeit der betroffenen Schutzgüter gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen.

2.2.3 Beeinträchtigungsintensität durch das Vorhaben

Die potentielle Beeinträchtigungsintensität von Pumpspeicherwerken bewertet, wie stark das geplante Vorhaben mit den vorhabensspezifischen Wirkfaktoren auf die Schutzgüter wirkt. Unter Beeinträchtigungen „sind alle Einflüsse zu verstehen, die direkt oder indirekt von menschlichen Nutzungen ausgehen und Standorte bzw. Ökosysteme so verändern, dass deren optimale und nachhaltige Leistungsfähigkeit gemindert wird“ (BUCHWALD 1978: 27).

Die Beeinträchtigungen werden anhand der Intensität mit der sie wirken gewichtet. Diese Bewertung findet auf einer zuvor gewählten dreistufigen Skala (hoch-mittel-gering) statt. Bei der Bewertung der Beeinträchtigungsintensität wird die Reichweite, sowie die Dauer der Beeinträchtigungen berücksichtigt (siehe Tab. 5). Die Einteilung der Beeinträchtigungen in die Intensitätsklassen erfolgt dabei verbal-argumentativ.

Tabelle 5: Erläuterungen zu den Beeinträchtigungsintensitätsklassen

Intensitätsklasse	Intensität	Erläuterung
A	hoch	<ul style="list-style-type: none">Die Beeinträchtigung wirkt dauerhaft und flächenmäßig über einen Großteil der Anlage oder über die Anlage hinaus.
B	mittel	<ul style="list-style-type: none">Die Beeinträchtigung wirkt temporär und flächenmäßig über einen Großteil der Anlage oder über die Anlage hinaus.Die Beeinträchtigung wirkt dauerhaft und punktuell (flächenmäßig beschränkt).
C	gering	<ul style="list-style-type: none">Die Beeinträchtigung wirkt temporär und punktuell (flächenmäßig beschränkt).

2.2.4 Beeinträchtigungsempfindlichkeit der Schutzgüter

Die Beeinträchtigungsempfindlichkeit beschreibt die Empfindlichkeit der Schutzgüter gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen durch das geplante Vorhaben. Die Empfindlichkeit eines Schutzguts ist dabei abhängig von der „spezifischen, es bestimmenden Kombination von Eigenschaften, die bei dem Zusammentreffen mit speziellen Belastungsfaktoren, Funktionsbeeinträchtigungen bzw. Leistungsverlusten erwartet werden.“ (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT 1988: 53).

Im Zuge der Ermittlung der Beeinträchtigungsempfindlichkeit der einzelnen Schutzgüter (Mensch und menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Klima/Luft, Landschaft und landschaftsgebundene Erholung sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einschließlich ihrer Wechselwirkungen) wird zuerst die Leistung der Schutzgüter bzw. der Ist-Zustand der Schutzgüter untersucht. Dabei werden auch mögliche Vorbelastungen berücksichtigt. Dafür „sind [die Schutzgüter] zuerst einmal im Sinne ökologischer Funktionen des Naturhaushalts in einem bestimmten Raum zu definieren“ (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT o.J: 3). Die ökologischen Funktionen stehen dabei für wichtige Größen in komplexen Ökosystemen (ebd.).

Im Zuge dieser Ermittlung werden die ökologischen Funktionen zur Erfassung der Schutzgüter so gewählt, dass ihre Informationen verfügbar sind und kartographisch dargestellt werden können sowie

flächendeckend in gleicher Qualität für den Untersuchungsraum vorliegen, da eine Erfassung neuer Daten im Zuge dieser Arbeit nicht möglich ist. Durch den Abgleich der Ergebnisse des Ist-Zustands mit fachlichen Zielvorstellungen wurde anschließend die Beeinträchtigungsempfindlichkeit abgeleitet. Die Bewertung der Empfindlichkeit erfolgt auf einer dreistufigen Ordinalskala (hoch – mittel – gering). Die Empfindlichkeit beruht dabei auf Stabilitätsvorstellungen (SCHOLLES 2008: 476). Tabelle 6 veranschaulicht und erläutert die drei Empfindlichkeitsklassen. Die Einteilung der Schutzgüter in die Empfindlichkeitsklassen erfolgt dabei verbal-argumentativ.

Tabelle 6: Erläuterungen zu den Empfindlichkeitsklassen (nach SCHOLLES 2008: 476)

Empfindlichkeitsklasse	Empfindlichkeit	Erläuterung
A	sensibel, nicht oder schwer ersetzbar	Einwirkung führt zu nachhaltiger Veränderung. Eine Regeneration ist erst ab 15 Jahren möglich oder unmöglich
B	sensibel, bedingt ersetzbar	Einwirkung führt zu mittelfristigen Veränderungen. Das System benötigt bis zu 15 Jahre bis zur Regeneration
C	elastisch	Einwirkung führt lediglich zu kurzzeitiger Veränderung.
X	nicht relevant	Das Schutzgut ist von den Beeinträchtigungen nicht betroffen

2.2.5 Das ökologische Risiko

Ermittlung des ökologischen Risikos

Das ökologische Risiko wird mit Hilfe einer Präferenzmatrix ermittelt. Die Präferenzmatrix dient der Verschneidung und der Gegenüberstellung der Empfindlichkeitsklassen und der Intensitätsklassen (siehe Tab. 7). Die Aggregation von Empfindlichkeit und Intensität folgt dabei dem „Worst-Case-Prinzip“. Beim Aufeinandertreffen von zwei Wertstufen mit nur einer Wertstufe Abstand wird von dem größtmöglichen Risiko ausgegangen. Beim Aufeinandertreffen der Intensitätsklasse A mit der Empfindlichkeitsklasse B wird also von der größtmöglichen Wirkung ausgegangen und die Aggregationsgröße A gebildet.

Tabelle 7: Aggregation von Beeinträchtigungsempfindlichkeit und Beeinträchtigungsintensität/Präferenzmatrix

		Beeinträchtigungsintensität		
		A (hoch)	B (mittel)	C (gering)
Empfindlichkeit	A (sensibel, schwer ersetzbar)	A	A	B
	B (sensibel, bedingt ersetzbar)	A	B	B
	C (elastisch)	B	B	C

Darstellung des Ökologischen Risikos

Die Ergebnisse der Ökologischen Risikoanalyse werden für jede ökologische Funktion eines Schutzgutes separat in einer Tabelle dargestellt. Die tabellarische Darstellung soll dazu dienen, dem Leser einen schnellen Überblick zu liefern und die Nachvollziehbarkeit der Analyse erhöhen. Zusätzlich zu den Tabellen erfolgt die Darstellung des ökologischen Risikos in Form von Karten. Die Karten zeigen dabei die Überlagerungen von der Intensität und der Reichweite der Beeinträchtigungen und die Empfindlichkeit der ökologischen Funktionen gegenüber den Beeinträchtigungen. Bei einer Übereinstimmung von Intensität, Empfindlichkeit und der räumlichen Ausdehnung wurden die Beeinträchtigungen in einer Tabelle und Karte zusammengefasst.

Da es „nicht möglich [ist], Einzelbeeinträchtigungen zu einer Gesamtbeeinträchtigung zusammenzufassen“ (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT o.J: 15), fand eine Überlagerung der ökologischen Funktionen und die Bildung eines Gesamtrisikos für die einzelnen Schutzgüter nicht statt. Eine Überlagerung und Erstellung eines Gesamtrisikos kann zu Verallgemeinerungen führen und den Detailgrad der Analyse senken und gegebenenfalls sogar zu verkehrten Schlussfolgerungen führen (ebd.). Verallgemeinert wurde lediglich bei der Beschreibung der Wechselwirkungen, um die Komplexität zu erfassen und vereinfacht darstellen zu können.

Erläuterung des ökologischen Risikos

Die drei Risikoklassen (gering, mäßig, hoch) dienen dazu, die Auswirkungen in die drei Handlungsebenen - Sanierung, Gefahrenabwehr, Vorsorge - der Umweltpolitik zu unterscheiden (siehe Tab. 8). Die Sanierung tritt bei eingetretenen Beeinträchtigungen auf, die Gefahrenabwehr bei der Bedrohung durch Beeinträchtigungen, während die Vorsorge dazu dient Beeinträchtigungen gar nicht erst entstehen zu lassen (SCHOLLES 2008: 477f).

Tabelle 8: Erläuterungen der Risikoklassen (nach SCHOLLES: 478)

Risikoklasse	Bezeichnung	Erläuterung	Umweltpolitisches Ziel
A	hoch	Das Schutzgut wird irreversibel verändert, eine Gefährdung ist sicher	Sanierung
B	mittel	Beeinträchtigung des Schutzguts erkennbar, eine Gefährdung ist (sehr) wahrscheinlich	Gefahrenabwehr
C	gering	schleichende, nicht direkt erkennbare Gefährdung des Schutzguts	Vorsorge

2.2.6 Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen

Laut § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG sind nicht nur die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf die Schutzgüter vorgeschrieben, sondern auch die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern und dem Schutzgut „Kultur- und sonstige Sachgüter“ nicht berücksichtigt.

„Unter Wechselwirkungen (...) lassen sich erhebliche Auswirkungsverlagerungen und Sekundärwirkungen zwischen verschiedenen Umweltmedien und auch innerhalb dieser verstehen, die sich gegenseitig addieren, verstärken, potenzieren, aber auch vermindern bzw. sogar aufheben können.“ (BRÜNING et al 2001: 36). Die Wechselwirkungen sind dabei abhängig von den ökologischen und funktionalen Beziehungen der einzelnen Schutzgüter. Die Erfassung der Wechselwirkungen bildet die Prozesse und Funktionen ab, die ein Schutzgut innerhalb des Ökosystems erfüllt (ebd.).

Die Darstellung von Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern wird tabellarisch und vereinfacht stattfinden, da die komplexen Wechselwirkungen schwer zu erfassen und zu bewerten sind. Die Tabelle gibt dabei einen Überblick über die Beziehungen zwischen den Schutzgütern, sowie mögliche Wechselbeziehungen innerhalb eines Schutzguts.

3 ERGEBNISSE DER STANDORTERMITTLUNG

3.1 Anforderungen an die Landschaft

Im ersten Schritt wurden allgemeine Anforderungen an die Landschaft definiert. Dazu zählen Gegebenheiten, die den Bau eines Pumpspeicherwerks verhindern oder unmöglich gestalten können, wie zum Beispiel Schutzgebiete. Hinzu kommen bestimmte Geländeanforderungen, die für den Bau eines wirtschaftlich sinnvollen Pumpspeicherwerks erfüllt werden müssen. Die Anforderungen bilden die Grundlage für die Flächenanalyse und die Standortfindung.

3.1.1 Ausschlusskriterien

Literatur- und Internetrecherchen zeigen, dass der Bau von Pumpspeicherwerken oft schwer durchzusetzen ist, vor allem, wenn es sich bei dem Standort um konfliktgeladene Gebiete wie geschützte Bereiche handelt oder sie von den Menschen als (Nah-) Erholungsraum genutzt werden. Aus der Analyse ausgeschlossen wurden im Vorfeld daher alle Flächen, die ein erhöhtes Konfliktpotential bergen. Dies ist zwar grundsätzlich nicht notwendig um die Analyse durchzuführen, allerdings sollen dadurch schon im Vorfeld Umweltkonflikte vermieden werden und die Akzeptanz der Bürger erhöht werden. Es wurden alle Gebiete ausgeschlossen, die naturschutzrechtlich als „besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft“ ausgewiesen sind. Dabei handelt es sich um „Gebiete oder Objekte, die zur Erreichung bestimmter Schutzziele durch Gesetz oder einen Akt der Rechtsetzung unter besonderen Schutz gestellt sind“ (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ 2015: www). Zudem werden Siedlungsflächen und größere Infrastrukturbereiche (Autobahnen, Flugplätze etc.) aus der Analyse ausgeschlossen. Festzuhalten ist, dass nach der Analyse und der Ermittlung der potentiellen Flächen noch die Möglichkeit besteht, weitere Gebiete nachträglich aus den Ergebnissen zu entfernen oder so zu kennzeichnen, dass sie bei der Standortsuche nur bedingt berücksichtigt werden. So ist es zum Beispiel möglich nach der Ermittlung potentieller Flächen die Geologie und den Baugrund bei der Standortanalyse mit zu berücksichtigen, um so feststellen zu können, welche Gebiete möglicherweise für den Bau der Speicherbecken nicht geeignet sind oder der Bau nur mit erhöhtem technischen Aufwand möglich ist. Aufgrund ihres Schutzstatus' oder einer möglichen konkurrierenden Nutzung durch den Menschen werden folgende Gebiete von vornherein aus der Analyse ausgeschlossen:

- Naturschutzgebiete
- EU-Vogelschutzgebiete
- FFH-Gebiete
- Wasserschutzgebiete Zone 1
- Siedlungsflächen und Infrastruktur

Naturschutzgebiete (§23 BNatSchG)

Naturschutzgebiete sind „rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete, in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft (...) erforderlich ist“. Sie stellen einen sehr strengen Flächenschutz dar. Sämtliche Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung führen sind untersagt. Unter dieses Verbot fallen sämtliche Maßnahmen, die mit der Errichtung von Pumpspeicherwerken einhergehen (FICHTNER 2013: 10). Ausnahmen sind nur sehr selten möglich. Aus diesem Grund werden Naturschutzgebiete von vornherein aus der Analyse ausgeschlossen.

EU-Vogelschutzgebiete (EG-RL 79/409/EWG) / FFH-Gebiete (EG-RL 92/43/EWG)

Die gemäß Artikel 4 der EG-Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG ausgewiesenen Vogelschutzgebiete sowie die nach Richtlinie 92/43/EWG zur *Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen* als FFH-Gebiet ausgewiesenen Flächen sind Bestandteil des europäischen kohärenten Netzes Natura 2000. Gemäß §33 BNatSchG sind „alle Veränderungen und Störungen, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung (...) führen können unzulässig“ (§33 BNatSchG), wobei in einzelnen Fällen Ausnahmen zulässig sind. Da bei Pumpspeicherwerken von erheblichen Beeinträchtigungen ausgegangen werden kann (wenn auch nur Abschnittsweise) (Fichtner 2013: 10ff.) werden die EU-Vogelschutzgebiete sowie die FFH-Gebiete trotz möglicher Ausnahmen vorsorglich aus der Analyse ausgeschlossen.

Wasserschutzgebiete (§50-53 WHG, §91 NWG)

Die Ausweisung von Wasserschutzgebieten erfolgt, um Gewässer sowie das Grundwasser vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Laut §52 WHG sind in Wasserschutzgebieten bestimmte Handlungen verboten oder nur eingeschränkt zulässig. Wasserschutzgebiete können dabei in drei Schutzzonen mit unterschiedlichen Schutzstatus unterteilt werden (NLWKN 2015: www). Allgemein ist die Realisierung von Pumpspeicherwerken in Wasserschutzgebieten Zone 1 nur möglich, wenn sie den Schutzzweck (laut §52 WHG) nicht gefährden. Der Bau von Speicherbecken ist allerdings mit Maßnahmen verbunden, welche meistens in Wasserschutzgebieten, vor allem der Zone 1 verboten sind (FICHTNER 2013: 12). Daher bilden Wasserschutzgebiete der Zone 1 ein Ausschlusskriterium für die Flächenanalyse.

Siedlungsflächen und Infrastruktur

Auch Flächen mit einer konkurrierenden Nutzung, wie etwa Siedlungsflächen und Bereiche mit bestehender Infrastruktur, werden aus der Flächenanalyse ausgeschlossen, da Enteignungsmaßnahmen in den meisten Fällen aufgrund von Unverhältnismäßigkeiten wegfallen werden (FICHTNER 2013: 9). Während der Analyse ist allerdings aufgefallen, dass Straßen, auch Autobahnen und Bundesstraßen und Eisenbahntrassen nicht als Ausschlussflächen integriert werden können. Das liegt daran, dass die Analyse auf Rasterdaten mit einer Gitterweite von 200 m stattfindet und dadurch die Straßen aufgrund

ihrer Breite von unter 200 m bei der Analyse wegfallen beziehungsweise nicht berücksichtigt werden würden. Daher werden die Straßen und die Bahntrassen auf den späteren Analysepunkt der Ermittlung eines potentiellen Standortes für Pumpspeicherwerke abgeschichtet.

3.1.2 Geländeanforderungen

Die Literaturrecherchen haben ergeben, dass die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken größtenteils von der speicherbaren potentiellen Energie abhängt. Die speicherbare potentielle Energie ist dabei abhängig von der Menge des gespeicherten Wassers sowie von der Fallhöhe und der maximalen horizontalen Entfernung. In einer Studie aus dem Jahr 2011 von HEINZ & SCHLENKHOFF wird die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken mit geringen Fallhöhen und einer Leistung um 50 MW betrachtet (vgl. HEINZ & SCHLENKHOFF 2011b). Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit kleiner Anlagen unter 50 MW Leistung mit der bestehenden Technik nicht gegeben ist. Für die weitere Ermittlung der Geländeanforderungen wurde also das Ziel verfolgt Größen (Fallhöhe, Beckengröße horizontale Entfernung) zu finden, die eine Leistung des Pumpspeicherwerks über 50 MW ermöglichen und so die Wirtschaftlichkeit gewährleisten. Um die benötigten Größen definieren zu können wurden anschließend geplante PSW betrachtet, da hierbei davon ausgegangen werden kann, dass sie auf dem neuesten oder sehr hohen Stand der Technik entwickelt wurden. Im Moment befinden sich in Deutschland zwei Pumpspeicherwerke im Ausbau und zwölf im Neubau. Bei den im Neu- und Ausbau befindlichen Anlagen liegt die Leistung nur bei zwei Anlagen unter 50MW (BAUER et al. 2012: 54). Das kleinste PSW, welches eine Leistung von über 50 MW bietet ist das Pumpspeicherwerk Blautal. Die geplante Turbinenleistung des PSW Blautal beträgt 60 MW. Das Bauwerk hat eine Fallhöhe von 162 m und ein Speichervolumen von mindestens 1,2 Mio. m³ und einen Flächenbedarf von 17 ha (welcher erst bei der Standortanalyse berücksichtigt wird (vgl. Kap. 2.1.3) (PSW-BLAUTAL 2015: www). Daher wird die folgende Analyse mit einer Mindestfallhöhe von 170 m durchgeführt. Die maximale horizontale Entfernung der Becken ist nicht angegeben. Laut einer Potentialanalyse durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (Achatz & Reil 2014) kann allerdings davon ausgegangen werden, dass horizontale Entfernungen der Becken von mehr als 5000 m weniger wirtschaftlich sind, weshalb als Parameter für die maximale horizontale Entfernung 5000 m gewählt wurde. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Anforderungen.

Tabelle 9: Definierte Geländeanforderungen für die Flächenanalyse

Geländeanforderungen	Parameter
Installierte Leistung	mind. 50 MW
Mindestfallhöhe	170 m
Maximale horizontale Entfernung	5.000 m

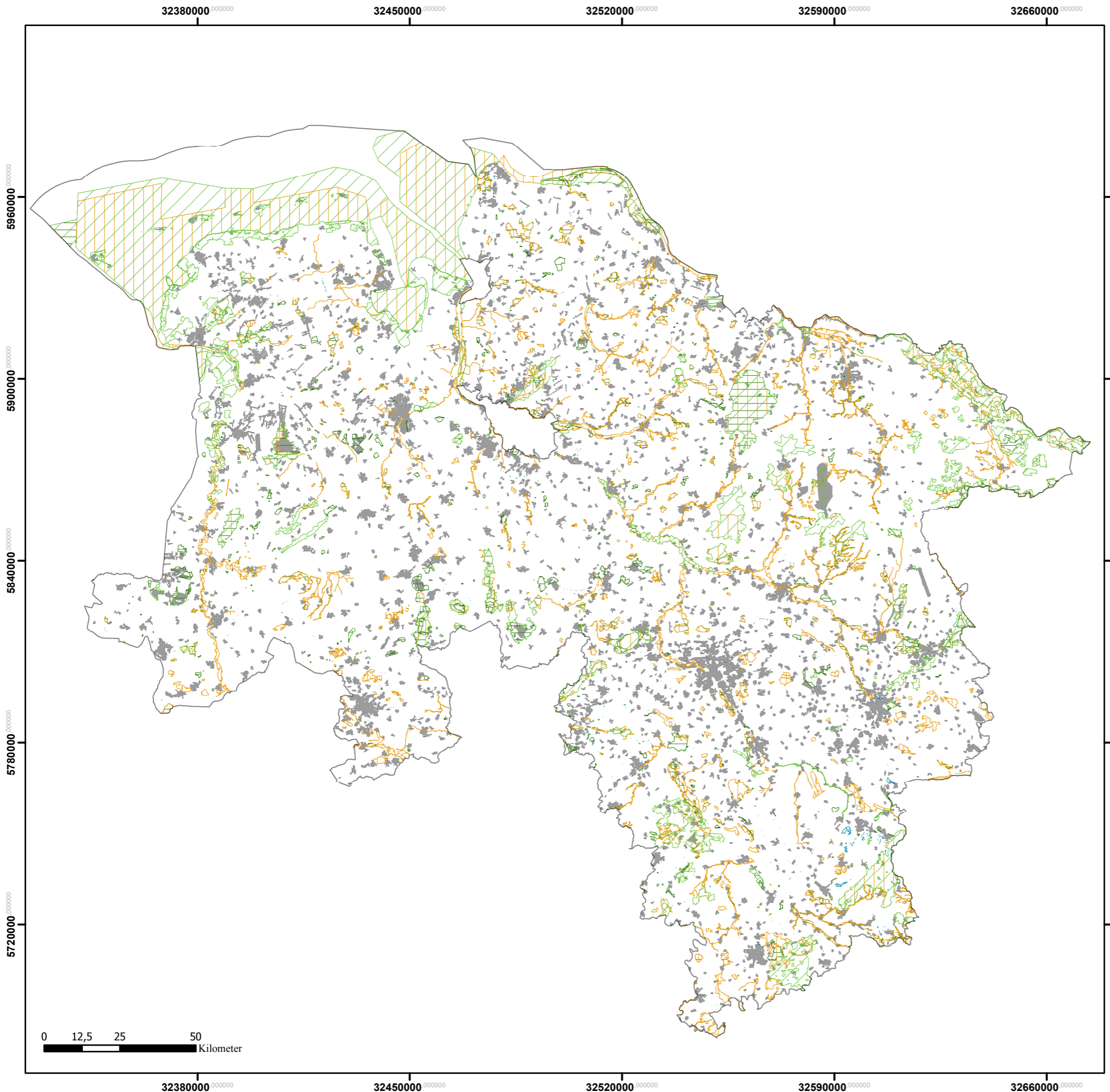
3.2 Potentielles Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse

Durch die Anwendung der Ausschlusskriterien auf das Untersuchungsgebiet „Niedersachsen“ entstand das potentielle Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse (siehe Karte 1 & 2). Zusammengeführt und aus der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen wurden alle Flächen, die als Naturschutzgebiet, EU-Vogelschutzgebiet, FFH-Gebiet oder Wasserschutzgebiet der Zone 1 ausgewiesen sind, sowie alle Siedlungsflächen. Dabei wurden 199.914,52 ha aufgrund der Ausweisung als Naturschutzgebiet, 603.874,49 ha aufgrund der Ausweisung als FFH-Gebiete, 676.100,32 ha aufgrund der Ausweisung als EU-Vogelschutzgebiete und 1.178,57 ha aufgrund der Ausweisung als Wasserschutzgebiet Zone 1 ausgeschlossen. Insgesamt wurden dadurch 1.262.335,89 ha aus dem 5.288.607,97 ha großen Niedersachsen ausgeschlossen. Zu beachten ist, dass die Gesamtgröße der Ausschlussfläche nicht mit der Summe der einzelnen Ausschlussflächen überein stimmt. Dies liegt daran, dass sich in einigen Fällen Gebiete überlagern. So wurden manche Flächen zum Beispiel sowohl als Naturschutzgebiet als auch als FFH-Gebiet ausgewiesen. Insgesamt überlagern sich so 606.043,22 ha. Da bei der Analyse und der Flächenberechnungen der Aspekt der Überlagerung berücksichtigt wurde, liegt die Gesamtgröße der Ausschlussfläche unter der Summe der einzelnen Ausschlussflächen.






Nach dem Zusammenführen und der Übertragung der Ausschlussflächen auf das Untersuchungsgebiet „Niedersachsen“ bleiben letztendlich 4.026.272,08 ha für die Flächenanalyse und damit für die Suche nach potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken übrig. Die folgende Tabelle (Tab. 10) gibt einen zusammenfassenden Überblick über die jeweiligen Flächengrößen.

Tabelle 10: Ausschlussflächen und das Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse

Flächentyp	Flächengröße in ha
Niedersachsen	5.288.607,97
EU-Vogelschutzgebiete	676.100,32
FFH-Gebiete	603.874,49
Naturschutzgebiete	199.914,52
Wasserschutzgebiete Zone 1	1.178,57
Siedlungsflächen und Infrastruktur	387.311,21
Überlagerungen von Ausschlussflächen	606.043,22
Gesamtgröße der Ausschlussfläche	1.262.335,89
Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse	4.026.272,08



Legende

-  Niedersachsen
-  EU-Vogelschutzgebiete
-  FFH-Gebiete
-  WSG Zone 1
-  Naturschutzgebiete
-  Siedlungsflächen


Ausschlussgebiete

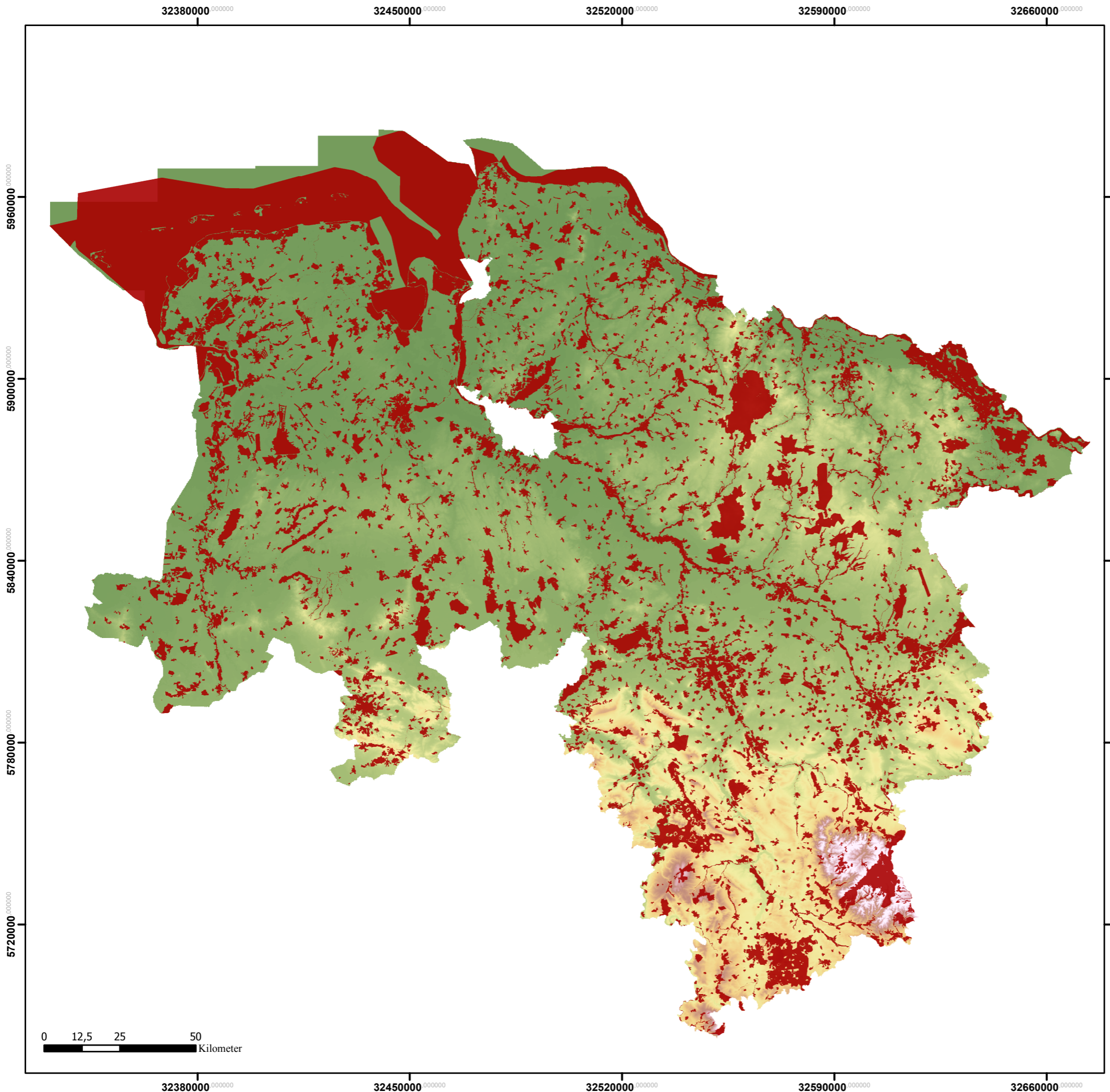
Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Anna Maria Walter

02. Oktober 2015

Datengrundlage: Open Street Map, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

M 1:1.300.000 



Legende

Untersuchungsgebiet

Höhenwerte

Hoch: 956,97

Tief: -15,85

Ausschlussgebiete



Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse

Masterarbeit: Potentielle Standorte für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Anna Maria Walter

02. Oktober 2015

Datengrundlage: Open Street Map, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

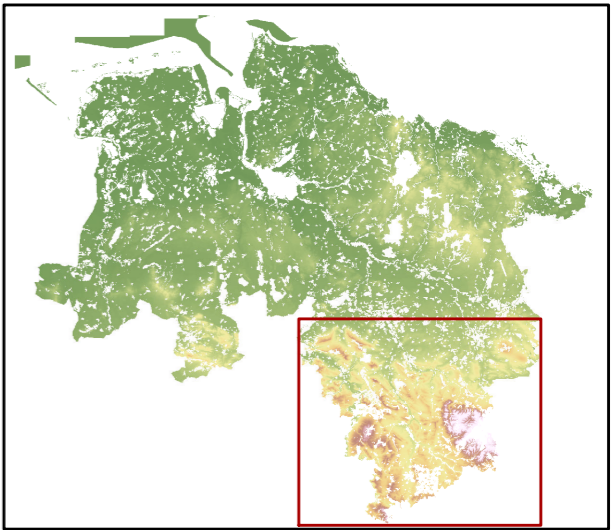
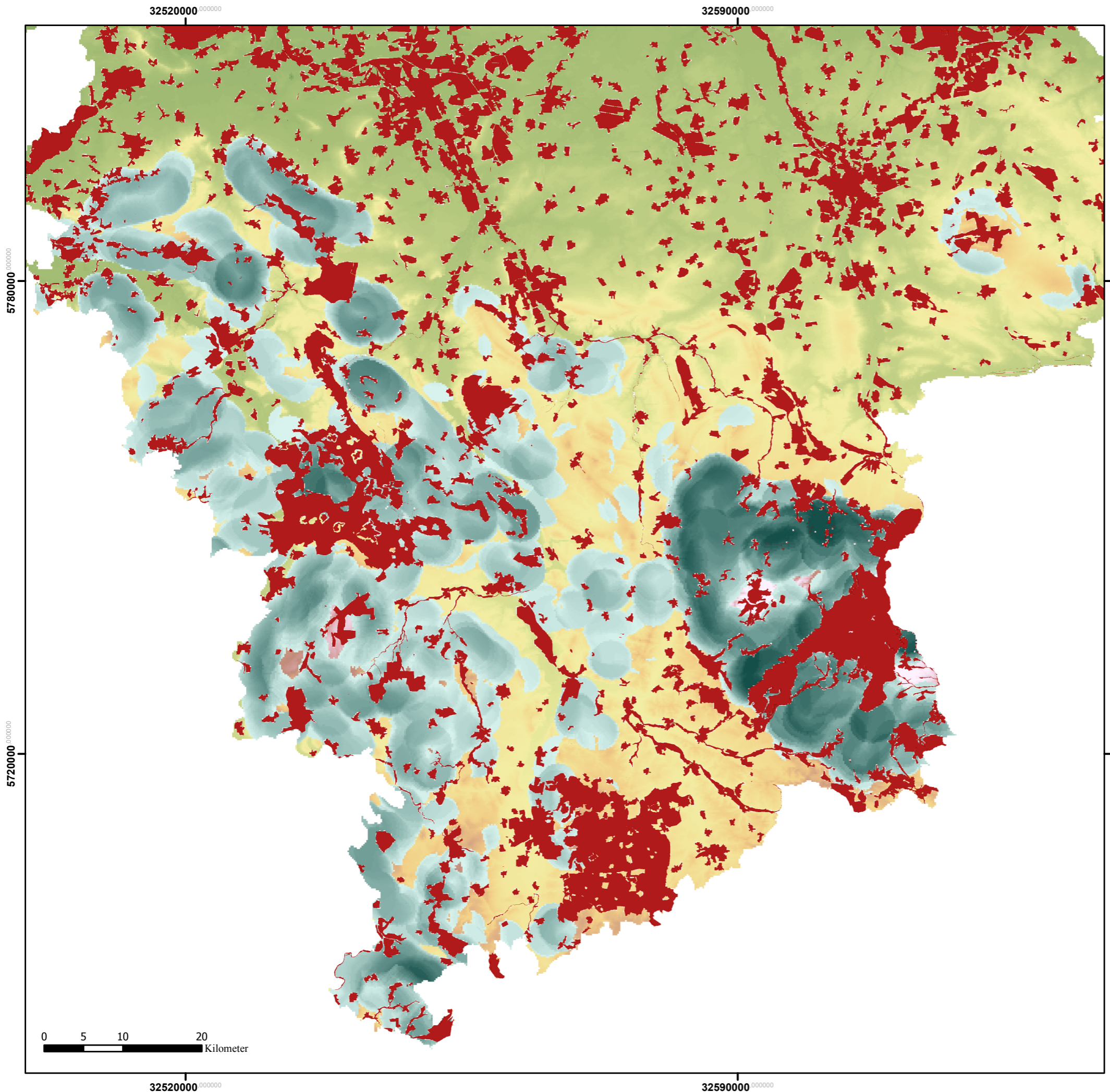
M 1:1.300.000

3.3 Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken

Durch die Anwendung der im Vorfeld definierten Geländeansforderungen (vgl. Kap. 3.1.2) wurden die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ermittelt, welche ebendiese Anforderungen erfüllen (siehe Karte 3). Zuerst wurde durch die Nachbarschaftsanalyse der Höhenunterschied des potentiellen Untersuchungsgebiets im Umkreis von jeweils 2.500 m errechnet (vgl. Kap. 2.1.2.3). Anschließend wurden alle Gebiete extrahiert, die einen Höhenunterschied von mindestens 170 m aufweisen. Aufgrund der Funktionsweise der Nachbarschaftsanalyse (vgl. Kap. 2.1.2.3) wurden die extrahierten Gebiete noch mit einem Buffer von 2.500 m umgeben.

Letztendlich ergeben sich 545.762,86 ha Fläche für den Bau von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen. Fast alle Flächen befinden sich im Süden Niedersachsens im Harz oder in Hameln-Pyrmont. Rund 10,32 % der Fläche von Niedersachsen sind laut dieser Analyse mit den gestellten Anforderungen für den Bau von Pumpspeicherwerken geeignet. Die hier ermittelte Fläche stimmt allerdings nicht unmittelbar mit der tatsächlich nutzbaren Fläche überein.

Bei der Suche nach den potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken werden aufgrund der Funktionsweise des Tools „Focal Statistic“ die Ergebnisflächen (Value > 170 m) mit einem Buffer von 2.500 m umgeben. Durch diesen Buffer sollen Bereiche mit eingeschlossen werden, die ansonsten gegebenenfalls aus der Analyse herausfallen würden. Durch den Buffer werden allerdings nicht nur Flächen eingeschlossen, die verloren gehen könnten, es werden auch Bereiche hinzugefügt, die möglicherweise nicht für den Bau von Pumpspeicherwerken geeignet sind. Dadurch wird zwar die Aussage für die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ungenauer, allerdings wird das Problem beseitigt, dass Standorte verloren gehen könnten. Hinzu kommt, dass durch den Buffer Gebiete, die als Ausschlussfläche definiert sind, mit in die Analyse aufgenommen werden; diese werden bei der Analyse nicht herausgelöscht, da die Identifizierung der Flächen für den Bau von Oberbecken und Unterbecken auf dem potentiellen Untersuchungsgebiet für die Flächenanalyse beruht, wodurch alle Flächen auf denen der Bau nicht möglich ist, in diesem Schritt wieder.

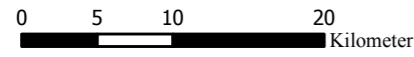


Legende

- Ausschlussflächen

- Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken
- Fallhöhe
 - Hoch: 461,42
 - Gering: 170

- Untersuchungsgebiet Höhenwerte
 - Hoch: 956,97
 - Tief: -15,85



Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken	
Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit	
Anna Maria Walter	02. Oktober 2015
Datengrundlage: Open Street Map, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	M 1:500.000

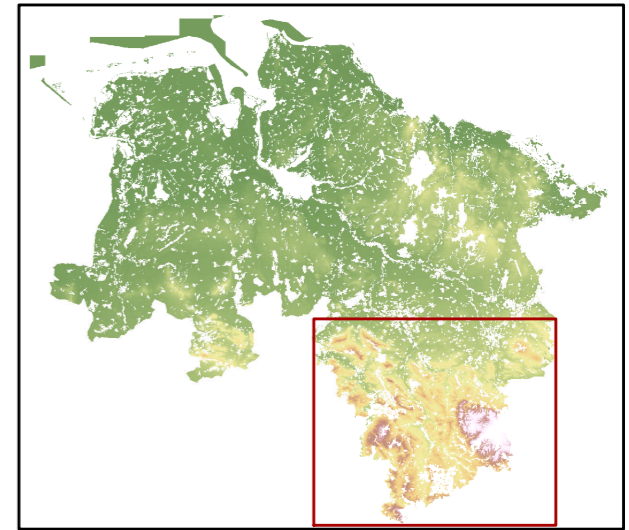
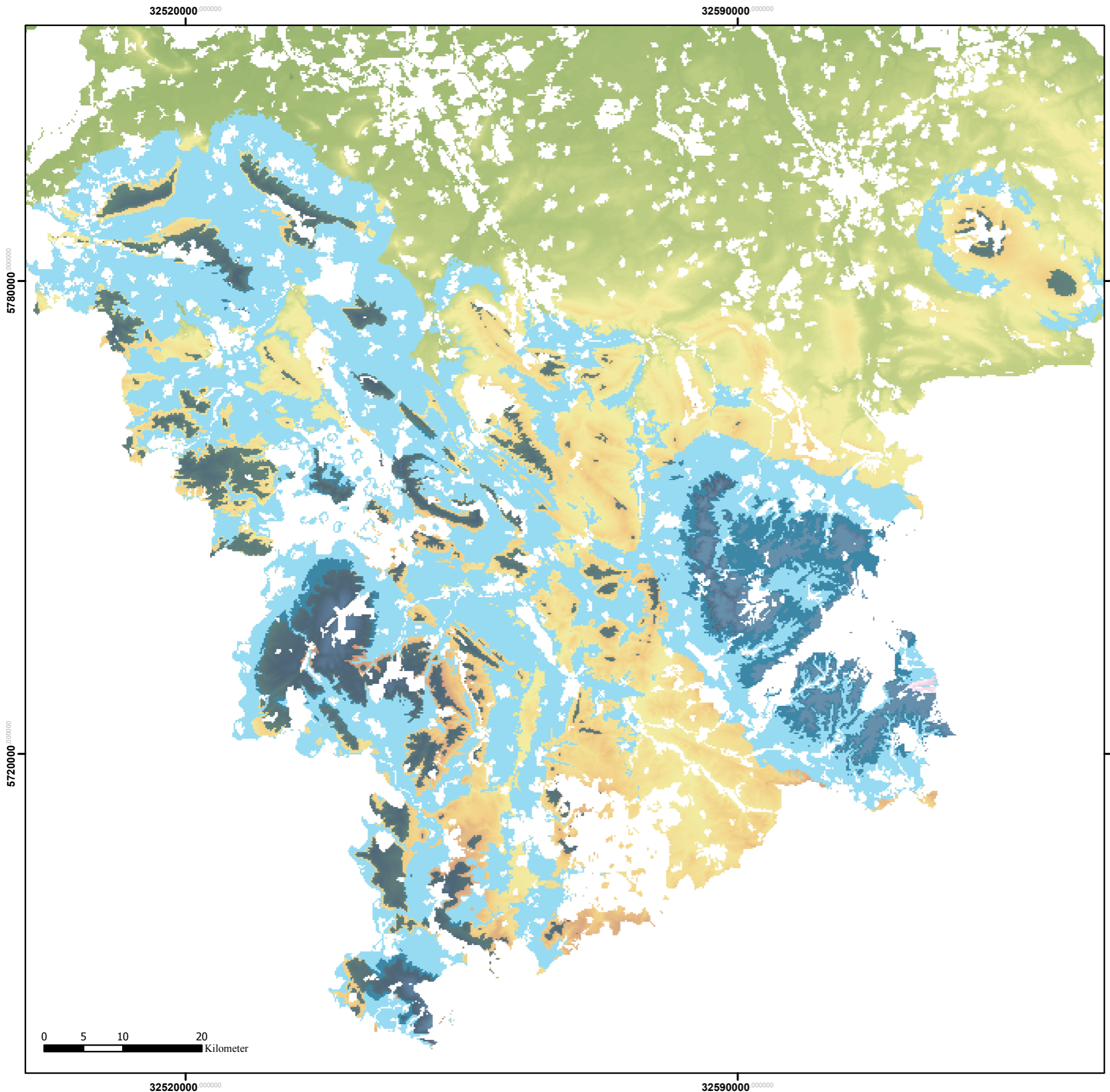
3.4 Potentielle Speicherbeckenstandorte für Oberbecken und Unterbecken

Die vorher ermittelten 545.762,86 ha Fläche für den Bau von Pumpspeicherwerken wurden anschließend verwendet, um Speicherbeckenstandorte zu identifizieren. Wie in Kapitel 2.1.2.4 beschrieben handelt es sich dabei um Informationen darüber, wo Ober- oder Unterbecken gebaut werden können und es mit Erfüllung der Geländeanforderungen möglich ist das Beckenpendant zu bauen.




Nach der Analyse ergeben sich insgesamt 115.947,07 ha für den Bau von Oberbecken sowie 307.694,19 ha für den Bau von Unterbecken (siehe Tab. 11 & Karte 4). Dabei ist zu beachten, dass es hierbei zu Überschneidungen kommen kann, da in manchen Gebieten sowohl die Möglichkeit besteht ein Oberbecken (mit darunter liegendem Unterbecken) als auch ein Unterbecken (mit darüber liegenden Oberbecken) zu bauen. Dies ist auf Flächen der Fall, in deren Umkreis von 5.000 m (maximale horizontale Entfernung) Flächen liegen, die entweder 170 m (Mindestfallhöhe) über oder unter ihnen liegen. Hinzu kommt, dass die Summe der Flächen für den Bau von Oberbecken und der Flächen für den Bau von Unterbecken unter der Gesamtfläche für den Bau von Pumpspeicherbecken liegt. Dies liegt an der Rasterdatenanalyse („Focal Statistic“), sowie an dem eingefügten Buffer (vgl. Kap. 2.1.2.3).

Tabelle 11: Potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken

Flächentyp	Flächengröße in ha
Potentielle Fläche für den Bau von Pumpspeicherwerken	545.762,86
Potentielle Fläche für den Bau von Oberbecken	115.947,07
Potentielle Fläche für den Bau von Unterbecken	307.694,19



Legende

-  Potentielle Standorte für den Bau von Oberbecken
 -  Potentielle Standorte für den Bau von Unterbecken
- Untersuchungsgebiet
- Höhenwerte
-  Hoch: 956,97
 - Tief: -15,85


Potentielle Standorte für den Bau von Speicherbecken

Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Anna Maria Walter

02. Oktober 2015

Datengrundlage: Open Street Map, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

M 1:500.000 

3.5 Anforderungen an den Standort

Wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben, hängt die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken unter anderem von dem Speichervolumen ab. Da bei den Flächen und Standortanalysen mit den Daten (Fallhöhe) des Pumpspeicherwerks Blautal gearbeitet wurde, wurde auch in diesem Fall die Flächengröße von ca. 17 ha des Pumpspeicherwerks Blautal bei der Analyse angewandt. Da der Quelle nicht exakt entnommen werden kann, ob es sich dabei um den Flächenverbrauch der gesamten Anlage oder um den Verbrauch eines Speicherbeckens handelt, wurde angenommen, dass 17 ha pro Becken gemeint sind. Durch diese Annahme kann verhindert werden, dass letztendlich nach zu kleinen Standorten gesucht wird. Aus der Vorgabe (nach Pumpspeicherwerk Blautal), dass die Becken eine Flächengröße von 17 ha und ein Volumen von 1,3 Mio. m³ aufweisen, ergibt sich ein Durchmesser (bei Annahme eines kreisförmigen Speicherbeckens) der Speicherbecken von 465,24 m. Ergebnisse aus Literaturrecherchen und Analysen anderer Standortermittlungen ergaben, dass es verschiedene Untergründe (Gesteinstypen) gibt, die den Bau von Pumpspeicherbecken erschweren oder unmöglich gestalten (siehe Tab. 12) (FICHTNER 2013: 9). Daher werden diese Bodentypen von der weiteren Standortermittlung ausgeschlossen. Hinzu kam die Suche nach Flächen die ebenerdig liegen, dadurch soll verhindert werden, dass ein gewähltes Speicherbecken möglicherweise an einem Steilhang liegt. Zudem werden Standorte bevorzugt, die in der Nähe bereits existierender Infrastruktur liegen. Dadurch soll ein Neubau von Hochspannungsleitungen hin zum Pumpspeicherwerk, sowie das Neuanlegen von Anfahrtswegen möglichst gering gehalten werden.

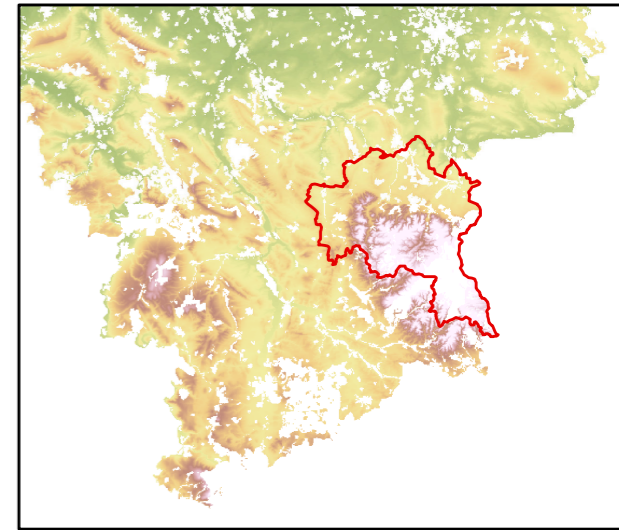
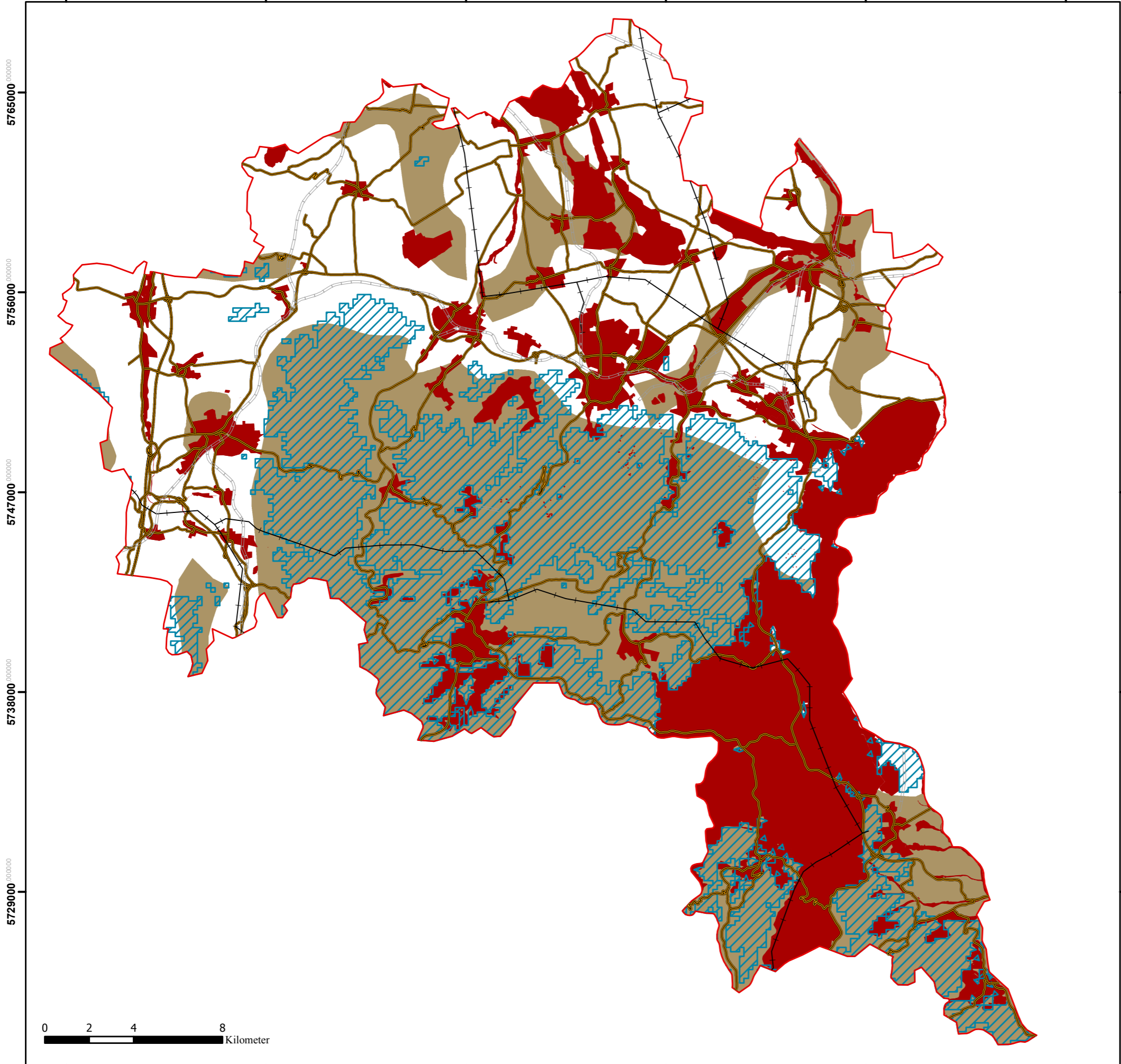
Da anschließend für das potentielle Pumpspeicherwerk eine Ökologische Risikoanalyse durchgeführt wird, kamen als Standortanforderungen das Vorhandensein und die Bereitstellung eines Landschaftsrahmenplans hinzu. Da einzig der Landkreis Goslar diesen zur Verfügung stellte, wurde die Suche nach einem potentiellen Pumpspeicherwerk lediglich in diesem Landkreis durchgeführt. Da für die Ermittlung eines potentiellen Standorts ein Becken des Pumpspeicherwerks als Input definiert werden muss, wurde im Zuge dieser Ermittlung festgelegt, dass ein Oberbecken definiert wird.

Tabelle 12 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der zu erfüllenden Anforderungen bei der Standortsuche. Karte 5 bildet die Ergebnisse der Anforderungen kartographisch ab, wobei es sich bei den „Ausschlussflächen“ um die bereits im ersten Analyseabschnitt ermittelten Flächen handelt.








Tabelle 12: Standortanforderungen für den Bau von Pumpspeicherwerken

Anforderung	Parameter
Speicherbecken	Oberbecken
Landkreis	Goslar
Speichervolumen	1,3 Mio m ³
Flächenbedarf	17 ha
Ungeeigneter Baugrund	Tonstein, Schluffstein, Mergelstein, Schiefer, Kalkstein, Dolomit, Marmor organogene Sedimente, Lehm, Ton, Schluff, Gips/Anhydrit, Tuff, Bims, Traß, Mergel, Phyllit, Sand, Kies
Gefälle	möglichst gering/ebenerdig
Infrastruktur	Anfahrtswege, Stromleitungen


32574000 32583000 32592000 32601000 32610000 32619000



Legende

-  Bahn
-  Stromleitungen
-  Straßen
-  Goslar
-  Potentielle Standorte für Oberbecken
-  Ausschlussgebiete
-  Ungeeigneter Baugrund



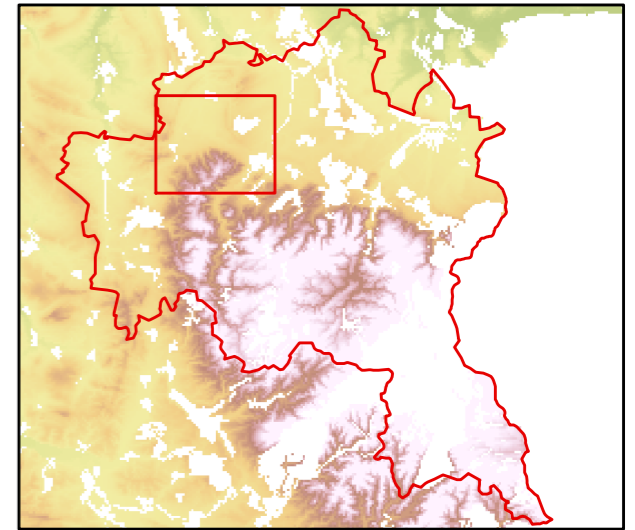
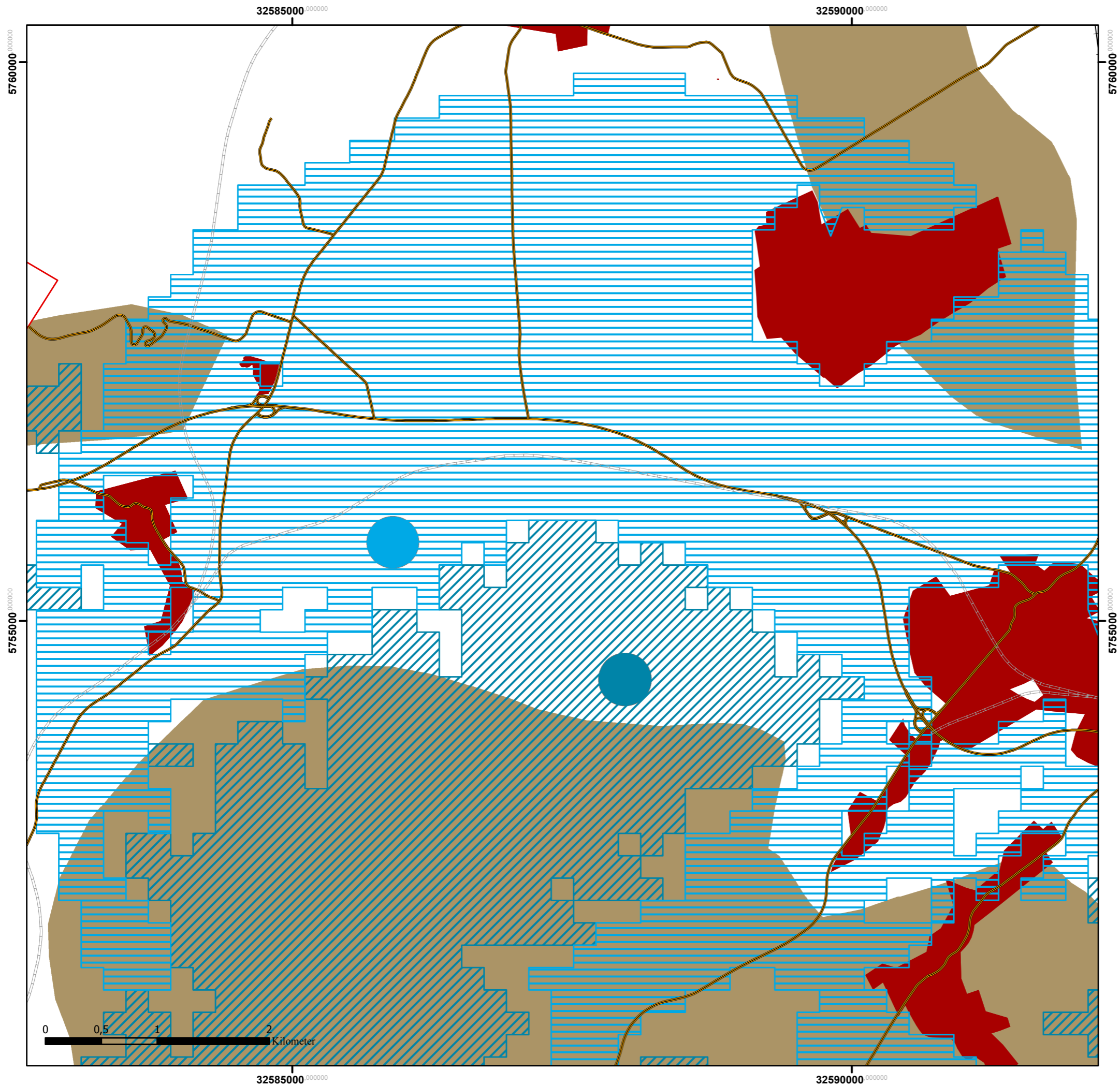
Anforderungen an den Standort	
Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit	
Anna Maria Walter	02. Oktober 2015
Datengrundlage: BÜK 1000, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	M 1:180.000 

32574000 32583000 32592000 32601000 32610000 32619000











3.6 Potentieller Standort eines Pumpspeicherwerks in Niedersachsen

Der Standort des potentiellen Pumpspeicherwerks wird in Karte 6 abgebildet. Unter der Berücksichtigung der ermittelten Standortanforderungen kamen mehrere Speicherbeckenstandorte in Frage. Letztendlich fiel die Wahl auf ein Pumpspeicherwerk im Nordwesten Goslars. Der identifizierte Standort befindet sich in dem gemeindefreien Gebiet „Harz“ und grenzt an die Gemeinden Langelsheim und Hahausen. Das Oberbecken liegt 1,5 km bis 2 km westlich von Langelsheim das Unterbecken 2,5 km östlich von Hahausen. Die beiden künstlich angelegten Speicherbecken haben dabei einen Flächenverbrauch von jeweils 17,4 ha und die unterirdischen Triebwasserwege verlaufen über eine Länge von XX km.

Bei der Analyse der anderen Flächen trat immer wieder zum Vorschein, dass sich ein Speicherbecken in unmittelbarer Nähe zu den Ausschlussflächen befinden würde. Dies galt vor allem für die Unterbecken. Neben der entfernten Lage zu Ausschlussflächen kam die Nähe zu bestehender Infrastruktur hinzu. So befindet sich das Oberbecken zwar 1,6 km entfernt von der nächsten Bundesstraße, allerdings befinden sich mehrere Forstwege im Umkreis, welche als potentielle Anfahrtswege (auch für den Bau) genutzt werden können. Das Oberbecken befindet sich auf einer Hochebene mit möglichst wenig Gefälle (siehe Karte 7). Der niedrigste Punkt innerhalb des Oberbeckens liegt bei 459 m ü.NN. Das dazugehörige Unterbecken befindet sich ca. 2,5 km entfernt (Luftlinie) vom Oberbecken auf einer Höhe von 275 m ü.N.N., wodurch sich eine Fallhöhe von 184 m für das Pumpspeicherwerk ergibt. Das Unterbecken befindet sich 0,9 km entfernt von der nächsten Bundesstraße und 0,3 km entfernt von der Bahnstrecke. Bei der Wahl des Unterbeckenstandortes wurde darauf geachtet, dass die Triebwasserwege nicht unter Bahntrassen oder Straßen verlegt werden müssen. Dadurch kann auch hier davon ausgegangen werden, dass Anfahrtswege zum Teil bereits vorhanden sind und auch ein vereinfachter Anschluss an das Stromnetz gegeben ist. Beide Speicherbeckenstandorte weisen einen Durchmesser von 467 m und eine Fläche von 17,4 ha auf.



Legende

-  Bahn
-  Stromleitungen
-  Straßen
-  Goslar
-  Potentielle Flächen für den Bau des dazugehörigen Unterbeckens
-  Potentielle Standorte für Oberbecken
-  Ausschlussgebiete
-  Unterbecken
-  Oberbecken
-  Ungeeigneter Baugrund

Potentieller Standort eines Pumpspeicherwerks in Niedersachsen

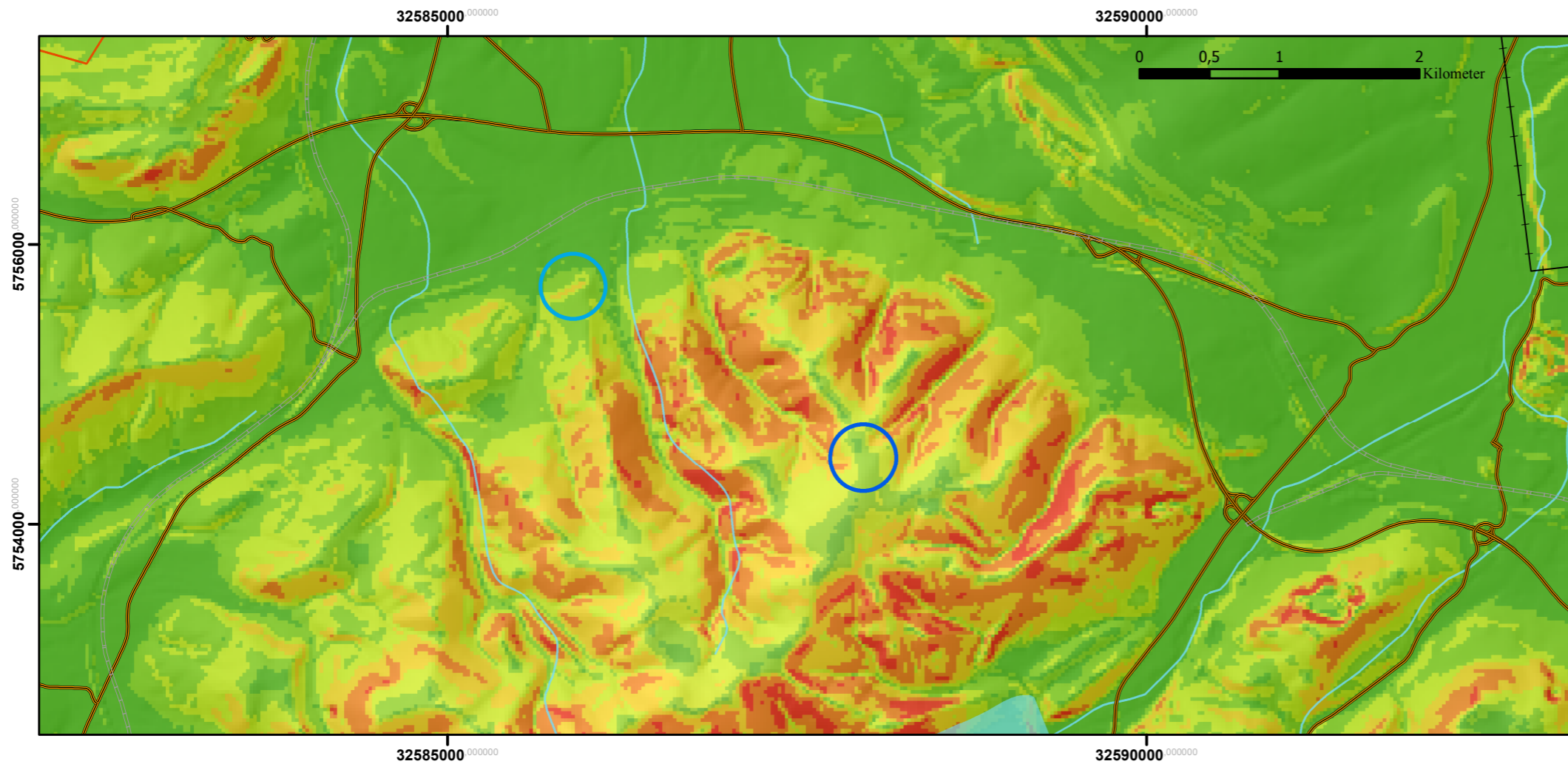
Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Anna Maria Walter









02. Oktober 2015

Datengrundlage: BÜK 1000, DLM 250, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz







M 1:35.000 





Legende

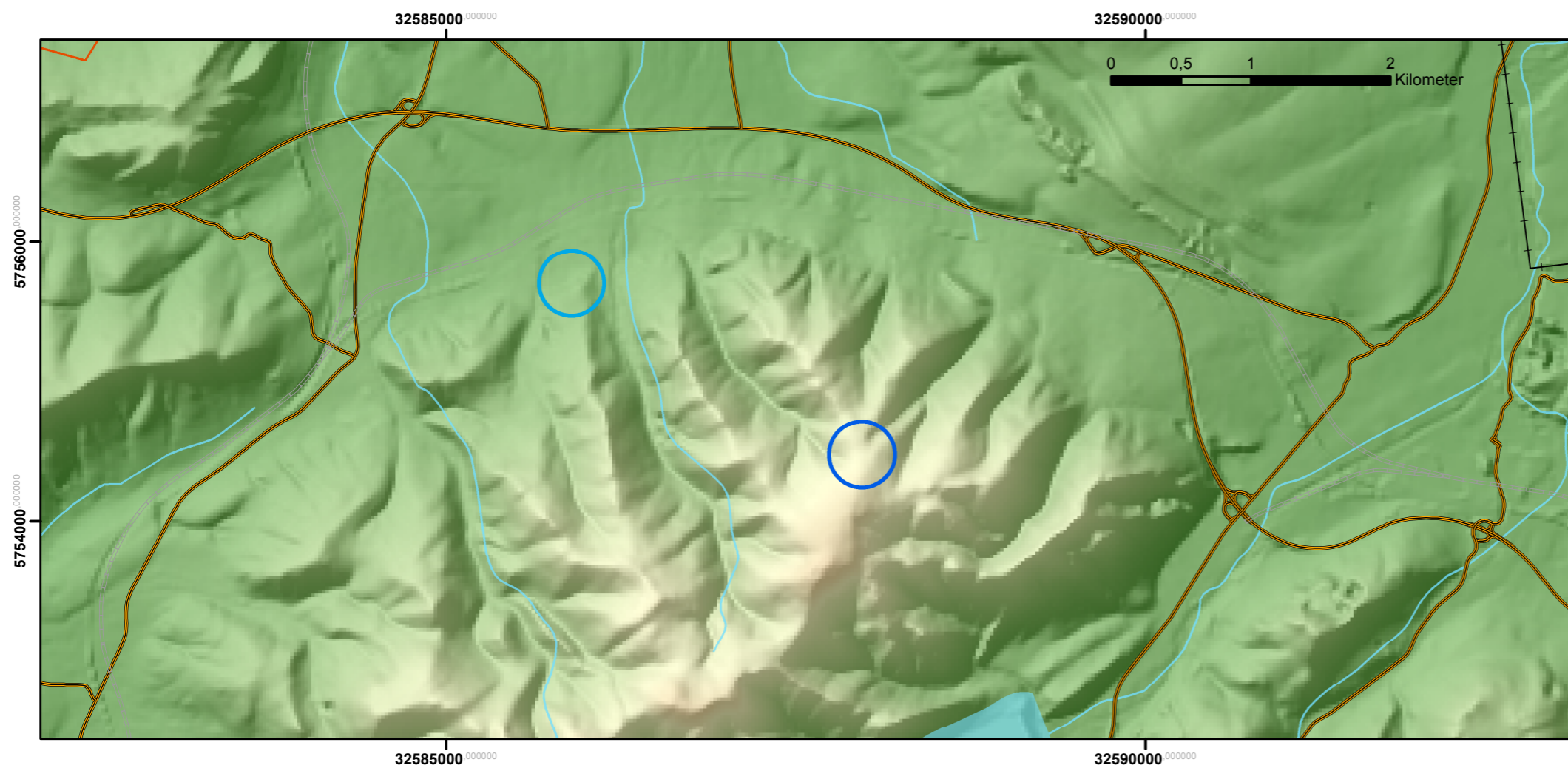
-  Stromleitung
-  Bahnverkehr
-  Straße
-  Gewässer
-  Goslar
-  Unterbecken
-  Oberbecken
-  Gewässer

Gefälle in %

-  0 - 3,979600794
-  3,979600795 - 8,84355732
-  8,843557321 - 14,37078065
-  14,37078066 - 20,34018184
-  20,34018185 - 26,75176089
-  26,7517609 - 56,37767792

Höhenwerte

-  Hoch: 1002,01
-  Niedrig: 123,52



Gefälle und Höhenmodell des potentiellen Standortes

Masterarbeit: Potentielle Standoert für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

Anna Maria Walter

02. Oktober 2015

Datengrundlage: BÜK 1000, DLM 250,
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt,
Energie und Klimaschutz

M 1:40.000



4 ERGEBNISSE DER ÖKOLOGISCHEN RISIKOANALYSE

4.1 Vorhabensbeschreibung

Art und Umfang

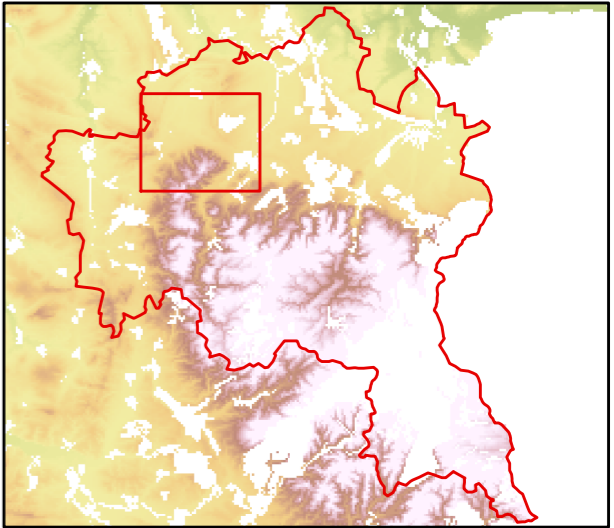
Bei dem Vorhaben handelt es sich um den vollständigen Neubau eines Pumpspeicherwerks im Landkreis Goslar, Niedersachsen. Der Standort stellt dabei eine erste grobe Verortung eines potentiellen neuen Pumpspeicherwerks dar. Dieser Standort soll die Grundlage für die folgende Risikoanalyse bilden. Das Pumpspeicherwerk besteht aus den folgenden Anlageteilen:

- Oberbecken
- Unterbecken
- Unterirdische Triebwasserwege
- Unterirdische Kraftwerksanlage
- Netzanbindung über Erdkabel
- Ggf. Nebenanlagen oder sonstige Betriebseinrichtungen

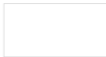




Im Zuge der Ökologischen Risikoanalyse werden die Beeinträchtigungen durch die Speicherbecken sowie durch die unterirdischen Triebwasserwege betrachtet.

Standort

Das geplante Pumpspeicherwerk liegt in Niedersachsen im Nordwesten des Landkreises Goslar. Das Oberbecken befindet sich südlich der Stadt Langelsheim und liegt auf einer Höhe von 459 m ü. NN (siehe Karte. 8). Das Unterbecken liegt auf einer Höhe von 275 m ü. NN und östlich von Hahausen. Die Triebwasserwege zwischen Ober- und Unterbecken verlaufen dabei über 4,32 km unterirdisch in einem „Taleinschnitt“. Die Begründung für die Wahl des Standortes ist in Kapitel 3.5/3.6 beschrieben. Das Vorhaben befindet sich in der Naturräumlichen Region „Harz“ an der Grenze zum Weser- und Weser-Leinebergland“ (siehe Abb. 15). Das „Weser- und Weser-Leinebergland“ ist ein hügeliges Gebiet welches aus Kalk- und Sandstein, waldreichen Bergzügen, sowie den auslaufenden Bergzügen des Harzes besteht. Die Region „Harz“ besteht vor allem aus Silikatgesteinen und wird geprägt durch Buchen- und Fichtenwälder sowie Bergwiesen und zahlreiche Bäche und Flüsse, die in der Region entspringen (VON DRACHENFELS 2010: 249f).



Legende

-  Triebwasserwege
-  Wasserfläche
-  Unterhaltungswege
-  Böschungen
-  Ungeeigneter Baugrund

Geplante Vorhaben

Masterarbeit: Potentielle Standorte für Pumpspeicherwerke in Niedersachsen und deren ökologische Verträglichkeit

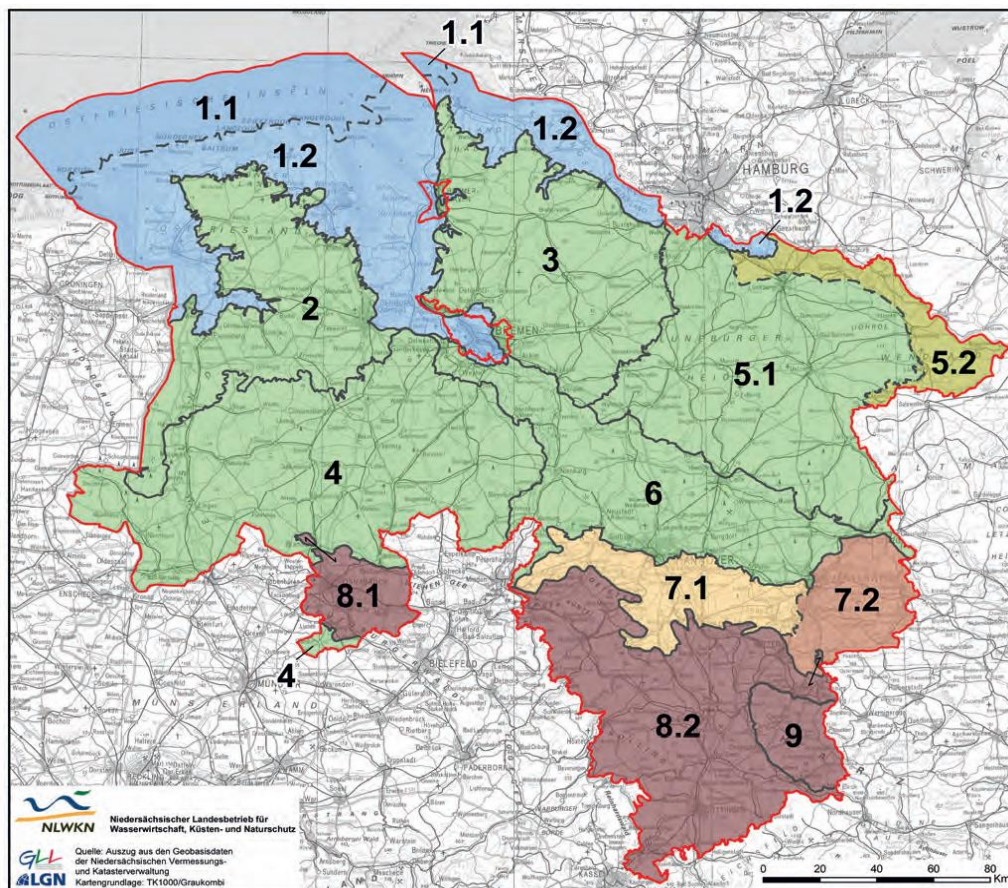
Anna Maria Walter

02. Oktober 2015

Datengrundlage: BÜK 1000

M 1:15.000 

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,



Naturräumliche Regionen in Niedersachsen

Stand: November 2010



Abbildung 15: Naturräumliche Regionen in Niedersachsen (VON DRACHENFELS 2010: 250)

Bedarf an Grund und Boden

Die beiden Speicherbecken beanspruchen jeweils eine Fläche von 17,40 ha. Die Becken werden dabei im Massenausgleich gebaut; der Aushub wird für den Bau der Dämme verwendet. Auf den Dammkronen von Ober- und Unterbecken verlaufen benötigte Unterhaltungswege. Die Becken werden vollständig abgedichtet und besitzen keinen natürlichen Zufluss.

Die Triebwasserwege zwischen den Anlageteilen werden unterirdisch über eine Länge von 4,32 km verlegt. Der Durchmesser der Stollen ist dabei nicht bekannt.

Art der (zu erwartenden, erheblichen, nachteiligen) Beeinträchtigungen

Die Arten der zu erwartenden Beeinträchtigungen werden in Kapitel 1.1.3 beschrieben und ihre Intensität in Kapitel 4.2 bewertet.

4.2 Beeinträchtigungsintensität

Die Wirkfaktoren und die davon ausgehenden Beeinträchtigungen (vgl. Kap. 1.1.3) wurden tabellarisch zusammengefasst (siehe Tab. 13). Nach der Zusammenfassung der Beeinträchtigungen wurden diese, anhand der in Kapitel 2.2.3 erstellten Tabelle zur Bewertung der Intensität von Beeinträchtigungen, bewertet.

Tabelle 13: Intensität der zu erwartenden Beeinträchtigungen

Beeinträchtigung	Wirkstufe	Intensität	Begründung
Flächenverlust	A	hoch	Ursachen: Baufelder, Speicherbecken Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: Großteil der Anlage
Versiegelung Bodenverdichtung	A	hoch	Ursachen: Baufelder, Speicherbecken Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: Großteil der Anlage
Einbringung von Fremdmaterialien	B	mittel	Ursache: unterirdische Triebwasserwege Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: punktuell
Visuelle Störungen Sichtbarkeit	A	hoch	Ursache: Speicherbecken Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: Großteil der Anlage
Zerschneidungs-/ Barrierewirkung	A	hoch	Ursache: Speicherbecken Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: Großteil der Anlage
Wasserhaltung	C	gering	Ursache: Trockenhaltung der Baugruben Wirkdauer: temporär Wirkweite: punktuell
Erschütterungen	C	gering	Ursache: Bau der Anlage; Verlegung der Triebwasserwege Wirkdauer: temporär Wirkweite: punktuell
Lärm- und Lichtemission	B	mittel	Ursache: Bau und Betrieb des Speicherwerks Wirkdauer: dauerhaft/sequenziell Wirkweite: punktuell
Staub- und Schadstoffemission	C	gering	Ursache: Bau des Speicherwerks Wirkdauer: temporär Wirkweite: punktuell Bei sachgemäßen Arbeiten können die Emissionen gering gehalten werden
Veränderungen des Lokalklimas	B	mittel	Ursache: gefüllte Speicherbecken Wirkdauer: dauerhaft Wirkweite: Bereich der Speicherbecken, ein Luftaustausch und die Veränderung des Lokalklimas können aufgrund der Dämme gering gehalten werden
Elektrische und Magnetische Felder			Mit einer Beeinträchtigung durch elektrische und magnetische Felder ist nicht zu rechnen. Da die Felder vom Kraftwerkshaus abgeschirmt werden und nicht darüber hinaus wirken
Bodenerwärmung			Mit einer Bodenerwärmung ist nicht zu rechnen. Da die Wärme bereits vom Kraftwerkshaus/ Tunnel für Triebwasserwege abgeschirmt wird und nicht darüber hinaus wirkt
Entnahme von Rohwasser/ Erstbefüllung	C	gering	Ursache: Befüllung eines Speicherbeckens. Wirkungsdauer: temporär Wirkweite: punktuell

Der Wirkungsbereich der Beeinträchtigungen „Erschütterung“, „Lärm- und Lichtemission“ sowie die „Staub- und Schadstoffemission“ wurde über einen Bereich von 200 m hinaus erweitert, da in diesen Fällen davon ausgegangen werden muss, dass die Beeinträchtigungen über das Vorhaben hinaus

wirken. Der Wirkungsbereich der Beeinträchtigung „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ durch die Anlage wurde trotz der Annahme, dass die Beeinträchtigung über das Vorhaben hinaus wirkt nicht erweitert, da der Wirkungsbereich vor allem von der umgebenen Landschaft abhängig ist bzw. der expliziten Lage sowie von der Integration der Speicherbecken in die Umgebung.

Da aufgrund der unterirdischen Bauweise der Triebwasserwege davon ausgegangen werden kann, dass elektrische und magnetische Felder abgeschirmt werden, werden diese nicht weiter in der Ökologischen Risikoanalyse berücksichtigt. Gleiches gilt für die Beeinträchtigung „Bodenerwärmung“. Durch eine geeignete Dämmung der Triebwasserwege kann auch in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass es zu keinen Auswirkungen auf die Schutzgüter kommen wird.

4.3 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit

Das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit stellt die Wahrung der Gesundheit und die Wahrung des Wohlbefindens in den Fokus sowie die Nutzung des Vorhabengebiets durch den Menschen. Der Mensch und die menschliche Gesundheit sind vor schädlichen Umwelteinwirkungen und deren Entstehung zu schützen. Gefahren und Risiken für die menschliche Gesundheit sind zu vermeiden.

4.3.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (14) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Mensch und menschliche Gesundheit“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet die Tabelle ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 14: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Mensch und menschliche Gesundheit	Siedlungs- und Wohnungsflächen	
	Industrie und Gewerbeflächen	
	Nutzungsform (forst-/land-/wasserwirtschaftlich)	X
	Vorranggebiet Rohstoffgewinnung	
	Erholungsfunktion <ul style="list-style-type: none"> - Vorbehaltsgebiet Erholung - Vorranggebiet ruhige Erholung - Vorranggebiet Freiraumfunktion - Wander- und Radwege 	X

Aspekte wie das Landschaftsbild oder die Ruhe, die das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit ebenfalls betreffen, werden unter dem Schutzgut Landschaft und landschaftsgebundene Erholung (siehe Kap. 4.8) betrachtet.

4.3.2 Ist-Zustand

Erholungsfunktion

Das gesamte durch das Vorhaben betroffene Gebiet ist als Vorbehaltsgebiet „Erholung“ sowie als Vorranggebiet „ruhige Erholung“ ausgewiesen. Zudem unterliegt das gesamte Gebiet der besonderen Entwicklungsaufgabe „Erholung und Tourismus“. Im Umkreis des Vorhabens verlaufen ferner mehrere regional bedeutsame Rad- und Wanderwege. Allerdings wird lediglich ein Teilabschnitt eines

Radweges, welcher auch Teil des regionalen Radverkehrsnetzes ist, durch den Bau des Pumpspeicherwerks beeinträchtigt.

Nutzungsform (forst-/land-/wasserwirtschaftlich)

Der Vorhabensbereich wird durch den Menschen ganzräumig forstwirtschaftlich genutzt, mit dem Ziel der wesentlichen Erhöhung des Laubwaldanteils.

4.3.2 Empfindlichkeit des Schutzgutes

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 15: Empfindlichkeit des Schutzguts „Mensch und menschliche Gesundheit“ gegenüber den Beeinträchtigungen

		Flächenverlust Intensität: A	Visuelle Störungen/ Sichtbarkeit Intensität: A	Zerschneidung/ Barrierewirkung Intensität: A	Erschütterungen Intensität: C	Lärm- und Lichtemission Intensität: B	Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Erholungsfunktion	Vorrang/ Vorbehaltsgebiet	A	A	A	C	B	C
	Radwege	X	X	X	C	B	C
Nutzungsform	forstwirtschaftlich	A	X	X	X	X	X

Erholungsfunktion

Die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zeigen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Flächenverlust, visuellen Störungen und Sichtbarkeiten sowie gegenüber Zerschneidung und Barrierewirkung. Die genannten Beeinträchtigungen widersprechen den Zielen der ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten und führen zu nachhaltigen Veränderungen.

Die Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterung“, „Lärm- und Lichtemission“ und „Staub- und Schadstoffemission“ ist als gering zu bewerten. Grund dafür ist, dass es sich um kurzfristige Beeinträchtigungen handelt, welche keine nachhaltige Veränderung hervorrufen werden.

Die Nutzung der Radwege durch den Menschen wird aufgrund der Lage außerhalb des Vorhabensbereichs lediglich durch Erschütterungen, Lärm- und Lichtemissionen sowie durch Staub- und Schadstoffemissionen beeinträchtigt. Die Empfindlichkeit gegenüber Erschütterungen sowie gegenüber Staub- und Schadstoffeintrag ist dabei gering, da die Beeinträchtigungen keine

nachhaltigen Auswirkungen haben werden. Die Empfindlichkeit gegenüber Lärm- und Lichtemission ist als mittel zu bewerten. Da Lärm- und Licht dauerhaft/sequenziell wirken muss auch mit einer mittelfristigen Beeinträchtigung gerechnet werden.

Nutzungsform (forstwirtschaftlich)

Empfindlich ist die forstwirtschaftliche Nutzung lediglich gegenüber einem Flächenverlust. Eine solche Beeinträchtigung würde zum Verlust der Wirtschaftsfläche und dadurch zu einer nachhaltigen Veränderung der Nutzungsform führen.

4.3.3 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 16 – Abb. 21) dienen dazu, die Beeinträchtigungsintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 16 - Tab. 21) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Vorrang- und Vorbehaltsgebiet Erholung

Tabelle 16: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Flächenverlust Visuelle Störungen/Sichtbarkeit Zerschneidung/Barrierewirkung Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	A
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	34,80 ha

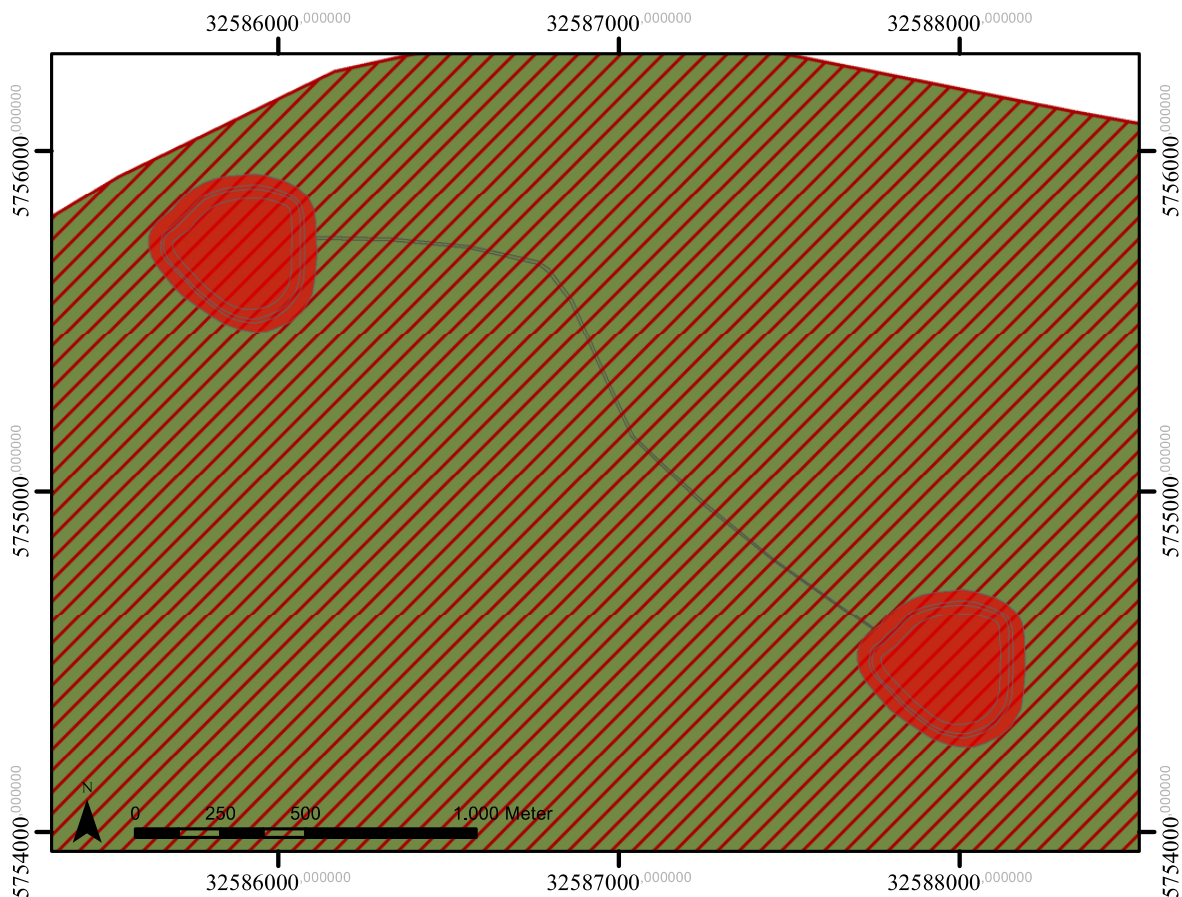


Abbildung 16: Empfindlichkeit „Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Vorrang/Vorbehalt Erholung

Vorrang- und Vorbehaltsgebiet Erholung

Tabelle 17: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Erschütterungen Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	C
	Risikoklasse	C
	Betroffene Fläche	189,80 ha

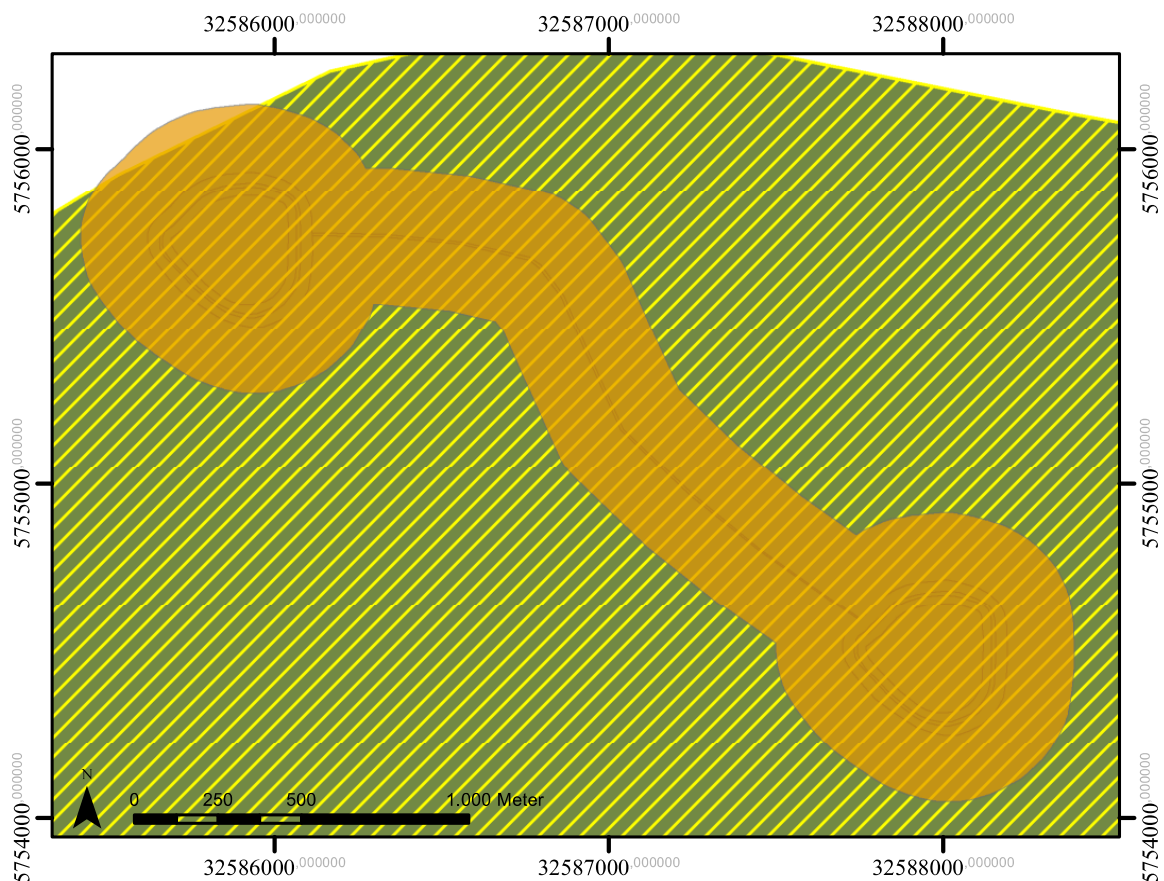


Abbildung 17: Empfindlichkeit „Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterung“ und „Staub- und Schadstoffeintrag“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Vorrang/Vorbehalt Erholung

Vorrang- und Vorbehaltsgebiet Erholung

Tabelle 18: Empfindlichkeit „Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Erholung“ gegenüber Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	B
	Risikoklasse	B
	Betroffene Fläche	189,80 ha

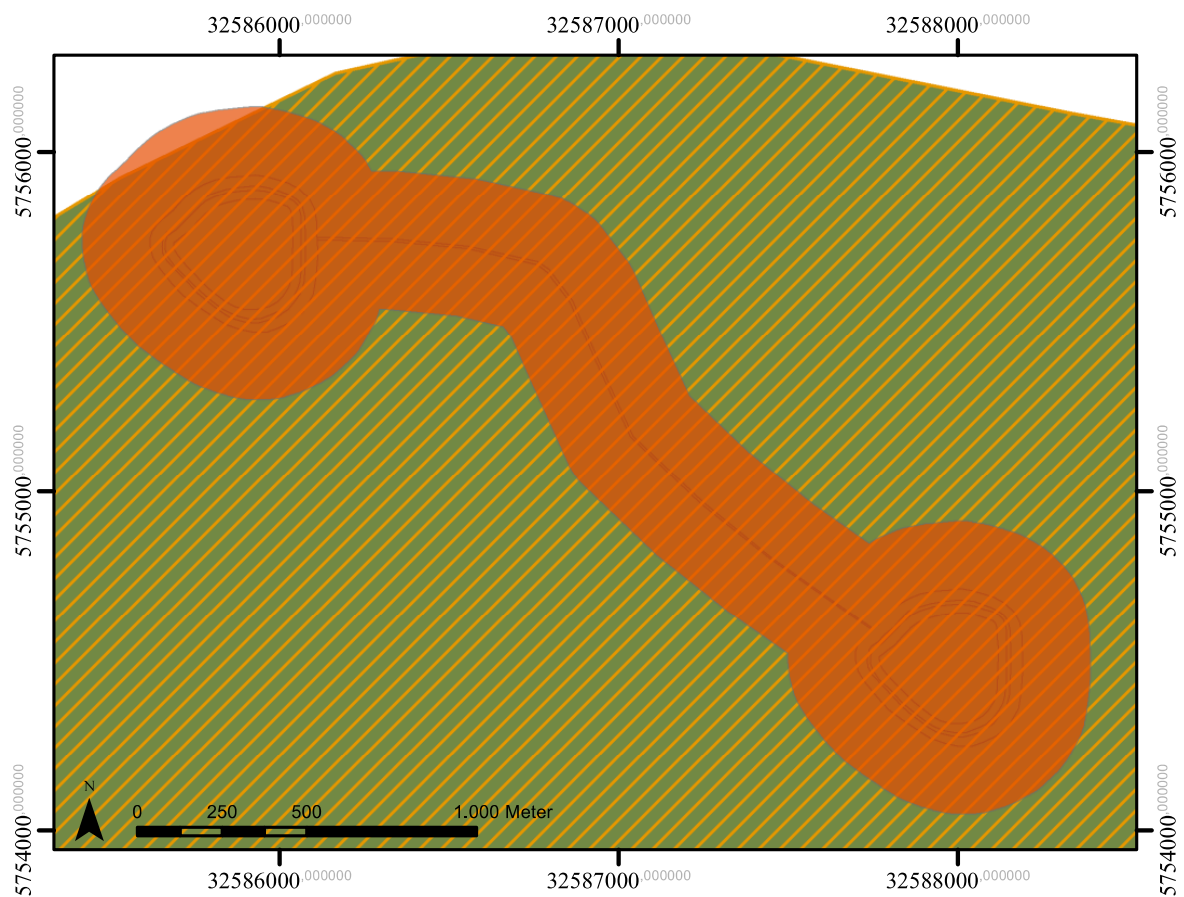


Abbildung 18: Empfindlichkeit "Vorrang/Vorbehaltsgebiet Erholung" gegenüber der Beeinträchtigung "Lärm- und Lichtemission"

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Vorrang/Vorbehalt Erholung

Radwege

Tabelle 19: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Erschütterungen Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	C
	Risikoklasse	C
	Betroffene Länge der Radwege	661,96 m

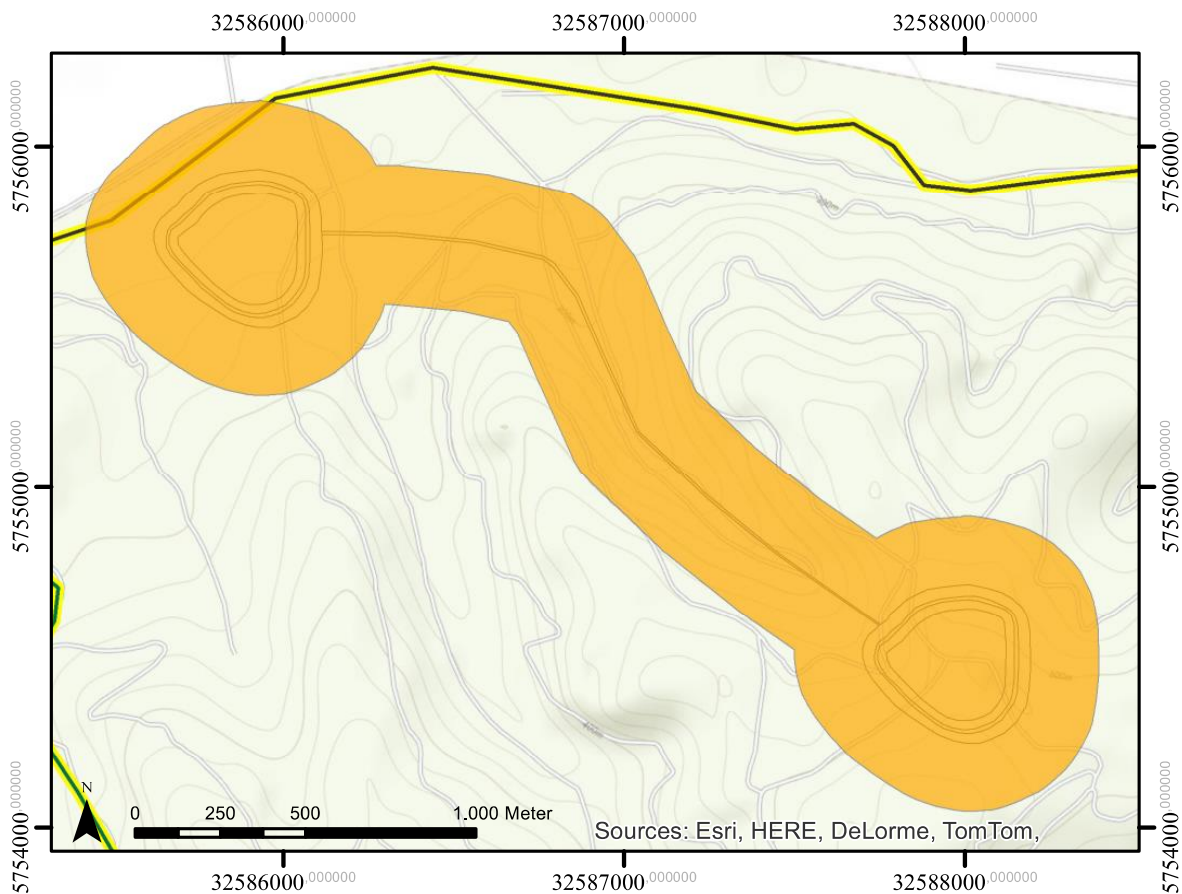


Abbildung 19: Empfindlichkeit "Radwege" gegenüber den Beeinträchtigungen "Erschütterung" und "Staub- und Schadstoffemission"

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Wanderweg
- Empfindlichkeit "Gering"
- Radweg
- Empfindlichkeit "Gering"

Radwege

Tabelle 20: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	B
	Risikoklasse	B
	Betroffene Fläche	661,96 m

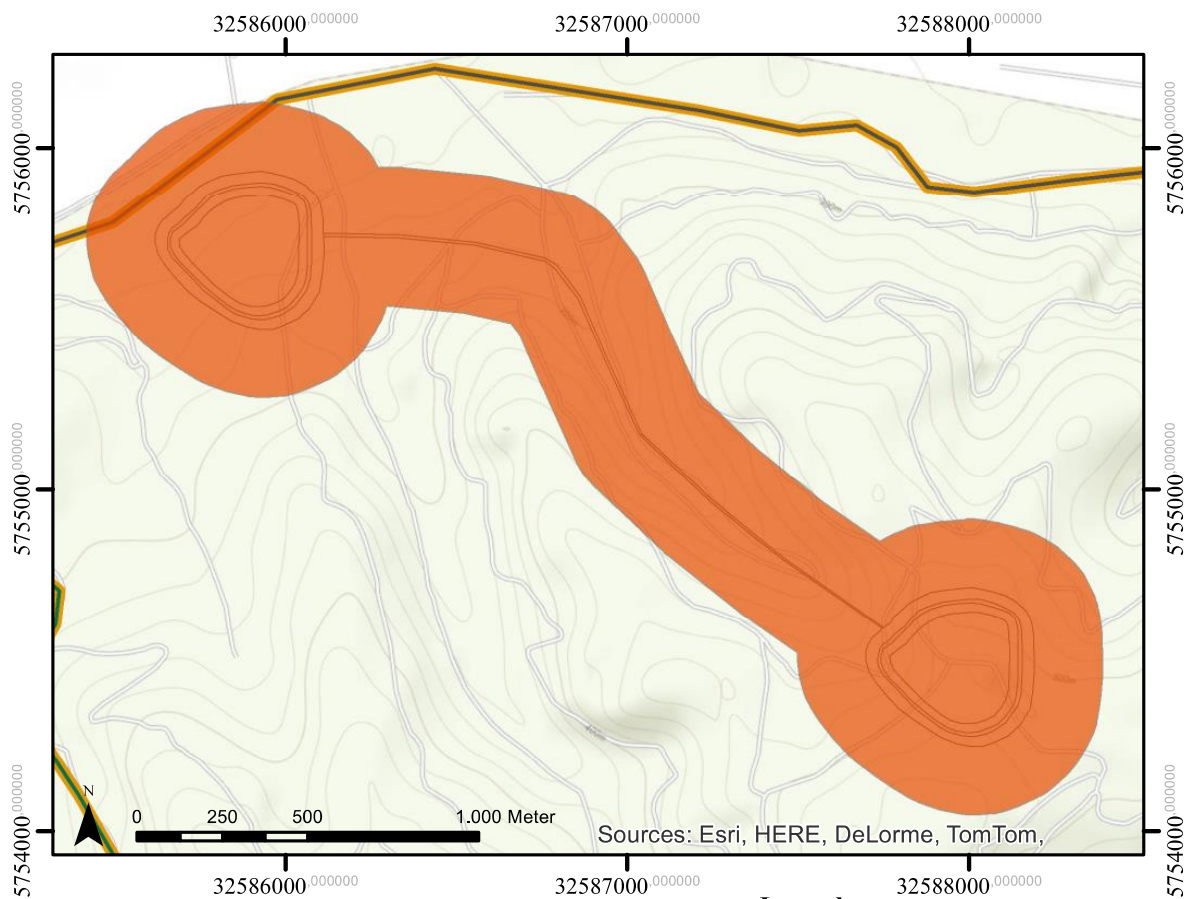


Abbildung 20: Empfindlichkeit „Radwege“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Wanderweg
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Radweg
- Empfindlichkeit "Mittel"

Nutzung (forstwirtschaftlich)

Tabelle 21: Empfindlichkeit „Nutzung (forstwirtschaftlich)“ gegenüber der Beeinträchtigung „Flächenverlust“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Flächenverlust Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	A
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	34,80 ha

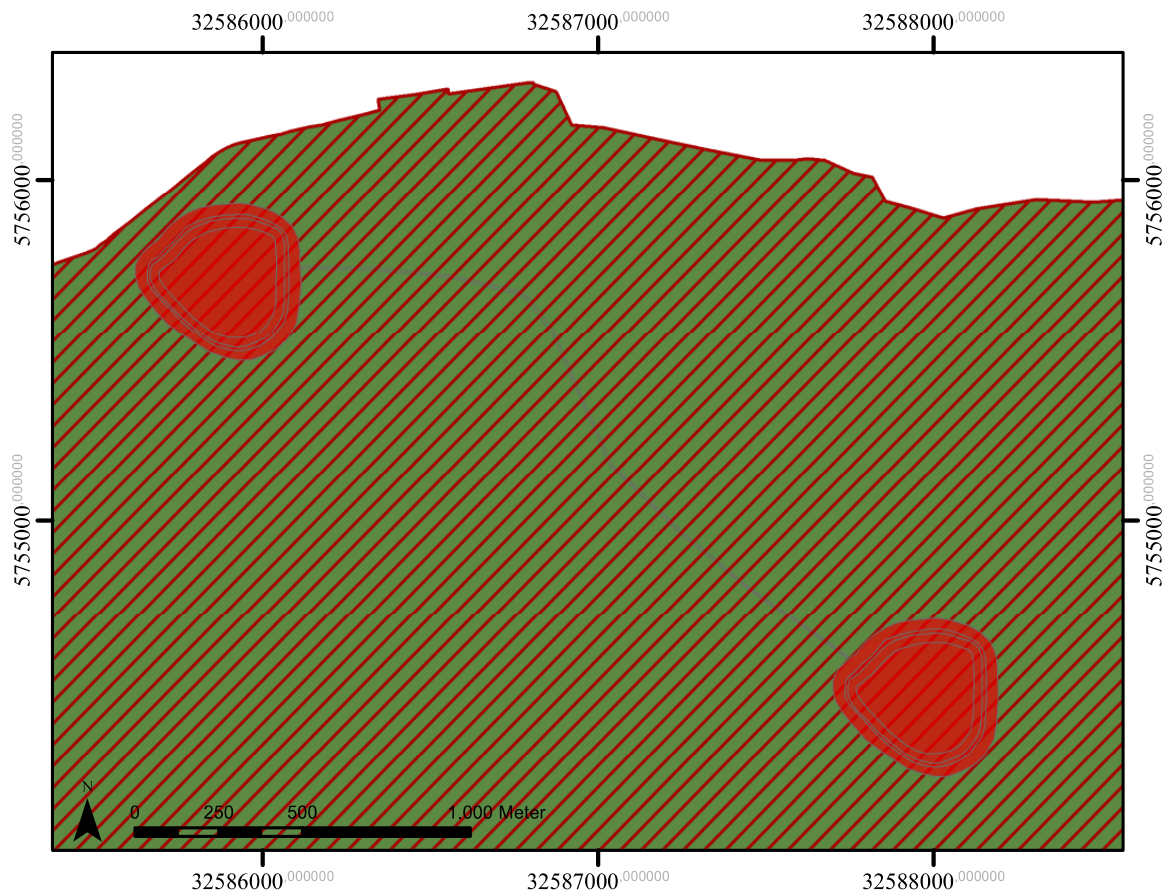


Abbildung 21: Empfindlichkeit „forstwirtschaftliche Nutzung“ gegenüber der Beeinträchtigung „Flächenverlust“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Forstwirtschaftlich genutzte Fläche

4.4 Schutzgut Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt

Der nachhaltigen Sicherung und Erhaltung von Pflanzen und Tieren kommt eine besondere Bedeutung zu. Auf EU Ebene (FFH-RL (Art. 2/ RL 92/43/EWG), VOGELSCHUTZ-RL (Art. 1, 3 und 4/ RL 2009/147/EG)) festgeschrieben ist dabei der Erhalt und die Sicherung der biologischen Vielfalt und der Erhalt der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes. Hinzu kommt der Erhalt wildlebender Tiere, Pflanzen, Lebensgemeinschaften einschließlich ihrer Lebensstätten/Habitat/Biotope. Nach Bundesnaturschutzgesetz (§ 20 BNATSchG) ist die Bewahrung von großflächigen, unzerschnittenen Landschaftsräumen zu gewährleisten.

4.4.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (22) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 22: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt	Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften - Gefährdung von Tier- und Pflanzenarten und Gesellschaften - Nutzungsintensität	X
	Besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft - FFH-Gebiete - Vogelschutzgebiete (VSG) - Naturschutzgebiete (NSG) - Nationalpark - Biosphärenreservat - Important Bird Areas (IBA)	
	Vorranggebiet Natura 200	
	Für den Naturschutz wertvolle Bereiche - für Fauna wertvolle Bereiche/ geschützte Biotoptypen - für Brut- und Gastvögel wertvolle Bereiche	
	Biotopverbund - Waldlebensräume - Feuchtlebensräume - Trockenlebensräume	X

Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften sind im LRP GOSLAR (1991) in die Kategorien „wenig eingeschränkt“, „mäßig eingeschränkt“, „eingeschränkt“ sowie „stark eingeschränkt“ unterteilt. Dabei wurden nicht nur die Gefährdung der Tier- und Pflanzenarten sowie die Nutzungsintensität berücksichtigt sondern auch bestehende Defizite sowie die Länge der Regenerationszeit (vgl. LRP GOSLAR 1991: 49).

4.4.2 Ist-Zustand

Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften

Die Einteilung in die Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften liegt flächendeckend vor. Dabei sind stark eingeschränkte und mäßig eingeschränkte Bereiche betroffen.

Die mäßig eingeschränkten Bereiche sind einer mäßig intensiven bis hin zu einer extensiven Nutzung unterworfen (LRP GOSLAR 1991: 50). In Niedersachsen gefährdete Arten kommen in den Gebieten nicht nur als Einzelfunde vor (ebd.). Die Bereiche unterliegen einer langen Regenerationszeit.

Die stark eingeschränkten Bereiche hingegen unterliegen einer intensiven Nutzung und weisen nur eine kurze Regenerationszeit auf (ebd.).

Biotopverbund

Von den ausgewiesenen Flächen für den Biotopverbund sind nur die Waldlebensräume betroffen. Die Flächen sind Teil des länderübergreifenden Biotopverbunds Deutschland. Es besteht die Möglichkeit, dass noch weitere Biotopverbunde betroffen sind, vor allem kleinräumige. Allerdings lagen für die Ökologische Risikoanalyse nur Daten über den länderübergreifenden Biotopverbund Deutschlands vor, weshalb nur diese berücksichtigt wurden.

4.4.3 Empfindlichkeit des Schutzguts

Tabelle 23 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 23: Empfindlichkeit des Schutzguts „Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt“ gegenüber den Beeinträchtigungen

		Flächenverlust (d) Intensität: A	Versiegelung/ Bodenverdichtung(d) Intensität: A	Visuelle Störung/ Sichtbarkeit (d) Intensität: A	Zerschneidung/ Barrierewirkung (d) Intensität: A	Erschütterung (t) Intensität: C	Lärm- und Lichtemission (t) Intensität: B	Staub- und Schadstoffemission (t) Intensität: C
Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften	mäßig eingeschränkt	A	A	A	A	C	B	C
	stark eingeschränkt	C	C	C	C	C	C	C
Biotopverbund-flächen	Wald	A	B	A	A	C	B	C

Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften

Da die „stark eingeschränkten“ Bereiche bereits einer intensiven Nutzung unterliegen, kann davon ausgegangen werden, dass die wirkenden Beeinträchtigungen nur eine geringe Auswirkung auf die Bereiche haben. Die Bereiche weisen eine kurze Regenerationszeit auf (LRP GOSLAR 2001), weshalb die Empfindlichkeit gegenüber allen Beeinträchtigungen als „gering“ bewertet wurde.

Die „mäßig eingeschränkten“ Bereiche hingegen weisen längere Regenerationszeiten auf. Hoch empfindlich reagieren sie dabei auf „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Bodenaushub/-abtrag/-einbau“, sowie gegenüber „visuellen Störungen“ und „Zerschneidung und Barrierewirkungen“. Gering empfindlich sind die Bereiche dagegen gegenüber „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffeintrag“. Die Erschütterungen sowie der Eintrag von Staub- und Schadstoffen wirken nur temporär, weshalb es nur zu einer kurzzeitigen Veränderung kommt.

Biotopverbundflächen

Die Biotopverbundflächen sind hoch empfindlich gegenüber „Flächenverlust“ sowie gegenüber „Visueller Störungen/Sichtbarkeit“ und gegenüber „Zerschneidung/Barrierewirkungen“. Die genannten Beeinträchtigungen würden die Biotopverbundfunktion nachhaltig verändern und eine Regeneration wäre erst nach vielen Jahren absehbar. Die Empfindlichkeiten gegenüber „Versiegelung/Bodenverdichtung“ sowie gegenüber „Lärm- und Lichtemission“ sind als „mittel“ zu bewerten. Die Beeinträchtigungen wirken zwar auf die Flächen, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass sie lediglich zu mittelfristigen Veränderungen führen, da sie die Biotopverbundfunktion nicht vollständig außer Kraft setzen werden. Eine geringe Empfindlichkeit zeigen die Biotopverbundflächen gegenüber „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffeintrag“. Im Fall der beiden Beeinträchtigungen kann davon ausgegangen werden, dass sie zu keinen nachhaltigen Auswirkungen führen.

4.4.4 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 22 – Abb. 28) dienen dazu, die Beeinträchtigungintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 24- Tab. 30) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von Beeinträchtigungintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften

Tabelle 24: : Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

				Beeinträchtigungen
				Flächenverlust Versiegelung/ Bodenverdichtung Visuelle Störungen/Sichtbarkeit Zerschneidung/Barrierewirkung Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	mäßig eingeschränkt		A
		stark eingeschränkt		C
	Risikoklasse	mäßig eingeschränkt		A
		stark eingeschränkt		B
	Betroffene Fläche	mäßig eingeschränkt		26,26 ha
		stark eingeschränkt		8,54 ha

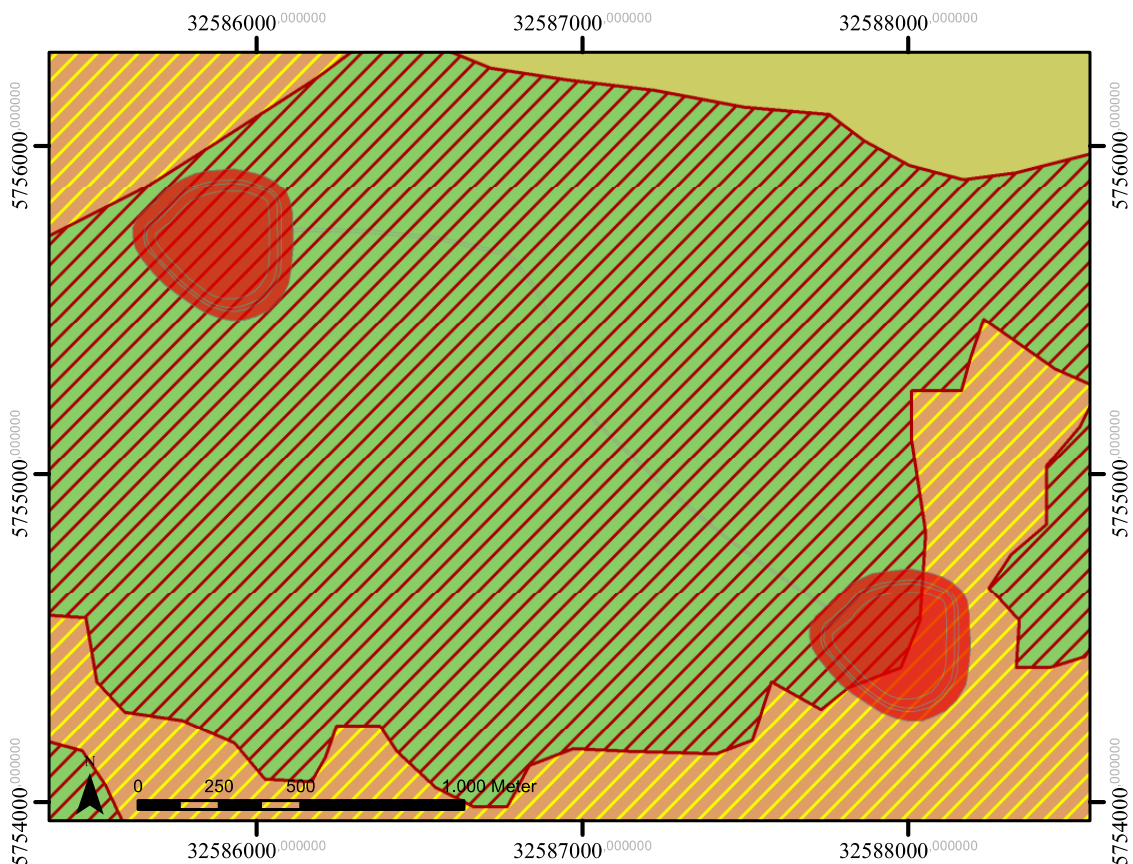


Abbildung 22: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“

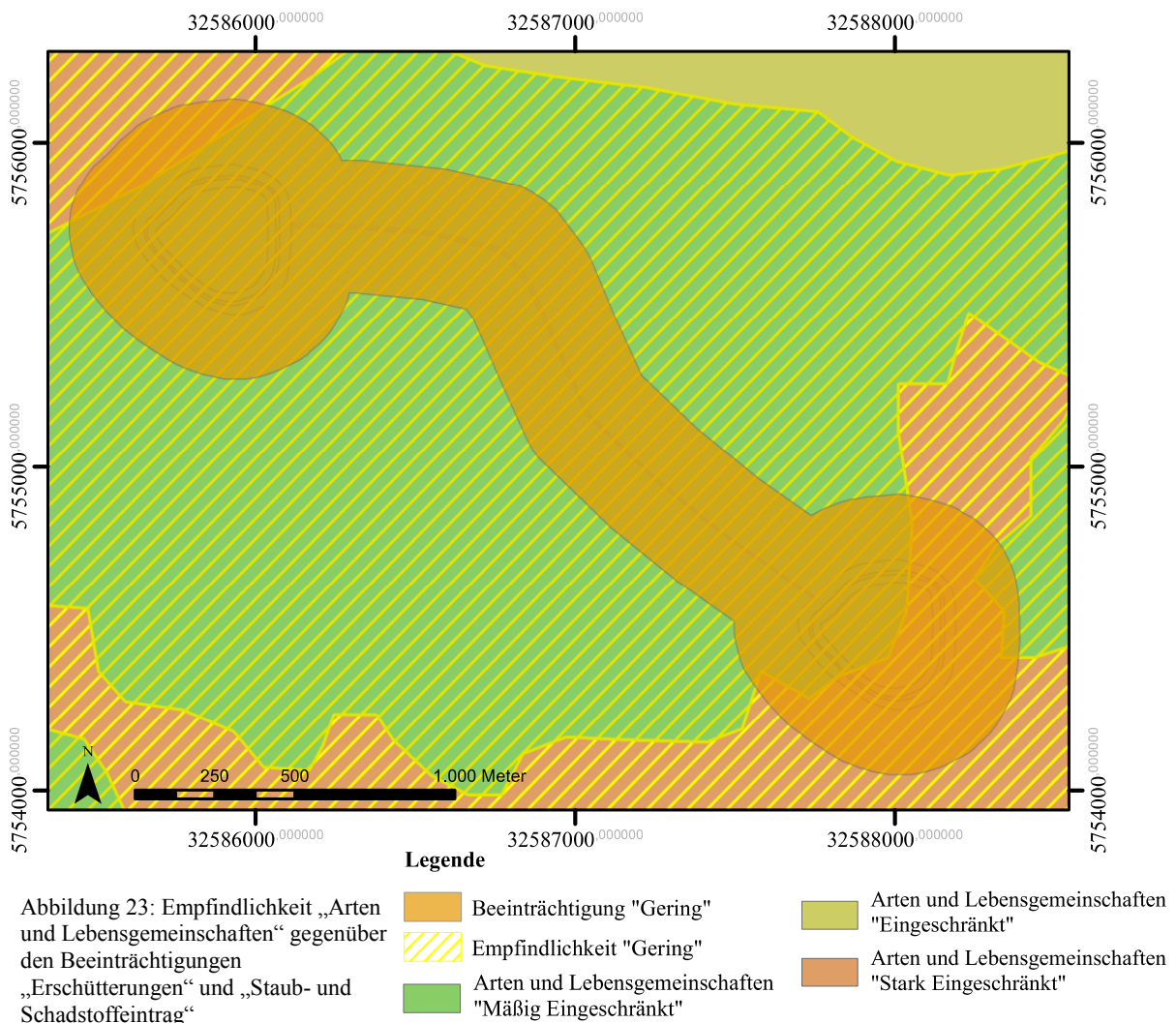
Legende

 Beeinträchtigung "Hoch"	 Arten und Lebensgemeinschaften "Eingeschränkt"
 Empfindlichkeit "Hoch"	 Arten und Lebensgemeinschaften "Stark Eingeschränkt"
 Empfindlichkeit "Gering"	 Arten und Lebensgemeinschaften "Mäßig Eingeschränkt"

Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften

Tabelle 25: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

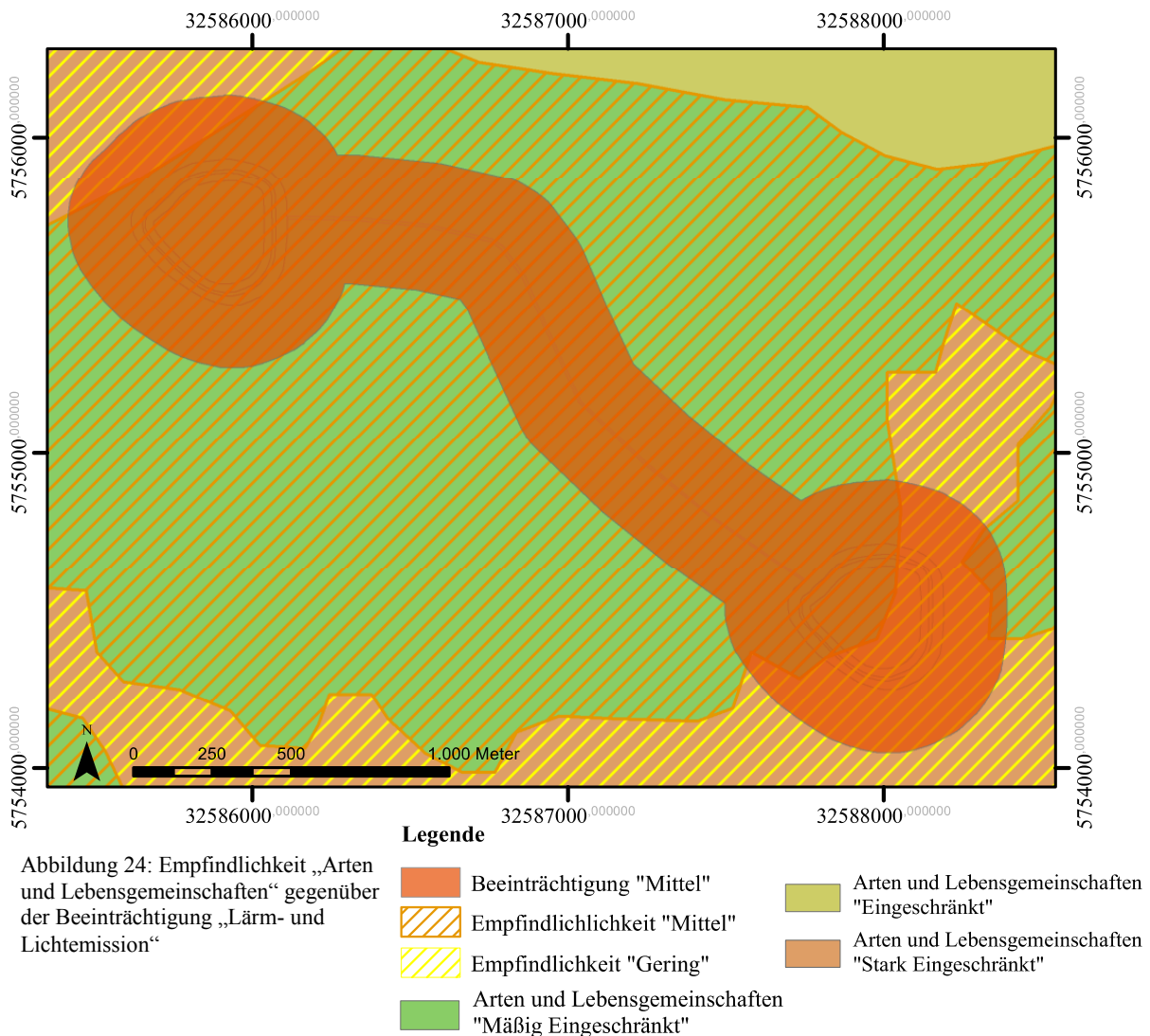
		Beeinträchtigungen	
		Erschütterungen Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	mäßig eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	mäßig eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche	mäßig eingeschränkt	192,40 ha
		stark eingeschränkt	192,40 ha



Wichtige Bereiche für Arten und Lebensgemeinschaften

Tabelle 26: Empfindlichkeit „Arten und Lebensgemeinschaften“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

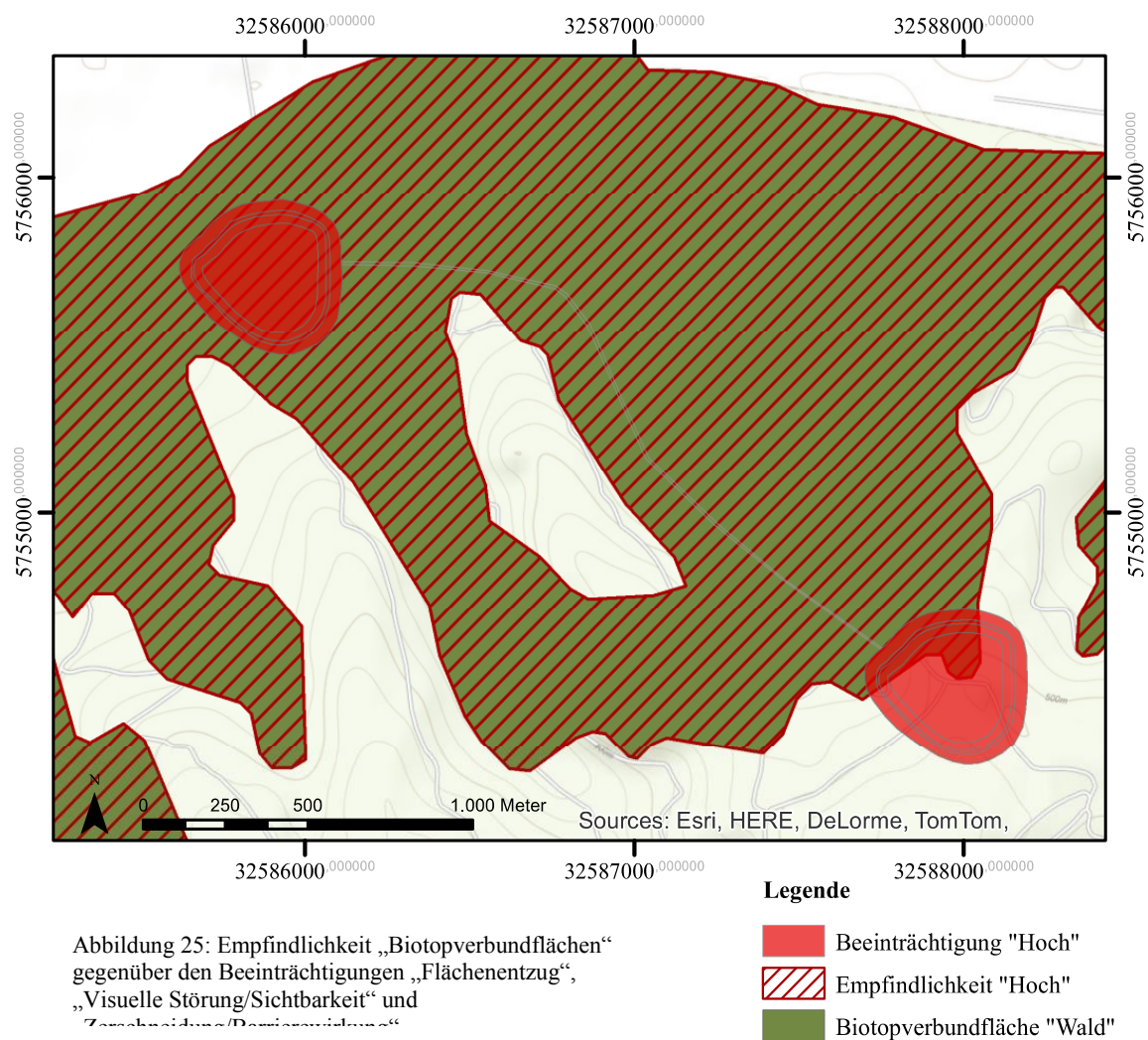
		Beeinträchtigungen	
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	mäßig eingeschränkt	B
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	mäßig eingeschränkt	B
		stark eingeschränkt	B
	Betroffene Fläche	mäßig eingeschränkt	192,40 ha
		stark eingeschränkt	192,40 ha



Biotopverbundflächen

Tabelle 27: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störung/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Flächenverlust Visuelle Störungen/Sichtbarkeit Zerschneidung/Barrierewirkung Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	A
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	22,32 ha



Biotopverbundflächen

Tabelle 28: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Versiegelung/Bodenverdichtung“, und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Versiegelung/Bodenverdichtung Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	B
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	22,32 ha

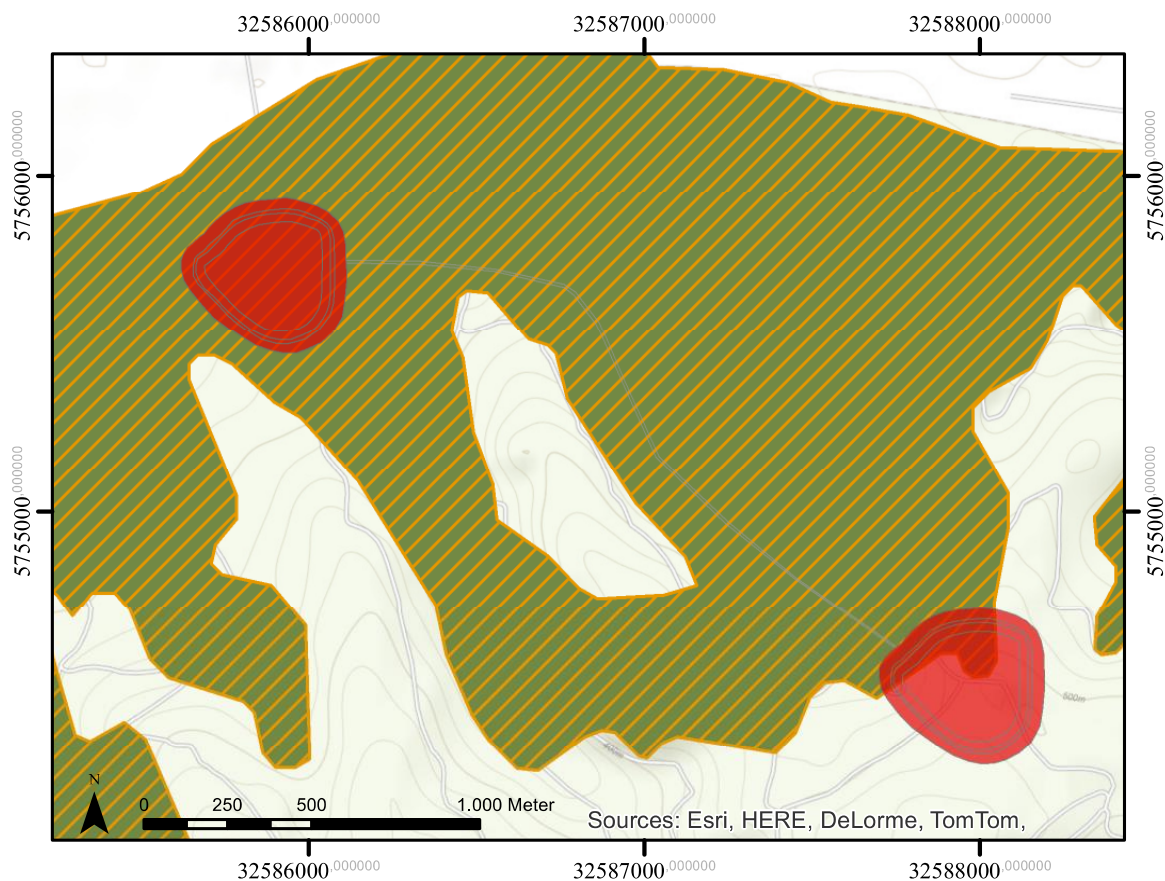


Abbildung 26: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Biotopverbundfläche "Wald"

Biotopverbundflächen

Tabelle 29: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Erschütterungen Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	C
	Risikoklasse	C
	Betroffene Fläche	140, 54 ha

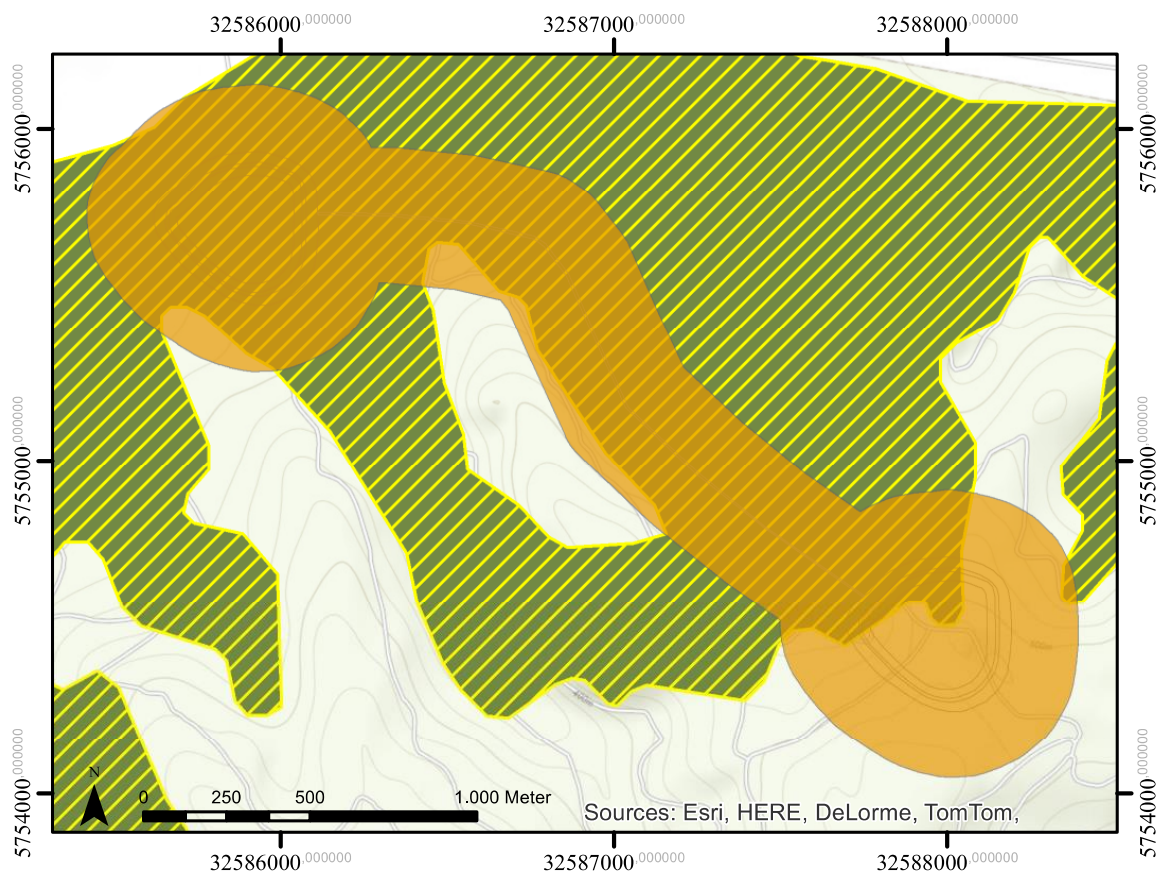


Abbildung 27: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Biotopverbundfläche "Wald"

Biotopverbundflächen

Tabelle 30: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	B
	Risikoklasse	B
	Betroffene Fläche	140, 54 ha

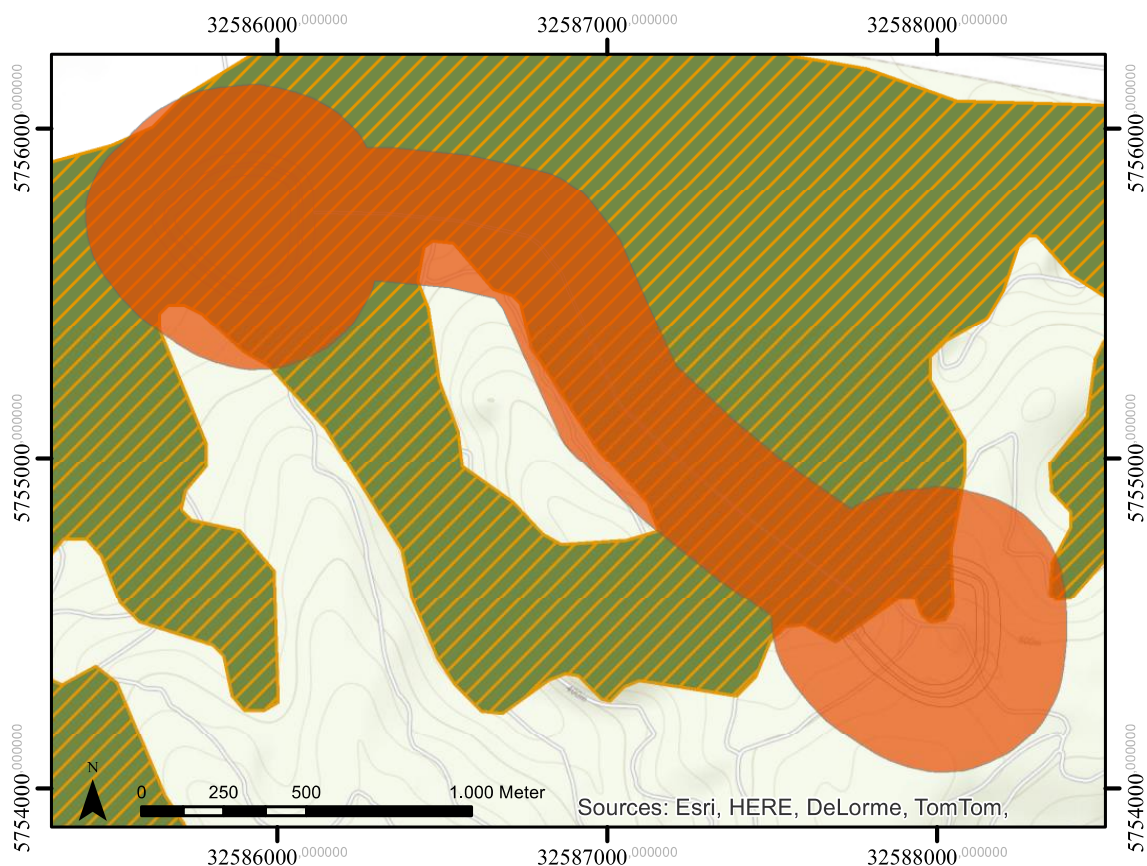


Abbildung 28: Empfindlichkeit „Biotopverbundflächen“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Biotopverbundfläche "Wald"

4.5 Schutzgut Boden

Der Boden übernimmt wesentliche Funktionen des Naturhaushaltes. Er bietet einen Lebensraum für Lebewesen und übernimmt wertvolle Schutzfunktionen gegenüber Grund- und Oberflächenwasser, wie Filterung, Pufferung oder Abbau von eingetragenen Schadstoffen (LRP GOSLAR 1991: 112). Ziel ist die langfristige Sicherung oder Wiederherstellung der Funktionen und der Schutz vor negativen Beeinträchtigungen und Versiegelung und Flächeninanspruchnahme (§ 1 BBODSCHG, § 1 BNATSCHG).

4.5.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (31) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Boden“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 31: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Boden“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Boden	Leistungsfähigkeit des Bodens - seltene Bodentypen - Durchlässigkeit - Filterfähigkeit - Schwermetall	X

Da die aufgelisteten Erfassungskriterien nicht einzeln verortet vorlagen und eine exakte Lage aus dem LRP GOSLAR (1991) nicht entnommen werden konnte, konnten bei der Beschreibung des Ist-Zustands, der Bewertung der Empfindlichkeit und dadurch auch bei der Bewertung des ökologischen Risikos, nur die Ausweisung der „wichtigen Bereiche“ durch den LRP GOSLAR verwendet werden.

Bei den „wichtigen Bereichen“ handelt es sich um ausgewiesene Gebiete, in denen die Leistungsfähigkeit nach dem Prinzip „eingeschränkt“, „stärker eingeschränkt“ sowie „stark eingeschränkt“ bewertet wurden. Bei dieser Bewertung wurden die oben aufgelisteten Kriterien mit berücksichtigt.

4.5.2 Ist-Zustand

Die Leistungsfähigkeit des Bodens ist im gesamten Bereich des Vorhabens aufgrund von großräumig stattfindendem Schadstoffeintrag als „eingeschränkt“ bewertet. Genaue Angaben über gegebenenfalls vorkommende seltene Bodentypen sind nicht gegeben, genauso fehlen genaue Angaben über Filterfähigkeit oder die Durchlässigkeit. Nah an das Vorhaben angrenzend befinden sich Bereiche in denen die Leistungsfähigkeit des Bodens stark eingeschränkt ist.

4.5.3 Empfindlichkeit des Schutzguts

Tabelle 32 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 32: Empfindlichkeiten des Schutzguts „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen

		Flächenverlust Intensität: A	Versiegelung/ Bodenverdichtung Intensität: A	Einbringung von Fremdmaterial Intensität: B	Wasserhaltung Intensität: C	Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Leistungsfähigkeit des Bodens	eingeschränkt	A	A	A	C	C
	stark eingeschränkt	C	C	C	C	C

Boden

Die Empfindlichkeit des -im Leistungshaushalt- eingeschränkten Bodens gegenüber Flächenverlust sowie gegenüber Versiegelung/Bodenverdichtung ist als „hoch“ zu bewerten. Sämtliche Bodenfunktionen gehen verloren und eine Regeneration ist (wenn überhaupt) erst nach vielen Jahren möglich.

Die Empfindlichkeit des bereits eingeschränkten Bodens gegenüber Einbringung von Fremdmaterial ist als „hoch“ zu bewerten. Durch den Austausch von Boden und Einbringung der Triebwasserwege gehen sämtliche Bodenfunktionen in diesem Bereich verloren. Mit einer Regeneration ist (wenn überhaupt) erst nach vielen Jahren zu rechnen.

Mit einer geringen Empfindlichkeit des Bodens ist gegenüber der Wasserhaltung zu rechnen. Wasserhaltung ist nur ein punktueller und temporärer Eingriff während der Bauphase. Mit einer Regeneration kann schon nach kurzer Zeit gerechnet werden.

Gering empfindlich ist der eingeschränkte Boden gegenüber Staub- und Schadstoffemission. Die Beeinträchtigung durch Staub- und Schadstoffemission ist gering, wodurch das System schnell zum Ausgangszustand zurückkehrt.

Im äußeren Bereich liegen Gebiete, in denen die Leistungsfähigkeit des Bodens stark eingeschränkt ist. In diesen Bereichen ist die Empfindlichkeit gegenüber allen Beeinträchtigungen gering. Dies liegt an den starken Vorbelastungen und an den bereits zerstörten Funktionen des Bodens. Die Beeinträchtigungen hätten nur geringe Auswirkungen auf den augenblicklichen Zustand.

4.5.4 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 29 – Abb. 32) dienen dazu, die Beeinträchtigungintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 33 - Tab. 36) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von Beeinträchtigungintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Boden

Tabelle 33: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust Versiegelung/Bodenverdichtung Intensität: A	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	eingeschränkt	A
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	eingeschränkt	A
		stark eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche	eingeschränkt	34,80 ha
		stark eingeschränkt	nicht betroffen

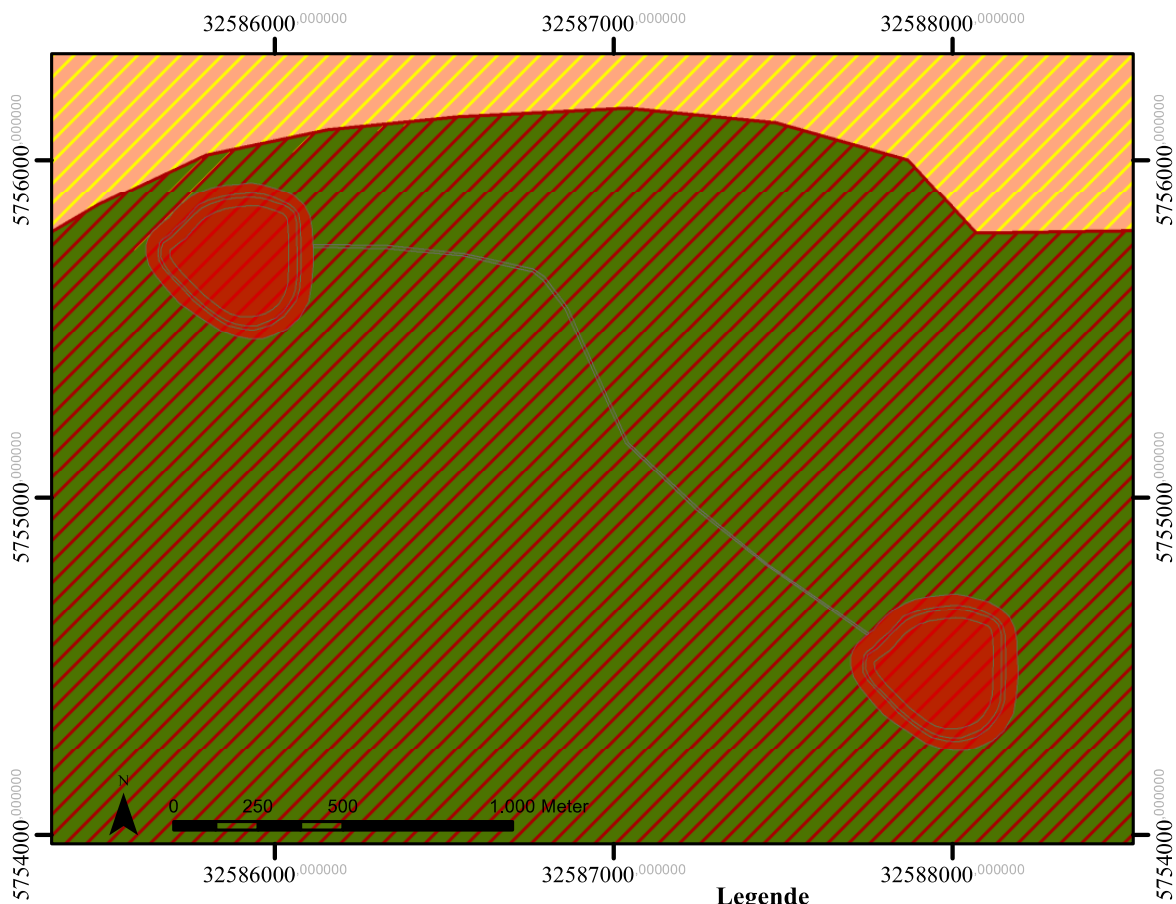


Abbildung 29: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Boden "Eingeschränkt"
- Boden "Stark Eingeschränkt"

Boden

Tabelle 34: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Einbringung von Fremdmaterial Intensität: B	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	eingeschränkt	A
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	eingeschränkt	A
		stark eingeschränkt	C
	Betroffene Länge	eingeschränkt	4,32 km
		stark eingeschränkt	nicht betroffen

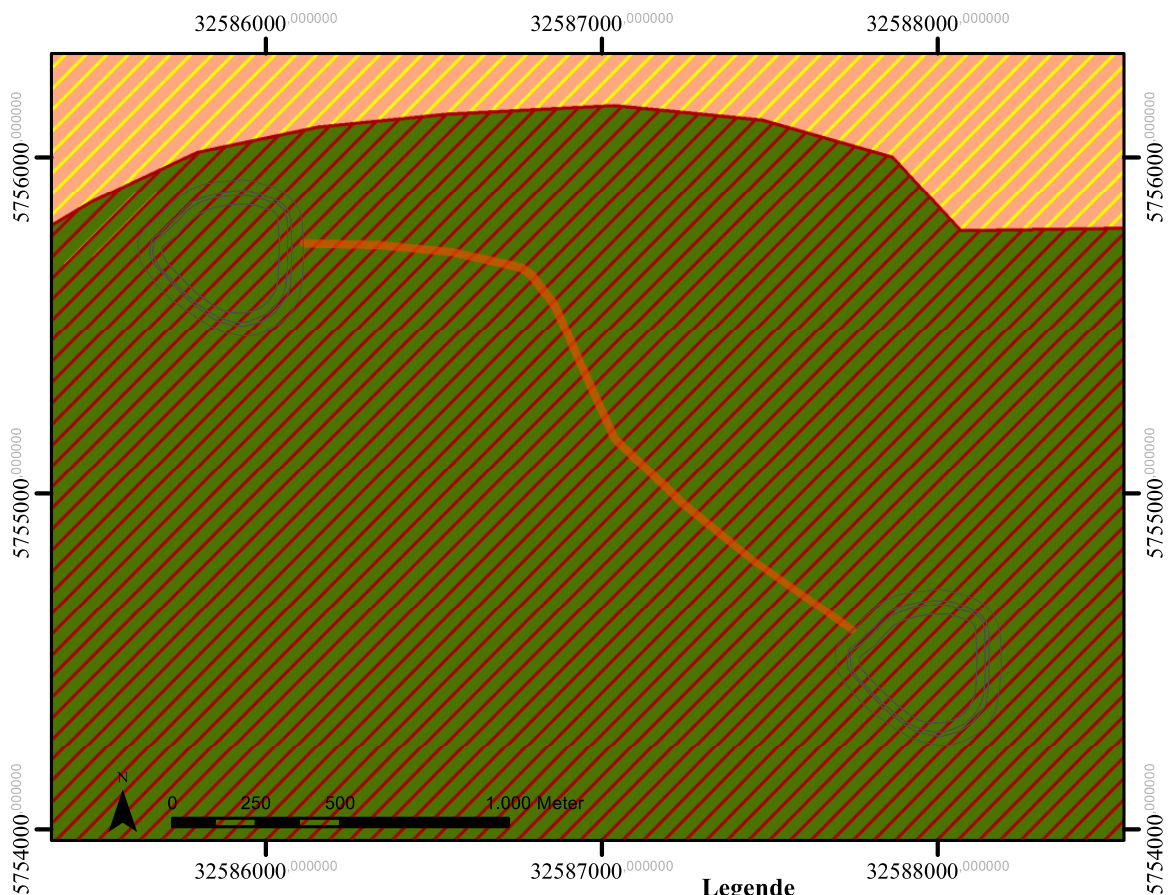


Abbildung 30: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Boden "Eingeschränkt"
- Boden "Stark Eingeschränkt"

Boden

Tabelle 35: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Wasserhaltung Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche	eingeschränkt	36,42 ha
		stark eingeschränkt	nicht betroffen

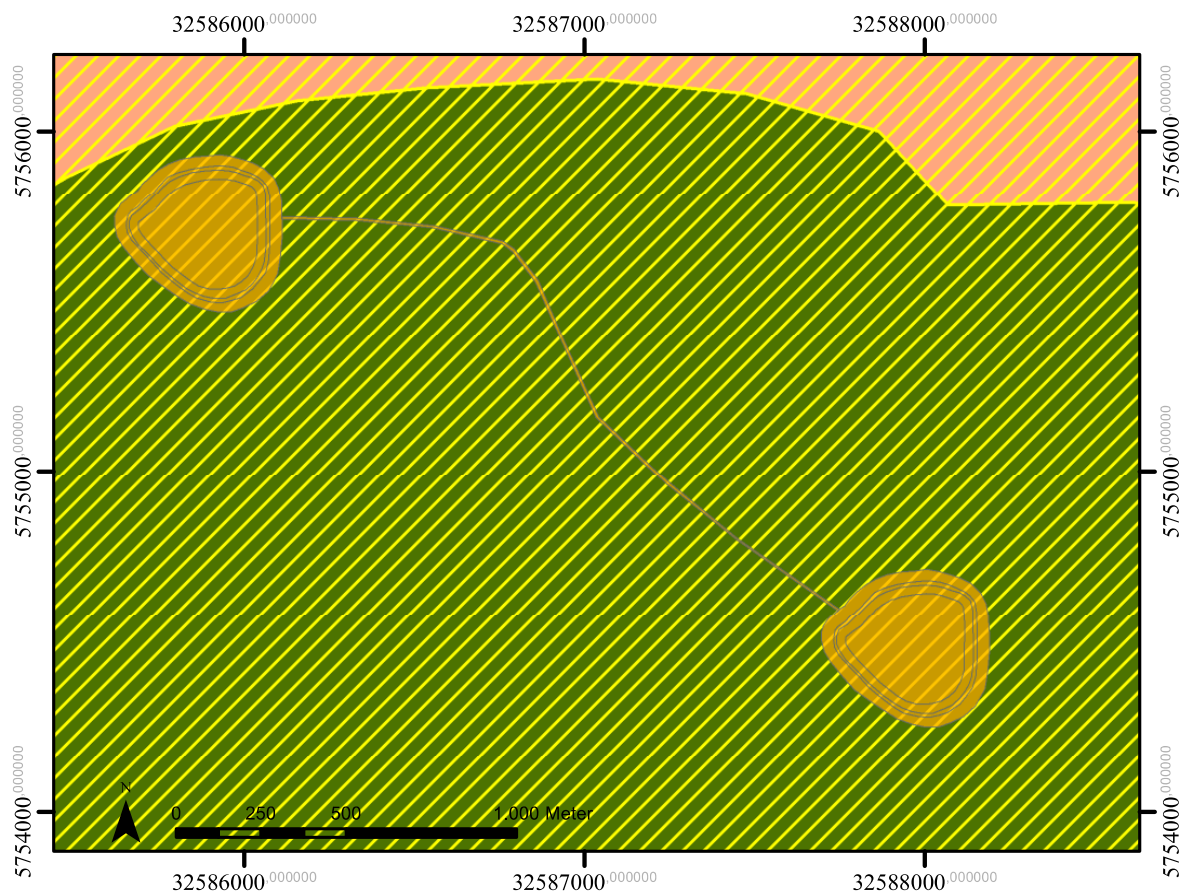


Abbildung 31: Empfindlichkeit "Boden" gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Boden "Eingeschränkt"
- Boden "Stark Eingeschränkt"

Boden

Tabelle 36: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Risikoklasse	eingeschränkt	C
		stark eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche	eingeschränkt	186,86 ha
		stark eingeschränkt	5,54 ha

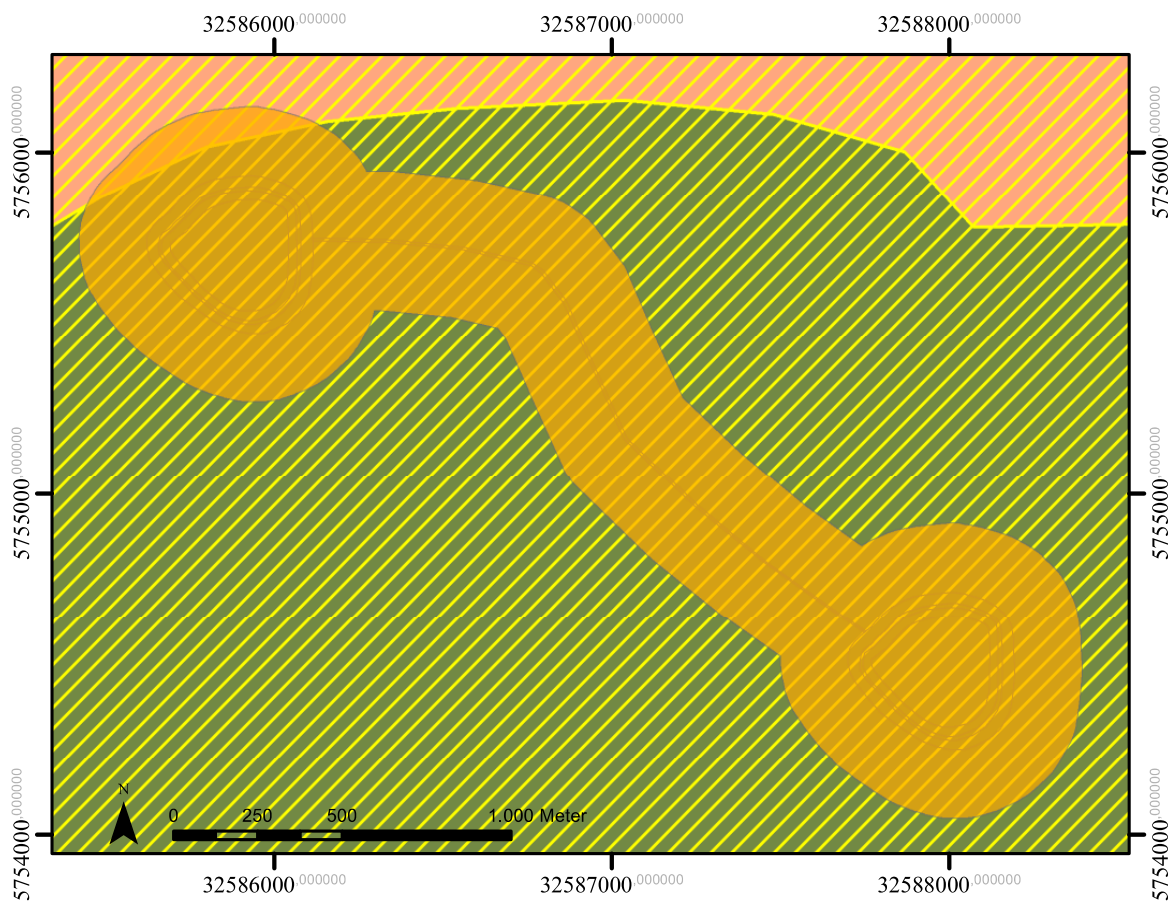


Abbildung 32: Empfindlichkeit „Boden“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffeintrag“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Boden "Eingeschränkt"
- Boden "Stark Eingeschränkt"

4.6 Schutzgut Wasser

Wasser übernimmt wesentliche Funktionen im Ökosystem. Es bildet die Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und den Menschen, ist ein Transportmedium für Nährstoffe und erfüllt klimatische Funktionen. Ziel ist daher die Sicherung quantitativer und qualitativer Funktionen sowie die Verhinderung und Minimierung negativer Veränderungen (LRP GOSLAR 1991: 127). Dazu gehört der Schutz der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes, Lebensgrundlage des Menschen und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen (§ 1 BNATSCHG). Hinzu kommt der Erhalt eines guten ökologischen und chemischen Zustandes der Oberflächengewässer und des Grundwassers (Art. 4 WRRL, Art. 1 GWRL).

4.6.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (37) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Wasser“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 37: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Wasser“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Wasser	Grundwasser	X
	Oberflächenwasser	X
	Retentionsvermögen	
	Wasserschutzgebiete	

Die Verortung sowie der Zustand der Erfassungskriterien stammen aus dem LRP GOSLAR (1991). Der LRP GOSLAR weist dabei für jedes Erfassungskriterium Bereiche aus in denen die Leistungsfähigkeit „wenig eingeschränkt“, „mäßig eingeschränkt“ oder „eingeschränkt“ ist.

Der Aspekt Grundwasser berücksichtigt dabei die Grundwasserneubildungsrate und den Grundwasserspiegel, ebenso wie bereits bestehende Belastungen. Das Oberflächenwasser wird anhand der Gewässergüteklasse bewertet sowie anhand von bestehenden Belastungen. Auch bereits bestehende Veränderungen der Wasserführung (Reduzierung der Abflussmenge, Veränderungen des Gewässerverlaufs) wurden bei der Bewertung berücksichtigt. Bei der Bewertung und Einstufung des Retentionsvermögens, wurden lediglich die Bereiche der Fließgewässer und deren angrenzenden Überschwemmungsgebiete berücksichtigt.

4.6.2 Ist-Zustand

Grundwasser

Die Leistungsfähigkeit des Grundwassers ist im gesamten Bereich des Vorhabens sowie über das Vorhaben hinaus als „wenig eingeschränkt“ ausgewiesen. Die Beurteilung des Leistungshaushaltes beruht dabei auf der Grundwasserneubildungsrate und auf Bereiche zur Gewinnung von Trinkwasser. Als Vorbelastungen wurden Schadstoffeintrag und Versiegelungen berücksichtigt. Eine genaue Verortung der einzelnen Aspekte der Leistungsfähigkeit des Grundwassers ist im LRP nicht gegeben. Innerhalb des größeren Wirkbereichs des Vorhabens befinden sich Gebiete, deren Leistungsfähigkeit (nach denselben Bewertungskriterien) als „mäßig eingeschränkt“ bewertet ist.

Oberflächenwasser

Die Leistungsfähigkeit der Oberflächenwasser ist im gesamten Vorhabensbereich mit „wenig eingeschränkt“ bewertet. Die Bewertung der Leistungsfähigkeit berücksichtigt dabei die Gewässergüteklasse sowie die Veränderung der Wasserführungen (Begradigungen). Auch hier ist eine genaue Ausweisung der Gewässergüte und der Wasserführungen für die einzelnen Oberflächenwasser nicht gegeben.

4.6.3 Empfindlichkeit des Schutzgutes

Tabelle 38 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 38: Empfindlichkeiten des Schutzguts „Wasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen"

		Flächenverlust Intensität: A	Versiegelung/ Bodenverdichtung Intensität: A	Einbringung von Fremdmaterial Intensität: B	Wasserhaltung Intensität: C	Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	Entnahme von Rohwasser/ Erstbefüllung Intensität: C
Grundwasser	wenig eingeschränkt	A	A	A	C	B	X
	mäßig eingeschränkt	B	B	B	C	C	X
Oberflächenwasser	wenig eingeschränkt	A	A	X	C	B	X

Grundwasser

Die Empfindlichkeit des im Leistungshaushalt „wenig eingeschränkten“ Grundwassers gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“ sowie „Einbringung von Fremdmaterial“ ist als „hoch“ zu bewerten. Die Leistungsfähigkeit des Grundwassers wird durch die Beeinträchtigungen stark geschädigt. Mit einer Regeneration kann erst nach Jahren gerechnet werden. Gegenüber Staub- und Schadstoffemission ist die Empfindlichkeit als „mittel“ zu bewerten. Gelangen die Schadstoffe erst einmal ins Grundwasser führen sie dort zu einer mittelfristigen Veränderung der Leistungsfähigkeit.

Eine geringe Empfindlichkeit zeigt das, in der Leistungsfähigkeit wenig eingeschränkte, Grundwasser gegenüber der Wasserhaltung. Wasserhaltung ist nur ein punktueller und temporärer Eingriff während der Bauphase. Mit einer Regeneration kann schon nach kurzer Zeit gerechnet werden.

Die Beeinträchtigung „Entnahme von Rohwasser“ im Zuge der Erstbefüllung wurde nicht berücksichtigt. Grund dafür ist, dass die Entnahme nicht verortet ist und möglicherweise auch weiter weg vom eigentlichen Vorhaben stattfinden kann oder es zu einer Erstbefüllung durch ein Fließgewässer kommt.

Die Empfindlichkeiten des Grundwassers mit einem „mäßig eingeschränkten“ Leistungshaushalt wurden aufgrund der Vorbelastungen immer eine Stufe niedriger eingestuft, als die Bereiche mit einem wenig eingeschränkten Leistungshauhalt.

Oberflächenwasser

Die Empfindlichkeit des Oberflächenwassers gegenüber Flächenverlust sowie gegenüber einer Versiegelung und Bodenverdichtung ist „hoch“. Die wenig eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Oberflächenwasser würde durch die Beeinträchtigungen nachhaltig verändert werden und eine Regeneration wäre erst nach vielen Jahren möglich.

Eine mittlere Empfindlichkeit zeigen Oberflächenwasser in Bezug auf Staub- und Schadstoffeintrag. Der Schadstoffeintrag führt zu einer Veränderung der Leistungsfähigkeit. Eine Regeneration ist nach einigen Jahren möglich.

Gering ist die Empfindlichkeit des Leistungshaushalts gegenüber Wasserhaltung. Die Wasserhaltung im Zuge der Bauphase wirkt lediglich temporär und eine Veränderung würde nur kurzzeitig stattfinden.

4.6.4 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 33 – Abb. 39) dienen dazu, die Beeinträchtigungintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 39 - Tab. 45) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von

Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Grundwasser

Tabelle 39: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust	Versiegelung/Bodenverdichtung
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	A
	Betroffene Fläche	wenig eingeschränkt	34,80 ha
		mäßig eingeschränkt	nicht betroffen

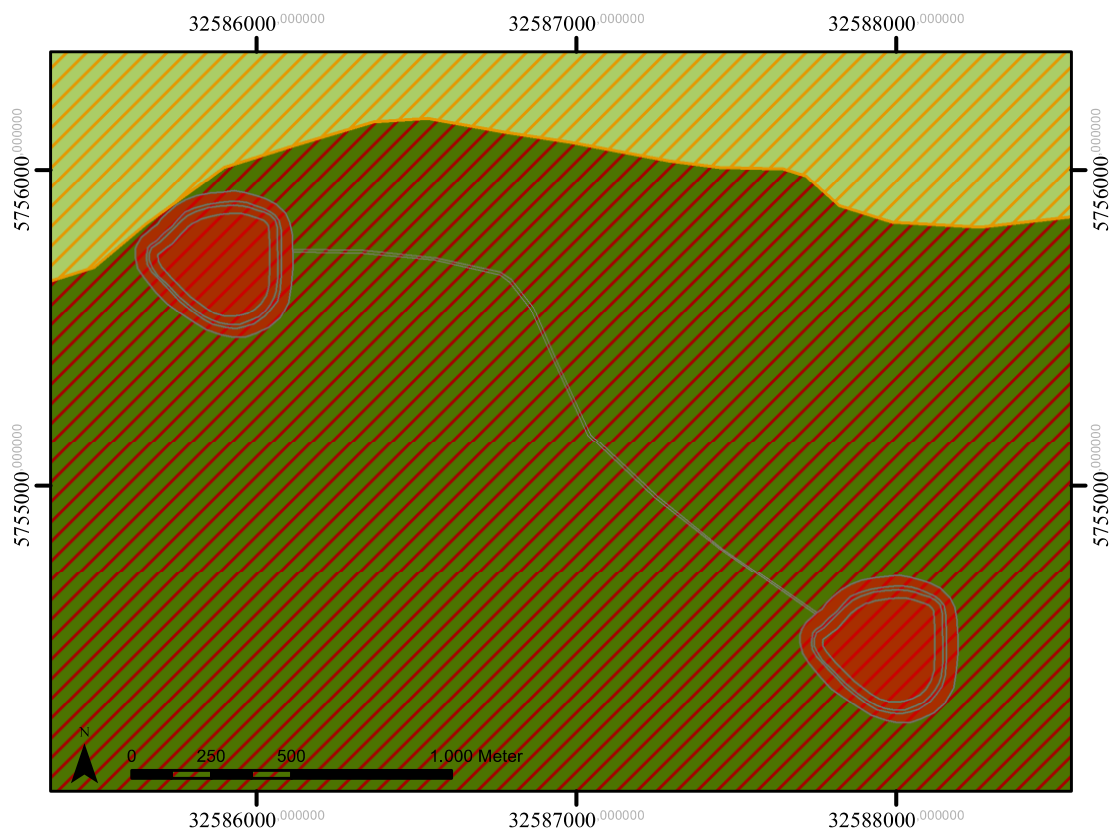


Abbildung 33: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Grundwasser "Mäßig Eingeschränkt"
- Grundwasser "Wenig Eingeschränkt"
- Empfindlichkeit "Mittel"

Grundwasser

Tabelle 40: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Einbringung von Fremdmaterial Intensität: B	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	A
	Betroffene Länge	wenig eingeschränkt	4,32 km
		mäßig eingeschränkt	nicht betroffen

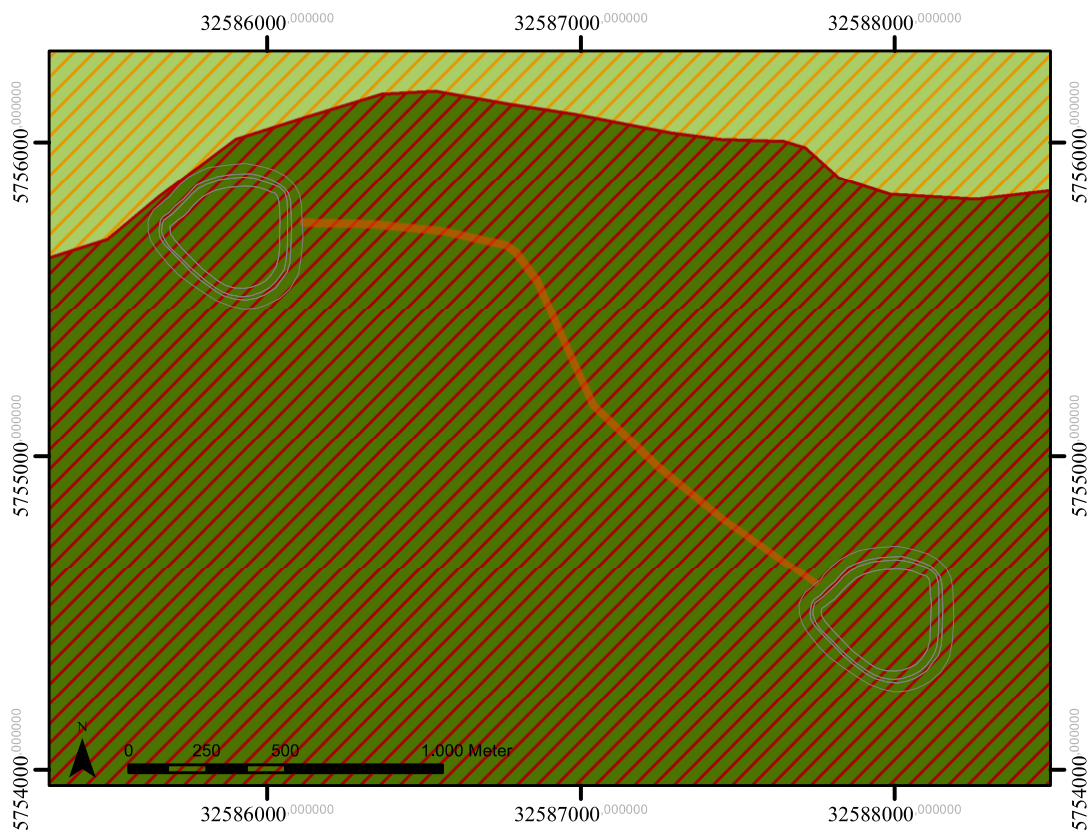


Abbildung 34: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Einbringung von Fremdmaterial“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Grundwasser "Mäßig Eingeschränkt"
- Grundwasser "Wenig Eingeschränkt"

Grundwasser

Tabelle 41: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Wasserhaltung (t) Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	C
		mäßig eingeschränkt	C
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	C
		mäßig eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche/Länge	wenig eingeschränkt	34,80 ha/4,32 km
		mäßig eingeschränkt	nicht betroffen

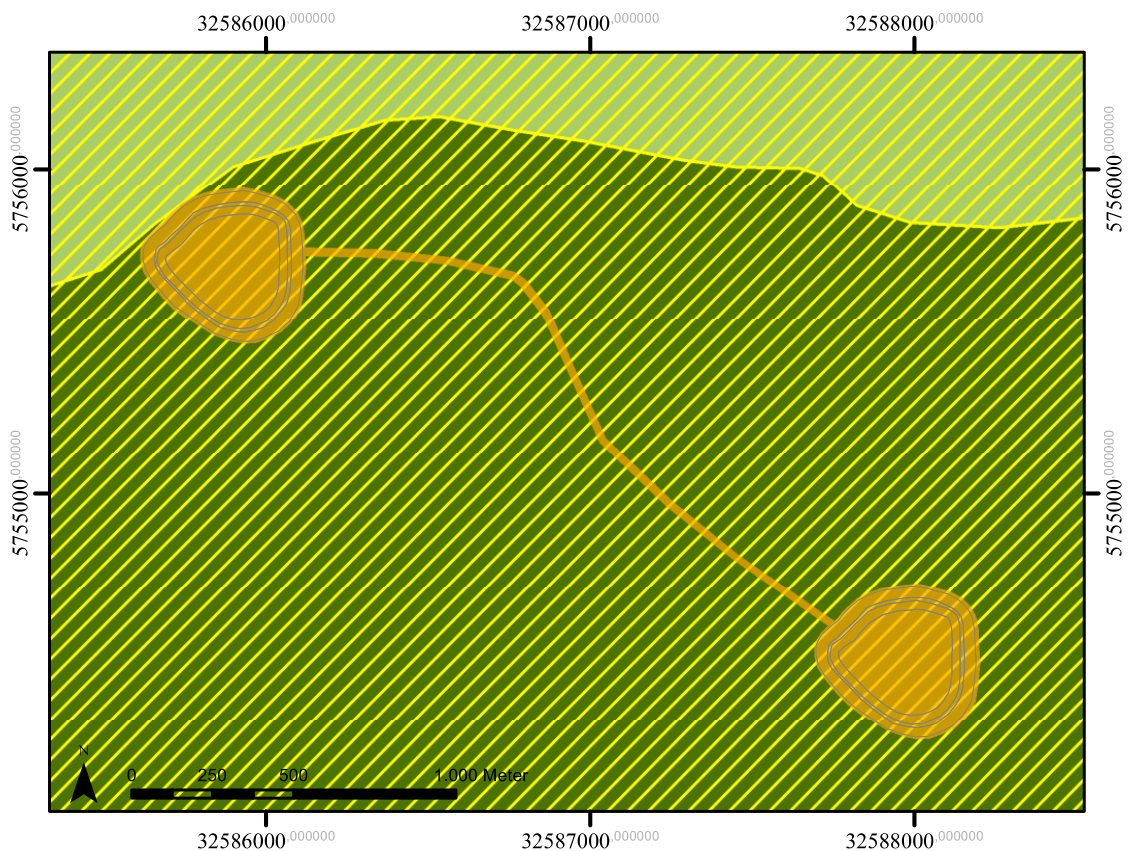


Abbildung 35: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Grundwasser "Mäßig Eingeschränkt"
- Grundwasser "Wenig Eingeschränkt"

Grundwasser

Tabelle 42: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	B
		mäßig eingeschränkt	C
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	B
		mäßig eingeschränkt	C
	Betroffene Fläche/Länge	wenig eingeschränkt	180,94 ha
		mäßig eingeschränkt	11,46 ha

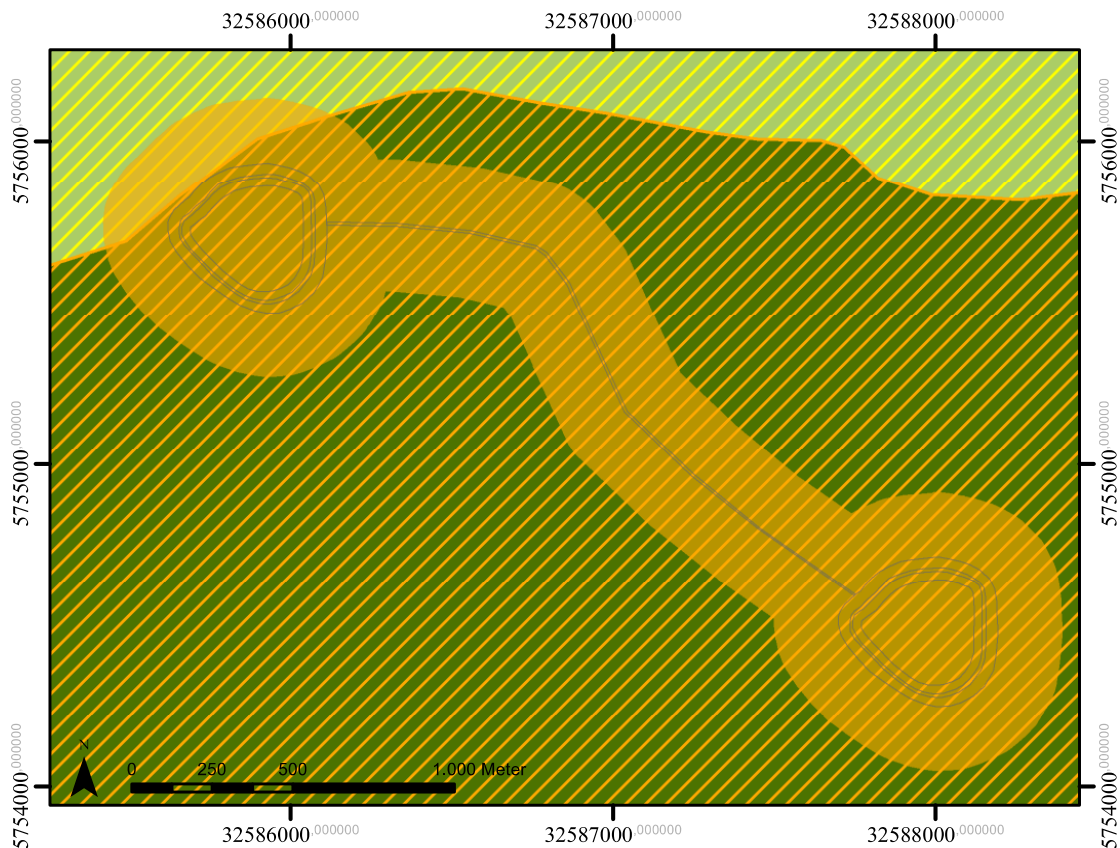


Abbildung 36: Empfindlichkeit „Grundwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“

Legende

- Wirkungsbereich Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Grundwasser "Mäßig Eingeschränkt"
- Grundwasser "Wenig Eingeschränkt"

Oberflächenwasser

Tabelle 43: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust Versiegelung/Bodenverdichtung Intensität: A	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	wenig eingeschränkt	A
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
	Betroffene Länge	wenig eingeschränkt	273,25 m

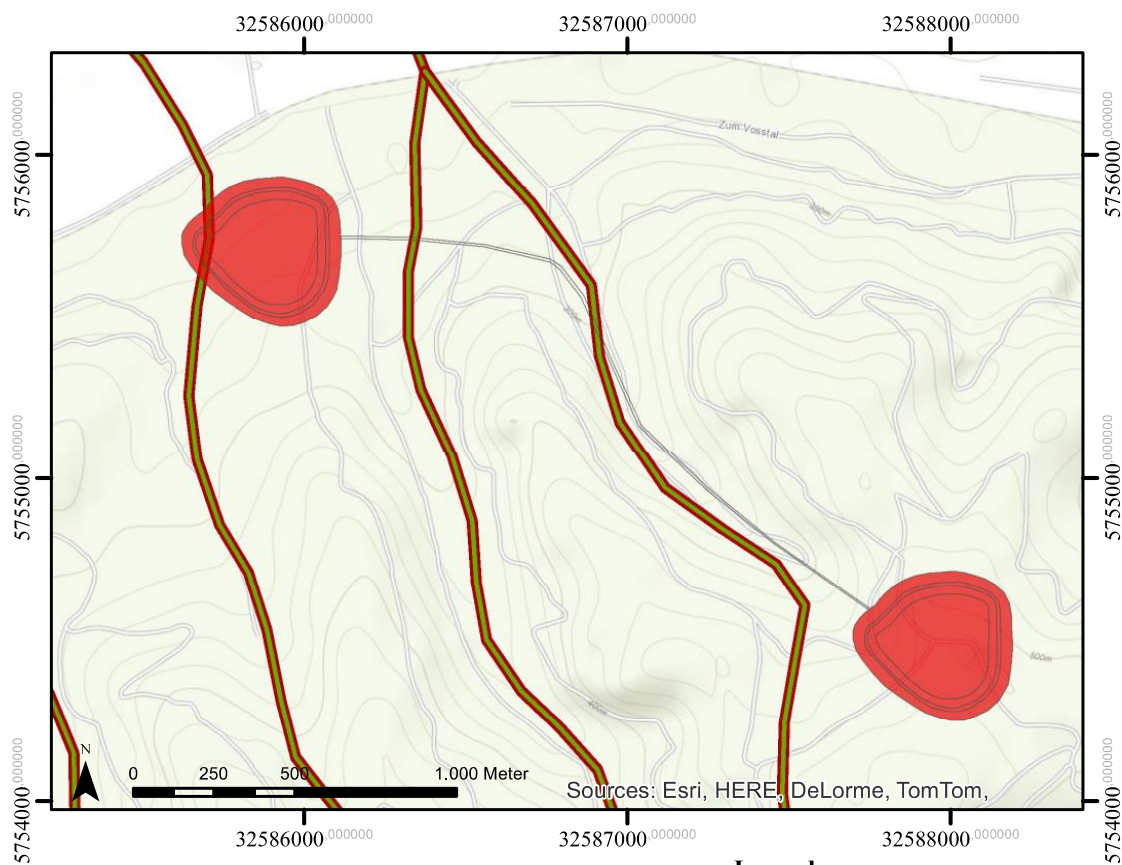


Abbildung 37: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Oberflächenwasser "Mäßig Eingeschränkt" Empfindlichkeit "Hoch"

Oberflächenwasser

Tabelle 44: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Wasserhaltung Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	C
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	C
	Betroffene Länge	wenig eingeschränkt	273,25 m

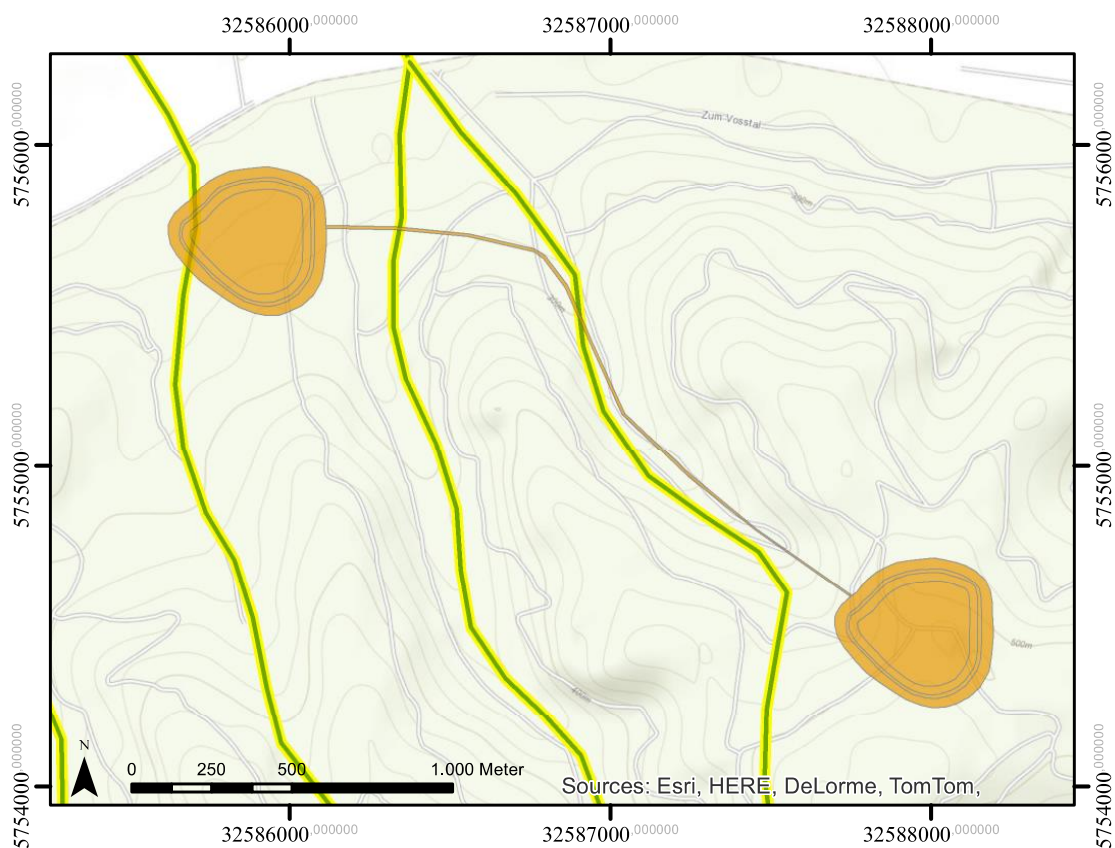


Abbildung 38: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Wasserhaltung“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Oberflächenwasser "Wenig Eingeschränkt"
- Empfindlichkeit "Gering"

Oberflächenwasser

Tabelle 45: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	B
	Betroffene Länge	wenig eingeschränkt	29,51 km

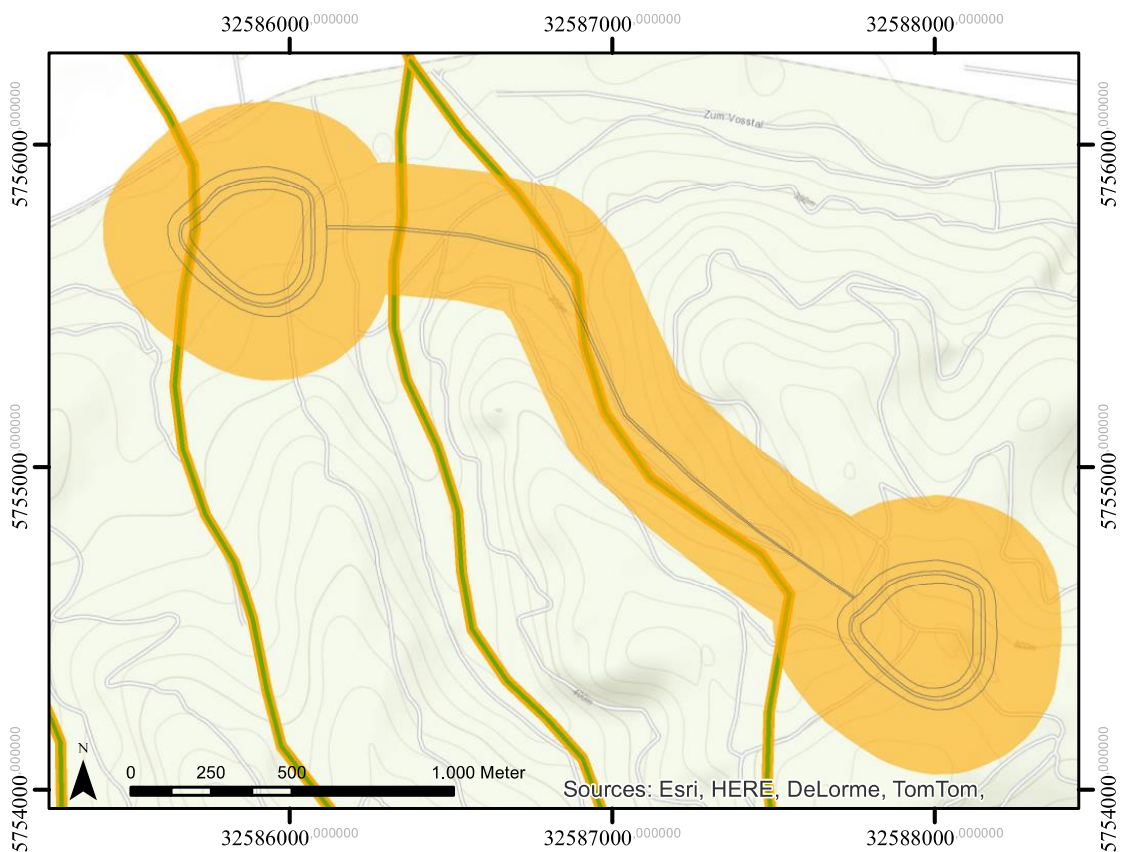


Abbildung 39: Empfindlichkeit „Oberflächenwasser“ gegenüber der Beeinträchtigung "Staub- und Schadstoffemission"

Legende

- Wirkbereich
Beeinträchtigung "Gering"
- Oberflächenwasser
"Wenig Eingeschränkt"
Empfindlichkeit "Mittel"

4.7 Schutzgut Klima/Luft

Klima und Luft gelten als systemausprägende Mitgestalter eines Ökosystems und bilden die unmittelbare Grundlage des Lebens für Menschen, Pflanzen und Tiere (LRP GOSLAR 1991: 149). Daher sind Leistungs- und Funktionsfähigkeit zu sichern (§ 1 BNATSCHG). Dazu zählt der Schutz von Flächen mit klima- und lufthygienischen Funktionen, wie zum Beispiel Mooren, Wäldern und sonstigen Gebieten mit einer klimatischen Funktion.

4.7.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (46) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Klima/Luft“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 46: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Klima/Luft“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Klima/Luft	Frischlufentstehungsgebiet -Wirkung auf Siedlungen -Keine Wirkung auf Siedlungen	X
	Frischlufschneisen	
	Leistungshaushalt Klima/Luft - Flächen mit klimatischer Wirkung auf Siedlungen - Innerstädtische Grünflächen mit klimatischer Wirkung - Klimagutachten	X

Da die aufgelisteten Erfassungskriterien für die Erfassung des Leistungshaushaltes nicht einzeln verortet vorlagen und eine exakte Lage aus dem LRP GOSLAR nicht entnommen werden konnte, wurde bei der Beschreibung des Ist-Zustands, der Bewertung der Empfindlichkeit und dadurch auch bei der Bewertung des ökologischen Risikos die Ausweisung der „wichtigen Bereiche“ verwendet. Die wichtigen Bereiche berücksichtigen allerdings alle aufgelisteten Kriterien zur Beurteilung des Leistungshaushalts. Unterteilt werden die Bereiche in Bezug auf die Leistungsfähigkeit in „wenig eingeschränkt“, „mäßig eingeschränkt“ und „eingeschränkt“.

4.7.2 Ist-Zustand

Leistungshaushalt

Die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts ist im Vorhabensbereich als „wenig eingeschränkt“ beurteilt. Berücksichtigt wurde dabei auch die Leistungsfähigkeit in Bezug auf Makro- und Großklima sowie Meso- und Kleinklima. Direkt an den Vorhabensbereich grenzt ein Gebiet, in welchem die Leistungsfähigkeit als „mäßig eingeschränkt“ ausgewiesen ist.

Schwerpunkte Klima/Luft

Ein Teil der Fläche innerhalb des Vorhabensbereichs ist zudem ausgewiesen als Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen und ein Teil als Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen, während ein Teil mit einer hohen Vorbelastung durch Schadstoffe angrenzt. Nah an den Vorhabensbereich grenzt ebenfalls ein Gebiet mit Berg-Talwindzirkulation – ein wichtiger klimatischer Prozess, welcher vom Vorhaben nicht betroffen ist.

4.7.3 Empfindlichkeit des Schutzguts

Tabelle 47 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 47: Empfindlichkeiten des Schutzguts "Klima/Luft" gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen

		Flächenverlust Intensität: A	Versiegelung/ Bodenverdichtung Intensität: A	Veränderung des Lokalklimas Intensität: B	Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Leistungshaushalt Klima/Luft	wenig eingeschränkt	A	A	A	C
	mäßig eingeschränkt	B	B	B	C
Schwerpunkte Klima/Luft	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	A	A	A	C
	Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	A	A	A	C
	Schadstoffanreicherung	C	C	C	C

Leistungshaushalt

In den Gebieten, in denen der Leistungshaushalt wenig eingeschränkt ist, wurden alle Aspekte als hoch empfindlich gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und „Veränderung des Lokalklimas“ eingestuft. Die genannten Beeinträchtigungen führen zu einer nachhaltigen Veränderung des Leistungshaushalts und eine Regeneration ist nicht absehbar. Gering empfindlich ist der eingeschränkte Boden gegenüber Staub- und Schadstoffemission. Die Beeinträchtigung durch Staub- und Schadstoffemission ist gering, wodurch das System schnell zum Ausgangszustand zurückkehrt.

Bei Gebieten mit einem mäßig eingeschränkten Leistungshaushalt wurde die Empfindlichkeit immer eine Stufe niedriger eingestuft, da aufgrund der Vorbelastungen das Wiedereinstellen des Leistungshaushaltes in diesen Gebieten schneller stattfinden wird.

Schwerpunkte Klima/Luft

Die Schwerpunktbereiche zur Frischluftproduktion - sowohl mit Wirkung auf Siedlungen als auch ohne Wirkungen - wurden gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“, „Veränderung des Lokalklimas“ und „Wasserstandsschwankungen“ als hoch empfindlichen eingestuft. Sämtliche genannte Beeinträchtigungen würden zu einer nachhaltigen Veränderung führen und eine Regeneration wäre nur über einen sehr langen Zeitraum möglich. Gering empfindlich ist der eingeschränkte Bereich gegenüber Staub- und Schadstoffemission. Die Beeinträchtigung durch Staub- und Schadstoffemission ist gering, wodurch das System schnell zum Ausgangsverhalten zurückkehrt.

In den Gebieten, in denen bereits eine hohe Vorbelastung aufgrund von Schadstoffanreicherung vorliegt, wurde die Empfindlichkeit gegenüber allen Beeinträchtigungen als gering eingestuft. Die Beeinträchtigungen haben nur einen geringen Effekt auf die Gebiete und eine Wiederherstellung des Ausgangsstatus' ist innerhalb kurzer Zeit möglich.

4.7.4 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 40 – Abb. 45) dienen dazu, die Beeinträchtigungsintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 48 - Tab. 53) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Leistungshaushalt Klima/Luft

Tabelle 48: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust Versiegelung/Bodenverdichtung Intensität: A	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	A
	Betroffene Fläche	wenig eingeschränkt	34,80 ha
		mäßig eingeschränkt	nicht betroffen

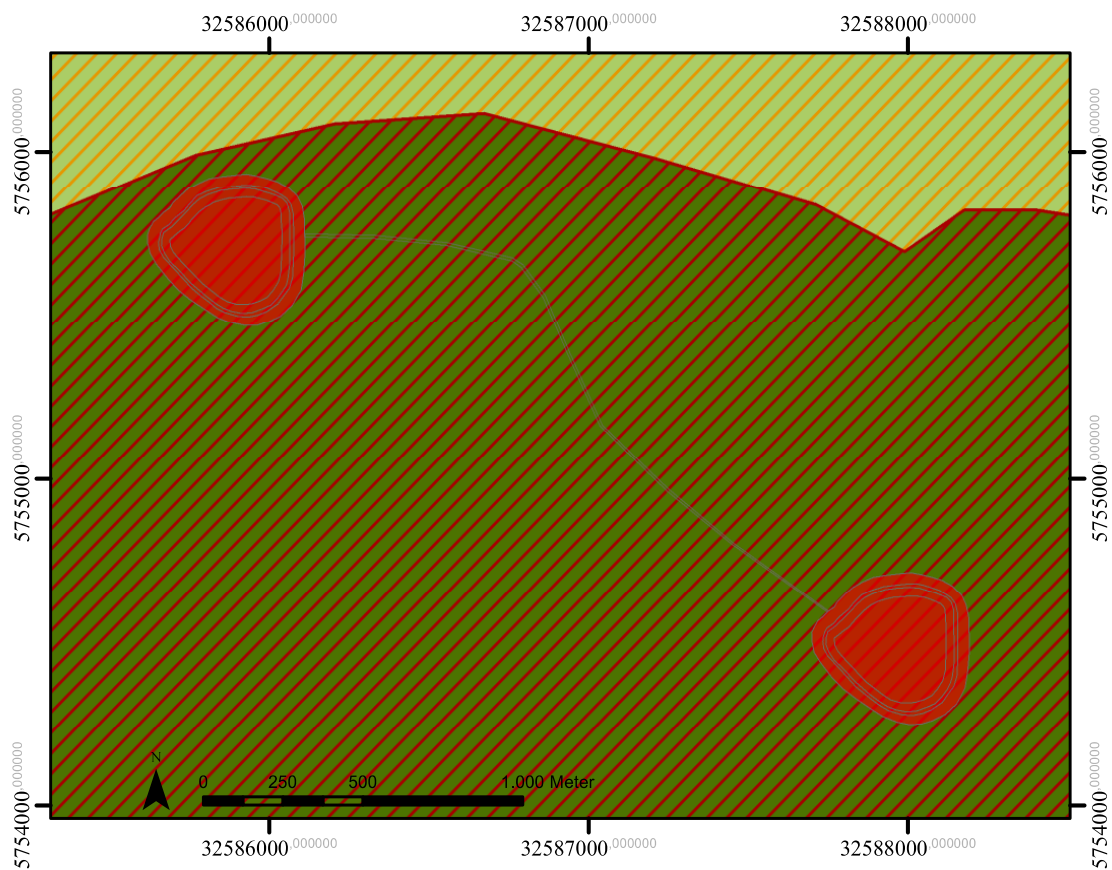


Abbildung 40: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Klima "Mäßig Eingeschränkt"
- Klima "Wenig Eingeschränkt"

Leistungshaushalt Klima/Luft

Tabelle 49: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Veränderung des Lokalklimas Intensität: B	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	A
	Betroffene Fläche	wenig eingeschränkt	34,80 ha
		mäßig eingeschränkt	nicht betroffen

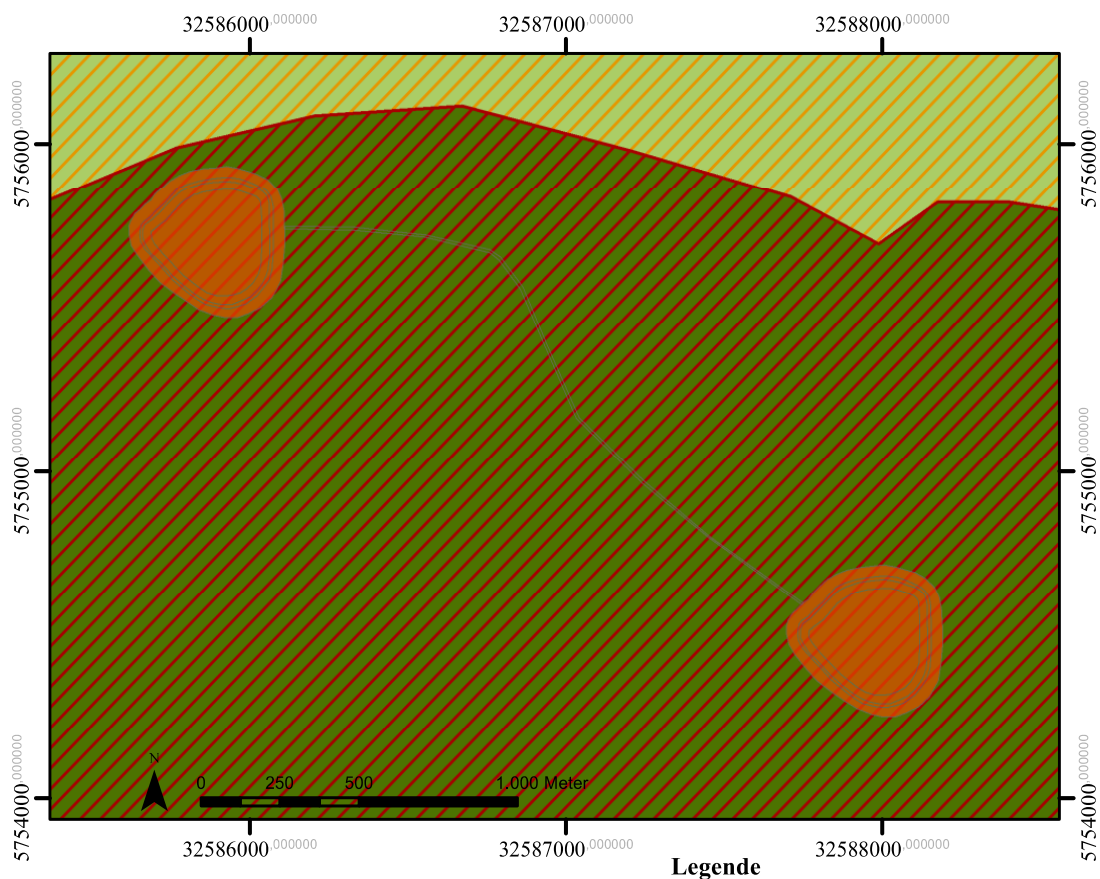


Abbildung 41: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Klima "Mäßig Eingeschränkt"
- Klima "Wenig Eingeschränkt"

Leistungshaushalt Klima/Luft

Tabelle 50: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

			Beeinträchtigungen	
			Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	wenig eingeschränkt	C	
		mäßig eingeschränkt	C	
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	C	
		mäßig eingeschränkt	C	
	Betroffene Fläche	wenig eingeschränkt	186,21 ha	
		mäßig eingeschränkt	6,19 ha	

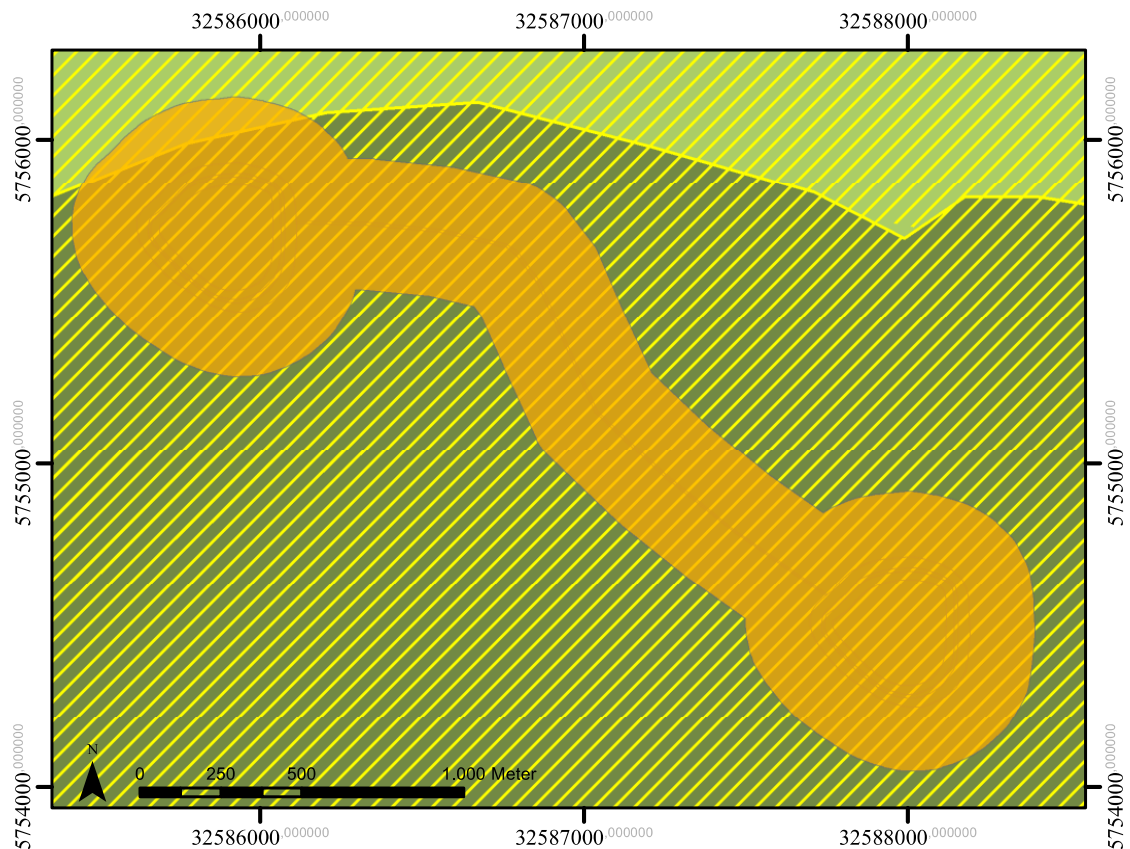


Abbildung 42: Empfindlichkeit „Leistungshaushalt Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Klima "Wenig Eingeschränkt"
- Klima "Mäßig Eingeschränkt"

Schwerpunkte Klima/Luft

Tabelle 51: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust Versiegelung/Bodenverdichtung Intensität: A	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	Frischluffentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	A
		Frischluffentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	A
		Schadstoffanreicherung	C
	Risikoklasse	Frischluffentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	A
		Frischluffentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	A
		Schadstoffanreicherung	B
	Betroffene Fläche	Frischluffentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	nicht betroffen
		Frischluffentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	34,80 ha
		Schadstoffanreicherung	nicht betroffen

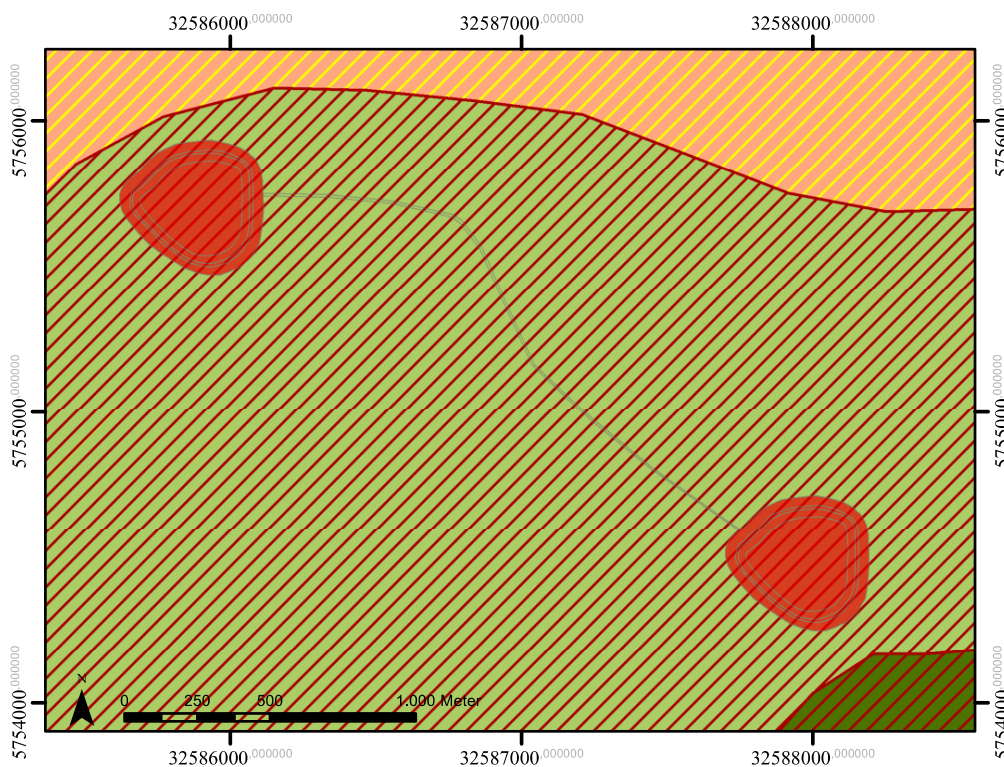


Abbildung 43: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Versiegelung/Bodenverdichtung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Gering"

- Schadstoffanreicherung
- Frischluftentstehungsgebiet ohne Einfluss auf Siedlungen
- Frischluftentstehungsgebiet mit Einfluss auf Siedlungen

Schwerpunkte Klima/Luft

Tabelle 52: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

			Beeinträchtigungen
			Veränderung des Lokalklimas Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	A
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	A
		Schadstoffanreicherung	C
	Risikoklasse	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	A
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	A
		Schadstoffanreicherung	B
	Betroffene Fläche	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	nicht betroffen
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	34,80 ha
		Schadstoffanreicherung	nicht betroffen

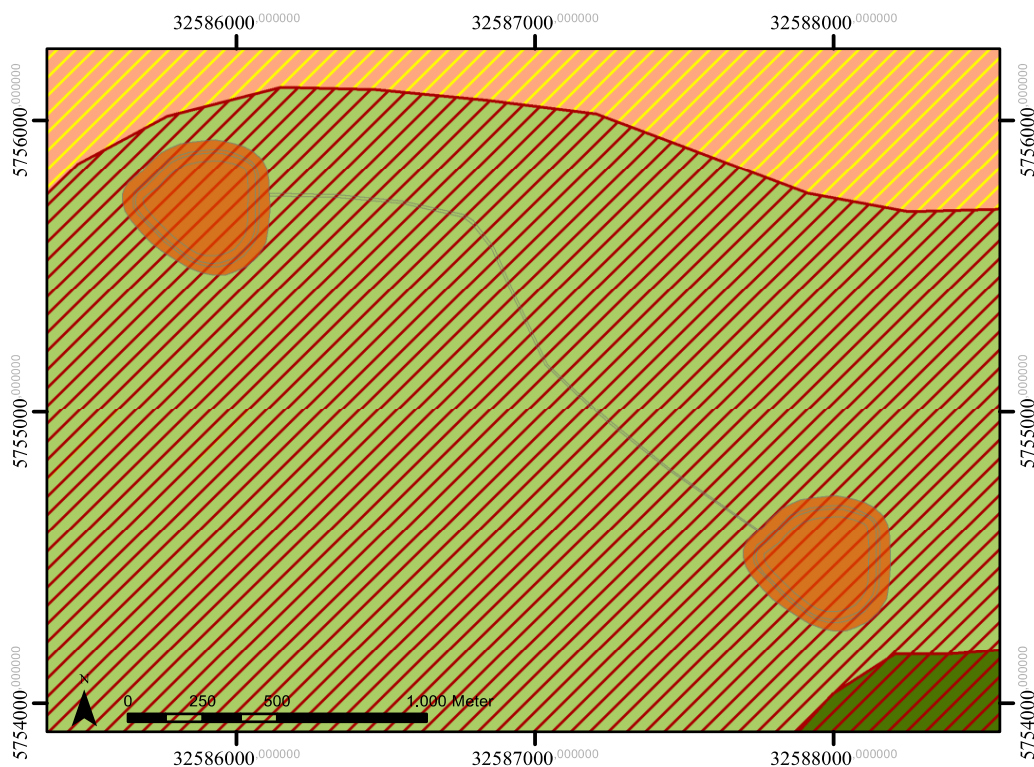


Abbildung 44: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Veränderung des Lokalklimas“

Legende

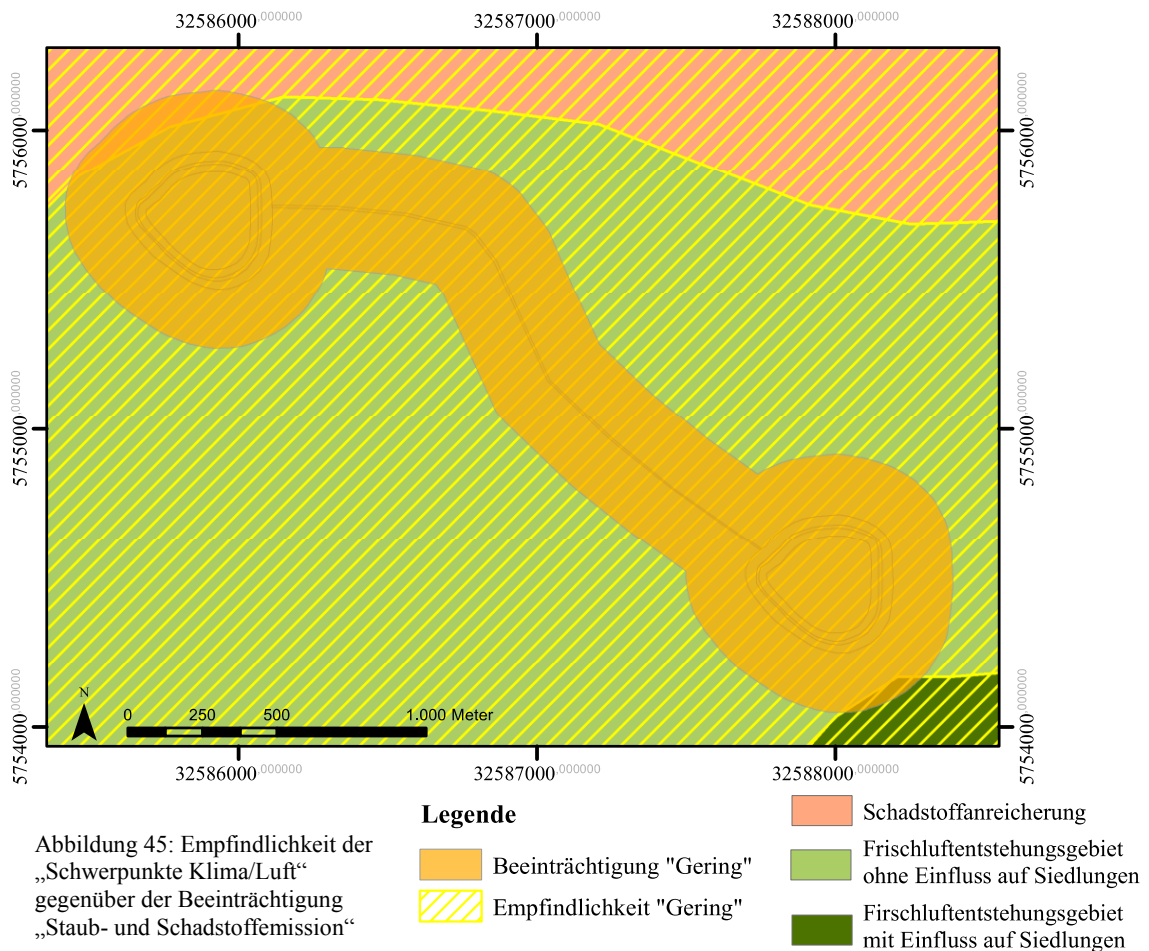
- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Empfindlichkeit "Gering"

- Schadstoffanreicherung
- Frishluftentstehungsgebiet ohne Einfluss auf Siedlungen
- Frishluftentstehungsgebiet mit Einfluss auf Siedlungen

Schwerpunkte Klima/Luft

Tabelle 53: Empfindlichkeit „Schwerpunkte Klima/Luft“ gegenüber der Beeinträchtigung „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen	
		Staub- und Schadstoffemission Intensität: C	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	C
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	C
		Schadstoffanreicherung	C
	Risikoklasse	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	C
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	C
		Schadstoffanreicherung	C
	Betroffene Fläche	Frischluftentstehungsgebiet mit Wirkung auf Siedlungen	187,19 ha
		Frischluftentstehungsgebiet ohne Wirkung auf Siedlungen	
		Schadstoffanreicherung	5,21 ha



4.8 Schutzgut Landschaft und landschaftsgebundene Erholung

Nach dem Bundesnaturschutzgesetz (§ 1 BNATSCHG) ist der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer zu sichern. Dabei geht es um die Sicherung einer Lebensgrundlage des Menschen. Der Schutz der Landschaft geht einher mit dem Schutz der Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft.

4.8.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (54) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Landschaft und landschaftsgebundene Erholung“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 54: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Landschaft und landschaftsgebundene Erholung“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Landschaft und landschaftsgebundene Erholung	Landschaftsschutzgebiet	X
	Geschützte Landschaftsbestandteile	
	Naturpark	X
	Nationalpark	
	Ruhe	X
	Landschaftsbild -Eigenart, Strukturvielfalt, Naturnähe - Nutzungsdruck - Geruch	X

Aspekte, die das Schutzgut ebenfalls umfasst, wie z.B. störende optische Elemente, Unzerschnittenheit, Strukturvielfalt, Geruch, Eigenart oder Naturnähe werden als Erfassungskriterium nicht extra berücksichtigt. Grund hierfür ist die Integration in die Bewertung des „Landschaftsbilds“ durch den LRP GOSLAR, welcher bei der Bewertung berücksichtigt wird. Zudem wurde die Leistungsfähigkeit des Aspekts Landschaftsbild und des Aspekts Ruhe hinsichtlich ihrer Beeinträchtigungen, Nutzungsstruktur sowie in Bezug auf besondere Eigenschaftsmerkmale wie zum Beispiel Seltenheit bereits bewertet (vgl. LRP GOSLAR 1991: 106). Dabei wurden im LRP GOSLAR für das Landschaftsbild sowie für Ruhe Bereiche ausgewiesen, in welchen die Leistungsfähigkeit „wenig eingeschränkt (besonders bedeutsam oder bedeutsam), „mäßig eingeschränkt“ oder „eingeschränkt“ sind.

4.8.2 Ist-Zustand

Landschaftsschutzgebiet

Das Vorhaben liegt vollständig in nach § 26 BNatSchG ausgewiesenen Landschaftsschutzgebieten. Landschaftsschutzgebiete werden ausgewiesen aufgrund ihrer Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, zum Schutz von Lebensräumen bestimmter Tier- und Pflanzenarten oder wegen der Vielfalt, Eigenart und Schönheit oder der kulturhistorischen Bedeutung der Landschaft oder der besonderen Bedeutung für die Erholung. Ein genauer Grund für die Ausweisung des Landschaftsschutzgebiets in dem Vorhabenbereich ist nicht gegeben.

Naturpark

Das Vorhaben liegt vollständig innerhalb eines ausgewiesenen nach § 27 BNatSchG geschützten Naturparks. Bei Naturparks handelt es sich meist um großräumige Kulturlandschaften. Der Schutz der Biotop- und Artenvielfalt ist dabei eng mit dem Schutz der Erholungsfunktion der Landschaft für den Menschen verbunden. Unterstützt werden umweltverträglicher Tourismus sowie umweltverträgliche Landnutzung.

Landschaftsbild

Innerhalb des Vorhabenbereichs sind in Bezug auf das Landschaftsbild Bereiche betroffen, in denen die Leistungsfähigkeit als „mäßig eingeschränkt“ oder „wenig eingeschränkt“ eingeordnet ist.

Wenig eingeschränkte Bereiche sind dabei Bereiche mit naturtypischem Charakter, mit kulturhistorischer Bedeutung, strukturierten Feldfluren sowie einem geringen Anteil an Siedlungsflächen. Ein Nutzungsdruck durch Erholung ist nicht gegeben.

Mäßig eingeschränkte Bereiche sind Bereiche mit mäßig strukturierten Feldfluren, Talsperren und einem erhöhten Anteil an Siedlungsbereichen. Mäßig eingeschränkte Bereiche unterliegen zudem einem erhöhten Nutzungsdruck.

Ruhe

Unter dem Aspekt Ruhe sind Bereiche betroffen, in denen die Leistungsfähigkeit als „wenig eingeschränkt“ ausgewiesen ist. Diese Flächen sind frei von technischen Lärmquellen und werden nur bedingt durch Erholungsnutzende beeinträchtigt.

5.5.3 Empfindlichkeit des Schutzgutes

Tabelle 55 gibt einen Überblick über die Empfindlichkeit der betroffenen (im Untersuchungsraum vorkommenden) Kriterien des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden und auf sie wirkenden Beeinträchtigungen. Dabei werden die Empfindlichkeiten anhand der in Kap. 2.2.4 erstellten Bewertungstabelle gewichtet.

Tabelle 55: Empfindlichkeit des Schutzguts „Landschaft und landschaftsgebundene Erholung“ gegenüber den Beeinträchtigungen

		Flächenverlust Intensität: A	Visuelle Störungen/ Sichtbarkeit Intensität: A	Zerschneidung/ Barrierewirkung Intensität: A	Erschütterungen Intensität: C	Lärm- und Lichtemission Intensität: B	Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Landschaftsschutzgebiet, Naturpark		A	A	A	C	B	C
Ruhe	wenig eingeschränkt	X	X	X	C	A	X
Landschaftsbild	wenig eingeschränkt	A	A	A	X	X	X
	mäßig eingeschränkt	B	B	B	X	X	X

Landschaftsschutzgebiet, Naturpark

Landschaftsschutzgebiete und Naturparks sind sehr empfindlich gegenüber Flächenverlust, visuellen Störungen und Sichtbarkeit sowie gegenüber Zerschneidung und Barrierewirkung. Die Beeinträchtigungen würden zu nachhaltigen Veränderungen führen. Eine geringe Empfindlichkeit zeigen sie gegenüber Erschütterungen, Lärm- und Lichtemission sowie gegenüber Staub- und Schadstoffeintrag, da diese Beeinträchtigungen nur kurzzeitig wirken und keine nachhaltige Veränderung mit sich bringen.

Landschaftsbild

Das Landschaftsbild ist durch die Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ sowie durch „Zerschneidung/Barrierewirkung“ dauerhaft und intensiv betroffen. Die Empfindlichkeit des Landschaftsbildes mit einem „wenig eingeschränkten“ Leistungshaushalt wird als „hoch“ eingestuft. Grund hierfür ist unter anderem der naturtypische Charakter der Landschaft. Die Landschaft ist in diesen Bereichen kaum belastet und Beeinträchtigungen würden zu einer negativen und nachhaltigen Veränderung der Landschaft führen. Mäßig eingeschränkte Bereiche hingegen unterliegen bereits einer gewissen Vorbelastung z.B in Form von Talsperren. Die Empfindlichkeit dieser Bereiche gegenüber den potentiellen Beeinträchtigungen ist daher als „mittel“ zu bewerten. Die Einwirkungen führen zwar zu einer Veränderung der Landschaft, aufgrund der Vorbelastungen der Landschaft sind diese Bereiche jedoch nicht so empfindlich gegenüber neuen Beeinträchtigungen; der Ist-Zustand stellt sich schneller wieder ein.

Ruhe

Der Aspekt Ruhe wird durch die Wirkfaktoren Erschütterungen und Lärm- und Lichtemission beeinträchtigt. Beeinträchtigt werden dabei nur Bereiche, die als „wenig eingeschränkt“ ausgewiesen wurden. Die Empfindlichkeit dieser Bereiche gegenüber Lärm- und Lichtemissionen ist dabei mit „hoch“ zu bewerten. Die „wenig eingeschränkten“ Bereiche unterliegen nur einem sehr geringen Nutzungsdruck durch Erholungssuchende und sind komplett frei von technischen Lärmquellen. Aufgrund der kaum vorhandenen Vorbelastungen werden diese Bereiche durch das Vorhaben nachhaltig verändert und sind daher besonders empfindlich gegenüber Beeinträchtigungen. Da Erschütterungen nur sequenziell und kurzzeitig wirken, führen sie auch nur zu kurzzeitigen Veränderungen.

5.5.4 Ökologisches Risiko

Die Verschneidung der Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen mit der Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen ergibt das Ökologische Risiko (vgl. Kap. 2.2.5). Die folgenden Abbildungen (Abb. 46 – Abb. 51) dienen dazu, die Beeinträchtigungsintensität und die Empfindlichkeiten gegenüber den Beeinträchtigungen räumlich darzustellen. Die Tabellen (Tab. 56 - Tab. 61) dienen der Nachvollziehbarkeit der Verschneidung von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit und somit der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Risikoklasse. Zusätzlich enthalten die Tabellen Informationen über die von den Beeinträchtigungen betroffene Fläche.

Bei einer exakten Überlagerung (Wertstufen und räumliche Ausdehnung) von Beeinträchtigungsintensität und Empfindlichkeit wurden sowohl die Beeinträchtigungen und Empfindlichkeiten als auch das ökologische Risiko in einer Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Landschaftsschutzgebiet/Naturpark

Tabelle 56: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Flächenverlust Visuelle Störungen/Sichtbarkeit Zerschneidung/Barrierewirkung Intensität: A
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	A
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	34,80 ha

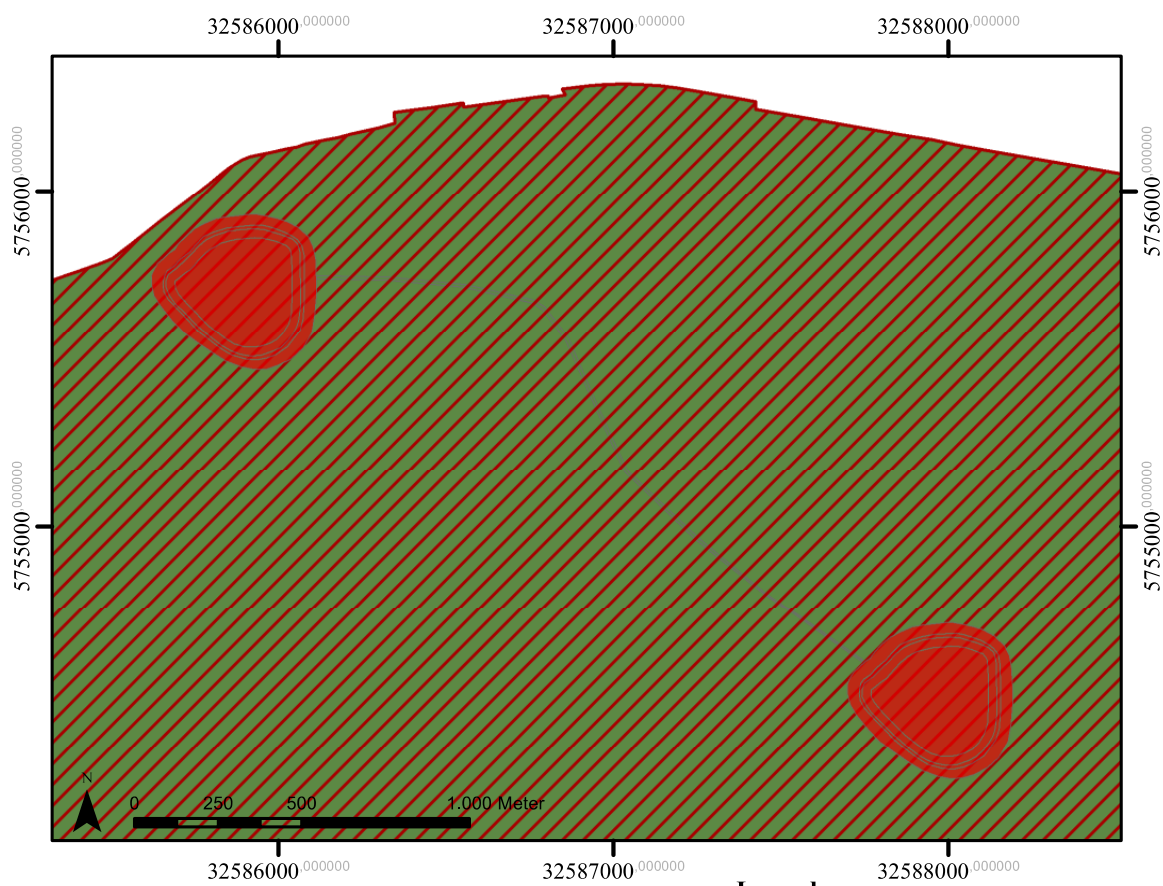


Abbildung 46: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenentzug“, „Versiegelung/Bodenverdichtung“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Landschaftsschutzgebiet

Landschaftsschutzgebiet/Naturpark

Tabelle 57: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterungen“ und „Staub- und Schadstoffemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Erschütterungen Staub- und Schadstoffemission Intensität: C
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	C
	Risikoklasse	C
	Betroffene Fläche	186,90 ha

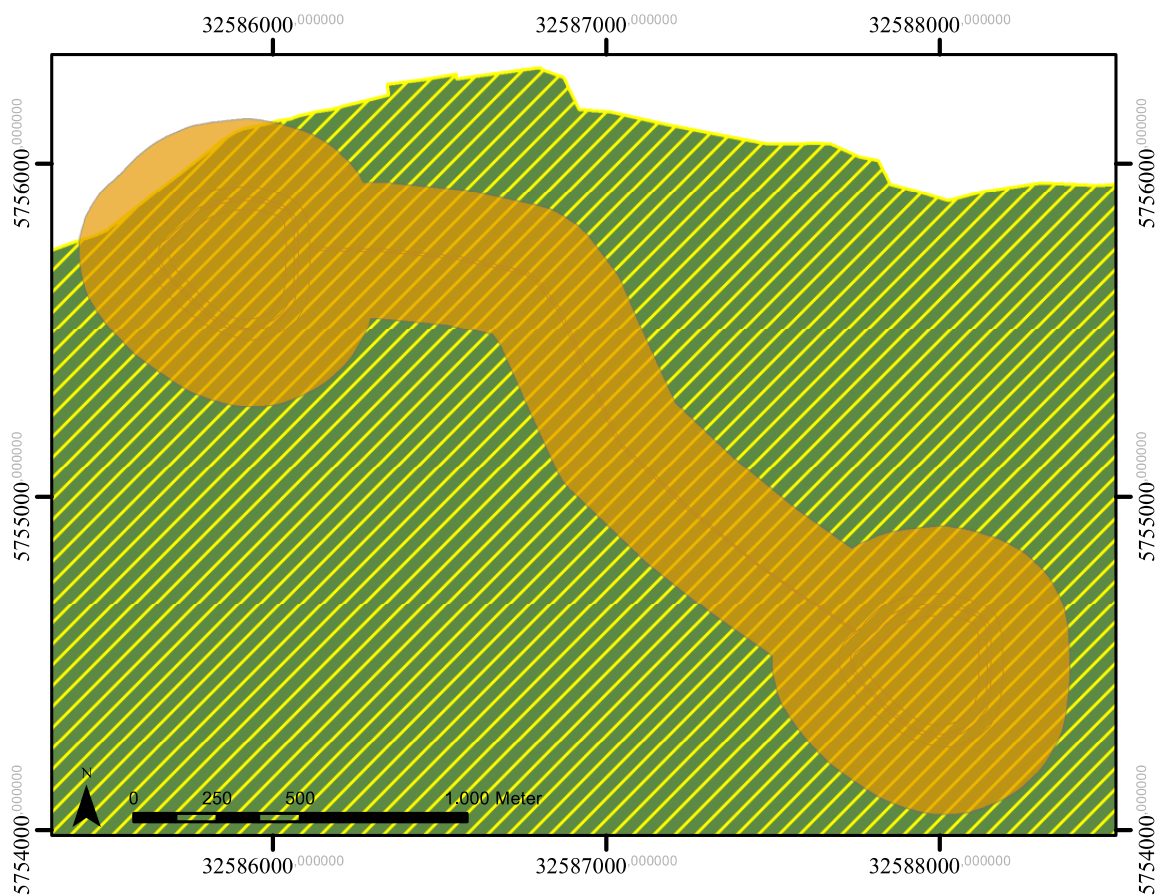


Abbildung 47: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Erschütterung“ und „Staub- und Schadstoffemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Gering"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Landschaftsschutzgebiet

Landschaftsschutzgebiet/Naturpark

Tabelle 58: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	B
	Risikoklasse	B
	Betroffene Fläche	186,90 ha

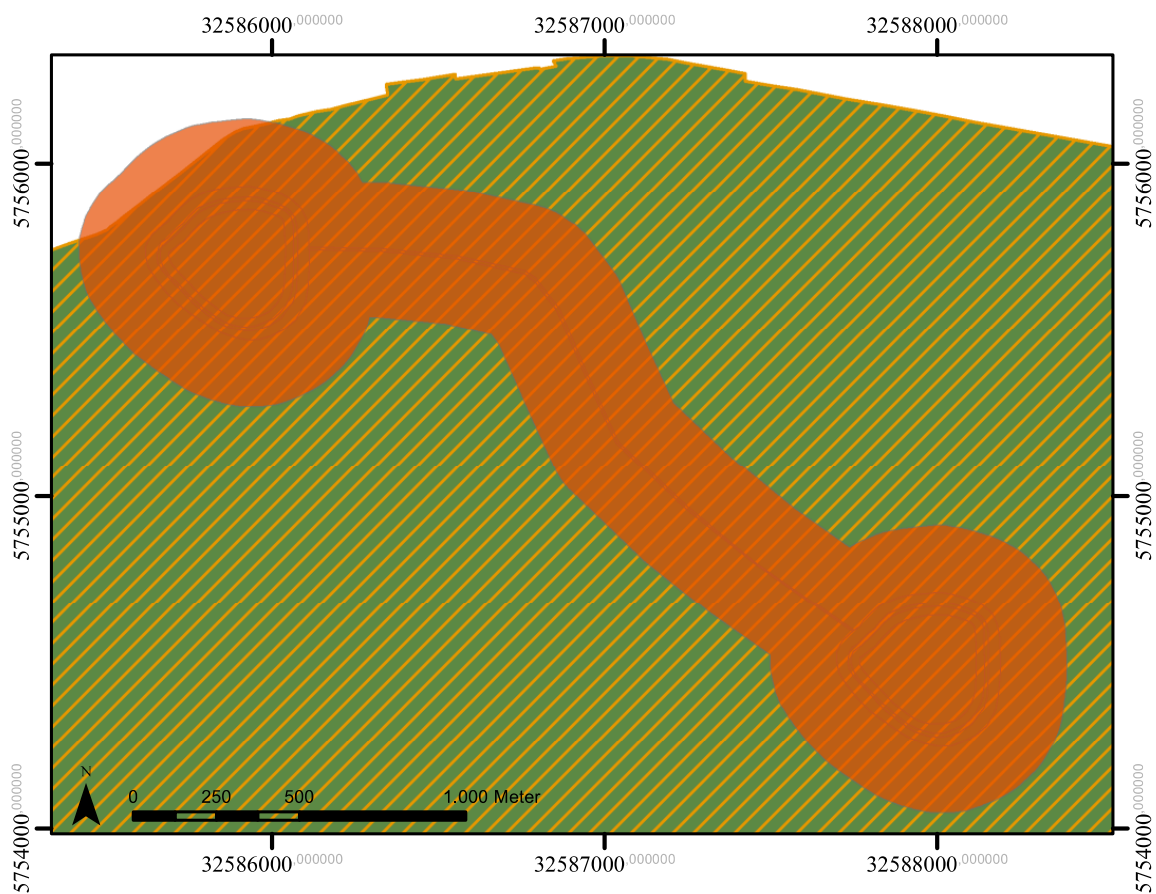


Abbildung 48: Empfindlichkeit „Landschaftsschutzgebiete/Naturpark“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“

Legende

- Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Mittel"
- Landschaftsschutzgebiet

Landschaftsbild

Tabelle 59: Empfindlichkeit „Landschaftsbild“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“ und „Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

”

		Beeinträchtigungen	
		Flächenverlust Visuelle Störungen/Sichtbarkeit Zerschneidung/Barrierewirkung Intensität: A	
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber den Beeinträchtigungen	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	B
	Risikoklasse	wenig eingeschränkt	A
		mäßig eingeschränkt	A
	Betroffene Fläche	wenig eingeschränkt	19,76 ha
		mäßig eingeschränkt	15,04 ha

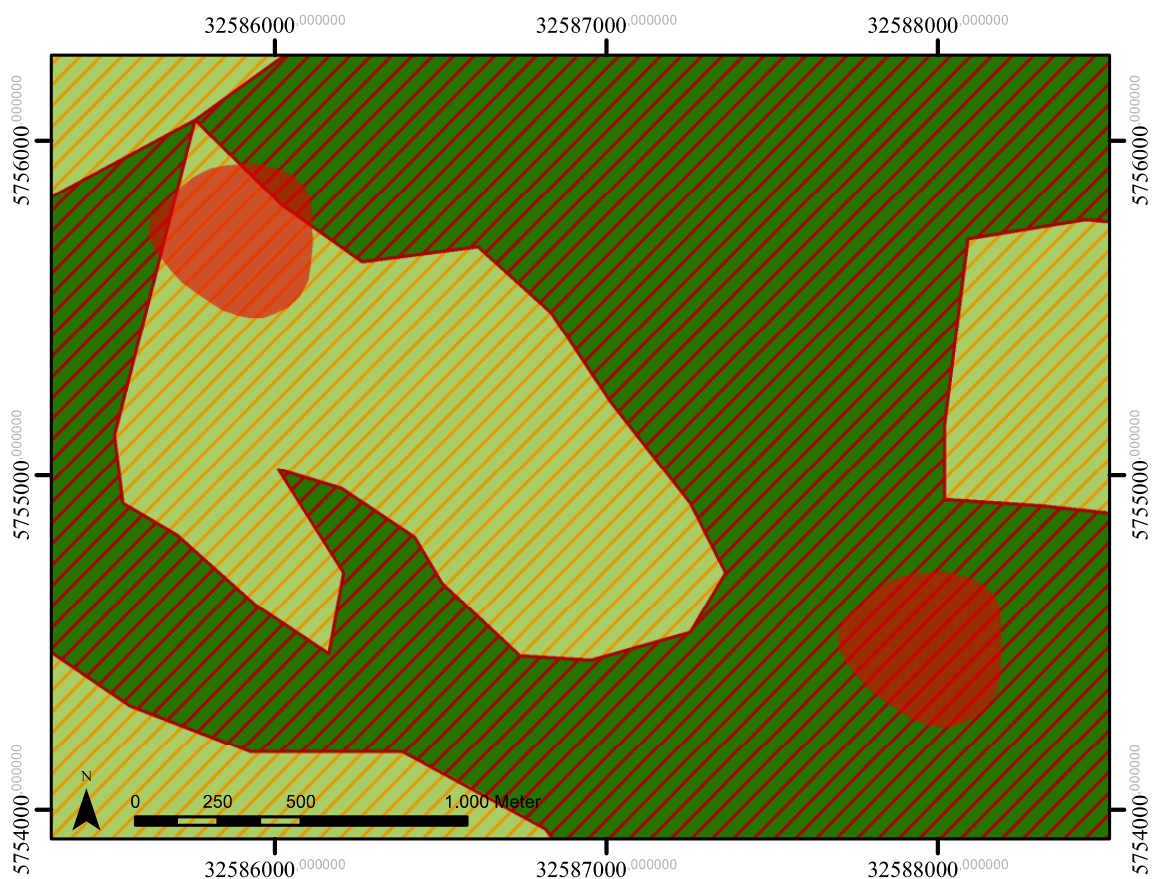


Abbildung 49: Empfindlichkeit „Landschaftsbild“ gegenüber den Beeinträchtigungen „Flächenverlust“, Visuelle Störungen/Sichtbarkeit“ und „Zerschneidung/Barrierewirkung“

Legende

- Beeinträchtigung "Hoch"
- Landschaftsbild Mäßig Eingeschränkt
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Landschaftsbild Wenig Eingeschränkt
- Empfindlichkeit "Mittel"

Ruhe (wenig eingeschränkte Bereiche)

Tabelle 60: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Lärm- und Lichtemission“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Lärm- und Lichtemission Intensität: B
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	A
	Risikoklasse	A
	Betroffene Fläche	192,40 ha

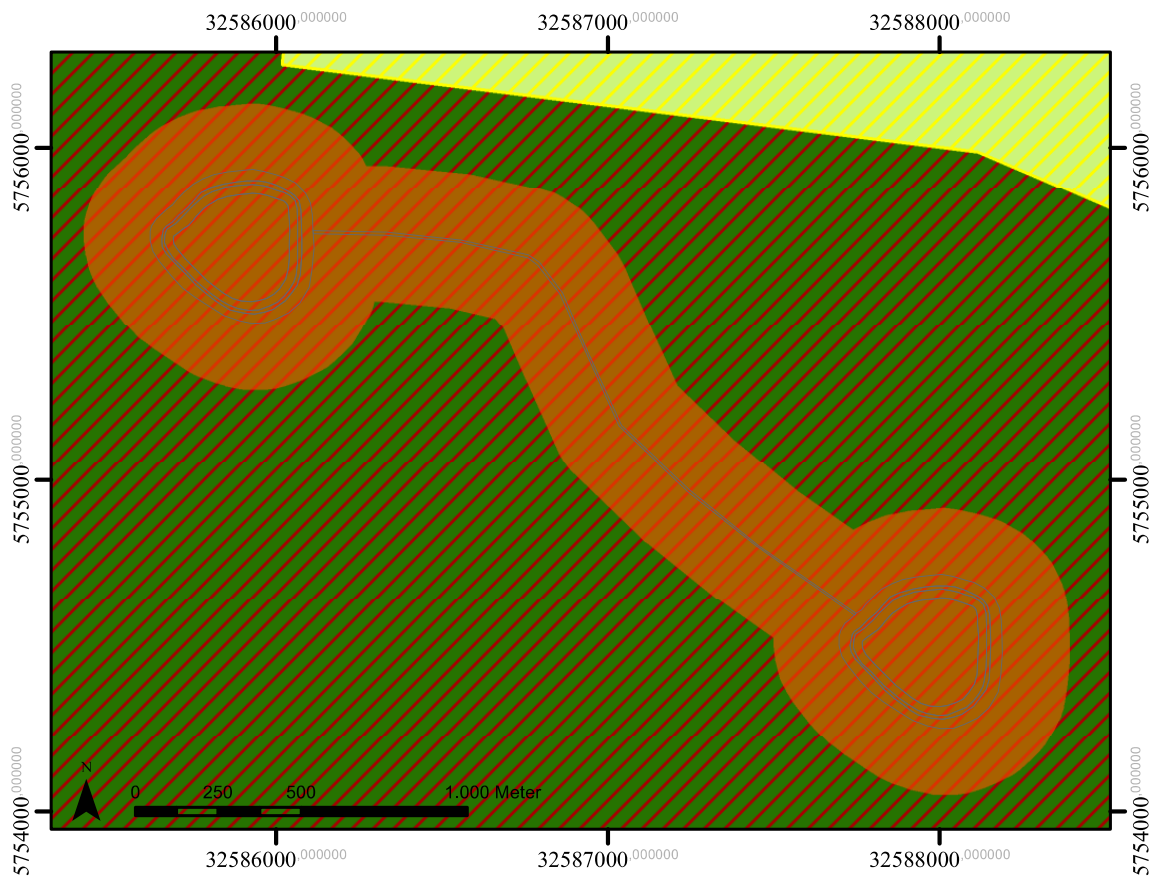


Abbildung 50: Empfindlichkeit "Ruhe" gegenüber der Beeinträchtigung "Lärm- und Lichtemission"

Legende

- Wirkbereich Beeinträchtigung "Mittel"
- Empfindlichkeit "Gering"
- Empfindlichkeit "Hoch"
- Ruhe Eingeschränkt
- Ruhe Wenig Eingeschränkt

Ruhe (wenig eingeschränkte Bereiche)

Tabelle 61: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Erschütterung“ und das sich daraus ergebende ökologische Risiko

		Beeinträchtigungen
		Erschütterungen Intensität: C
Ökologisches Risiko	Empfindlichkeit gegenüber der Beeinträchtigung	C
	Risikoklasse	C
	Betroffene Fläche	192,40 ha

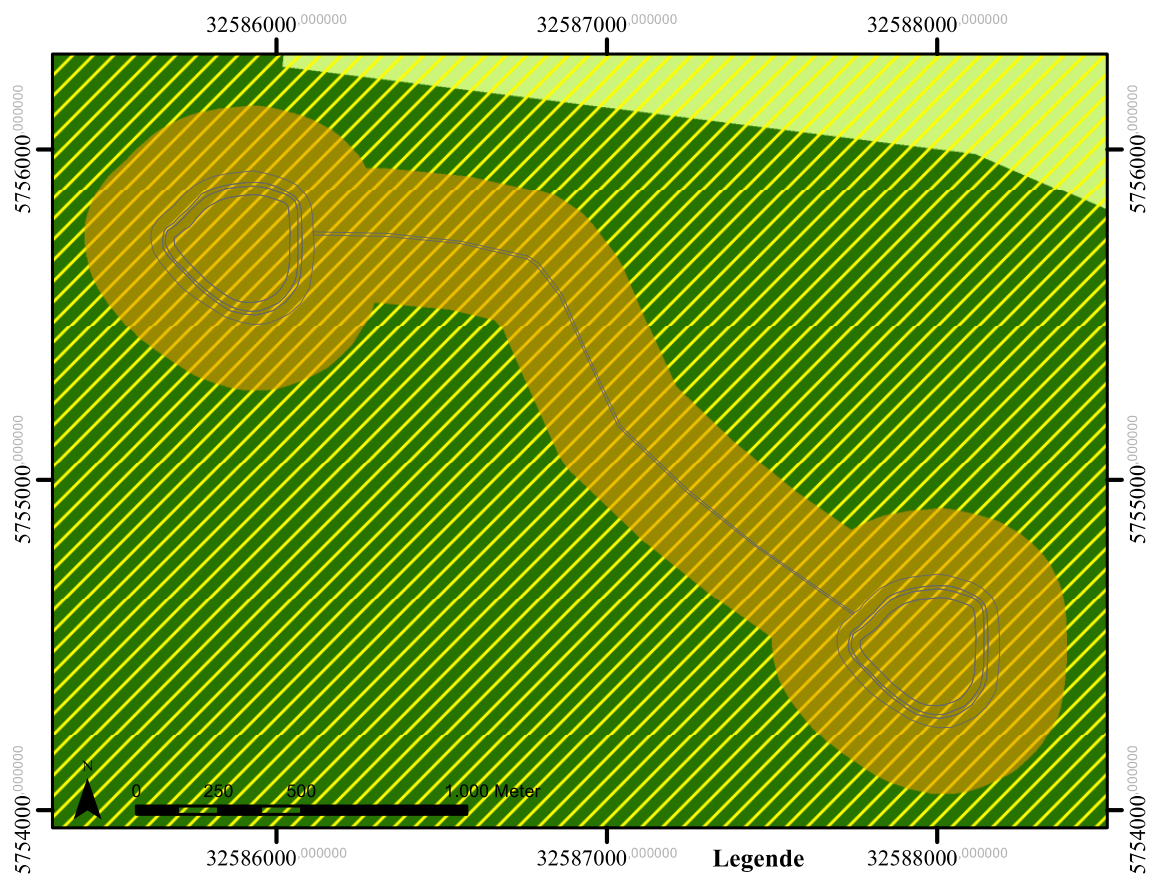


Abbildung 51: Empfindlichkeit „Ruhe“ gegenüber der Beeinträchtigung „Erschütterung“

- Legende**
- Wirkbereich
Beeinträchtigung "Gering"
 - Empfindlichkeit "Gering"
 - Ruhe
Eingeschränkt
 - Ruhe
Wenig Eingeschränkt

4.9 Schutzgut Kultur- und sonstige Sachgüter

Kulturdenkmäler und ihre Umgebung sowie kulturell bedeutsame Strukturen und Objekte sind vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu wahren (§ 1 BNATSCHG). Dabei geht es um den Erhalt und Schutz von Kulturlandschaften, Kultur-, Bau-, Boden-, und Naturdenkmälern einschließlich ihres Erscheinungsbildes.

4.9.1 Erfassungskriterien

Die folgende Tabelle (62) gibt einen Überblick über die verwendeten Erfassungskriterien zur Beschreibung des Ist-Zustands und zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Schutzgutes „Kultur- und sonstige Sachgüter“ gegenüber den zu erwartenden Beeinträchtigungen. Zudem bildet sie ab, welche Kriterien im Vorhabensbereich vorkommen und betroffen sind.

Tabelle 62: Erfassungskriterien für das Schutzgut „Kultur- und sonstige Sachgüter“

Schutzgut	Erfassungskriterien für die Bestimmung des ökologischen Risikos	Betroffen
Kultur- und sonstige Sachgüter	Historische Bauwerke oder historische Einrichtungen	keine Datengrundlage
	Denkmalschutz (Kulturdenkmal, Bodendenkmal, Naturdenkmal)	keine Datengrundlage

4.9.2 Ist-Zustand

Genauere Angaben können über den Ist-Zustand der Kultur- und sonstigen Sachgüter nicht gemacht werden. Grund dafür ist die mangelnde Datengrundlage. Für die Analyse steht nur das DLM 250 zur Verfügung, auf dessen Maßstab weder die historischen Bauwerke oder historischen Einrichtungen noch Kultur- oder Bodendenkmäler verzeichnet sind.

Aufgrund fehlender Informationen in Bezug auf Kultur- und sonstige Sachgüter fand keine weitere Bewertung der Empfindlichkeit statt sowie keine Analyse des Ökologischen Risikos.

4.10 Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen

Nach § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG müssen die Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern (ausgenommen „sonstige Kultur- und Sachgüter“) untersucht werden. Die Ermittlung von Wechselwirkungen soll Verlagerungen von Auswirkungen verhindern. Wechselwirkungen sind beim Bau eines Pumpspeicherwerkes nicht zu vermeiden. Die folgende Tabelle (63) gibt einen Überblick über die Auswirkungen von Pumpspeicherwerken auf die Schutzgüter (Worst-Case) und die Folgen der Auswirkungen auf die anderen Schutzgüter.

Tabelle 63: Schutzgutübergreifende Wechselwirkungen

Auswirkungen von Pumpspeicherwerken		Mensch und menschliche Gesundheit	Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt	Boden	Wasser	Klima/Luft	Landschaft und landschaftsgebundene Erholung
Boden	Verlust/Verringerung der Leistungsfähigkeiten	Verlust des Ertragspotentials (Landwirtschaft/Rohstoffgewinnung)	Veränderung der Lebensgrundlage	-	Leitfähigkeit verändert Filtration von Schadstoffen	-	Wegfall gestaltender Elemente
Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt	Entfernen/Abwandern von (Pflanzen-) Arten	Wegfall von Naturerlebnissen	Bestäubung und Verbreitung Nahrungsgrundlage Deckungs- und Orientierungshilfen	Verlust von Düngung und Bodenbildung (Bodenfauna) Erosionsschutz	Reinigung Regulation Wasserhaushalt	Frischluffproduktion und Filterfunktion Verdunstungsleistung/klimatischer Ausgleich	Wegfall gestaltender Elemente
Wasser	Verlust/Verringerung der Leistungsfähigkeiten	Verlust von Trinkwasser, Brauchwasser, Erholung	Veränderung der Lebensgrundlage	Veränderung der Bodenart	-	Veränderung des Lokalklimas	Wegfall gestaltender Elemente
Klima/Luft	Verlust/Verringerung der Leistungsfähigkeiten	Veränderung der Lebensgrundlage und des Wohlfühlens	Veränderung der Lebensgrundlage	Veränderung des Bodenklimas	Belüftung Veränderung der Wassertemperatur	-	Erholungseignung aufgrund von Luftqualität
Landschaft und landschaftsgebundene Erholung	Veränderung der Landschaft	Veränderung des Wohlbefindens	Veränderung der Lebensraumstruktur	-	Veränderung des Gewässerverlaufs	Veränderung des Strömungsverlaufs	-

5 DISKUSSION

5.1 Potential zum Bau von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen

Energiespeicher sind bei einer Stromversorgung durch erneuerbare Energien unumgänglich (vgl. Kap. 1.1). Ein großes Potential als Energiespeicher bergen Pumpspeicherwerke (vgl. Kap.). Beträchtliche Nachteile von Pumpspeicherwerken sind allerdings der enorme Flächenverbrauch und die topographischen Anforderungen an den Standort.

Literaturrecherchen haben aber auch ergeben, dass der Bau von kleinen Speichieranlagen aus wirtschaftlicher Sicht ebenfalls rentabel sein kann. Dabei reichen Leistungen von ca. 50 MW schon aus. Durch diese Möglichkeit erhöht sich die Zahl von potentiellen Standorten für Pumpspeicherwerke. Fallhöhen von 170 m und ein Speichervolumen von 1,3 Mio. Liter sind für den Bau eines Pumpspeicherwerks mit einer Leistung von mindestens 50 MW ausreichend (vgl. Kap. X).

Unter Vorgabe der Anforderungen eines Pumpspeicherwerks mit einer Leistung von 50 MW und einer sich daraus ergebenden Fallhöhe von mindestens 170 m, wurden in Niedersachsen potentielle Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ermittelt. Die Ergebnisse der Flächenermittlung zeigen, dass Niedersachsen einen Beitrag zur Energiespeicherung durch Pumpspeicherwerke leisten kann. Es ergibt sich eine Vielzahl topographisch möglicher Standorte. Die topographisch möglichen Standorte wurden dabei bereits auf Bereiche mit einem möglichst geringen Konfliktpotential minimiert. Demnach sind rund 10,32 % der Fläche Niedersachsens für den Bau von Pumpspeicherwerken geeignet (vgl. Kap. X). Bei der Ermittlung der potentiellen Flächen fiel auf, dass es auch Gebiete mit weitaus größeren Fallhöhen gibt, welche es ermöglichen würden auch Speicherwerke mit einer größeren Leistung zu installieren. Natürliche Fallhöhen von 450 m sind in Niedersachsen gegeben.

Die Ermittlung eines potentiellen Standortes zeigt aber, dass weitere Faktoren die Wahl eines Standortes beeinträchtigen und die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken nicht gänzlich genutzt werden können. Die Standortermittlung zeigt, dass alleine der Ausschluss von Gebieten mit ungeeignetem Baugrund die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken drastisch minimieren kann (vgl. Kap. 3.6). Hinzu kommen die allgemeinen Anforderungen an vorhandene Infrastruktur (Anfahrtswege und Stromleitungen), an das Gefälle innerhalb der Bereiche der Speicherbecken sowie an die momentane Nutzung der Flächen.

Dennoch muss gesagt werden, dass das Potential von Pumpspeicherwerken in Niedersachsen noch lange nicht ausgenutzt ist und durch weitere Analysen sicherlich weitere Standorte ausfindig gemacht werden können. Durch die Entwicklung der Tools besteht die Möglichkeit weitere Analysen ohne viel Aufwand mit größeren Fallhöhen durchzuführen und so das Potential Niedersachsens für Pumpspeicherwerke mit einer höheren installierten Leistung als 50 MW zu ermitteln.

5.2 Ökologische Verträglichkeit von Pumpspeicherwerken

Pumpspeicherwerke stellen einen großen Eingriff in Natur und Landschaft dar. Die Ergebnisse der durchgeführten Ökologischen Risikoanalyse zeigen, dass vor allem durch die Speicherbecken die Schutzgüter erheblich beeinträchtigt werden. Prinzipiell können diese Beeinträchtigungen allerdings unter Berücksichtigung der Ziele des Naturschutzes verringert werden.

Da die meisten Beeinträchtigungen von den Speicherbecken ausgehen, sollte das Ziel sein, die benötigte Flächengröße der Speicherbecken möglichst gering zu halten oder die Becken so zu gestalten und in die Landschaft zu integrieren, dass mögliche Beeinträchtigungen minimiert werden können. Auswirkungen wie visuelle Störung oder Sichtbarkeiten können zum Beispiel durch eine gute Integration der Becken in das Landschaftsbild verringert werden und dabei vor allem im Hinblick auf die Schutzgüter Mensch und menschliche Gesundheit sowie Landschaft und landschaftsgebundene Erholung eine positive Auswirkung haben. So könnten sie bei einer entsprechenden Gestaltung als Naherholungsraum genutzt werden, wobei ein Schwimmverbot in den Speicherbecken aufgrund der Strömungen, welche beim Ablassen des Wassers entstehen, unumgänglich ist.

Auch die Gestaltung der Becken als potentieller Lebensraum für Arten und Lebensgemeinschaften kann zu einer Minimierung des ökologischen Risikos führen. Durch die starken Wasserschwankungen ist es für Flora und Fauna jedoch kaum möglich die Wasserbecken als Lebensraum zu nutzen. Je rascher die Schwankungen sind, desto größer sind die Auswirkungen auf das Ökosystem, da Flora und Fauna nicht mit den üblichen Reaktionen, wie etwa bei einem Hochwasser, reagieren können. Die starken Schwankungen sind vor allem für Laich und damit für die Reproduktion von Fischen, Amphibien und Insekten tödlich (BUND NATURSCHUTZ 2011: www).

Im Hinblick auf diesen Faktor bietet es sich an, die Speicherbecken zu vergrößern und dadurch nicht das gesamte Speicherwasser auszunutzen. Dadurch würden die absoluten Wasserstandsschwankungen geringer gehalten werden, was es wiederum Flora und Fauna ermöglicht sich an die Schwankungen anzupassen.

Die zwei beschriebenen Szenarien stellen einen Widerspruch dar. Für die Integration in das Landschaftsbild sind oftmals kleinere Becken von Vorteil, für die Flora und Fauna größere Becken. Die Beckengröße sollte daher auch abhängig vom Standort und den örtlichen Zielen gemacht werden. Einen positiven Effekt bergen die Speicherbecken auch dadurch, dass sie im Winter nicht vollständig zufrieren; daher bieten sie zum Beispiel Wasservögeln im Winter einen Lebensraum.

Durch das Verlegen unterirdischer Triebwasserwege können bereits viele Beeinträchtigungen vermieden werden. Die unterirdischen Triebwasserwege führen nur zu geringen Auswirkungen und wirken primär nur auf die Schutzgüter Wasser und Boden. Aufgrund von Wechselwirkungen können aber auch andere Schutzgüter betroffen sein. Oberirdische Triebwasserwege hingegen würden sich zusätzlich stark auf das Landschaftsbild auswirken und eine Zerschneidung der Landschaft hervorrufen.

Einige der von den Pumpspeicherwerken ausgehenden Beeinträchtigungen wirken nur während der Bauphase und sind daher lediglich temporär. Durch den sachgerechten Bau des Pumpspeicherwerks können die Auswirkungen durch Wasserhaltung, Staub- und Schadstoffeintrag sowie die Erschütterungen gering gehalten werden und so zu keinen nachhaltigen Veränderungen führen.

Durch eine geeignete Dämmung und ein unterirdisches Kraftwerkhaus ist es zudem möglich, die Beeinträchtigungen Bodenerwärmung und elektrische und magnetische Felder auf nahezu Null zu reduzieren.

5.3 Methodenkritik

Die Methodenkritik dient dazu, Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Ergebnisse aufzuzeigen und auf mögliche Ungenauigkeiten und Probleme einzugehen. Im Zuge der Methodenkritik wird dabei im ersten Teil auf die Methodik zur Ermittlung potentieller Flächen und die Ermittlung eines potentiellen Standortes für den Bau eines Pumpspeicherwerks eingegangen. Der zweite Teil befasst sich anschließend mit der Methode der Ökologischen Risikoanalyse.

5.3.1 Standortermittlung

Die Vorgehensweise der Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken ermöglicht einen schnellen Überblick über das Potential zum Bau von Speicherwerken in einem Gebiet sowie die Analyse zur Ermittlung eines potentiellen Standortes für ein Pumpspeicherwerk.

Bei der Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken sowie der Ermittlung eines potentiellen Standorts für ein Pumpspeicherwerk kam es allerdings immer wieder zu Ungenauigkeiten bei der Analyse. Die Ungenauigkeiten ergaben sich vor allem durch die Auflösung der verwendeten Rasterdaten. Die Rasterweite von 200 m lässt eine detailreiche Analyse kaum zu. Bei einem horizontalen Maximalabstand von 5.000 m heißt das, dass lediglich 25 Höhenpunkte (in eine Richtung) in die Analyse einbezogen werden. Dadurch können Unebenheiten und ggf. sogar vorkommendes starkes Gefälle innerhalb von 200 m nicht berücksichtigt werden, wodurch gerade in Randbereichen Flächen wegfallen können. Bei einer geringen Rechnerleistung bieten sich die Daten bei großen Untersuchungsgebieten und zur Verschaffung eines ersten Überblicks dagegen an.

Allerdings wäre eine zweite Analyse einzelner Gebiete in Bezug auf die potentiellen Flächen für den Bau von Pumpspeicherwerken hilfreich gewesen, um Standorte anschließend genauer bestimmen zu können. So konnte lediglich mit Hilfe des nicht flächendenkend zur Verfügung gestellten DGM 25 das Gefälle im Gebiet der potentiellen Speicherbecken berücksichtigt werden.

Die Ermittlung potentieller Flächen für den Bau eines Pumpspeicherwerks sowie die Ermittlung eines Standortes fand mit Hilfe von ArcGIS statt. Der erste Schritt, die Ermittlung potentieller Flächen mit

einer Mindestfallhöhe von 170 m innerhalb eines Umkreises von 5.000 m, fand durch eine Nachbarschaftsanalyse statt. Dabei konnten nur die Beziehungen der Pixel innerhalb eines Umkreises berücksichtigt werden (vgl. Kap. 2.1.2.3). Folglich mussten anschließend die Ergebnisse aufbereitet werden um sicher zu gehen, dass mögliche Gebiete in den Randbereichen nicht wegfallen. Durch diese Datenaufbereitung und Nachbereitung kann es allerdings immer wieder zu Ungenauigkeiten und zur Integration von Gebieten, welche nicht potentielle Standorte beinhalten.

Für diese Analyse der potentiellen Flächen für den Bau von Ober- oder Unterbecken ist eine Selektion notwendig. Da eine Selektion auf Rasterdaten basierend nicht möglich ist, war eine Umwandlung in Punkte sowie eine Umwandlung in Polygone notwendig. Durch diese Umwandlung können ebenfalls Ungenauigkeiten entstehen, da die Rasterdaten bei einer Umwandlung durch ArcGIS vereinfacht werden.

Ein großes Problem der Analyse stellt auch die benötigte Rechenleistung dar. Aufgrund der Selektionen zur Ermittlung potentieller Flächen für den Bau von Ober- und Unterbecken sind Rechenzeiten von mehreren Stunden möglich. Grund dafür ist, dass die Selektionen über sämtliche Höhenwerte (abhängig von der Mindestfallhöhe) laufen, die sich bei der Ermittlung der Flächen für den Bau von Speicherwerken ergeben. Je kleiner also die verwendete Mindestfallhöhe, desto länger wird die Rechendauer.

Um die Analyse der potentiellen Flächen für den Bau von Speicherbecken zu automatisieren, wurde ein Model erarbeitet (vgl. Kap. 2.1.2.5). Die Oberfläche der Models ist dabei nicht ausreichend benutzerfreundlich, was vor allem durch die Integration der Submodels und dem Zwischenspeichern von Daten zu verschulden ist. Durch die teilweise unübersichtliche Oberfläche ist es kaum möglich, das Tool ohne das Lesen der beiliegenden Hinweise zum laufen zu bekommen. Hinzukommend werden im Submodel im Zuge der Anwendung des Tools, Feature Layers ohne Inhalt generiert. Die Anzahl der leeren Outputs ist dabei abhängig von der eingegebenen Fallhöhe. Je größer die Fallhöhe, desto mehr leere Outputs werden erstellt. Allerdings ist es notwendig die Dateien zu generieren, da bei kleineren Fallhöhen sonst Flächen verloren gehen würden. Zudem werden alle Dateien - auch die leeren - gespeichert, da sie am Ende dem Mainmodel zur Verfügung stehen müssen, wodurch - abhängig von der Fallhöhe - mehr als 100 Files gespeichert werden. Durch eine Überarbeitung des Tools in Hinblick auf die beschriebenen Probleme können vor allem die Rechenleistung, die Ergebnisse der Ermittlungen sowie die Benutzerfreundlichkeit erhöht werden.

5.3.2 Ökologische Risikoanalyse

Eine Diskrepanz ergibt sich bereits aus der Verwendung des Begriffs „Risiko“. Der Begriff Risiko wird meistens mit einer Wahrscheinlichkeit verbunden. Bei der Ökologischen Risikoanalyse wird allerdings nicht die Wahrscheinlichkeit des Eintritts der Beeinträchtigungen berücksichtigt, da diese in dem Zusammenhang mit der Analyse nicht quantifizierbar ist.

Die Bezeichnung „ökologisches Risiko“ beschreibt die Intensität der Beeinträchtigungen auf die Schutzgüter. Dabei kommt es zu keinen erkennbaren oder nachvollziehbaren Berücksichtigungen von Wirkungszusammenhängen. Die Wirkungen werden teilweise pauschal dargestellt und auf eine genaue Anpassung an das konkrete Vorhaben wird verzichtet; der räumliche Bezug ist meist nicht ausreichend gegeben.

Die Bildung von Indikatoren, in diesem Fall die Unterteilung der Schutzgüter in ihre ökologischen Funktionen (Erfassungskriterien), ist unumgänglich. Die Erfassungskriterien sind dabei frei gewählt, wodurch sie von Untersuchung zu Untersuchung unterschiedlich sein können, wodurch eine Vergleichbarkeit mit ähnlichen Projekten nicht gegeben ist.

Mit der Bildung von Ordinalskalen für die Bewertung von Empfindlichkeit und Beeinträchtigungintensität ist mit einem Informationsverlust zu rechnen, beziehungsweise erfolgt eine Verallgemeinerung der Beeinträchtigungen und der Intensität. Die Einteilung der ökologischen Funktionen in die einzelnen Klassen setzt außerdem ein erhebliches Fachwissen in allen Bereichen voraus, welches meist bei nur einem Gutachter nicht vorhanden ist.

Die Ökologische Risikoanalyse behandelt zudem alle Schutzgüter und deren ökologischen Funktionen nach demselben Schema. Schematische Vorgehensweisen sind allerdings immer angreifbar, da sie nicht an die entsprechenden Leistungen des Naturhaushaltes angepasst werden. Allerdings führen sie zu einer Übersichtlichkeit der Bewertungen sowie zur Vergleichbarkeit der einzelnen Ergebnisse.

Ein weiteres Problem der Methode ist die Abbildung des „Gesamtrisikos“ sowohl für die einzelnen Schutzgüter als auch für alle Schutzgüter zusammen. Das Ergebnis der Ökologischen Risikoanalyse stellt oft keine ausreichende Prognose von Beeinträchtigungen, Auswirkungen und Folgewirkungen dar. Um abschließende Entscheidungen (oder eine Standortwahl) treffen zu können muss allerdings irgendwann eine Gesamttaggregation durchgeführt werden. Eine Aggregation enthält dabei immer normative Bewertungen, wodurch die Ergebnisse stark beeinflussbar sind.

Bei der Analyse der Wechselwirkungen kommt es häufig zu einer nicht nachvollziehbaren oder sehr oberflächlichen Aussage. Bei der Angabe der Wechselwirkungen handelt es sich meist um allgemeingültige Wirkungszusammenhänge. Eine genaue Untersuchung und Lokalisierung findet nicht statt.

Prinzipiell bietet eine Ökologische Risikoanalyse die Möglichkeit die potentiellen Umweltauswirkungen zu betrachten und Gebiete aufzuzeigen, die primär und stark von einer Beeinträchtigung betroffen sind und daher schwerpunktmäßig untersucht werden sollten.

Speziell bei dieser Ökologischen Risikoanalyse zeichnete sich die größte Schwierigkeit in Bezug auf die Datengrundlage ab. So konnten lediglich die Erfassungskriterien verwendet werden, für die Daten (räumlich konkretisierte) zur Verfügung standen. Dadurch kam es unter anderem dazu, dass das ökologische Risiko für das Schutzgut „Kultur- und sonstige Sachgüter“ nicht untersucht werden konnte, da das verwendete DLM 250 keine Informationen über Kultur- oder Bodendenkmäler beinhaltet. Auch anderweitig standen keine freien Daten zur Verfügung. Gleiches gilt für das

Vorkommen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten. Daher muss das ermittelte ökologische Risiko für die Schutzgüter mit Vorsicht betrachtet werden. Nicht alle notwendigen Aspekte konnten berücksichtigt werden, wodurch nachfolgende Untersuchungen und Kartierungen unumgänglich sein werden.

5.4 Ausblick

Um die Energiewende erfolgreich zu gestalten sind Stromspeicher unverzichtbar. Literaturrecherchen zeigen, dass vor allem Pumpspeicherwerke ein enormes Potential bergen. Die Standortanalyse zeigt, dass in Niedersachsen ein Ausbaupotential gerade für kleinere Pumpspeicherwerke mit einer geringeren Leistung vorhanden ist. Die Analysen zeigen aber auch, dass die Wahl eines Standortes und die Umsetzung von der Standortwahl über die Planungsprozesse bis hin zum eigentlichen Bau nicht einfach sind. Vor allem die Umweltauswirkungen spielen eine große Rolle und müssen daher genau untersucht werden. Studien zeigen, dass sich der Ausbau von Pumpspeicherwerken auf alle Fälle in den kommenden Jahren vermehren wird. Durch den Bau von kleineren Anlagen und durch weitere Untersuchungen, was die naturschutzkonforme Ausgestaltung der Speicherbecken angeht wäre es in Zukunft auch möglich, die Speicherbecken mit geringeren Beeinträchtigungen zu bauen. So berücksichtigen immer mehr Standortscreenings schon den unterirdischen Bau von Pumpspeicherwerken in ehemaligen Bergwerkenanlagen.

Ein Beispiel für die Verringerung der Beeinträchtigungen ist das Verlegen der Triebwasserwege. Wurden sie früher noch oberirdisch verlegt und brachten damit auch Zerschneidungswirkungen und visuelle Wirkungen mit sich, werden die Beeinträchtigungen durch den Bau von unterirdischen Triebwasserwegen bereits drastisch reduziert. Durch die Forschung im Bereich von Turbinen und Pumpentechnik könnte auch die Leistung der Pumpspeicherwerke erhöht werden. Somit können die Becken kleiner gestaltet werden oder es wird weniger Speicherwasser gebraucht, was wiederum der Flora und Fauna zu gute käme.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch weitere Forschungen, sowohl im Bereich der ökologischen Auswirkungen und der Verringerung von Beeinträchtigungen, als auch in Bezug auf die Technik, das Potential von Pumpspeicherwerken und dadurch der Ausbau sowie der Beitrag zur Energiewende erhöht werden kann.

6 QUELLEN

ACHATZ, R. & REIL, S., 2014: Analyse der Pumpspeicherpotentiale in Bayern Endbericht. Erarbeitet im Auftrag von: Bayerisches Landesamt für Umwelt.

ACHATZ, R. & SCHMID, S., 2015: Potenziale für Pumpspeicherkraftwerke: Studien für Thüringen und Baden-Württemberg. In: Heimerl, S., 2015 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte Band II. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 284–289. Wiesbaden: Springer Vieweg.

ALBRECHT, J.-P., 2012: Pumpspeichertechnologien im Vergleich. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 354–362. Wiesbaden: Springer Vieweg.

ALTERNATIVE STROMERZEUGER, 2013: Pumpspeicherkraftwerk - Funktion, Effektivität und Kritik, Aufgerufen am: 2015-07-19, <http://www.alternative-stromerzeuger.de/pumpspeicherkraftwerk-funktionsweise-effektivitaet-kritik/>.

ANDERER, P., 2011: Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland und Europa. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 36–42. Wiesbaden: Springer Vieweg.

AUFLEGER, M., BRINKMEIER, B., KLAS, R., NEISCH, V., 2012: Wasser als Energiespeicher - neue Ideen und Konzepte. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 373–380. Wiesbaden: Springer Vieweg.

BACHFISCHER, R., 1978: Die Ökologische Risikoanalyse Eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in die Raumplanung. 298 S., München.

BALLA, S., PETERS, H.-J., WULFERT, K., 2010: Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (Langfassung) Forschungsvorhaben 200612100. Erarbeitet im Auftrag von: Umweltbundesamtes. 53 S., vervielfältigt.

BAUER, N., ELTROP, L., HARTMANN, N., SALZER, J., SCHMIDT, M., SCHWARZ, S., 2012: Stromspeicherpotenziale für Deutschland 104 S., Stuttgart. Universität.

BFN, 2015b: Auswahl: Wirkfaktoren. 1 Direkter Flächenentzug >> 1-1 Überbauung/Versiegelung, Aufgerufen am: 2015-08-18, <http://ffh-vp-info.de/FFHVP/Wirkfaktor.jsp?m=1,2,0,0>.

BFN, 2015d: Erläuterungen zum Bereich "Wirkfaktoren, Aufgerufen am: 2015-08-29, <http://ffh-vp-info.de/FFHVP/Page.jsp?name=wirkfaktoren>.

BFN, 2015a: Wirkfaktoren des Projekttyps - 06 Gewässerbau >> Stauwerke und Wasserspeicheranlagen, Aufgerufen am: 2015-08-13, <http://ffh-vp-info.de/FFHVP/Projekt.jsp?m=1,0,5,6>.

BIOTA, 2014: Raumordnungsverfahren zum Planungsvorhaben „Landschaftspark am Bodden“ Umweltverträglichkeitsstudie. Endbericht. Erarbeitet im Auftrag von: Bernsteinstadt Ribnitz-Damgarten. 312 S., vervielfältigt.

BR 2014: Wie funktioniert ein Pumpspeicherkraftwerk?. Aufgerufen am: 2015-11-05, <http://www.br.de/themen/wissen/pumpspeicherkraftwerk-104.html>

BRÜNING, H., DIERSSEN, K., KLEINSCHMIDT, V., RASSMUS, J., RECK, H., 2001: Entwicklung einer Arbeitsanleitung zur Berücksichtigung der Wechselwirkungen in der Umweltverträglichkeitsprüfung Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 297 13 180. Erarbeitet im Auftrag von: Umweltbundesamt.

BUCHWALD, K. (Hrsg.) 1978: Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt München.

BUCHWALD, K., 1978: Umwelt-Mensch-Gesellschaft. In: Buchwald, K., 1978 (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. München.

BUND NATURSCHUTZ 2011: Pumpspeicherwerke. Bayern e.V. Nürnberg. Aufgerufen am: 2015-11-03. <http://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/download/energie/Energie-Flyer/Pumpspeicherwerke.pdf>

- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE, 2015: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Aufgerufen am: 2015-03-12, http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- BUNDESREGIERUNG, 2010b: Das Energiekonzept 2050, Aufgerufen am: 2015-03-09, http://www.bundesregierung.de/Content/DE/HTML/Breg/Anlagen/infografik-energie-textversion.pdf?__blob=publicationFile.
- BUNDESREGIERUNG, 2010a: Energiekonzept, Aufgerufen am: 2015-03-09, http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- BUNDESVERBAND WINDENERGIE, 2014: Bundesländer TOP 5: Installierte Leistung gesamt, Aufgerufen am: 2015-03-15, <https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/bundeslaender/bundeslaender-im-leistungsvergleich-mw>.
- BÜTING, H., 2012: Entwicklung in der Energiepolitik - Auswirkungen auf die Wasserkraft. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 12–16. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- DÖTSCH, C., KANNGIEBER, A., WOLF, D., 2009: Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien *uwf UmweltWirtschaftsForum*. 351–360. doi: 10.1007/s00550-009-0150-3.
- EMC GMBH, 2013: Pumpspeicherwerk Hainleite Tischvorlage zu Antragskonferenz im Raumordnungsverfahren (ROV) (Standort und Netzanbindung. 42 S., vervielfältigt.
- ENBW ENERGIE, 2015: Pumpspeicherkraftwerke, Aufgerufen am: 2015-03-11, https://www.enbw.com/media/konzern/docs/energieerzeugung/infobroschuere_pumpspeicher.pdf.
- ENERGIEWENDE NATURVERTRÄGLICH, 2015a: Speicher, Aufgerufen am: 2015-03-23, <http://www.energiewende-naturvertraeglich.de/index.php?id=1021>.
- ENERGIEWENDE NATURVERTRÄGLICH, 2015b: Wasserkraft, Aufgerufen am: 2015-03-23, <http://www.energiewende-naturvertraeglich.de/index.php?id=801>.
- ENGELS, K. & GODDE, D., 2015: Pumpspeicherkraftwerke zwischen politischem Wunsch und ökonomischer Realität. In: Heimerl, S., 2015 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte Band II. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 278–283. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- FICHTNER, 2013: Standortscreening für ein Pumpspeicherwerk in Rheinland-Pfalz Stadtwerke Mainz AG.
- FÜRST, D. & SCHOLLES, F. (Hrsg.) 2008: Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung 656 S., Dortmund. Rohn.
- GEO - GESELLSCHAFT FÜR ENERGIE UND ÖKOLOGIE MBH, UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN, GFN, 21.10.2009: Naturschutzfachliche Analyse von küstennahen Stromleitungen FuE-Vorhaben FKZ 806 82 070. 305 S.,
- GIESECKE, J., HEIMERL, S., MOSONYI, E., 2014: Wasserkraftanlagen Planung, Bau und Betrieb. 6., aktual. und erw. Aufl., 940 S., Berlin. Springer Vieweg.
- GLOOR, R., 2010: Pumpspeicherkraftwerk, Aufgerufen am: 2015-07-20, <http://www.energie.ch/pumpspeicherkraftwerk>.
- HEIMERL, S. (Hrsg.) 2013: Wasserkraftprojekte Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 465 S., Wiesbaden. Springer Vieweg.
- HEIMERL, S. (Hrsg.) 2015: Wasserkraftprojekte Band II Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 347 S., Wiesbaden. Springer Vieweg.
- HEINZ, G. & SCHLENKHOFF, A., 2011a: Ein Blick auf die öffentliche Debatte über Energiespeicher und das Potential von Pumpspeicher in Deutschland. Erarbeitet im Auftrag von: 34. Dresdener

Wasserbaukolloquium 2011: Wasserkraft - mehr Wirkungsgrad + mehr Ökologie = mehr Zukunft. Dresdener Wasserbauliche Mitteilung. Dresden. vervielfältigt.

HEINZ, G. & SCHLENKHOFF, A., 2011b: Potential und Wirtschaftlichkeit von Pumpspeichieranlagen mit kleinen Fallhöhen. Erarbeitet im Auftrag von: 34. Dresdener Wasserbaukolloquium 2011: Wasserkraft - mehr Wirkungsgrad + mehr Ökologie = mehr Zukunft. Dresdener Wasserbauliche Mitteilung. Dresden. vervielfältigt.

HÖLZER, A., 2009: Allgemein verständliche Zusammenfassung gemäß § 6 UVPG für den Neubau von Verbindungsstraße AS Rünigen - Rünigenstraße und Geh- / Radweg Geitelde - Rünigen Braunschweig. 45 S., vervielfältigt.

LRP GOSLAR, 1991: Landschaftsrahmenplan Goslar, Goslar.

MOSER, A., 2012: Die Energiewende erfolgreich gestalten: Mit Pumpspeicherkraftwerken, Aufgerufen am: 2015-03-09, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Presse/Meldungen/2014/Voith-Broschuere_PSW-Studie.pdf.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ, 2015: Naturschutzrechtlich besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft, Aufgerufen am: 15-09-15, http://www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltkarten/natur_landschaft/besonders_geschuetzte_teile_von_natur_und_landschaft/naturschutzrechtlich-besonders-geschuetzte-teile-von-natur-und-landschaft-9065.html.

NLWKN, 2015: Wasserschutzgebiete, Aufgerufen am: 15-09-20, http://www.nlwkn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=8267&article_id=44035&psmand=26.

OBERMEYER GMBH, 2011: Pumpspeicherwerk Blautal Raumordnungsverfahren Oberbecken Schulzhau. Erläuterungsbericht. Anlage 1. Erarbeitet im Auftrag von: SWU Energie GmbH; EDUARD MERKLE GmbH & Co. KG. 19 S., vervielfältigt.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT, o.J.: Anhang C: Methodische Grundlagen zur Ökologischen Risikoanalyse Kurzfassung.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT, 1988: Entwicklung einer vergleichbaren Methodik zur ökologischen Beurteilung von Bundesstraßen auf allen Planungsebenen. Erarbeitet im Auftrag von: Bundesministers für Verkehr. Hannover. 354 S., vervielfältigt.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT, 2004: Ermittlung von erheblichen Beeinträchtigungen im Rahmen der FFH-Verträglichkeitsuntersuchung Endbericht. Erarbeitet im Auftrag von: Bundesamtes für Naturschutz – FKZ 801 82 130. vervielfältigt.

POPP, M., 2010: Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit erneuerbaren Energien 159 S., TU Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig.

PSW-BLAUTAL, Eckdaten, Aufgerufen am: 2015-09-09, <http://www.psw-blautal.de/tr/psw/vorhaben/eckdaten.html>.

PÜRER, E., 2012: Die Renaissance der Pumpspeicher und Speicherkraftwerke. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 349–353. Wiesbaden: Springer Vieweg.

ROUSSEAU, M.-C., 2015: Strom speichern: Die 3 besten Konzepte, wie Ökostrom haltbar gemacht werden kann, Aufgerufen am: 2015-03-12, https://www.econitor.de/magazin/wohnen/strom/stromspeichern-die-besten-3-konzepte-wie-oekostrom-haltbar-gemacht-werden-kann_11776.html.

SCHOLLES, F., Die Ökologische Risikoanalyse und ihre Weiterentwicklung. In: Fürst, D. & Scholles, F., 2008 (Hrsg.): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung 458–479. Dortmund: Rohn.

STROMSPEICHER, 2015: Stromspeicher.BIZ, Aufgerufen am: 2015-08-12, <http://www.stromspeicher.biz/index.php/2-uncategorised/20-pumpspeicher>.

TRÄNKLE, U., 2011: Unterlagen für das Raumordnungsverfahren (ROV) "Pumpspeicherwerk Blautal" Beschreibung des Vorhabens und des Standortauswahlprozesses. Beschreibung und Beurteilung des Raumes ohne Umweltsituation, der raumstrukturellen Auswirkungen des Vorhabens sowie Darstellung von Planungsempfehlungen. Raumordnerische Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Oberbeckenvariante Schulzhau (OB2). Erarbeitet im Auftrag von: SWU Energie GmbH; EDUARD MERKLE GmbH & Co. KG. 214 S., vervielfältigt.

TRIANEL GMBH, 2015: Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland, Aufgerufen am: 2015-03-12, <http://www.trianel-rur.de/de/wasserkraftwerk/pumpspeicherkraftwerke-in-deutschland.html>.

VANNEMANN, P., 2012: Ausgleichsenergie - Perspektive für Pumpspeicher. In: Heimerl, S., 2013 (Hrsg.): Wasserkraftprojekte. Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. 342–348. Wiesbaden: Springer Vieweg.

VERBUND-UMWELTTECHNIK GMBH, 2015: Pumpspeicherwerk Limber III Zusammenfassung der Umweltverträglichkeitserklärung. Verbund Austrian Hydro Power. Erarbeitet im Auftrag von: Land Salzburg. 107 S., vervielfältigt.

VOITH GMBH, 2015: Pumpspeicherkraftwerke, Aufgerufen am: 2015-07-20, <http://www.voith.com/de/produkte-leistungen/wasserkraft/pumpspeicherkraftwerke-551.html>.

VON DRACHENFELS, O., 2010: Überarbeitung der Naturräumlichen Regionen Niedersachsens *Information des Naturschutz Niedersachsens*. 249–252.

VON HAAREN, C. (Hrsg.) 2004: Landschaftsplanung 527 S., Stuttgart. Ulmer.

VON HAAREN, C., Regeln und Anforderungen bei Erfassung, Bewertung und Prognose. In: von Haaren, C., 2004 (Hrsg.): Landschaftsplanung 85–101. Stuttgart: Ulmer.

WSK PULS GMBH, 2014: WSK Leutenberg/Probstzella - Umweltverträglichkeitsstudie (ROV). Erarbeitet im Auftrag von: Freistaat Thüringen. 421 S.

Gesetze/Richtlinien

BBODSCHG – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I S. 502

BNATSCHG – Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) vom 29.07.2009, BGBl. I S. 2542

FFH-RL – Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen

GWRL – Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung

Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften

UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 24.02.2010, BGBl. I S. 94

VS-RL – Richtlinie 2009/146/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten

WRRL – Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

Daten

ATKIS: DIGITALES GELÄNDEMOMELL (DGM 200) o.J.: Open Data – Freie Daten und Dienste des BKG, Aufgerufen am: 2015-08-23, http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=0&gdz_unt_zeile=0&gdz_user_id=0

ATKIS DIGITALES GELÄNDEMOMELL (DGM 25) o.J.: Daten-CD, erhalten im September 2015 vom LGLN

ATKIS: DIGITALES LANDSCHAFTSMOMELL (DLM 250) o.J.: Open Data – Freie Daten und Dienste des BKG, Aufgerufen am: 2015-08-23, http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=0&gdz_unt_zeile=0&gdz_user_id=0

BFN 2011: Länderübergreifender Biotopverbund in Deutschland. Naturschutz und Biologische Vielfalt. Heft 96

BODENÜBERSICHTSKARTE (BÜK 1000): Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000N) Aufgerufen am: 2015-08-23, <https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/OpenSearch.do?search=45E74823-606B-4BB7-866E-5E84DA81301F&type=/Query/OpenSearch.do>

LRP GOSLAR 1991: Landschaftsrahmenplan Goslar

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ o.J.: Für den Naturschutz wertvolle Bereiche, Aufgerufen am: 2015-08-23: http://www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltkarten/natur_landschaft/weitere_den_naturschutz_wertvolle_bereiche/

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ o.J.: Naturschutzrechtlich besonders geschützte Teile von Natur und Landschaft, Aufgerufen am: 2015-08-23, http://www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltkarten/natur_landschaft/besonders_geschuetzte_teile_von_natur_und_landschaft/naturschutzrechtlich-besonders-geschuetzte-teile-von-natur-und-landschaft-9065.html

OPEN-STREET MAP o.J.: OpenStreetMap Data Extracts. Sub-Region. Europe, Aufgerufen am: 2015-08-23, <http://download.geofabrik.de>

RROP Zweckverband Großraum Braunschweig 2008: Unterlagen zum RROP, Aufgerufen am: 2015-10-15, <http://www.zgb.de/rrop/>

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass diese Masterarbeit selbstständig verfasst wurde und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden, alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht sind und diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Hannover, den 10.11.2015