

GUTACHTEN

 Projekt-Nr.

2212292

Ausfertigungs-Nr.

--

Datum

10.09.2021

**Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettnanger Straße 84 – 94
in 88069 Tettnang, Bodenseekreis**

- **Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes**
- **Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept**

 Auftraggeber

rz/pst

INHALT:	Seite
1 Zusammenfassung.....	6
2 Vorbemerkungen, Aufgabenstellung.....	8
3 Grundlagen	8
3.1 Allgemeine Standortangaben	8
3.2 Geologisch-hydrogeologischer Überblick	9
3.3 Nutzungsgeschichte	9
3.4 Kampfmittel	9
3.5 Bisherige Untersuchungen	10
4 Ergänzende Untersuchungen	10
5 Untersuchungsdurchführung.....	12
5.1 Untergrunduntersuchungen, Probenahmen	12
5.2 Chemische Analysen	15
6 Untersuchungsergebnisse	16
6.1 Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse/Bodenmaterial	16
6.2 Schadstoffuntersuchungen	18
6.2.1 Bewertungsgrundlagen	18
6.2.2 Feststoff, Bodenluft	20
6.2.2.1 Vor-Ort-Befunde	20
6.2.2.2 Laboranalysen, Feststoff.....	22
6.2.2.3 Laboranalysen, Bodenluft.....	31
6.2.3 Feststoffeluat.....	32
6.2.4 Grundwasser	34
6.2.4.1 Vor-Ort-Befunde	34
6.2.4.2 Laboranalysen.....	37
6.2.5 Orientierende abfallrechtliche Übersichtsanalysen	42
7 Bewertung und Vorschläge zum weiteren Vorgehen	44
7.1 Gefährdungsabschätzung.....	44
7.1.1 Wirkungspfad Boden – Grundwasser	44
7.1.2 Wirkungspfad Boden – Mensch	49
7.1.3 Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer	49
7.2 Weiteres Vorgehen	51
8 Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept.....	52
8.1 Rückbauarbeiten.....	52
8.2 Beräumungen von unterirdischen Bauteilen und Auffüllungen	52
8.3 Bodenschutzkonzept	53
8.3.1 Fachliche Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes.....	53
8.3.2 Bodenaufbau Freiflächen	54
8.3.3 Planerische Eckpunkte.....	54
8.3.4 Allgemeine Hinweise zum sachgerechten Umgang mit kulturfähigen Bodenmaterialien.....	55
8.4 Grundwassermontoring.....	56
9 Ergänzende Hinweise für evtl. Baumaßnahmen.....	56
10 Schlussbemerkungen.....	56

TABELLEN:	Seite
Tabelle 1: Verdachtsflächen und Untersuchungsumfang	11
Tabelle 2: Rammkernsondierungen und begleitende Probenahmen.....	14
Tabelle 3: Schürfgruben und begleitende Probenahmen	15
Tabelle 4: Wasserstandsmessungen 2021.....	17
Tabelle 5: Ermittelte Durchlässigkeiten bei RKS 31 und RKS 32	18
Tabelle 6: Vor-Ort-Befunde, Rammkernsondierungen	21
Tabelle 7: Vor-Ort-Befunde, Schürfgruben	22
Tabelle 8: Analysenergebnisse, Feststoff (organische Parameter – MKW, PAK), 2017 ..	23
Tabelle 9: Analysenergebnisse, Feststoff (organische Parameter – MKW, PAK), 2021 ..	24
Tabelle 10: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2017	25
Tabelle 11: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2021	26
Tabelle 12: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2017	27
Tabelle 13: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2021	28
Tabelle 14: Analysenergebnisse, Feststoff (anorganische Parameter – Metalle), 2017.....	29
Tabelle 15: Analysenergebnisse, Feststoff (anorganische Parameter – Metalle), 2021.....	30
Tabelle 16: Analysenergebnisse, Bodenluft (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2017	31
Tabelle 17: Analysenergebnisse, Bodenluft (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2017	32
Tabelle 18: Analysenergebnisse, Eluat (anorganische Parameter – Metalle), 2017 + 2021	33
Tabelle 19: Vor-Ort-Befunde, Grundwasser, 2017 und 2021	35
Tabelle 20: Vor-Ort-Befunde, Grundwasser, 2021	36
Tabelle 21: Analysenergebnisse, Grundwasser (org. Parameter u. Amm.), 2017 + 2021..	38
Tabelle 22: Analysenergebnisse, Grundwasser (anorganische Parameter – Metalle), 2017	39
Tabelle 23: Analysenergebnisse, Grundwasser (anorganische Parameter – Metalle), 2021	40
Tabelle 24: Analysenergebnisse, Grundwasser (ergänzende Parameter), 2017 + 2021 ...	41
Tabelle 25: Abfallrechtliche Übersicht, Feststoff (ergänz. Parameter VwV), 2017 + 2021 .	42
Tabelle 26: Abfallrechtliche Übersicht, Eluat (ergänz. Parameter VwV), 2017 + 2021.....	43
Tabelle 27: Kriterien der Sickerwasserprognose	45

- Seite 4 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



TABELLEN:	Seite
Tabelle 28: Abschätzung der Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung.....	46
Tabelle 29: Emissionsabschätzung	47
Tabelle 30: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Grundwasser	48
Tabelle 31: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Mensch	49
Tabelle 32: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer.....	51

ABBILDUNGEN:

Abbildung 1: Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer Austragsszenario 2 [10]	50
Abbildung 2: Berechnungsformel $E_{\max,FG}$ [10]	50

ANHANG:

- 1 Quellen- und Literaturverzeichnis
- 2 Abkürzungsverzeichnis
- 3 Glossar (Liste häufig im Bodenschutz verwendeter Begriffe)

- Seite 5 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



ANLAGEN:

- 1 Planunterlagen
 - 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
 - 1.2 Flurstücksplan, Maßstab 1 : 1.000
 - 1.3 Werksplan 1981, Maßstab 1 : 500
 - 1.4 Lageplan mit Untersuchungsstellen, Maßstab 1 : 750
 - 1.5 Grundwassergleichenpläne, Maßstab 1 : 750
 - 1.5.1 Stichtagsmessung vom 24.06.2021
 - 1.5.2 Stichtagsmessung vom 01.07.2021
 - 1.5.3 Stichtagsmessung vom 24.08.2021
 - 1.6 Lageplan mit Aushubbereichen, Maßstab 1 : 750
 - 1.7 Profilschnitte 1 – 1, 2 – 2, Maßstab 1 : 400/1 : 100
 - 1.8 geplante Bebauung
 - 1.8.1 Lageplan geplante Bebauung, Maßstab 1 : 600
 - 1.8.2 Lageplan geplante Tiefgarage, Maßstab 1 : 600
 - 1.8.3 Schnitte zur geplanten Bebauung, Maßstab 1 : 400
- 2 Kleinrammbohrungen und Schürfgruben
 - 2.1 Schichtenprofile und Ausbaupläne
 - 2.1.1 Rammkernsondierungen
 - 2.1.2 Schichtprofile Schürfgruben
 - 2.2 Protokoll der Flächenmischbeprobung
 - 2.3 Protokoll der Grundwasser-Probenahmen
 - 2.4 Auswertung SLUG-Tests RKS 31 und RKS 32
- 3 Laborberichte SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, Radolfzell
- 4 Fotodokumentation der Schürfgruben
- 5 Luftbilddauswertung auf Kampfmittelbelastung
- 6 SiWa-Tool

1 Zusammenfassung

Das Betriebsgelände der Linde AG „Tettninger Straße 84 – 94“ in Tettang soll für eine Wohnbebauung umgenutzt werden. Da auf dem Gelände eine altlastenrelevante Nutzung (Acetylenproduktion) bekannt ist, wurde im Zuge eines Eigentümerwechsels in 2016/2017 eine orientierende Untergrunduntersuchung der Fläche durchgeführt. Im Zuge des Bebauungsplanverfahrens für das Gelände in 2021 wurden von den beteiligten Behörden ergänzende Untersuchungen zur Beurteilung der Schadstoffsituation für „Gesundes Wohnen“ bzw. der erforderlichen Maßnahmen zur Herstellung eines Zustands für „Gesundes Wohnen“ am Standort vorgegeben.

Mit der Durchführung der ergänzenden Altlastenerkundung wurde die HPC AG von der Löffler Projektentwicklungs GmbH, Hohentengen, beauftragt. Vom 24.06.2021 bis 23.07.2021 wurden daraufhin auf dem Untersuchungsgelände ergänzend zwölf Kleinrammbohrungen bis max. 5,0 m Tiefe abgeteuft sowie neun Baggerschürfe hergestellt und die Entnahme von Boden- und Wasserproben mit nachfolgenden Laboranalysen veranlasst.

Es ergaben sich bereichsweise Auffälligkeiten durch Auffüllhorizonte mit Beton-/Ziegel-/Schwarzdecke- und Holzkohleresten. Die Laboruntersuchungen zeigten lokal erhöhte Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen, PAK und einzelnen Schwermetalle im Feststoff. Hinweise auf relevante Schadstoffübertritte von der Bodenluft in die Innenraumluft hatten sich bereits in den Voruntersuchungen nicht ergeben.

Bei den Voruntersuchungen von 2016/2017 waren an einzelnen Messtellen einzelne Schwermetalle, vorwiegend Arsen erhöht nachweisbar, deren Ursache nicht bekannt war. Deshalb wurden nun ergänzend im Zustrom und im Abstrom des Geländes weitere Messtellen eingerichtet.

Im Grundwasser ergaben sich in 2021 bisher nur bei der Messstelle RKS 11 beim vermuteten Abstrom der Kalkschlammbecken bzw. bei der ehem. Klärgrube im südwestlichen Teil des Geländes weiterhin erhöhte Gehalte an Arsen und Sulfat, jedoch für Arsen eine Zehnerpotenz niedriger als 2016. In der neu errichteten Messstelle RKS 39 im Abstrom des ehem. Azetylenwerks waren ebenfalls leicht erhöhte Arsengehalte auffällig, bei allen übrigen Messstellen lagen die untersuchten Schwermetalle unterhalb der Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser.

In der östlichen Grünfläche bestätigten die Flächenbeprobungen im Oberbodenhorizont eine Kupfer-Verunreinigung in der Größenordnung bis zum Z2-Zuordnungswert nach VwV Bodenverwertung, die zur Tiefe deutlich abnimmt.

Im beprobten Bachsediment des Tobelbachs an der südlichen Grundstücksgrenze war nur in der Probe vor dem Grundstücksbeginn (Sediment oben) Kupfer im Feststoff leicht erhöht nachweisbar, dessen Ursache vermutlich nicht vom Grundstück herrührt.

- Seite 7 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



Im Bereich von lokalen Auffüllungen, beim Heizraum/Öllageraum des nordwestlich gelegenen Nebengebäudes sowie beim Oberboden der östlichen Freifläche ist ebenfalls mit entsorgungsrelevanten Bodenverunreinigungen zu rechnen, was im Falle von dortigen Baumaßnahmen zu Mehrkosten im Vergleich zu natürlichem Boden führen kann. Bei den geplanten Erd- und Aushubarbeiten ist deshalb eine auf die abfallwirtschaftlichen, bodenschutzrechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Belange bezogene Planung und Überwachung sowie ggf. die materialspezifische Separierung und chargenweise Beprobung von Aushubmaterial vorzusehen.

Das geplante Vorgehen wurde in einem Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept mit folgenden Arbeitsschritten dargestellt:

- Rückbau der vorhandenen Gebäude zur Baufeldfreimachung
- Ausbau vorhandener Auffüllungen und Bauwerksresten im südwestlichen Gelände (Kalkschlammbecken, Klärgrube, ehem. Azetylenwerk)
- Ausbau lokaler Verfüllungen im südlichen Gelände
- schichtweiser Abtrag des Oberbodens in der östlichen Grünfläche (TF 1 bis TF 3)
- schichtweiser Abtrag des Oberbodens im westlichen Freigelände

Die Überprüfung der Schadstoffbeseitigung wird mittels Sohl- und Wandproben an den Baugrubenwänden sowie durch ein Grundwassermonitoring an den Abstrommessstellen RKS 39/RKS 45/RKS 11 überprüft bzw. bestätigt.

- Seite 8 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



2 Vorbemerkungen, Aufgabenstellung

Das ehemalige Betriebsgelände der Linde AG „Tettninger Straße 84 – 94“ in Tettang soll zu einer Wohnbebauung umgenutzt werden. Da auf dem Gelände eine altlastenrelevante Nutzung (Acetylenproduktion) bekannt ist, soll durch ergänzende Untersuchungen auf der Fläche überprüft werden, wo nutzungsbedingte Bodenverunreinigungen bestehen, von denen eine Gefahr hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – Grundwasser bzw. weiteren Wirkungspfaden ausgeht.

Ergänzend zu 2016/2017 bereits durchgeführten Untersuchungen (vgl. HPC Gutachten 2162608(2) vom 01.02.2017 [30]) sollten eingrenzende Untergrunduntersuchungen zur Beurteilung der Herkunft der ermittelten Schadstoffe sowie der zu treffenden Maßnahmen zur Gewährleistung eines „Gesunden Wohnens“ am Standort erfolgen.

Die HPC AG wurde am 15.06.2021 mit dieser Untersuchung basierend auf dem Angebot Nr. 1212292 vom 10.06.2021 beauftragt.

Im vorliegenden Gutachten werden die Untersuchungen sowie deren Ergebnisse dokumentiert und hinsichtlich der Fragestellung bewertet. In einem Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept werden darauf aufbauend die weiteren Maßnahmen im Vorfeld der Neubebauung dargestellt.

3 Grundlagen

3.1 Allgemeine Standortangaben

Name/Bezeichnung:	Linde Betriebsgelände
Stadt/Landkreis/Adresse:	Tettang/Bodenseekreis/Tettninger Straße 84 – 94
Lage:	ca. 3,0 km westlich von Tettang am nördlichen Rand des Ortsteils Kau, unmittelbar südlich der L 333 (vgl. Anlage 1.1)
Flurstücks-Nr.:	11492
Flächengröße:	18.742 m ²
UTM-Koordinaten:	32T: 541495/5279658
Höhe:	ca. +411 m ü. NHN
Morphologie:	relativ eben
Versiegelung/bebaute Fläche:	ca. 30 % überbaut bzw. versiegelt
Frühere Nutzung:	Acetylenwerk, Vertriebsstandort für Gase
Aktuelle Nutzung:	Vertriebsstandort für Gase
Geplante Nutzung:	Wohnbebauung
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet
Umfeldnutzung:	Wohnen, Landwirtschaft
Vorfluter:	Tobelbach unmittelbar an der südwestlichen Grundstücksgrenze
Vorbehaltsgebiete:	außerhalb

- Seite 9 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

3.2 Geologisch-hydrogeologischer Überblick

Die Untersuchungsfläche Tettninger Straße 84 – 94 befindet sich ca. 3 km westlich von Tettang an der L 333 (Tettninger Straße) Tettang-Friedrichshafen im Ortsteil Kau (vgl. Anlagen 1.1 und 1.2).

Gemäß der Geologischen Karte 8322 Tettang, Maßstab 1 : 25.000, wird der Untergrund aus Sand und Kies der unteren Stufe der Tettninger Terrassen aufgebaut, die von Beckensedimenten (Beckenschluff, Beckenton) unterlagert werden. Der Beckenschluff/Beckenton wirkt dabei als oberflächennaher Grundwasserstauer. Der Grundwasserflurabstand beträgt damit nur wenige Meter. Die Fließrichtung weist nach Süden bzw. Südwesten auf den Tobelbach an der südlichen Grundstücksgrenze zu.

Gemäß „Wasser- und Bodenatlas von Baden-Württemberg“ (WaBoA) beträgt der durchschnittliche Jahresniederschlag in Tettang etwa 1.000 mm, wobei die Grundwasserneubildung für nicht versiegelte Flächen mit ca. 200 bis 250 mm anzusetzen ist.

3.3 Nutzungsgeschichte

Gemäß den Angaben der Fa. Linde AG bestand von ca. 1965 bis in die 90er Jahre auf dem Gelände „Tettninger Str. 84 - 94“ hauptsächlich ein Acetylenwerk sowie bis heute ein Vertriebslager für Gase (vgl. Lageplan in Anlage 1.3). Das Gelände weist eine zentrale Heizungsanlage in einem Nebengebäude im nordwestlichen Geländebereich auf, die früher mit Heizöl betrieben wurde. In einem Raum neben der Heizungsanlage war früher ein oberirdischer Heizölbehälter (ca. 45.000 l) vorhanden. Die Heizung wurde schätzungsweise in den 90er Jahren auf Gas umgestellt, der Heizölbehälter abgebaut und der Raum als Lagerfläche umgenutzt.

Die Stromversorgung erfolgte bis zur Stilllegung in den 90er Jahren über eine Trafostation im südlichen Grundstücksbereich und danach über einen Anschluss vom nordwestlichen Teil des Grundstücks.

Im südwestlichen Bereich des Grundstücks bestand eine Schmutzwasser-Kläranlage zur Abwasserbehandlung, die im Zuge des Ausbaus der Kanalisation stillgelegt und eventuell rückgebaut wurde. Ebenso war im südwestlichen Grundstück ein Kalkwasserklärbecken sowie ein Kalkschlammbecken vorhanden, die vermutlich ebenfalls rückgebaut wurden.

Im Zentralbereich des Geländes befindet sich ein Tanklager mit einem oberirdischen Tank für unterschiedliche Gase (derzeit vorwiegend Sauerstoff), der aber noch abgebaut werden soll.

3.4 Kampfmittel

Für das Untersuchungsgelände wurde eine Luftbilddauswertung hinsichtlich Kampfmittel veranlasst. Hier zeigte sich, dass die nahe Umgebung mit Sprengbomben bombardiert worden ist. Ein Teilbereich (nordwestliches Grundstück) ist deshalb als „bombardierter Bereich“ zu bezeichnen (vgl. Anlage 5), so dass hier weitere Überprüfungen erforderlich sind. Die Bohrarbeiten in diesem Bereich wurden deshalb durch ein Kampfmittelfachunternehmen überwacht.

Bei einer Auswertung der Stadt Tettang ist auch der südliche Grundstücksrandbereich als Kampfmittelverdachtsfläche ausgewiesen (vgl. Anlage 5).

- Seite 10 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



3.5 Bisherige Untersuchungen

In 2016/2017 erfolgten erste orientierende Boden- oder Grundwasseruntersuchungen [30].

In 2016 wurden auf dem Untersuchungsgelände 32 Kleinrammbohrungen bis max. 5,0 m Tiefe abgeteuft sowie elf Baggerschürfe hergestellt und die Entnahme von Bo-den-/Bodenluft- und Wasserproben mit nachfolgenden Laboranalysen veranlasst.

Es ergaben sich bereichsweise Auffälligkeiten durch Auffüllhorizonte mit Beton-/Ziegel-/Schwarzdecke- und Holzkohleresten. Die Laboruntersuchungen zeigten lokal erhöhte Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen, PAK und einzelnen Schwermetalle im Feststoff. Prüfwertüberschreitungen an der Grundwasseroberfläche wurden jedoch nicht prognostiziert. Hinweise auf relevante Schadstoffgehalte von der Bodenluft in die Innenraumluft haben sich ebenfalls nicht ergeben.

Im Grundwasser bei der Messstelle RKS 11 im südwestlichen Teil des Geländes ergaben sich erhöhte Gehalte an PAK, Ammonium, einzelnen Schwermetallen und Sulfat.

Im Bereich von lokalen Auffüllungen, beim Heizraum/Öllageraum sowie beim Oberboden der östlichen Freifläche wurden entsorgungsrelevante Bodenveränderungen festgestellt.

4 Ergänzende Untersuchungen

Für das Untersuchungskonzept waren im vorliegenden Fall folgende Wirkungspfade bzw. Aspekte zu berücksichtigen:

- Wirkungspfad Boden – Grundwasser: Beurteilung der Ursache von Verunreinigungen und eines möglichen Schadstoffzu- und -abstroms.
- Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer: der Tobelbach grenzt unmittelbar an das Untersuchungsgelände an, hier sind Sedimentuntersuchungen zur Beurteilung von möglichen Schadstoffeinträgen vorgesehen.
- Wirkungspfad Boden – Mensch: derzeit ist der Standort großteils versiegelt und gewerblich genutzt und somit kein Direktkontakt mit kontaminiertem Bodenmaterial anzunehmen. Im Vorfeld der Umnutzung zur Wohnbebauung sind mögliche Gefährdungen zu beurteilen (Gesundes Wohnen).

- Seite 11 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Die Untersuchungen wurden auf der Grundlage einer Ortsbesichtigung, von alten Standortplänen (vgl. Anlage 1.3), der Abstimmung mit dem Amt für Wasser- und Bodenschutz des Landratsamts Bodenseekreis und den Voruntersuchungen konzipiert. Folgende Maßnahmen waren geplant:

Verdachtsfläche/Bereich	Verdachtsmomente/ Verdachtspareter	Untersuchungen	
		Proben- nahmen	Annahme Bohrtiefe
			m
Gesamtfläche Zu- und Abstrom	Tropf-/Handhabungsverluste (MKW, Ammonium, Schwermetalle)	7 RKS mit Pegelausbau Boden-, Wasserproben	5,0
Kalkschlammbecken Kalkwasserklärbecken Zu- und Abstrom		1 RKS mit Pegelausbau Boden-, Wasserproben	5,0
Betriebsgebäude/Gaslager		1 RKS mit Pegelausbau Boden- /Wasserproben	5,0
Freiflächen	Tropf-/Handhabungsverluste (MKW, PAK, Schwermetalle)	3 RKS/Bodenproben 9 Schürfruben/ Bodenproben 3 Flächenmischproben in westlicher Grünfläche	1,0 – 5,0
Tobelbach	Abstrom von Schadstoffen	Sedimentproben vor dem Gelände, etwa mittig und nach dem Gelände	-

RKS: Sondierungsbohrung

MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe (Mineralöl/-produkte, Kraftstoff)

PAK: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (in Diesel-/Heizöl, Brand-/Schlackenresten)

Tabelle 1: Verdachtsflächen und Untersuchungsumfang

Untersuchungen des unterirdischen Kanalsystems waren auftragsgemäß nicht vorgesehen.

Zusätzlich zu den Rammkernsondierungen sollten auf dem Gelände Schürfruben zur besseren Beurteilung des Bodenaufbaus in den Freiflächen eingerichtet werden.

- Seite 12 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

5 Untersuchungsdurchführung

5.1 Untergrunduntersuchungen, Probenahmen

Es wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

Datum: 22. – 24.06.2021
Umfang: 12 Kleinrammbohrungen (Bezeichnung „RKS 33“ bis „RKS 44“)
Verfahren: Bohrraube und elektrisch betriebener Bohrhammer, Bohrdurchmesser 60/80 mm
Tiefe: 1,8 m bis 5,5 m
Ausbau: 1½“ bzw. 2“-PVC, provisorische Grundwasserpegel
Probenahme Wasser: Pumpprobenahme bzw. Schöpfprobenahme
Probenstabilisierung: nach Angabe Labor
Bohrgutansprache: geologisch sowie organoleptisch bzgl. evtl. Verunreinigungen
Probenahme Boden: Entnahme meterweise unter Berücksichtigung von Schichtwechseln sowie bei Auffälligkeiten
Verschließen: Quellton, soweit nicht zu Messstellen ausgebaut
Vermessung: nach Lage auf lokale Bezugspunkte
Dokumentation: Ansatzpunkte vgl. Anlage 1.4, Schichtenprofile vgl. Anlage 2.1.1

Datum: 29.06.2021
Umfang: 3 Flächenmischbeprobungen (Bezeichnung „TF 1“ bis „TF 3“)
Verfahren: Eijkelkamp-Drehbohrer, Pürckhauer-Bohrstock
Tiefe: 0 m bis 0,6 m
Bohrgutansprache: geologisch sowie organoleptisch bzgl. evtl. Verunreinigungen
Probenahme Boden: Entnahme schichtweise
Vermessung: nach Lage auf lokale Bezugspunkte
Dokumentation: Ansatzpunkte vgl. Anlage 1.4, Probennahmeprotokolle vgl. Anlage 2.2

Datum: 23.07.2021
Umfang: 9 Schürfguben (Bezeichnung „S 12“ bis „S 20“)
Verfahren: Baggerschürfe
Tiefe: 1,2 m bis 3,1 m
Bohrgutansprache: geologisch sowie organoleptisch bzgl. evtl. Verunreinigungen
Probenahme Boden: Entnahme schichtweise bzw. bei Auffälligkeiten
Vermessung: nach Lage auf lokale Bezugspunkte
Dokumentation: Ansatzpunkte vgl. Anlage 1.4, Schichtenprofile vgl. Anlage 2.1.2

- Seite 13 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



Datum: 05.07.2021
 Umfang: 3 Sedimentbeprobungen Tobelbach (Bezeichnung Sediment oben,
 Sediment Mitte, Sediment unten)
 Verfahren: Spaten
 Tiefe: 0 bis 0,2 m
 Dokumentation: Probenahmestellen siehe Anlage 1.4

Relevante Daten zu den Aufschlüssen sind nachfolgend in den Tabelle 2 und Tabelle 3 zusammengefasst.

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Endtiefe	Bemerkungen/Sonderproben
		m	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
Entwicklerraum	RKS 1	2,0	BS-, B-Probenahme
Carbidlager	RKS 2	2,1	BS-, B-Probenahme
Kompressorraum	RKS 3	2,0	BS-, B-, BL-Probenahme
Abfüllereigebäude	RKS 4	2,0	BS-, B-, BL-Probenahme
	RKS 5	2,0	BS-, B -Probenahme
Trafostation	RKS 6	2,0	B-Probenahme
Wendeplatz/ Entwässerungsschacht	RKS 7	2,0	B-Probenahme
Säurelager	RKS 8	2,0	B-Probenahme
Lkw-Abstellfläche	RKS 9	5,0	B-, W-Probenahme
Kalkwasser-Klärbecken	RKS 10	0,9	B-Probenahme
Klärgrube	RKS 11	2,7	B-, W-Probenahme
Kalkschlammbecken	RKS 12	1,7	B-, BL-Probenahme
westliche Freifläche	RKS 13	2,0	B-, BL-Probenahme
	RKS 14	2,0	B-, BL-Probenahme
Freifläche zwischen den Gebäuden	RKS 15	2,0	B-Probenahme
Pumpenhaus	RKS 16	2,0	B-Probenahme
östliche Grünfläche	RKS 17	4,8	B-, W-Probenahme
Öllageraum	RKS 18	0,6	BS-, B-Probenahme
Heizungsraum	RKS 19	0,3	BS-Probenahme
westlich Heizraum	RKS 20	4,6	B-, W-Probenahme
Werkstatt	RKS 21	2,0	BS-, B-Probenahme
Lagerfläche südlich Garagen	RKS 22	4,5	BS-, B-, W-Probenahme
Fahrweg	RKS 23	2,0	B-, BL-Probenahme
Abfüllhalle	RKS 24	2,0	B-, BL-Probenahme

B = Boden, BL = Bodenluft, BS = Bausubstanz, W = Wasser

- Seite 14 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Endtiefe	Bemerkungen/Sonderproben
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
Fahrstraße, Pkw-Parkfläche, Einfahrt	RKS 25	2,0	B-, BL-Probenahme
	RKS 26	2,0	B-, BL-Probenahme
	RKS 27	4,5	B-, W-Probenahme
	RKS 28	2,0	B-, BL-Probenahme
Kalkwasserklärbecken	RKS 29	1,93	B-, W-Probenahme
	RKS 30	1,60	B-, W-Probenahme
östlich bzw. nordöstlich Kalkschlammbecken	RKS 31	5,40	B-, W-Probenahme
	RKS 32	5,40	B-, W-Probenahme
Ergänzende Untersuchungen 2021			
nördlicher Grünstreifen	RKS 33	4,5	B-, W-Probenahme
nordöstliche Grünfläche	RKS 34	4,5	B-, W-Probenahme
östliche Grünfläche	RKS 35	5,5	B-, W-Probenahme
südöstliches Gelände	RKS 36	4,5	B-, W-Probenahme
Säurelager	RKS 37	1,8	B-Probenahme
südlich Kalkschlammbecken	RKS 38	5,0	B-, W-Probenahme
südliches Gelände	RKS 39	3,0	B-, W-Probenahme
nördlich Kalkschlammbecken	RKS 40	5,0	B-, W-Probenahme
nordwestliches Gelände	RKS 41	4,5	B-, W-Probenahme
westliche Freifläche	RKS 42	3,5	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche	RKS 43	3,5	B-Probenahme
	RKS 44	3,5	B-Probenahme

B = Boden, BL = Bodenluft, BS = Bausubstanz, W = Wasser

Tabelle 2: Rammkernsondierungen und begleitende Probenahmen

- Seite 15 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettang, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachtsfläche/ Bereich	Aufschluss	Endtiefe	Bemerkungen/Sonderproben
		m	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
östliche Grünfläche	Schurf S 1	3,1	B-Probenahme, Schwarzdecke-Probenahme
	Schurf S 2	2,4	B-Probenahme, Schwarzdecke-Probenahme
	Schurf S 3	2,9	B-Probenahme
	Schurf S 4	1,5	B-Probenahme
	Schurf S 5	1,0	B-Probenahme
	Schurf S 6	1,2	B-Probenahme
Kalkschlammbecken	Schurf S 7	2,0	B-Probenahme, BS-Probenahme
	Schurf S 8	2,7	B-Probenahme, BS-Probenahme
westliche Grundstücksgrenze	Schurf S 9	2,0	-
zentrale Grünfläche	Schurf S 10	1,4	-
	Schurf S 11	1,4	-
Ergänzende Untersuchungen 2021			
südöstliche Grünfläche Ost	SG 12	2,5	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche West	SG 13	3,0	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche Ost	SG 14	1,5	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche Ost	SG 15	1,3	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche Ost	SG 16	2,0	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche West	SG 17	1,6	B-Probenahme
südöstliche Grünfläche West	SG 18	1,2	B-Probenahme
westlich Heizraum	SG 19	2,2	B-Probenahme
nordwestliches Gelände	SG 20	1,7	B-Probenahme

B = Boden, BS = Bausubstanz, SG = Schürfgrube

Tabelle 3: Schürfgruben und begleitende Probenahmen

5.2 Chemische Analysen

Für die Auswahl der zu untersuchenden Proben und der jeweiligen Analysenparameter wurden folgende Kriterien herangezogen:

Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung:

- Boden (Feststoff): Verdachtsmomente (vgl. Kap. 4) und Vor-Ort-Befunde (vgl. Kap. 6) schwerpunktmäßig oberflächennah bzw. aus dem Tiefenbereich der Auffüllung.
- Bodeneluat (Wirkungspfad Boden – Grundwasser): Untersuchung unterschiedlich belasteter Bodenproben mit Feststoffkonzentrationen oberhalb der Vorsorgewerte bzw. deutlich oberhalb der Hintergrundwerte (vgl. Kap. 6.2.1), um eine Bandbreite der Sickerwasserbelastungen abzuschätzen.
- Grundwasserproben: Verdachtsmomente und Untersuchungsprogramm gemäß Kap. 4

- Seite 16 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



Probenvorbereitung, Eluatherstellung:

- Feststoffanalytik: Feinanteil < ca. 2 mm in Anlehnung an die BBodSchV

Untersuchung zur abfallwirtschaftlichen Ersteinschätzung:

- Feststoff- und Eluatanalytik: gemäß VwV Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial [6].

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse/Bodenmaterial

In den Rammkernsondierungen und Schürfgruben wurde i. d. R. folgendes Normalprofil erschlossen:

0	–	0,10/0,24	m Tiefe	Schwarzdecke bzw. Betonsteine bzw. Betonbodenplatte (befestigte Hoffläche/Gebäude)
		bzw. 0,20/0,40	m Tiefe	Oberboden (Grünflächen)
	–	0,50/1,40	m Tiefe	Auffüllung, sandiger, schwach schluffiger Kies (Fahrbahnunterbau)
	–	0,50 – 2,20	m Tiefe	Auffüllung, sandig, schluffiger Kies mit Schwarzdeckenresten, Betonresten, Holzresten (lokale Auffüllungen Kalkschlammbecken, Verfüllungen südliches Gelände evtl. ehem. Bachlauf)
	–	1,20	m Tiefe	sandiger Schluff bis schluffiger Sand, graubraun bis schwarzbraun, teilweise organisch (Bereich Gewässer)
	–	4,50	m Tiefe	schluffiger Sand, bereichsweise gebändert
		darunter		stark sandiger Schluff bzw. schluffig, sandiger Ton (Beckenschluff/Beckenton)

Wesentliche Abweichungen vom Normalprofil ergaben sich lediglich durch unterschiedliche Auffüllmächtigkeiten z. B. bei verfüllten Gruben, Kanälen o.ä.

Durch Schürfgruben konnte die Geländeauffüllung im südöstlichen Gelände eingegrenzt werden. Da an der Sohle teilweise organisches bzw. torfartiges Material angetroffen wurde, kann es sich um eine Verfüllung eines alten Bachlaufs handeln.

Bei den Geländearbeiten bzw. nachfolgenden Wasserstandsmessungen ergaben sich folgende Wasserstände:

Messstelle	POK m ü. NHN	24.06.2021		01.07.2021		24.08.2021	
		m u. POK	m ü. NHN	m u. POK	m ü. NHN	m u. POK	m ü. NHN
RKS 11	+411,17	1,77	+409,40	1,92	+409,25	1,94	+409,23
RKS 17	+411,94	2,00	+409,94	2,01	+409,93	2,04	+409,90
RKS 20	+411,95	2,50	+409,45	2,48	+409,47	2,66	+409,29
RKS 22	+412,21	2,69	+409,52	2,63	+409,58	2,74	+409,47
RKS 29	+412,31	-	-	-	-	1,74	+410,57
RKS 30	+411,79	trocken	-	trocken	-	trocken	-
RKS 31	+412,09	2,40	+409,69	2,47	+409,62	2,41	+409,68
RKS 32	+412,36	2,46	+409,90	2,50	+409,86	2,61	+409,75
RKS 33	+411,85	1,97	+409,88	1,92	+409,93	2,16	+409,69
RKS 34	+411,65	1,55	+410,10	1,64	+410,01	1,87	+409,78
RKS 35	+412,57	2,61	+409,96	2,59	+409,98	2,67	+409,90
RKS 36	+410,09	2,03	+408,06	1,94	+408,15	2,41	+407,68
RKS 38	+412,00	2,63	+409,37	2,77	+409,23	2,71	+409,29
RKS 39	+409,59	1,62	+407,97	1,69	+407,90	1,71	+407,88
RKS 40	+412,16	2,50	+409,66	2,55	+409,61	2,51	+409,65
RKS 41	+412,19	2,37	+409,82	2,38	+409,81	2,40	+409,79

Tabelle 4: Wasserstandsmessungen 2021

- Seite 18 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Damit wurde das Grundwasser in einer Tiefe von ca. 1,5 m bis 2,0 m unter Gelände angetroffen.

Nach Auswertung der Wasserstände vom 2021 ergab sich eine südliche bis südwestliche Grundwasserfließrichtung auf den Tobelbach zu (vgl. Grundwassergleichenpläne in Anlage 1.5). Dies bestätigt die Wasserstandsauswertung von 2016/2017, wobei die Wasserstände in RKS 29 und RKS 30 nicht dazu passen. Vermutlich liegen die Pegel in den ehemaligen Betonruben und zeigen daher keinen beeinflussten Wasserstand.

Zur Beurteilung der Durchlässigkeiten im Untergrund wurde am 12.01.2017 an den Messstellen RKS 31 und RKS 32 jeweils ein SLUG-Test ausgeführt. Hierbei wurde in die Messpegel Trinkwasser eingefüllt und die Absenkung mittels Datenlogger aufgezeichnet.

Die Auswertung ist in Anlage 5 enthalten. Es ergaben sich folgende Befunde:

Grundwassermessstelle	Transmissivität T	Durchlässigkeitsbeiwert k
	m ² /s	m/s
RKS 31	$2,1 \times 10^{-5}$	$\approx 8,0 \times 10^{-6}$
RKS 32	$1,6 \times 10^{-5}$	$\approx 8,8 \times 10^{-6}$

Tabelle 5: Ermittelte Durchlässigkeiten bei RKS 31 und RKS 32

6.2 Schadstoffuntersuchungen

6.2.1 Bewertungsgrundlagen

Gefährdungsabschätzung

Die Analysenergebnisse werden in Abhängigkeit von der Materialart und Fragestellung folgenden Vergleichswerten (sofern vorhanden) gegenübergestellt:

- Hintergrundwerte: Natürlich vorhandene oder anthropogene Hintergrundgehalte aus dem ländlichen Raum [7], [9], [16].
- Vorsorgewerte nach BBodSchV [1]: Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten i. d. R. davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer SBV besteht.
- Prüfwerte nach BBodSchV [1]: Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine SBV oder Altlast vorliegt. Die Prüfwerte des Wirkungspaths Boden – Grundwasser entsprechen in Baden-Württemberg numerisch der wasserrechtlichen Geringfügigkeitschwelle (GFS-Werte) [11]. Die Beurteilung von flüchtigen Stoffen im Feststoff hinsichtlich des Wirkungspaths Boden – Mensch erfolgt anhand der orientierenden Hinweise auf Prüfwerte der LABO [2].

- Seite 19 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Die Hintergrund- und Vorsorgewerte stellen im Gegensatz zu den Prüfwerten keine schutzgutbezogene Grundlage zur Gefährdungsabschätzung dar. Sie ermöglichen jedoch die qualitative Feststellung und räumliche Abgrenzung von Schadstoffbelastungen sowie – auf Basis fachlicher Erfahrungen – die Ausweisung von Teilbereichen, für welche z. B. Eluat- oder Grundwasseruntersuchungen zur Quantifizierung des Gefahrenpotenzials notwendig sind.

Die Prüfwerte gelten für den jeweiligen Ort der Beurteilung (Wirkungspfad Boden – Mensch: max. 35 cm Tiefe; Wirkungspfad Boden – Grundwasser: Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone bzw. bei Verunreinigungen in der wassergesättigten Bodenzone das Kontaktgrundwasser). Für Proben aus anderen Tiefen sind die Prüfwerte daher nur als Orientierung zu verstehen.

Zur Bewertung von leichtflüchtigen Schadstoffen in der Bodenluft in Bezug auf das Grundwasser bestehen keine Prüfwerte. Anhand der Bodenluftkonzentration c_{BL} und der sog. Henry-Konstante H kann jedoch unter der Annahme von Gleichgewichtsbedingungen die Größenordnung der korrespondierenden Sickerwasserkonzentrationen c_{SiWa} nach der Formel $c_{SiWa} = c_{BL} / H$ abgeschätzt werden [9].

In Bezug auf Schadstoffemissionen von der Bodenluft in die Innenraumluft von Wohngebieten werden „Orientierende Hinweise auf Prüfwerte für flüchtige Stoffe in der Bodenluft“ herangezogen [10], welche grundsätzlich entsprechend den Maßstäben der bodenschutzrechtlichen Prüfwerte abgeleitet sind und auf einem hinreichend konservativen Verdünnungsverhältnis Raumluft – Bodenluft von 1 : 1.000 basieren [8]. Infolge der standortunabhängigen Verallgemeinerung dieses Expositionsszenarios und des orientierenden Charakters von Bodenluftuntersuchungen haben diese Vergleichswerte für die Bodenluft nicht die gleiche Verbindlichkeit wie die Boden-Prüfwerte der BBodSchV.

Abfallwirtschaftliche Beurteilung

Die Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten von ausgehobenem Bodenmaterial erfolgt anhand folgender Zuordnungswerte [6]:

Z0- und Z0*-Werte: Herstellung einer natürlichen Bodenfunktion außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht. Die Verfüllung von Abgrabungen ist mit Einschränkungen (Abdeckung, Abstand zum Grundwasser und Ausschluss bestimmter Schutzgebiete) bis Z0* zulässig.

Z1- und Z2-Werte: Herstellung einer technischen Funktion außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht. Bei Einhaltung der Z1-Feststoff- und der Z1.1-Eluatgehalte ist ein eingeschränkter offener Einbau möglich. In hydrogeologisch günstigen Gebieten kann Bodenmaterial mit Eluatgehalten bis Z1.2 eingebaut werden. Die Feststoff- und Eluatwerte Z2 stellen die Obergrenze für den eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar.

In Gebieten mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Gehalten sind bestimmte Abweichungen von den Z-Werten zulässig.

- Seite 20 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Die tatsächlichen Verwertungsmöglichkeiten richten sich neben der Materialqualität auch nach den örtlichen Bedingungen am Einbauort („Einbauklasse“). Anlieferungshöchstwerte für bestimmte Deponien und Verwertungsmaßnahmen können von den Zuordnungswerten [6] abweichen. Die Anforderungen an durchwurzelbare Bodenschichten wie auch die Wiederverwendung von Bodenmaterial am Herkunftsstandort bei Baumaßnahmen richten sich nach § 12 BBodSchV und bleiben von den o. g. Zuordnungswerten unberührt. Überschreiten die Schadstoffgehalte die Zuordnungswerte nach [6], so werden in der Deponieverordnung [12] Zuordnungswerte für eine deponietechnische Entsorgung (Deponieklassen 0 bis III) aufgeführt.

6.2.2 Feststoff, Bodenluft

6.2.2.1 Vor-Ort-Befunde

In der nachfolgende Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die schadstoffbezogenen, organoleptischen Befunde der Bodenaufschlüsse zusammengefasst.

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Auffüllung bis	Organoleptische Auffälligkeiten
		m u. GOK	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
Entwicklerraum	RKS 1	1,6	-
Carbidlager	RKS 2	> 2,1	-
Kompressorraum	RKS 3	1,7	-
Abfüllereigebäude	RKS 4	1,5	-
	RKS 5	1,7	-
Trafostation	RKS 6	0,5	Ziegelreste
Wendeplatz/ Entwässerungsschacht	RKS 7	0,4	-
Säurelager	RKS 8	1,0	0 – 0,6 m viel Bauschuttreste, Asphaltreste
Lkw-Abstellfläche	RKS 9	1,8	-
Kalkwasser-Klärbecken	RKS 10	> 0,9	Bauschuttreste
Klärgrube	RKS 11	2,0	Ziegelreste
Kalkschlammbecken	RKS 12	> 1,7	Betonreste
westliche Freifläche	RKS 13	0,5	-
	RKS 14	0,2	-
Freifläche zwischen den Gebäuden	RKS 15	1,2	-
Pumpenhaus	RKS 16	1,1	-
östliche Grünfläche	RKS 17	-	-
Öllageraum	RKS 18	> 0,6	Ziegelreste, muffiger Geruch
Heizungsraum	RKS 19	> 0,3	Beton
westlich Heizraum	RKS 20	1,0	-
Werkstatt	RKS 21	1,2	-

- Seite 21 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettang, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Auffüllung bis	Organoleptische Auffälligkeiten
		m u. GOK	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
Lagerfläche südlich Garagen	RKS 22	0,5	-
Fahrtweg	RKS 23	1,6	-
Abfüllhalle	RKS 24	1,1	-
Fahrstraße, Umfüllfläche, Pkw-Parkplatzfläche, Einfahrt	RKS 25	1,2	-
	RKS 26	1,0	0,2 – 0,8 m Ziegel-/Holzkohlereste, schwacher Brandgeruch
	RKS 27	0,8	-
	RKS 28	1,2	-
Kalkwasserklärbecken	RKS 29	> 1,93	Betonreste, Bohrhindernis bei Endtiefe
	RKS 30	> 1,60	fauliger Geruch bei 1,5 – 1,6 m Bohrhindernis bei Endtiefe
östlich bzw. nordöstlich Kalkschlammbecken	RKS 31	1,90	-
	RKS 32	2,10	-
Ergänzende Untersuchungen 2021			
nördlicher Grünstreifen	RKS 33	1,2	Ziegelreste
nördliche Grünfläche	RKS 34	0,7	Ziegelreste
östliche Grünfläche	RKS 35	-	-
südwestliches Gelände	RKS 36	-	-
Säurelager	RKS 37	> 1,8	Betonreste, Bohrhindernis bei Endtiefe
südlich Kalkschlammbecken	RKS 38	1,3	Ziegelreste
südliches Gelände	RKS 39	0,3	Ziegelreste
nördlich Kalkschlammbecken	RKS 40	1,5	Ziegelreste
nordwestliches Gelände	RKS 41	1,4	-
westliche Freifläche	RKS 42	0,8	-
südöstliche Grünfläche	RKS 43	1,0	Ziegel-/Schwarzdeckenreste
	RKS 44	1,3	Ziegelreste

Tabelle 6: Vor-Ort-Befunde, Rammkernsondierungen

- Seite 22 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachtsfläche/ Bereich	Aufschluss	Auffüllung bis	Organoleptische Auffälligkeiten
		m u. GOK	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])			
östliche Grünfläche	Schurf S 1	1,2	Schwarzdeckenreste
	Schurf S 2	0,4	Schwarzdeckenreste
	Schurf S 3	-	-
	Schurf S 4	-	-
	Schurf S 5	0,9	-
	Schurf S 6	0,7	umgelagerter Oberboden
Kalkschlammbecken	Schurf S 7	> 2,0	Betonbrocken
Säurelager	Schurf S 8	2,2	0,2 – 0,9 m Schwarzdeckenreste 0,9 – 2,1 m Holzreste
westliche Grundstücksgrenze	Schurf S 9	1,5	-
zentrale Grünfläche	Schurf S 10	1,4	Ziegelreste
	Schurf S 11	1,2	-
Ergänzende Untersuchungen 2021			
südöstliche Grünfläche Ost	SG 12	1,5	0,2 – 1,5 m Schwarzdecken-, Schrott-, Holzreste
südöstliche Grünfläche West	SG 13	1,8	0,2 – 1,8 m Schwarzdeckenreste
südöstliche Grünfläche Ost	SG 14	-	-
	SG 15	-	-
	SG 16	-	-
südöstliche Grünfläche West	SG 17	0,6	0,2 – 0,6 m Schwarzdeckenreste
	SG 18	-	-
westlich Heizraum	SG 19	1,7	0,2 – 1,7 m Keramikrohr
nordwestliches Gelände	SG 20	1,0	0,2 – 1,0 m Keramikrohr

Tabelle 7: Vor-Ort-Befunde, Schürfgruben

Organoleptische Auffälligkeiten der erschlossenen Bodenschichten beschränken sich somit auf die Auffüllung und hier im Wesentlichen auf vereinzelte Ziegel-, Beton-, Schwarzdecken- und Holzkohle- und Holzreste.

6.2.2.2 Laboranalysen, Feststoff

Die Ergebnisse der Feststoffanalysen sind nachfolgend zusammengefasst (Laborberichte vgl. Anlage 3).

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss/ Probenbe- zeichnung	Tiefe	Mat.	MKW	PAK-16	BaP	PCB-6
		m u. GOK		mg/kg			
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])							
Acetylenwerk MP 2	RKS 1	0,19 – 0,5	A	< 10	< BG	< 0,05	< BG
	RKS 2	0,24 – 0,5					
	RKS 3	0,19 – 0,6					
	RKS 4	0,18 – 1,0					
	RKS 5	0,16 – 1,0					
Säurelager	RKS 8	0 – 0,6 0,6 – 1,0	A A	450 110	0,14 -	< 0,05 -	- -
Oberboden West MP 3*	RKS 10 - RKS 16	0 – 0,2/ 0,3	A/B	29	< BG	< 0,05	< BG
Oberboden Ost MP 4	RKS 17	0 – 0,3	B	< 10	< BG	< 0,05	< BG
	Schurf S 3	0 – 0,25					
	Schurf S 4	0 – 0,25					
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1 Schurf S 1 Schurf S 2	0,1 – 0,4 0,4 – 1,2 0,1 – 0,4	A	79	5,39	0,58	< BG
Öllagerraum	RKS 18	0,25 – 0,5 0,5 – 0,6	A A	71 4.000	- -	- -	- -
westlich Heizraum	RKS 20	0,3 – 1,0	A	45	-	-	-
Lagerfläche südlich Heizraum	RKS 22	0,3 – 0,5	A	< 10	-	-	-
Fahrstraße	RKS 26	0,2 – 0,8	A	20	< BG	< 0,05	-
Kalkschlammbecken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	< 10	0,75	0,06	< BG
	Schurf S 8	0,2 – 0,9 0,9 – 2,2	A A	130 15	1,77 < BG	0,20 < 0,05	- -
		2,2 – 2,4	B	< 10	< BG	< 0,05	< BG
Hintergrundwert [9]				50	1		0,05
BBodSchV [1]	Vorsorgewert ¹				3	0,3	0,05
	Wirkungspfad Boden – Mensch	Kinderspielflächen				2	0,4
		Wohngebiete				4	0,8
		Park- und Freizeitanlagen				10	2
		Industrie und Gewerbe				12	40
VwV Bodenverwertung [6]		Z0		100	3	0,3	0,05
		Z1		300 (600) ²	3 (9) ³	0,9	0,15
		Z2		1.000 (2.000) ²	30	3	0,5

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

1 Humusgehalt < 8 %;

2 für C₁₀ bis C₂₂, Klammerwerte für C₁₀ bis C₄₀. Das MKW-Analysenergebnis bezieht sich auf C₁₀ bis C₄₀.

3 Einbau von Bodenmaterial mit Werten > 3 und ≤ 9 mg/kg nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen
 fett: im Vergleich zu den Vorsorge- bzw. Z0-Werten erhöhte Gehalte

Tabelle 8: Analysenergebnisse, Feststoff (organische Parameter – MKW, PAK), 2017

Verdachtsfläche/ Bereich		Auf- schluss/ Probenbe- zeichnung	Tiefe	Mat.	MKW	PAK-16	BaP	PCB-6
			m u. GOK		mg/kg			
Ergänzende Untersuchungen 2021								
nordöstliche Grünfläche		TF 1-1	0 – 0,25	A	16	< BG	< 0,05	< BG
östliche Grünfläche		TF 2-1	0 – 0,3	A	< 10	< BG	< 0,05	< BG
südöstliche Grünfläche		TF 3-1	0 – 0,3	A	31	< BG	< 0,05	< BG
Bach Ost		Sediment Oben	0 – 0,2	B	50	< 0,05	< 0,05	< BG
Bach Mitte		Sediment Mitte	0 – 0,2	B	64	0,15	< 0,05	< BG
Bach West		Sediment unten	0 – 0,2	B	< 10	< BG	< 0,05	< BG
MP Auffüllung		SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	16	1,29	0,14	< BG
Südöstliche Grünfläche West		SG 13	0,6 – 1,8	A	14	< BG	< 0,05	-
westlich Heizraum		SG 19	0,2 – 1,7	A	< 10	< BG	< 0,05	-
nordwestliche Gelände		SG 20	0,2 – 1,0	A	12	< BG	< 0,05	-
Hintergrundwert [9]					50	1		0,05
BBodSchV [1]	Vorsorgewert ¹					3	0,3	0,05
	Wirkungspfad Boden – Mensch	Kinderspielflächen					2	0,4
		Wohngebiete					4	0,8
		Park- und Freizeitanlagen					10	2
		Industrie und Gewerbe					12	40
VwV Bodenverwertung [6]		Z0			100	3	0,3	0,05
		Z1			300 (600) ²	3 (9) ³	0,9	0,15
		Z2			1.000 (2.000) ²	30	3	0,5

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 - 0,2 (A), RKS 14/0 - 0,2 (B), RKS 15/0 - 0,3 (A), RKS 16/0 - 0,2 (A)

1 Humusgehalt < 8 %;

2 für C₁₀ bis C₂₂, Klammerwerte für C₁₀ bis C₄₀. Das MKW-Analysenergebnis bezieht sich auf C₁₀ bis C₄₀.

3 Einbau von Bodenmaterial mit Werten > 3 und ≤ 9 mg/kg nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen

fett: im Vergleich zu den Vorsorge- bzw. Z0-Werten erhöhte Gehalte

Tabelle 9: Analysenergebnisse, Feststoff (organische Parameter – MKW, PAK), 2021

Die Prüfwerte für die Wirkungspfade Boden – Mensch wurden eingehalten. Hinsichtlich des Wirkungspfad Boden – Grundwasser ergaben sich Überschreitungen der Hintergrund- und Z0-Zuordnungswerte für Mineralölkohlenwasserstoffe bei RKS 8, RKS 18 und Schurf 8 sowie für PAK im südöstlichen Auffüllungshorizont (MP 1), die auch relevant für die abfallrechtliche Bewertung von hier anfallendem Erdaushub sind.

Nachfolgend sind die Gehalte der LHKW und der BTEX im Feststoff zusammengefasst (vgl. Laborbericht in Anlage 3):

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	TCE	PCE	cDCE	PCM	Σ LHKW
		m u. GOK		mg/kg				
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])								
Acetylenwerk MP 2	RKS 1	0,19 – 0,5	A	< 0,005	0,01	< 0,005	< 0,005	0,01
	RKS 2	0,24 – 0,5						
	RKS 3	0,19 – 0,6						
	RKS 4	0,18 – 1,0						
	RKS 5	0,16 – 1,0						
Oberboden West, MP 3*	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ – 0,3	A/B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Oberboden Ost MP 4	RKS 17	0 – 0,3	B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
	Schurf S 3	0 – 0,25						
	Schurf S 4	0 – 0,25						
Kalkschlamm- becken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
	Schurf S 8	2,2 – 2,4	B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1	0,1 – 0,4	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
	Schurf S 1	0,4 – 1,2						
	Schurf S 2	0,1 – 0,4						
Hintergrundwert [9]				-	-	-	-	0,001
Orientierende Hinweise [2]		Kinderspielflächen		0,3	1,5	-	-	-
		Wohngebiete		0,3	1,5	-	-	-
		Park-, Freizeitanlage		-	-	-	-	-
		Industrie, Gewerbe		5	25	-	-	-
VwV Bodenverwertung [6]		Z0 – Z2		-	-	-	-	1

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

- = unpraktikabel hoch oder keine Werte

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 10: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2017

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	TCE	PCE	cDCE	PCM	Σ LHKW
		m u. GOK		mg/kg				
Ergänzende Untersuchungen 2021								
nordöstliche Grünfläche	TF 1-1	0 – 0,25	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
östliche Grünfläche	TF 2-1	0 – 0,3	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
südöstliche Grünfläche	TF 3-1	0 – 0,3	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Bach Ost	Sediment Oben	0 – 0,2	B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Bach West	Sediment unten	0 – 0,2	B	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
MP Auffüllung	SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< BG
Hintergrundwert [9]				-	-	-	-	0,001
Orientierende Hinweise [2]		Kinderspielflächen		0,3	1,5	-	-	-
		Wohngebiete		0,3	1,5	-	-	-
		Park-, Freizeitanlage		-	-	-	-	-
		Industrie, Gewerbe		5	25	-	-	-
VwV Bodenverwertung [6]		Z0 – Z2		-	-	-	-	1

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

- = unpraktikabel hoch oder keine Werte

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 11: Analyseergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2021

Die LHKW-Gehalte lagen größtenteils unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	Benzol	Toluol	Xylole*	Ethyl- benzol	Σ BTEX
		m u. GOK		mg/kg				
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])								
Acetylenwerk MP 2	RKS 1	0,19 – 0,5	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
	RKS 2	0,24 – 0,5						
	RKS 3	0,19 – 0,6						
	RKS 4	0,18 – 1,0						
	RKS 5	0,16 – 1,0						
Oberboden West, MP 3**	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ 0,3	A/B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Oberboden Ost MP 4	RKS 17	0 – 0,3	B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
	Schurf S 3	0 – 0,25						
	Schurf S 4	0 – 0,25						
Kalkschlamm- becken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
	Schurf S 8	2,2 – 2,4	B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1	0,1 – 0,4	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
	Schurf S 1	0,4 – 1,2						
	Schurf S 2	0,1 – 0,4						
Hintergrundwert [9]				0,01	0,01	-	-	0,01
Orientierende Hinweise [2]		Kinderspielflächen		-	10	10	-	-
		Wohngebiete		0,1	10	10	3	-
		Park-, Freizeitanlage		-	-	-	-	-
		Industrie, Gewerbe		0,4	120	100	30	-
VwV Bodenverwertung [6]		Z0 – Z2		-	-	-	-	1

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

- = unpraktikabel hoch oder keine Werte

* Xylole = o-Xylol (1,2-Dimethylbenzol) + m-Xylol (1,3-Dimethylbenzol) + p-Xylol (1,4-Dimethylbenzol)

** MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 12: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2017

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	Benzol	Toluol	Xylole*	Ethyl- benzol	Σ BTEX
		m u. GOK		mg/kg				
Ergänzende Untersuchungen 2021								
nordöstliche Grünfläche	TF 1-1	0 – 0,25	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
östliche Grünfläche	TF 2-1	0 – 0,3	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
südöstliche Grünfläche	TF 3-1	0 – 0,3	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Bach Ost	Sediment Oben	0 – 0,2	B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Bach West	Sediment unten	0 – 0,2	B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
MP Auffüllung	SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< BG
Hintergrundwert [9]				0,01	0,01	-	-	0,01
Orientierende Hinweise [2]		Kinderspielflächen		-	10	10	-	-
		Wohngebiete		0,1	10	10	3	-
		Park-, Freizeitanlage		-	-	-	-	-
		Industrie, Gewerbe		0,4	120	100	30	-
VwV Bodenverwertung [6]		Z0 – Z2		-	-	-	-	1

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

- = unpraktikabel hoch oder keine Werte

* Xylole = o-Xylol (1,2-Dimethylbenzol) + m-Xylol (1,3-Dimethylbenzol) + p-Xylol (1,4-Dimethylbenzol)

** MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 13: Analysenergebnisse, Feststoff (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2021

Die BTEX-Gehalte lagen im Feststoff unter den Bestimmungsgrenzen.

Nachfolgend sind die im Feststoff bestimmten Metallgehalte zusammengestellt (vgl. Laborbe-
 richt in Anlage 3):

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		m u. GOK		mg/kg							
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])											
Acetylenwerk MP 2	RKS 1	0,19 – 0,5	A	3	3	< 0,2	10	10	9	< 0,1	13
	RKS 2	0,24 – 0,5									
	RKS 3	0,19 – 0,6									
	RKS 4	0,18 – 1,0									
	RKS 5	0,16 – 1,0									
Säurelager	RKS 8	0 – 0,6	A	4	12	< 0,2	17	11	12	< 0,1	43
Klägrube	RKS 11	1,0 – 2,0	A	4	-	-	-	-	-	-	-
		2,0 – 2,5	A	6	-	-	-	-	-	-	-
Oberboden West, MP 3 **	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ 0,3	A/ B	7	17	< 0,2	26	39	20	< 0,1	66
Oberboden Ost MP 4	RKS 17	0 – 0,3	B	11	12	< 0,2	33	100	18	< 0,1	44
	Schurf S 3	0 – 0,25									
	Schurf S 4	0 – 0,25									
Unterboden Ost	RKS 17	0,3 – 1,0	B	-	-	-	-	40	-	-	-
Fahrstraße	RKS 26	0,2 – 0,8	A	3	5	< 0,2	16	14	11	< 0,1	24
Kalkschlamm- becken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	4	8	< 0,2	29	13	24	< 0,1	20
	Schurf S 8	0,2 – 0,9	A	6	14	< 0,2	35	47	31	< 0,1	34
		0,9 – 2,2	A	3	5	< 0,2	16	9	12	< 0,1	16
		2,2 – 2,4	B	3	5	< 0,2	21	12	15	< 0,1	20
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1 Schurf S 1 Schurf S 2	0,1 – 0,4 0,4 – 1,2 0,1 – 0,4	A	6	9	< 0,2	22	19	16	< 0,1	28
östliche Grünfläche	Schurf S 6	0 – 0,7	A	-	-	-	-	79	-	-	-
Hintergrundwert [9] (max.)				17	55	1	90	60	100	0,2	150
BBodSchV [1]	Vorsorgewert*				70	1	60	40	50	0,5	150
	Wirkungs- pfad Boden – Mensch	Kinderspielflächen		25	200	10 ¹	200		70	10	
		Wohngebiete		50	400	20 ¹	400		140	20	
		Park-/Freizeit- anlagen		125	1.000	50	1.000		350	50	
		Industrie/Gewerbe		140	2.000	60	1.000		900	80	
VwV Bodenverwertung [6]		Z0		15	70	1	60	40	50	0,5	150
		Z0*		15	140	1	120	80	100	0,5	300
		Z1		45	210	3	180	120	150	1,5	450
		Z2		150	700	10	600	400	500	5	1.500

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

* für Lehm/Schluff bzw. Humusgehalt < 8 %

** MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

1 in Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereich für Kinder wie auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert für Cd anzuwenden

fett: im Vergleich zu den Vorsorge- bzw. Z0-Werten erhöhte Gehalte

Tabelle 14: Analysenergebnisse, Feststoff (anorganische Parameter – Metalle), 2017

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		m u. GOK		mg/kg							
Ergänzende Untersuchungen 2021											
nordöstliche Grünfläche	TF 1-1 TF 1-2	0 – 0,25 0,25 – 0,6	A A	9 -	17 -	0,3 -	32 -	72 19	17 -	< 0,1 -	210 44
östliche Grünfläche	TF 2-1 TF 2-2	0 – 0,3 0,3 – 0,6	A B	12 10	15 -	0,2 -	33 -	160 28	19 -	< 0,1 -	51 -
südöstliche Grünfläche	TF 3-1 TF 3-2	0 – 0,3 0,3 – 0,6	A A	12 10	14 -	0,2 -	32 -	140 49	21 -	< 0,1 -	43 -
Bach Ost	Sediment oben	0 – 0,2	B	4	22	< 0,2	17	89	11	< 0,1	91
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	5	17	< 0,2	17	26	10	0,1	93
Bach West	Sediment unten	0 – 0,2	B	14	9	< 0,2	47	2	28	< 0,1	44
MP Auffüllung	SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	7	7	< 0,2	23	25	16	< 0,1	30
südöstliche Grünfläche West	SG 13	0,6 – 1,8	A	7	12	< 0,2	60	45	87	0,1	40
westlich Heiz- raum	SG 19	0,2 – 1,7	A	4	3	< 0,2	55	14	88	< 0,1	17
nordwestliche Gelände	SG 20	0,2 – 1,0	A	4	4	< 0,2	23	11	17	< 0,1	24
Hintergrundwert [9] (max.)				17	55	1	90	60	100	0,2	150
BBodSchV [1]	Vorsorgewert*				70	1	60	40	50	0,5	150
	Wirkungs- pfad Boden – Mensch	Kinderspielflächen		25	200	10 ¹	200		70	10	
		Wohngebiete		50	400	20 ¹	400		140	20	
		Park-/Freizeit- anlagen		125	1.000	50	1.000		350	50	
		Industrie/Gewerbe		140	2.000	60	1.000		900	80	
VwV Bodenverwertung [6]		Z0		15	70	1	60	40	50	0,5	150
		Z0*		15	140	1	120	80	100	0,5	300
		Z1		45	210	3	180	120	150	1,5	450
		Z2		150	700	10	600	400	500	5	1.500

A = Auffüllung, B = natürlicher Untergrund

* für Lehm/Schluff bzw. Humusgehalt < 8 %

** MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

1 in Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereich für Kinder wie auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert für Cd anzuwenden

fett: im Vergleich zu den Vorsorge- bzw. Z0-Werten erhöhte Gehalte

Tabelle 15: Analysenergebnisse, Feststoff (anorganische Parameter – Metalle), 2021

- Seite 31 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Im Oberbodenhorizont der östlichen Grünfläche betätigten sich die erhöhten Kupfergehalte (TF 1-1, bis zum Z0*-Zuordnungswert nach VwV-Bodenverwertung, TF 2-1 und TF 3-1 bis zum Z2-Zuordnungswert nach VwV-Bodenverwertung). Überschreitungen von Prüfwerten wurden nicht ermittelt. Zur Tiefe nehmen die Kupfergehalte deutlich ab.

Lokal war in kiesigen Auffüllungshorizonten auch Nickel leicht erhöht (Z0*).

Im beprobten Bachsediment an der südlichen Grundstücksgrenze war nur in der Probe vor dem Grundstücksbeginn (Sediment oben) Kupfer im Feststoff leicht erhöht, deren Ursache vermutlich nicht vom Grundstück herrührt.

6.2.2.3 Laboranalysen, Bodenluft

Die Ergebnisse der Bodenluftanalysen (relevante Einzelparameter sowie Summe der Stoffgruppen) sind nachfolgend zusammengefasst (zu den Laborberichten vgl. Anlage 5). Die letzte Spalte entspricht größenordnungsmäßig der berechneten Sickerwasserkonzentration unter Gleichgewichtsbedingungen am Ort der Probenahme.

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Tiefe	TCE	PCE	cDCE	PCM	Σ LHKW	Σ LHKW berech- net
		m u. GOK	mg/m³					µg/l
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])								
Kompressorraum	RKS 3	1,0 – 2,0	0,01	0,20	< 0,6	< 0,006	0,21	1
Abfüllereigebäude	RKS 4	1,0 – 2,0	0,23	0,40	< 0,6	< 0,006	0,63	3
Kalkschlammbecken	RKS 12	1,0 – 1,7	< 0,006	0,009	< 0,6	< 0,006	0,009	0
westliche Freifläche	RKS 14	1,0 – 1,5	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Werkstatt	RKS 21	1,0 – 2,0	0,24	< 0,006	< 0,6	< 0,006	0,24	1
Fahrweg	RKS 23	1,0 – 2,0	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Abfüllhalle	RKS 24	1,0 – 2,0	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Freifläche	RKS 25	1,0 – 2,0	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Fahrstraße, Umfüllfläche	RKS 26	1,0 – 2,0	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Einfahrt	RKS 28	1,0 – 2,0	< 0,006	< 0,006	< 0,6	< 0,006	< BG	n. b.
Boden – Grundwasser, Vergleichswert [9] (Größenordnung)			1,7	3,1	0,8	5,7		
Boden – Mensch, tolerierbare Bodenluftkonzentration bzgl. Raumluft [10]			20	70	900	3		
Prüfwert Grundwasser [1] µg/l			nur Werte für die Summe					10

Boden – Grundwasser: Bodenluftkonzentrationen in Höhe der Vergleichswerte führen umgerechnet zu Sickerwasserkonzentrationen in Höhe des Prüfwerts. Berechnete Σ LHKW: Größenordnung, Ort der Probenahme [5]

Boden – Mensch: Zur Bewertung der Σ LHKW müssen die Ausschöpfungsgrade der Einzelstoffe (Verhältnis zw. gemessener Konzentration und Vergleichswert) bestimmt und summiert werden.

< BG = alle Einzelwerte kleiner Bestimmungsgrenze, n. b. = nicht berechenbar

Tabelle 16: Analysenergebnisse, Bodenluft (flüchtige organische Parameter – LHKW), 2017

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss	Tiefe	Benzol	Toluol	Xylole*	Ethyl- benzol	Σ BTEX	Σ BTEX, berechnet
		m u. GOK	mg/m³					µg/l
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])								
Kompressorraum	RKS 3	1,0 – 2,0	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	0,03	0,24
Abfüllereigebäude	RKS 4	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Kalkschlamm- becken	RKS 12	1,0 – 1,7	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
westliche Freifläche	RKS 14	1,0 – 1,5	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Werkstatt	RKS 21	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Fahrtweg	RKS 23	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Abfüllhalle	RKS 24	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Freifläche	RKS 25	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Fahrtstraße, Umfüllfläche	RKS 26	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Einfahrt	RKS 28	1,0 – 2,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< BG	n. b.
Boden – Grundwasser, Vergleichswert [9] (Größenordnung)			0,1	2,5	2	2,9		
Boden – Mensch, tolerierbare Bodenluft- konzentration bzgl. Raumluft [10]			10	1.000	1.000	200		
Prüfwert Grundwasser [1] µg/l			1	nur Werte für die Summe				20

Boden – Grundwasser: Bodenluftkonzentrationen in Höhe der Vergleichswerte führen umgerechnet zu Sickerwasserkonzentrationen in Höhe des Prüfwerts. Berechnete Σ BTEX: Größenordnung, Ort der Probenahme [5]

Boden – Mensch: Zur Bewertung der Σ BTEX müssen die Ausschöpfungsgrade der Einzelstoffe (Verhältnis zw. gemessener Konzentration und Vergleichswert) bestimmt und summiert werden.

< BG = alle Einzelwerte kleiner Bestimmungsgrenze

n. b. = nicht berechenbar

* Xylole = o-Xylol (1,2-Dimethylbenzol) + m-Xylol (1,3-Dimethylbenzol) + p-Xylol (1,4-Dimethylbenzol)

Tabelle 17: Analysenergebnisse, Bodenluft (flüchtige organische Parameter – BTEX), 2017

Bodenluftkonzentrationen, welche eine Überschreitung tolerierbarer Raumluftkonzentrationen erwarten lassen, wurden nicht nachgewiesen.

Bezüglich des Wirkungspfad Boden – Grundwasser ergaben sich in keinem Aufschluss Schadstoffbelastungen, welche am Ort der Probenahme unter Gleichgewichtsbedingungen rechnerisch zu einer Überschreitung des Prüfwerts für Sickerwasser führen.

6.2.3 Feststoffeluat

Die Analysenergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst (zu den Laborberichten vgl. Anlage 3).

Verdachts- fläche/Bereich	Auf- schluss/ Probenbe- zeichnung	Entnah- metiefe	Mat.	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
				µg/l							
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])											
Klärgrube	RKS 11	1,0 – 2,0 2,0 – 2,5	A A	5 < 5	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Acetylenwerk MP 2	RKS 1 RKS 2 RKS 3 RKS 4 RKS 5	0,19 – 0,5 0,24 – 0,5 0,19 – 0,6 0,18 – 1,0 0,16 – 1,0	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
Oberboden West MP 3 *	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ 0,3	A/ B	< 5	< 5	< 1	< 5	7	< 5	< 0,2	< 10
Oberboden Ost MP 4	RKS 17 Schurf S 3 Schurf S 4	0 – 0,3 0 – 0,25 0 – 0,25	B	< 5	< 5	< 1	< 5	11	< 5	< 0,1	< 10
Unterboden Ost	RKS 17	0,3 – 1,0	B	-	-	-	-	< 5	-	-	-
Kalkschlammbecken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,1	< 10
	Schurf S 8	2,2 – 2,4	B	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,1	< 10
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1 Schurf S 1 Schurf S 2	0,1 – 0,4 0,4 – 1,2 0,1 – 0,4	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,1	< 10
östliche Grünfläche	Schurf S 6	0 – 0,7	A	-	-	-	-	14	-	-	-
Ergänzende Untersuchungen 2021											
nordöstliche Grünfläche	TF 1-1	0 – 0,25	A	< 5	< 5	< 1	< 5	14	< 5	< 0,2	10
östliche Grünfläche	TF 2-1	0 – 0,3	A	< 5	< 5	< 1	< 5	37	< 5	< 0,2	< 10
südöstliche Grünfläche	TF 3-1	0 – 0,3	A	< 5	< 5	< 1	< 5	20	< 5	< 0,2	30
Bach Ost	Sediment oben	0 – 0,2	B	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	30
Bach West	Sediment unten	0 – 0,2	B	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
MP Auffüllung	SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
Südöstliche Grün- fläche West	SG 13	0,6 – 1,8	A	< 5	14	< 1	< 5	10	< 5	< 0,2	10
westlich Heizraum	SG 19	0,2 – 1,7	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
nordwestliche Ge- lände	SG 20	0,2 – 1,0	A	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,2	< 10
Hintergrundwert [7]				3	4	1	2	5	3	0,05	150
Prüfwert Grundwasser [1]				10	25	5	50	50	50	1	500
Z1.1 [6]				14	40	1,5	12,5	20	15	0,5	150
Z1.2 [6]				20	80	3	25	60	20	1	200
Z2 [6]				60	200	6	60	100	70	2	600

A = Auffüllung, B = Natürlicher Untergrund

fett: Prüfwert Grundwasser bzw. Zuordnungswert Z1.1 überschritten

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 18: Analysenergebnisse, Eluat (anorganische Parameter – Metalle), 2017 + 2021

- Seite 34 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Der Prüfwert für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser wurde in allen untersuchten Eluatproben eingehalten.

6.2.4 Grundwasser 6.2.4.1 Vor-Ort-Befunde

Die Befunde für die Messung der Vor-Ort-Parameter des Grundwassers werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst (vgl. auch die Probenahmeprotokolle in Anlage 3):

Ver- dachts- fläche/ Bereich	Mess- stelle	Datum	pH- Wert	El. Leitf.	Tempe- ratur	O ₂ - Gehalt	Redox- poten- zial	Besonderheiten
				µS/cm	°C	mg/l	mV	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30]) und 2021								
Lkw-Ab- stellfläche	RKS 9	27.10.16	7,5	754	14,7	2,9	46	stark braun, wesentlicher Bodensatz
Klärgrobe (Abstrom)	RKS 11	27.10.16	7,8	2.120	12,9	0,2	44	stark braun bis grau, wesentlicher Bodensatz
		21.11.16	7,4	2.110	11,0	0,1	219	
		22.12.16	7,7	1.450	8,5	0,6	87	
		01.07.21	7,1	1.743	13,5	3,2	214	schwach braun, Spuren an Bodensatz
		24.08.21	7,02	1.735	14,4	2,14	240	schwach grau, Spuren an Bodensatz
		27.10.16	7,3	644	13,0	3,9	232	schwach braun, we- sentlicher Bodensatz
		22.12.16	7,3	408	8,1	2,3	448	
		01.07.21	-	-	-	-	-	
östliche Grünfläche	RKS 17	24.08.21	-	-	-	-	-	nur sehr wenig Wasser
		27.10.16	7,4	541	14,7	3,2	43	stark braun, wesentlicher Bodensatz
		22.12.16	7,5	364	6,4	8,3	380	
		02.07.21	7,2	538	14,6	4,3	482	stark grau, Spuren an Bodensatz
westlich Heizraum	RKS 20	25.08.21	6,4	518	15,8	2,7	179	schwach grau, Spuren an Bodensatz
		27.10.16	7,4	574	13,6	3,6	302	stark braun, wesentlicher Bodensatz
		22.12.16	7,4	407	8,5	3,8	444	
		02.07.21	6,9	587	13,5	3,7	470	stark grau, wesentlicher Bodensatz
Lagerflä- che südlich Garagen	RKS 22	25.08.21	6,8	590	15,0	3,7	474	wesentlicher Bodensatz
		27.10.16	8,0	360	15,6	3,4	196	stark braun, wesentlicher Bodensatz

- Seite 35 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Ver- dachts- fläche/ Bereich	Mess- stelle	Datum	pH- Wert	El. Leitf.	Tempe- ratur	O ₂ - Gehalt	Redox- poten- zial	Besonderheiten
				µS/cm	°C	mg/l	mV	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30]) und 2021								
Kalkwas- serklär- becken	RKS 29	22.12.16	12,3	832	7,4	2,0	48	schwach grau
		24.08.21	9,7	250	15,7	3,4	264	schwach braun, Spuren an Bodensatz
	RKS 30	22.12.16	-	-	-	-	-	nur sehr wenig Wasser
nordöstl. Kalk- schlamm- becken	RKS 31	22.12.16	7,5	454	9,9	2,6	99	stark braun, wesentlicher Bodensatz
		01.07.21	7,3	368	14,5	6,6	486	stark braun, wesentli- cher Bodensatz
		24.08.21	7,3	388	16,2	6,5	477	geringfügiger Boden- satz
östlich Kalk- schlamm- becken	RKS 32	22.12.16	7,7	313	9,9	4,0	296	stark braun, wesentlicher Bodensatz
		01.07.21	7,4	325	14,3	8,7	460	stark braun, wesentli- cher Bodensatz
		24.08.21	7,9	332	16,2	8,3	432	stark braun, wesentli- cher Bodensatz

Tabelle 19: Vor-Ort-Befunde, Grundwasser, 2017 und 2021

Ver- dachts- fläche/ Bereich	Mess- stelle	Datum	pH- Wert	El. Leitf.	Tempe- ratur	O ₂ - Gehalt	Redox- poten- zial	Besonderheiten
				µS/cm	°C	mg/l	mV	
Ergänzende Untersuchungen 2021								
nördlicher Grünstrei- fen (Zustrom)	RKS 33	01.07.21	7,3	595	15,1	2,7	442	schwach braun, wesentlicher Bodensatz
		24.08.21	7,3	333	17,3	4,4	443	wesentlicher Bodensatz
nordöstli- che Grün- fläche (Zustrom)	RKS 34	01.07.21	7,5	314	13,3	2,6	419	schwach braun, wesentlicher Bodensatz
		24.08.21	6,6	352	16,7	3,8	505	geringfügiger Boden- satz
östliche Grünfläche (Zustrom)	RKS 35	01.07.21	7,2	713	15,3	5,5	460	schwach braun, wesentlicher Bodensatz
		24.08.21	6,8	516	16,6	5,0	534	wesentlicher Bodensatz
südwestli- ches Ge- lände (Abstrom)	RKS 36	01.07.21	6,8	707	12,4	2,6	297	schwach grau, Spuren an Bodensatz
		24.08.21	6,9	625	13,6	2,4	273	stark grau, geringfügi- ger Bodensatz
südlich Kalk- schlamm- becken (Abstrom)	RKS 38	01.07.21	7,4	565	11,3	3,8	359	stark grau, geringfügi- ger Bodensatz
		24.08.21	7,1	486	14,1	2,5	369	schwach grau, gering- fügiger Bodensatz
südliches Gelände (Abstrom)	RKS 39	01.07.21	6,9	804	13,8	3,0	242	stark grau, geringfügi- ger Bodensatz
		24.08.21	7,1	731	14,4	2,6	231	schwach grau, gering- fügiger Bodensatz
nördlich Kalk- schlamm- becken	RKS 40	02.07.21	7,3	554	13,8	4,1	424	schwach grau, gering- fügiger Bodensatz
		24.08.21	7,2	606	16,9	4,6	490	stark braun, geringfügi- ger Bodensatz
nordwestli- ches Ge- lände	RKS 41	02.07.21	7,4	431	14,2	6,2	451	stark braun, wesentli- cher Bodensatz
		24.08.21	7,3	428	15,3	5,3	495	wesentlicher Bodensatz

Tabelle 20: Vor-Ort-Befunde, Grundwasser, 2021

Aus dem Redoxpotenzial ergibt sich in Verbindung mit dem pH-Wert, dass im Grundwasser vorwiegend ein indifferentes Milieu besteht.

In der Messstelle RKS 11 zeigten sich Auffälligkeiten bei der elektrischen Leitfähigkeit mit Werten von ca. 1.450 bis 2.120 µS/cm und geringen Sauerstoffgehalten. Bei RKS 29 wurde ein deutlich alkalischer pH-Wert gemessen.

- Seite 37 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

6.2.4.2 Laboranalysen

Die Analysenergebnisse sind nachfolgend in den Tabellen 17 bis 19 zusammengefasst (zu den Laborberichten vgl. Anlage 3).

Verdachtsflä- che/Bereich	Auf- schluss	Datum	MKW	PAK-15	Nap	LHKW	BTEX	PCB	Ammo- nium
			µg/l						mg/l
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30]) und 2021									
Lkw-Abstell- fläche	RKS 9	27.10.16	< 100	-	-	-	< BG	-	-
Klärgrube (Abstrom)	RKS 11	27.10.16	< 100	0,05	0,02	0,6	< BG	-	-
		21.11.16	-	0,60	0,01	< BG	-	< BG	12
		22.12.16	< 100	< BG	0,02	< BG	-	-	7,7
		01.07.21	-	0,03	< 0,01	-	-	-	0,05
		24.08.21	-	-	-	-	-	-	4,2
östliche Grünfläche	RKS 17	27.10.16	< 100	< BG	< 0,02	3,5	-	-	< 0,04
		22.12.16	-	-	-	< BG	-	-	0,11
westlich Heizraum	RKS 20	27.10.16	< 200	-	-	< BG	6	-	-
		22.12.16	-	-	-	-	-	-	0,14
		02.07.21	< 100	-	-	-	-	-	-
		24.08.21	< 100	-	-	-	< BG	-	-
Lagerfläche südl. Garagen	RKS 22	27.10.16	< 200	< BG	< 0,04	2,1	< BG	-	0,06
		22.12.16	-	< BG	< 0,01	-	-	-	< 0,04
		02.07.21	< 100	-	-	-	-	-	-
		24.08.21	< 100	-	-	-	< BG	-	-
Pkw-Park- platzfläche	RKS 27	27.10.16	< 100	0,10	0,08	-	-	-	-
Kalkwasser- klärbecken	RKS 29	22.12.16	-	1,78	0,09	< BG	-	-	0,81
		24.08.21	-	< BG	< 0,01	-	-	-	0,25
	RKS 30	22.12.16	-	-	-	-	-	-	22
nordöstlich Kalkschlamm- becken	RKS 31	22.12.16	< 100	< BG	0,01	3,4	-	-	0,09
östlich Kalkschlamm- becken	RKS 32	22.12.16	< 100	< BG	< 0,01	0,6	-	-	0,04
Hintergrundwert [7]			10 ¹	0,05	0,05	-	-	-	-
Prüfwert Grundwasser [1]			200	0,2	2	10	20	0,5	-
Schwellenwerte GFS [11]			-	-	-	-	-	-	0,5

1 für IR-Spektroskopie
 fett: Prüfwert Grundwasser oder Schwellenwert GFS überschritten

- Seite 38 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettang, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachtsflä- che/Bereich	Auf- schluss	Datum	MKW	PAK-15	Nap	LHKW	BTEX	PCB	Ammo- nium
			µg/l						
Ergänzende Untersuchungen 2021									
südwestliches Gelände (Abstrom)	RKS 36	01.07.21	-	< BG	<0,01	-	-	-	0,07
		24.08.21	-	< BG	< 0,01	-	-	-	0,14
südlich Kalk- schlamm- becken (Abstrom)	RKS 38	01.07.21	-	< BG	< 0,01	-	-	-	7,9
		24.08.21	-	< BG	< 0,01	-	-	-	6,6
südliches Gelände (Abstrom)	RKS 39	01.07.21	-	< BG	0,02	-	-	-	2,0
		24.08.21	-	< BG	< 0,01	-	-	-	1,1
nördlich Kalk- schlammbe- cken	RKS 40	24.08.21	-	-	-	-	-	-	0,04
nordwestli- ches Gelände	RKS 41	24.08.21	-	-	-	-	-	-	< 0,04
Hintergrundwert [7]			10 ¹	0,05	0,05	-	-	-	-
Prüfwert Grundwasser [1]			200	0,2	2	10	20	0,5	-
Schwellenwerte GFS [11]			-	-	-	-	-	-	0,5

¹ für IR-Spektroskopie
 fett: Prüfwert Grundwasser oder Schwellenwert GFS überschritten

Tabelle 21: Analysenergebnisse, Grundwasser (org. Parameter u. Amm.), 2017 + 2021

PAK, LHKW und BTEX waren lokal nachweisbar. Der Prüfwert für PAK-15 für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser wurde in der Probe vom 21.11.2016 bei RKS 11 und am 22.12.2016 bei RKS 29 überschritten. Weiterhin waren die Ammonium-Konzentrationen in RKS 11, RKS 29, RKS 30 sowie RKS 38 und RKS 39 auffällig.

- Seite 39 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachts- fläche/Bereich	Auf- schluss	Datum	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
			µg/l							
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30]) und 2021										
Lkw-Abstellfläche	RKS 9	27.10.16	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,1	< 10
Klärgarbe	RKS 11	27.10.16	490	< 5	< 1	< 5	12	16	< 0,1	10
		21.11.16	370	160	3	31	95	75	< 0,1	370
		22.12.16	390	< 5	< 1	< 5	19	12	< 0,1	40
		01.07.21	25	< 5	< 1	< 5	< 5	12	< 0,05	420
		24.08.21	280	< 5	< 1	< 5	< 5	11	< 0,05	190
östliche Grünfläche	RKS 17	22.12.16	21	9	3	5	8	62	3,0	20
		01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	9	< 5	< 0,05	840
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	7	< 5	0,12	200
westlich Heizraum	RKS 20	27.10.16	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	1,1	< 10
		22.12.16	33	< 5	2	< 5	< 5	27	< 0,1	250
		02.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	710
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	7	< 0,05	370
Lagerfläche südlich Garagen	RKS 22	27.10.16	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,1	< 10
		22.12.16	25	< 5	2	< 5	< 5	32	7,4	60
		02.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	410
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	180
Kalkwasserklär- becken	RKS 29	22.12.16	7	34	< 1	8	9	< 5	< 0,1	40
		24.08.21	5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	0,07	810
	RKS 30	22.12.16	81	11	< 1	5	10	77	2,0	120
nordöstlich Kalk- schlammbecken	RKS 31	22.12.16	13	66	2	13	57	25	1,1	70
		01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	450
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	380
östlich Kalk- schlammbecken	RKS 32	22.12.16	24	8	3	< 5	< 5	25	5,3	20
		01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	350
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	180
Hintergrundwert [7]			3	4	1	2	5	3	0,05	150
Prüfwert Grundwasser [1]			10	25	5	50	50	50	1	500

fett: Prüfwert Grundwasser überschritten

Tabelle 22: Analyseergebnisse, Grundwasser (anorganische Parameter – Metalle), 2017

- Seite 40 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettang, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachts- fläche/Bereich	Auf- schluss	Datum	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
			µg/l							
Ergänzende Untersuchungen 2021										
nördlicher Grünstreifen (Zustrom)	RKS 33	01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	9	< 0,05	880
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	320
nordöstliche Grünfläche (Zustrom)	RKS 34	01.07.21	6	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	840
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	200
östliche Grünfläche (Zustrom)	RKS 35	01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	530
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	160
südwestliches Gelände (Abstrom)	RKS 36	01.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	8	< 0,05	490
		24.08.21	52	< 5	< 1	< 5	< 5	6	< 0,05	380
südlich Kalk- schlammbecken (Abstrom)	RKS 38	01.07.21	6	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	470
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	240
südliches Gelände (Abstrom)	RKS 39	01.07.21	17	< 5	< 1	< 5	< 5	5	< 0,05	520
		24.08.21	22	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	770
nördlich Kalk- schlammbecken	RKS 40	02.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	300
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	300
nordwestliches Gelände	RKS 41	02.07.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	330
		24.08.21	< 5	< 5	< 1	< 5	< 5	< 5	< 0,05	380
Hintergrundwert [7]			3	4	1	2	5	3	0,05	150
Prüfwert Grundwasser [1]			10	25	5	50	50	50	1	500

fett: Prüfwert Grundwasser überschritten

Tabelle 23: Analyseergebnisse, Grundwasser (anorganische Parameter – Metalle), 2021

- Seite 41 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Verdachts- fläche/Bereich	Aufschluss	Datum	Sulfat	Cyanid ges.
			mg/l	µg/l
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30]) und 2021				
Klärgrube (Abstrom)	RKS 11	21.11.16	859	< 5
		22.12.16	775	< 5
		01.07.21	829	-
		24.08.21	806	-
östliche Grünfläche	RKS 17	22.12.16	6	-
westlich Heizraum	RKS 20	22.12.16	-	-
Lagerfläche südlich Garagen	RKS 22	22.12.16	4	-
Kalkwasserklärbecken	RKS 29	22.12.16	7	< 5
	RKS 30	22.12.16	-	-
nordöstlich Kalkschlamm- becken	RKS 31	22.12.16	7	< 5
östlich Kalkschlammbecken	RKS 32	22.12.16	2	< 5
Ergänzende Untersuchungen 2021				
südwestliches Gelände (Abstrom)	RKS 36	01.07.21	5	-
		24.08.21	< 1	-
südlich Kalkschlammbecken (Abstrom)	RKS 38	01.07.21	61	-
		24.08.21	25	-
südliches Gelände (Abstrom)	RKS 39	01.07.21	59	-
		24.08.21	134	-
Schwellenwerte GFS [11]			240	5

fett = Schwellenwert GFS überschritten

Tabelle 24: Analysenergebnisse, Grundwasser (ergänzende Parameter), 2017 + 2021

Damit bestätigen sich im Grundwasser bei der ehemaligen Klärgrube (RKS 11) erhöhte Arsen- und Sulfatgehalte über den jeweiligen Prüfwerten. Bei der Probenahme in 2021 waren zwar niedrigere Arsengehalte festzustellen, der Prüfwert wurde jedoch weiterhin überschritten.

Weiterhin ergaben sich bei der Abstrommessstelle RKS 39 (Abstrom ehem. Azetylenwerk) und zuletzt bei RKS 36 auffällige Arsengehalte über dem Prüfwert. Bei den Messstellen RKS 38 und RKS 39 waren weiterhin erhöhte Ammonium-Konzentrationen auffällig.

In den übrigen Proben von 2021 waren bisher keine relevanten Schadstoffgehalte festzustellen.

Damit ist eine Beeinträchtigung des Grundwassers im Bereich RKS 11/RKS 29/RKS 30/RKS 38/RKS 39 im südwestlichen Gelände vorwiegend durch PAK, Ammonium, Sulfat und Arsen vorhanden.

Auffälligkeiten zeigten sich durch stark schwankende Zink-Konzentrationen sowohl im Zustrom (RKS 33 bis RKS 35) als auch im Abstrom (RKS 39) mit Werten über dem Prüfwert.

6.2.5 Orientierende abfallrechtliche Übersichtsanalysen

Die Ergebnisse der ergänzenden Analysen zur orientierenden abfallrechtlichen Ersteinstufung nach VwV [6] sind nachfolgend zusammengefasst (zu den Laborberichten vgl. Anlage 3).

Verdachtsfläche/ Bereich	Auf- schluss/ Probenbe- zeichnung	Tiefe	Mat.	Cyanid ges.	TI	EOX
		m u. GOK		mg/kg		
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])						
Acetylenwerk MP 2	RKS 1 RKS 2 RKS 3 RKS 4 RKS 5	0,19 – 0,5 0,24 – 0,5 0,19 – 0,6 0,18 – 1,0 0,16 – 1,0	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Oberboden West MP 3 **	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ – 0,3	A/ B	0,3	< 0,2	< 0,5
Oberboden Ost MP 4	RKS 17 Schurf S 3 Schurf S 4	0 – 0,3 0 – 0,25 0 – 0,25	B	0,2	0,2	< 0,5
Kalkschlamm- becken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
	Schurf S 8	2,2 – 2,4	B	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1 Schurf S 1 Schurf S 2	0,1 – 0,4 0,4 – 1,2 0,1 – 0,4	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Ergänzende Untersuchungen 2021						
nordöstliche Grün- fläche	TF 1-1	0 – 0,25	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
östliche Grünfläche	TF 2-1	0 – 0,3	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
südöstliche Grün- fläche	TF 3-1	0 – 0,3	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Bach Ost	Sediment oben	0 – 0,2	B	0,2	< 0,2	< 0,5
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	0,2	< 0,2	< 0,5
Bach West	Sediment Unten	0 – 0,2	B	< 0,1	0,3	< 0,5
MP Auffüllung	SG 12 SG 13 SG 17	0,2 – 1,5 0,2 – 0,6 0,2 – 0,6	A	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Z0 [6]				-	0,7	1
Z1 [6]				3	2,1	3
Z2 [6]				10	7	10

A = Auffüllung, B = Natürlicher Untergrund; * für Lehm/Schluff

** MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 25: Abfallrechtliche Übersicht, Feststoff (ergänz. Parameter VwV), 2017 + 2021

Verdachts- fläche/ Bereich	Auf- schluss/ Proben- bezeich- nung	Tiefe	Mat.	pH-Wert	El. Leitf.	Chlorid	Sulfat	Cyanid ges.	Phenole
		m u. GOK		-	µS/cm	mg/l		µg/l	
Orientierende Untersuchungen 2017 (vgl. HPC-Gutachten Nr. 2162608(2) [30])									
Acetylenwerk MP 2	RKS 1	0,19 – 0,5	A	9,6	72	< 0,5	3	< 5	< 10
	RKS 2	0,24 – 0,5							
	RKS 3	0,19 – 0,6							
	RKS 4	0,18 – 1,0							
	RKS 5	0,16 – 1,0							
Oberboden West, MP 3 *	RKS 10 – RKS 16	0 – 0,2/ 0,3	A/ B	8,2	147	0,9	21	< 5	< 10
Oberboden Ost MP 4	RKS 17	0 – 0,3	B	7,9	64	1,2	< 1	< 5	< 10
	Schurf S 3	0 – 0,25							
	Schurf S 4	0 – 0,25							
Kalkschlamm- becken	Schurf S 7	0,2 – 2,0	A	9,5	59	< 0,5	4	< 5	< 10
	Schurf S 8	2,2 – 2,4	B	8,8	215	< 0,5	80	< 5	< 10
Auffüllung Südost MP 1	Schurf S 1	0,1 – 0,4	A	8,1	72	0,5	3	< 5	< 10
	Schurf S 1	0,4 – 1,2							
	Schurf S 2	0,1 – 0,4							
Ergänzende Untersuchungen 2021									
nordöstliche Grünfläche	TF 1-1	0 – 0,25	A	8,4	34	1,6	< 1	< 2	< 10
östliche Grünfläche	TF 2-1	0 – 0,3	A	7,6	33	0,9	5	< 2	< 10
südöstliche Grünfläche	TF 3-1	0 – 0,3	A	8,3	174	1,6	2	< 2	< 10
Bach Ost	Sediment oben	0 – 0,2	B	7,9	229	2,1	14	< 2	< 10
Bach Mitte	Sediment Mitte	0 – 0,2	B	7,7	126	1,0	3	< 2	< 10
Bach West	Sediment unten	0 – 0,2	B	7,5	149	1,7	6	< 2	< 10
MP Auffüllung	SG 12	0,2 – 1,5	A	8,6	79	1,6	49	< 2	< 10
	SG 13	0,2 – 0,6							
	SG 17	0,2 – 0,6							
Z1.1 [6]				6,5 – 9,5	250	30	50	5	20
Z1.2 [6]				6 – 12	1.500	50	100	10	40
Z2 [6]				5,5 – 12	2.000	100	150	20	100

A = Auffüllung, B = Natürlicher Untergrund

fett = Zuordnungswert Z1.1 überschritten

* MP 3 = RKS 10 bis RKS 13/0 – 0,2 (A), RKS 14/0 – 0,2 (B), RKS 15/0 – 0,3 (A), RKS 16/0 – 0,2 (A)

Tabelle 26: Abfallrechtliche Übersicht, Eluat (ergänz. Parameter VwV), 2017 + 2021

Der pH-Wert war in der Probe MP 2 leicht erhöht (Z 1.2), weiterhin war bei der Probe Schurf S 8/2,2 – 2,4 der Sulfatwert auffällig (Z 1.2).

7 Bewertung und Vorschläge zum weiteren Vorgehen

7.1 Gefährdungsabschätzung

7.1.1 Wirkungspfad Boden – Grundwasser

Sickerwasserprognose (Betrachtung am Ort der Beurteilung = Grundwasseroberfläche)

Die Sickerwasserprognose ist die Abschätzung der von einer Fläche ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser.

Zum Schutz des Grundwassers sind die natürlichen Funktionen des Bodens von Bedeutung. Er ist Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund seiner Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften [2]. Diese Eigenschaften sind bei der Sickerwasserprognose zu berücksichtigen [17].

Elemente der Sickerwasserprognose sind:

- Beschreibung der Schadstoffe und ihrer Freisetzung
- Prognose zum Schadstofftransport
- Abschätzung von gegenwärtigen oder zukünftigen Prüfwertüberschreitungen.

Bei Feststoffkonzentrationen im Schadstoffherd deutlich oberhalb des Hintergrund- und Vorsorgewertebereichs bzw. bei Eluat- oder Sickerwasserkonzentrationen oberhalb der Prüfwerte ist zu prüfen, ob das Grundwasser gefährdet sein könnte. Entsprechende Schadstoffgehalte haben sich in den nachgenannten Bereichen ergeben:

<u>Fläche</u>	<u>Bereich/Tiefe</u>	<u>Medium</u>	<u>Parameter</u>
Säurelager	Auffüllung	Feststoff	MKW
Auffüllung Südost	Auffüllung	Feststoff	PAK
Öllageraum	Auffüllung	Feststoff	MKW
Kalkschlammbecken	Auffüllung	Feststoff Eluat	MKW, PAK Sulfat
Klägrube RKS 11 Kalkwasserklärbecken RKS 29/RKS 30	Wasser	Wasser	Arsen, einzelne Schwermetalle, Ammonium, PAK-15, Sulfat
östliche Grünfläche	Oberboden	Feststoff	Kupfer

Bewertungsrelevant sind die Schadstoffkonzentrationen an der Grundwasseroberfläche. Im vorliegenden Fall stammen die Analysenergebnisse überwiegend aus der wasserungesättigten Bodenzone, weshalb die Konzentrationen an der Grundwasseroberfläche im Wege einer verbal-argumentativen Sickerwasserprognose und anhand fachlicher Erfahrungssätze abzuschätzen sind.

- Seite 45 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Hierbei sind gemäß Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV bezüglich der ungesättigten Zone insbesondere folgende Kriterien maßgebend:

Kriterium	Einschätzung/Feststellung	Bewertung
Grundwasserflurabstand/ ungesättigte Bodenzone:	gering. Zwischen der Unterkante des Boden- und Auffüll-Materials und dem Grundwasser bestehen lediglich < 2 m ungesättigte Bodenzone.	-
Bodenart:	gering durchlässige, schluffige Sande, Beckenschluff	-
Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt):	vermutlich relativ gering, d. h. geringe Sorptionskapazität gegenüber Organika	+/-
pH-Wert:	bei Organika i. d. R. nicht relevant bei Metallen relevant, Verhalten unterschiedlich	+/-
Grundwasserneubildung/ Sickerwasserrate:	mittel, die Fläche ist etwa zur Hälfte überbaut bzw. versiegelt.	+/-
Mobilität der Stoffe:	gering bei hydrophoben Organika wegen starker Sorptionsneigung an organischer Substanz PAK > 3-Ringe: gering MKW: hoch (Ottokraftstoffe) bis mittel (Diesel, HEL) bzw. gering (Schmieröl), abhängig von Kettenlänge der C-Atome Arsen: variiert, u. a. abhängig von Bindungsform und pH-Wert Kupfer: variiert, u. a. abhängig von Bindungsform und pH-Wert	+/-
Abbaubarkeit der Stoffe: (prinzipiell)	PAK-15: mittel bis schlecht je nach Einzelparameter MKW: relativ gut Arsen: nicht abbaubar Kupfer: nicht abbaubar	+/-
Hinweis/ Gesamtbewertung:	Bei langfristiger Betrachtung kann i. d. R. nur der Schadstoffabbau von Organika als relevanter konzentrationsmindernder Prozess angesetzt werden.	-

+ = positiv für den Schutz des Grundwassers, - = negativ für den Schutz des Grundwassers, +/- = indifferent

Tabelle 27: Kriterien der Sickerwasserprognose

Somit kann davon ausgegangen werden, dass am Ort der Beurteilung (Grundwasseroberfläche) je nach Parameter immer noch größenordnungsmäßig mindestens 10 bis 50 % der Eluatkonzentration vom Ort der Probenahme besteht. Im Weiteren werden 30 % angesetzt (parameterspezifische Differenzierungen sind angesichts der Sachlage und Fragestellung im vorliegenden Fall unerheblich). Soweit für die jeweiligen Bereiche keine repräsentativen Eluatdaten vorliegen, stützt sich die Annahme zur Eluatkonzentration innerhalb des Schadstoffherdes auf die Feststoffkonzentrationen in Verbindung mit fachlichen Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen. Dies führt zu den nachgenannten Näherungen:

Fläche/ Material	Parameter	Sickerwas- ser, Ort der Proben- nahme ¹	Grund- lage	Sickerwas- ser, Ort der Beurteilung	Prüfwert	Überschrei- tung Faktor
		µg/l		µg/l	µg/l	
Säurelager	MKW	150	Feststoff	45	200	nein
Auffüllung Südost	PAK	0,35	Feststoff	0,1	0,2	nein
Öllager- raum	MKW	1.333	Feststoff	400	200	2-fach
Klär- schlamm- becken	MKW Sulfat	40 80.000	Feststoff Eluat	12 80.000	200 240.000 (GFS)	nein nein
Klägrube RKS 11, Kalk- wasserklär- becken RKS 29/30	Arsen PAK Sulfat Ammonium	490 1,78 859.000 22.000	GW- Messwert	490 1,78 859.000 22.000	10 0,2 240.000 (GFS) 500 (GFS)	49-fach 9-fach 3,5-fach 44-fach
östliche Grünfläche	Kupfer	37	Eluat	11	50	nein

¹ Zum Ansatz kommen bisher gemessene oder nach fachlichen Erfahrungen zu vermutende Höchstwerte (schlechter Fall), da entsprechend der Untersuchungsstufe noch keine sachgerechte Mittelwertbildung möglich ist (Schätzung über Relation von Z1- und Prüfwert als analoge Gefahrenschwelle $c_{\text{Eluat}} = c_{\text{Feststoff}} / Z1\text{-Wert} \times \text{Prüfwert}$).

Tabelle 28: Abschätzung der Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung

Relevante Schadstoffkonzentrationen sind demnach lediglich im Bereich des Öllageraums und der Klärgrube bzw. Kalkwasserklärbecken im südwestlichen Bereich des Betriebsgeländes vorhanden. Bei RKS 11 liegen Grundwasseruntersuchungen vor, die für den Hauptparameter Arsen¹ eine Prüfwertüberschreitung auf einer Fläche von ca. 850 m² ergeben haben. Insoweit muss auch bei zeitlicher und räumlicher Mittelwertbildung von einem Grundwasserschaden ausgegangen werden.

Für die Verdachtsfläche um die Klärgrube und das Kalkwasserklärbecken sowie für das ehem. Azetylenwerk wird somit eine Fläche mit Prüfwertüberschreitungen am Ort der Beurteilung mit ca. 850 m² bzw. 300 m² abgeschätzt. Somit handelt es sich um eine Altlast (bereits eingetretener Schaden). Die Sickerwasserprognose wurde zusätzlich mit dem Werkzeug SiWa-Tool durchgeführt. Dabei haben sich die Ergebnisse bestätigt (siehe Anlage 6).

Wenn eine SBV/Altlast vorliegt, sind der Umfang und die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu prüfen. Grundsätzlich besteht die Anforderung einer Einhaltung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung. Dies entspricht einer vollständigen Gefahrenabwehr und sinngemäß der „allgemeinen Mindestanforderung“ der ehem. VwV „Orientierungswerte“ bzw. der Untersuchungsstrategie Grundwasser [7].

¹ Bei der weiteren Betrachtung wird aus Übersichtsgründen nur auf den Hauptparameter Arsen eingegangen.

- Seite 47 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Sofern allerdings im Grundwasser (d. h. nicht mehr am Ort der Beurteilung, sondern nach einer zulässigen Verdünnung) auf Dauer nur lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen und nur geringe Schadstofffrachten zu erwarten sind, ist dies bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. In Baden-Württemberg wird dieser Ermessensspielraum durch die „einzelfallbezogene Mindestanforderung“ als niedrigste Anforderungsstufe der ehem. VwV „Orientierungswerte“ [9] konkretisiert (Immissions- und Emissionsbegrenzung).

Demnach sind im direkten Grundwasserabstrom der SBV/Altlast die Prüfwerte (Immissionsbedingung) und die maximal tolerierbaren Schadstofffrachten ($E_{\max}$ -Werte, Emissionsbedingung) der ehem. VwV „Orientierungswerte“ bzw. der Untersuchungsstrategie Grundwasser [7] einzuhalten.

Immissionsbedingung: $c_A \leq \text{Prüfwert}$

Beim c_A -Wert am Rand des Schadensherds, nachgewiesen über RKS 11, treten Prüfwertüberschreitungen hinsichtlich Arsen, PAK, Ammonium und Sulfat auf (vgl. Kap. 6.2.4.2). Ein Nachweis der Grundwasserfließrichtung ergab eine nach Westen gerichtete Fließrichtung auf den Tobelbach zu.

Die Immissionsbedingung ist im Ergebnis nicht erfüllt.

Für den Schadstoff Arsen wurde nachfolgend eine Abschätzung der Emissionsbedingung zusammengestellt.

Emissionsbedingung: $E \leq E_{\max}$ -Wert

Die Schadstoffemission bzw. Schadstofffracht kann in einfacher Näherung größenordnungsmäßig wie folgt abgeschätzt werden:

Parameter	Grundlage	Wert	Einheit
Emissionsabschätzung über Grundwasseruntersuchung			
GW-Fließrichtung		WSW: 240	°
Breitenspez. Vol.strom Q_{lfm}	$T \times i (2 \times 10^{-5} \times 0,01)$ T-Wert nach SLUG-Test	0,017	m ³ /(Tag·m)
Abstrombreite B_A	geschätzt	20 bis 50	m
GW-Vol.strom Abstrom, Q_A	$Q_{lfm} \cdot B_A$	0,034 bis 0,85	m ³ /Tag
Parameter		Arsen	
Schadstoffkonz. c_A		490	µg/l
→ Fracht/Emission $E(A)$	$Q_A \cdot c_A$	0,017 - 0,42	g/Tag
$E_{\max}$ -Wert		45	g/Tag
Überschreitung $E_{\max}$ -Wert		nein	

Tabelle 29: Emissionsabschätzung

- Seite 48 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Insgesamt zeigt die Betrachtung von günstigen und ungünstigen Verhältnissen folgendes Ergebnis: Bei einer angenommenen Transmissivität von $T = 2 \times 10^{-5}$ m/s und einer Abstrombreite von 20 m bis 50 m treten bei den gemessenen Konzentrationen nur sehr geringe Frachten auf. Der $E_{\max}$ -Wert wird deutlich unterschritten.

Die Emissionsbedingung ist erfüllt.

Zusammenfassend ergibt sich folgende Bewertung. Auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestehen zumindest lokal Verunreinigungen. Und auch im Grundwasser sind trotz Verdünnung Schadstoffkonzentrationen zu messen, die für Arsen im Verdachtsbereich Klärgrube/Kalkwasserklärbecken bzw. Azetylenwerk zu Prüfwertüberschreitungen führen. Allerdings sind nur sehr geringe Frachten vorhanden. Die im Einzelfall tolerierbare Emission ($E_{\max}$ -Wert) wird deutlich unterschritten. Von der Fläche strömt gemäß der durchgeführten Emissionsabschätzung weniger als 1 % der gerade noch zulässigen Fracht ($E_{\max}$) ab.

Der Sonderfall „sehr kleine Fracht“ ($< 1 \% E_{\max}$) – wonach auf eine Einhaltung der einzelfallbezogenen Mindestanforderung verzichtet werden kann [7] und Prüfwertüberschreitungen im Grundwasser toleriert werden – wird erfüllt. Daher ist aus gutachterlicher Sicht nach derzeitigem Kenntnisstand der erkannte Schaden hinnehmbar.

Im Ergebnis ist u. E. Folgendes festzustellen:

Fläche	Kriterium/Frage	Ergebnis/Bewertung
Betriebs- gelände ohne Bereich Klärgrube/Kalk- wasserklärbe- cken	Untersuchungsziel	erreicht
	Schadstoffkonzentrationen	$<$ Prüfwert
	sonstige Feststellungen	allenfalls kleinräumige Verunreinigungen
	SBV/Altlast	Verdacht insoweit ausgeräumt
	Neubewertung bei wesentl. Änderungen der Nutzung oder Exposition	nicht erforderlich
	Entsorgungsrelevanz (vgl. Kap. 6)	ja
Klärgrube/ Kalkwasser- klärbecken	Untersuchungsziel	erreicht
	Schadstoffkonzentrationen	$>$ Prüfwert (Arsen)
	sonstige Feststellungen	nur sehr geringe Frachten ($< 1\% E_{\max}$) $\rightarrow$ Schaden hinnehmbar
	SBV/Altlast	Verdacht bestätigt
	Neubewertung bei wesentl. Änderungen der Nutzung oder Exposition	nicht erforderlich
	Entsorgungsrelevanz (vgl. Kap. 6)	ja

Tabelle 30: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Grundwasser

- Seite 49 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Aufgrund der geplanten Umnutzung bzw. Neubebauung ist davon auszugehen, dass wesentliche Teile der vorgefundenen Verunreinigungsgebiete zukünftig ausgebaut und entsorgt werden. Ein weiterer Handlungsbedarf ist aus gutachterlicher Sicht derzeit nicht gegeben.

7.1.2 Wirkungspfad Boden – Mensch

Die Probenahme erfolgte am Ort der Beurteilung durch Flächenmischbeprobungen. Dabei wurden keine Prüfwertüberschreitungen auch für höherwertige Nutzungen festgestellt. Und auch hinsichtlich leichtflüchtiger Schadstoffe ergaben sich keine Hinweise auf Schadstoffemissionen von der Bodenluft in die Innenraumluft (Überschreitung der „Orientierenden Hinweise auf Prüfwerte für flüchtige Stoffe in der Bodenluft“)

Im Ergebnis ist u. E. Folgendes festzustellen:

Fläche	Kriterium/Frage	Ergebnis/Bewertung
Oberboden	Untersuchungsziel	erreicht
	Schadstoffkonzentrationen	< Prüfwert
	sonstige Feststellungen	keine
	SBV/Altlast	Verdacht insoweit ausgeräumt
	Neubewertung bei wesentl. Änderungen der Nutzung oder Exposition	erforderlich
	Entsorgungsrelevanz (vgl. Kap. 6)	ja

Tabelle 31: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Mensch

Im Untersuchungsbereich sind bezüglich des Wirkungspfads Boden – Mensch u. E. derzeit und auch bei der geplanten höherwertigen Nutzung keine Maßnahmen erforderlich.

7.1.3 Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer

Das Oberflächengewässer „Tobelbach“ verläuft direkt entlang der SW-Grenze des Betriebsgeländes. Ein möglicher Schadstoffeintrag kann über Infiltration von kontaminiertem Grundwasser in den Tobelbach erfolgen.

Entsprechend den Vorgaben zur Bewertung des Wirkungspfads Boden – Oberflächengewässer ist das Austragszenario dem Austrag 2 (Schadstofftransfer erfolgt über Sickerwasser in das Grundwasser und mit dem Grundwasserstrom zum Oberflächengewässer, s. Abb. 1) zuzuordnen. Dementsprechend ist als Ort der Beurteilung der Übergangsbereich des Grundwassers in das Oberflächengewässer (OFG) anzunehmen.

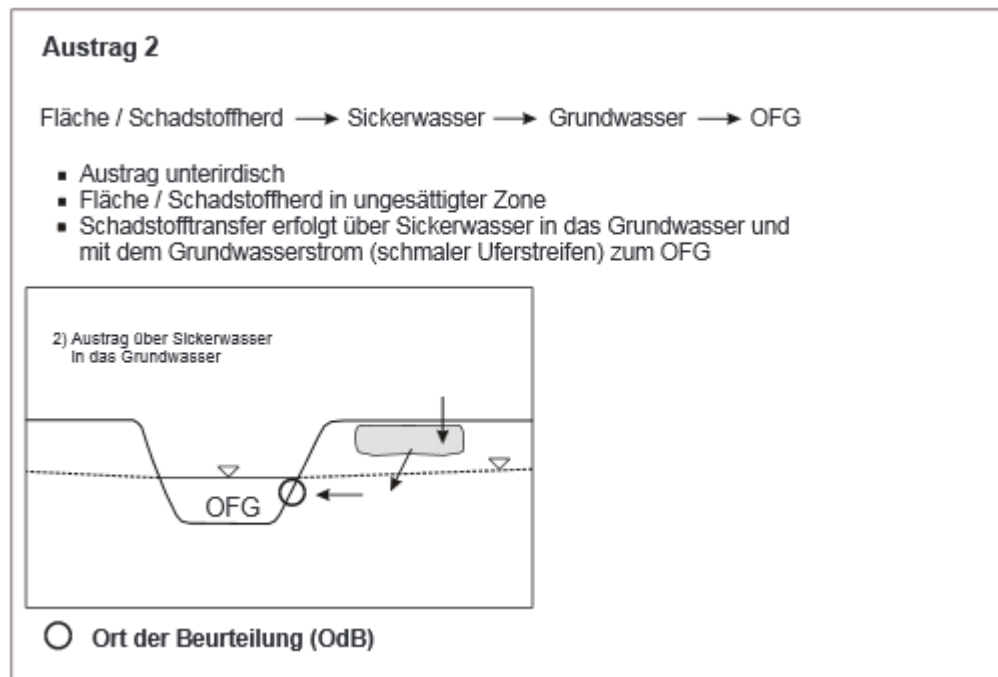


Abbildung 1: Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer Austragsszenario 2 [10]

Da eine Überschreitung des Orientierungswerts Oberflächengewässer für Arsen (1,5 µg/l) trotz weiterer Verdünnung bis zum Übertritt ins Oberflächengewässer möglich ist – im Grundwasser liegt maximal eine 326fache Prüfwertüberschreitung vor (490 µg/l) –, wird nachfolgend geprüft, ob der gewässerspezifische Emissionswert $E_{\max,FG}$ eingehalten wird. Dieser Wert berechnet sich wie folgt:

$$E_{\max,FG} = \frac{0,5 \cdot OW - OFG \cdot MNQ}{1 + \frac{MNQ}{400 \text{ l/s}}} : 11,574$$

Einheiten:

$E_{\max,FG}$ = [g / d]
 $OW - OFG$ = [µg / l]
 MNQ = [l / s]

Abbildung 2: Berechnungsformel $E_{\max,FG}$ [10]

- Seite 51 – Gutachten Nr. 2212292
 Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
 in 88069 Tettling, Bodenseekreis
 – Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
 der Umnutzung des Geländes
 – Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

Für den vorliegenden Fall und den ausgewählten Schadstoffparameter Arsen wurden folgende Werte abgeschätzt:

OW-OFG = 1,5 µg/l

MNQ = 20 l/s (50 l/s)

Daraus errechnet sich $E_{\max,FG}$: 1,23 g/d (2,9 g/d).

Es zeigt sich, dass die mit dem Grundwasserabstrom in Richtung Oberflächengewässer transportierte, maximale Schadstofffracht (0,21 g Arsen/Tag), den $E_{\max,FG}$ deutlich unterschreitet.

Durch Sedimentbeprobungen im Tobelbach konnten keine relevanten Schadstoffeinträge festgestellt werden, was die o. a. Einschätzung bestätigt.

Im Ergebnis ist u. E. Folgendes festzustellen:

Fläche	Kriterium/Frage	Ergebnis/Bewertung
Klägrube	Untersuchungsziel	erreicht
	Schadstoffkonzentrationen/Frachten	> OW (OFG) (ungünstige Annahme) < $E_{\max,FG}$ -Wert
	SBV/Altlast	ja
	Gefahrenabwehr mit einfachen Mitteln	nicht möglich
	Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr	nicht notwendig
	Neubewertung bei wesentl. Änderungen der Nutzung oder Exposition	erforderlich
	Entsorgungsrelevanz	ja

Tabelle 32: Bewertung, Wirkungspfad Boden – Oberflächengewässer

7.2 Weiteres Vorgehen

Zur Gewährleistung der Forderung „Gesundes Wohnen“ für die geplante Neubebauung am Standort sollen im Vorfeld der Umnutzung im Rahmen der Baufeldfreimachung sämtliche vorhandene Gebäude und Bauwerksreste rückgebaut und in diesem Zuge vorsorglich entsorgungsrelevante Auffüllungen und Bodenhorizonte weitestgehend ausgebaut werden. Die geplanten Maßnahmen sind im nachfolgenden Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept beschrieben.

- Seite 52 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

8 Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

8.1 Rückbauarbeiten

Zur Baufeldfreimachung des Geländes ist in einem ersten Schritt der Rückbau sämtlicher vorhandener Gebäude und oberirdischer Bauteile geplant. Zur Vorbereitung dieser Maßnahme wurde eine orientierende Bausubstanzerkundung durchgeführt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Entkernung und Schadstoffsanierung der Gebäude mit materialspezifischer Separierung der anfallenden Materialien und anschließender sachgerechter Entsorgung.

Folgende Bauwerke sind derzeit noch vorhanden (vgl. Anlage 1.2):

- Betriebsgebäude Tettninger Straße 86 (Büro- und Lagergebäude)
- ehem. Azetylenwerk Tettninger Straße 90 (Lagergebäude, das eigentliche Azetylenwerk im südlichen Teil wurde in den 90er Jahren rückgebaut)
- Nebengebäude Tettninger Straße 84 (Garage, Werkstatt, Heizung, Öllageraum)
- Nebengebäude Umfüllanlage (Lager, Umfüllstation)
- Überdachung mit Siloanlage
- ehem. Pumpstation
- Trafostation

Die vorhandenen asphaltierten Oberflächen werden vorerst als Fahrstraßen belassen.

8.2 Beräumungen von unterirdischen Bauteilen und Auffüllungen

Im Rahmen der Baufeldfreimachung sollen vorhandene ermittelte Schadensbereiche sowie lokal vorhandene entsorgungsrelevante Auffüllungshorizonte ausgebaut und ausgeräumt werden. Hier sind folgende Geländeabschnitte vorgesehen (vgl. Anlage 1.7):

- südwestliches Gelände (Klärgrube, Kalkwasserbeckenreste des Kalkschlammbeckens), Fläche geschätzt: ca. 850 m²
- südliches Gelände (ehem. Azetylenwerk, Säurelager, Kalkbecken) Fläche geschätzt: ca. 300 m²
- südöstliches Gelände (Verfüllung ehem. Bachlauf) Fläche geschätzt: ca. 900 m²

In den einzelnen Beräumungsflächen erfolgt ein schicht- und materialspezifischer Ausbau der vorhandenen Auffüllungen mit chargenweiser Bereitstellung der Materialien auf Laufwerken zur Klärung der Entsorgung. Anhand von Sohl- und Wandgrubenproben in den Baugruben werden mögliche Restbelastungen dokumentiert bzw. bewertet. Nach Freigabe der Baugruben erfolgt eine Rückverfüllung durch unbelastetes Erdmaterial (Nachweis: Z0 nach VwV Bodenverwertung).

- Seite 53 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

8.3 Bodenschutzkonzept

8.3.1 Fachliche Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes

Der Ober- bzw. Unterboden erfüllt gem. BBodSchG § 2 [3] in besonderem Maße natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum, Bestandteil des Naturhaushalts sowie als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen.

Die Böden und Bodenmaterialien unterliegen bei Baumaßnahmen vielfältigen und nachhaltigen Eingriffen, die bei unsachgemäßem Umgang zu Schäden (Zerstörung des Bodengefüges, Bodenverdichtung, Vernässung) führen können und nur mit hohem Aufwand zu beseitigen sind bzw. nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Deshalb sind Abgrabungen, die Lagerung und Geländeverfüllungen bzw. -andeckungen fachgerecht und mit geeigneten Techniken auszuführen.

Auf der Basis von fachlichen und gesetzlichen Regelungen (u. a. BBodSchV [1], Vollzugshilfe zu BBodSchV § 12 [19], DIN 19731 [26], Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub [23], zur Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodenaushub bei Flächeninanspruchnahmen [22] etc.) werden Vorgaben beschrieben, wie mit natürlichem Bodenmaterial schonend umgegangen werden kann und welche Ziele (allgemeine Grundsätze für die technische Durchführung der Erdarbeiten, Anlage und Pflege von Oberboden- und Unterbodenmieten, Befahren der Bodenkrume etc.) daraus für das Bauvorhaben abgeleitet werden können.

Im Zusammenhang mit Baumaßnahmen können im Wesentlichen folgende Tätigkeiten zu einer nachhaltigen Schädigung bzw. zum Totalverlust von kulturfähigen Bodenmaterialien führen:

- Befahrung mit ungeeigneten Fahrzeugen (z. B. Radfahrzeuge)
- Erdarbeiten bei ungeeigneter Witterung
- keine oder unsachgemäße Trennung verschiedener Bodenhorizonte
- unsachgemäße Lagerung von Bodenmaterialien
- unsachgemäßer Wiederauftrag von Bodenmaterialien
- Nutzung von Freiflächen als Materiallager, Baustelleneinrichtungsfläche etc.

Die wichtigsten und offensichtlichsten Folgen des unsachgemäßen Umgangs mit Böden und Bodenmaterialien ergeben sich aus den erfolgten Störungen des Bodengefüges:

- Störungen im Wasserhaushalt durch Verdichtungen (insbesondere im Unterboden) mit der Folge dauerhafter Vernässungen, Verschlammungen etc.
- Störungen im Lufthaushalt durch Verdichtungen mit entsprechenden Auswirkungen auf die organischen und chemischen Umsetzungsprozesse im Boden
- Zerstörung von Lebensräumen für Bodenorganismen.

Insbesondere Gefügestörungen im Unterboden sowohl durch die technische Beeinflussung auf der Fläche als auch bei der Zwischenlagerung sind durch anschließende Meliorationsmaßnahmen (z. B. Tieflockern, Dränagen, Einsaat von Tiefwurzlern o. ä.) nicht mehr vollständig reversibel.

- Seite 54 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

8.3.2 Bodenaufbau Freiflächen

Die **östliche Grünfläche** der Untersuchungsfläche ist noch weitgehend im ursprünglichen Zustand. Vermutlich war die Grünfläche ein Teilbereich einer früher als Hopfengarten genutzten landwirtschaftlichen Fläche. Die bodenkundlichen Verhältnisse stellen sich weitgehend homogen wie folgt dar:

- Ah humoser Oberbodenhorizont, ca. 25 bis 30 cm, sandig-lehmiger Schluff, humos, schwach kiesig, schwach carbonathaltig, durchwurzelt, braun bis dunkelbraun
- Bv stark schluffiger Sand (Unterboden), beigebraun, bis ca. 40 bis 60 cm Tiefe.

Im südlichen Randbereich wurden Auffüllungen vermutlich eines früheren Bachlaufs angetroffen, die großteils ausgebaut werden. Bei den Flächenmischbeprobungen ergaben sich im Oberboden entsorgungsrelevante Kupfergehalte bis zum Z2-Zuordnungswert nach VwV Bodenverwertung. Im Unterboden nehmen die Schadstoffkonzentrationen deutlich ab.

Im Bereich der **westlichen Grünfläche** um die vorhandenen Gebäude handelt es sich großteils um umgelagertes Bodenmaterial bzw. um anthropogen beeinflusste Auffüllungshorizonte wie folgt:

- Ah humoser Oberboden, ca. 10 bis 20 cm, sandig-lehmiger Schluff, schwach humos, braun bis dunkelbraun

Auffüllungen: sandiger Kies, bis ca. 1,5 m Tiefe.

Im Oberboden wurden die Z0-Zuordnungswerte nach VwV Bodenverwertung eingehalten.

8.3.3 Planerische Eckpunkte

In Abstimmung mit dem Auftraggeber ist grundsätzlich folgende Vorgehensweise geplant:

- Rückbau der Bestandsgebäude von der bestehenden Fahrstraße aus. Ein Befahren der Grünflächen ist nicht vorgesehen. Lagerflächen und BE-Flächen liegen auf befestigten Flächen.
- Ausbau von unterirdischen Bauwerken (Kalkschlammbecken, Kalkbecken, Klärgrube, evtl. unterirdischer Tank) und entsorgungsrelevanten Auffüllungen und Schadstoffverunreinigungen (Auffüllung Süd, Azetylenwerk). Zufahrt über vorhandene befestigte Flächen bzw. ehem. Gebäudeflächen. Lager- und BE-Flächen liegen auf befestigten Flächen. Schicht- und materialspezifischer Aushub mit Bereitstellung auf Haufwerken zur Entsorgung. Rückverfüllung mit unbelastetem Bodenaushub.
- Abtrag Oberboden westliche Grünfläche mit Bereitstellung auf einer sachgerechten Erdmiete im Vorfeld der Neubebauung. Der Oberboden wird am Standort wieder verwertet (Grünflächen).
- Abtrag humoser Oberboden östliche Grünfläche mit Bereitstellung auf Haufwerken zur Klärung der Entsorgung
- Abtrag Unterboden östliche Grünfläche in den Bauflächen mit Bereitstellung auf sachgerechten Haufwerken zur Klärung der Entsorgung. Angestrebt wird eine Verwertung am Standort (Z0, Z0*).

- Seite 55 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



- Im Vorfeld der Arbeiten in den Grünflächen ist Folgendes vorgesehen:
 - Abmähen des Grasbewuchses
 - Auffräsen des Oberbodens

8.3.4 Allgemeine Hinweise zum sachgerechten Umgang mit kulturfähigen Bodenmaterialien

Zur Vermeidung der Schädigung kulturfähigen Bodenmaterials beim Umgang mit technischem Gerät (Ausbau, Zwischenlagerung, Transport, Aufbringung) sind allgemeine Vorgaben aus verschiedenen Regelwerken und Merkblättern zu beachten [20], [21], [22], [26], [27], [29].

Dies bedeutet im vorliegenden Fall:

- Erdarbeiten mit kulturfähigen Bodenmaterialien (Schicht A – humoser Oberboden, Schicht B – kulturfähiger Unterboden) nur bei ausreichend trockener Witterung und ausreichend abgetrockneten Böden, soweit das Material der Wiederherstellung einer Bodenfunktion i. S. d. BBodSchG [3] dient.
- sorgfältige Trennung des humosen Oberbodens (Schicht A) vom Unterboden (Schicht B); keine Vermischung der Schichten
- Vermeidung von Verdichtungen und dadurch bedingte Gefügeveränderungen und Vernässungen beim Aushub, bei der Zwischenlagerung und bei der Aufbringung
- Schutz von nicht bearbeiteten Flächen gegen Überfahung durch langgezogene Humuswälle, ggf. geeignetes Abspermaterial (z. B. Kunststoffketten; Flatterband ist ungeeignet)
- Mächtigkeit von Mieten mit kulturfähigen Bodenmaterialien (hier Oberboden) max. 1,5 m; Sohlbreite max. 5 m zur Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung und Entwässerung
- Trapezförmige Profilierung und Glättung von Oberbodenmieten zur Vermeidung von Vernässung
- keine Befahrung von Oberbodenbodenmieten zur Vermeidung von Verdichtungen und Gefügeschäden
- kein Abstellen von Gerätschaften und Baumaterialien auf kulturfähigen Bodenmieten
- Minimierung der Flächenbefahrung und maximale Reduktion der Transportstrecken, Einsatz von Kettenbaggern mit langstieligen Löffeln und Moorlaufwerk; Verzicht auf Raupen aller Art
- Materialanlieferung nur über befestigte Fahrwege.

- Seite 56 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettninger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettang, Bodenseekreis
– Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
– Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept

8.4 Grundwassermonitoring

Vor, während und nach den Rückbau- und Beräumungsarbeiten erfolgt ein Grundwassermonitoring zur Überprüfung einer möglichen Mobilisierung von Schadstoffen und des Sanierungserfolgs nach Abschluss der Arbeiten durch eine monatliche Beprobung der Grundwassermessstellen

- RKS 33, RKS 34 und RKS 35 (Zustrom)
- RKS 36, RKS 39, RKS 45 und RKS 11 (Abstrom)

mit laborchemischer Untersuchung hinsichtlich PAK, MKW, Ammonium, Sulfat (RKS 11, RKS 45, RKS 39) sowie Arsen, Blei, Kupfer und Zink (alle Messstellen). Nach Abschluss der Tiefbauarbeiten ist eine vierteljährliche Beprobung bis Bauende vorgesehen.

Sämtliche Untersuchungen werden laufend mit dem Landratsamt Bodenseekreis abgestimmt und in einem Abschlussbericht dokumentiert.

9 Ergänzende Hinweise für evtl. Baumaßnahmen

Unabhängig von der Gefährdungsabschätzung (vgl. Kap. 7.1) führen Überschreitungen der Vorsorge- oder Z0-Werte sowie organoleptische Auffälligkeiten (z. B. Fremdbeimengungen, Geruch) zu einer Entsorgungsrelevanz des Bodenmaterials, was im Falle von Baumaßnahmen mit Mehrkosten im Vergleich zu natürlichem Boden verbunden sein kann.

Ob die Entsorgungsrelevanz tatsächlich zu Mehrkosten führt, hängt insbesondere von der Lage und vom Umfang evtl. Baumaßnahmen sowie vom Entsorgungskonzept für Aushubmaterial ab. Der Einsatz überschüssigen Materials zu Verfüll- und Modellierungszwecken am Herkunftsort ist grundsätzlich möglich.

Bei Erd- und Aushubarbeiten ist daher ggf. eine auf die abfallwirtschaftlichen, bodenschutzrechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Belange bezogene Planung und Überwachung vorzusehen.

10 Schlussbemerkungen

Aufgrund der punktuellen Erkundung entsprechend der Aufgabenstellung und aufgrund natürlicher oder anthropogener Heterogenitäten der Untergrundbeschaffenheit (vgl. u. a. Tabelle 6) sind kleinräumige Abweichungen von den beschriebenen örtlichen Verhältnissen nicht auszuschließen. Auf vorgenutzten Standorten können in Einzelfällen auch außerhalb von räumlich lokalisierbaren Verdachtsbereichen Bodenbelastungen bestehen. Daher sind eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich mit den im Gutachten enthaltenen Angaben erforderlich. Bei Erdarbeiten ist deshalb sorgfältig auf Auffälligkeiten zu achten und in Zweifelsfällen ein Gutachter hinzuzuziehen.

- Seite 57 – Gutachten Nr. 2212292
Ehem. Werksgelände der Linde AG, Tettlinger Str. 84 – 94,
in 88069 Tettling, Bodenseekreis
- Ergänzende Untergrunduntersuchungen im Vorfeld
der Umnutzung des Geländes
- Sanierungs- und Bodenmanagementkonzept



Es wird empfohlen, eventuelle Schlussfolgerungen vom vorliegenden Gutachten auf beabsichtigte vertragliche Regelungen z. B. bei Grundstücksverkäufen oder bei Bau- und Lieferleistungen mit uns detailliert abzustimmen. Für Planungen im Bereich Bodenmechanik und Grundbau gelten im Übrigen andere Beurteilungskriterien und -maßstäbe des Untergrunds, weshalb das vorliegende Gutachten für derartige Fragestellungen nicht herangezogen werden kann.

HPC AG

Standortleiter

geprüft

Rudolf Zwisler
Dipl.-Ingenieur

Günter Dernai
Dipl.-Geologe

SACHVERSTÄNDIGER NACH § 18 BBodSCHG,
GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG
WIRKUNGSPFAD BODEN-GEWÄSSER