

Bodenschutz bei korrosionsgeschützten Objekten

Zusammenfassung

Objekte aus Stahl, die im Freien stehen, rosten. Der Schutz davor erfolgt durch das Aufbringen von metallischen oder nicht-metallischen Überzügen. Als metallischer Überzug wird Zink verwendet, zusammen mit einer zusätzlichen Deckschicht, die den Eintrag von Zink in die Umwelt verhindert. Nicht-metallische Überzüge sind Anstrichsysteme, die meist aus Grund-, Zwischen- und Deckbeschichtung bestehen. Die Beschichtungen bestehen aus einem Pigment (Farbmittel), einem Bindemittel, allenfalls Füllstoffen und einem Lösungsmittel.

Beschichtungen vor 1985 enthalten in der Regel ökologisch problematische Stoffe wie Schwermetalle, polychlorierte Biphenyle (PCB), Chlorkautschuke, Teer und Bitumen. Die Zusammensetzung der zu sanierenden Überzüge ist meistens nur mittels Analysen erueierbar.

Sanierungen, insbesondere Totalsanierungen, führen ohne ausreichenden Schutz zu einer untolerierbaren Belastung der Umwelt. Die zum Schutze des Bodens vor chemischer Belastung erforderlichen Massnahmen beim Unterhalt von korrosionsgeschützten Objekten sind in der *Empfehlung Nr. 14* des Cercl'air und in den BAFU-Vollzugshilfen *Korrosionsschutz im Freien – Konzept* und *Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten – Planungsgrundlagen* erläutert. Diese Vollzugshilfen gelten grundsätzlich auch beim Neubau, Rückbau und Umbau, behandeln aber, da weitgehend auf den Unterhalt zugeschnitten, den physikalische Bodenschutz nicht, der beim Rückbau zu berücksichtigen ist und beim Neubau die dominierende Rolle spielt. Der physikalische Bodenschutz ist zwar durch die entsprechenden allgemeinen gesetzlichen Bestimmungen gewährleistet. Eine umfassende Anleitung für den Schutz des Bodens vor physikalischen wie chemischen Belastungsarten bei Arbeiten an korrosionsgeschützten Objekten im Freien fehlte aber bis anhin.

Die vorliegende Arbeitshilfe für die Bodenschutzverantwortlichen in Bund und Kantonen soll diese Lücke schliessen. In einem kurzen Abriss werden die verschiedenen Varianten des Korrosionsschutzes und deren Einfluss auf den Boden beim Neubau, Rückbau, Umbau und Unterhalt zusammengefasst. Dann folgen Vorschläge für den Vollzug des chemischen und des physikalischen Bodenschutzes. Schliesslich werden Massnahmen zur Gefahrenabwehr sowie zur Sanierung und Dekontamination aufgezeigt. Für diese Standardmassnahmen stehen Textbausteine zur Verfügung. Die Arbeitshilfe wird abgerundet durch eine Auflistung der relevanten gesetzlichen Grundlagen, Richtlinien, Normen und Vollzugshilfen.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Unterschiedliche Eingriffe – unterschiedliche Massnahmen	3
1.2	Rechtliche Grundlagen	3
1.3	Gewährleistung des chemischen Bodenschutzes	3
1.4	Gewährleistung des physikalischen Bodenschutzes.....	4
1.5	Weitere Schutzgüter.....	4
2	Schadstoffe im Korrosionsschutz	5
2.1	Art des Schutzes	5
2.2	Metallischer Überzug	5
2.3	Nicht-metallischer Überzug.....	5
2.4	Problematische Stoffe	6
2.5	Schutz der Umwelt.....	7
2.6	Schadstoffanalyse.....	7
3	Massnahmen	9
3.1	Chemischer Bodenschutz.....	9
3.1.1	Bestehende Belastung.....	9
	<i>M11 Bestehende, nicht korrosionsschutzbedingte Belastung.....</i>	<i>9</i>
	<i>M12 Bestehende korrosionsschutzbedingte Belastung.....</i>	<i>9</i>
	<i>M13 Bodenaushub</i>	<i>10</i>
3.1.2	Verhinderung neuer Belastung	12
	<i>M14 Korrosionsschutz am neuen Objekt.....</i>	<i>12</i>
	<i>M15 Korrosionsschutz am bestehenden Objekt.....</i>	<i>12</i>
	<i>M16 Chemikalien.....</i>	<i>12</i>
3.2	Physikalischer Bodenschutz.....	13
	<i>M21 Grundlagen.....</i>	<i>13</i>
	<i>M22 Bodenkundliche Baubegleitung (SN 640 583 Abs. 3)</i>	<i>13</i>
	<i>M23 Erdarbeiten (SN 640 583 Abs. 5.2)</i>	<i>13</i>
	<i>M24 Einsatzgrenzen für Baumaschinen (SN 640 583 Abb. 2, Abs. 5.2).....</i>	<i>13</i>
	<i>M25 Pneufahrzeuge (SN 640 583 Abs. 5.2)</i>	<i>13</i>
	<i>M26 Zwischenlager (SN 640 583 Abs. 4).....</i>	<i>13</i>
	<i>M27 Abhumusieren (SN 640 583 Abs. 5.1)</i>	<i>13</i>
	<i>M28 Installationplätze und Pisten (SN 640 583 Abs. 5.1).....</i>	<i>14</i>
3.3	Gefahrenabwehr und Sanierung/Dekontamination.....	14
	<i>M31 Belasteter Standort nach Art. 12 AltIV.....</i>	<i>14</i>
	<i>M32 Belasteter Boden.....</i>	<i>14</i>
	<i>M33 Sanierungspflicht und Sanierungsziel.....</i>	<i>15</i>
	<i>M34 Beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit</i>	<i>15</i>
4	Gesetzliche Grundlagen, Richtlinien, Normen, Vollzugshilfen	16
4.1	Gesetzliche Grundlagen.....	16
4.2	Richtlinien, Normen, Vollzugshilfen	16
4.3	Literatur	17
	Impressum	18
	Anhang Textbausteine	19
	Vorgehen zur Auswahl der Textbausteine.....	19
	Liste der Textbausteine	20

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeitshilfe dient in erster Linie den für den Vollzug verantwortlichen kantonalen Bodenschutzfachstellen. Die Arbeitshilfe zeigt die relevanten Punkte zum physikalischen und chemischen Bodenschutz bei Korrosionsschutzarbeiten auf. Sie enthält Vorschläge für das Vorgehen bei der Bewilligung von Korrosionsschutzvorhaben.

1.1 Unterschiedliche Eingriffe – unterschiedliche Massnahmen

Neubau, Rückbau, Umbau und Unterhalt korrosionsgeschützter Stahlwerke im Freien führen zu Belastungen der Umwelt, insbesondere des Bodens (**Tab. 1**). Beim Neubau spielen vor allem die physikalischen Belastungen des Bodens eine Rolle, beim Unterhalt eher die chemischen Belastungen, während beim Umbau und Rückbau beide Belastungsarten beachtet werden müssen.

Ausser beim Neubau wird die chemische Bodenbelastung durch die Korrosionsschutzbeschichtungen der freistehenden Stahlwerke verursacht, da diese je nach Art der Beschichtung Blei, Zink, Cadmium, Chrom, PCB und PAK enthalten. Die Abtragsverfahren zur Sanierung von korrosionsgeschützten Objekten führen zu Emissionen der erwähnten Substanzen und zur Bildung von (Fein-)Staub. Diese Emissionen belasten Luft und Boden in der Umgebung des Objektes.

Tab. 1 Relevanzmatrix des Bodenschutzes bei Korrosionsschutzarbeiten im Freien

	X immer relevant	(X) fallweise relevant		
	Chemischer Bodenschutz	Physikalischer Bodenschutz	Gefahrenabwehr	Sanierung des Bodens
Neubau	(X)	X	(X)	(X)
Rückbau	X	X	(X)	X
Umbau	X	X	X	(X)
Unterhalt	X	(X)	X	(X)

1.2 Rechtliche Grundlagen

Die rechtlichen Grundlagen für den Neubau, den Rückbau und den Umbau von Übertragungsleitungsmasten (Hochspannungsmasten) sind im Elektrizitätsgesetz (Plangenehmigungsverfahren) festgehalten, von korrosionsgeschützten Objekten der Eisenbahnen (Brücken, Perrondächer, Fahrleitungsmasten) im Eisenbahngesetz (Plangenehmigungsverfahren), von Strassenbrücken in den entsprechenden eidgenössischen oder kantonalen Erlassen zum Strassenbau, von Tanklagern u. a. im Gewässerschutzgesetz und in der Gewässerschutzverordnung und von Seilbahnmasten u. a. im Seilbahngesetz.

1.3 Gewährleistung des chemischen Bodenschutzes

Die rechtlichen Grundlagen für den Schutz des Bodens sind im *Umweltschutzgesetz* (USG, SR 814.01) und darauf basierend in der *Verordnung über Belastungen des Bodens* (VBBo, SR 814.12) gegeben. Zusammen mit der ebenfalls auf dem USG basierenden *Luftreinhalte-Verordnung* (LRV, SR 814.318.142.1) ist der chemische Bodenschutz beim Neubau, Rückbau und Umbau gewährleistet.

Der Unterhalt bedarf keiner Plangenehmigung oder Baubewilligung, untersteht aber einer Meldepflicht. Damit ist der chemische Bodenschutz auch in diesem Falle zu gewährleisten. Werden nämlich für den Unterhalt Korrosionsschutzarbeiten im Freien vorgenommen, so gelten die Objekte und die eingesetzten Maschinen als Anlagen nach Art. 2 LRV. Für Anlagen gelten vorsorgliche Emissionsbegrenzungen (Grenzwerte) nach Anhang 1 LRV. Werden Stoffe emittiert, für die keine Grenzwerte existieren, können Grenzwerte aus den Richtwerten der VBBo abgeleitet werden. Sofern übermässige Immissionen zu erwarten sind, obwohl die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen eingehalten werden, verfügen die Behörden zusätzliche oder verschärfte Emissionsbegrenzungen (Art. 5 LRV). Wer eine Anlage betreibt oder betreiben will, muss der Vollzugsbehörde die zur Emissionsabschätzung notwendigen Angaben liefern (Emissionserklärung Art. 12 LRV).

Details für den Vollzug der erforderlichen Massnahmen zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben sind aufgeführt in:

- *Empfehlung Nr. 14* (Oberflächenschutz an Objekten im Freien, Cercl'air, 1996)
- *Korrosionsschutz im Freien – Konzept* (BUWAL, 2002)
- *Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten – Planungsgrundlagen* (BUWAL, 2004)

Die Vollzugshilfen sind auf den Unterhalt zugeschnitten, gelten aber ebenso auch beim Umbau und beim Rückbau. Dazu kommen diverse Hilfsmittel auf kantonaler Ebene.

1.4 Gewährleistung des physikalischen Bodenschutzes

Die beiden oben erwähnten Dokumente *Konzept* und *Planungsgrundlagen* befassen sich direkt (Bodenproben) und indirekt (Staubniederschlag) nur mit dem Schutz des Bodens vor chemischer, nicht aber vor physikalischer Belastung. Bei der Sanierung der Korrosionsschutzbeschichtung ist diese Beschränkung gerechtfertigt, beim Umbau jedoch nur selten, während sie beim Rückbau sowie insbesondere beim Neubau nicht vertretbar ist. Zudem fehlen auch Hinweise auf die Gefahrenabwehr.

Der Schutz des Bodens vor Verdichtung ist nicht nur ein Anliegen bei Bauvorhaben, sondern bei jeglicher Nutzung des Bodens, sei es in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau oder bei Freizeitveranstaltungen. Der Bau grosser Rohrleitungen vor vier Jahrzehnten führte deutlich vor Augen, dass sich der Oberboden meist innerhalb einiger Jahre regeneriert, der Unterboden hingegen kaum, zumindest nicht in absehbaren Zeiträumen von einigen Jahrzehnten. Grundsätzlich ist eine mechanische Lockerung des Unterbodens möglich. Sie führt aber zu einem instabilen Bodengefüge, das äusserst anfällig auf neuerliche Verdichtung ist. Der physikalische Bodenschutz etablierte sich daher zuerst bei grossen Infrastrukturprojekten wie Rohrleitungen, Strassen und Bahnen, bevor diese Erkenntnisse schliesslich bei der Revision 1995 Eingang ins USG und 1998 in die neue VBBo fanden.

Nach Art. 33 USG und Art. 6 VBBo sind Verdichtungen des Bodens, welche seine Fruchtbarkeit langfristig gefährden, zu vermeiden. Die Massnahmen zur Erfüllung dieser Grundsätze sind konkretisiert u. a. in den Schweizer Normen (*SN 640 581a Erdbau, Boden, Grundlagen*; *SN 640 582 Erdbau, Boden, Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes*; *SN 640 583 Erdbau, Boden, Eingriff in den Boden, Zwischenlagerung, Schutzmassnahmen, Wiederherstellung und Abnahme*), in den *FSK-Rekultivierungsrichtlinien*, in den *Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen* (Bundesamt für Energie, 1997) und im *BGS-Dokument Nr. 13* (Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen, 2004). Zusätzlich ist die Qualität der Ausbildung zum Bodenkundlichen Baubegleiter BBB seit 2001 unter Aufsicht der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) geregelt (Liste der Bodenkundlichen Baubegleiter BGS: www.soil.ch). Zudem enthält die *Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen* (2009) Vorschläge zu Richt- und Massnahmenwerten, um Bodenverdichtung einheitlich beurteilen zu können.

1.5 Weitere Schutzgüter

Der Schutz der Umwelt beschränkt sich nicht auf den Schutz des Bodens allein. Vor Beginn von Korrosionsschutzarbeiten sind Absprachen auch mit andern Stellen mindestens sinnvoll, häufig sogar zwingend. Dazu gehört die Zusammenarbeit mit der Lufthygiene, um Depositionsmessungen, z. B. mit der Bergerhoffmethode, zur Abschätzung der Immission zu verlangen. Gemeinsame Auflagen sind häufig mit dem Gewässerschutz angebracht, da einerseits zu sanierenden Stahlobjekte nicht selten an Gewässern stehen (Brücken) und andererseits je nach Sanierungsverfahren mit Schadstoffen (PCB) belastetes Wasser anfällt. Weiter ist die Zusammenarbeit mit den Abfallfachstellen zwingend, wenn die alte Beschichtung mit Sandstrahlen entfernt und dabei Filterstaub und Strahlschutt produziert wird. Zu sanierende Stahlobjekte wie Masten stehen nicht selten in Naturschutzgebieten, wo zusätzliche Vorgaben in Zusammenarbeit mit dem Naturschutz nötig sind, insbesondere bezüglich jahreszeitlicher Vorgaben.

2 Schadstoffe im Korrosionsschutz

2.1 Art des Schutzes

Objekte aus Stahl (schmiedbares Eisen), die im Freien stehen, rosten. In den meisten Fällen muss dieser Vorgang zum Schutze der Konstruktion verhindert werden. Rost ist das Korrosionsprodukt von Eisen oder Stahl und Sauerstoff. Der Schutz gegen Rost erfolgt entweder aktiv oder passiv. Zum aktiven Schutz gehört das Legieren (rostfreier Stahl) oder der kathodische Schutz, zum passiven Schutz das Aufbringen von metallischen oder nicht-metallischen Überzügen, so genannten Beschichtungen. Üblicherweise besteht ein Beschichtungssystem aus zwei oder drei Schichten, nämlich aus einer Grundbeschichtung, eventuell einer Zwischenbeschichtung und einer Deckbeschichtung. Die Grundbeschichtung hemmt die Korrosion, die Deckbeschichtung schützt die darunterliegenden Schichten vor der Witterung und die Zwischenbeschichtung verbindet die beiden Schichten physikalisch und trennt sie chemisch, sofern nötig. Die Technik des Korrosionsschutzes ist im Fluss. So werden Anzahl der Schichten und deren erforderliche Dicken von den Produzenten laufend optimiert. Das oben erwähnte Schema von Grund-, Zwischen- und Deckbeschichtung entspricht zudem auch bei älteren Objekten nach mehrmaligem Ausbessern mit unterschiedlichen Beschichtungen und Methoden nicht mehr der Wirklichkeit.



Abwitternde Deckbeschichtung über Grundbeschichtung.

2.2 Metallischer Überzug

Als metallischer Überzug für korrosionsgeschützte Objekte im Freien kommt üblicherweise nur Zink in Frage. Zink wird im Werk entweder durch Tauchen in ein Bad mit flüssigem Zink (Feuerverzinken) oder durch Aufspritzen (Spritzverzinkung) aufgetragen oder elektrolytisch in einem galvanischen Bad mit einer wässrigen Zinksalzlösung abgeschieden. Beim Feuerverzinken wird die Schicht rund 100 µm dick, entsprechend 700 g/m². Beim Spritzverzinken werden 50 bis 200 µm dicke Schichten aufgetragen. Die Zinkschicht ist stabil gegenüber normaler Witterung, wird aber durch Luftschadstoffe angegriffen. Feuer- und spritzverzinkte Objekte müssen daher mit einer Deckschicht vor Verwitterung geschützt werden, was als Duplexierung bezeichnet wird. Bei Objekten im Freien kommen vor allem Kunststoffe (PVC, Acrylat, Epoxyd, Polyurethanharze) in Frage. Dieser Schutz verhindert auch den Eintrag von Zink in die Umwelt.

Galvanisch aufgebraachte Zinkschichten sind weniger als 10 µm dick und daher für Aussenanwendungen nicht üblich.

2.3 Nicht-metallischer Überzug

Nicht-metallische Überzüge bei Objekten im Freien sind Anstrichsysteme, die meist aus Grund-, Zwischen- und Deckbeschichtung bestehen. Die Beschichtungen, d. h. die Anstrichmittel, bestehen aus einem Pigment (Farbmittel), einem Bindemittel, allenfalls Füllstoffen und einem Lösungsmittel. Als schwermetallhaltige Pigmente werden im Korrosionsschutz heute Zink und Zinkverbindungen, Eisenglimmer und zur Farbgebung dreiwertiges Chrom (Chromoxid) verwendet, früher auch Bleimennige und Verbindungen mit sechswertigem Chrom (Chromate). Als Bindemittel kommen u. a. natürliche und synthetische Öle, Kunststoffe (Alcydharz, Epoxydharz) und Chlorkautschuke zum Einsatz.

Grundbeschichtungen sind häufig Umwandlungsbeschichtungen: Sie enthalten Pigmente, die mit dem Stahl reagieren und dadurch eine Schutzschicht bilden. Dazu gehören die Schwermetalle Zink und Blei, ersteres als metallischer Staub und beide Elemente als Oxide sowie Chromate, Phosphate und Borate. Der Schutz erfolgt entweder durch Reduktions-

Oxidations-Reaktionen oder durch Bildung schwer löslicher, dichter Überzüge.

Beschichtungen im Korrosionsschutz von Wasserbauobjekten enthalten häufig Chlorkautschuke (chlorierte Kautschuke) mit einem Chlorgehalt bis über 60 %. Als Weichmacher wurden in Zwischen- und Deckbeschichtungen häufig ein Gemisch polychlorierter Biphenyle (PCB) verwendet.

Als verschleissfeste Beschichtungen für den Korrosionsschutz von Wasserbauobjekten, wie Druckleitungen, wurden Stoffe auf der Basis von Teer und Bitumen und Gemischen von beiden verwendet. Dazu gehören Epoxid- und Polyurethan-Teerlacke, Teerpechlacke und Bitumenemulsionen.

2.4 Problematische Stoffe

Die meisten Anstriche vor 1985 enthalten Schwermetalle in unterschiedlicher Konzentration und von unterschiedlicher ökotoxikologischer Auswirkung (**Tab. 2**). Das während rund 100 Jahren am häufigsten verwendete Pigment im Korrosionsschutz war Bleimennige. Es bietet einen ausserordentlich effizienten Schutz und eignet sich sowohl für den ersten Anstrich als auch für Ausbesserungen, besteht aber aus einem Oxid des Bleis, ein für die Umwelt schädliches Schwermetall.

Weiter wurde sechswertiges Chrom (Cr(VI)) verwendet, z. B. als Bleichromat ($PbCrO_4$). Chrom(VI) gilt als äusserst toxisch und mutagen. Daneben wurde und wird dreiwertiges Chrom (Cr(III)) als Chromoxid (Cr_2O_3) verwendet, welches schwer löslich und nicht toxisch ist. Beschichtungen mit sechswertigem Chrom sind meist gelb, solche mit dreiwertigem Chrom hingegen grün.

Diverse Beschichtungen enthalten, vor allem in Ausbesserungen, polychlorierte Biphenyle (PCB). Sie wurden als Zusatzmittel, insbesondere als Weichmacher, z. B. in Chlorkautschuken verwendet, in denen der Gehalt mehr als 10 % erreichen kann. Es gibt 209 verschiedene polychlorierte Biphenyle, sogenannte Kongenere, die sich in der Anzahl und der Position der Chloratome unterscheiden. Bei den zur Anwendung kommenden Produkten handelt es sich

Tab. 2 Einige problematische Stoffe im Korrosionsschutz

Bezeichnung	Schadstoff	Verwendung, Gefahr
Bleimennige	Pb	Korrosionsschutzpigmente, neurotoxisch, ev. karzinogen
Chromat	Cr(VI)	Korrosionsschutzpigmente, toxisch, karzinogen, mutagen
PCB	PCB	Bindemittel, Lösungsmittel, persistent, mutagen
Teer, Bitumen	PAK	Anstrich und Bindemittel, karzinogen

immer um Gemische von verschiedenen, meist 20 bis 60 Kongeneren. Polychlorierte Biphenyle gelten als gefährliche, persistente Umweltgifte, wobei die wegen ihrer Struktur als dioxin-ähnlich bezeichneten PCB-Kongenere besonders gefährlich sind. Die Belastung des Bodens wird entweder mittels der Summe von 7 Leit-PCB (Anhang 2 VBBo) oder mittels der mit 4.3 multiplizierten Summe von 6 Leit-PCB bestimmt (Anhang 1 AltIV).

Die Bearbeitung von Objekten mit PCB-haltiger Beschichtung darf zu keiner Temperaturerhöhung führen, weil sonst Dioxine und Furane gebildet werden können. Wenn immer möglich, sind Scheren zum Auftrennen und Zerkleinern zu verwenden, möglich ist allenfalls die Verwendung von Handsägen oder Stich- und Säbelsägen, letztere nur zusammen mit einem Staubsauger. Schneidbrenner und Trennscheiben dürfen nur in Ausnahmefällen mit ausreichenden Schutzmassnahmen benutzt werden. Weiter ist es auch möglich, die Beschichtung in der Umgebung des Trennbereichs vorgängig, aber ebenfalls mit entsprechenden Schutzmassnahmen, zu entfernen.

Beschichtungsstoffe auf der Basis von Teer und Bitumen enthalten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Teer entsteht beim Vergasen oder Verkoken von Kohle und weist einen rund 1000-mal grösseren Gehalt an PAK auf als Bitumen, das mittels Destillation aus Erdöl gewonnen wird. PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischen Substanzen. Sie sind persistent und karzinogen. Von Tausenden möglicher PAK werden 16 Leit-PAK bestimmt.

2.5 Schutz der Umwelt

Die in den Beschichtungen enthaltenen Stoffe werden durch die Verwitterung langsam freigesetzt, zuerst diejenigen in der Deckbeschichtung, anschliessend diejenigen in der Zwischen- und Grundbeschichtung. Werden Objekte saniert, so wird je nach Sanierungsziel (Teil- oder Totalsanierung) ein Teil der Beschichtung oder die gesamte Beschichtung entfernt. Je nach Art der Beschichtungen gelangen dabei problematische Stoffe in kurzer Zeit und in grosser Menge in die Umwelt.

Die Dicke der Beschichtung beträgt bei neueren Anstrichen meist 200 bis 300 µm, entsprechend etwa 500 bis 700 g Anstrich pro Quadratmeter. Ältere Anstriche, insbesondere nach mehrmaliger Ausbesserung, können eine Dicke von über 400 µm aufweisen. Die Anstrichmenge pro Quadrat-



Situationsgerechte Abdeckung.

meter, multipliziert mit dem entsprechenden Schadstoffgehalt und mit der zu sanierenden Fläche ergibt die Masse des Schadstoffes, die bei der Sanierung entfernt wird.

In Abhängigkeit von der am Objekt vorhandenen Schadstoffmenge und der Schadstoffart sowie der potentiell gefährdeten Bodenfläche ist die Art des Schutzes zu wählen. Sofern die Beschichtung nur von Hand gereinigt und aufgeraut wird, kann eine Bodenabdeckung oder eine Einzeltung genügen. Dieses Schutzniveau kann auch bei direktem Absaugen (Strahlen mit Saugkopf) unter bestimmten Bedingungen ausreichen, z. B. auf mehr oder weniger horizontalen Flächen. Sanierungen hingegen, bei denen die ganze Beschichtung mittels Strahlen mit Wasser oder mittels trockenem Strahlen ohne Saugkopf entfernt wird, dürfen nur in einer dichten Einhausung mit Unterdruck ausgeführt werden, die die Sanierungsarbeiten von der Umwelt trennen. Andernfalls wird die Umgebung zu stark belastet und es ist unmöglich, die Emissions- und Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalteverordnung und weitere umweltrelevante Vorgaben einzuhalten. Gemäss den Planungsgrundlagen sind verschiedene Einhausungsklassen möglich. In der Praxis besteht diese Wahl verschieden dichter Einhausungen kaum. Einzig bei der Abluftreinigung können gegebenenfalls unterschiedliche Filtertypen eingesetzt werden. Sofern eine Einhausung nötig ist, ist diese dicht auszuführen.

2.6 Schadstoffanalyse

Sofern die Zusammensetzung des zu sanierenden Anstrichs nicht eindeutig mittels ehemaliger Offert- und Rechnungsunterlagen eruierbar ist, muss der Anstrich beprobt und analysiert werden. Möglich sind Einzelproben oder Mischproben von verschiedenen Stellen der Beschichtung. Besteht der Verdacht, dass unterschiedliche Anstriche verwendet wurden oder Ausbesserungen mit andern Anstrichen erfolgten, sind die unterschiedlichen Stellen separat zu beproben und zu analysieren. Je nach Objekt kann die Verteilung der unterschiedlichen Anstriche sehr unregelmässig sein. Unterschiedliche Anstriche können sich in der Farbe unterscheiden und damit einen Hinweis auf die unterschiedliche Zusammensetzung geben. Die Beprobung braucht daher viel Erfahrung und ist – ausser in eindeutig einfachen Fällen – eine Angelegenheit für Spezialisten.

Die Zusammensetzung metall- und chlorhaltiger Beschichtungen lässt sich mit einem portablen Röntgenfluoreszenzgerät (XRF) bestimmen, womit die Resultate sofort vorliegen. Wird das Gerät auf der intakten Deckschicht eingesetzt, erfasst es vor allem die darin vorhandenen Elemente, während, je nach Dicke und Zusammensetzung dieser Deckschicht, die darunter liegenden Schichten verborgen bleiben. Diese können erst nach sukzessivem Entfernen der Schichten oder an beschädigten Stellen bestimmt werden. Mittels Röntgenfluoreszenz können theoretisch Elemente ab der Ordnungszahl 10 (Neon) bestimmt werden. Da Spektrallinien von Elementen mit kleiner Ordnungszahl näher beieinander liegen, sind mit älteren portablen Geräten, der schlechteren Trennschärfe wegen, im Feld Elemente erst ab einer Ordnungszahl grösser als 10 detektierbar.

Bei Hinweisen auf das Vorhandensein von Cr(VI) in der zu sanierenden Beschichtung muss der totale Chromgehalt bestimmt werden. Das XRF-Gerät unterscheidet nicht zwischen Chrom(III) und Chrom(VI). Sofern der totale Chromgehalt den Wert von 100 ppm übertrifft, ist der Chrom(VI)-Gehalt gemäss dem EMPA-Verfahren im Labor zu bestimmen, ausser es gibt zusätzliche Hinweise, welche das Vorhandensein von Cr(VI) ausschliessen.

Der PCB-Gehalt lässt sich mit einem portablen XRF-Gerät bei ausreichender Trennschärfe indirekt durch Bestimmung des Chlorgehaltes schätzen. Das XRF-Gerät unterscheidet nicht zwischen Chlor im PCB und Chlor in andern Stoffen wie Chlorkautschuk. Handelsübliche PCB wiesen häufig einen Chlorgehalt von 20 bis 40 % auf. Sofern der Chlorgehalt den Wert von 30 ppm übertrifft, könnte der PCB-Gehalt den Schwellenwert von 100 ppm übertreffen (*Korrosionsschutz im Freien – Konzept*). In diesem Falle ist der PCB-Gehalt im Labor zu bestimmen, ausser es gibt zusätzliche Hinweise, welche das Vorhandensein von PCB ausschliessen. Es muss jedoch geklärt werden, um welchen chlorhaltigen Stoff es sich in der Beschichtung handelt.



Schwermetallanalyse mit einem portablen Röntgenfluoreszenzgerät am Objekt.

3 Massnahmen

In der folgenden **Tab. 3** sind die relevanten Massnahmen für den Vollzug des chemischen und physikalischen Bodenschutzes, der Gefahrenabwehr sowie der Sanierung und Dekontamination zusammengestellt und anschliessend erläutert.

Tab. 3 Massnahmenmatrix bei Korrosionsschutzarbeiten im Freien. Die Ziffern bezeichnen die im Text beschriebenen Massnahmen.

Tätigkeit	Chemischer Bodenschutz	Physikalischer Bodenschutz	Gefahrenabwehr Sanierung
Neubau	M11, M13, M14, M16	M21–M28	M31–M33
Rückbau	M12, M13, M15, M16	M21–M28	M31–M33
Umbau	*	*	*
Unterhalt	M15, M16	M25, M28	M34

* Umbau: Als Umbau gelten Arbeiten, die nicht dem Unterhalt des Objektes allein dienen (= werterhaltende Arbeiten), sondern wertvermehrnde Arbeiten umfassen. Sofern dabei Erdarbeiten ausgeführt werden oder aus andern Gründen schwere Fahrzeuge oder Maschinen zum Einsatz kommen, gelten die Vorgaben für Rückbau, sowohl für den chemischen Bodenschutz, da der Boden bereits belastet ist, als auch für den physikalischen Bodenschutz, dies wegen der Gefahr der Bodenverdichtung durch den Einsatz schwerer Fahrzeuge und Maschinen. Werden keine Erdarbeiten ausgeführt und kommen nur Fahrzeuge bis 3.5 t Gesamtgewicht zum Einsatz, gelten die Vorgaben für Unterhalt.

3.1 Chemischer Bodenschutz

3.1.1 Bestehende Belastung

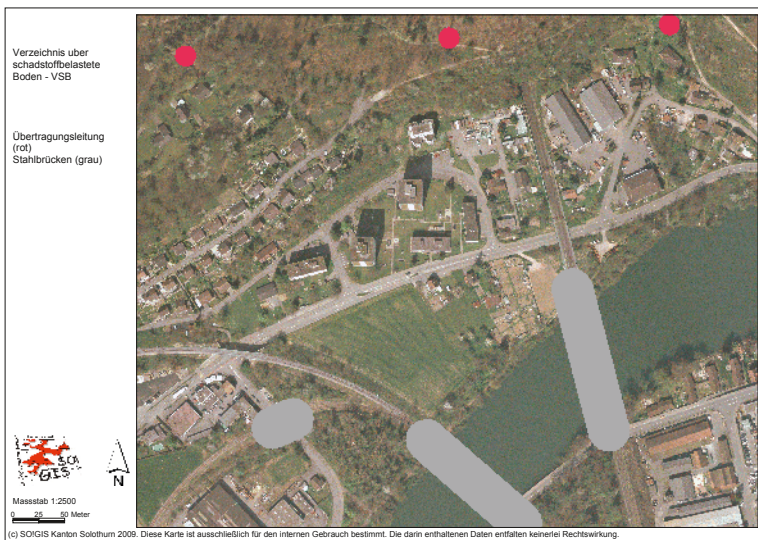
M11 Bestehende, nicht korrosionsschutzbedingte Belastung

Bei Hinweisen oder bei Verdacht auf potentielle Verschmutzung an einem neuen Maststandort (Kataster der belasteten Standorte, kantonale Verzeichnisse belasteter Böden) muss der Boden auf Schadstoffe untersucht werden, entsprechend kantonaler Vorgaben und allenfalls entsprechend der historisch-technischen Untersuchung. Das Untersuchungsprogramm ist mit der zuständigen kantonalen Stelle vorgängig zu bereinigen. Das Beprobungsmuster hängt von der Belastung oder der Belastungshypothese ab. In den meisten Fällen ist ein systematisches, rechtwinkliges Beprobungsraster sinnvoll. Vorschläge dazu werden u. a. in den Tabellen 4 und 11 im *Handbuch Bodenprobenahme VBBo* (BUWAL, 2003) gemacht.

M12 Bestehende korrosionsschutzbedingte Belastung

Bei Böden im Umfeld von Korrosionsschutzobjekten ist mit übermässigen Belastungen zu rechnen. Diese belasteten Böden gelten jedoch nach allgemeinem Verständnis nicht als belastete Standorte. Art. 2 AltIV bildet keine rechtliche Grundlage für eine Erfassung als belastete Standorte¹: Es handelt sich weder um Ablagerungsstandorte, um Betriebsstandorte noch um Unfallstandorte.

Dennoch ist es grundsätzlich den Kantonen unbenommen, korrosionsbedingte Belastungen im Kataster der belasteten Standorte zu führen. Die Analyse erfolgt dann im Rahmen einer historisch-technischen Untersuchung, wobei das Untersuchungsprogramm mit der zuständigen kantonalen Stelle



Beispiel eines kantonalen Verzeichnisses belasteter Böden.

¹ Art. 2 AltIV bildet keine rechtliche Grundlage für eine Erfassung als belastete Standorte: Weder sind es Abfallablagerungen (Ablagerungsstandorte), noch sind es Betriebsstandorte (Belastung stammt nicht von Betrieben, in denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde), noch sind es Unfallstandorte (verschüttete Korrosionsschutzfarbe, Bagatellschwelle von 450 Liter). Fazit: Böden um solche Objekte werden nicht als belastete Standorte betrachtet. Mitt. BAFU, R. v. Arx, 25.5.2009.

vorgängig zu bereinigen ist. Als Hilfsmittel dient in diesem Falle der kantonale Kataster der belasteten Standorte.

Der Boden wird auf die Schwermetalle Zink, Blei, Cadmium (als Begleiter des Zinks) und Chrom untersucht, gegebenenfalls auch ausgeweitet auf PAK und PCB. Auch wenn die am Objekt vorhandene Beschichtung die ursprüngliche ist und das eine oder andere Schwermetall ausgeschlossen werden kann, sollten trotzdem mindestens die vier oben erwähnten Schwermetalle bestimmt werden, da die mögliche Ersparnis durch Reduktion der Anzahl zu analysierender Schwermetalle unbedeutend ist. PAK- und PCB-Bestimmung sind indes teurer. Als Hilfsmittel dienen kantonale Verzeichnisse belasteter Böden.

Der Bereich der Schwermetallbelastung hängt vom Objekt und von der Beschichtung ab (**Tab. 4**).

Als Beprobungsmuster empfiehlt sich bei Brücken (kurze Linienquelle) und bei Masten (Punktquelle, überlagert durch kurze, starke Linienquelle (Ausleger) und rechtwinklig dazu durch schwache Linienquelle (Stromleiter)) ein systematisches, rechtwinkliges Beprobungsraster oder allenfalls ein Polarmuster. Bei Brücken folgt daraus eine Beprobung mindestens an den 4 Eckpunkten, bei Bedarf zusätzlich in zwei oder mehreren Distanzen, bei Masten auf zwei im Zentrum des Mastgevierts sich etwa rechtwinklig schneidenden Geraden innerhalb des Mastes und ausserhalb in einer oder mehreren Distanzen alternativ auch im Zentrum, unter den Auslegern und ausserhalb der Projektion von Mast und Ausleger (**Abb. 1**). Die beprobte Fläche muss die ganze belastete Fläche erfassen. Die Proben mit der grössten Distanz ab Objekt müssen folglich Analysewerte aufweisen, die in allgemein belasteter Umgebung mindestens kleiner als die entsprechenden Prüfwerte sind und sonst kleiner als die entsprechenden Richtwerte.

M13 Bodenaushub

Ausgehobener Boden wird gemäss *Wegleitung Bodenaushub* (BUWAL, 2001) beurteilt.

Wenn Schadstoffbelastung

- kleiner als Richtwert: unbeschränkte Verwendung;

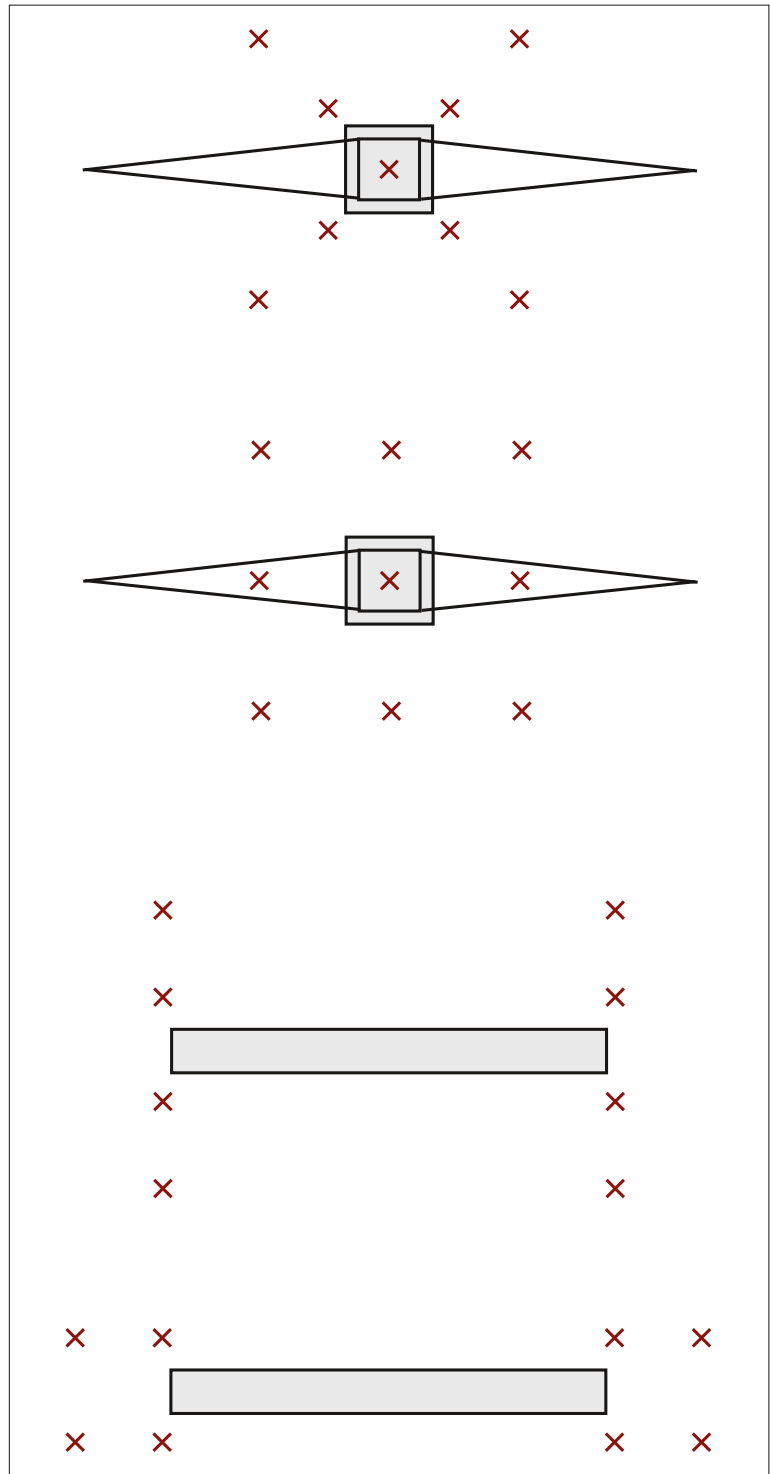


Abb. 1 Mögliche Beprobungsraster bei Masten und Brücken (von oben: Polarmuster, rechtwinkliges Raster, zwei Varianten bei Brücken). Zusätzlich nach Möglichkeit Beprobung eines unbeeinflussten Referenzstandortes in grösserer Distanz.

Tab. 4 Häufige Ausdehnungsbereiche der Schwermetallbelastung bei korrosionsgeschützten Stahlobjekten. Abstand in Metern vom Zentrum (Masten) oder vom Objekt (übrige).
(Quellen siehe Gsponer, 1996)

Objektart	> Richtwert	> Prüfwert
Stahlbrücke < 20 m hoch	25	5
Stahlbrücke > 20 m hoch	Bodenbeprobung und -analyse zwingend	Bodenbeprobung und -analyse zwingend
Übertragungsleitungsmast, Korrosionsschutz ohne Pb, Cr(VI), PAK	7	0
Übertragungsleitungsmast, Korrosionsschutz mit Pb, Cr(VI), PAK	25	5
Stehntank, Silo 200–2000 m ³	25	5
Stehntank, Silo > 2000 m ³	Bodenbeprobung und -analyse zwingend	Bodenbeprobung und -analyse zwingend
Leitplanke	1	0.5
Zäune	1	0.5
Fahrleitungsmast, Korrosionsschutz ohne Pb, Cr(VI), PAK	2	0
Fahrleitungsmast, Korrosionsschutz mit Pb, Cr(VI), PAK	5	3



- grösser als Richtwert, aber kleiner als Prüfwert: Verwendung vor Ort oder Verwendung an einem Ort mit ähnlicher Belastung; in der Praxis wird solches Material jedoch meist entsorgt, da unter den einschränkenden Bedingungen kaum ein Bedarf besteht;
- grösser als Prüfwert: Entsorgung und, sofern nötig, Materialersatz.

Nicht ausgehobener Boden wird gemäss VBBo beurteilt.
Wenn Schadstoffbelastung

- grösser als Prüfwert: Prüfung von Nutzungseinschränkungen (Gefahrenabwehr) und allenfalls Überwachung;
- grösser als Sanierungswert: Nutzungsstopp oder Abtrag und Entsorgung.

Allfälliger Bodenabtrag und dessen Entsorgung sind in einem Sanierungsbericht (mit Entsorgungsnachweis) zu Händen der kantonalen Behörden zusammenfassend darzulegen.

3.1.2 Verhinderung neuer Belastung

M14 Korrosionsschutz am neuen Objekt

Der Korrosionsschutz an einem neuen Objekt muss vollständig im Werk erfolgen. Auf der Baustelle dürfen nur noch Ausbesserungen ausgeführt werden. Grundsätzlich ist ein Korrosionsschutz zu wählen, der die Umwelt möglichst wenig belastet und während der Lebensdauer des Objektes möglichst wenig Unterhalt benötigt.

M15 Korrosionsschutz am bestehenden Objekt

Der Korrosionsschutz erfolgt gemäss den Vollzugshilfen *Korrosionsschutz im Freien – Konzept* (2002), *Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten – Planungsgrundlagen* (2004) und bei Übertragungsleitungsmasten gemäss *Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung* (2009).



Demontierter Mast.

M16 Chemikalien

Beim Neubau oder Unterhalt dürfen ohne entsprechenden Schutz keine potentiell bodenverschmutzende Chemikalien (Farben, Lacke, Lösungsmittel, Schmiermittel, Frostschutzmittel etc.) gelagert, umgeschüttet und verwendet werden. Wo nötig, ist der Boden ausreichend zu schützen. Bauabfälle sind korrekt zu entsorgen.



Bodenkundliche Baubegleitung an Ort.

3.2 Physikalischer Bodenschutz

M21 Grundlagen

Der Schutz des Bodens vor physikalischen Belastungen erfolgt gemäss dem Leitfaden *Bodenschutz beim Bauen* (BUWAL, 2001) und der Norm *SN 640 583* (VSS, 2000).

M22 Bodenkundliche Baubegleitung (SN 640 583 Abs. 3)

Der Beizug einer weisungsbefugten Fachperson wird dringend empfohlen (siehe Liste anerkannter bodenkundlicher Baubegleiter BBB BGS, www.soil.ch). Deren Aufgaben, Zuständigkeiten etc. werden in einem Pflichtenheft geregelt.

M23 Erdarbeiten (SN 640 583 Abs. 5.2)

Die bodenrelevanten Erdarbeiten wie Bodenabtrag und -auftrag und die Schüttung von Zwischenlagern, Installationsplätzen und Kiespisten sind mit geeigneten Maschinen und Geräten durchzuführen, deren Flächenpressung bei direktem Befahren des Bodens in der Regel kleiner als 0.5 bar ist.



Einsatz bodenschonender Fahrzeuge.

M24 Einsatzgrenzen für Baumaschinen (SN 640 583 Abb. 2, Abs. 5.2)

Als Einsatzgrenze für Baumaschinen gilt folgende Bedingung:

$$1.25 \times \text{Maschinengewicht [Tonnen]} \times \text{Flächenpressung [bar]} < \text{gemessene Saugspannung [cbar]}$$

Die Saugspannung ist mit Tensiometern in 35 cm Bodentiefe zu messen. Der Boden darf, unabhängig von der berechneten Einsatzgrenze, grundsätzlich erst bei Saugspannungen > 10 cbar befahren werden. Bei Niederschlägen sind sämtliche Erdarbeiten und das Befahren des Bodens einzustellen. Sie können erst nach Rücksprache mit der BBB wieder aufgenommen werden.

M25 Pneufahrzeuge (SN 640 583 Abs. 5.2)

Ober- und Unterboden (A- und B-Horizont) dürfen nicht mit Pneufahrzeugen befahren werden. Pneufahrzeuge dürfen nur auf Wegen, Strassen, Kiespisten oder in Fahrgassen auf dem Ausgangsmaterial (Untergrund, C-Horizont) eingesetzt werden.

M26 Zwischenlager (SN 640 583 Abs. 4)

Oberboden, Unterboden und Untergrund sind immer getrennt voneinander abzutragen, zwischenzulagern und wieder anzulegen. Die Umlagerung des Bodenaushubes hat mit möglichst wenigen Umschlagvorgängen zu erfolgen. Die Flächen für Zwischenlager dürfen nicht abhumusiert werden. Die Zwischenlager werden in der Regel mit einem leichten Raupenbagger vor Kopf geschüttet, sind umgehend zu begrünen und dürfen einzig mit einem leichten Mäher befahren werden. Die maximale Höhe für Oberboden beträgt 1.5 m und für Unterboden sowie Untergrund (C-Horizont) 2.5 m.

M27 Abhumusieren (SN 640 583 Abs. 5.1)

Es darf nur diejenige Fläche abhumusiert werden, wo der Eingriff stattfindet.

Zusätzlicher Oberbodenabtrag muss bewilligt werden.

M28 Installationplätze und Pisten (SN 640 583 Abs. 5.1)

Für Installationsplätze und Pisten verwendetes Material (mit geeigneter Korngrössenzusammensetzung) muss vor Kopf direkt auf den begrünten Oberboden geschüttet werden, d. h. ohne Abhumusieren und ohne Befahren des Bodens. Der abgewalzte Koffer muss mindestens 40 cm mächtig sein. Hinweis: Die Verwendung von Geotextil ist sinnvoll, um zwei von Auge schwierig zu unterscheidende Materialien (Kies auf Kies) oder den Boden potentiell schadstoffbelastendes Koffermaterial (z. B. Recyclingmaterial) vom Oberboden zu trennen. Auf Gras kann direkt geschüttet werden, Äcker sollten vorgängig begrünt werden. Wird Geotextil auf Gras verwendet, so wird beim Rückbau das Geotextil zerrissen, bleibt im Gras liegen oder wird mit dem Kies vermischt, was zu Problemen bei der Wiederverwertbarkeit führt. Ohne Geotextil bleibt wenig Kies im Gras zurück, was unproblematisch ist. Die unterschiedliche Färbung und Beschaffenheit erlauben eine genaue Trennung der Schichten.

3.3 Gefahrenabwehr und Sanierung/ Dekontamination

M31 Belasteter Standort nach Art. 12 AltIV

Bei einem mit Abfällen belasteten Standort ist der Boden sanierungsbedürftig, wenn ein Schadstoff den Konzentrationswert nach Anhang 3 AltIV überschreitet, auch wenn bereits eine Nutzungsbeschränkung verfügt wurde. Falls der Boden nicht sanierungsbedürftig ist, wird er gemäss VBBo beurteilt. Im übrigen ergibt sich das weitere Vorgehen gemäss AltIV. Die allfällige Entsorgung richtet sich nach der TVA.

M32 Belasteter Boden

Das Vorgehen erfolgt gemäss VBBo und Handbuch *Gefährdungsabschätzung Boden*:

- Sind die VBBo-Sanierungswerte überschritten, so erfolgt die Gefahrenabwehr durch ein Nutzungsverbot der entsprechenden Nutzungskategorie. Möglich ist auch die Dekontamination des Bodens.



Zwischenlager von Ober- und Unterboden.

- Überschreitet die Belastung einen oder mehrere VBBo-Prüfwerte, müssen die Kantone die Gefahrenlage analysieren. Bei Bedarf geben sie Nutzungsempfehlungen ab und verfügen für die betroffenen Nutzungsarten Nutzungseinschränkungen. Unterschieden wird zwischen Gefährdungen beim Futterpflanzenanbau, Nahrungsmittelanbau und bei direkter Bodenschadstoffaufnahme, dies mit Hilfe der jeweiligen Prüfwerte. Die



Zufahrt zu Maststandort mit Piste.



Triage von belastetem Aushub.

der Sanierung, Nutzungseinschränkungen verfügt werden müssten. Im Regelfall sollte die Sanierung eine standortübliche, uneingeschränkte Bewirtschaftung erlauben.

M34 Beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit

Bei Hinweisen auf eine beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit (z. B. schlechtes Wachstum der Vegetation) veranlassen die Kantone Bodenuntersuchungen, auch wenn keine Bodenverschiebungen und Bodenumlagerungen geplant sind. Das Vorgehen richtet sich nach VBBo und Handbuch *Gefährdungsabschätzung Boden*, respektive zusätzlich nach AltIV bei einem Boden, der ein mit Abfällen belasteter Standort ist.

Gefahrenanalyse und Gefahrenabwehr richten sich nach dem Handbuch *Gefährdungsabschätzung Boden*.

- Liegt die Belastung über dem VBBo-Richtwert, erfolgt die Gefahrenabwehr durch Anordnung von Massnahmen, die die unkontrollierte Verwertung des Bodenaushubs verhindern, zudem soll ein weiterer Anstieg des Schadstoffgehaltes verhindert werden (Quellenstopp).

M33 Sanierungspflicht und Sanierungsziel

Sanierungspflicht besteht für Böden in Gebieten mit raumplanerisch festgelegter gartenbaulicher, land- und forstwirtschaftlicher Nutzung. Die Sanierung von Waldböden ist zur Zeit nicht vorgesehen. Hier kommen nur Schutzmassnahmen zur Anwendung. Weiter ist zu beachten, dass ein Boden, der ein belasteter Standort oder ein Teil davon ist und der als Haus- oder Familiengarten oder als Kinderspielplatz genutzt wird, ebenfalls als sanierungsbedürftig gilt.

Die Sanierung dient der Gefahrenabwehr. Mit der Sanierung muss die Bodenbelastung soweit vermindert werden, dass eine gesetzeskonforme Bodennutzung möglich wird. Eine Bodenbelastung sollte jedoch sinnvollerweise auch das Prüfwertniveau unterschreiten, da andernfalls wiederum eine Gefährdungsabschätzung nötig wird und allenfalls, trotz

4 Gesetzliche Grundlagen, Richtlinien, Normen, Vollzugshilfen

4.1 Gesetzliche Grundlagen

- Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen vom 24. Juni 1902 (Elektrizitätsgesetz, EleG). SR 734.0.
- Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz. (Umweltschutzgesetz, USG). SR 814.01.
- Verordnung vom 19. Oktober 1988 über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV). SR 814.011.
- Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). SR 814.12.
- Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV). SR 814.201.
- Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV). SR 814.318.142.1.
- Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986 (LSV). SR 814.41.
- Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990 (TVA). SR 814.600.
- Verordnung vom 22. Juni 2005 über den Verkehr mit Abfällen (VeVA). SR 814.610.
- Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV). SR 814.680.
- Verordnung vom 5. April 2000 über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA). SR 814.681.

4.2 Richtlinien, Normen, Vollzugshilfen

- Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen. Richt- und Massnahmewerte im physikalischen Bodenschutz. B. Buchter und S. Häusler. 2009. Kantonale Bodenschutzfachstellen. (pdf, www.soil.ch).
- Aushubrichtlinie. Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial. 1999. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- ABC für Erdarbeiten – Eine Arbeitshilfe für Maschinisten. 2004. Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie, Bern.
- Behördenvollzugskonzept zum Korrosionsschutzvollzug. 1994. KIGA ZH
- Bodenschutzrichtlinien. 1997. Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen. Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern.
- Bodenschutz auf der Baustelle. 2005. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Bodenschutz beim Bauen. 2001. Leitfaden Umwelt Nr. 10, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Checkliste – Korrosionsschutz-Arbeiten an Objekten im Freien. Suva, 67165.d
- Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). 2001. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Faktenblatt Bodenbelastungen bei Korrosionsschutzobjekten. 2009. AGIR: Fachstellen Bodenschutz AG, BE, BL, LU, SG, SH, SO, TG, ZG, ZH.
- FSK-Rekultivierungsrichtlinie. Kulturland und Kiesabbau, Richtlinie für den fachgerechten Umgang mit Böden. 2001. Schweiz. Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie, Bern.
- Handbuch Bodenprobenahme VBBo. Handbuch – Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. M. Hämman und A. Desales. 2003. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt (BUWAL), Bern.
- Handbuch – Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden. Gefährdungsabschätzung Boden. R. Mailänder und M. Hämman. 2005. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt (BUWAL), Bern.
- Korrosionsschutz im Freien – Konzept, 2002, Mitteilung zur Luftreinhalte-Verordnung Nr. 12. BUWAL, Bern, pdf. Ersetzt LRV-Mitt. 9.
- Meldeformular/Emissionserklärung gemäss Art. 12 LRV für Korrosionsschutzarbeiten an Objekten im Freien, Cercl'air, www.vskf.ch
- Oberflächenschutz an Objekten im Freien. 1996. Empfehlung des Cercl'Air Nr. 14, Cercl'Air, Aarau (Meldepflicht)
- Öffentliche Laborliste für Schadstoffanalysen in Böden. 2009. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- PCB-Emissionen beim Korrosionsschutz. Praxishilfe. 2000. J. Stolz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

- Richtlinie für die Entsorgung von Strahlschutt. 1994. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- Regeln der Technik – Korrosionsschutz – Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung. 2009. Vollzugshilfe zur Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Schweizer Norm SN 640 581a. 1998. Erdbau, Boden; Grundlagen. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.
- Schweizer Norm SN 640 582. 1999. Erdbau, Boden – Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.
- Schweizer Norm SN 640 583. 2000. Erdbau, Boden – Eingriff in den Boden, Zwischenlagerung, Schutzmassnahmen, Wiederherstellung und Abnahme. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.
- Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten – Planungsgrundlagen. 2004. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- VDI-Richtlinie: VDI 2119 Blatt 2, Messung partikelförmiger Niederschläge – Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff. 1996
- Vereinbarung über die Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten an Objekten im Freien. Suva, 67165/1.d
- Vergleichbarkeit von Laborresultaten. 2008. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. pdf.
- Wegleitung über die Verwertung von ausgehobenem Boden (Wegleitung Bodenaushub). 2001. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

4.3 Literatur

- Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen, Positionspapier der BGS-Plattform Bodenschutz. 2004. Dokument Nr. 13. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), Zollikofen.
- Gsponer R. 1996. Ursachendifferenziertes Vorgehen zur verdachtsorientierten Erkundung von Schwermetallbelastungen im Boden. Diss. ETH Zürich, Nr. 11862.
- Tschannen P. 1999. Kommentar zum Umweltschutzgesetz. Erläuterungen zum Bodenschutz (Art. 33–35). Vereinigung für Umweltrecht und H. Keller, Zürich.

Impressum

Autoren: Bernhard Buchter, Zürich;
Stephan Häusler, Bolligen

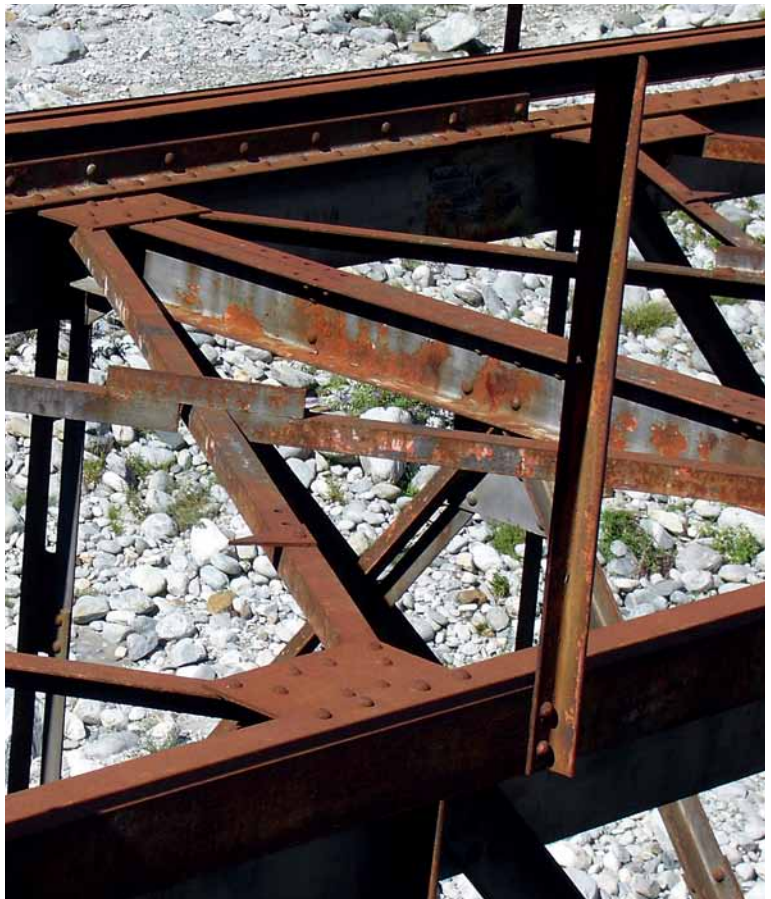
Projektbegleitung: Franz Borer, SO; Barbara Gfeller Laban, FR;
Rolf Gsponer, ZH; Thomas Muntwyler, AG
aufdenpunkt.ch – Urs W. Flück, Langendorf

Gestaltung: Kantonale Fachstellen; Autoren; Projekt-
begleitung; Christoph Salm, Muhen; Jakob
Marti, Glarus; Beat Gloor, Zürich

Fotos: Bodenschutzfachstellen der Kantone;
Bundesamt für Umwelt (BAFU), 3003 Bern
www.umwelt-schweiz.ch
Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen
Departements für Umwelt, Verkehr, Energie
und Kommunikation (UVEK).

8. März 2010

Bezugsquelle: www.soil.ch
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)



Bodenschutz bei korrosionsgeschützten Objekten

Anhang Textbausteine

Vorgehen zur Auswahl der Textbausteine

Schritt 1 Bestimmung des Sanierungstyps: Neubau, Rückbau, Umbau, Unterhalt

Definition des Umbaus: Als Umbau gelten vor allem wertvermehrende Arbeiten, die nicht nur dem Unterhalt des Objektes alleine dienen und somit nicht nur werterhaltende Arbeiten umfassen.

Schritt 2 Zuordnung des Umbaus zum Rückbau oder zum Unterhalt

Sofern Erdarbeiten ausgeführt werden oder aus andern Gründen Fahrzeuge oder Maschinen mit mehr als 3.5 t Gesamtgewicht zum Einsatz kommen, gelten die Vorgaben des Rückbaus, ansonsten diejenigen für den Unterhalt.

Schritt 3 Bestimmung der relevanten Massnahmen

	Chemischer Bodenschutz	Physikalischer Bodenschutz	Gefahrenabwehr / Sanierung
Neubau	M11, M13, M14, M16	M21 – M28	M31 – M33
Rückbau	M12, M13, M15, M16	M21 – M28	M31 – M33
Umbau	<i>siehe Schritt 1</i>	<i>siehe Schritt 1</i>	<i>siehe Schritt 1</i>
Unterhalt	M15, M16	M25, M28	M34

Schritt 4 Sofern Sanierungstyp Unterhalt

Unterhalt erfordert keine Baubewilligung, aber die Einreichung einer Emissionserklärung (Meldeformular). Meldeformular überprüfen, ob eingereicht und vollständig ausgefüllt, insbesondere mit folgenden Angaben:

- Total zu sanierende Fläche;
- Art und Weise der Sanierung (Total-/Teilsanierung, Sandstrahlen, Wasserstrahlen, andere);
- Massnahmen zur Emissionsminderung; sofern Einhausung: Name der Gerüstbaufirma;
- Anfallende Abfälle (Strahlsand, Wasser);
- Zusammensetzung des zu entfernenden Anstrichs (Pb, Zn, Cd, Cr, Cr(VI), PCB, PAK).

Schritt 5 Massnahmen auswählen

Hinweis zu den nachfolgenden Textbausteinen: [...] bedeutet Text zum Ergänzen

Die Textbausteine können in nicht tabellarischer Form als RTF-Datei bei KMSOIL (*nur für Bodenschutzfachstellen*) bezogen werden.

Liste der Textbausteine

Sanierungstyp

Neubau Rückbau Umbau Unterhalt	Auf Grund der eingereichten Akten handelt es sich um einen [Neubau/Rückbau/Umbau/Unterhalt] von [Bezeichnung] . Zum Schutze des Bodens sind die im Folgenden erwähnten Massnahmen zu ergreifen.
---	--

M11 *Bestehende, nicht korrosionsschutzbedingte Belastung*

	<i>Variante a:</i>
Erwägung	Für das Bauareal liegen Hinweise auf Bodenbelastungen vor [Nr. Eintrag Kataster der belasteten Standorte] .
Dispositiv	Der Boden muss auf Schadstoffe untersucht werden. Das weitere Vorgehen richtet sich nach den Ergebnissen der historisch-technischen Untersuchung gemäss AltIV. Das Untersuchungsprogramm ist mit der zuständigen kantonalen Stelle vorgängig zu bereinigen.
	<i>Variante b:</i>
Erwägung	Für das Bauareal liegen Hinweise auf Bodenbelastungen vor [Eintrag Verzeichnis belasteter Böden, Prüfperimeter etc.] .
Dispositiv	Der Boden muss auf Schadstoffe untersucht werden. Das weitere Vorgehen richtet sich nach der VBBo [und kantonalen Vorgaben] .

M12 *Bestehende korrosionsschutzbedingte Belastung*

Erwägung	Bei Böden im Umfeld von Korrosionsschutzobjekten ist mit übermässigen Bodenbelastungen zu rechnen. Für das Bauareal liegen Hinweise auf Bodenbelastungen durch das [rückzubauende] [umzubauende] Objekt vor [z. B. Eintrag im Prüfperimeter] . Hinweis: Böden bei korrosionsschutzgeschützten Objekten, deren Schadstoffbelastung aus dem Korrosionsschutz stammen, gelten gemäss Auskunft der zuständigen Bundesstellen nicht als belastete Standorte.
Dispositiv	Der Boden muss auf die Schadstoffe Zink, Blei, Cadmium und Chrom [sowie auf] [PAK] [und] [PCB] untersucht werden. Die beprobte Fläche muss die ganze belastete Fläche erfassen. Die Proben mit der grössten Distanz ab Objekt müssen folglich Analysewerte aufweisen, die kleiner als die entsprechenden Gehalte [Richtwerte, Prüfwerte] sind. Das weitere Vorgehen richtet sich nach VBBo und Handbuch <i>Gefährdungsabschätzung Boden</i> . Hinweis: Sofern die Standorte als mit Abfällen belastete Standorte nach AltIV gelten, richtet sich das weitere Vorgehen nach der AltIV.

M13		Bodenaushub	
Erwägung		Beim Neubau/Rückbau/Umbau wird Boden ausgehoben, verschoben und entsorgt.	
Dispositiv		<p>Ausgehobener Boden ist gemäss <i>Wegleitung Bodenaushub</i> zu beurteilen.</p> <p>Wenn Schadstoffbelastung</p> <ul style="list-style-type: none"> – kleiner als Richtwert: unbeschränkte Verwendung; – grösser als Richtwert, aber kleiner als Prüfwert: Verwendung vor Ort, an einem Ort mit ähnlicher Vorbelastung oder Entsorgung; – grösser als Prüfwert: Entsorgung und, sofern nötig, Materialersatz. <p>Nicht ausgehobener Boden ist gemäss VBBö zu beurteilen.</p> <p>Wenn Schadstoffbelastung</p> <ul style="list-style-type: none"> – grösser als Prüfwert: Prüfung von Nutzungseinschränkungen (Gefahrenabwehr) und Überwachung; – grösser als Sanierungswert: Nutzungsstopp oder Abtrag und Entsorgung. <p>Allfälliger Abtrag und dessen Entsorgung sind in einem Sanierungsbericht (mit Entsorgungsnachweis) zu Händen der kantonalen Behörden detailliert darzulegen.</p>	
M14		Korrosionsschutz eines neuen Objektes	
Erwägung		Korrosionsschutzarbeiten führen zu Emissionen.	
Dispositiv		Der Korrosionsschutz des neuen Objektes muss vollständig im Werk erfolgen. Auf der Baustelle dürfen nur noch Ausbesserungen ausgeführt werden. Der neue Korrosionsschutz soll die Umwelt möglichst wenig belasten und muss während der Lebensdauer des Objektes möglichst wenig Unterhalt erfordern.	
M15		Korrosionsschutz eines bestehenden Objektes	
Erwägung		Korrosionsschutzarbeiten führen zur Emission von Staub, Schwermetallen und allenfalls organischen Schadstoffen.	
Dispositiv		Der Korrosionsschutz hat gemäss den Vollzugshilfen <i>Korrosionsschutz im Freien – Konzept</i> (2002), <i>Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten – Planungsgrundlagen</i> (2004) und bei Übertragungsleitungsmasten gemäss <i>Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung</i> (2009) zu erfolgen.	
M16		Chemikalien	
Erwägung		Metallarbeiten bedingen die Anwendung von flüssigen Hilfsstoffen.	
Dispositiv		Es dürfen keine potentiell bodenverschmutzenden Chemikalien (Farben, Lacke, Lösungsmittel, Schmiermittel, Frostschutzmittel, etc.) ohne entsprechenden Schutz gelagert, umgeschüttet und verwendet werden. Wo nötig, ist der Boden ausreichend zu schützen. Bauabfälle sind korrekt zu entsorgen.	

M21		Physikalischer Bodenschutz
Erwägung		[Das Bauvorhaben/Der Unterhalt] verlangt den Einsatz schwerer Maschinen [und/oder den Aushub /das Verschieben von Boden]. Dadurch kann der Boden bei unsachgemässer Arbeitsweise physikalisch geschädigt werden.
Dispositiv		Der Schutz des Bodens vor physikalischen Belastungen erfolgt grundsätzlich gemäss <i>Bodenschutz beim Bauen</i> (BUWAL, 2001) und SN 640 583 (VSS, 2000). Folgende Massnahmen zum Schutze des Bodens vor physikalischer Belastung sind besonders zu beachten bzw. zu ergreifen: [...].
M22		Bodenkundlicher Baubegleiter (SN 640 583 Abs. 3)
Erwägung		Der Schutz des Bodens vor physikalischer Belastung ist eine fachlich anforderungsreiche Tätigkeit.
Dispositiv		Das Bauvorhaben soll daher von einer weisungsbefugten Fachperson (siehe Liste anerkannter bodenkundlicher Baubegleiter BBB BGS, www.soil.ch) begleitet werden. Deren Aufgaben und Zuständigkeiten werden in einem Pflichtenheft geregelt. Diese Fachperson ist grundsätzlich vor jedem Eingriff in den Boden beizuziehen.
M23		Erdarbeiten (SN 640 583 Abs. 5.2)
Erwägung		Je grösser die Flächenpressung einer Maschine ist, desto grösser ist die (unerwünschte) Verdichtung des Bodens.
Dispositiv		Die bodenrelevanten Erdarbeiten wie Bodenabtrag und -auftrag sowie die Schüttung von Zwischenlagern, Installationsplätzen und Kiespisten sind mit geeigneten Maschinen und Geräten durchzuführen, deren Flächenpressung bei direktem Befahren des Bodens in der Regel kleiner als 0.5 bar ist.
M24		Einsatzgrenzen für Baumaschinen (SN 640 583 Abb. 2, Abs. 5.2)
Erwägung		Neben der Flächenpressung spielt auch das Gesamtgewicht eine Rolle.
Dispositiv		Der Einsatz einer Baumaschine ist möglich, sofern folgende Bedingung erfüllt ist: $1.25 \times \text{Gesamtgewicht [Tonnen]} \times \text{Flächenpressung [bar]} < \text{gemessene Saugspannung [cbar]}$ Die Saugspannung ist mit 3 Tensiometern in 35 cm Tiefe zu messen. Der Boden darf erst bei Saugspannungen > 10 cbar befahren werden. Bei Niederschlägen sind sämtliche Bodenarbeiten einzustellen. Sie können erst nach Rücksprache mit der BBB wieder aufgenommen werden.

M25		<i>Pneufahrzeuge (SN 640 583 Abs. 5.2)</i>
Erwägung	Die Flächenpressung von Pneufahrzeugen erreicht ein Mehrfaches des für das direkte Befahren von Böden tolerierten Wertes.	
Dispositiv	Ober- und Unterboden (A- und B-Horizont) dürfen nicht mit Pneufahrzeugen befahren werden. Pneufahrzeuge dürfen nur auf Wegen, Strassen, Kiespisten und in Fahrgassen auf dem Ausgangsmaterial (Untergrund, C-Horizont) eingesetzt werden.	
M26		<i>Zwischenlager (SN 640 583 Abs. 4)</i>
Erwägung	Um die unbeschränkte Wiederverwertung des Bodenmaterials zu gewährleisten, dürfen die verschiedenen Bodenschichten nicht gemischt werden. Zudem schadet jede Umlagerung der Struktur des zur Wiederverwertung vorgesehenen Bodens.	
Dispositiv	Oberboden, Unterboden und Untergrund sind immer getrennt voneinander abzutragen, zwischenzulagern und wieder anzulegen. Die Umlagerung des Bodenaushubes hat mit möglichst wenigen Umschlagvorgängen zu erfolgen. Die Flächen für die Zwischenlager dürfen nicht abhumusiert werden. Die Zwischenlager sind mit leichten Maschinen (Flächenpressung < 0.5 bar) vor Kopf zu schütten, dürfen mit anderen Maschinen nicht befahren werden und sind umgehend zu begrünen. Die maximale Höhe für Oberböden beträgt 1.5 m und für Unterboden sowie Untergrund (C-Horizont) 2.5 m.	
M27		<i>Abhumusieren (SN 640 583 Abs. 5.1)</i>
Erwägung	Die bestehende Vegetationsdecke hält den Boden zusammen, weist wegen der Wurzeln und der Bodenlebewesen eine [krümelige] [günstige] Struktur auf und entzieht dem Boden während der Vegetationszeit Wasser. Der Boden ist damit eher befahrbar. Zudem erholt er sich nach den Bauarbeiten schneller.	
Dispositiv	Es darf nur diejenige Fläche abhumusiert werden, wo der Eingriff stattfindet. Zusätzlicher Oberbodenabtrag muss bewilligt werden.	
M28		<i>Installationplätze und Pisten (SN 640 583 Abs. 5.1)</i>
Erwägung	Installationen direkt auf dem Oberboden und der Einsatz der meisten Fahrzeuge führen zu Bodenverdichtung.	
Dispositiv	Installationen sind nach Möglichkeit auf bereits befestigten Flächen auszuführen. Andernfalls muss für Installationen und Pisten Material geeigneter Korngrössenzusammensetzung direkt auf den begrüneten Oberboden geschüttet werden, d. h. ohne Abhumusieren und ohne Befahren des Bodens. Der abgewalzte Koffer muss mindestens 40 cm mächtig sein.	

M31		Belasteter Standort nach Art. 12 AltIV
<i>Variante a:</i>		
Erwägungen	Beim betroffenen Bauareal handelt es sich um einen belasteten Standort [Nr. Eintrag KBS] . Die Schadstoffbelastung des Bodens überschreitet den Konzentrationswert nach Anhang 3 AltIV für [Schadstoff x]	
Dispositiv	Der Boden ist sanierungsbedürftig [, auch wenn bereits eine Nutzungsbeschränkung verfügt wurde.] Das weitere Vorgehen richtet sich nach der AltIV, die allfällige Entsorgung nach der TVA	
<i>Variante b:</i>		
Erwägungen	Beim betroffenen Bauareal handelt es sich um einen belasteten Standort [Nr. Eintrag KBS] . Kein Schadstoff im Boden überschreitet den Konzentrationswert nach Anhang 3 AltIV	
Dispositiv	Der Boden ist nicht sanierungsbedürftig. Das weitere Vorgehen richtet sich nach der VBBo.	

M32		Belasteter Boden
<i>Variante a:</i>		
Erwägungen	Beim Bauareal handelt es sich um einen belasteten Boden gemäss VBBo. Die Belastung des Bodens überschreitet den Sanierungswert für [Schadstoff] bezüglich der Nutzungskategorie [Landwirtschaft und Gartenbau] [Haus- und Familiengärten] [Kinderspielplätze] .	
Dispositiv	Die Nutzung des Bodens für die hier betroffene Nutzungskategorie ist verboten. Der Boden ist soweit zu dekontaminieren, dass die raumplanerisch festgelegte Nutzung [Landwirtschaft] [Gartenbau] ohne Gefährdung von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich ist.	
<i>Variante b:</i>		
Erwägungen	Beim Bauareal handelt es sich um einen belasteten Boden gemäss VBBo. Die Belastung des Bodens überschreitet den Prüfwert für [Schadstoff] bezüglich der Nutzungsart [Futterpflanzenanbau] [Nahrungspflanzenanbau] [direkte Bodenaufnahme] .	
Dispositiv	Der überschrittene Prüfwert für [Schadstoff] bezüglich Nutzungsart [Futterpflanzenanbau] [Nahrungspflanzenanbau] [direkte Bodenaufnahme] bedingt eine Gefährdungsabschätzung gemäss dem BUWAL-Handbuch <i>Gefährdungsabschätzung Boden</i> . Darauf basierend werden die notwendigen Nutzungseinschränkungen und/oder -empfehlungen für die Nutzungsart [Futterpflanzenanbau] [Nahrungspflanzenanbau] [direkte Bodenaufnahme] erlassen.	
<i>Variante c:</i>		
Erwägungen	Beim Bauareal handelt es sich um einen belasteten Boden gemäss VBBo. Die Belastung des Bodens überschreitet den Richtwert für [Schadstoff] .	
Dispositiv	Bei der weiteren Nutzung als [Nutzungsart] ist darauf zu achten, dass zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit Massnahmen ergriffen werden, die einen weiteren Anstieg der Schadstoffbelastung verhindern, wie [eine Reduktion des Düngermiteinsatzes] [der Anbau von ...] [...] .	

M33		Sanierungspflicht und Sanierungsziel
Erwägung		Das Bauareal befindet sich in einem Gebiet mit raumplanerisch festgelegter [gartenbaulicher] [landwirtschaftlicher] Nutzung.
Dispositiv		Der Boden ist zu sanieren. Die Bodenbelastung [muss] [soll] danach das Prüfwertniveau für alle Schadstoffe unterschreiten.

M34		Beeinträchtigte Bodenfruchtbarkeit
Erwägung		[Das schlechte Wachstum] [anderer Hinweis] lässt eine chemische Belastung des Bodens vermuten.
Dispositiv		Die Bauherrschaft hat die chemische Bodenbelastung [genaue Bezeichnung der Fläche] zu eruieren.

