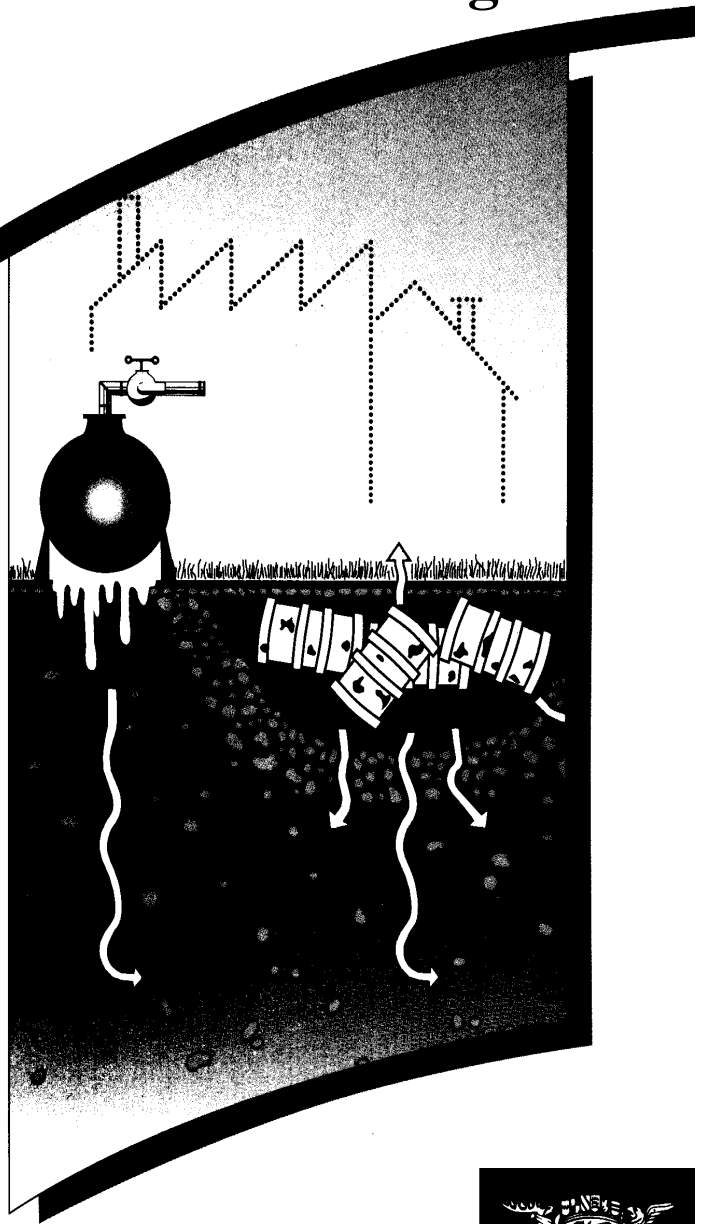


Zentraler Fachdienst Wasser - Boden - Abfall - Altlasten bei
der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

**Handbuch Altlasten
und Grundwasserschadensfälle**

Vorgehensweise bei Verdacht auf Untergrundkontaminationen durch Holzschutzmittelanwendung

Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung

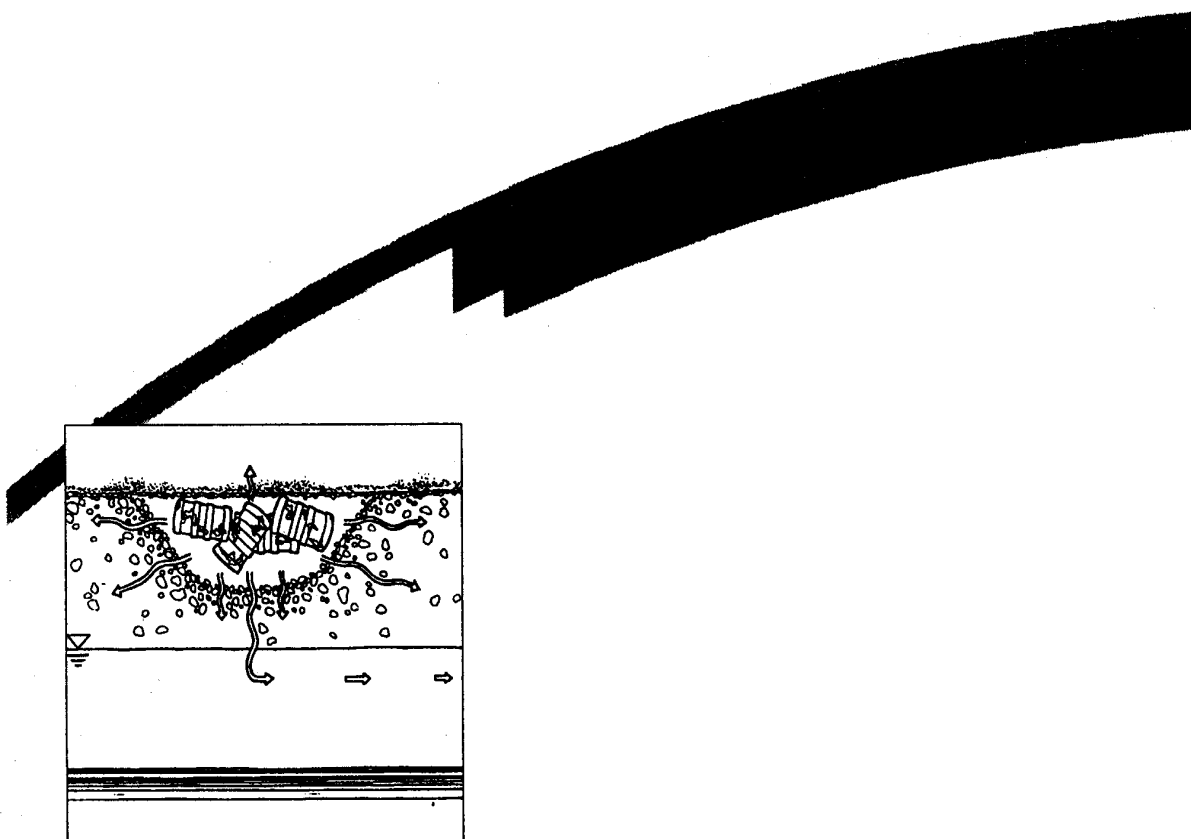


**BODEN
ABFALL
ALLASTEN**



**MINISTERIUM
FÜR UMWELT
UND VERKEHR**

Vorgehensweise bei Verdacht auf Untergrundkontaminationen durch Holzschutzmittelanwendung



Herausgegeben von der
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
1. Auflage

Karlsruhe 1995



Altlastenfachinformation im WWW

Impressum

Herausgeber: Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe

Redaktion: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Abteilung Boden, Abfall, Altlasten
Referat 54 – Altlastensanierung
Frieder Kern

Verfasser: Technologieberatung
Grundwasser und Umwelt GmbH
Kurfürstenstr. 87a
56068 Koblenz

Karlsruhe, Dezember 1995

Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage. Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt. Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind -auch auszugsweise- nur für eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.

Inhaltsverzeichnis

0 VORBEMERKUNGEN	1
1 EINFÜHRUNG	2
1.1 ALLGEMEINES	2
1.2 HOLZSCHUTZ	2
1.3 HOLZSCHUTZMITTEL	2
1.4 HOLZSCHUTZVERFAHREN	3
2 HINWEISE ZUR ERKUNDUNGSSTRATEGIE	5
2.1 SOFORTMAßNAHMEN	5
2.2 HINWEISE ZUR HISTORISCHEN ERHEBUNG	5
2.3 HINWEISE ZUR HISTORISCHEN ERKUNDUNG	5
2.3.1 Befragung von Zeitzeugen	5
2.4 HINWEISE ZUR TECHNISCHEN ERKUNDUNG	9
2.4.1 Allgemeines	9
2.4.2 Probenahme	9
2.4.3 Empfehlungen zur Analytik	10
3 HINWEISE ZUR SANIERUNGSVORPLANUNG	13
4 WEITERFÜHRENDE LITERATUR	14
ANHANG 1: HOLZSCHUTZVERFAHREN UND IHRE ATLASTENRELEVANZ	17
ANSTREICHEN	17
SPRITZEN-/SPRÜHEN	18
SPRÜHTUNNEL-VERFAHREN	19
EINTAUCHEN	20
STANDTRÄNKUNG	21
TROGTRÄNKUNG	22
OSMOTIERUNG	23
SAFTVERDRÄNGUNG	24
KESSELDRUCK-IMPRÄGNIERUNG	25
EIN- UND ANLAGERN VON SALZEN UND PASTEN	26
ANHANG 2	27
1 WASSERLÖSLICHE HOLZSCHUTZMITTEL	27
2 ÖLIGE BZW. ÖLARTIGE HOLZSCHUTZMITTEL	28
3 HOLZSCHUTZMITTEL-DATENBLÄTTER	29
<i>Kupfersulfat</i>	31
<i>Quecksilberchlorid (Sublimat)</i>	32
<i>CF-Salze</i>	33
<i>CFA-Salze</i>	34
<i>CFB-Salze</i>	35
<i>CF-Salze</i>	36
<i>HF-Salze</i>	37
<i>B-Salze</i>	38
<i>CK-Salze</i>	39
<i>CKA-Salze</i>	40
<i>CKB-Salze</i>	41
<i>CKF-Salze</i>	42
<i>Teerölpräparate</i>	43
<i>Lösemittelhaltige Präparate</i>	44
<i>Chlornaphthalin-Präparate</i>	45

ANHANG 3: VERHALTEN DER WICHTIGSTEN HOLZSCHUTZMITTEL IM UNTERGRUND.....	46
1 ANORGANISCHE WIRK-/SCHADSTOFFE	46
2 ORGANISCHE WIRK-/SCHADSTOFFE.....	48
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	50
TABELLENVERZEICHNIS.....	50
INDEXVERZEICHNIS.....	51

0 Vorbemerkungen

Die vorliegende Ausarbeitung wurde im Auftrag der Stadt Sinsheim sowie der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg mit dem Ziel erstellt, die im Rahmen der Bearbeitung des Vorhabens mit Modellcharakter "Ehemalige Firma Reinig in Sinsheim" (MoVo Sinsheim) gewonnenen verallgemeinerungsfähigen Erkenntnisse zusammenfassend darzustellen, damit bei der Bearbeitung ähnlich gelagerter Fälle darauf aufgebaut werden kann. Darüber hinaus wurden in die Schrift die Erfahrungen bei der Bearbeitung weiterer ehemaliger Holzimprägnierungsstandorte zusammen mit Daten aus umfassenden Literaturstudien eingearbeitet.

Die Ausarbeitung ist als Arbeitshilfe und Kurzinformation bei der Erkundung ehemaliger Holzimprägnierungsstandorte konzipiert. Zielgruppe sind die technischen Fachbehörden in Baden-Württemberg und die mit der Bearbeitung beauftragten Ingenieurbüros. Die Darstellung gibt einen kurzen Überblick über die verwendeten Holzschutzmittel und Verfahren zur Behandlung des Holzes unter dem besonderen Gesichtspunkt der Altlastenrelevanz. Aufbauend darauf werden Hinweise und Empfehlungen zur Erkundungsstrategie entwickelt.

Für spezielle Fragestellungen, welche bei der Bearbeitung eines Einzelfalles möglich sind, wird auf die weiterführende Literatur im Anhang verwiesen.

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Im Rahmen der systematischen Altlastenerkundung sind alle Stellen, an denen früher wiederholt oder ständig Holz mit Holzschutzmitteln behandelt wurde, um an anderer Stelle verwendet zu werden, gezielt daraufhin zu prüfen, ob die Gefahr von Kontaminationen des Untergrundes und des Grundwassers dort gegeben ist /1/, /2/, /3/ und /25/. Gegebenenfalls sind weitere Erkundungsmaßnahmen durchzuführen. Die stufenweise Vorgehensweise bei der Erkundung solcher Standorte ist Thema der vorliegenden Schrift.

1.2 Holzschutz

Holzschutz bedeutet nach DIN 52175 die Anwendung von Maßnahmen, die eine Wertminderung oder Zerstörung von Holz und Holzwerkstoffen - besonders durch Pilze, Insekten oder Meerestiere - verhüten sollen und damit eine lange Gebrauchsdauer sicherstellen /13/.

Neben konstruktiven und baulichen Maßnahmen besteht der Holzschutz in erster Linie aus der Anwendung chemischer Holzschutzmittel. Bei der Anwendung dieser Mittel kann zwischen vorbeugenden Maßnahmen und Maßnahmen zur Bekämpfung oder Behandlung bereits eingetretener Schäden unterschieden werden. Durch die unsachgemäße Behandlung und Bekämpfung von bereits eingetretenen Holzschäden an verbautem Holz können zwar auch Umweltschäden eingetreten sein. Sie sind gegebenenfalls einzelfallspezifisch zu behandeln und nicht Thema der Schrift.

1.3 Holzschutzmittel

Bei den vorbeugenden Präparaten kann zwischen

- wasserlöslichen Holzschutzmitteln und
- öligen bzw. öllartigen Holzschutzmitteln

unterschieden werden.

Für beide Gruppen ist mit spezifischen Schadstoffen zu rechnen. Bei den **wasserlöslichen** Mitteln sind dies in erster Linie Schwermetalle wie Quecksilber, Chrom, Kupfer, Zink, Zinn und Arsen. Bei den **öligen bzw. öllartigen** Gruppen stehen PAK, chlorierte Phenole, Mineralöle sowie teilweise Pestizide im Vordergrund.

Die Verwendungszeiträume einzelner Mittel sind in Abbildung 1 dargestellt.

Genauere Informationen zu einzelnen Holzschutzmitteln finden sich in Anhang 2 in Form allgemeiner Charakterisierung und Datenblättern zu einzelnen Holzschutzmitteln mit Angabe altlastenrelevanter Inhaltsstoffe.

Charakteristisch für die meisten wasserlöslichen Holzschutzmittel ist, daß sie erst nach einer bestimmten Wirkungszeit im Holz in eine mehr oder weniger wasserunlösliche Form übergehen, also erst dann ihre gewünschte Langzeitwirkung im Holz entwickeln können. Vorher können sie beispielsweise durch Niederschlagswasser ausgewaschen werden. Das bedeutet für die Praxis, daß die behandelten Hölzer entsprechend Herstellerangaben noch eine oder mehrere Wochen niederschlagsgeschützt gelagert werden müssen. Erfolgt die Lagerung im Freien, können dadurch die Imprägnierungswirkung beträchtlich herabgesetzt werden und - bei ungeschützter Lagerfläche - Untergrundkontaminationen hervorgerufen werden.

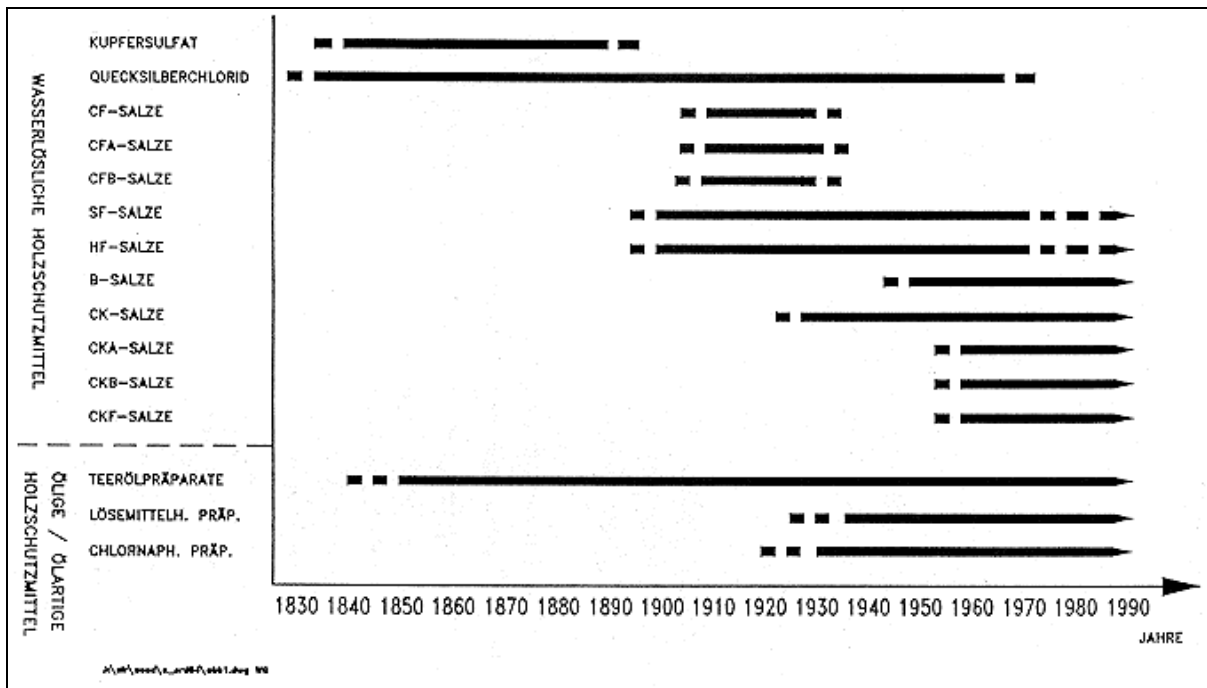


Abbildung 1: Verwendungszeiträume verschiedener Holzimprägnierungsmittel

1.4 Holzschutzverfahren

Bei der vorbeugenden Behandlung von Holz sind die folgenden Verfahren von Bedeutung /8/:

- Anstreichen
- Spritzen / Sprühen
- Sprühtunnel-Verfahren
- Eintauchen
- Standtränkung
- Trogtränkung
- Osmotierung
- Saftverdrängung
- Kesseldruck-Imprägnierung
- Ein- und Anlagern von Salzen und Pasten

Die für die Altlastenbearbeitung relevanten Merkmale der Verfahren sind:

- Bedeutung/Verbreitung des Verfahrens,
- systembedingte Altlastenrelevanz,
- mögliche Betriebsstörungen und
- verwendete Imprägnierungsmittel.

Für jedes Verfahren zur vorbeugenden Behandlung von Holz wurden die genannten relevanten Merkmale zusammen mit der Charakterisierung des Verfahrens sowie dem Anwendungszeitraum in Form eines "Datenblattes" in Anlage 1 zusammengestellt.

Die **Bedeutung/Verbreitung** bezieht sich darauf, in welchem Umfang das betreffende Verfahren eingesetzt wurde, also beispielsweise industriell oder handwerklich und für welchen hauptsächlich Verwendungszweck des Holzes.

Die **systembedingte Altlastenrelevanz** beleuchtet Merkmale, welche durch die Art und Weise der Handhabung von Imprägnierungsmitteln sowie das Auf- bzw. Einbringen in das Holz eine potentielle Gefährdung der Kompartimente Boden und Grundwasser darstellen. Gefährdungen sind verfahrensbedingt möglich durch:

- unsachgemäße Lagerung und Verwendung von Imprägnierungsmitteln
- Tropfverluste
- Sprühmittelverluste
- Auswaschung von ungenügend fixiertem Imprägnierungsmittel
- ungeordnete Beseitigung von Rückständen

Die **möglichen Betriebsstörungen** erfassen dementsprechend abhängig von der technischen Realisierung des Verfahrens mögliche Schwachstellen des Betriebsablaufes, welche zu einem Entweichen von Imprägnierungsmitteln führen können, beispielsweise:

- Leckagen in Behältern, Leitungen
- Überfüllungen (Überlaufen von Trögen)

Die **verwendeten Imprägnierungsmittel** erlauben letztendlich einen direkten Rückschluß auf das zu erwartende Schadstoffspektrum eines Standortes. Obwohl gerade von dieser Information die wertvollsten Hinweise bei der Altlastenbearbeitung zu erwarten sind, kann durch die Verschiedenartigkeit der bei den meisten Verfahren angewandten Mittel eine Abgrenzung des Schadstoffspektrums nur in seltenen Fällen erfolgen.

2 Hinweise zur Erkundungsstrategie

Die Bearbeitung von Altstandorten, auf denen Holzschutzmittel angewendet wurden, erfolgt grundsätzlich stufenweise wie im Altlastenhandbuch Baden-Württemberg /1/ erläutert. Zu einzelnen Erkundungsstufen werden in den folgenden Kapiteln die bei der modellhaften Bearbeitung des Standortes Sinsheim gewonnenen verallgemeinerungsfähigen Erfahrungen dargestellt. Aufbauend darauf werden standortspezifische Hinweise zur Vorgehensweise entwickelt.

2.1 Sofortmaßnahmen

Sofortmaßnahmen können erforderlich werden, wenn akute Gefahren für die Bevölkerung, die Beschäftigten oder sonstigen Schutzgüter gegeben sind oder wenn durch sofortiges Eingreifen eine Vergrößerung des Schadensausmaßes verhindert werden kann. Beispiele sind Fässer, Wannen etc. mit Resten von flüssigen oder festen Holzschutzmitteln.

2.2 Hinweise zur Historischen Erhebung

Da das Vorhandensein von Kontaminationen am Standort Sinsheim bereits vor Beginn der Bearbeitung aktenkundig war, war eine historische Erhebung nicht erforderlich.

2.3 Hinweise zur Historischen Erkundung

Die einzelfallspezifische **historische Erkundung** ist die zweite Stufe zur Erfassung von altlastverdächtigen Flächen /3/. Ziel ist das Zusammentragen aller verfügbaren Informationen über die Verdachtsfläche, weil die technische Erkundung u.a. wesentlich gezielter, effektiver und kostengünstiger durchgeführt werden kann, wenn aus der historischen Erkundung gute und umfassende Hinweise für Art und Umfang der früheren Tätigkeit am Standort gewonnen werden. Im Regelfall umfaßt sie Durchsicht und Auswertungen verschiedener Unterlagen (z.B. Luftbilder, Karten, Betriebs- und Bauakten ...) und eine Standortbegehung mit Fotodokumentation. Im folgenden wird aber nur auf den Teilaspekt "Befragung von Zeitzeugen" und seine, für ehemalige Standorte mit Anwendung von Holzschutzmitteln, spezifischen Gesichtspunkte näher eingegangen.

2.3.1 Befragung von Zeitzeugen

In Anlehnung an das Handbuch "Historische Erhebung altlastenverdächtiger Flächen" /3/ erstreckt sich der für eine Befragung relevante Personenkreis auf:

- direkt Betroffene (ehemalige und/oder derzeitige Angestellte, Grundstückseigentümer, Pächter),
- kundige Personen in Ämtern, Gemeinden oder Versicherungen,
- ortskundige Personen (Anwohner).

In der Praxis hat sich die Befragung der ersten Personengruppe am besten bewährt, da in der Regel die Antworten mit dem höchsten Informationsgehalt von dieser Personengruppe zu erwarten sind. Ganz wesentlich ist der Informationsgehalt der Antworten von Wissen, Erinnerungsvermögen und Kooperationsbereitschaft der Befragten abhängig. Bewährt hat sich der Vergleich von Antworten verschiedener Personen zum selben Fragenkomplex, da hierdurch teilweise Unvollständigkeiten und Unkorrektheiten erkannt werden können. Einfluß auf die erzielbaren Ergebnisse von Befragungen haben Vorbereitung und Art der Durchführung.

Nachfolgend ist eine allgemeine Checkliste für die Befragung von Zeitzeugen bei der Erkundung ehemaliger Holzimprägnierungswerke zusammengestellt. Die Liste enthält die wesentlichen Informationen, welche für die Planung der technischen Erkundung zur Verfügung stehen sollten. Soweit diese Informationen nicht oder nur unvollständig aus verfügbaren Unterlagen verschiedenster Stellen /3/ zu entnehmen sind, wird eine Klärung bzw. ergänzende Klärung durch Befragung von Zeitzeugen erforderlich. Die in der Checkliste zusammengestellten Punkte verstehen sich als Informationen, die einer kritischen einzelfallspezifischen Prüfung und gegebenenfalls Ergänzung nach Altlastenhandbuch /1/ bedürfen.

Checkliste relevanter historischer Daten für die Befragung von Zeitzeugen bei der Historischen Erkundung von Altstandorten mit Holzschutzmittelanwendung:

- Anwendungszeitraum der Holzimprägnierung auf dem Standort ?
- Welche Imprägnierungsverfahren wurden angewandt ?
(Spritz-, Anstrich-, Tränk-, Kesseldruckverfahren)
- Lage der Imprägnierungsanlagen mit Angabe des Zeitraumes ?
(wo auf dem Gelände, in Gebäuden, im Freien, Versiegelung des Geländes)
- Umweltrelevante Betriebsstörungen / Betriebsunfälle auf dem Standort ?
(wo, wann, welche Imprägnierungsmittel sind entwichen, Mengen)
- Welche Imprägnierungsmittel wurden angewandt ?
(wasserlösliche Salze, ölige Imprägnierungsmittel mit Insektiziden/Pestiziden, Teeröle)
- Anfall von Reststoffen (wie entsorgt bzw. wo abgelagert, Mengen ...)
- Lieferant(en) der eingesetzten Imprägnierungsmittel ?
- Mengenumsatz / Verbrauch an Imprägnierungsmitteln pro Zeiteinheit ?
- Schutzziel und Verwendungszweck des behandelten Holzes, z.B. konstruktiver Holzbau, Einsatz in landwirtschaftlichen Kulturen (Zaunlatten, Bahnschwellen, Masten).
- Lagerung von Holzschutzmitteln (mit Angabe des Zeitraumes) ?
(Ort, Mengen, Art der Mittel)
- Lage von Abtropfflächen (mit Angabe des Zeitraumes) ?
(Ort, in Gebäuden, im Freien, Versiegelung)
- Ablagerung von Holzschutzmittelrückständen oder Resten von behandeltem Holz ?
(wo, Art der Rückstände, Mengen, Vorkehrungen gegen Grundwasserverschmutzung)
- Verbrennung von Holzschutzmittelrückständen (mit Angabe des Zeitraumes) ?
(wo, Art der Rückstände, Mengen)
- Umweltrelevante Nebenbetriebe ?
(welcher Art, wo, wann ...)

Zusätzlich zu den in der Checkliste aufgeführten branchenspezifischen Punkten sind auch allgemeine Punkte zu beachten und zu erheben. Insbesondere ist zu beachten, daß auch andere altlastenrelevante Schadstoffe angefallen sein können (z.B. Öle, Fette zu Schmierzwecken, allgemeine Abfälle ...), die nicht branchentypisch sein müssen.

Grundsätzlich ist auch die Lage von Entsorgungsleitungen (Abwasser, Oberflächenentwässerung ...) zu erheben, da sie mögliche Eintragstellen von Schadstoffen in den Untergrund darstellen. Ebenfalls sind frühere Umbaumaßnahmen auf dem Standort zu erheben, soweit sie die Verlagerung altlastenrelevanter Betriebsflächen betreffen.

Die Bereitschaft zur Erteilung sachdienlicher Auskünfte kann durch umfassende Darstellung des Zwecks der Befragung und durch Ausräumen von Ängsten der Betroffenen (z.B. ehemaliger Mitarbeiter) vor einer "Selbstbelastung" deutlich verbessert werden.

Die Zuverlässigkeit von Zeugenauskünften konnte beim MoVo Sinsheim durch Vergleiche der Aussagen unterschiedlicher befragter Personen zum selben Themenkomplex verbessert werden, da Widersprüche teilweise ausgeräumt werden konnten. Empfehlenswert ist außerdem, die Befragung auf dem Standort selbst durchzuführen, da im allgemeinen das Erinnerungsvermögen der Befragten angeregt wird. Die Befragung ehemaliger, möglichst langjähriger, Beschäftigter eines Betriebes haben sich im Zusammenhang mit Informationen über den gesamten Produktionsbetrieb, eingesetzte Imprägnierungsmittel und evtl. Betriebsstörungen bzw. -unfälle als ergiebigste Quellen erwiesen.

Bei der früheren Anwendung öliger oder ölartiger Mittel ist von einer geruchlichen Belästigung auf umliegenden Grundstücken auszugehen, so daß ihr Einsatz teilweise aus aktenkundigen Nachbarschaftsbeschwerden oder gezielter Befragung dieser Personengruppe ermittelt werden kann.

Gute Erfahrungen wurden am MoVo Sinsheim damit gemacht, Zeitzeugen während einer Begehung des Geländes mit Luftbildern verschiedener Zeitpunkte zu konfrontieren. Neben Klärung der Funktion von Gebäuden konnte insbesondere geklärt werden, ob es sich bei den verschiedenen, auf den Bildern erkennbaren, Holzablagerungen im Freien um frisches unbehandeltes oder bereits imprägniertes Holz handelte. Während die Lagerung von frischem unbehandeltem Holz für die Altlastenbearbeitung nahezu unbedeutend ist, sind gerade Lagerflächen von frisch imprägniertem Holz im Freien potentielle Belastungsschwerpunkte.

Neben der üblichen Befragung von Zeitzeugen hat es sich bei der Bearbeitung ehemaliger Holzimprägnierungsstandorte als besonders zweckmäßig erwiesen, Auskünfte bei der Gebäude- bzw. Feuerversicherung und dem zuständigen Gewerbeaufsichtsamt einzuholen. Da durch beide Institutionen gelegentliche bzw. regelmäßige Begehungen der Standorte mit Protokollierungen stattfanden, können entweder durch die zuständigen Außendienstmitarbeiter oder über die vorhandenen Unterlagen wertvolle Informationen über Lage und Zustand (Sicherheitseinrichtungen) von Imprägnierungsanlagen gewonnen werden. Speziell dann, wenn eine mehrfache Standortveränderung der Anlagen im Laufe des Betriebs stattgefunden hat.

Im ersten Fall konnten insbesondere über Lage und Ausbau von Gebäuden und die darin befindlichen Produktionsanlagen Erkenntnisse gewonnen werden. Im zweiten Fall konnten Informationen über die verwendeten Imprägnationsmittel erhalten werden. Durch Zusammenar-

2.4 Hinweise zur technischen Erkundung

2.4.1 Allgemeines

Art und Umfang der technischen Erkundung sind in erster Linie von den einzelfallspezifischen Rahmenbedingungen eines Standortes abhängig, so daß allgemeingültige Aussagen nur schwer zu treffen sind. Bezüglich der Erkundungsziele in den einzelnen Erkundungsstufen gemäß dem stufenweisen Vorgehen in Baden-Württemberg wird auf das Altlastenhandbuch /1/ und dessen Fortschreibung /23/ verwiesen. Wegen der Auswahl der Probenahmestellen, der Art der Probenahmen in den verschiedenen Kompartimenten oder der einzusetzenden Probenahmegeräte wird eine Orientierung an den Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten /4/ empfohlen, weshalb hierzu bei der vorliegenden Ausarbeitung nur kurze Hinweise gegeben werden.

Im Gegensatz dazu sind weitere Ausführungen und Erläuterungen im Hinblick auf das branchentypische Schadstoffinventar und die notwendige Analytik unverzichtbar.

2.4.2 Probenahme

Die Auswahl und Dichte von Probenahmestellen muß jeweils einzelfallspezifischen Gesichtspunkten vorbehalten sein, weshalb allgemeingültige Aussagen kaum möglich sind. Als generelle Orientierung im Rahmen der orientierenden Erkundung wird empfohlen, die Schwerpunkte der Probenahme anhand der Checkliste relevanter historischer Daten (Abschnitt 2.3.1) festzulegen, soweit sich nach Auswertung der Liste Verdachtsflächen ergeben. Potentielle branchentypische und sonstige Verdachtsflächen, welche zu beproben sind, sind außerdem beispielhaft in Abbildung 2 dargestellt.

Die geeignete Probenahmetechnik ist neben der Fragestellung und der dafür benötigten Probenmenge ebenfalls von den Standortrahmenbedingungen abhängig und kann daher nicht allgemein angegeben werden. Bei geeigneten Untergrundverhältnissen ist eine Rammkernbohrung mit Durchmessern zwischen 50 und 80 mm, welche mittels Motorhammer abgeteuft wird, die Probenahmetechnik der Wahl. Bei Grundwasseraufschlüssen, größeren Probenahmemengen oder Festgestein werden in der Regel Bohrungen mit Durchmessern zwischen 100 und 300 mm eingesetzt. Als Spezialverfahren ist die Schlauchkernbohrung zu nennen, welche eine ungestörte Probenahme ermöglicht, beispielsweise wenn auf leichtflüchtige Stoffe analysiert werden soll. Solche Stoffe sind aber bei den hier diskutierten Standorten nicht branchentypisch. Zum Gewinnen großer Probenmengen in geringeren Tiefen oder zur räumlichen Abgrenzung optisch wahrnehmbarer Kontaminationen (z.B. MKW, Teeröle), können auch Baggerschürfte geeignet sein.

2.4.3 Empfehlungen zur Analytik

2.4.3.1 Allgemeines

In der Vergangenheit wurden zur Holzimprägnierung unterschiedlichste organische und anorganische Wirksubstanzen eingesetzt. Deshalb ist es notwendig, den Analysenumfang einzelfallspezifisch, wie nachfolgend erläutert, festzulegen.

2.4.3.2 Analysenprogramm

Bei der chemisch-physikalischen Erkundung des Untergrunds und Grundwassers im Bereich von ehemaligen Holzimprägnierstandorten ist zweckmäßigerweise stufenweise vorzugehen, wie es im Altlastenhandbuch Baden-Württemberg /1/ grundsätzlich beschrieben ist.

Das Untersuchungsprogramm ist einzelfallspezifisch festzulegen. Wenn im Rahmen der Historischen Erkundung keine konkreten Hinweise über die Verwendung bestimmter Holzschutzmittel oder sonstige Schadstoffe ermittelt wurden, können im Rahmen der Erkundungsstufe 1 (orientierende Erkundung) die folgenden Analysenparameter Hinweise auf Kontaminationen durch Holzschutzmittel geben:

- Arsen,
- Chrom (gesamt),
- Chrom VI (nur bei relevanten Gehalten an Chrom (gesamt)),
- Kupfer,
- Quecksilber,
- Zink,
- Borat,
- Fluorid,
- PAK (16 Einzelstoffe der EPA-Liste),
- Pentachlorphenol,
- BTEX,
- Mineralölkohlenwasserstoffe (IR),
- Phenole (wasserdampfflüchtig).

Bei der Anwendung dieser Liste ist zu beachten:

1. Enthalten sind in dieser Liste die häufiger verwendeten anorganischen und organischen Wirkstoffe. Selten oder nur ausnahmsweise verwendete Stoffe wurden nicht berücksichtigt. Wenn verlässliche Angaben über die Verwendung einer eingeschränkten Wirksubstanzpalette vorliegen, kann das Analysenprogramm entsprechend reduziert werden.
2. Bei der Untersuchung von Bodenproben ist einzelfallspezifisch unter Berücksichtigung des jeweiligen Untersuchungsziels und der konkreten Fragestellung zu beurteilen, ob die Parameter als Brutto-Wert und/oder als Eluat-Wert zu ermitteln sind. In Bild 3 ist in einem schematischen Schnitt durch einen Kontaminationsbereich dargestellt, welcher der beiden Werte in Abhängigkeit von Probenahmeort und Untersuchungsziel für die Beurteilung der Situation gemäß der VwV "Orientierungswerte" /6/ erforderlich ist.

Danach sind Eluat-Werte zu ermitteln, wenn eine Mobilisierung von Schadstoffen des Untergrunds durch Wasser, z.B. Niederschlagswasser, Sickerwasser, Grundwasser oder Oberflächengewässer, möglich ist, während Brutto-Werte zu ermitteln sind, wenn die Schadstoffaufnahme durch Menschen oder Pflanzen zu bewerten ist.

3. Es ist zu prüfen, ob es in der ersten Erkundungsstufe notwendig und zweckmäßig ist, alle Proben einheitlich nach dieser Liste zu analysieren oder ob insbesondere die vergleichsweise kostspielige PAK-Analyse, aber auch andere Parameter, nur an dem Teil der Proben durchgeführt wird, bei dem aufgrund der Historischen Erkundung eine entsprechende Kontamination möglich sein könnte.
4. Eine Erweiterung des Analyseumfangs kann angezeigt erscheinen, wenn bei der Historischen Erkundung Hinweise auf die Verwendung von Wirksubstanzen oder Umwandlungsprodukte gefunden wurden, die in der Liste nicht enthalten sind. Solche Parameter können im Einzelfall sein: weitere PAK-Einzelsubstanzen, polychlorierte Biphenyle (PCB), weitere Chlorphenole, CKW (5 Einzelstoffe der TrinkwV), 1-Chlornaphthalin, Lindan, DDT, weitere Pestizide, Dimethylphenole, 2,4-Dinitrophenol, Methylquecksilber oder metallisches Quecksilber. Da die Analytik einiger dieser Stoffe nicht mehr unbedingt zum "Standard-Repertoire" chemischer Laboratorien gehört, müssen hier eventuell Speziallaboratorien beauftragt werden.
5. Der Analysenumfang im Rahmen der Erkundungsstufe 2 (nähere Erkundung) sollte unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Erkundungsstufe 1 festgelegt werden. Zeichnet sich in der Erkundungsstufe 2 ein Sanierungsbedarf ab, so kann es sinnvoll sein, an ausgewählten Proben zusätzlich Parameter zu bestimmen, die im Rahmen der Sanierungsvorplanung für die Entwicklung und Beurteilung von Sanierungsalternativen benötigt werden.
6. Die Parameterliste kann sowohl für Grundwasser- als auch für Bodenproben verwendet werden. Bei der Untersuchung des Grundwassers ist zu prüfen, ob es nötig und sinnvoll ist, darüber hinaus weitere Parameter zu ermitteln, mit denen gegebenenfalls andere Schadstoffeinträge erkannt oder eine (ausnahmsweise) als eingeschränkt einzustufende Nutzungswürdigkeit des Grundwassers beurteilt werden kann. In diesem Zusammenhang wird auf das Altlastenhandbuch Baden-Württemberg /1/, Band 2 "Untersuchungsgrundlagen" hingewiesen, welches in Kapitel 2.6.2.1 "Grundwasser" in Tabelle 2 "Parameterumfang der Stufe 1" Vorschläge für solche weiteren Untersuchungsparameter enthält.

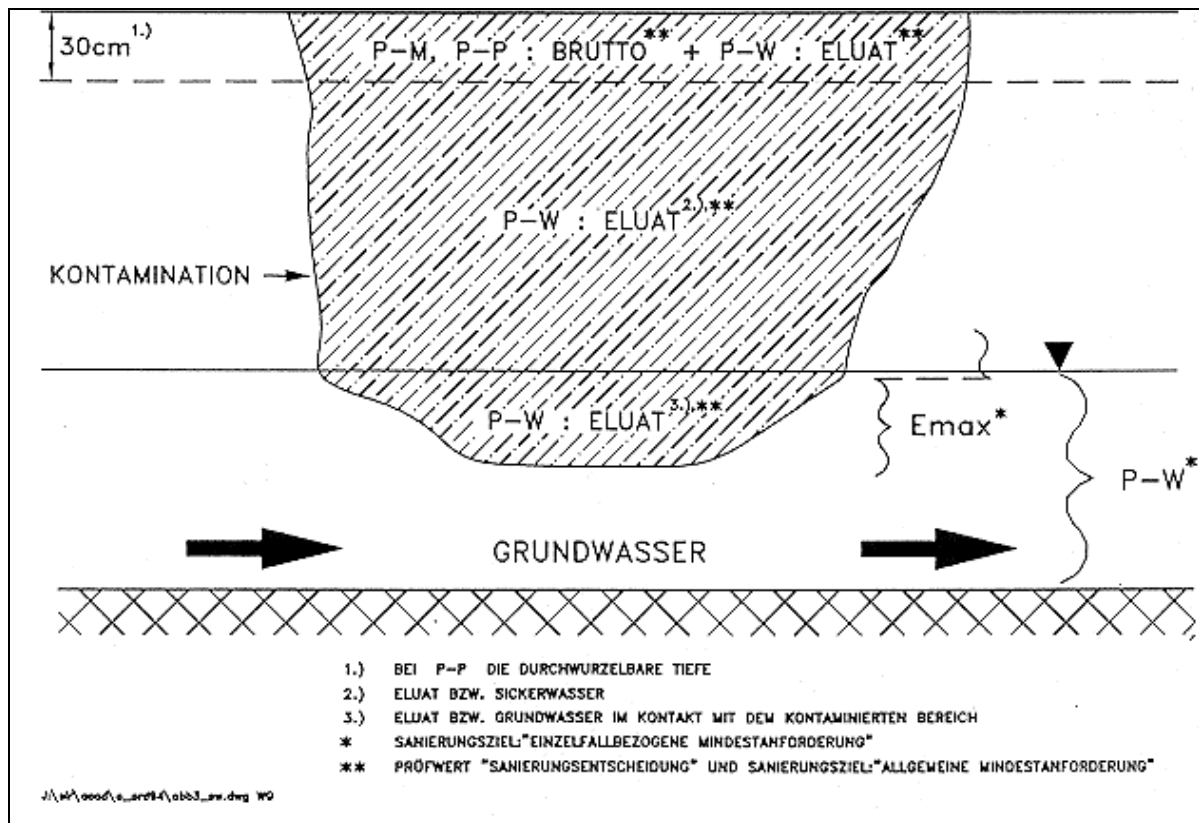


Abbildung 3: Art der Analyse in Abhängigkeit vom Probenahmeort für die Beurteilung nach VwV "Orientierungswerte /6/

3 Hinweise zur Sanierungsvorplanung

Die Notwendigkeit zur Sanierungsvorplanung ergibt sich dann, wenn sich am Ende der technischen Erkundung ein Sanierungsbedarf abzeichnet. Es sind dabei die am Standort in Frage kommenden Sanierungsalternativen (Dekontamination oder Sicherung) zu erarbeiten und nach monetären und nichtmonetären Bewertungskriterien den Sanierungszielen gegenüberzustellen. Das grundsätzliche Vorgehen bei der Sanierungsvorplanung ist in Baden-Württemberg in der Fortschreibung zum Altlastenhandbuch /23/ beschrieben, so daß an dieser Stelle darauf nicht näher eingegangen wird. Vielmehr sollen Hinweise zu den in Frage kommenden Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen unter dem Aspekt der hier, "branchentypischen Verunreinigung durch den Einsatz von Holzschutzmitteln" gegeben werden. Naturgemäß kann es sich hierbei lediglich um allgemeine Hinweise handeln, welche im Einzelfall anhand der standortspezifischen Rahmenbedingungen auf ihre Einsatzfähigkeit kritisch zu prüfen sind.

Im Hinblick auf Sicherungsverfahren stellen Standorte mit Kontaminationen durch Einsatz von Holzschutzmitteln keine Besonderheit dar, so daß grundsätzlich die breite Palette der Sicherungsverfahren (z.B. Oberflächenabdichtung, Umschließung, Immobilisierung, hydraulische Maßnahme ...) in Frage kommt. Die Anwendbarkeit der einzelnen Sicherungsverfahren ist in erster Linie durch die örtlichen hydrologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten bestimmt.

Bei den Dekontaminationsverfahren spielen neben den örtlichen Verhältnissen Art und Konzentration des Schadstoffinventares sowie das Reinigungsziel eine wesentlich größere Rolle.

Aufgrund der Zielsetzung der Holzschutzmittel sind praktisch alle Wirkstoffe und damit auch die vorhandenen Schadstoffe toxisch für Organismen also auch für Mikroorganismen. Infolgedessen sind mikrobiologische Verfahren zur Dekontamination von branchentypischen Kontaminationen nicht oder nur sehr eingeschränkt tauglich. Weiterhin handelt es sich bei den branchentypischen Schadstoffen überwiegend um nichtflüchtige, teils auch schwerflüchtige Stoffe, so daß pneumatische Verfahren (Bodenluftabsaugung) nur in Ausnahmefällen zur Dekontamination geeignet sind. Die Anwendbarkeit anderer Dekontaminationsverfahren (z.B. naßmechanisch, thermisch, chemisch ...) ist grundsätzlich gegeben, ihre tatsächliche Eignung ist aber wiederum von Art und Konzentration der Schadstoffe, Reinigungsziel und geologischen Rahmenbedingungen abhängig. Für die beiden Arten branchentypischer Schadstoffe, anorganisch bzw. organisch, sind unter der Voraussetzung, daß auch die bodenphysikalischen Rahmenbedingungen erfüllt sind, eine naßmechanische (Bodenwäsche) bzw. eine thermische Behandlung die derzeit geeignetsten Verfahren.

4 Weiterführende Literatur

- /1/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:
"Altlastenhandbuch", Band 1 und 2
Karlsruhe, 1989
- /2/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:
"Branchenkatalog zur historischen Erkundung von Altstandorten"
Schriftenreihe Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 3
Karlsruhe, 1990, 2. erw. Aufl. 1993
- /3/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:
"Handbuch historische Erhebung von altlastverdächtigen Flächen"
Schriftenreihe Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 9
Karlsruhe, 1992
- /4/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:
"Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten"
Schriftenreihe Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung
Karlsruhe, 1991/1992
- /5/ Grenzwerte, Kennzahlen zur Umweltbelastung in Deutschland und der EG
Tabellenwerk
Verlag ecomed, Landsberg 1992
(Loseblatt-Ausgabe)
- /6/ Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) und Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM): Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen, Stand: 12.08.1993, eingeführt mit der Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift vom 16.09.1993, Az.: 57-8490.1.40 (SM) - Az.: 32-8984.00/(San.-Ziel.) (UM) GABI Nr. 33 vom 30.11.1993, S. 1115-1123
- /7/ Laris, E.:
"Rohholzgewinnung und Gewerbeigenschaften des Holzes"
A. Hartleben's Verlag, Wien und Leipzig 1909
- /8/ Geiger, F.:
"Holzschutz"
Werner Verlag, Düsseldorf 1962
- /9/ Zartner, G.:
"Holzschutzmittel"
Eine Studie zum Problem der Gefährdung der Umwelt durch Holzschutzmittel
Karlsruhe, 1978 (vergriffen)
- /10/ Metzner, W.; Bellmann, H.:
"Holzschutz"
Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie,
4. Auflage, Band 12
Verlag Chemie, Weinheim 1976
- /11/ Bach, G.:
"Die Herstellung von Imprägnieröl und sein chemischer Aufbau"
in: Holz als Rohstoff und Werkstoff
Springer Verlag, Berlin 1983

- /12/ Forst, W.:
"Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie"
3. Auflage, Band 8
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1957
- /13/ DIN-Taschenbuch 132
"Holzschutz"
3. Auflage
Beuth Verlag, Berlin, Köln 1990
- /14/ Illner, H.M.:
"Boden und Grundwasserkontaminationen durch Holzschutzmittelbestandteile bei der Imprägnierung von Holz"
UTECH Berlin, Umwelttechnologieforum, 1990
- /15/ Kommunalverband Ruhrgebiet
"Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten"
Essen, 1989
- /16/ Bekanntmachungen des Bundesgesundheitsamtes:
Holzschutzmittel - 1. Mitteilung, Bundesgesundheitsblatt 11/86
Holzschutzmittel - 2. Mitteilung, Bundesgesundheitsblatt 07/89
Holzschutzmittel - 3. Mitteilung, Bundesgesundheitsblatt 01/90
Verlag Carl Heymanns, Köln
- /17/ IVV Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH:
"Programmsystem zur Ermittlung möglicher Schadstoffe von Altstandorten"
Braunschweig, 1991
- /18/ Schriften des Institutes für Bautechnik:
"Holzschutzmittelverzeichnis"
Erich Schmidt Verlag, Berlin 1991
- /19/ Umweltbundesamt:
"Einsatz von Holzschutzmitteln und damit behandelten Produkten in der Bundesrepublik Deutschland"
Reihe: Texte des Umweltbundesamtes
Berlin, 1993
- /20/ Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg:
"Erfahrungs- und Ergebnisbericht Modellstandorte II"
Karlsruhe, Dezember 1990
- /21/ Koch, R.:
"Umweltchemikalien", 2. Aufl.
VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim 1991
- /22/ Merian, E. (Hrsg.):
"Metalle in der Umwelt"
Verlag Chemie, Weinheim 1984
- /23/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
"Fortschreibung des Altlastenhandbuchs Stufe E₃₋₄"
Trischler und Partner GmbH, Karlsruhe 1992
- /24/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
„Arbeitshilfe zur Bewertung altlastverdächtiger Standorte auf Beweisniveau 1“
Institut für Umwelttechnik, Kirchzarten 1995

- /25/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
"Fortschreibung Handbuch historische Erhebung, Priorisierung von HISTE-E Standorten und HISTE-E Ablagerungen"
Zentraler Fachdienst der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1995

Anhang 1: Holzschutzverfahren und ihre Altlastenrelevanz

Anstreichen

Anwendungszeitraum: seit der Antike

Charakteristik:

- Oberflächenanstrich des Holzes mit Holzschutzmittel

Bedeutung / Verbreitung:

- Für Holzimprägnierbetriebe von geringerer Bedeutung, da das Verfahren kaum industriell eingesetzt wurde.
- Verwendung in erster Linie nur bei kleineren Betrieben
- Überwiegender Einsatz bei Hölzern für den Innenbereich

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Tropfverluste des verwendeten Mittels während des Anstreichens.
Im allgemeinen handelt es sich eher um kleinere Verluste

Mögliche Betriebsstörungen:

-

Verwendete Mittel:

- HF-Salze, SF-Salze, B-Salze, CFA-Salze, Teerölpräparate, lösemittelhaltige Präparate, Chlornaphthalin-Präparate

Spritzen-/Sprühen

Anwendungszeitraum: vermutlich seit der Antike

Charakteristik:

- Das Holzschutzmittel wird durch Spritzen auf das zu behandelnde Holz aufgebracht. In der Regel wurden hierfür einfache Handspritzen verwendet.

Bedeutung / Verbreitung:

- Handwerkliches Verfahren meist bei kleineren Betrieben eingesetzt.
- keine großindustrielle Anwendung
- teilweise auch bei bereits verbautem Holz eingesetzt
- Behandlung aller Arten von Bauholz

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- hohe Sprühmittelverluste zwischen 10 und 30 %. Bei Anwendung im Freien durch Windbewegung noch höhere Verluste
- Häufige Anwendung der Handstrüh-Verfahren im Freien
- Abtropfverluste des imprägnierten Holzes

Mögliche Betriebsstörungen:

-

Verwendete Mittel:

- HF-Salze, SF-Salze, B-Salze, CFA-Salze, lösemittelhaltige Mittel, ölartige Mittel

Sprühtunnel-Verfahren

Anwendungszeitraum: erst im 20. Jahrhundert

Charakteristik:

- Das Sprühtunnel-Verfahren ist eine Sonderform des Sprüh-Verfahrens. Die Hölzer werden mit Fördereinrichtungen durch eine Kammer mit Sprühring oder mehreren Düsen gefahren.
Die nicht vom Holz aufgenommene Imprägnierflüssigkeit wird in einer Bodenwanne aufgefangen und Kreislauf erneut zugeführt.

Bedeutung / Verbreitung:

- Anwendung teilweise auch bei größeren Betrieben
- Behandlung verschiedenster Arten von Bauholz

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Bei Sprühtunnelverfahren geringere Verluste als beim normalen Spühen, da das Holzschutzmittel in einer Wanne aufgefangen und im Kreislauf gefahren wurde. Dennoch sind Verluste von Holzschutzmittel durch Sprühnebel nicht auszuschließen.
- Abtropfverluste des imprägnierten Holzes

Mögliche Betriebsstörungen:

- Undichtigkeiten der Auffangwanne

Verwendete Mittel:

- HF-Salze, SF-Salze, B-Salze, CFA-Salze, lösemittelhaltige Mittel, ölartige Mittel

Eintauchen

Anwendungszeitraum: seit 19. Jahrhundert

Charakteristik:

- Kurzes allseitiges Eintauchen des zu behandelnden Holzes in das Imprägniermittel. Die Tauchzeit beträgt mehrere Minuten bis mehrere Stunden.
- Anwendung häufig in Holztrögen.
- Imprägnierungsmittelverbrauch ca. 20 - 35 kg/m³ Holz

Bedeutung / Verbreitung:

- Handwerkliches Verfahren, das meist in kleineren Betrieben angewandt wurde.
- Behandlung verschiedenster Bauholzarten

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Teilweise Lagerung tropfnassen Holzes über unbefestigten Flächen
- Tropfverluste beim Transport frisch imprägnierten Holzes bis zur Lagerfläche möglich.

Mögliche Betriebsstörungen:

- Undichtigkeiten des Troges zum Eintauchen
- Überlaufen des Troges.

Verwendete Mittel:

- Sublimat, HF-Salze, SF-Salze, B-Salze, CFA-Salze, lösemittelhaltige Präparate, ölartige Mittel

Standtränkung

Anwendungszeitraum: seit 19. Jahrhundert

Charakteristik:

- Einstellen des zu behandelnden Holzes mit einem Ende in die Imprägnationsflüssigkeit.
- Verwendung von kleinen Trögen und Bottichen zum Einstellen (meist aus Holz).
- Imprägnierungsmittelverbrauch ca. 2 - 3 kg/m³ Holz.

Bedeutung / Verbreitung:

- Handwerkliches Verfahren, meist in kleineren Betrieben angewandt.
- Überwiegend Imprägnierung von Baumpfählen, Stangen, Rebpfählen und Zaunlatten.

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Teilweise Lagerung tropfnassen Holzes über unbefestigten Flächen.
- Tropfverluste beim Transport frisch imprägnierten Holzes bis zur Lagerfläche möglich.

Mögliche Betriebsstörungen:

- Undichtigkeiten des Troges/Bottichs
- Überlaufen des Troges/Bottichs durch Überfüllung
- Verschütten von Imprägnierungsmittel beim Befüllen des Troges/Bottichs

Verwendete Mittel:

- ölartige Mittel, lösemittelhaltige Präparate, Sublimat, HF-Salze, SF-Salze, B-Salze, CFA-Salze

Trogtränkung

Anwendungszeitraum: seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

Charakteristik:

- Vollständiges Untertauchen des zu behandelnden Holzes in die Imprägnierungsflüssigkeit für eine Dauer von Stunden bis Tage.
- Imprägnierung in großen Trögen, die früher häufig aus Holz bestanden, in größeren Betrieben auch aus Beton oder Stahl.
- Imprägnierung größerer Holzmengen mit Handhabung großer Mengen an Imprägnierungsmittel.
- Imprägnierungsmittelverbrauch ca. 1 - 20 kg/m³ Holz

Bedeutung / Verbreitung:

- Bei größeren und kleineren Betrieben weit verbreitet.
- Anwendung zur Imprägnierung von Masten, Pfählen und Balken größerer Länge.

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Teilweise Lagerung großer Mengen tropfnassen imprägnierten Holzes über unbefestigten Flächen.
- Tropfverluste beim Transport frisch imprägnierten Holzes bis zur Lagerfläche.
- Handhabung großer Mengen an Imprägnationsflüssigkeit.
- Anfallen von imprägnierten Holzspänen, die regelmäßig aus dem Imprägnierungstrog entfernt und entsorgt werden müssen.

Mögliche Betriebsstörungen:

- Undichtigkeiten des Troges
- Überlaufen wegen Überfüllung des Troges
- Undichtigkeiten im Leitungssystem zum Umfüllen der Imprägnierungsflüssigkeit
- Undichtigkeiten im Lagerbehälter für Imprägnierungsflüssigkeit

Verwendete Mittel:

- Sublimat, HF-Salze, SF-Salze, CK-Salze, CKA-Salze, CKB-Salze, CKF-Salze, B-Salze, CF-Salze, CFA-Salze, CFB-Salze, lösemittelhaltige Mittel

Osmotierung

Anwendungszeitraum: unbekannt

Charakteristik:

- Frisch geschlagene Stämme werden entrindet und entbastet und mit einem Imprägniermittel in Pastenform eingestrichen. Die Stämme werden mit wasserdichtem Papier eingewickelt und gelagert.
- Die gesamte Imprägnierungszeit beträgt ca. 2 - 10 Wochen.
- Verbrauch von Imprägnierungsmittel ca. 3 - 4 kg/m³ Holz.

Bedeutung / Verbreitung:

- Einsatz zur Volltränkung von Hölzern, für die Kesseltränkung nicht erfolgreich durchführbar ist.

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Meist Lagerung des Holzes während des Imprägnierungsvorganges im Freien; dadurch bei nicht sachgemäßer Abdeckung Auswaschung von Imprägniermitteln in den Untergrund möglich.
- Anfallen von mit Imprägnierungsmittel bestrichenem Papier.

Mögliche Betriebsstörungen:

-

Verwendete Mittel:

- fast ausschließlich Metallsalze

Saftverdrängung

Anwendungszeitraum: seit ca. 1850

Charakteristik:

- Ersetzen des Holzsaftes im saftfrischen noch berindeten Holzstamm durch Imprägnierflüssigkeit. Das Imprägniermittel wird durch hydrostatischen Druck am Ende des Stammes eingepreßt und tritt nach Durchtränkung am gegenüberliegenden Ende aus (z.B. Boucherie-Verfahren).
- Die Imprägnierdauer beträgt ca. 5 - 20 Tage.
- Imprägniermittelverbrauch ca. 3 - 5 kg/m³ Holz.

Bedeutung / Verbreitung:

- Einziges Verfahren, das eine tiefreichende Imprägnierung von Fichten- und Tannestämmen erlaubt.
- trotz langer Imprägnierdauer im 19. Jahrhundert auch bei größeren Betrieben eingesetzt
- Imprägnierung von Leitungsmasten

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Tropfverluste von Imprägnierungsmittel während der Behandlung.

Mögliche Betriebsstörungen:

- Undichtigkeiten in der Anlage zur Imprägnierung.

Verwendete Mittel:

- anfangs Kupfersulfat
- später Fluorsalz-Verbindungen

Kesseldruck-Imprägnierung

Anwendungszeitraum: ca. seit 1850

Charakteristik:

- Allen Verfahren gemeinsam ist das Einbringen des zu imprägnierenden Holzes in einen druckdichten Kessel. Nach anfänglichem Erzeugen eines Vakuums wird durch Anlegen eines Überdruckes im Kessel das Imprägniermittel in das Holz eingepreßt.
- Mit diesem Verfahren wird eine weitgehende Volltränkung des Holzes erreicht.
- Handhabung großer Mengen an Imprägnationsmitteln.

Bedeutung / Verbreitung:

- Großtechnisch bedeutendes Verfahren zur Imprägnierung großer Holzmassen, das insbesondere zur Imprägnierung von Eisenbahnschwellen eingesetzt wurde.

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Lagerung großer Mengen an Imprägnieröl
- Imprägnationsmittelverluste beim Öffnen des Kessels möglich, wenn vorher keine vollständige Entleerung stattgefunden hat und keine Auffangwannen existierten.
- Tropfverluste beim Transport frisch imprägnierten Holzes möglich.
- Tropfverluste bei der Lagerung frisch imprägnierten Holzes möglich

Mögliche Betriebsstörungen:

- Leckagen an der Kesselanlage
- Leckagen am Leitungs-/Pumpensystem
- Überfüllung oder Beschädigung des Vorratstanks (Kriegseinwirkungen)
- Auslaufen von Kessel- und Tankwagen (-waggons)

Verwendete Mittel:

- HF-Salze, SF-Salze, CK-Salze, CKA-Salze, CKB-Salze, CKF-Salze, B-Salze, CF-Salze, CFA-Salze, CFB-Salze, Teerölpräparate, lösemittelhaltige Mittel, Chlornaphthalin-Präparate

Ein- und Anlagern von Salzen und Pasten

Anwendungszeitraum: unbekannt

Charakteristik:

- Ein- und Anlagerung von wasserlöslichen Salzen und Pasten, d.h. Anbringen von Schutzmitteln an besonders gefährdeten Holzteilen.

Bedeutung / Verbreitung:

- Häufig eingesetzt zum Schutz von Telefon-, Telegraphen- oder Strommasten im Erdkontakt.

Systembedingte Altlastenrelevanz:

- Mögliches Auswaschen von Imprägnationsmittel bei unsachgemäßer Anwendung bzw. Lagerung.

Mögliche Betriebsstörungen:

-

Verwendete Mittel:

- CFA-Salze

Anhang 2

Holzschutzmittel können in die beiden Hauptgruppen "wasserlösliche" und "ölige bzw. ölartige" Holzschutzmittel unterschieden werden. Sie werden in Kapitel 1 und 2 näher erläutert. Kapitel 3 enthält zusammenfassende Übersichtstabellen zu ihrer Anwendung und Altlastenrelevanz.

1 Wasserlösliche Holzschutzmittel

Bei den wasserlöslichen Mitteln handelt es sich in erster Linie um verschiedene Metallsalze, die sowohl als Einzelsalze als auch als Salzgemische angewandt wurden bzw. werden. Im allgemeinen erfolgt die Lieferung an die Firmen in Form von festen Salzen, welche erst vor Ort zu einer Imprägnierungslösung gebrauchsfertig angerührt werden. Nur in Sonderfällen erfolgte eine Anlieferung in flüssigem, gebrauchsfertigem Zustand.

Die Anwendung wasserlöslicher Mittel zur Holzimprägnierung ist breit gestreut. Die Haupteinsatzgebiete liegen in der Imprägnierung von Pfählen und Masten sowie ganzer Holzstämmen. Grundsätzlich wurden und werden sie für die gesamte Breite der möglichen Holzschutzverfahren eingesetzt (vgl. Abschnitt 3). Das breite Einsatzgebiet ergibt sich nicht zuletzt deshalb, weil die wasserlöslichen Mittel für praktisch alle Feuchtigkeitsstufen des Holzes, vom saftfrischen Holzstamm (z.B. Saftverdrängungsverfahren) bis hin zu trockenem Holz (z.B. Trogimprägnierung) Anwendung finden.

Nach der Art ihrer chemischen Grundsubstanzen sind die wasserlöslichen Imprägnierungsmittel in Anlehnung an die DIN 4076 zu untergliedern in

Kupfersulfat Sublimat	Quecksilber-II-Chlorid
CF-Salze	Alkalibichromat, -fluoride (Dinitrophenole)
CFA-Salze	Alkalibichromat, -fluoride, -arsenat (Dinitrophenole)
CFB-Salze	Alkalibichromat, -fluoride, B orsäure
SF-Salze	S ilicofluoride
HF-Salze	H ydrofluoride
B-Salze	anorg. B orverbindungen
CK-Salze	Alkalibichromat, K upfersalze
CKA-Salze	Alkalibichromat, K upfersalze, A rsenverbindungen
CKB-Salze	Alkalibichromat, K upfersalze, B orverbindungen
CKF-Salze	Alkalibichromat, K upfersalze, F luorverbindungen

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Anwendung wasserlöslicher Holzschutzmittel, im Hinblick auf die Altlastenrelevanz, ist die Fixierung im Holz. In dieser Hinsicht sind reine Fluor- und Borverbindungen nachteilig, da sie nur eine geringe Auslaugbeständigkeit besitzen. Zur Erhöhung der Fixierung der biologisch aktiven Schutzmittelkomponenten im Holz wurden und werden Arsen- sowie Chromverbindungen angewandt. Die Fixierung der Chrom-VI-Verbindungen in saurem Medium erfolgt durch Oxidation von Holzbestandteilen und damit der Bildung schwerlöslicher Chrom-III-Verbindungen. Die Fixierung ist erst nach einigen Tagen oder gar Wochen abgeschlossen. Solange der Vorgang noch nicht abgeschlossen ist, weisen die angewandten Holzschutzsalze nur eine geringe Auslaugbeständigkeit auf /10/. Bei

Lagerung im Freien, sofort nach der Imprägnierung, ist daher eine Auswaschung durch Niederschläge mit nachfolgenden Untergrundbelastungen nicht auszuschließen (vgl. Abschnitt 2.1).

Wegen der Vielzahl der verwendeten Holzschutzmittel ist mit einem weitgefächerten Spektrum an anorganischen und organischen Wirkstoffen zu rechnen. Es wurde hier darauf verzichtet, sie alle aufzuführen. Sie wurden von einer Vielzahl von Herstellern in wechselnder Zusammensetzung verwendet. Eine Auflistung von Produktnamen, Zusammensetzungen, Produktionszeiträumen und Herstellern wäre deshalb immer unvollständig.

2 Ölige bzw. ölartige Holzschutzmittel

Bei dieser Art von Präparaten handelt es sich um verschiedene organische Verbindungen, in erster Linie Steinkohlenteere (Karbolineen). Neben einer wasserabweisenden Schutzwirkung besitzen sie aufgrund toxischer Bestandteile sowohl insektizide als auch fungizide Wirkung.

Durch ihre hydrophoben Eigenschaften sind ölige bzw. ölartige Präparate einerseits auf die Anwendung bei trockenem Holz beschränkt, da sie ansonsten nur ein ungenügendes Eindringvermögen besitzen, andererseits weisen sie dadurch eine gute Auslaugbeständigkeit auf.

Die größte Verbreitung besitzt diese Gruppe bei der großtechnischen Anwendung zur Imprägnierung großer Holzmengen (z.B. Bahnschwellen), teilweise auch zum Streichen und Spritzen.

Im Gegensatz zu den wasserlöslichen Salzen werden die öligen bzw. ölartigen Mittel in gebrauchsfertigem Zustand, meist in Fässern oder auch Kesselwagen, angeliefert und gelagert. Die teilweise bei ihrer Verarbeitung auftretende stärkere Geruchsbelästigung in der Nachbarschaft kann bei der Befragung von Zeitzeugen wertvolle Hinweise auf ihren Einsatz geben (vgl. Abschnitt 2.1).

Nach ihrer Grundzusammensetzung lassen sich folgende Gruppen unterscheiden:

- Teerölpräparate (Karbolineen) Hauptbestandteile sind aromatische Kohlenwasserstoffe, stickstoffhaltige Heterocyclen und Phenole
- Präparate auf Lösungsmittelbasis Hauptbestandteile sind Chlornaphthaline, chlorierte Phenole, chlorierte Kohlenwasserstoffe, organische Phosphorsäureester und teilweise organische Metallverbindungen

3 Holzschutzmittel-Datenblätter

In den folgenden Datenblättern sind die wichtigsten altlastenrelevanten Eigenschaften von früher üblichen Holzschutzmitteln zusammengefaßt, wie Art des Schutzmittels, Verfahren der Anwendung, Anwendungsgebiete, chemische Charakterisierung, Aggregatzustand bei Lieferung durch den Hersteller bzw. bei Lagerung sowie die altlastenrelevanten Inhaltsstoffe.

Die Einteilung der Mittel wurde nach den Wirkstoffen vorgenommen. Die Bezeichnung des Holzschutzmittels, z.B. CFB-Salz, bezieht sich auf die chemische Charakterisierung der Wirkstoffe, nicht aber auf die Handelsbezeichnungen, die davon abweichen können.

Aufgrund der verwirrenden Vielfalt von Herstellern und Produktnamen mit häufig nicht eindeutig zu identifizierenden Wirkstoffen wurde auf die Nennung von Handelsbezeichnungen und/oder Produktnamen bewußt verzichtet. Zur Identifizierung neuerer Produkte wird in diesem Zusammenhang auf das Holzschutzmittelverzeichnis des Institutes für Bautechnik /18/ verwiesen, das eine vollständige Liste aller in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Präparate enthält. Die Identifizierung der Wirkstoffe älterer Präparate nach Literaturangaben ist demgegenüber vielfach unmöglich, Anhaltspunkte in beschränktem Umfang können sich durch die Verwendungszeiträume bestimmter Mittel oder teilweise durch die Art des verwendeten Holzschutzverfahrens ergeben.

Tabelle 1 enthält für die wichtigen Holzschutzmittel, die hauptsächlichste Form ihrer Anwendung und ihre altlastrelevanten Inhaltsstoffe.

Tabelle 1: Holzschutzmittel und die hauptsächliche Art ihrer Anwendung

Holzschutzmittel	Wichtigstes Verfahren	Altlastenrelevante Inhaltsstoffe
I. Wasserlösliche Mittel		
Kupfersulfat	Saftverdrängung	Kupfer
Quecksilberchlorid (Sublimat)	Trogimprägnierung, Tauchimprägnierung	Quecksilber
CF-Salze	Kesseldruckimprägnierung, Trogränkung	Chrom III und VI, Bor, Fluor
CFA-Salze	Trogränkung, Kesseldruckimprägnierung	Chrom III und VI, Arsen, Fluor
CFB-Salze	Kesseldruckimprägnierung, Trogränkung	Chrom III und VI, Bor, Fluor
SF-Salze	Trogränkung, Tauchen	Zink, Fluor, Kupfer, Ammonium
HF-Salze	Trogränkung, Tauchen	Ammonium, Fluor
B-Salze	Trogränkung, Tauchen	Bor
CK-Salze	Kesseldruckimprägnierung, Trogränkung	Kupfer, Chrom III und VI
CKA-Salze	Trogränkung, Kesseldruckimprägnierung	Kupfer, Chrom III und VI, Arsen
CKB-Salze	Kesseldruckimprägnierung, Trogränkung	Chrom III und VI, Kupfer, Bor
CKF-Salze	Kesseldruckimprägnierung, Trogränkung	Chrom III und VI, Kupfer, Fluor

Holzschutzmittel	Wichtigstes Verfahren	Altlastenrelevante Inhaltsstoffe
II. Ölige/ölartige Mittel		
Teerölpräparate	Kesseldruckimprägnierung, Streichen	PAK, Phenole
Lösemittelhaltige Präparate	Kesseldruckimprägnierung, Sprühtunnelverfahren	Chlorphenole
Chlornaphthalin-Präparate	Kesseldruckimprägnierung, Sprühtunnelverfahren	Chlornaphthaline, PAK

Kupfersulfat

Chem. Charakterisierung:

- Kupfersulfat

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Kupfer

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Sprühtunnelverfahren
- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung
- Streichen
- Tauchen

Anwendungsgebiete:

- Mastenimprägnierung

Quecksilberchlorid (Sublimat)

Chem. Charakterisierung:

- Quecksilber-II-Chlorid Salz

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest
- In Einzelfällen auch Herstellung von Sublimat aus metallischem Quecksilber und Chlorgas vor Ort.

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Quecksilber (metallisch oder in unterschiedlicher anorganischer oder organischer Bindung)

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Trogimprägnierung
- Tauchimprägnierung

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Pfähle, in Ausnahmefällen auch Eisenbahnschwellen

CF-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Präparat auf der Basis von Chrom- und Fluorverbindungen (Alkalifluoride, -bichromat)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chrom III, VI
- Fluorid

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogimprägnierung

Anwendungsgebiete:

- für geringere Auswaschbeanspruchung (vorwiegend Innenbereich)

CFA-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Schutzsalz auf Natrium- und Kaliumdichromat- sowie Dinatriumarsenat- und
- Natriumfluorid-Basis (teilweise mit Zusatz von Dinitrophenol)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chrom III, VI
- Arsen
- Fluorid
- Phenol

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Trogränkung
- Kesseldruckimprägnierung
- Tauchen
- Streichen
- Sprühtunnelverfahren

Anwendungsgebiete:

- Telegrafentangen
- Elektrizitätsmasten
- Eisenbahnschwellen
- Wasserbauholz

CFB-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Mittel auf der Basis von Chrom-, Bor- und Fluorverbindungen (Alkalifluoride, -bichromat)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chrom III, VI
- Bor
- Fluorid

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung

Anwendungsgebiete:

- Alle Arten von Holz im Außenraum, jedoch ohne Erd- und ständigen Wasserkontakt

CF-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Zink-, Magnesium-, Kupfer- und Ammoniumfluorsilikate (Alkalifluoride, -bichromat)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Zink
- Fluorid
- Kupfer
- Ammonium

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung
- Streichen
- Tauchen
- Sprühtunnelverfahren

Anwendungsgebiete:

- trocken verbautes Holz

HF-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Kalium- und Ammoniumhydrogenfluoride (Alkalifluoride, -bifluoride)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Ammonium
- Fluorid

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Sprühtunnelverfahren
- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung
- Streichen
- Tauchen

Anwendungsgebiete:

- meist für trocken verbautes Holz

B-Salze

Chem. Charakterisierung:

- anorganische Borverbindungen in Form von Borax, Borsäure und Polyboraten

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Bor

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogtränkung
- Streichen
- Tauchen
- Sprühtunnelverfahren

Anwendungsgebiete:

- nur trocken verbautes Holz

CK-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Präparat mit Kupfersalzen und Alkalibichromat

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Kupfer
- Chrom III, VI

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogtränkung

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Telegrafentangen
- allg. für Holz mit Erdkontakt

CKA-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Präparat auf der Basis von Alkalichromat, Kupfersalzen und Arsenverbindungen

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Kupfer
- Chrom III, VI
- Arsen

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Trogränkung
- Kesseldruckimprägnierung

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Telegrafentangen
- allg. für Holz mit Erdkontakt

CKB-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Präparat auf der Basis von Kupfersalzen, Alkalibichromaten und Borverbindungen

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chromat III, VI
- Kupfer
- Bor

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Telegrafentangen
- allg. für Holz mit Erdkontakt

CKF-Salze

Chem. Charakterisierung:

- Präparat auf der Basis von Alkalibichromat, Kupfersalzen und Fluorverbindungen

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- fest

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chrom III, VI
- Kupfer
- Fluorid

Schutzmittelart:

- wasserlösliches Schutzsalz

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogtränkung

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Telegrafentangen
- allg. für Holz mit Erdkontakt

Teerölpräparate

Chem. Charakterisierung:

- Destillate aus Steinkohlenteerölen (Karbolineen)

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- flüssig

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- PAK nach EPA bzw.
- PAK Einzelsubstanzen (z.B. Naphthalin, Diphenyl, Fluoranthen, Benzo-a-pyren)
- N-haltige Heterocyclen (Pyridin, Chinoline ..)
- Phenole
- Mineralölkohlenwasserstoffe

teilweise als Verunreinigungen:

- Arsen
- Quecksilber
- Fluorid
- Chrom III, VI

Schutzmittelart:

- ölige Mittel

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Einstelltränkung
- Streichen

Anwendungsgebiete:

- Masten
- Eisenbahnschwellen
- Zäune
- allg. für Holz im Außenraum mit Erdkontakt

Lösemittelhaltige Präparate

Chem. Charakterisierung:

- Organische Fungizide und Insektizide in organischen Lösemitteln

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- flüssig

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Tetrachlorphenol
- Pentachlorphenol
- Pentachlorphenol-Natrium

teilweise:

- DDT (seit 1972 verboten)
- HCH (seit 1972 verboten)
- Lindan (= HCH-Isomer)
- Metallnaphthenate
- PCB (seit 1978 verboten)

teilweise als Verunreinigungen:

- Dioxine, Furane

Schutzmittelart:

- ölartige Mittel

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung
- Streichen
- Tauchen
- Sprühtunnelverfahren

Anwendungsgebiete:

- sowohl für Holz im Innen- und Außenbau
- Innenausbau wird durch Prüfbescheid geregelt

Chlornaphthalin-Präparate

Chem. Charakterisierung:

- Chlornaphthaline als Insektizid und Fungizid in organischen Lösemitteln

Aggregatzustand:

(Anlieferung / Lagerung)

- flüssig

Altlastenrelevante Inhaltsstoffe:

(empfohlene Analysenparameter)

- Chlornaphthaline
- PAK

Schutzmittelart:

- ölartige Mittel

Verfahren:

(vgl. Anhang 1)

- Kesseldruckimprägnierung
- Trogränkung
- Streichen
- Tauchen
- Sprühtunnelverfahren

Anwendungsgebiete:

-

Anhang 3: Verhalten der wichtigsten Holzschutzmittel im Untergrund

Betrachtet werden an dieser Stelle nur die altlastenrelevanten Bestandteile der einzelnen Holzschutzmittel, die aus der Sicht des Holzschutzes als Wirkstoffe, aus Sicht der Altlastenbearbeitung als Schadstoffe zu bezeichnen sind.

Das Hauptaugenmerk wurde bei der Beschreibung ihres Verhaltens im Untergrund darauf gerichtet, die grundlegenden chemisch-physikalischen Eigenschaften in allgemeiner Form darzustellen. Ein Ersatz für weitergehende Literatur, zur Beantwortung spezieller Fragen, kann dies jedoch nicht sein. Darüber hinaus sind die spezifischen Rahmenbedingungen des Einzelfalles von ausschlaggebender Bedeutung für eine Gefährdungsabschätzung.

Hinsichtlich der potentiellen Gefährlichkeit gilt, daß praktisch alle in Holzschutzmitteln verwendeten Wirkkomponenten als stark toxisch eingestuft werden können.

Für das Verhalten in der Umwelt sind vor allem folgende chemisch-physikalische Eigenschaften ausschlaggebend:

- Flüchtigkeit
- Löslichkeit im Wasser
- Adsorbierbarkeit im Boden

Nachfolgend werden die wichtigsten branchentypischen Wirk-/Schadstoffe hinsichtlich der genannten Faktoren im Überblick beschrieben.

1 Anorganische Wirk-/Schadstoffe

Die relevanten anorganischen Wirk-/Schadstoffe sind den Schwermetallen und Halbmetallen sowie den Halogenen zuzuordnen. Die wichtigsten und verbreitetsten branchentypische Schadstoffe sind Chrom, Kupfer, Quecksilber, Zink, Arsen sowie Bor, Fluor und Ammonium.

Chrom kommt natürlicherweise in den Oxidationsstufen +3 und +6 in Form von Chrom-(III) und Chrom-(VI)-verbindungen (Chromate) vor. Aus toxikologischer Sicht ist in erster Linie das Chrom-(VI) von Bedeutung. Chrom-(VI)-verbindungen sind im Gegensatz zu Chrom-(III)-verbindungen gut wasserlöslich, sie werden aber bei Anwesenheit von organischem Material schnell zu stabilem Chrom-(III) reduziert und im Untergrund bereits in den obersten Bodenschichten weitgehend fixiert. Bei Anwesenheit von Chrom-(VI)-verbindungen können diese leicht in das Grundwasser eingetragen werden, aber auch für Chrom-(III) ist eine (wenn auch geringe) Bodenmigration nicht völlig auszuschließen. Eine Verfrachtung von Chrom-Verbindungen mit Staubpartikeln ist zu beachten, so daß bei Vorliegen von Chromkontaminationen an der Erdoberfläche der Luftpfad durch Verwehungen relevant sein kann /22/.

Kupfer wird im allgemeinen bereits im Oberboden stark gebunden. Die Bindung erfolgt überwiegend silikatisch bzw. in starker Bindung an organische Substanz, Metall-Oxide oder Tonminerale. Durch die starke Bindung wird Kupfer kaum verlagert, so daß eine Auswa-

schung in das Grundwasser kaum stattfindet. Eine nennenswerte Mobilität von Kupfer existiert nur im stark sauren Milieu. Der Luftpfad ist nur relevant, wenn eine Verwehung des Schadstoffes nicht ausgeschlossen werden kann /17/.

Quecksilber kommt in der Natur sowohl elementar als auch in Form anorganischer und organischer Verbindungen vor. Aus toxikologischer Sicht sind in erster Linie die organischen Verbindungen von Bedeutung. Organische Quecksilberverbindungen zeichnen sich durch eine relativ hohe Flüchtigkeit und Mobilität in der Atmosphäre aus, so daß der Luftpfad in diesem Fall relevant ist. Im Untergrund erfolgt dagegen eine relativ schnelle Sorption in den obersten Bodenschichten, eine Migration in grundwasserführende Schichten konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Bei den anorganischen Verbindungen sind die Quecksilber-(I)-verbindungen mit Ausnahme der Fluoride schwerlöslich und damit weniger toxisch. Im Gegensatz dazu sind die Quecksilber-(II)-Verbindungen, insbesondere das hochgiftige Quecksilber-(II)-chlorid, das bei der Holzimprägnierung eingesetzt wurde, sehr gut wasserlöslich. Der Luftpfad ist bei Verwehungen und aufgrund der Flüchtigkeit im Hinblick auf elementares Quecksilber relevant /21/.

Bei **Zink** erfolgt wie bei allen Metallen bereits im Boden eine unspezifische Adsorption durch coulombsche Kräfte bzw. eine spezifische Adsorption an Tonminerale, Metall-Oxide oder organische Substanz. Zink zählt aber insgesamt zu den im Boden relativ mobilen Metallen, so daß eine Auswaschung in das Grundwasser nicht auszuschließen ist. Der Luftpfad ist nur im Fall einer Verwehung des Schadstoffes relevant /17/.

Natürlicherweise kommt **Arsen** in den Oxidationstufen +3 und +5 entsprechend als Arsenit- bzw. Arsenationen vor. Die Löslichkeit der verschiedenen Verbindungen variiert stark. Die Verteilung von Arsen in der Umwelt erfolgt hauptsächlich in aquatischen Systemen und im Boden. Im Wasser überwiegen dabei die Arsenate. Arsenate werden in Böden und Sedimenten relativ schnell an Eisen- und Aluminiumhydroxide adsorbiert. In der wässrigen Phase bildet Arsen z.B. mit Calcium-, Aluminium- oder Eisenverbindungen unlösliche Niederschläge, die zu einer Arseneliminierung aus Wässern beitragen. Kontaminationen in der Atmosphäre entstehen überwiegend durch Verwehungen, teilweise können aber durch Biomethylierungen im Oberboden auch flüchtige Arsenverbindungen entstehen /21/.

Bor kommt in der Umwelt meist in Form von Borsäure oder ihrer Salze vor. Beide sind gut wasserlöslich. Allerdings wird Bor durch Tonminerale, organische Substanz oder Eisen- und Aluminiumoxide stark adsorbiert, so daß nur untergeordnet mit einer Auswaschung in das Grundwasser zu rechnen ist. Abgesehen von Verwehungen ist der Luftpfad nur bei Vorliegen von Borsäure relevant, die eine geringe Flüchtigkeit besitzt /17/.

Fluor ist in Form von Fluoriden im allgemeinen gut wasserlöslich. Im Boden wird es allerdings durch OH-Gruppen leicht ausgetauscht und dadurch in starker Bindung an Eisen- und Aluminiumoxide oder Tonminerale festgelegt. Teilweise bildet sich auch schwerlösliches Calciumfluorid. Eine Auswaschung ist aber in Form löslicher Komplexverbindungen mit Aluminium möglich /17/.

Ammonium ist im allgemeinen nur unter reduzierenden Bedingungen stabil. Im Boden wird es stark an Tonminerale gebunden, so daß eine Verlagerung im Boden nur von untergeord-

neten Bedeutung ist. Eine Belastung des Grundwassers durch ausgewaschenes Ammonium ist allerdings bei hohen Bodenbelastungen nicht auszuschließen /17/.

2 Organische Wirk-/Schadstoffe

Von den **organischen Wirk-/Schadstoffen** stehen, neben einer ganzen Reihe anderer Verbindungen, bei Holzimprägnierungsstandorten die Karbolineen, PAK und Chlorphenole im Vordergrund. Darüber hinaus sind auch Phenol und PCB von Bedeutung.

Bei den **Karbolineen** handelt es sich um Mischungen hochsiedender aromatischer Kohlenwasserstoffe. Sie bestehen überwiegend aus PAK mit geringen Ringzahlen, enthalten außerdem N-haltige Aromaten und liegen bei Zimmertemperatur in flüssigem Aggregatzustand vor. Die Flüchtigkeit ist gering. Bei Eindringen in den Untergrund werden sie bei Vorliegen hoher Feinkornanteile bereits in der ungesättigten Bodenzone stark adsorbiert. Die Dichte schwankt zwischen 1,04 und 1,15 und liegt damit höher als die Dichte von Wasser. Die Löslichkeit der Einzelverbindungen hängt stark von der Ringzahl der Aromaten ab. Zwei- bis drei-Ring-Aromaten sind relativ gut wasserlöslich. Die Mehr-Ring-Aromaten sind weitgehend wasserunlöslich, im Falle ihres Eindringens in das Grundwasser ist die Bildung einer Phase auf der Aquifersohle möglich /21/. In jedem Fall ist mit einer Grundwassergefährdung durch Karbolineen zu rechnen.

Die Gruppe der **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)** besteht aus Verbindungen mit mindestens 3 oder mehr kondensierten Benzolringen. Wesentlich für die chemisch-physikalischen Eigenschaften der PAK ist die Anzahl der kondensierten Benzolringe. Mit zunehmender Ringzahl nehmen Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit deutlich ab. Bei Verbindungen mit mehr als 3 kondensierten Benzolringen ist die Flüchtigkeit nur noch von untergeordneter Bedeutung, in Wasser sind diese Verbindungen praktisch unlöslich. Die Bio- und Geoakkumulationstendenz ist im allgemeinen hoch, sie wächst mit zunehmender Ringzahl. Der Abbau der höheren PAK im Boden ist gering. Ein evtl. Lufttransport der meisten PAK geschieht durch die Adsorption an Feststoffpartikel. Die Mobilität in aquatischen Systemen wird im wesentlichen durch die hohe Sorptionstendenz an Sedimente beeinflusst /21/.

Bei den **Chlorphenolen** werden die chemisch-physikalischen Eigenschaften durch den Grad der Chlorierung bestimmt. Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit nehmen mit zunehmendem Chlorierungsgrad ab, die Bio- und Geoakkumulationstendenz wächst. Bei Zimmertemperatur sind die Chlorphenole fest, die Dichte liegt über 1,2. Die Löslichkeit beträgt bis zu 27 g/l. Aus der Gruppe der Chlorphenole ist im Hinblick auf ehemalige Holzimprägnierungsstandorte in erster Linie das **Pentachlorphenol (PCP)** von Bedeutung. Es ist bei Zimmertemperatur fest und schwerflüchtig, die Dichte beträgt 1,98 g/cm³. PCP ist damit schwerer als Wasser und sinkt ab. Die Löslichkeit in Wasser ist geringfügig. Wegen der hohen Giftigkeit bilden sich trotzdem giftige Gemische mit Wasser, die auch bei großer Verdünnung noch wirksam sind. PCP ist stark wassergefährdend (WGK 3). Aufgrund des geringen Dampfdruckes ist der Luftpfad bei PCP nur in geschlossenen Räumen von Bedeutung, im Freien dagegen sind lediglich Verwehungen des Schadstoffes zu beachten. Im alkalischen Milieu (z. B. in Beton) verbindet sich PCP leicht zu Na- bzw. K-Phenolaten und ist als Salz damit nichtflüchtig.

Als Wirk-/Schadstoffe kommen die **Phenole** in Holzschutzmitteln hauptsächlich als Bestandteile der Karbolineen vor. Aus der großen Gruppe der Phenole sind im wesentlichen das Phe-

nol, Kresole, Dimethylphenol und Methyl-Acetylphenol von Bedeutung. Darüber hinaus wurde teilweise Dinitrophenol als Zusatz in CFA-Salzen verwendet.

Bei den Phenolen handelt es sich um hydroxylierte aromatische Kohlenwasserstoffe, die im allgemeinen durch einen niedrigen Dampfdruck, und entsprechend geringe Flüchtigkeit charakterisiert sind. Demgegenüber sind Phenole wassergefährdend (WGK 2). Durch die gute Wasserlöslichkeit (bis 67 g/l) besitzen Phenole eine hohe Mobilität im Boden, so daß Grundwasserkontaminationen bei Phenolverunreinigungen im Boden wahrscheinlich sind. Phenole sind relativ leicht mikrobiell abbaubar /21/.

Bei den **polychlorierten Biphenylen (PCB)** sind die chemisch-physikalischen Eigenschaften vom Grad der Chlorierung abhängig. Während die Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit mit zunehmendem Chlorierungsgrad abnehmen, steigen die Lipophilie und die Bio- und Geoakkumulationstendenz. Niedrig chlorierte PCB sind flüssig, höher chlorierte fest. Da alle PCB schwerflüchtig sind spielt der Luftpfad bei der Verfrachtung nur eine untergeordnete Rolle. Wesentlich für das Verhalten im Boden ist die ausgeprägte Sorptionstendenz in Böden und Sedimenten. Die Wasserlöslichkeit ist im allgemeinen gering, nur bei niedrig chlorierten PCB beträgt sie bis zu 175 mg/l /21/. Alle PCB sind stark wassergefährdend (WGK 3).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verwendungszeiträume verschiedener Holzimprägnierungsmittel	3
Abbildung 2: Altlastenrelevante Flächen an einem ehemaligen Holzimprägnierungsstandort nach Abschluß der Historischen Erkundung.....	8
Abbildung 3: Art der Analyse in Abhängigkeit vom Probenahmeort für die Beurteilung nach VwV "Orientierungswerte /6/	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Holzschutzmittel und die hauptsächliche Art ihrer Anwendung.....	30
---	----

Indexverzeichnis

A

Ammonium	
Holzschutzmittel.....	47
Analysenprogramm	
Holzimprägnierungsstandort	10
anorganische Stoffe	
Holzimprägnierungsstandort	46
Holzschutzmittel.....	46
Arsen	
Holzschutzmittel.....	47

B

Bor	
Holzschutzmittel.....	47

C

Chlorphenole	
Holzschutzmittel.....	48
Chrom	
Holzschutzmittel.....	46

F

Fluor	
Holzschutzmittel.....	47

H

historische Erhebung	
Holzschutzmittel.....	5
historische Erkundung	
Holzschutzmittel.....	5, 6
Holzimprägnierungsstandort	
Allgemeines	8
Analysenprogramm.....	10
anorganische Wirk-/Schadstoffe.....	46
organische Wirk-/Schadstoffe	48
Probenahme	9
Sanierungsvorplanung	13
Holzschutz	2
Holzschutzmittel	
Allgemeines	2
Ammonium.....	47
anorganische Wirk-/Schadstoffe.....	46
Anwendung.....	30
Arsen.....	47
Bor	47
Chlorphenole	48
Chrom	46
Datenblätter	29
Erkundungsstrategie	5
Fluor.....	47

historische Erhebung.....	5
historische Erkundung.....	5, 6
Karbolineen.....	48
Kupfer	46
ölig bzw. ölartig	2, 28
organische Wirk-/Schadstoffe.....	48
Pentachlorphenol (PCP).....	48
Phenole.....	48
polychlorierte Biphenyle (PCB).....	49
polycyclische aromatische	
Kohlenwasserstoffe (PAK)	48
Quecksilber	47
Sofortmaßnahmen	5
Verhalten im Untergrund	46
Verwendungszeiträume.....	3
wasserlöslich	2, 27, 30
Zink	47

Holzschutzmittel-Datenblatt

B-Salze.....	38
CFA-Salze.....	34
CFB-Salze	35
CF-Salze.....	33, 36
Chlornaphthalin-Präparate	45
CKA-Salze	40
CKB-Salze	41
CKF-Salze.....	42
CK-Salze	39
HF-Salze	37
Kupfersulfat	31
lösemittelhaltige Präparate.....	44
Quecksilberchlorid (Sublimat).....	32
Teerölpräparate	43

Holzschutzverfahren

Allgemeines	3, 17
Anstreichen	17
Ein- und Anlagern von Salzen und	
Pasten	26
Eintauchen.....	20
Kesseldruck-Imprägnierung	25
Osmotierung.....	23
Saftverdrängung	24
Spritzen-/Sprühen	18
Sprühtunnel-Verfahren.....	19
Standtränkung	21
Trogtränkung.....	22

K	Holzschutzmittel	49
Karbolineen	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	
Holzschutzmittel.....		48
Kupfer	Holzschutzmittel	48
Holzschutzmittel.....		46
O	Probennahme	
organische Stoffe	Holz imprägnierungsstandort.....	9
Holz imprägnierungsstandort		48
Holzschutzmittel.....		48
P	Q	
Pentachlorphenol (PCP)	Quecksilber	
Holzschutzmittel.....	Holzschutzmittel	47
Phenole	S	
Holzschutzmittel.....	Sanierungsvorplanung	
polychlorierte Biphenyle (PCB)	Holz imprägnierungsstandort.....	13
	Z	
	Zink	
	Holzschutzmittel	47