Wassermaste

Die Gittermaste mancher Stromleitungen sind - wie Venedig auch - auf Holzschwellen gegründet. Dies betrifft meist 110kV-Leitungen vor dem Baujahr 1960. Die Holzschwelle liegt dann in einer Tiefe von ca. 2,6 m und besteht in der Regel aus sechs oder acht Balken mit 3m Länge. Die Stahlmaste sind mit den Balken verschraubt. Damit das Holz nicht verrottet, wurde es mit Holzschutzmitteln imprägniert. Bei hohen Wasserständen liegt die Holzschwelle im Schwankungsbereich des Grundwassers. In diesen Fällen werden Holzschutzmittel an das Grundwasser abgegeben.

Im ersten Teil dieses Papiers werden die verwendeten Holzschutzmittel, deren Applikation, die in der Schwelle vorhandenen Stoffmengen und deren Auslaugverhalten beschrieben.

Im zweiten Abschnitt wird eine bewährte bautechnische Verfahrensweise für den Schwellenausbau im Grundwasser angegeben.

Mit dem Ausbau der Schadstoffquelle sind nicht unbedingt auch die Schäden, die die Schwelle im Grundwasser hinterlassen hat, beseitigt. Um des Ausmaß dieser Schäden beschreiben zu können, wird im dritten Abschnitt ein mathematisches Verfahren angeben. Diese Modellierung ermöglicht nun nicht nur, die nach der Sanierung noch verbliebene Schadstoffmasse anzugeben, sondern auch die künftige Ausbreitung der Schadstoffe zu berechnen und zu bewerten.

Zum Schluss beschreibe ich kurz meine Erfahrungen, die ich bei der Sanierung von etwa 250 Masten gemacht habe.

Im Anhang finden sich Anleitungen und Normen zur Holzimprägnierung.

A) Holzschutzmittel

Schadstoffe

1. Quecksilberchlorid
Quecksilberchlorid ist der Wirkstoff bei kyanisierten Hölzern.
Typischer Einsatz ist bei Telegraphenstangen, Hopfenstangen, Strommasten, …
Indikatorstoff ist Hg.

2. Teeröl
Teeröl (Anthracenöl) ist ein Steinkohledestillat mit guter Holzschutzwirkung.
Typischer Einsatz ist bei Eisenbahnschwellen, Jägerzäunen, Holzsilos, …
Indikatorstoffe sind die PAKs Fluoren, Phenanthren und Anthracen.

3. andere Holzschutzwirkstoffe wie Arsenat, Chormat, Borat, Fluorid, …
sind bei hölzernen Mastschwellen bisher nicht aufgetreten.

Verteilung im Holz

Beide Holzschutzmittel (Teeröl und $HgCl_2$) wurden im Trogverfahren appliziert. Daraus resultiert die geringe Eindringtiefe, im Gegensatz zu der heute üblichen Druck- oder Vakuumimprägnierung. Mittlere Eindringtiefen für Nadelholz unter der Modellierung $C(x) = A^* \exp(-x^2/2\sigma^2)$ mit

x = Abstand zur Holzoberfläche und
A = Oberflächenkonzentration

sind:

σ = 6,9 mm bei $HgCl_2$
σ = 6,0 mm bei Teeröl

Die Ausgangskonzentrationen der Imprägnierungslösungen waren:

0,7 % wässrige $HgCl_2$-Lösung
100% Teeröl

Die Imprägnierungszeiten im Trog waren üblicherweise [1]

8 Tage bei Kiefer Lärche
10 Tage bei Fichte, Tanne

Bei der $HgCl_2$-Imprägnierung tritt eine Aufkonzentrierung im Holz auf [1].

Schadstoffinventar

Ein typisches Mastschwellenfundament hat folgende Eigenschaften.

Holzart	: Kiefer	
Balkenzahl	: 6 - 8	
Abmaße	: 3m * 16cm * 24cm.	
Oberfläche	: 15 - 20 m²	
Volumen	: 0,7 - 1 m³	
Masse	: 0,5 – 0,7 to	
PAK	: 0,8 kg	(bei Teerölimprägnierung)
Hg	: 1,0 kg	(bei Kyanisierung)

Emittierte Stoffmengen

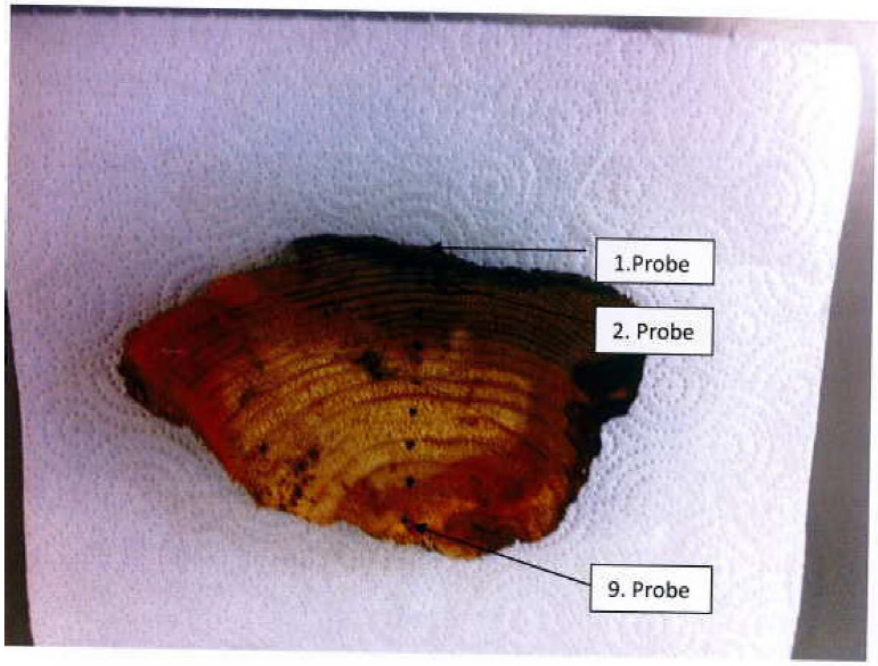
Im Laufe der 70 bis 80-jährigen Betriebszeit geben die Hölzer die eingelagerten Imprägnierungsstoffe durch Diffusion an die Holzoberfläche und an den umgebenden Boden ab. Die emittierten Stoffmengen je Holzschwellenfundament in 70 Jahren betragen [2]:

PAK : 0,26 kg
Hg : ??

Für Hg liegen mir derzeit die Rohdaten von etwa 50 Masten vor, die ich jedoch noch nicht ausgewertet habe. Wenn die Schwelle im Grundwasser liegt oder Sickerwasser vorbeiströmt, wird ein Teil der freigesetzten Stoffe mit dem Wasser transportiert (Advektion) und diffundieren dort in gelöster Form. Der durchflossene Boden wird dabei nur gering belastet.

Dynamik (Diffusion Holz → Wasser)

Ausschlaggebend für die Diffusion der Imprägnierungsstoffe vom Holz ins Wasser ist die Oberflächenbelegung des Holzes. Da eine Verarmung an der Oberfläche eintritt, wird der Transport durch die Nachdiffusion im Holz gesteuert. Das ist im Wesentlichen der inverse Vorgang zur Imprägnierung. Sowohl der Stoffeintritt als auch der Stoffaustritt an der Holzoberfläche gehorchen der Wärmeleitungsgleichung. Der Diffusionskoeffizient σ kann aus Konzentrationsmessungen bei verschiedenen Holztiefen und der damals üblichen Imprägnierungsdauern bestimmt werden.



Probenahmestellen (Bohrlöcher) an einer Kieferschwelle zur Bestimmung des Diffusionskoeffizienten.

Die präzise Beschreibung der Schadstoffemission der Holzschwellen ist mit eine Grundlage für die Ausbreitungsrechnung im Grundwasser.

B) Ausbau der Schwelle

Ausbau der Schwelle

Wegen der Wasseransammlung kann die Schwelle normalerweise nicht in der Baugrube zerlegt werden, so wie es bei trockenen Baustellen vorteilhaft ist. Die Schwelle wird vielmehr als Ganzes herausgehoben und auf einer Baufolie oder in einem Container neben der Baugrube zerlegt.

Ausbau des Kontaktbodens unter Wasser

Meiner Erfahrung nach ist es ausreichend, den Kontaktboden im Umgriff von 50cm um die Schwelle auszuheben. Der nasse Boden kann in einem Container oder auf einer Folie neben der Baugrube zum Entwässern gelagert werden. Das überschüssige Wasser lässt man in die Baugrube zurücklaufen oder saugt es mit dem bereitstehenden Saugwagen aus dem Container ab.

Absaugen des aufgewühlten Wassers in der Baugrube mit Saugwagen

Ein 2- bis 3-facher Wasseraustausch ist völlig ausreichend. Wenn genügend Wasser in die Baugrube nachläuft kann dieses vorsorgehalber mit abgesaugt werden. Es geht bei dieser Maßnahme nur darum, die Schadstoffe, die während der Bauarbeiten freigesetzt wurden, aufzunehmen. Stoffe, die sich während der letzten 70 Jahre im Grundwasser ausgebreitet haben, bekommt man mit dem Abpumpen sowieso nicht in Griff.

Kontrollproben

Kontrollproben des Bodens an Sohle und Böschung werden wie üblich mit der Baggerschaufel entnommen. Diese Proben sind möglicherweise sehr feucht.

Entnahme einer Probe des nachströmenden Wassers

Die Probe sollte durch Schöpfen an der Wasseroberfläche oder besser direkt an der Eindringstelle entnommen werden. Das Wasser wird auf die Schadstoffe der Schwelle untersucht (PAK, Hg). Die Werte geben einen ersten Anhaltspunkt über die Belastung des umgebenden Grundwassers.

Verfüllen der Baugrube

Bei einem Ersatzneubau, also wenn ein neues Fundament betoniert wird, ist gegebenenfalls eine Wasserhaltung notwendig. Andernfalls kann die Baugrube im Wasserbereich mit Kies aufgefüllt werden. Darüber wird wie üblich Unterboden und Mutterboden eingebracht.

C) Ausbreitung der Schadstoffe

In diesem Abschnitt geht es um die Fragen, wie sich die Schadstoffe vor dem Ausbau der Holzschwelle ausgebreitet haben und wie sie sich nachher verhalten werden. Ich gebe eine Methode an, mit der beiden Fragen beantwortet werden können.
Wir können die Holzschwellen als Langzeit-Auslaugversuche mit vollständig rekonstruierbaren Ausgangsdaten betrachten. Ort, Zeitpunkt des Einbaus, Art und Menge des Schadstoffs und dessen räumliche Verteilung im Holz und im umgebenden Wasser kann exakt angegeben werden. Das sind nahezu ideale Bedingungen. Die Schwelle liegt ungestört 70 Jahre im Boden und gibt ihre Schadstoffe an das umgebene Grundwasser ab. Diese breiten sich dort aus. Der Ausbreitung liegen zwei Mechanismen zugrunde, nämlich die Grundwasserströmung um die Schwelle und die Diffusion der Schadstoffe. Die Mechanismen gehorchen der Advektions-Diffusionsgleichung.
Wenn man nun nach 70 Jahren die Schadstoffkonzentrationen und das Strömungsfeld des Grundwassers an einigen festgelegten Punkten misst, kann man die Parameter, welche die Ausbreitung steuern, indirekt errechnen. Die Kenntnis der Ausbreitungsparameter (das sind wesentlichen das Strömungsfeld und der Diffusionskoeffizient) ermöglicht nun auch, eine Prognose der künftigen Stoffausbreitung nach der Entfernung der Schwelle.

C1) Ausbreitungsmodel im Grundwasser

Die Advektions-Diffusions-Gleichung beschreibt die Ausbreitung des Schadstoffes im Grundwasser. Wenn man die Anfangsverteilung des Schadstoffes und das Strömungsfeld des Wassers kennt, kann man mit Hilfe dieser Gleichung die zukünftige Konzentration berechnen.
Mathematisch lautet die Gleichung

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} - \sigma \nabla \cdot \nabla c + u \cdot \nabla c = 0 &\quad \text{innerhalb von } \Omega \times [0,T] \\ c(x, t=0) = 0 &\quad \text{innerhalb von } \Omega \\ c(x,t) = q &\quad \text{auf der Schwellenoberfläche} \\ c(x,t) = 0 &\quad \text{am Zustromrand} \\ \frac{\partial c(x,t)}{\partial n} = 0 &\quad \text{am restlichen Rand} \end{aligned}$$

- Ω: Rechengebiet (Wassergebiet ohne Schwelle), T Lebenszeit
- c: Konzentration
- u: Geschwindigkeitsvektor
- σ: Diffusionskonstante
- n: Normalenvektor
- q: Konzentration an der Schwellenoberfläche

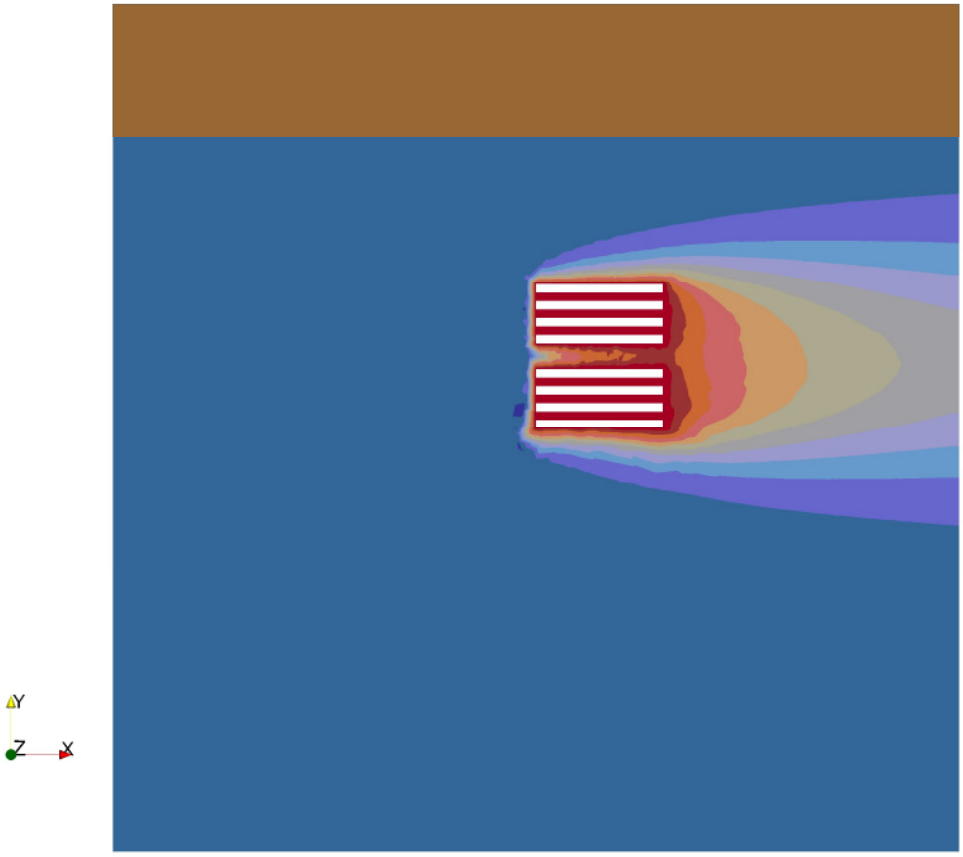
In der ersten Gleichung beschreibt der erste Term die Veränderung in der Zeit der Schadstoffkonzentration c, der zweite Term die Diffusion (mit der Diffusionskonstante σ) und der letzte Term die Advektion mit Wassergeschwindigkeit u.

Die Lösung dieser Gleichung beschreibt die Konzentration c an jedem Punkt und jedem Zeitpunkt des Rechengebiets. Um die Lösung berechnen zu können, benötigt man einige Start- und Randbedingungen:

Das betrachtete Wasservolumen Ω_1 ist ein Quader mit der Schwelle im Mittelpunkt.
Die geometrische Form und Lage der Stoffquelle Ω_2 (Schwelle) ist exakt bekannt.
Das Rechengebiet ist $\Omega = \Omega_1 \setminus \Omega_2$.
Die Quellstärke q ist konstant an der Holzoberfläche Ω_2.
Der Grundwasserströmungsvektor u wird mit hydrogeologischen Methoden ermittelt (siehe unten).
Grundwasserleiter wird hier bei den kleinräumigen Betrachtungen als homogen und in seiner Ausdehnung unten unbegrenzt angenommen; falls ein flacher Grundwasserstauer bekannt ist, kann dies ohne weiteres in das Modell einfließen.

Es verbleiben zwei unbekannte skalare Parameter: die Oberflächenquellstärke q und der Diffusionskoeffizient σ. Diese werden mittels Variationsrechnung ermittelt. Zunächst analysiert man die Konzentrationsverteilung $C(x_i, T)$ an 15 bis 30 Gitterpunkten x_i (siehe C2). Dann berechnet man die Parameter σ und q derart, dass die zugehörige Lösung $C_{\sigma,q}(.,.)$ auf den Messwertstützpunkten $C(x_i, T)$ im quadratischen Mittel am besten übereinstimmt. Die Advektions-Diffusionsgleichung kann mit numerischen Methoden gelöst werden (z.B. FEniCS). Die Minimierung des L2-Fehlerfunktionals wird bei kleinen Datensätzen mit brute-force-Methoden, ansonsten eleganter mit Dolfin-Adjoint gelöst.

Mit dem vollständigen Parametersatz kann nun eine Vorhersage des Stoffflusses und der Stoffkonzentration an jedem Ort und jedem Zeitpunk getroffen werden. Insbesondere kann die Schadstoffmenge im Grundwasser vor und nach der Sanierung angeben werden (Sanierungsgrad).



Konzentrationsprofil im Schwellenhorizont bei frontaler Anströmung vor der Sanierung
(berechnet mit FEniCS und mit Hilfe von S. Funke)

C2) Gitterpunkte

Hierzu werden zunächst in einem räumlichen Gitter im Umfeld des Maststandortes die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser bestimmt. Diese Messdaten dienen als Grundlage für eine raum-zeitliche Modellierung des Langzeit-Auslaugversuchs, bei dem sowohl die Startbedingung (Konzentrationsverteilung am Startzeitpunkt) als auch die Verteilung nach 70 Jahren (typische Lebensdauer) hinreichend genau bekannt ist oder ermittelt werden kann. Diese Modellierung ermöglicht nun nicht nur, die nach der Sanierung noch verbliebene Schadstoffmasse anzugeben, sondern auch die künftige Ausbreitung diese Schadstoffmasse zu berechnen und zu bewerten.

Für die Bestimmung der Konzentrationsverteilung sind Grundwasseruntersuchungen im Umfeld des Maststandortes nötig. Hierzu werden nach der Verfüllung der Baugrube 5 bis 10 Sondierungen mit Rammfiltern bis unter den Schwellenhorizont (3m) niedergebracht. Als Ansatzpunkte wird der ursprüngliche Maststandort und Punkte in 5m bzw. 10m Entfernung ober- und unterstromig gewählt.

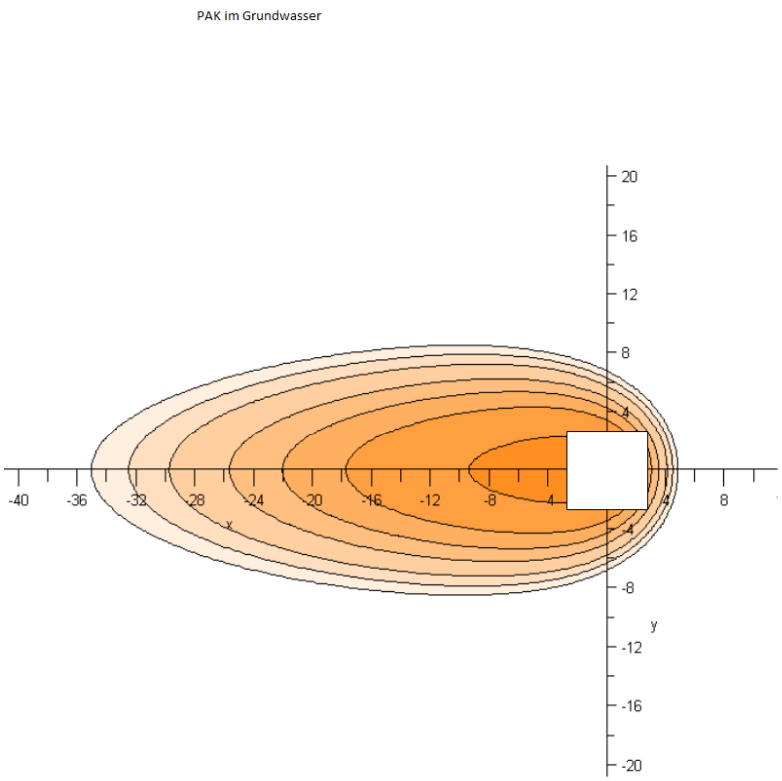
Vor der Planung der Sondierungen muss die lokale Grundwasserfließrichtung geschätzt werden. Meist liegen die Wassermaste in einer Flussaue, so dass die Fließrichtung parallel zum Fluss angenommen werden kann. Der genaue Grundwasservektor wird durch mm-genaues Nivellement und Schätzung des Durchlässigkeitsbeiwerts ermittelt. Alternativ kann der Durchlässigkeitsbeiwert auch indirekt mittels des im Abschnitt C1 beschriebenen Verfahrens berechnet werden.

Probenahme und Konzentrationsmessungen

Nach einer mehrwöchigen Ruhephase werden aus verschiedenen Schichten Wasserproben entnommen (Wasseroberfläche, Schwellenniveau (meist 2,6m) und darunter (3m). Die Proben werden auf PAK oder Hg untersucht. Für die Probenahme verwendet man eine Saugpumpe mit dünnem steifem Steigrohr (z.B. aus Glas). Es darf nur langsam eine geringe Wassermenge entnommen werden, um die natürliche Schichtung nicht zu stören.

C3) Prognose

Der nächste Aspekt betrifft die Prognose der Stoffausbreitung nach der Sanierung der Schwelle. Nach der Sanierung der Schwelle ist die ursprüngliche Schadstoffquelle plötzlich vollständig entfernt. Die neuen Startbedingungen für die künftige Schadstoffausbreitung sind nun der schadstofffreie Bereich der neu verfüllten Baugrube und die Spuren, die die Schwelle außerhalb dieses Bereichs im Laufe ihres 70-jährigen Daseins hinterlassen hat. Mithilfe dieser neuen Startbedingungen und der aus dem Langzeitversuch bekannten Diffusionseigenschaft σ (q wird nun nicht mehr gebraucht) kann der künftige Stofftransport berechnet werden.



Die Graphik zeigt die Isolinien bei einer Ausbreitung mit hohem Diffusionskoeffizient (analytische Lösung mit vereinfachten Randbedingungen).
Der weiße Fleck in der Mitte ist die neu verfüllte schadstofffreie Baugrube.

D) Bewertung der Schadstoffbelastung

Kriterium für eine Grundwasserbelastung sind beispielweise folgende Konzentrationsgrenzwerte:

Parameter	Einheit	Grenzwert 1,2)
Naphthalin und Methylnaphthaline	µg/l	2
Benzo(a)pyren	µg/l	0,01
PAK (∑15)	µg/l	0,2
Quecksilber	µg/l	1

1) Stufe-1-Werte , Merkblatt 3.8-10, Bayerisches Umweltministerium
2) BBodSchV: Prüfwerte für Boden → Grundwasser

Die genannten Werte sollen an keinem Punkt der mathematischen Rekonstruktion überschritten werden. Alternativ kann auch die Grenze der Baugrube als Schnittstelle zum Grundwasser betrachtet werden. Man berechnet den Schadstoffübergang an dieser Fläche und beurteilt den Einfluss auf das Grundwasser mit den Kriterien der Bundesbodenschutzverordnung. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass leicht ein Zeitverlauf (Prognose) angegeben werden kann.

E) Erfahrungen

Der Stoffaustrag aus den Holzschwellen ist gering, so dass mit dem Ausbau der Schwelle und des unmittelbar umgebenden Bodens mindestens 90% aller Schadstoffe entfernt werden.

Bei etwa 250 begutachteten Masten habe ich an 5 Maststandorten Grundwasser angetroffen. Bei 4 Masten wurde keine Überschreitung der oben präzisierten Kriterien festgestellt. Die Messungen am 5. Mast sind noch nicht abgeschlossen. Falls Überschreitungen auftreten sollten, kann eines der üblichen technischen oder argumentativen Verfahren der Grundwasserreinigung angewandt werden. Bei $HgCl_2$ wäre dies eine Sulfidfällung, bei Teeröl eine biologische Behandlung oder Aktivkohleabsorption.

Moderation, Mäßigung

Die Mastfundamente sind keine großen Altlasten oder Sanierungsfälle, sondern Minibaustellen mit beschränkten und mengenmäßig genau bekannten Schadstoffinventar.

Literatur

[1] Mahlke, Troschel, Liese:
Handbuch der Holzkonservierung
Springer, 1950, 3. Auflage

[2] Funke:
Zusammenfassung und Erfahrungen beim Abbau der 110-KV Leitungen
Aschaffenburg – Großheubach (Ü16.0) und Trennfeld–Aschaffenburg (Ü11.0)
Institut für Umweltanalytik, 16.10.2015

Dr. Raimund Funke
16.2.2016

[1] Vorschriften für die Ausführung der Tränkung in offenen Trögen
Ihrer Telegraphenmasten der ehemaligen Deutschen Reichspost, 1937

Vorläufige technische Vorschriften für die Tränkung von Telegraphenstangen in offenen Trögen.

Zur Tränkung in offenen Trögen werden Kiefern, Lärchen, Fichten und Weißtannen zugelassen.

In die mit den Stangen beschickten Tröge ist so viel Lösung einzulassen, daß sie mindestens 5 cm über der obersten Stangenschicht steht. Dieser Zustand muß während der Tränkungsdauer erhalten bleiben; erforderlichenfalls ist Decklösung nachzufüllen. Die Lösung ist durch Einpressen von Druckluft vom Boden des Troges aus werktäglich mindestens dreimal etwa 10 Minuten lang gründlich zu rühren. Das gleiche hat zu geschehen, wenn die Lösung verstärkt oder Decklösung aufgepumpt wird.

Beim Kaltverfahren müssen Kiefern und Lärchen mindestens 192, = 8 Tage
Fichten und Weißtannen mindestens 240 Stunden in der Lösung liegen. Werden Kiefern und Lärchen zusammen mit Fichten und Tannen getränkt, so beträgt die Einlagerzeit ebenfalls mindestens 240 Stunden. = 10 Tage

Beim Warmverfahren wird die Lösung auf mindestens 40° C gebracht; dieser Wärmegrad muß während 24 Stunden beibehalten werden. Danach darf die Temperatur der Lösung auf Raumwärme absinken. Die Einlagerzeit beträgt im ganzen 144 Stunden[1].

Tritt während der Einlagerung Frostwetter ein, so werden diejenigen Tage, an denen sich im Troge Eis gebildet hat, bei Feststellung der Tränkungsdauer nicht mitgezählt.

Nach beendeter Tränkung ist ein Niederschlag von ungelösten Tränkungsstoffen auf den Stangen durch Abspülen mit Wasser oder in sonst geeigneter Weise zu beseitigen.

Als Tränklösung ist entweder

a) eine 0,66prozentige Quecksilbersublimatlösung, d. h. die Auflösung von 1 Gewichtsteil Quecksilbersublimat in 150 Gewichtsteilen Wasser, oder

b) eine 1,66prozentige Quecksilbersublimat-Fluornatrium-Lösung (Deutsches Reichspatent 290186) im Verhältnis von 0,66 Teilen Quecksilbersublimat zu 1 Teil Fluornatrium, d. h. die Auflösung von 1 Gewichtsteil Quecksilbersublimat und 1½ Gewichtsteilen Fluornatrium in 150 Gewichtsteilen Wasser, oder

c) für Kiefern und Lärchen eine 6prozentige, für Fichten und Tannen eine 10prozentige Lösung eines leicht löslichen chromarsenhaltigen Salzgemisches (genauer: chrom-arsenhaltigen Fluorsalzgemisches, sog. „UA-Salz", s. S. 368) zu verwenden[2].

Zur Herstellung einer 6prozentigen Lösung sind 6 Gewichtsteile des Salzgemisches in 98,6 Gewichtsteilen Wasser und zur Herstellung einer 10prozentigen Lösung 10 Gewichtsteile des Salzgemisches in 97 Gewichtsteilen Wasser aufzulösen (6 kg Salzgemisch und 98,5 l Wasser oder 10 kg Salzgemisch und 97 l Wasser ergeben 100 l Lösung).

Das Quecksilbersublimat muß eine Reinheit von mindestens 98 v. H., das Fluornatrium eine Reinheit von mindestens 95 v. H. aufweisen. Die Zusammensetzung des chromarsenhaltigen Salzgemisches wird durch das Reichspostzentralamt mit den Herstellern vereinbart.

Zu a und b:

Zur Herstellung der Tränklösung a wird eine gesättigte Sublimatlösung zubereitet. Diese Lösung wird in den Vorratsbehälter abgelassen und mit kaltem Wasser bis zum vorgeschriebenen Gehalt verdünnt. Bei der Her-

[1] Bei Stangen, die eine Vorbehandlung nach dem Diakyanisierverfahren (Dämpfung bei 80 bis 100° C während 4 bis 5 Stunden, danach Trocknung bei 90 bis 110° C während ebenfalls 4 bis 5 Stunden, danach sofortige Einlagerung in kalte Tränklösung) erfahren, beträgt die Einlagerzeit mindestens 72 Stunden.

[2] Absatz c wurde aus der Reichspostvorschrift über die Tränkung von Telegraphenstangen in offenen Trögen mit chromarsenhaltigen Salzgemischen von 1938 übernommen.

stellung der Lösung b ist zunächst ebenso zu verfahren, darauf wird das Fluornatrium gleich in den Vorratsbehälter, jedoch in Teilmengen an verschiedenen Stellen und unter kräftigem Rühren der Lösung, nachgestreut.

Die Lösung ist vor unmittelbarem Sonnenlicht zu schützen.

Der Sublimatgehalt der Lösung, der sich durch die Überaufnahme verringert, ist während der ganzen Tränkungsdauer in der vorgeschriebenen Dichte zu erhalten. Zu dem Zweck ist der Sublimatgehalt jedes Troges von der Tränkanstalt werktäglich bei Arbeitsbeginn zu prüfen und sogleich zu verstärken, wenn eine Schwächung (Überaufnahme) festgestellt worden ist.

Zu c:

Das chromarsenhaltige Salzgemisch wird durch Einleiten von Dampf in einen mit Salzgemisch und mit Wasser beschickten Bottich aufgelöst. Erst 2 Stunden nach Beendigung der Dampfzufuhr darf die Lösung abgelassen werden. Setzen sich größere Mengen ungelöster Stoffe am Boden des Bottichs ab, so ist das zur Herstellung der Lösung benutzte Wasser durch den Lieferer des Salzgemisches auf Eignung für die Tränkung untersuchen zu lassen, der erforderlichenfalls Abhilfemaßnahmen angeben wird. Zweckmäßig wird das Tränkwasser bereits auf Eignung vor seiner Verwendung geprüft. Keineswegs dürfen ungelöste Stoffe in den Einlagerungstrog geleitet werden.

Die Tränkflüssigkeit ist im Vorratstrog auf die vorgeschriebene Dichte zu bringen. Für eine etwa dennoch notwendig werdende Verstärkung der Lösung im Einlagerungstrog ist nur in einem anderen Behälter aufgelöstes Salzgemisch zu verwenden; das Einschütten ungelösten Salzes in den Tränkungstrog ist nicht gestattet. Zur Verdünnung der Lösung ist warmes Wasser zu verwenden.

Wenn nicht andere Vereinbarungen mit dem Reichspostzentralamt getroffen worden sind, wird die dem Holz einverleibte Salzmenge durch Feststellung des Flüssigkeitsstandes im Vorratstrog mit einem Peilstab vor und nach der Tränkung ermittelt. Die Aufnahme an festem Salz beträgt bei einer 6prozentigen Lösung 6 kg, bei einer 10prozentigen Lösung 10 kg je 100 l der Lösungsaufnahme. Der Preisvereinbarung für die mit chromarsenhaltigen Salzgemischen getränkten Stangen liegt eine Aufnahme von 4 kg/m³ zugrunde.

Seitens des Fernmeldetechnischen Zentralamtes der Deutschen Post in Bad Salzuflen sind die vorstehenden Vorschriften des früheren Reichspostzentralamtes durch die Technischen Vorschriften für die Tränkung von Holzmasten in offenen Trögen mit Quecksilbersublimat, Ausgabe März 1949, und die Vorläufigen technischen Vorschriften für die Imprägnierung von Holzmasten in offenen Trögen mit chromarsenhaltigen Salzgemischen, Ausgabe 1949, in folgenden Punkten abgeändert bzw. ergänzt worden[1]:

a) für die Trogtränkung mit Sublimatlösung[2].

Es werden nur noch Fichten und Weißtannen zugelassen. Die Masten sind nur dann zu tränken, wenn sie gut lufttrocken sind. Sind die vorher

[1] Auch seitens der Postverwaltung in der Ostzone wird eine Neubearbeitung der verschiedenen Tränkungsvorschriften für Telegraphenstangen vorbereitet.

[2] Seit Mitte 1949 werden auf Veranlassung des Fernmeldetechnischen Zentralamtes für die Imprägnierung der Poststangen nur noch Steinkohlenteeröl und chromarsenhaltiges Fluorsalzgemisch verwendet, da diese Schutzstoffe nach den Feststellungen der Post den Leitungsmasten die längste Gebrauchsdauer verleihen. Quecksilbersublimat wird also zur Zeit für die Konservierung der Stangen der Westdeutschen Post überhaupt nicht benutzt.

lufttrocken gewesenen Maste durch Regen, Schnee usw. erheblich naß geworden, so sind sie so lange von der Tränkung auszuschließen, bis sie wieder hinreichend lufttrocken geworden sind. Als Tränkungsflüssigkeit darf nur noch reine Quecksilbersublimatlösung verwendet werden (1 Gew.-Teil Sublimat in 150 Gew.-Teilen Wasser). Die Beimischung anderer Stoffe ist nur mit Genehmigung des FTZ zulässig. /= 0,67%

Es wird weder das „Warmverfahren" noch das „Diakyanisierverfahren", welche beide vom Reichspostzentralamt zugelassen waren, erwähnt. Die Tränkung erfolgt nur noch mit der nicht erwärmten Salzlösung.

b) für die Trogtränkung mit chromarsenhaltigem Fluorsalzgemisch.

Auch hier werden nur noch Fichten und Tannen zugelassen, die bei Ausführung der Tränkung gut lufttrocken sein müssen. Im Gegensatz zu a ist hier sowohl das „Kalt"- als auch das „Warmverfahren", entsprechend der alten Reichspostvorschrift, vorgesehen. Es darf nur noch eine 10prozentige Lösung eines leichtlöslichen Salzgemisches von folgender Zusammensetzung verwendet werden:

Kaliumbifluorid	24 v. H.
Kaliumbichromat	30 v. H.
Dikaliumarsenat (wasserfrei)	31 v. H.
Dinitrophenol	1 v. H.
Pottasche (Kaliumcarbonat)	14 v. H.

Es handelt sich also um das unter dem Namen „Basilit UA ll" (ll = leicht löslich) bekanntgewordene Imprägniersalzgemisch (s. S. 368). Salzgemische von anderer Zusammensetzung, die vom FTZ zugelassen worden sind, werden von Fall zu Fall bekanntgegeben.

Der Preisvereinbarung für die mit chromarsenhaltigen Fluorsalzgemischen imprägnierten Maste liegt eine Aufnahme von 4,5 kg Salzgemisch je m^3 Holz zugrunde. Minderaufnahmen bis zu 15% sind zulässig.

D. Das Saftverdrängungsverfahren (Boucherie-Verfahren).

Bei dieser Tränkungsart wird, wie bereits der Name sagt, die Tränkflüssigkeit durch Verdrängung des Zellsaftes in das Holz eingeführt. Daraus folgt, daß in diesem Falle die zu imprägnierenden Hölzer frisch geschlagen und noch mit Bast und Rinde versehen sein müssen, und zwar soll nach den vorliegenden Erfahrungen mit der Tränkung im allgemeinen spätestens 8—14 Tage nach der Fällung der Bäume begonnen werden. Aus dem vorstehenden sowie auf Grund der Ausführung des Verfahrens ergibt sich ferner, daß die Boucherie-Tränkung auf die frostfreie Jahreszeit beschränkt ist.

Ursprünglich wurde das Verfahren in der Weise ausgeführt, daß die Bäume in der Vegetationszeit tief eingesägt oder angehauen und an den so vorbereiteten Stellen mit Kästen umgeben wurden, welche man mit der Tränkflüssigkeit füllte, die dann langsam aufgesaugt wurde und so in die Leitungsbahnen des Baumes gelangte. Bei diesem Vorgang bewirkt die Lebenstätigkeit des Baumes die Aufwärtsbewegung der Imprägnierflüssigkeit (sogenannte „Aszension"). Die Einführung der Flüssigkeit versuchte A. Boucherie später dadurch zu beschleunigen, daß er auch an den abgeschnittenen Ästen des noch stehenden Baumes mit der Tränkflüssigkeit gefüllte Gefäße anbrachte, so daß auch von diesen Stellen aus der Eintritt der Flüssigkeit in das Holz erfolgte. Aber diese

Abb. 161. Ansicht einer Boucherie-Anlage.

Abb. 159. Innenansicht der Kyanisierhalle mit den Einlagerungströgen.