

UBA-BE-010

BERICHTE

**LINDAN IM
NIEDERSCHLAG**



Lindan im Niederschlag

**Günter HUMER
Wilfried EILMSTEINER
Gundi LORBEER**

UBA-BE-010

Wien, Juni 1994

**Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie**



Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, Juni 1994

**Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-170-4**

Lindan im Niederschlag

G. Humer, W. Eilmsteiner, G. Lorbeer.

Zusammenfassung:

Im Rahmen einer umfangreichen Untersuchung zur Bestimmung von Schadstoffgehalten im Niederschlag wurde auch das Pflanzenschutzmittel Lindan analysiert. Dabei zeigte sich, daß an allen sieben Meßstationen in Österreich Lindan nachgewiesen werden konnte. Die Konzentrationen sind jedoch meist sehr gering und liegen im Bereich von 0 bis 95 ng/l. Sehr hohe Konzentrationen wurden hingegen in Silberberg (Südsteiermark) gefunden. Für diese Belastung, die zeitweise das Zehnfache des Trinkwassergrenzwertes überschritt, konnte noch keine Erklärung gefunden werden. Lokale Einflüsse sind jedoch nicht auszuschließen.

1. Einleitung:.....	1
2. Situation in Silberberg:.....	2
2.1. Ergebnisse:.....	2
2.2. Handlungsbedarf, Ausblick:.....	7
3. Anhang.....	8
3.1. Eigenschaften und Wirkungen von Lindan.....	8
3.2. Verwendung:.....	9
3.3. Toxizität:.....	9
3.4. Abbau:.....	10
3.5. Regelungen:.....	11
3.6. Vorkommen:.....	11
4. Literatur:.....	12

1. Einleitung:

Auf sieben Standorten im österreichischen Bundesgebiet (siehe Abb. 1) wurden von 1991 bis 1993 monatliche Niederschlagsproben mittels automatisierten Niederschlagssammlern (wet and dry only sampler - WADOS) genommen und auf verschiedene Pestizidwirkstoffe und ausgewählte Chlorkohlenwasserstoffe untersucht. Ziel der Untersuchungen ist es, einen Überblick über die Konzentrationen der Substanzen im Niederschlag zu gewinnen und die zeitliche Entwicklung zu erfassen. Ein derartiges Untersuchungsprogramm wird in Österreich erstmalig durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde auch Lindan analysiert; dabei wurden wiederholt auffällig hohe Konzentrationen in Silberberg gefunden.

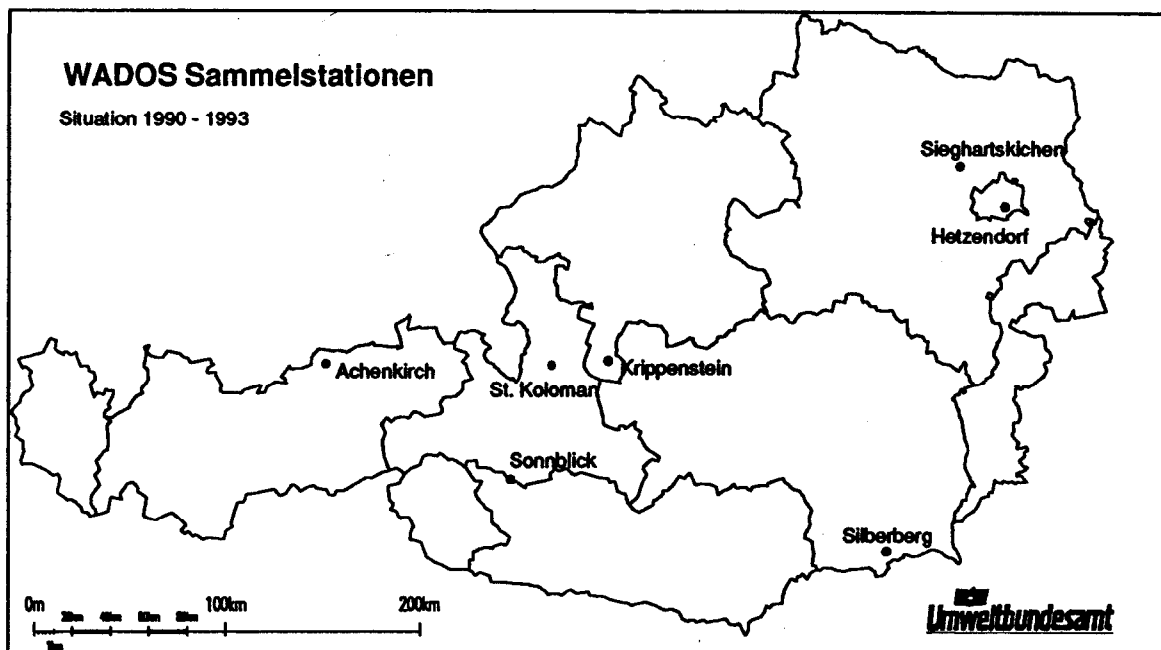


Abbildung 1

2. Situation in Silberberg:

2.1. Ergebnisse:

Auffallend im Vergleich der Lindan (γ -HCH)-Konzentrationen aller Meßstationen ist die Immissionssituation in Silberberg. Die Jahresmittelwerte für 1993 der übrigen Stationen liegen im Bereich von 10 bis 20 ng/l, in Sieghartskirchen, einer Station mit landwirtschaftlich intensiv genutzter Umgebung wie in Silberberg, betragen sie rund 35 ng/l. Bei allen Stationen mit Ausnahme von Silberberg ist von 1992 auf 1993 eine fallende Tendenz in den Jahresmitteln festzustellen, was auf das Anwendungsverbot von Lindan als Pflanzenschutzmittel zurückzuführen sein dürfte (Ausnahme: Saatgutbeizung, Holzschutzmittel¹).

Der höchste bisher gemessene Wert wurde im April 1991 mit 1200 ng/l festgestellt. Im Jahr 1992 wurde in Silberberg der niedrigste Konzentrationswert für Lindan im Jänner mit 110 ng/l gefunden. Im Durchschnitt des Jahres 1992 waren 432 ng Lindan pro Liter nasser Deposition enthalten. Mit 971 ng/l im August 1992 wurde die höchste Konzentration des Jahres 1992 gemessen.

¹siehe Kapitel 3.5 Regelungen.

Im Jahr 1993 stiegen die Gehalte im Vergleich zum Vorjahr sogar an, das Jahresmittel 1993 betrug bereits 570 ng/l (1992: 432 ng/l). Die niedrigste gemessene Konzentration lag bei 159 ng/l (vgl. Abb. 2). Verglichen mit dem ab Juli 1994 geltenden Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l bedeutet das, daß dieser Grenzwert regelmäßig, häufig um ein Vielfaches, überschritten wird.

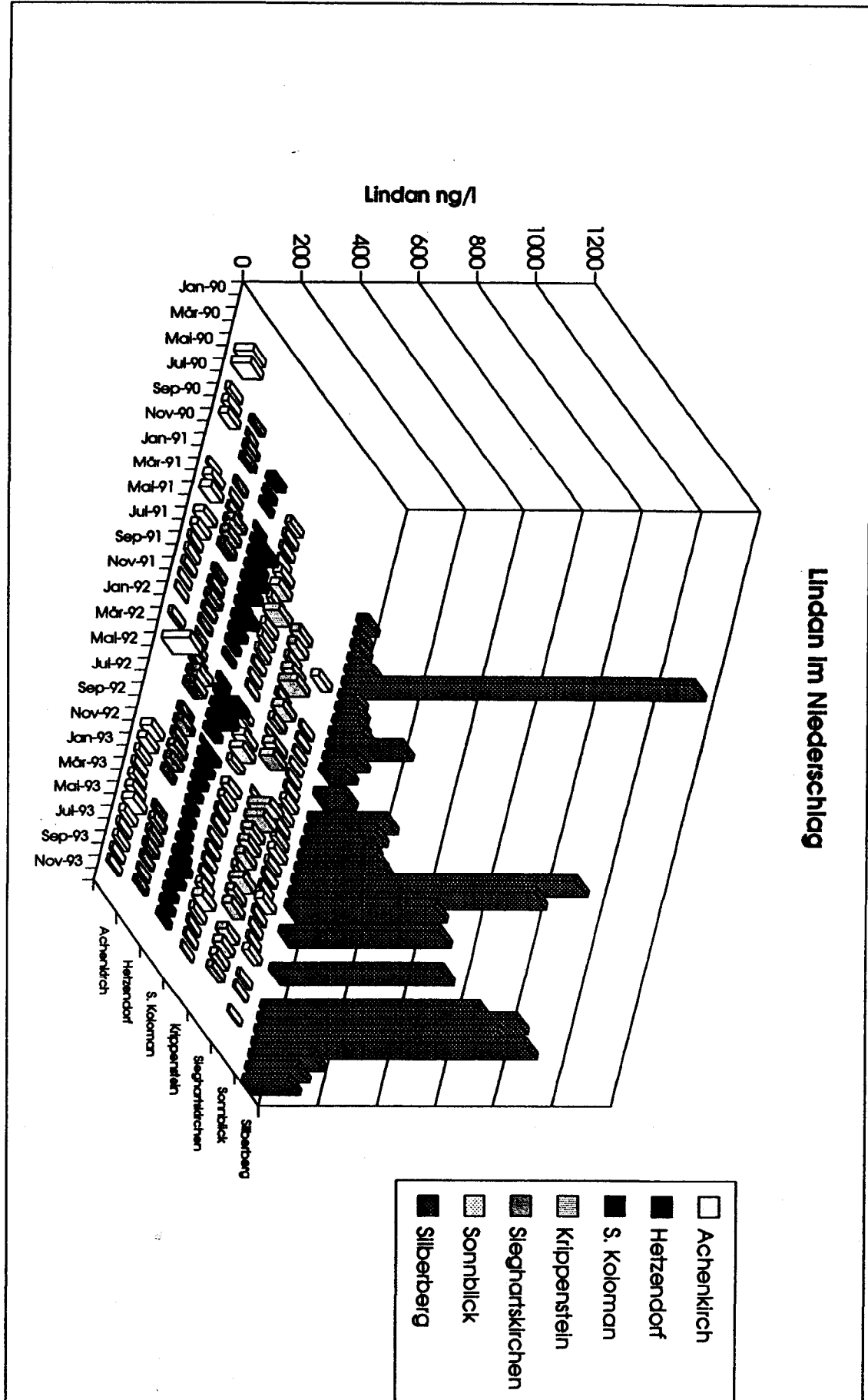
Die sehr geringen Konzentrationen von α -HCH deuten darauf hin, daß das γ -HCH tatsächlich in Form des Pestizides Lindan in die Umwelt gelangt ist. Läge der Grund für die hohen Werte in einer Freisetzung von technischem HCH, so müßten die anderen Isomere in größerer Konzentration nachweisbar sein.

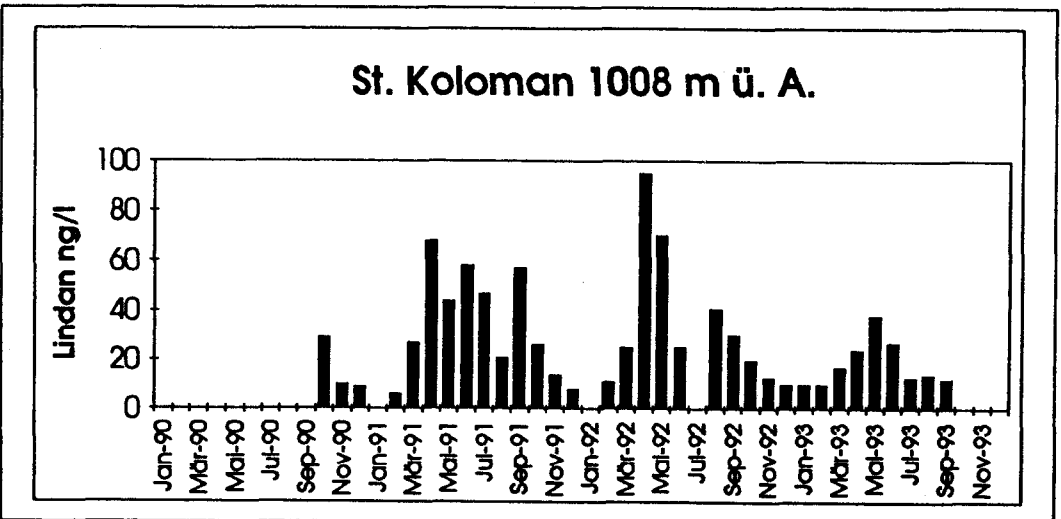
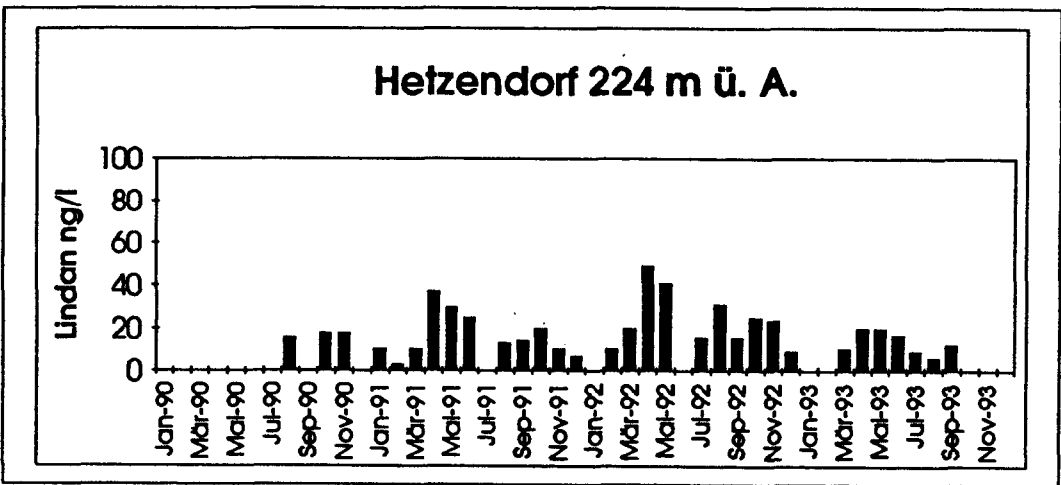
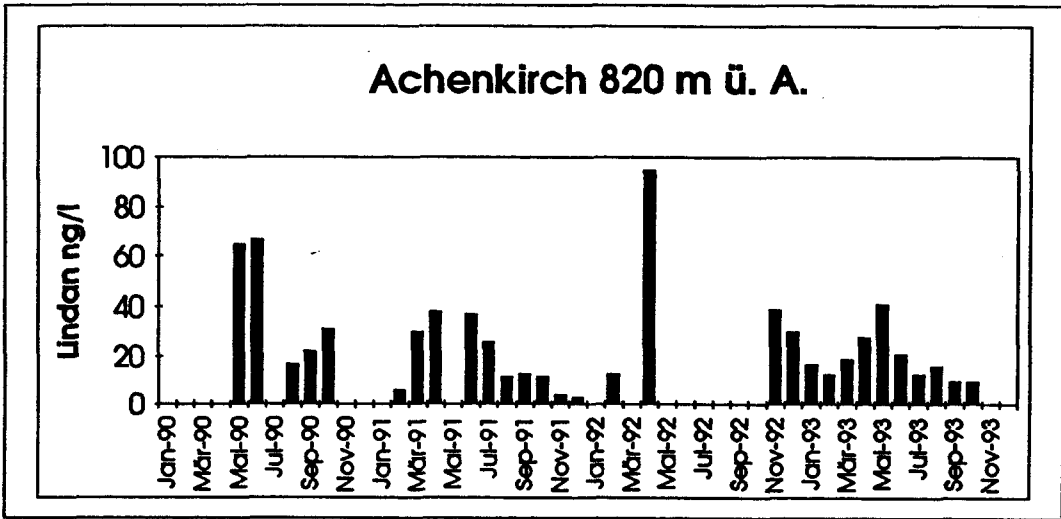
Lindangehalte in Silberberg ng/l

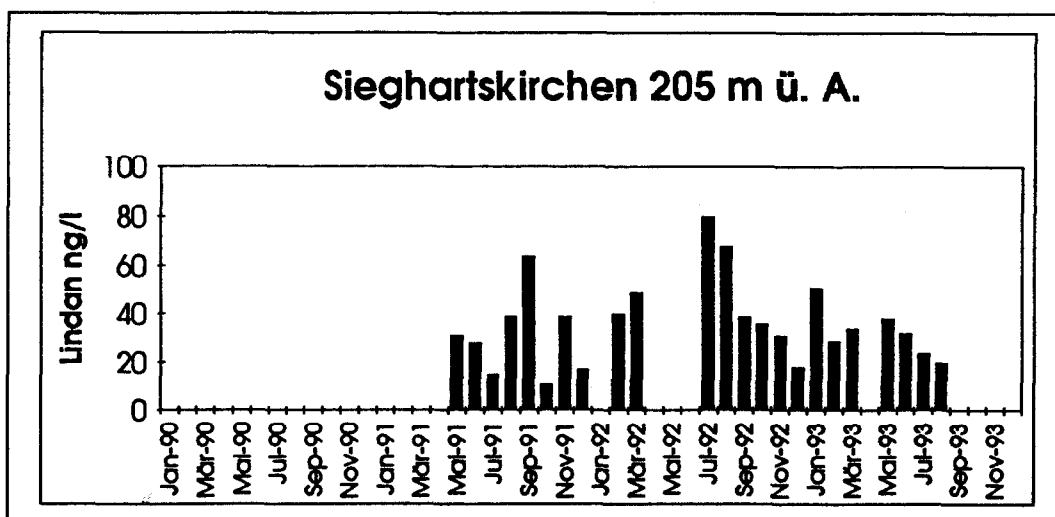
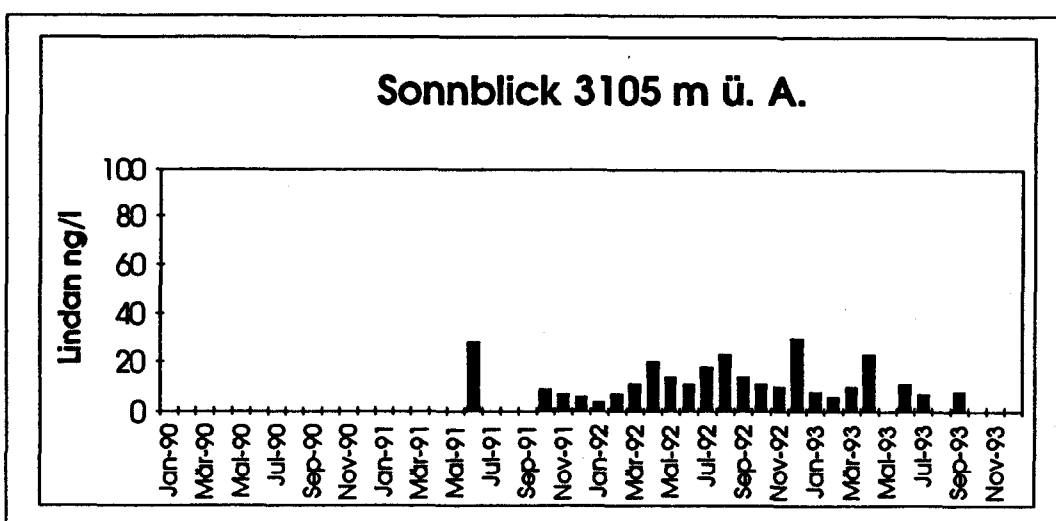
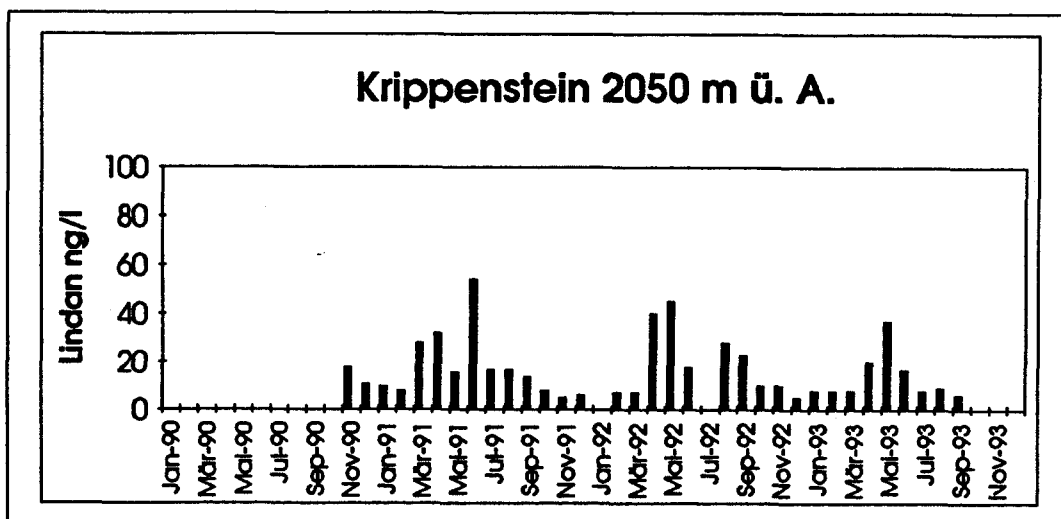
	1990	1991	1992	1993
Januar	-	32	110	-
Februar	-	48	-	-
März	-	97	271	590
April	-	1200	246	-
Mai	-	60	238	-
Juni	-	76	270	747
Juli	-	90	306	885
August	-	120	971	833
September	-	260	844	936
Oktober	-	120	514	223
November	37	90	-	180
Dezember	22	-	550	159

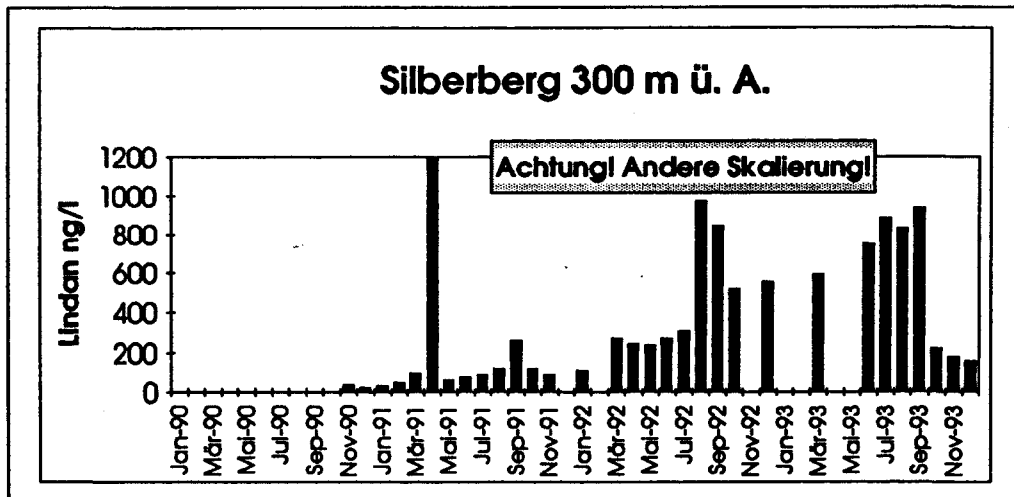
Aus dem zeitlichen Verlauf der Lindankonzentrationen bei der Meßstation Silberberg ergibt sich kein Hinweis auf die Anwendung im landwirtschaftlichen Bereich. Die Maxima liegen - abgesehen vom Höchstwert im April 1991 - nicht im Frühjahr, wie es bei den anderen Meßstationen der Fall ist, sondern im Sommer und im Herbst.

Abb. 2: Verlauf der Lindangehalte bei allen sieben Stationen.









2.2. Handlungsbedarf, Ausblick:

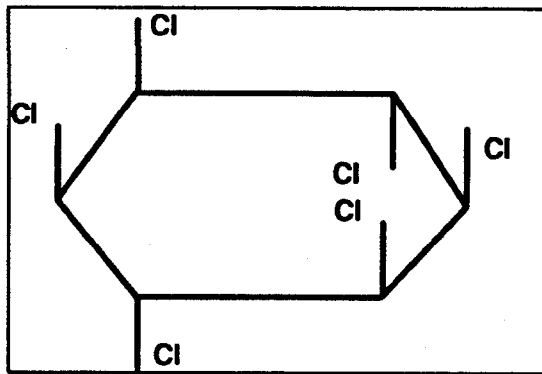
Lindan ist in der Umwelt persistent und besitzt eine ausgeprägte Tendenz zur Bioakkumulation. Durch die im Niederschlag von Silberberg gemessenen Lindankonzentration besteht allerdings keine wesentliche Exposition für die Bevölkerung. Zur Verwendung als Trinkwasser ist dieses Niederschlagswasser jedoch nicht geeignet, weil der Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l um mehr als das Zehnfache überschritten wurde. Da die Konzentrationen in Silberberg im Vergleich zu den anderen Meßstellen sehr hoch sind, ist es dringend notwendig, die Ursachen abzuklären und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung zu ergreifen.

3. Anhang

3.1. Eigenschaften und Wirkungen von Lindan

Lindan besteht zu 99% aus dem γ -Isomer der Organochlorverbindung Hexachlorcyclohexan (γ -HCH). Das technische HCH wurde bereits 1825 von Faraday hergestellt, erst 1943 erkannte man jedoch, daß die insektizide Wirkung nur vom γ -HCH ausgeht. Technisches HCH, wie es bei der Produktion entsteht, besteht nur zu 14-15% γ -HCH. Trotzdem wurde technisches HCH vielfach, vor allem in Ländern der Dritten Welt, als Pestizid eingesetzt.

Chemische Formel: $C_6H_6Cl_6$



Molekulargewicht	290,85
Aggregatzustand bei 25°C	fest, monokline Kristalle, weiß
Schmelzpunkt	112,8°C
Siedepunkt	323,9°C
Löslichkeit in Wasser bei 20°C	6 mg/l
Löslichkeit in Fett	186,01 g/kg

alle Daten aus Stoffbericht HCH

3.2. Verwendung:

Lindan wurde bis vor kurzer Zeit als Allroundinsektizid vermarktet. Die fragwürdigen Eigenschaften dieses Stoffes wurden aber eher als beim DDT erkannt und deshalb wurde die Zulassung dieses Insektizides relativ bald auf die Anwendung als Bodenentseuchungsmittel beschränkt. Lindanhaltige Pestizide

wurden auch massiv im Forst zum Holzschutz eingesetzt. In Deutschland wurde Lindan auch dazu verwendet, um für den Export bestimmte elektrische Kabel gegen Termitenfraß zu schützen.

Auswahl an Handelsnamen lindanhaltiger Produkte (aus Stoffbericht HCH):

AAIindan	Exagama	Inexit	Nicochloran
Abavit	Forlin	Insektil	Novigam
Aficide	Gallo gama	Isotox	Oktagam
Agrisert N	Gamacid	Jacutin	Paral
Agrocide	Gamaphex	Kokotine	Para-Weiß
Agronexa	Gamaterr	Kombi-Fusariol	Pedraczak
Aparasın	Gammalin	Kornitol-Amex	Perfektan
Aptiria	Gamma-Betoxin	Kwell	Pfeico
Aplidal	Gamm-Streunex	Lendine	Pirox
Arbitex	Gammex	Lentox	Proclactin
Basiment	Gammexane	Lidenal	Quellada
BBH	Gammoxo	Lindafor	Rinal
Ben-Hex	Gaptox	Lindagam	Sang-gamma
Bentox	Gartenstar	Lindagranox	SAREA
Benzagex	GEO	Lindamul	Schloß-Frisia
Bexol	Germisan	Lindan	Silvanol
Biltex	Gexane	Lindaterra	Streunex
C-B-Ho-Neu	Global	Lindatox	Styx
Ceresan	Granotox	Lintox	Supra
Cortilan	Hexachloran	Lorexane	TAP
Cuprogam	Hexadow	Mux	Terrasan
Detia-Pflanzolt	Hexadrin	Mszycol	Tri-6
Detamol	Hexon	Nexa-Lotte	Verindal
Egesa	HGI	Nexit	
Eruzın	Hortex	Nexol	

Diese Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3.3. Toxizität:

a) Akute Toxizität: HCH wirken auf Säugetiere neurotoxisch, wobei sich die Symptome bei den Isomeren unterscheiden und vom Verlust der motorischen Koordination über Tremor und Verlust der Halte- und Stellreflexen bis zum Tod reichen, wenn die Konzentration genügend groß ist. Beim Menschen sind Konzentrationen von 10 - 20 mg/kg Körpergewicht als lebensgefährlich zu bezeichnen (Herbst, 1983).

b) Chronische Toxizität: Blutkonzentrationen ab 0,02 mg/l γ -HCH bewirken beim Menschen bereits klinische, zentralnervöse Symptome. HCH gehören in die Gruppe der körperfremden Substanzen, die im Knochenmark die Regeneration aller Blutzellen oder Zellreihen inhibieren können. Die α - und γ -Isomere werden als

potentiell krebserregend angesehen. Dauernde Exposition (10 Jahre bei Chemiewerkeitarbeitern) führte zu einer Reduktion der Lymphozyten um 20% gegenüber nicht exponierten gleichaltrigen Personen. In vitro inhibierte Lindan (Plasmakonzentration von 20ng/ml) beim Kaninchen die Antikörperbildung bei Injektion von Typhuserregern.

Säuglinge können einer besonderen Exposition ausgesetzt sein, weil sie über den Fettanteil der Muttermilch (bedingt durch die Anreicherungen im Fett) Lindan in Konzentrationen zu sich nehmen können, die die duldbaren Konzentrationen überschreiten (HAPKE 1983).

Die Ausscheidung von γ -HCH erfolgt nach einer einmaligen Gabe relativ schnell mit einer Halbwertszeit von 1,5 Tagen. Das β -Isomer dürfte besonders schwer ausscheidbar sein, selbst bei geringer Exposition liegt offensichtlich die zusätzliche Aufnahme über der Ausscheidung.

Bioakkumulation: Von aquatischen Lebewesen werden HCH aus dem Wasser angereichert, eine Anreicherung wird für α - und γ -HCH unterschiedlich bewertet. Das β -HCH hat eine 10 - 30-fach größere Neigung, im Fettgewebe zu akkumulieren als γ -HCH.

3.4. Abbau:

Der Abbau in wässrigen Medien erfolgt erst wirksam in Zusammenspiel mit Sediment und Wasserpflanzen. In Teichwasser (ohne Lebewesen) ging Lindan nach 525 Tagen zu 95 % verloren (T_{95}). Bei Anwesenheit von Sedimenten und Wasserpflanzen betrug die T_{95} = 34 Tage. In Böden wird Lindan unter anaeroben Bedingungen meist wesentlich besser abgebaut als unter aeroben. Die Persistenz für 75 - 100%-igen Abbau beträgt: aerob 3 - 30 Jahre, anaerob 1 - 3 Jahre in Ackerböden. Begünstigt wird der Abbau durch Zugabe organischer Substanz (Stroh), hohen pH-Wert, niedriges Redoxpotential und mikrobienfreundliche Temperaturen. Unter aeroben Bedingungen verbessert sich der Abbau mit zunehmendem Wassergehalt. Bestimmte Bakterien können in Zellsuspensionen HCH sehr schnell abbauen. Suspensionen von *Clostridium sphenoides* hatten α -HCH nach vier Stunden und γ -HCH bereits nach zwei Stunden zu 90% abgebaut (anaerob). In Pflanzen wird Lindan generell nur sehr wenig abgebaut.

Als Abbauprodukte entstehen: Tetra- und Trichlorbenzole und entsprechende Phenole, auch Pentachlorcyclohexan tritt auf. Auch diese Substanzen sind Organochlorverbindungen mit den für sie charakteristischen Gefährdungspotentialen.

3.5. Regelungen:

Verwendung: Seit 11. Dezember 1991 (Verordnung zum Chemikaliengesetz über das Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmitteln, BMUJF 1991) ist die Verwendung von Gamma-HCH auf die gewerbliche Saatgutbehandlung beschränkt. Lindan darf jedoch weiterhin als Holzschutzmittel nur mehr verwendet werden, wenn die natürliche Rundung der Mantelfläche des Stammes bereits verloren gegangen ist (Holzverarbeitung).

Grenzwerte:

EG:	0,1 µg/l Lindan im Trinkwasser,
WHO:	3 µg/l, 10 µg pro kg Körpergewicht ADI für γ-HCH (ADI: Acceptable Daily Intake).
FAO/WHO:	ADI 12,5 µg/kg Körpergewicht.
Trinkwasserpestizidverordnung (BGBl. 448/1991):	0,1µg/l ab 1. Juli 1994

3.6. Vorkommen:

C. CHAN und L. PERKINS konnten in der nassen Deposition in Ontario Konzentrationen an α-HCH und γ-HCH (Lindan) in einer Spanne von 7-10 ng/l bzw. 4-5 ng/l nachweisen. Die Lindankonzentrationen festgestellt von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung lagen im Bereich von 2 bis ca. 350 ng/l Regenwasser (Bulk).

Bei Untersuchungen der Böden Baden - Württembergs zeigte sich, daß in Mineralböden Lindan im Mittel in einer Konzentration von 2 µg/kg Boden, in Auflagen von Waldböden jedoch in Hintergrundkonzentrationen von 30 µg/kg gefunden werden kann (LANDESANSTALT F. UMWELTSCHUTZ BADEN WÜRTTEMBERG 1993).

Lindan in Umweltmedien Österreichs		
Gebiet	Medium	µg/kg
Linz ¹⁾	Grünland 0 - 5 cm	n.n. - 0,25
Linz ¹⁾	Wald, Bodenaufgabe Mineralboden 0 - 5 cm andere Tiefenstufen	3,18 1,13 n.n.
Oberösterreich ²⁾	Acker 0 - 20 cm N=165 Proben	n.n. - 116,3 Median: 0,20
Oberösterreich ²⁾	Grünland 0 - 5 cm N=115 Proben	n.n. - 3,85 Median: 0,25
Tullnerfeld ¹⁾	Grundwasser	um 0,001, Maximum 0,0035

Datenquelle:

¹⁾ Umweltbundesamt

²⁾ Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

4. Literatur:

BROOKS G. T., Pesticide Outlook, Volume 1, Issue 4, Historical Review (Lindane Faraday's hidden legacy), 1990.

CHAN H. C., PERKINS L. H., Monitoring of Trace Organic Contaminants in atmospheric Precipitation, J. Great Lakes Res. 15(3), pp 465-475, Int. Ass. of Great Lakes Res., 1989.

EILMSTEINER W., LORBEER G., et al., Pestizide im Niederschlag Eine Zwischenbilanz, UBA-Info 11/92, Wien 1992.

HAPKE H.-J., Gesundheitliche Bewertung der HCH - Rückstände, in DFG (Hrsg.), Hexachlorcyclohexan als Schadstoff in Lebensmitteln, Verlag Chemie, Weinheim, 281-285, zitiert aus STOFFBERICHT HCH.

HERBST M., Toxizität von γ -HCH (Lindan) in DFG (Hrsg.), Hexachlorcyclohexan als Schadstoff in Lebensmitteln, Verlag Chemie, Weinheim, 191-200, zitiert aus STOFFBERICHT HCH.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG,
Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg - Schwermetalle, Arsen,
Organochlorverbindungen, Karlsruhe 1993

OBERÖSTERREICHISCHER BODENKATASTER, Bodenzustandsinventar 1993,
Amt d. OÖ Landesregierung.

STOFFBERICHT HCH, Handbuch Altlasten, Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg,

