

1. Einführung in die Thematik

1.1 Einleitung

Seit den 50er Jahren wird Lindan in Deutschland als Pestizid und Insektizid benutzt und angewendet. Es fand seinen Einsatz nicht nur als Insektizid gegen Boden- oder Forstschädlinge, sondern auch gegen Skabies in Jacutin-Lösung zum Auftragen auf die Haut.

In Deutschland darf Lindan seit den 70er Jahren in seiner Anwendung nur noch eingeschränkt benutzt werden, in anderen Ländern wird es auch weiterhin beim Anbau von beispielsweise Baumwolle oder auf Kaffeeplantagen benutzt (Römpf, 1983).

So ist China als Hauptproduzent für Lindan und auch als größter Exporteur für Baumwolle anzusehen. Lindan ist hier nur in seiner technischen Form verboten (Paulitsch, 2004; Y.F. Li, 2001).

Lindan gehört zu den Pestiziden, die nicht nur in der Textilindustrie Verwendung finden, sondern es kann auch in Holzschutzmitteln in Wandverkleidungen, Balken, Türen, Böden, Fenstern und Möbeln vorkommen. Jacutin, als Medikament gegen Skabies, war bis Ende 2007 in einer Variante mit Lindan als Wirkstoff erhältlich, seit dem 1.1.2008 ist auch dies verboten (Rote Liste, 2007).

1.2 Geschichtlicher Hintergrund und Stoffeigenschaften von Lindan

Im Jahr 1825 wurde von Faraday in den Philosophical Transactions berichtet, dass HCH aus Benzol und Chlor gebildet wird.

1912 gelang van der Linden die Isolierung α -, β -, γ - und δ -HCH aus technischem HCH. Da allein das γ -HCH insektizid wirksam ist, wurde es später nach van der Linden benannt und der Name Lindan entstand (Fischer 1993).

Die Technologie zur industriellen Herstellung von Lindan wurde in den Jahren 1947 und 1948 entwickelt.

1950 begann man mit der Entwicklung einer Technik zur Verarbeitung des bei der Herstellung entstehenden Abfallgemisches. Mit der entwickelten Methode war es

möglich Trichlorbenzole herzustellen, welche wiederum zur Herstellung anderer Chemikalien dienen.

Nach und nach kam es zu einem Verbot von technischem HCH in verschiedenen Bereichen, unter anderem, weil es zu unerwünschten Geschmacksveränderungen in Lebensmitteln führte. Es wurde schrittweise durch Lindan als Wirkstoff ersetzt.

Der chemische Name von Lindan ist γ -HCH.

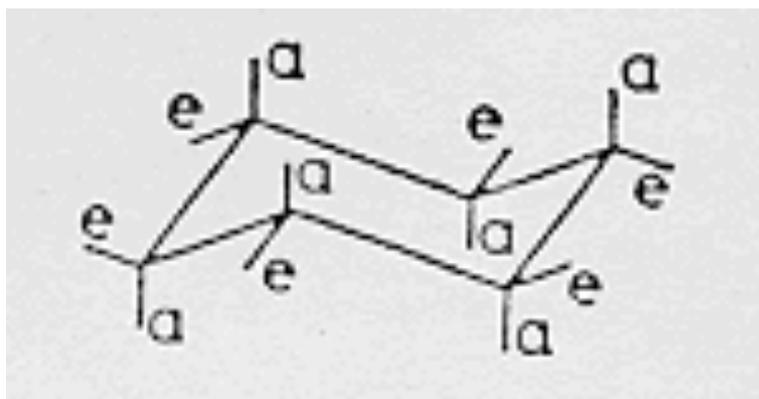


Abbildung 1: Darstellung HCH in Sesselform (Römpp, 1983)

Durch die verschiedene Anordnung der Chlormoleküle in den vier HCH - Isomeren sind die zum Teil erheblichen Unterschiede in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften bedingt. Dies wiederum beeinflusst das Verhalten der Isomere in Boden, Luft und Wasser sowie die Resorption, Verteilung und Ausscheidung in Pflanze oder Tier (Eichler, Physikochemische Eigenschaften, Verhalten und Analytik der HCH-Isomeren, 1983).

Auch im Abbau unterscheiden sich die verschiedenen Isomere zum Teil erheblich (Eichler, Physikochemische Eigenschaften, Verhalten und Analytik der HCH-Isomeren, 1983).

1.2.1 Physikalische Eigenschaften von γ -HCH

Konfiguration des Chlores :	aaaaee
Prozentualer Anteil im technischen HCH:	14-15
Schmelzpunkt:	112,8 Grad Celsius
Siedepunkt:	288 Grad Celsius
Dampfdruck mmHg (20 Grad):	$3,26 \times 10^{-5}$
Dampfdruck mmHg (40 Grad):	$45,6 \times 10^{-5}$

Tabelle 1: (Eichler, Physikochemische Eigenschaften, Verhalten und Analytik der HCH-Isomeren, 1983)

γ -HCH ist um ein Vielfaches wasserlöslicher als die anderen Isomere.

Trotzdem ist es in Wasser bei 20 Grad schlecht löslich. Es löst sich mäßig in 6,7 % Ethanol, besser in Mineralölen. Gut lösbar ist es in Aceton sowie in aromatischen und chlorierten Lösungen. Die Löslichkeit ist dabei von der Temperatur und dem Lösungsmittel abhängig (Römpp, 1983).

1.2.2 Chemische Eigenschaften

Lindan ist geruch-, geschmack- und farblos und liegt als festes, weißes bis bräunliches Kristall vor. Die chemische Formel von γ -HCH ist $C_6H_6Cl_6$.

Es ist ein monocyclischer chlorierter Kohlenwasserstoff in Ringform mit sechs Chloratomen. Der Hexanring liegt nicht planar, sondern in Sesselform vor und die relative molekulare Masse beträgt $290,8 \text{ mol}^{-1}$.

Die Verbindung ist in Licht, Luft, Wasser, Hitze, Kohlendioxid und starken Säuren stabil. Sie ist nicht entflammbar (Römpp, 1983). Auf Aluminium wirkt sie korrosiv.

Eine Dehydrohalogenierung erfolgt unter Einfluss von Alkalien. Dabei entstehen weitere Trichlorbenzole. Eine Zersetzung des Stoffes erreicht man unter Einfluss energiereicher Strahlung, dabei entsteht Chlorwasserstoff.

γ -HCH ist das reaktivste Isomer unter den Isomeren des HCH. Bei diesem Isomer ist Aktivierungsenergie nötig, um es zu isomerisieren (Eichler, Physikochemische Eigenschaften, Verhalten und Analytik der HCH-Isomeren, 1983).

1.2.3 Biologische Eigenschaften

Das mikrosomale Monooxidasesystem wird bei Ratten durch Lindan induziert (Jungqueira, 1988). 40 mg/kg Körpergewicht Lindan wurde an Ratten verfüttert und so wurde ein zeitabhängiger, oxidativer Stress für die Leber induziert.

Auf weitere biologische Eigenschaften wird in späteren Kapiteln eingegangen (Derner, M. 1996).

1.3 Industrielle Anwendung und Richtwerte für Lindan

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges wurde das technische HCH zunächst gegen den Kartoffelkäfer auf dem Feld, den Borkenkäfer im Forst und gegen Ektoparasiten (z.B. Läuse) eingesetzt. Darauf folgte eine Erweiterung des Einsatzes gegen andere Bodenparasiten, Obst- und Gemüseschädlinge und den Rapsglanzkäfer.

In den 80er Jahren wurde Lindan auch in folgenden Bereichen eingesetzt:

1. gegen Bodeninsekten, wie Drahtwürmer, Engerlinge und Moosknopfkäfer
2. in der Forstwirtschaft gegen Borken- und Rüsselkäfer
3. in der Veterinärmedizin gegen Ektoparasiten wie Läuse, Flöhe und Räude milben
4. gegen Käferlarven

(Leber, 1983).

Heute wird Lindan als Pflanzenschutzmittel nur noch bei spezifischer Indikation im Forst eingesetzt.

Bis Ende 2007 wurde Lindan im medizinischen Bereich in Form von Pudern, Gels oder Salben zur Behandlung gegen Krätze (Skabies) verwendet, zunehmend aber durch andere Pharmaka verdrängt, bis das endgültige Verbot erfolgte.

Lindan kommt heute in der Industrie in Farben, Lacken, Holzoberflächen von Wandverkleidungen, Balken, Türen, Vertäfelungen, Böden, Fenstern, Möbeln, Dachstühlen und Holzkonstruktionen (z.B. Fachwerkhäusern) vor, des Weiteren in Textilien, Leder, Markisen, Zelten, im Baumwollanbau, Mottenmitteln und Pflanzenbehandlungsmitteln (Kohmanns, B., 1997). Besonders in der ehemaligen DDR fand es seine Anwendung in Holzschutzmitteln, sodass noch heute auf

Dachböden, z.B. in Mecklenburg-Vorpommern, eine erhöhte Konzentration an Lindan in der Luft messbar ist (Mecklenburg-Vorpommern, 2005).

Grenz-, Leit- und Richtwerte für die Lindankonzentration in verschiedenen Medien:

Richtwertbezeichnung	Festgelegt/empfohlen von	Wert
MAK-Wert	Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG	0,5 mg/m ³
BAT-Wert	siehe MAK-Wert	0,02 mg/l im Blut 0,025 mg/l im Plasma/Serum
ADI-Wert	WHO (1989)	0,008 mg/kg Körpergewicht
DTA-Wert	BGA (1992)	0,005 mg/kg Körpergewicht
Richtwert in der Innenraumluft*	WHO und BGA (1989)	0,001 mg/m ³
Trinkwasserleitwert	WHO	0,002 mg/l

*Bei dauerhafter Überschreitung der Raumluftkonzentration von 1 µg Lindan pro m³ Luft wird empfohlen, expositionsmindernde Maßnahmen zu ergreifen.

Tabelle 2: (Kohmanns, B., 1997)

Medium	Lindanmenge	Vorkommen in/Belastung
Holz	bis 2 mg/kg	unbehandelte Hölzer
	ab ca. 100 bis einige 1000 mg/kg	Holzschutzmittel (PCP/Lindan) belastete Hölzer
Hausstaub	bis 2 mg/kg	Lindan unbelastete Wohnung
Feinstaub	2 bis 4 mg/kg	Belastung leicht erhöht, Lindan Anwendung wahrscheinlich, aber nicht eindeutig
	über 4 mg/kg	zurückliegende Anwendung von Lindan eindeutig
Innenraum- luft	bis 0,1 µg/m ³	zurückliegende Anwendung von Lindan unwahrscheinlich
	über 0,1 µg/m ³	zurückliegende Verwendung von Lindan wahrscheinlich
	über 1,0 µg/m ³	Überschreitung des „Interventionswertes“ des BGA

Tabelle 3: (Kohmanns, B., 1997)

1.4 Akute, subakute und chronische Toxizität, aktuelle Erkenntnisse

Zu einer Intoxikation mit Lindan kann es auf verschiedene Weise kommen. Im Vordergrund stehen hier die orale, inhalative und dermale Applikation.

Zur oralen und inhalativen Aufnahme kann es zum Beispiel durch Lindanstaub in der Produktion kommen. Die dermale Applikation wurde in der Medizin zur Behandlung der Krätze angewandt, sie kann aber auch bei der industriellen Herstellung zum Beispiel beim Verpacken oder Abfüllen von Lindan vorkommen.

Nach oraler Applikation wird der größte Anteil im Dünndarm resorbiert, da hier die größte Oberfläche (ca.100 qm) vorliegt. Dies ist auch der Applikationsweg, bei dem der größte Anteil vom Körper aufgenommen wird (Solomon, L. F., 1977).

Bei der Inhalation von Lindan liegt die Resorptionsrate bei circa 50 % (Sagunski, 1994), wobei der resorbierte Anteil vom Atemzugvolumen des Individuums, der Tröpfchengröße und der Wasserlöslichkeit der Zubereitung abhängt.

Durch Auftragen auf die Haut wird eine Resorption von circa 10 % erreicht. Ist die verhornte Epidermis allerdings abgetragen, kann die Resorptionsrate sehr stark

gesteigert werden (Riedel, 2003; Schreiber, 2005). Ebenso spielt die Anzahl der in der Haut befindlichen Hautanhangsgebilde eine Rolle in Bezug auf die Höhe der Resorptionsrate des auf die Haut aufgetragenen Stoffes. Da Hautanhangsgebilde die Kontinuität der Hornschicht unterbrechen, geht in der Tiefe die Barrierefunktion rund um die Haarfollikel verloren. Die Region rund um die Talgdrüsen ist sehr lipophil, daher können lipophile Substanzen hier gut aufgenommen werden (Mangelsdorf, 2006; Schreiber, 2005). Der menschlichen Haut am ähnlichsten reagiert die Haut von Schweinen, haarlosen Mäusen und einzelnen Affenarten (Riedel, 2003).

Die Resorptionsrate ist auch abhängig von der Körperregion, an der die Substanz aufgetragen wird. So ergibt sich nach Versuchen von Feldmann und Maibach mit C14-Hydrocortison folgende Rangfolge der Resorption: Unterarm < Fußsohle < Fußknöchel (lateral) < Handfläche < Unterarm (dorsal) < Rücken < Kopfhaut < Achselhöhle < Stirn < Kieferwinkel < Skrotum. Die Unterschiede zwischen den dicksten und den dünnsten Hautarealen erreichen einen Faktor von über 100 (Riedel, 2003; Schreiber, 2005).

Auch die Anzahl der hautdurchbrechenden Hautanhangsorgane spielt für die Resorption eine Rolle. So wird über Hautareale mit vielen Talg- oder Schweißdrüsen mehr resorbiert, als an einer Stelle mit weniger oder keinen Talg- oder Schweißdrüsen (Mangelsdorf, 2006).

Lindan wird im Körper im Vergleich zu anderen zyklischen Kohlenwasserstoffen relativ schnell abgebaut. In der Ratte hat Lindan eine Halbwertszeit von zwei Tagen. Die Cytochrom-P-450 abhängigen Monooxygenasen und Glutathiontransferasen in der Leber metabolisieren Lindan primär durch Hydroxylierung, Dehydrochlorierung, Dehydrierung und Dechlorierung zum Hauptmetaboliten 2,4-Dichlorophenol (Sagunski, 1994). Des Weiteren entstehen Chlorbenzole, Chlorphenole und Chlorphenylglutathionderivate in einer Sekundärreaktion.

Die entstandenen Metaboliten werden dann direkt oder nach weiteren Umbauschritten in freier oder in konjugierter Form im Urin ausgeschieden (Chadwick, et al., 1978; Chadwick, 1975; Sagunski, H., 1994; Kühnert, M., 1991).

Bei laktierenden Tieren wird ein erheblicher Anteil unverändert über die Muttermilch abgegeben (Solomon L. F., 1977; Ungemach, 1994).

Nach dem Aufbringen auf die Haut, welches einer kurzfristigen Exposition entspricht, wird Lindan nach einer Halbwertszeit von ca. 20 Stunden aus dem Blut eliminiert.

Nach chronischen Expositionen wird eine Halbwertszeit von acht bis zehn Tagen angegeben (Sagunski, H., 1994).

Lindan besitzt von den vier Isomeren die höchste akute Toxizität. Insekten sind der toxischen Wirkung gegenüber zehnfach empfindlicher als Säugetiere.

Außerdem hängt die toxische Wirkung von der Art der Zufuhr, der Dosis, der Expositionsdauer und dem Gesundheits- und Ernährungszustand des vergifteten Objektes ab. Meist führt eine Aufnahme toxischer Mengen nicht zu chronischen Vergiftungen, sondern zu akuten. Die Vergiftung kann durch eine Aufnahme über die Haut (große Flächen mit möglichen Läsionen), durch Inhalation von Staub oder durch orale Aufnahme entstehen.

Die Toxizität nimmt in folgender Reihe der Applikationswege ab:

i. v. > i. m. > s. c. > oral > dermal.

Die geringste Toxizität hat Lindan in kristalliner Form, toxischer ist es in wässriger Form und am toxischsten ist es in ölicher Form (Herbst, M., Toxikologie des Lindan, 1973).

Bei der Empfindlichkeit gibt es individuelle Unterschiede, wobei junge Tiere, Katzen, Ziervögel, geschwächte und sehr magere Tiere besonders empfindlich sind (Hawkins, 1984).

Bei adulten Pferden, Schweinen und Wiederkäuern ist eine äußere Anwendung von Lindan in einer Konzentration von bis zu 0,2 % nicht toxisch. Allerdings sind Feten und Neugeborene gefährdet (Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie).

Als tödliche Dosen im Tierversuch sind bekannt :

Maus:	p. o. 86 mg/kg
Ratte:	p. o. unter 200 mg/kg
	s. c. 50 mg/kg
	i. p. unter 85 mg/kg
Meerschweinchen:	p. o. unter 125 mg/kg
	s. c. 100 mg/kg
Kaninchen:	p. o. unter 200 mg/kg
	dermal 180 mg/kg
	s. c. 75 mg/kg

	i. v. unter 6 mg/kg
Hund:	p. o. unter 200 mg/kg
	i. v. 7,5 mg/kg
Schwein:	als toxische Dosis ist 1 % des Körpergewichtes bekannt

Tabelle 4: (Institut für Veterinärpharmakologie und –toxikologie; Kühnert, M., 1991; Solomon, L. F., 1977)

Die Vergiftungserscheinungen bei einer akuten Vergiftung beziehen sich hauptsächlich auf das Zentralnervensystem. Hierbei kommt es bei Warmblütern und Kaltblütern zu einer Übererregung, dazu Lähmungen von motorischen Nerven, selten sensorischer Nerven.

Es kommt nach einer Latenzzeit von 30 - 60 Minuten nach der oralen Aufnahme zu Erbrechen und Durchfall. Zwei bis drei Stunden später kommen Erregungszustände, Ataxien, Mydriasis, Muskeltremor und beschleunigte Atmung hinzu (Vohland, H. P., 1981).

Durch die Speicherung des Pestizids im Fettgewebe kann es erst nach einigen Tagen zu Vergiftungserscheinungen kommen. Durch starke Abmagerung kann die Freisetzung des Toxides erhöht werden und zu subakuten und chronischen Vergiftungen führen (Ungemach, 1994).

Diese chronische Vergiftung kann auch durch eine kontinuierliche Zufuhr von geringen Dosen entstehen (oral, dermal oder inhalativ).

Beim Tier entstehen hierbei unspezifische Symptome, wie erhöhte Nervosität, Muskelschwäche, Abmagerung, neurologische Störungen, Koordinationsverlust, Tremor, Wachstumsstörungen bei Jungtieren, Anämien und Leber- und Nierenschäden (Kühnert, M., 1991). In der Arbeit von Bearel et al. werden Schilddrüsenfunktionsstörungen bei Nerzen beschrieben (Bearel et al., 1999).

Beim Menschen wird ebenfalls zwischen einer akuten und einer chronischen Intoxikation unterschieden. Dabei entspricht die Symptomatik der akuten Symptomatik anderer chlorierter Kohlenwasserstoffe. Hier treten auf: Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, Schwindel, Zittern und Unruhe bis hin zu Krämpfen. Auch über Halluzinationen wurde berichtet. Bei der Behandlung steht die

symptomatische Therapie im Vordergrund, so wie die Prophylaxe von Leber und Nierenschäden (Idel & Leng, 2002).

Bei Erreichen der letalen Dosis tritt der Tod meist durch eine Atemlähmung oder Kreislaufkollaps ein (Fischer, 1993).

Chronische Vergiftungen äußern sich beim Menschen in einer Aktivitätssteigerung der Leberenzyme verbunden mit einer Vergrößerung des Organs. Darüber hinaus kommt es zu motorischen Störungen und Degeneration des Nervensystems. Es wurden auch Knochenmarksschädigungen beobachtet, die zu Anämien führten (Kohmanns, B., 1997).

1.4.1 Die möglichen Langzeitfolgen der Toxizität

1.4.1.1 Einfluss auf Fertilität und Reproduktion

Für betroffene Paare stellt Sterilität ein ernstes Problem mit vielen psychischen und sozialen Belastungen dar. Vielfältige Ursachen können zu einer Sterilität führen und nur in Ausnahmefällen kann eine alleinige Ursache erkannt werden. Bei ca. 15 % der betroffenen Frauen bleibt die Ursache der primären Sterilität ungeklärt. Eine endokrin wirksame Verbindung, die in der Umwelt vorkommt, wird immer häufiger als Ursache diskutiert. Zu diesen Verbindungen zählt auch Lindan (Kuntzsch, 2002; Weber, Lutermann & Hollender, 2002).

Shahin und von Borstel zeigten in einer Arbeit 1977, dass Lindan keine mutagene Wirkung hat (Shahin, von Borstel, 1977).

Uphouse und Williams (1989) konnten dagegen den reproduktiven Zyklus von Ratten mit Lindan unterbrechen (Uphouse, Williams, 1989).

Auch eine Abnahme der Konzeptionsrate bei Schafen wurde nach akuter hoch dosierter Intoxikation beobachtet (Bearel et al., 1998).

Sircar und Lahiri (1990) fanden in einem Fütterungsversuch mit 60 Mäusen, dass Lindan in einer Größenordnung von 50 % der LD50-Dosis am 1. - 4. Tag einer Schwangerschaft die Implantation des befruchteten Eies verhindert, außerdem war das Ovarialgewicht vermindert (Lahiri, Chakravarty & Sircar, 1990).

Verabreicht man Lindan in der Mitte der Schwangerschaft, bewirkt man eine 100%ige Resorption des Lindans durch den Feten (Lahiri, Chakravarty & Sircar, 1990).

Später in der Schwangerschaft verabreichtes Lindan bewirkt ein reduziertes Geburtsgewicht, Zyanose und Tod der Jungen innerhalb von fünf Tagen nach der Geburt. Es ist also von einem fetotoxischen Effekt auszugehen.

Zusammenfassend stellten Sircar und Lahiri bei den Fütterungsversuchen Folgendes fest:

1. 100 % fehlende Implantation
2. fetale Resorption
3. Missbildung
4. fetaler Tod
5. antigonadale Wirkung bei erwachsenen Mäusen

Dies bezieht sich auf Versuche mit Mäusen.

In der Arbeit von Kuntzsch zum Einfluss von endokrin wirksamen Verbindungen aus der Umwelt auf die Fertilität der Frau wurde die Belastung von sterilen Frauen und normofertilen Frauen direkt verglichen. Insgesamt scheint die Belastung mit Lindan rückläufig zu sein. Lindan konnte weder in den Serumproben noch in dem gebildeten Endometriumprobenpool (aufgrund geringer Probenmengen gebildet) nachgewiesen werden.

Aber auch in Samenflüssigkeit sind Umweltgifte zu finden. Diese beeinträchtigen die Beweglichkeit der Spermazellen und die Teilungsrate der befruchteten Eizellen (Kuntzsch, 2002).

Katrin und Hans van der Ven untersuchten in einer Arbeitsgruppe an der Bonner Universitätsklinik die Beweglichkeit von Spermien in verschiedenen Nährmedien, denen sie verschiedene Stoffe wie DDT, Lindan, Hexachlorbenzol oder PCB zusetzten. Die Konzentrationen entsprachen denjenigen, die auch im Ejakulat zu finden sind. Abhängig von der Giftdosis und der Versuchsdauer nahm die Beweglichkeit der Spermien deutlich ab.

Denselben Effekt konnte die Arbeitsgruppe auch bei mit den oben genannten Giften angereichertem Zervikalschleim nachweisen. Auch hier war ein Trend zur eingeschränkten Mobilität zu sehen (van der Veen et al., 1991).

Zervikalschleim ist nach einer weiteren Studie der Arbeitsgruppe Wagner ebenfalls ein Anreicherungsort für verschiedene Schadstoffe. Bei der Befruchtung spielt der Zervikalschleim eine große Rolle, da dies der erste Kontakt zwischen dem weiblichen Genitaltrakt und den Spermienzellen darstellt. Der Zervikalschleim beeinflusst die Wanderung der Spermienzellen zum Ort der Befruchtung und Einnistung der Eizelle. Bei zu zähem Schleim kann eine Befruchtung eventuell sogar verhindert werden (Wagner et al., 1990).

1.4.1.2 Maligne Erkrankungen

Krebserkrankungen gehören zu den häufigsten Erkrankungen der Allgemeinbevölkerung unserer Zeit. Auch Pestizide scheinen zu den auslösenden Faktoren von malignen Erkrankungen zu gehören.

Insbesondere zu Brustkrebs und Non-Hodgkin-Lymphomen gab es in letzter Zeit Studien. Wong und Matsumura zeigen in ihrer Arbeit von April 2007, dass es einen Zusammenhang zwischen Lindanexposition und Brustkrebs geben kann (Wong, Matsamura, 2007). Wie bereits oben erwähnt, wirkt Lindan als endokrine Verbindung im Körper des Menschen, so konnte eine erhöhte Brustkrebsrate bei Frauen nach Exposition mit Lindan und anderen Pestiziden gefunden werden (Ociepa-Zawal et al., 2010).

Zu dem Thema Lindan und Non-Hodgkin-Lymphom gibt es kontroverse Aussagen. In verschiedenen Studien wurde das Serum von Farmarbeitern der USA, Canada und Island untersucht. In keiner dieser Studien kann von einer isolierten Lindanbelastung ausgegangen werden, da alle Probanden im Laufe ihres Arbeitslebens mit verschiedenen Pestiziden Kontakt hatten.

Auch ein Zusammenhang zwischen asthmatischen Erkrankungen und erhöhtem Risiko für NHL unter Belastung mit Lindan konnte nachgewiesen werden.

Möglicherweise sind auch Abbauprodukte des Lindans im Körper für maligne Erkrankungen als Ursache zu sehen (Arbeitsmedizin, 2002).

1.5. Arbeitsmedizinische Relevanz

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Lindan heute trotz Verbot noch in vielfältiger Form anzutreffen ist. Eine arbeitsmedizinische Relevanz ergibt sich vor allem bei den Langzeitfolgen für Menschen, die über ihren Beruf in Kontakt mit Lindan kommen.

Aus arbeitsmedizinischer Sicht stellt sich die Frage, in wieweit die Applikation des Lindans einen Einfluss auf eine mögliche Kumulation in verschiedenen Geweben hat. Daraus könnten sich sowohl arbeitsmedizinische Konsequenzen, als auch Konsequenzen im Arbeitsschutz ergeben.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine mögliche Kumulation in Abhängigkeit von der Applikation zu untersuchen. Es wurde die kutane und die orale Applikation mittels des Lindanträgers Jacutin untersucht.