

Bericht zur Blutuntersuchung auf HCB der Bevölkerung im Görtschitztal

19. Mai 2015

Inhalt

BERICHT ZUR BLUTUNTERSUCHUNG AUF HCB DER BEVÖLKERUNG IM GÖRTSCHITZTAL 1

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	EINLEITUNG	6
3	ERGEBNISSE	7
3.1	ÖSTERREICHISCHE VERGLEICHSDATEN ZU HCB IM BLUT	7
3.2	TEILNEHMER/INNEN AN DER BLUTUNTERSUCHUNG.....	12
3.3	ERGEBNISSE DER HCB-BESTIMMUNG IM PLASMA.....	13
4	RÜCKMELDUNG DER ERGEBNISSE	22
4.1	RISIKOKOMMUNIKATION	22
4.2	SCHRIFTLICHE ÜBERMITTLUNG DER ERGEBNISSE.....	23
4.3	PERSÖNLICHE BEFUNDERLÄUTERUNG	25
4.4	EINDRÜCKE AUS DEN ÄRZTLICHEN GESPRÄCHEN	27
5	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	27
6	EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK	29
7	ANHANG	33
7.1	ANHANG A: UMRECHNUNG DER BLUTKONZENTRATIONEN	33
7.2	ANHANG B: ANALYTISCHE METHODEN (AUTORINNEN: CHRISTINA HARTMANN UND SIGRID SCHARF, UBA WIEN)	34
7.2.1	<i>HCB-Bestimmung in Humanplasma</i>	34
7.2.2	<i>Kontrolle der Analysenqualität während des Projektes</i>	35
7.3	ANHANG C: VERGLEICH DER ÖSTERREICHISCHEN UND DEUTSCHEN „REFERENZWERTE“	36
7.4	ANHANG D: MODELL DER AUFNAHME UND AUSSCHIEDUNG VON HCB	38
8	LITERATUR	48

1 Zusammenfassung

Infolge der während des Jahres 2014 nachgewiesenen Belastung der Umwelt (Luft, Boden, Lebensmittel) durch Hexachlorbenzol (HCB) wurde eine systematische Blutuntersuchung der Bevölkerung begonnen, die zwei Fragen klären sollte: (1) ob es bei der betroffenen Bevölkerung zu einer messbaren Erhöhung der inneren Belastung gekommen ist und wenn ja, welche Gruppen besonders betroffen sind und (2), welche Belastungspfade (über Nahrung, Luft, Hautkontakt) für die Aufnahme von HCB bedeutsam sind. Die Klärung dieser Fragen erlaubt das Setzen von Maßnahmen zur Reduktion der Belastung und kann Sanierungsbemühungen für die Region unterstützen.

Es wurde eine stufenweise Untersuchung vorgeschlagen, deren erster Schritt darin bestand, Personen zur Blutabnahme einzuladen, bei denen im Rahmen einer Fragebogenaktion im Dezember 2014 erhoben wurde, dass sie aufgrund des Ernährungsverhaltens, der Quelle der Nahrungsmittel und der Tätigkeiten in der Landwirtschaft vermutlich höher belastet waren. Etwa zwei Drittel der 135 in dieser ersten Untersuchung eingeschlossenen Personen gehören dieser Gruppe an, während die restlichen Personen auf dringendem eigenem Wunsch ebenfalls getestet wurden. In den nächsten Stufen sollen Blutabnahmen insbesondere bei Kindern und Erwachsenen unter 50 Jahren auf Basis einer Zufallsstichprobe erfolgen. Außerdem sollen Bewohner bestimmter Regionen im Görtschitztal besonders angesprochen und zur Blutuntersuchung eingeladen werden.

Zusätzlich zu den Proben, die im Rahmen der von der Landessanitätsdirektion Kärnten organisierten Blutabnahme gewonnen wurden, wurden vier Proben von Kindern, die auf Wunsch der Eltern über Vermittlung von Global 2000 auf HCB im Blut (in deutschen Labors) untersucht wurden, in diesen Bericht eingeschlossen.

Da es keine österreichischen Referenzwerte für HCB gibt und Werte aus Deutschland nur eingeschränkt herangezogen werden können, weil in Deutschland HCB bereits 10 Jahre früher als in Österreich verboten wurde, wurde eine Vergleichsstichprobe von 97 Personen aus der Österreichischen Ernährungsstudie 2010-2012 gezogen, von der Rückhalteproben vorhanden waren. Diese Proben wurden in 5 Altersgruppen aufgeteilt und getrennt nach dem Geschlecht in Plasmapools analysiert. Der Referenzwert für die jeweilige Alters-/Geschlechtsgruppe wurde anhand der Verteilung der Proben des Biomonitoringprogramms in Deutschland berechnet. Eine Überprüfung dieser Vorgangsweise wurde auf Initiative von Global 2000 durch eine Probenziehung an der Medizinischen Universität Graz bei 8 Personen vorgenommen.

An der Blutabnahmeaktion nahmen überwiegend Erwachsene, aber auch 14 Kinder teil. 12 Personen waren im Alter 20-29 Jahre, 22 Personen 30-39 Jahre, 23 Personen 40-49 Jahre,

28 Personen 50-59 Jahre und 36 Personen 60 Jahre oder älter. Insgesamt 21 Personen hatten ihren Wohnort außerhalb des Görtschitztals, wurden aber wegen des Konsums von Lebensmitteln aus dem Görtschitztal eingeschlossen; 44 Personen haben ihren Wohnsitz in Wieting, 29 in Eberstein, je 15 in Brückl und Klein St. Paul und 11 in Hüttenberg/Knappenberg.

Im Vergleich zur österreichischen Referenzgruppe ergab sich, dass die innere Belastung mit HCB der untersuchten Kärntner Bevölkerung in allen Altersgruppen signifikant höher lag. Hinsichtlich der Wohnorte ergab sich sowohl bei den Personen, die nicht im Görtschitztal wohnen, aber Produkte von dort konsumieren, als auch bei Personen, die in Wieting, Klein St. Paul oder Eberstein wohnen, eine signifikant höhere Belastung mit HCB. Abgesehen von Personen, die außerhalb des Görtschitztales wohnen, zeigte sich besonders in einem Abstand von bis zu 7 km vom Wietersdorfer Zementwerk eine erhöhte Belastung des Bluts mit HCB. Dieser Befund ist nur mit der Annahme vereinbar, dass die Kontamination der Hausgärten und der Futterwiesenflächen in unmittelbarer Umgebung des Wohnorts und in der Folge die innere Belastung der Nutztiere der Ursprung der höheren HCB-Werte im Blut der Anrainer darstellt, weil die Aufnahme über den Atemtrakt bei den gemessenen Luftkonzentrationen die Blutwerte nicht erklären kann.

Eine Kontrastierung der 10 relativ am höchsten mit HCB im Blut belasteten Personen mit 10 Personen, die niedrige HCB Werte aufwiesen, ergab, dass die Aufnahme über die Nahrung (insbesondere Milch, Milchprodukte und Fleisch) die gemessenen Werte gut erklären kann. Diese Gruppe mit den relativ höchsten Werten bestand ausschließlich aus Personen, die sich überwiegend von Lebensmitteln aus eigener Produktion ernährten.

Wir haben auf Basis von Untersuchungen zum Stoffwechsel des HCB im Körper ein Rechenmodell entwickelt, um die tägliche Aufnahme von HCB zu ermitteln, wenn die Dauer der höheren HCB-Belastung bekannt ist und von einer durchschnittlichen HCB-Grundbelastung ausgegangen wird. Verglichen mit den tolerablen täglichen HCB-Mengen für die lebenslange Aufnahme der AGES (2008) von 0,01 µg HCB/kg Körpergewicht, bzw. der WHO (0,16 µg/kg Körpergewicht) fanden wir 63 Personen, die über dem Wert der AGES und 18 Personen, die über dem Wert der WHO lagen. Diese höhere Aufnahme bei einem erheblichen Teil der Bevölkerung muss Anlass sein, alle Möglichkeiten zu identifizieren, die sicherstellen, dass keine weitere Belastung mehr hinzukommt, denn bei einer langfristigen Überschreitung der tolerablen Aufnahmemenge von HCB können nachteilige gesundheitliche Folgen nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund der Messungen von HCB in Bodenproben, Futter- und Lebensmitteln und der nun vorliegenden Ergebnisse der Blutuntersuchungen kann ein kausaler Zusammenhang mit

den Emissionen von HCB aus dem Wietersdorfer Zementwerk hergestellt werden. Obwohl aufgrund der vorliegenden Messwerte eine unmittelbare, akute Gesundheitsgefährdung durch HCB nicht zu befürchten ist, zeigen Studien, dass HCB als endokrin aktiver Fremdstoff grundsätzlich auch bei niedrigen Belastungen die Regulationsfähigkeit des Organismus einschränken und zu einer Belastung der Entgiftungs- und Stoffwechselfvorgänge führen kann. Eine Freisetzung von HCB ist aus ärztlicher Sicht unbedingt zu vermeiden, da diese körperfremde Substanz eine potenzielle Gesundheitsgefährdung darstellt und in der Umwelt hohe Persistenz aufweist.

Vorangehende Analysen zeigten, dass die erhöhte Belastung etwa ein Jahr bis eineinhalb Jahre eingewirkt hat und auch die ermittelten Blutwerte sind mit einer wesentlich längeren Dauer der Belastung nicht vereinbar. Bei HCB als chronisch kumulierend wirkendem Speichergift ist nicht die tägliche Aufnahme allein, sondern die Dauer der Aufnahme bzw. die kumulierte Aufnahme von gesundheitlicher Relevanz. Dies unterstreicht nachdrücklich, dass jede zusätzliche erhöhte Aufnahme bzw. Umweltbelastung in Zukunft unterlassen werden muss.

Damit wird im Rahmen dieser ersten fundierten umwelthygienischen Beurteilung belegt, dass die gegenständliche HCB-Freisetzung im Görtschitztal im Zeitraum von etwa Mitte 2013 bis November 2014 so hoch war, dass sie die innere Belastung der betroffenen Bevölkerung maßgeblich erhöht hat. Als bedeutsamster Aufnahmepfad wurde die HCB-Belastung der Nahrungsmittel bestätigt.

Einige Lücken, die diese Untersuchung nicht schließen konnte, sollen in den nächsten Schritten geschlossen werden. Dazu zählen die Prüfung der Variabilität der HCB-Werte in der österreichischen Bevölkerung und die Untersuchungen einer Zufallsstichprobe von Kindern und jüngeren Erwachsenen aus dem Görtschitztal. Weiters soll durch ein Monitoring der Blutwerte bei den am höchsten belasteten Personen die Effektivität der Empfehlungen zur Vermeidung einer weiteren Aufnahme von belasteten Nahrungsmitteln und der Erhöhung der Ausscheidung von HCB aus dem Körper überprüft werden.

Auf Basis der nun vorliegenden Ergebnisse ist es möglich, Empfehlungen für die Prüfung von Lebensmitteln hinsichtlich ihres Gehalts an HCB abzuleiten, die über die rein lebensmittelrechtlichen Vorschriften hinausgehen. Das könnte nicht nur das Vertrauen der Bevölkerung in die Produkte der Görtschitztaler Landwirtschaft steigern, sondern soll sicherstellen, dass Personen, die bereits mit HCB belastet wurden, dennoch mehr HCB ausscheiden als sie aus den unvermeidbaren Spurengehalten, die nahezu überall auf der Welt nachweisbar sind, aufnehmen.

2 Einleitung

Im November 2014 wurde die Verbrennung von mit chlorchemischen Rückständen belastetem Blaukalk der Donau-Chemie Deponie K20/K5 durch das Wiertersdorfer Zementwerk behördlich untersagt. Im März 2014 war bei einer routinemäßigen Überprüfung einer Ricotta-Probe durch die Biokontrollstelle (Austria Bio Garantie) Hexachlorbenzol (HCB) gemessen worden. Die darauffolgende Ursachensuche ergab, dass offensichtlich bei der Verbrennung des belasteten Blaukalks Unregelmäßigkeiten aufgetreten sind. Dadurch gelangte HCB in die Luft und kontaminierte die Böden, Futtermittel und als Folge die Lebensmittel. Die lokale Bevölkerung und die Personen, die in größerem Umfang Produkte aus der lokalen Produktion im Görtschitztal konsumierten, haben nach einer Abschätzung durch die AGES (2014) höhere Mengen an HCB aufgenommen. Um das Ausmaß der Belastung und die Quellen der Belastung beurteilen zu können, wurde seitens der Medizinischen Universität Wien (Institut für Umwelthygiene) empfohlen, eine systematische Blutuntersuchung bei der betroffenen Bevölkerung durchzuführen.

Am 06.12.2014 wurde gemeinsam mit der Kärntner Landessanitätsdirektion ein Konzept für die Blutuntersuchungen ausgearbeitet. Dieses Konzept war einerseits daran orientiert, einen systematischen Überblick über die Belastung mit Hexachlorbenzol (HCB) einer vermutlich höher exponierten Bevölkerungsgruppe zu erhalten und andererseits dem Wunsch der Bevölkerung Rechnung zu tragen, durch eine solche Untersuchung größere Sicherheit über die aufgenommene Menge an HCB zu erhalten. Daher wurden die ursprünglich für Mitte Dezember angekündigten Blutabnahmen verschoben und zunächst Beratungsgespräche in den Gemeinden und eine Fragebogenaktion durchgeführt^a. Diese fanden zwischen 11.12. und 15.12.2014 in den Gemeinden Klein St. Paul, Eberstein, Brückl und Hüttenberg statt. Insgesamt haben über 300 Personen an dieser Aktion teilgenommen. Davon wurde bei 80 Personen festgestellt, dass aufgrund der Nahrungsquellen, des Ernährungsverhaltens und der landwirtschaftlichen Tätigkeiten (Umgang mit Heu, Grasschnitt, Erdarbeiten etc.) eine möglicherweise höhere Belastung stattfand. Diese Personen wurden speziell ersucht, an der Blutabnahmeaktion teilzunehmen. Aber auch anderen Personen, die auf eigenen Wunsch diese Untersuchung durchführen lassen wollten, wurde die Untersuchung ermöglicht. Aufgrund ethischer Bedenken (kein medizinischer Grund für eine Blutabnahme) wurde in dieser ersten Phase von einer Untersuchung der Kinder abgeraten, es wurden aber auch Kinder eingeschlossen, wenn die Eltern es ausdrücklich wünschten. Entsprechend dem Untersuchungsplan sollte die weitere Vorgangsweise hinsichtlich Humanbiomonitoring anhand der Ergebnisse der ersten Untersuchungsphase festgelegt werden.

^a Wir möchten an dieser Stelle besonders auf die Unterstützung durch die Amtsärzt/innen der Region hinweisen, ohne deren Engagement diese Untersuchung nicht möglich gewesen wäre. Großer Dank gebührt auch den Mitarbeitern der Krisenintervention des Roten Kreuzes, die vor Ort für eine angenehme und entspannte Beratungssituation sorgten.

Die Blutabnahmen fanden zwischen 12.01. und 29.01.2015 statt^b. Die Blutproben wurden täglich an das Klinikum Klagenfurt, Institut für Labormedizin und Mikrobiologie, übermittelt, wo sie mit PIN-Code versehen und zur Gewinnung des Blutplasmas abzentrifugiert und aufgeteilt wurden. Ein Teil der Blutprobe wurde zur Analyse der Blutfette am Klinikum Klagenfurt belassen, der andere Teil wurde gekühlt an das Umweltbundesamt (UBA), Abteilung Organische Analysen, nach Wien transportiert.

Da es keine österreichischen Vergleichsdaten für HCB im Blut der Bevölkerung gibt, wurde mit der Landessanitätsdirektion Kärnten und dem Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien vereinbart, dass das UBA aus Rückhalteproben der Österreichischen Studie zum Ernährungsstatus nach Altersgruppen und getrennt nach Geschlecht Proben analysiert, die aus allen Teilen Österreichs außer aus Wien und Kärnten stammen. Diese Proben wurden in den Jahren 2010 bis 2012 gezogen.

3 Ergebnisse

3.1 Österreichische Vergleichsdaten zu HCB im Blut

Es wurden insgesamt 97 Plasmaproben männlicher und weiblicher Proband/innen aus möglichst allen Bundesländern (ausgenommen Wien und Kärnten) aus fünf Altersgruppen (20-29 Jahre, 30-39 Jahre, 40-49 Jahre, 50-59 Jahre und 60-69 Jahre) - jeweils Männer und Frauen getrennt - zu insgesamt 10 Poolproben vereinigt und analysiert. Proband/innen aus ländlichen Regionen wurden, wenn verfügbar, bevorzugt. Details zu den Proben sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Die gepoolten Proben wurden dreimal gemessen, zweimal am UBA in Wien und einmal am Partnerlabor der RWTH Aachen (Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin). Der Mittelwert dieser Dreifachbestimmungen wurde als Wert der jeweiligen Alters/Geschlechtsgruppe übermittelt.

Als Referenzwert für eine bestimmte Alters/Geschlechtsgruppe wird gewöhnlich das 95. Perzentil herangezogen. Das ist jener Wert, unterhalb dessen 95% der Werte in der jeweiligen Gruppe liegen. Dieser Wert wird z.B. in Deutschland durch Berechnung der Schwankungsbreite des empirisch ermittelten 95. Perzentils und nachfolgende Rundung festgelegt.

^b Wir sind den Mitarbeitern der Blutspendezentrale für die professionelle und reibungslose Durchführung zu großem Dank verpflichtet.

Tabelle 1: Übersicht über die Zusammensetzung der 10 Gruppen, aus denen Plasmapools zur Ermittlung von Vergleichsdaten für die HCB-Konzentration gebildet wurden. In Klammern sind die jeweiligen Fallzahlen angegeben. Bei der Region ist nur die Zahl der Proben aus ländlichen Gebieten angegeben, der Rest stammt aus Stadtumgebung oder städtischen Gebieten.

Gruppe	Anzahl Proben	Bundesländer	Regionen
20-29 Frauen	10	NÖ(1),OÖ(1),St(1),T(6),V(1)	ländlich(7)
Männer	10	NÖ(1),OÖ(1),S(1),St(2),T(5)	ländlich(2)
30-39 Frauen	10	NÖ(2),OÖ(3),S(1),St(2),T(2)	ländlich(10)
Männer	10	B(4),T(6)	ländlich(4)
40-49 Frauen	10	OÖ(4),St(2),T(4)	ländlich(9)
Männer	10	B(5),NÖ(1),OÖ(2),S(1),St(1)	ländlich(10)
50-59 Frauen	10	NÖ(1),OÖ(1),S(2),St(3),T(3)	ländlich(7)
Männer	10	B(5),NÖ(1),St(1),T(3)	ländlich(9)
60-69 Frauen	9	S(1),T(8)	ländlich(4)
Männer	8	OÖ(3);St(1),T(4)	ländlich(3)

Da auf Basis der gepoolten Proben kein Schätzwert für die Streuung der Werte zur Verfügung steht, gingen wir davon aus, dass das Verhältnis von 95. Perzentil zum Median der Proben des Deutschen UBA (UBA 2003) innerhalb der Gruppen auch für Österreich gültig ist. Durch Anwendung dieses Faktors ergeben sich die in Tabelle 2 vorgelegten „Referenzwerte“^c.

Da es keine österreichischen Vergleichsdaten für die HCB-Konzentration im Blut von Kindern gibt, wurden die Werte für die Altersgruppe der 10-19-Jährigen durch Extrapolation ermittelt. Über die Altersgruppe unter 10 Jahren ist auch international wenig bekannt. Untersuchungen aus Spanien (Gascon et al. 2015) lassen erwarten, dass bei Kindern unter 10 Jahren höhere Durchschnittswerte auftreten, weil sie durch das Stillen mehr HCB im Säuglingsalter aufgenommen haben, das erst langsam wieder abgegeben wird. Deshalb stellt der „Referenzwert“ der 10-19-Jährigen für die jüngeren Kinder eher eine Unterschätzung dar.

Tabelle 2: Ergebnisse der HCB-Bestimmung in Plasmapools (extrapoliert für die Gruppe der 10-19-Jährigen) und errechnete „Referenzwerte“ durch Schätzung des 95.Perzentils aus den Daten des deutschen Biomonitoringprogramms (UBA 2003) und Rundung. Werte in µg/L Plasma.

Alter	männlich		weiblich	
	Pool	„Referenzwert“	Pool	„Referenzwert“
10-19	0,14	0,33	0,13	0,33
20-29	0,16	0,50	0,15	0,45
30-39	0,18	0,60	0,22	0,75
40-49	0,17	0,70	0,31	1,30
50-59	0,35	1,20	0,37	1,30
60-69	0,56	2,30	0,60	2,50

^c Wir setzen den Begriff Referenzwert hier unter Anführungszeichen, weil er zwar aus repräsentativen Poolproben stammt, aber unter Anwendung von deutschen Werten für das Verhältnis von Median und 95.Perzentil errechnet wurde

Um zu prüfen, ob diese Werte plausibel sind, wurde auf Basis der vorliegenden umfangreichen Daten aus Deutschland ein Vergleich anhand der Halbwertszeit von HCB im menschlichen Körper und der Annahme, dass seit dem Ausstieg aus der HCB Verwendung nur mehr geringe Mengen aufgenommen werden (im Wesentlichen über das Stillen durch Mütter, die in ihrer Kindheit noch höhere Mengen aufgenommen haben, und aus den Rückständen in Lebensmitteln), durchgeführt. Die Abb. 1 zeigt die Werte aus Deutschland aus den Jahren 1997-1999 (15 bis 17 Jahre nach dem HCB Ausstieg in Deutschland), die Werte aus Österreich (2010-2012, 18 bis 20 Jahre nach dem HCB Ausstieg in Österreich) sowie die Werte der RWTH Aachen (2010-2012, 28 bis 30 Jahre nach HCB Ausstieg in Deutschland). Die Ergebnisse des Labors in Aachen stammen aus dem gleichen Zeitraum wie die Proben aus Österreich, bedeuten aber hinsichtlich des Abstands zum HCB-Ausstieg einen Unterschied von 10 Jahren. Zu Vergleichszwecken wurden die Werte im Plasma auf Konzentrationen im Vollblut umgerechnet (siehe Anhang A).

Aus dem Vergleich der Altersabhängigkeit der HCB-Konzentration aus der Untersuchung 1997-1999 (UBA 2003) und der in den Jahren 2010-2012 (RWTH Aachen) kann man den erwarteten Wert der HCB-Konzentration einer Person, die 1998 ein Alter von z.B. 25 Jahren hatte, im Jahr 2011 berechnen, in der diese Person dann 38 Jahre alt war. Dies kann man für alle Altersintervalle durchführen. Abb. 2 zeigt diese Werte, wobei die Werte aus Österreich in die Mitte zwischen den deutschen Werten aus 1998 und 2011 eingetragen wurden.

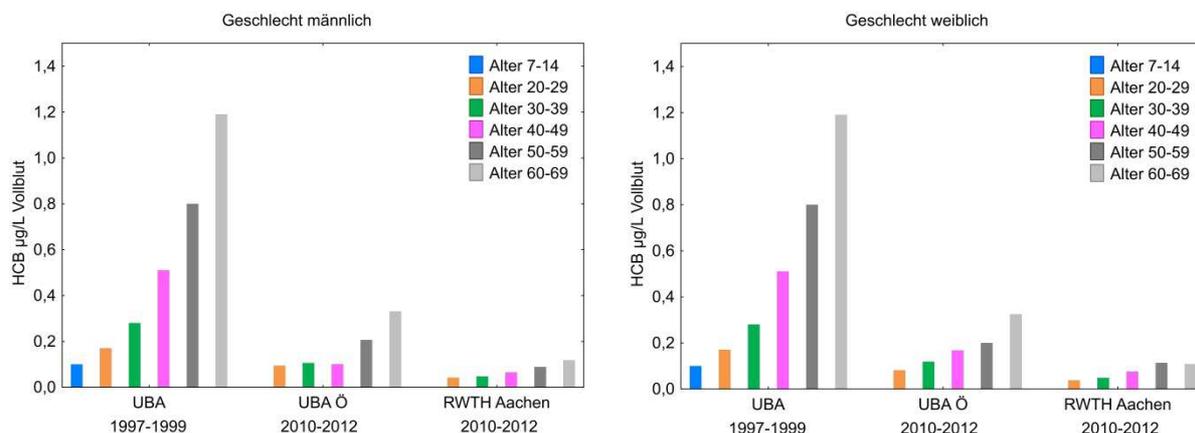


Abb. 1: Vergleich der Durchschnittswerte von HCB ($\mu\text{g/L}$ Vollblut) in Deutschland und Österreich in unterschiedlichen Zeiträumen

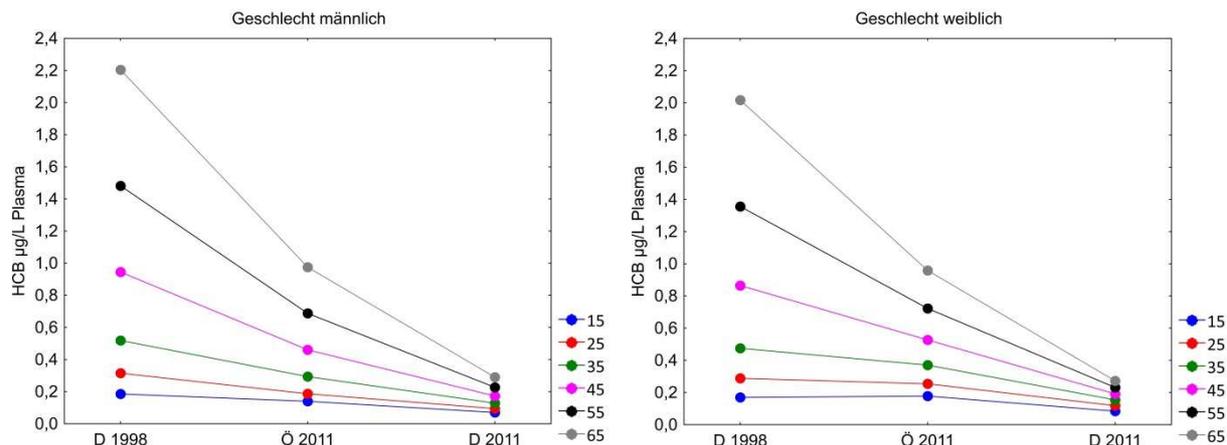


Abb. 2: Verlauf der HCB-Konzentration für Personen, die 1998 ein bestimmtes Alter (Legende rechts) hatten. Es wurde angenommen, dass die österreichischen Werte einem Wert zwischen den Werten aus Deutschland 1998 und 2011 entsprechen.

Aus der Abnahme der Werte in Deutschland wurde die Halbwertszeit berechnet. Es zeigte sich, dass die Halbwertszeit von der Höhe des Ausgangswerts abhängig ist und bei hohen Werten bei Männern und Frauen in Übereinstimmung mit der Fachliteratur (To-Figueras et al. 2000; Bu et al. 2015) etwa 6 Jahre beträgt. Je niedriger die Werte, desto länger die Halbwertszeit. Bei Männern steigt sie auf 12 Jahre und bei Frauen auf 20 Jahre. Wegen des späteren Ausstiegs aus der HCB-Nutzung in Österreich wurde angenommen, dass die österreichischen Werte etwa einem Zeitpunkt von vor 5 bis 10 Jahren in Deutschland entsprechen. Die Berechnung ergab (genauere Angaben im Anhang C), dass die Werte aus Österreich Werten aus Deutschland aus dem Jahr 2004/2005 entsprechen. Die beobachteten und aus dieser Berechnung geschätzten Werte zeigt Abb. 3.

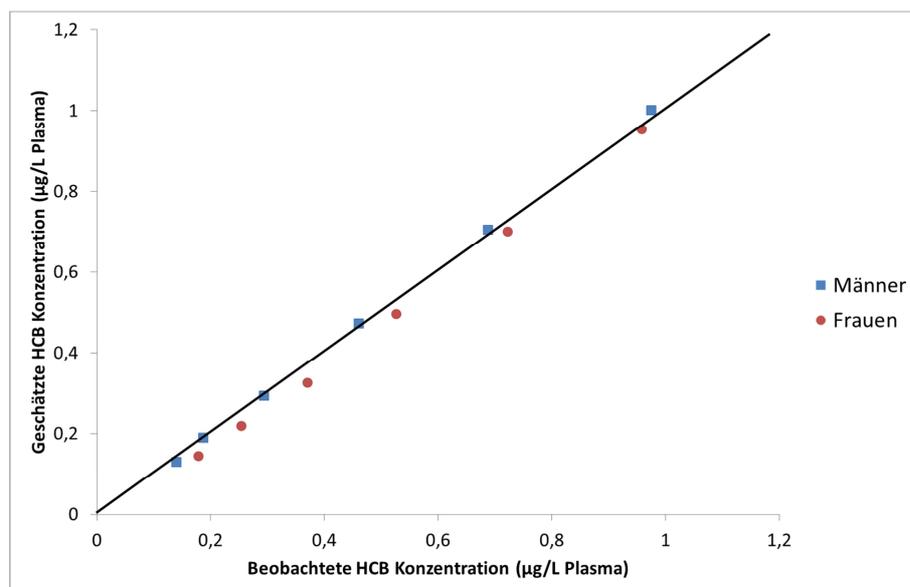


Abb. 3: HCB-Konzentrationen der österreichischen Vergleichsdaten und die aus der Annahme geschätzten Werte, dass die österreichischen Werte denen aus dem Jahr 2004/2005 in Deutschland entsprechen.

Der Vergleich der für die Altersgruppe 10-19 Jahre aus dem Altersverlauf geschätzten Werte (siehe Tabelle 2) mit den Werten des deutschen Biomonitorings aus den Jahren 2003-2006 (UBA 2009) ergab sehr gut vergleichbare Werte. Der Durchschnittswert für die Altersgruppe 7-14 Jahre im Vollblut lag in Deutschland bei 0,1 µg/L, das entspricht 0,17 bzw. 0,18 µg/L Plasma bei Mädchen bzw. Knaben, die österreichischen Schätzwerte sind 0,13 bzw. 0,14 µg/L Plasma aber für die durchschnittlich etwas ältere Gruppe (es ist zu beachten, dass vom ersten zum zweiten Lebensjahrzehnt die Werte etwas abnehmen).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der gezogenen Stichprobe der österreichischen Ernährungsstudie sehr gut mit den Werten aus Deutschland vergleichbare Werte, wenn man annimmt, dass durch den späteren Ausstieg Österreichs aus der HCB Verwendung eine Zeitverzögerung von etwa 5-7 Jahren in der Abnahme der HCB-Werte aufgetreten ist. Trotz dieser Befunde, die das Vertrauen in die Korrektheit der Werte erhöhen, besteht ein Nachteil darin, dass über die Variabilität der Werte keine Auskunft gegeben werden kann. Deshalb sollen diese Untersuchungen der österreichischen Hintergrundbelastung erweitert werden (siehe Kapitel 6).

Ein Schritt zur Überprüfung dieser Vorgangsweise wurde auf Initiative von Global 2000 vorgenommen. Dabei wurde bei 8 Mitarbeitern der Medizinischen Universität Graz von Frau Assoz.-Prof. Dr. Liegl-Atzwanger Blut abgenommen, das durch Global 2000 an das Medizinische Labor Bremen (Gemeinschaftspraxis für Laboratoriumsmedizin, Mikrobiologie und Infektionsepidemiologie, Biochemie; Umweltmedizin) übermittelt wurde. Fünf Personen (drei Frauen und zwei Männer) gehören der Gruppe der 50-59-Jährigen an und drei (zwei Frauen, ein Mann) der Altersgruppe 20-29 Jahre. Die untersuchten Personen leben alle in Graz bzw. Graz Umgebung.

Die folgende Tabelle 3 zeigt die geometrischen Mittelwerte der Messwerte und deren Streubereich sowie die Werte der Poolproben. Weiters sind der daraus geschätzte 95. Perzentilwert und der aus der oben dargestellten Vorgangsweise ermittelte 95. Perzentilwert der Poolproben angegeben.

Tabelle 3: Wertebereich, geometrische Mittelwerte und aus Mittelwert und Standardabweichung (log Skala) ermittelte 95. Perzentilwerte der Proben der Medizinischen Universität Graz und der Poolproben der Österreichischen Ernährungsstudie 2010-2012. Alle Werte in µg/L Plasma.

Gruppe	n	Wertebereich	Geom.Mittel		95.Perzentil	
			Graz	Poolproben	Graz	Poolproben
20-29 Jahre	3	0,15-0,27	0,20	0,15	0,32	0,47
50-59 Jahre	5	0,19-1,12	0,40	0,36	1,26	1,26

Es ist ersichtlich, dass die Mittelwerte der HCB Konzentrationen im Plasma der Mitarbeiter der Medizinischen Universität Graz geringfügig über den Werten der Poolproben liegen. Die Unterschiede sind aber gering und praktisch ohne Bedeutung. Der aus den Werten aus Graz

ermittelte 95. Perzentilwert ist bei der älteren Gruppe exakt gleich dem abgeleiteten 95. Perzentilwert der Poolproben. Bei der jüngeren Altersgruppe, die allerdings nur aus drei Personen bestand, ist der Schätzwert des 95. Perzentils niedriger. Insgesamt ergibt sich aus dieser Überprüfung eine hohe Plausibilität der hier abgeleiteten „Referenzwerte“.

3.2 Teilnehmer/innen an der Blutuntersuchung

An der Blutuntersuchung im Jänner 2015 haben 131 Personen teilgenommen, 4 weitere Personen (Kinder) wurden im Dezember 2014 und Jänner 2015 auf Initiative der Eltern auf HCB im Blut untersucht und in diesen Bericht ebenfalls eingeschlossen. Der beim Beratungsgespräch ausgefüllte Anamnesebogen enthielt Angaben zu Wohn- und Arbeitsort, Alter, Körpergröße und -gewicht, Quelle der Nahrungsmittelversorgung, Häufigkeit bzw. Menge des Konsums bestimmter Nahrungsmittel und Angaben zu landwirtschaftlichen Tätigkeiten.

Die Untersuchungsteilnehmer/innen waren im Alter zwischen 1 und 80 Jahren. Die Altersverteilung ist Abb. 4 zu entnehmen. Ältere Personen waren deutlich häufiger vertreten. Hinsichtlich des Geschlechts war die Untersuchungsgruppe ausgewogen: 69 männliche und 66 weibliche Personen.

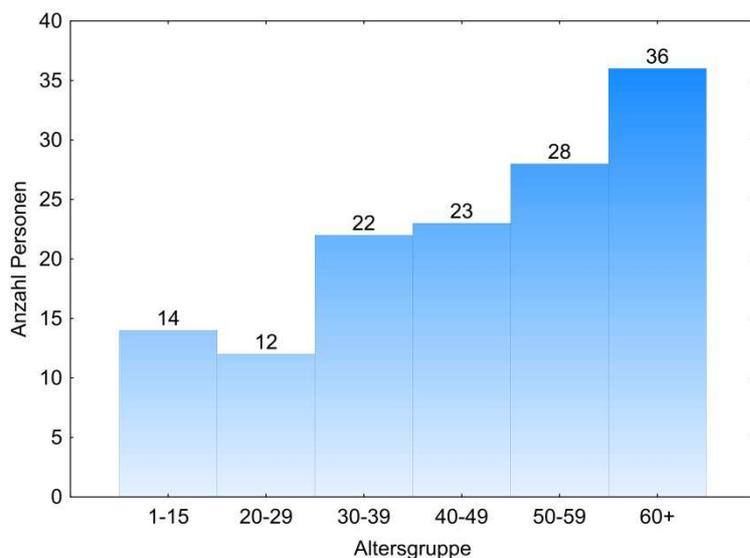


Abb. 4: Altersverteilung der Teilnehmer/innen an der Blutuntersuchung

Die Wohnorte wurden nach Orten außerhalb des Görtschitztals und nach der Postleitzahl in die Orte Hüttenberg (einschließlich Knappenberg), Eberstein, Wieting, Klein St. Paul und Brückl eingeteilt. Die meisten Teilnehmer/innen kamen aus Wieting, gefolgt von Eberstein, Klein St. Paul und Brückl (siehe Abb. 5).

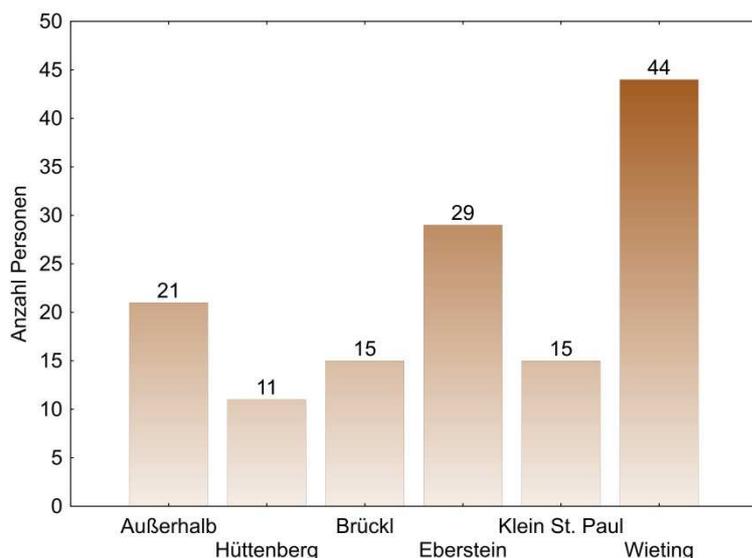


Abb. 5: Wohnort der Teilnehmer/innen an der Blutuntersuchung

3.3 Ergebnisse der HCB-Bestimmung im Plasma

Die HCB Bestimmung im Blut ergab in allen Fällen Werte über der Bestimmungsgrenze. Sie lagen in einem breiten Bereich von 0,1 bis 5,29 µg/L Plasma. Es zeigte sich eine klare Altersabhängigkeit, wobei die Konzentration mit dem Alter zunimmt. Eine Ausnahme sind die Kinder, die eine höhere Konzentration von HCB im Blut aufweisen als junge Erwachsene (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Konzentration von HCB im Blut (µg/L Plasma) nach Altersgruppen. Angegeben sind das geometrische Mittel, der Median, der Quartilabstand (QA)^d sowie der Erwartungswert nach dem österreichischen Durchschnitt Anfang 2015. p-Wert^e zum Vergleich mit Österreich.

Alter (Jahre)	n	Geom.Mittel	Median	QA	Österreich ¹⁾	p-Wert ²⁾
1-15	14	0,59	0,52	1,11	0,12	<0,001 ³⁾
20-29	12	0,26	0,17	0,46	0,12	0,010
30-39	22	0,32	0,33	0,23	0,17	<0,001
40-49	23	0,43	0,35	0,72	0,19	<0,001
50-59	28	0,64	0,45	0,72	0,28	<0,001
60+	36	0,66	0,58	0,46	0,49	0,005
Alle	135	0,49	0,43	0,57	0,24	<0,001

¹⁾ der Vergleichswert ergibt sich als gewichtetes Mittel der Geschlechtsgruppen

²⁾ rote Zahlen bedeuten einen signifikanten Unterschied zu den österr. Vergleichsdaten

³⁾ wegen der Extrapolation aus Werten der Erwachsenen mit Vorsicht zu interpretieren

Die Konzentration von HCB bezogen auf Blutfett zeigt Tabelle 5. Diese Angabe ist insbesondere für den Vergleich mit internationalen Messwerten bedeutsam. Ebenso lässt sich auf dieser Basis eine Berechnung der HCB-Konzentration im Plasma bezogen auf Nüchternblut vornehmen.

^d Das geometrische Mittel wird bei Blutkonzentrationen von HCB wegen der schiefen Verteilung dem arithmetischen Mittel vorgezogen. Der Median ist jener Wert unter- und oberhalb dessen 50% der Beobachtungen liegen, der Quartilabstand die Abstand zwischen dem 25. und 75.Perzentil.

^e Der p-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass unter der Annahme, die Werte der jeweiligen Populationsgruppe entsprechen der österreichischen Bevölkerung, die tatsächlich gemessenen Unterschiede auftreten (sogenannte Irrtumswahrscheinlichkeit). Die Prüfung wurde mittels Wilcoxon Vorzeichen-Rang Test durchgeführt.

Tabelle 5: Konzentration von HCB im Blut ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Blutfett) nach Altersgruppen. Angegeben sind das geometrisches Mittel, der Median und der Quartilabstand (QA)

Alter	n	Geom.Mittel	Median	QA
1-15	14	123,47	102,72	175,22
20-29	12	53,14	32,54	100,44
30-39	22	62,30	66,00	40,85
40-49	23	82,99	68,01	174,43
50-59	28	102,20	82,77	167,88
60+	36	109,00	99,35	88,58
Alle	135	89,07	78,99	108,43

Nach den einzelnen Gemeinden aufgliedert (Tabelle 6) ergibt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zu den österreichischen Vergleichsdaten für alle Gemeinden außer Hüttenberg. Die HCB-Werte in Brückl zeigten eine statistische Tendenz zu höheren Werten. Auch die nicht im Görtschitztal wohnenden Probanden zeigten signifikant höhere HCB-Konzentrationen, was darauf zurückgeht, dass nur solche Personen eingeschlossen wurden, die regelmäßig Produkte aus dem Görtschitztal verzehrten.

Tabelle 6: Konzentration von HCB im Blut ($\mu\text{g}/\text{L}$ Plasma) nach Wohnort. Angegeben sind das geometrisches Mittel, der Median sowie der Erwartungswert nach dem österreichischen Durchschnitt Anfang 2015. p-Wert zum Vergleich mit Österreich.

Ort	n	Geom.Mittel	Median	QA	Österreich ¹⁾	p-Wert ²⁾
Außerhalb	21	0,44	0,39	0,30	0,19	<0,001
Hüttenberg	11	0,36	0,36	0,22	0,31	0,657
Brückl	15	0,26	0,29	0,20	0,20	0,061
Eberstein	29	0,57	0,51	0,46	0,26	<0,001
Klein St. Paul	15	0,45	0,45	0,29	0,23	0,005
Wieting	44	0,66	0,75	1,25	0,24	<0,001

¹⁾ der Vergleichswert ergibt sich als gewichtetes Mittel der Alters- und Geschlechtsgruppen

²⁾ rote Zahlen bedeuten einen signifikanten Unterschied zu den österr. Vergleichsdaten

Diese Abhängigkeit vom Wohnort wird durch Tabelle 7 unterstrichen, die die Abhängigkeit der HCB-Konzentration im Blut vom Abstand der Wohnadresse zum Wietersdorfer Zementwerk angibt.

Tabelle 7: Konzentration von HCB im Blut ($\mu\text{g}/\text{L}$ Plasma) in Abhängigkeit vom Abstand zum Wietersdorfer Zementwerk. Angegeben sind das geometrisches Mittel, der Median, der Quartilabstand (QA) sowie der Erwartungswert nach dem österreichischen Durchschnitt Anfang 2015. p-Wert zum Vergleich mit Österreich.

Distanz zum Zementwerk	n	Geom.Mittel	Median	QA	Österreich ¹⁾	p-Wert ²⁾
<4 km	58	0,60	0,58	0,95	0,24	<0,001
4-7 km	36	0,59	0,56	0,61	0,26	<0,001
7-14 km	29	0,31	0,32	0,23	0,24	0,015
≥ 14 km	12	0,34	0,35	0,09	0,18	0,002

¹⁾ der Vergleichswert ergibt sich als gewichtetes Mittel der Alters- und Geschlechtsgruppen

²⁾ rote Zahlen bedeuten einen signifikanten Unterschied zu den österr. Vergleichsdaten

Der signifikante Unterschied zu österreichischen Vergleichsdaten in der Gruppe mit Wohnort ≥ 14 km vom Zementwerk ist auf die nicht im Görtschitztal wohnenden, aber Produkte aus dem Görtschitztal konsumierenden Personen zurückzuführen.

Tabelle 8: Konzentration von HCB im Blut ($\mu\text{g/L}$ Plasma) in Abhängigkeit vom Abstand zur Deponie K20/K5 Brückl. Angegeben sind das geometrische Mittel, der Median, der Quartilabstand (QA) sowie der Erwartungswert nach dem österreichischen Durchschnitt Anfang 2015. p-Wert zum Vergleich mit Österreich.

Distanz zur Deponie	n	Geom.Mittel	Median	QA	Österreich ¹⁾	p-Wert ²⁾
<4 km	16	0,27	0,30	0,19	0,23	0,064
4-7 km	4	0,37	0,38	0,07	0,26	0,068
7-14 km	53	0,53	0,47	0,43	0,20	<0,001
≥ 14 km	62	0,56	0,45	0,96	0,20	<0,001

¹⁾ der Vergleichswert ergibt sich als gewichtetes Mittel der Alters- und Geschlechtsgruppen

²⁾ rote Zahlen bedeuten einen signifikanten Unterschied zu den österr. Vergleichsdaten

Nur tendenziell erhöhte HCB-Werte im Blut konnten bei Personen in der Nähe der Donau-Chemie Deponie in Brückl gefunden werden (siehe Tabelle 8). Der Anstieg der Werte im Abstand von mehr als 7 km ist kompatibel mit dem Abstand zum Zementwerk, das etwa 12,5 km von der Deponie entfernt liegt.

Die folgende Abbildung zeigt die Wohnorte der Teilnehmer/innen in Relation zum Zementwerk und der Deponie Brückl.

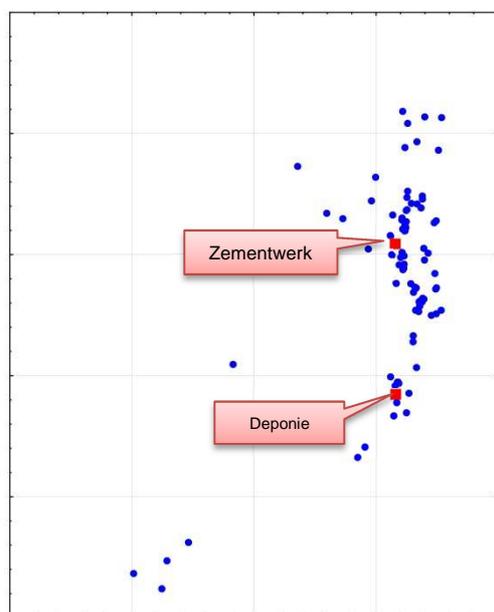


Abb. 6: Darstellung der Wohnorte der Teilnehmer/innen an der Blutuntersuchung in Relation zum Wietersdorfer Zementwerk und der Deponie Brückl (Raster 10 x 10 km)

Einen Überblick über die HCB-Konzentrationen im Plasma gibt die folgende Abb. 7, in der auch jene Werte markiert wurden, die über dem österreichischen Vergleichswert lagen. Insgesamt lagen 98 Messwerte (73%) über dem alters- und geschlechtsspezifischen

österreichischen Erwartungswert und 25 (19%) der Messwerte waren höher als das geschätzte 95. Perzentil der österreichischen Bevölkerung.

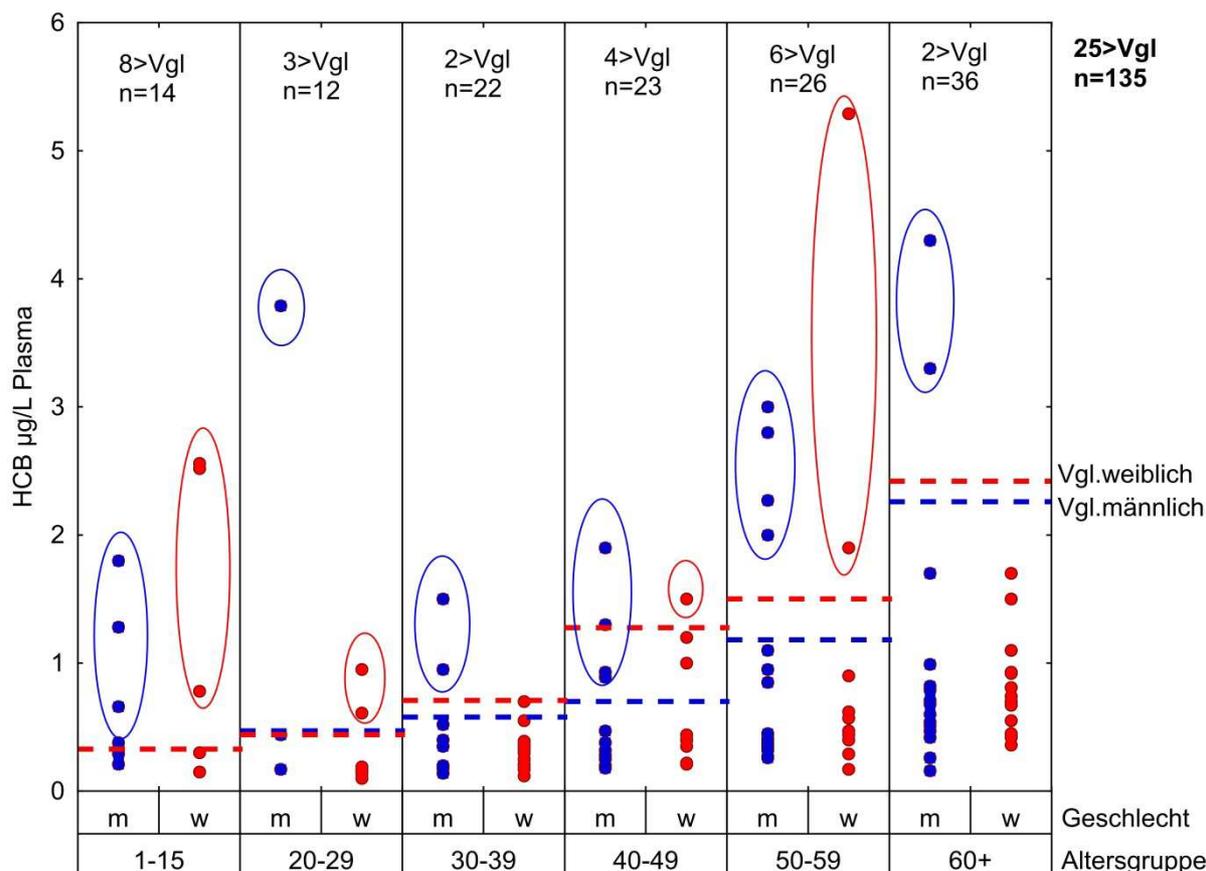


Abb. 7: HCB im Plasma nach Altersgruppen und Geschlecht. Die österreichischen „Referenzwerte“ (geschätzte 95. Perzentile) der jeweiligen Alters- und Geschlechtsgruppe sind durch strichlierte Linien (rot...Frauen, blau...Männer) dargestellt. Oben sind die Zahl der Personen (n) und die Zahl der über dem Vergleichswert (95. Perzentil) liegenden Proben angegeben.

Da die HCB-Aufnahme neben dem Ausmaß der Exposition vom Geschlecht, dem Körpergewicht und dem Alter abhängig ist, und aus Vorsorgegründen eine niedrige HCB-Aufnahme anzustreben ist, wurde im Rahmen einer Fachdiskussion mit der Landessanitätsdirektion Kärnten, Vertretern des Umweltbundesamts und von Greenpeace und Global 2000 entschieden, eine Berechnung der HCB-Aufnahme für alle Personen durchzuführen, deren HCB-Konzentration höher als der österreichische Erwartungswert ist. Dabei soll untersucht werden, bei wie vielen Personen eine tägliche Aufnahme von über 0,01 µg/kg Körpergewicht (der von der AGES im Rahmen des Ölkübisprojekts 2008 als tolerable tägliche Aufnahme abgeleitet worden war) aufgetreten sein kann.

Diese Analyse ergab, dass einige Personen, die den österreichischen „Referenzwert“ (geschätztes 95. Perzentil) nicht überschritten, eine errechnete tägliche Aufnahme über 0,16 µg/kg Körpergewicht (des von der WHO 1997 als lebenslange tolerable tägliche Aufnahmemenge - TDI, Tolerable Daily Intake - empfohlenen Werts) aufwiesen und

andererseits, dass Personen, die den österreichischen „Referenzwert“ überschritten haben, dennoch weniger als 0,01 µg/kg Körpergewicht pro Tag aufgenommen haben dürften. Die auf dieser Basis ermittelte Gruppenzuordnung ist Abb. 8 zu entnehmen. Für insgesamt 63 Personen wurde eine Überschreitung des Werts von 0,01 µg/kg Körpergewicht für die tägliche Aufnahme berechnet. Bei 18 dieser Personen trat auch eine Überschreitung des TDI der WHO von 0,16 µg/kg Körpergewicht auf (also bei zusätzlich 5 Personen, die den österreichischen „Referenzwert“ nicht überschritten, siehe unten).

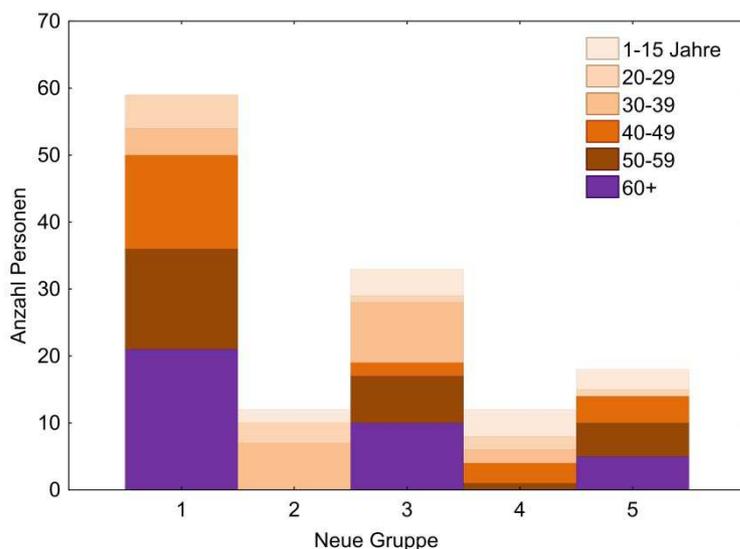


Abb. 8: Einteilung der Ergebnisse der Blutuntersuchung in 5 Gruppen (die Altersgruppen sind farblich markiert). Gruppe 1: Personen, deren HCB-Wert unterhalb aller Vergleichswerte einschließlich der neueren deutschen Werte der RWTH Aachen (Schettgen et al. 2012, 2015) lag; Gruppe 2: Personen, deren HCB-Wert oberhalb der neueren deutschen Vergleichswerte, aber unterhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag und die eine tägliche Aufnahme unter 0,01 µg/kg Körpergewicht hatten; Gruppe 3: Personen, deren HCB-Wert unterhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag, deren tägliche HCB-Aufnahme 0,01 aber nicht 0,16 µg/kg Körpergewicht überschritt; Gruppe 4: Personen, deren HCB-Wert oberhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag und die eine geschätzte tägliche HCB-Aufnahme unter 0,16 µg/kg Körpergewicht hatten; Gruppe 5: Personen deren tägliche Aufnahme 0,16 µg/kg Körpergewicht überschritt.

Für jene 25 Personen, die den österreichischen „Referenzwert“ überschritten, wurde ursprünglich eine spezifische Analyse der Aufnahme und Ausscheidung von HCB durchgeführt (siehe Anhang D), um zu prüfen, ob während der Phase einer erhöhten Aufnahme toxikologisch relevante Grenzen überschritten wurden. Diese Analyse ergab, dass bei 13 Personen eine Überschreitung des von der WHO als lebenslange tolerable tägliche Aufnahmemenge (TDI, Tolerable Daily Intake) empfohlenen Werts von 0,16 µg/kg Körpergewicht aufgetreten sein dürfte. Auf Basis der verfügbaren Referenz- und Vergleichswerte und der Berechnung der täglichen HCB-Aufnahmemenge wurde eine Einteilung in 4 Gruppen vorgenommen, die in Abb. 9 dargestellt ist.^f

^f Bei diesen Berechnungen wurden die Vergleichsdaten der österreichischen Bevölkerung nicht auf Jänner 2015 korrigiert!

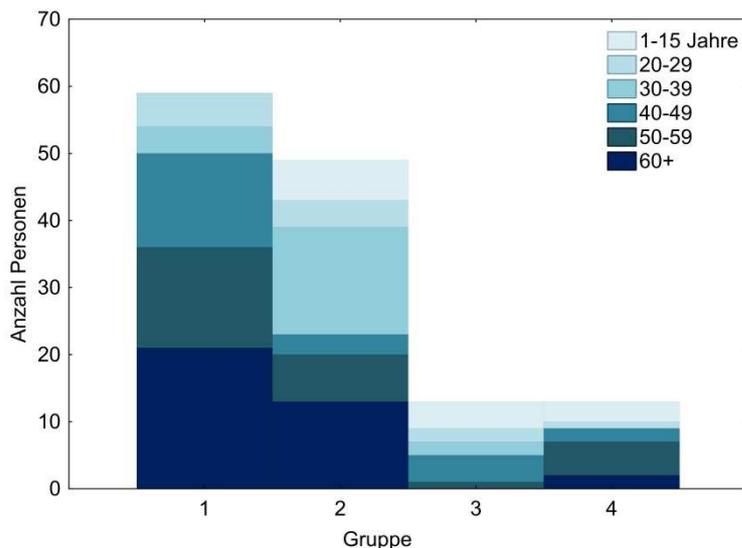


Abb. 9: Ursprüngliche Einteilung der Ergebnisse der Blutuntersuchung (die Altersgruppen sind farblich markiert). Gruppe 1: Personen, deren HCB-Wert unterhalb aller Vergleichswerte einschließlich der neueren deutschen Werte der RWTH Aachen (Schettgen et al. 2012, 2015) lag; Gruppe 2: Personen, deren HCB-Wert oberhalb der neueren deutschen Vergleichswerte, aber unterhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag; Gruppe 3: Personen, deren HCB-Wert oberhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag, deren tägliche HCB-Aufnahme aber 0,16 µg/kg Körpergewicht nicht überschritt; Gruppe 4: Personen, deren HCB-Wert oberhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lag und die eine geschätzte tägliche HCB-Aufnahme über 0,16 µg/kg Körpergewicht hatten.

Die Wohnorte und die Zuordnungen in die Gruppen gemäß der revidierten Gruppenzuordnung, die in Abb. 8 dargestellt ist, zeigt

Abb. 10. Es ist klar ersichtlich, dass sich in NNO-Richtung und auch in südlicher Richtung vom Wiertersdorfer Zementwerk die Fälle aus Gruppe 4 und 5 häufen. In größerem Abstand kommen Fälle der Gruppen 3 bis 5 nur vereinzelt vor.

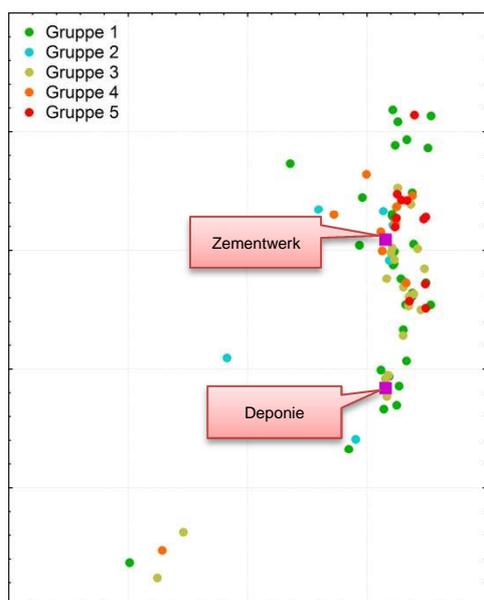


Abb. 10: Wohnorte und revidierte Gruppenzuordnung (siehe Abb. 8) (Raster 10 x 10 km)

Aus den Blutkonzentrationen von HCB lässt sich die tägliche Aufnahme über den Atemtrakt errechnen und daraus die Luftkonzentration, falls der Atemtrakt ein nennenswerter Aufnahmeweg wäre. Wir sind dabei im Sinne eines Worst-Case von der Annahme ausgegangen, dass die Hälfte der im Körper aufgenommenen HCB Menge aus der Atemluft stammt. Es ergaben sich daraus Luftkonzentrationen zwischen 6 ng/m³ und 478 ng/m³. Die Messungen der HCB Luftkonzentration im Görtschitztal ergaben Werte zwischen 1,3 und 5,1 ng/m³. Daraus folgt, dass die Aufnahme über den Atemtrakt nur einen kleinen Anteil der Gesamtexposition ausmachen kann.

Um mögliche Aufnahmepfade von HCB zu evaluieren, zogen wir jene 10 Personen mit den relativ höchsten Blutwerten heran (d.h. jene Personen, die am stärksten vom alters- und geschlechtsspezifischem „Referenzwert“ abwichen) und stellten diese hinsichtlich Lebensmittelkonsum, Herkunft der Lebensmittel und landwirtschaftliche Tätigkeiten jeweils einer zufällig ausgewählten Person aus der Gruppe 1 (HCB-Wert unterhalb aller Referenz- und Vergleichswerte) gegenüber.

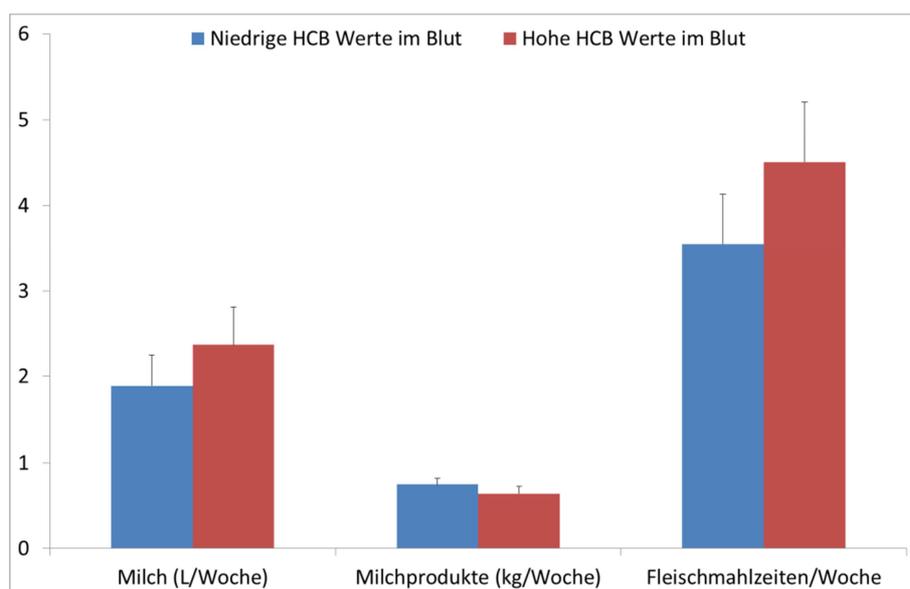


Abb. 11: Vergleich des Lebensmittelkonsums von 10 Personen mit den relativ höchsten HCB Blutkonzentrationen mit 10 Personen, die niedrige HCB Blutwerte aufwiesen

Personen mit hohen Blutwerten nahmen signifikant mehr Milch und Fleischmahlzeiten zu sich, aber eine geringere Menge von Milchprodukten (Butter, Topfen, Rahm, Joghurt etc.).

Die Herkunft der Lebensmittel zeigt Tabelle 9. Die 10 Personen mit den relativ höchsten HCB-Konzentrationen im Blut waren sämtlich Personen, die ihre Nahrungsmittel aus eigener Produktion, eigenem Anbau und Ab-Hof-Verkauf bezogen, während in der Gruppe jener mit niedrigen HCB-Werten nur teilweise ein Zukauf von Produkten aus lokaler Produktion oder Bezug von Verwandten mit eigenem Anbau erfolgte.

Tabelle 9: Herkunft der Lebensmittel von 10 Personen mit den relativ höchsten HCB Blutkonzentrationen und von 10 Personen, die niedrige HCB Blutwerte aufwiesen

Personen mit hohen HCB-Werten im Blut	Personen mit niedrigen HCB-Werten im Blut
Produkte aus eigenem Anbau	Lokaler Supermarkt
Eigener Anbau, Wild	Lokaler Supermarkt
Eigenversorger, Produkte aus eigener Produktion	Lokaler Supermarkt
Überwiegend Produkte aus eigener Produktion	Teilweise von Bruder mit eigenem Anbau
Produkte aus eigenem Anbau, Ab-Hof-Verkauf	Lokaler Supermarkt
Produkte aus eigenem Anbau, Ab-Hof-Verkauf	Lokaler Supermarkt, Ab-Hof-Verkauf
Produkte aus eigenem Anbau, Ab-Hof-Verkauf	Lokaler Supermarkt
Überwiegend Produkte aus eigener Produktion	Teilweise von Mutter mit eigenem Anbau
Produkte aus eigenem Anbau, Ab-Hof-Verkauf	Lokaler Supermarkt, Ab-Hof-Verkauf
Produkte aus eigenem Anbau, lokaler Supermarkt	Lokaler Supermarkt, Ab-Hof-Verkauf

Alle Personen der Gruppe mit hohen HCB-Werten im Blut übten täglich oder fast täglich landwirtschaftliche Tätigkeiten aus, während es in der Gruppe mit niedrigen HCB-Werten nur eine Person war, die landwirtschaftliche Arbeiten ausübte.

Geht man von einer starken Kontamination der Milch von durchschnittlich 25 µg/kg aus (625 µg/kg Milchfett) und einer durchschnittlichen Konzentration von 132,5 µg/kg in Milchprodukten sowie von einer Kontamination von Fleisch in der Höhe von 250 µg/kg, dann kann man aufgrund der Angaben zur durchschnittlichen Menge des Konsums dieser Produkte die tägliche Aufnahme von HCB errechnen und den Werten, die sich aus der Blutkonzentration ergeben, gegenüber stellen (Abb. 12).

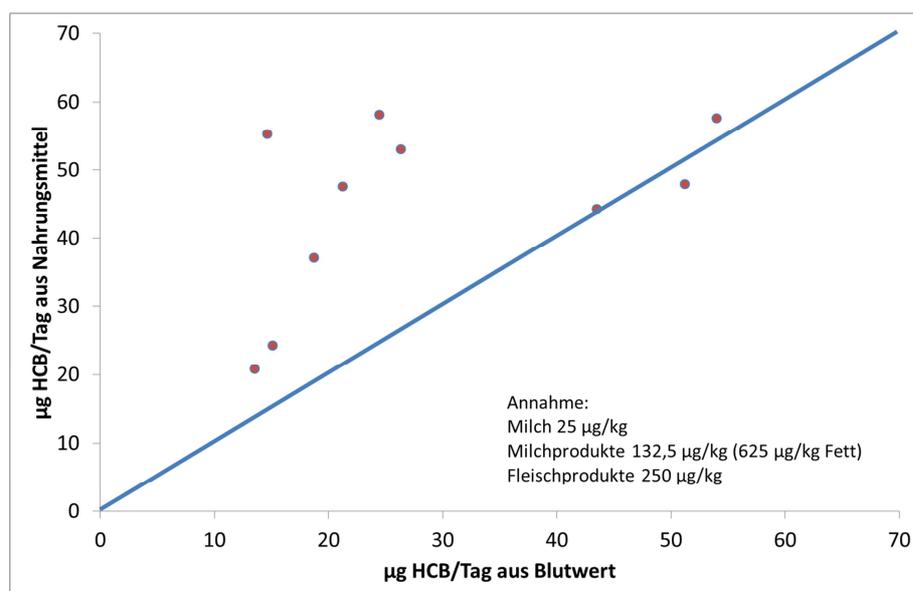


Abb. 12: Gegenüberstellung der aus dem Blutwert und des Nahrungsmittelkonsums errechneten täglichen HCB-Aufnahme

Daraus ist ersichtlich, dass bei drei Personen (jenen mit den absolut höchsten Werten) die Schätzung aus dem Nahrungsmittelkonsum gut mit den Blutwerten im Einklang steht, während bei den anderen mit niedrigeren Blutwerten die Annahme, diese Werte gingen auf den Konsum von Produkten mit den angegebenen Konzentrationen zurück, zu einer Überschätzung führt. Das kann entweder darauf beruhen, dass die angegebenen Mengen der Nahrungsmittel von den Personen überschätzt wurden oder dass die Konzentrationen von HCB in diesen Produkten geringer waren. Letztere Annahme trifft wohl eher zu. Da es sich um Selbstversorger – insbesondere was Milch und Milchprodukte betrifft – handelt, kann man aus der Messung von HCB der in den Verkauf gelangten Produkte keine Schlussfolgerungen über die Kontamination der Produkte der Eigenversorgung ziehen. Die ermittelten Werte lassen aber den Schluss zu, dass die Milch in etwa an der lebensmittelrechtlichen Grenze (10 µg/kg) kontaminiert war.

Grundsätzlich ergibt sich aus der Gegenüberstellung des Konsums von Milch, Milchprodukten und Fleisch, dass die Ermittlung der täglichen HCB-Aufnahme aus diesen Daten nicht möglich ist, denn für die Personen mit tatsächlich niedrigen Blutwerten würde sich ein um mehrere Größenordnungen höherer Blutwert aus den Konsumdaten ergeben, setzt man die gleichen durchschnittlichen Kontaminationen der Nahrungsmittel voraus. Da unbekannt ist, wie hoch die HCB-Belastung der Nahrungsmittel bei den einzelnen Personen war, lässt sich aus dem Konsum die tägliche Aufnahme nicht ermitteln. Wenn man jedoch bei einzelnen Personen die Kontamination der Nahrungsmittel aufgrund von Messungen gut abschätzen kann, dann lassen sich die Blutkonzentrationen aufgrund des im Anhang D dargestellten Modells errechnen.

Von den 14 in diesem Bericht eingeschlossenen Kindern hatten 12 eine geschätzte tägliche Aufnahme von HCB, die oberhalb des von der AGES vorgeschlagenen TDI von 0,01 µg/kg Körpergewicht lag, 4 hatten eine geschätzte tägliche Aufnahme von HCB über 0,16 µg/kg Körpergewicht (TDI der WHO). Zwei dieser Kinder sind unter einem Jahr und wurden voll gestillt. Die höhere Aufnahme erklärt sich vollständig aus der Konzentration von HCB im mütterlichen Blut und damit in der Muttermilch. Es wurde bei diesen Kindern geschätzt, dass sich unter der Voraussetzung keiner weiteren HCB Belastung die Werte den Durchschnittswerten von Kindern in etwa 5 Jahren angeglichen haben. Die beiden anderen Kinder lebten in weniger als 4 km Abstand zum Zementwerk in einem Bauernhof, dessen Milch und Milchprodukte mit HCB kontaminiert waren. Die Angaben zum durchschnittlichen Verzehr solcher Produkte ergaben, dass unter der Annahme, die Quelle der Belastung mit HCB liege ausschließlich im Konsum von Milch und Milchprodukten, bei beiden Kindern die Milch mit durchschnittlich 4 µg/kg belastet war. Dieser Wert ist weniger als die Hälfte des

lebensmittelrechtlichen Grenzwerts von 0,01 mg/kg Milch. Daher erklären sich die Blutwerte dieser Kinder im Wesentlichen aus dem Konsum von Milch und Milchprodukten.

Bei weiteren 8 Kindern lagen die geschätzten täglichen Aufnahmen unter 0,16 µg/kg Körpergewicht, aber über 0,01 µg/kg Körpergewicht. Zwei dieser Kinder kommen nicht aus dem Görtschitztal, tranken aber Milch aus der Region. Bei diesen Kindern (die aus unterschiedlichen Familien kommen) ergab sich aus der geschätzten täglichen Aufnahme und den Angaben zu den konsumierten Mengen ein nahezu identischer Wert für die HCB Konzentration in der Milch von 3,5 und 3,6 µg/kg Milch. Diese Werte sind kaum niedriger als die Werte der Kinder, die zwar höhere Blutwerte aufwiesen, aber auch größere Mengen von Milch und Milchprodukten konsumierten. Bei 5 Kindern lag die aus der geschätzten täglichen HCB Aufnahme und den Angaben zum Konsum von Lebensmitteln errechneten Konzentrationen in der konsumierten Milch zwischen $1 \pm 0,2$ µg/kg und bei einem Kind bei 2 µg/kg Milch.

Es ergibt sich aus der Befragung zum Konsumverhalten und aus den Berechnungen der täglichen HCB-Aufnahme eine hohe Plausibilität für die Annahme, dass die Quelle der HCB-Belastung bei Erwachsenen und bei Kindern im Wesentlichen die Kontamination der Milch und der daraus hergestellten Milchprodukte war. Es ergeben sich Durchschnittswerte der HCB-Kontamination, die mit den gemessenen Werten in der Rohmilch und in Milchprodukten gut vereinbar sind. Es zeigt sich, dass Werte von HCB in der Milch bereits deutlich unter den lebensmittelrechtlichen Grenzwerten ausreichen, um die Blutkonzentrationen von HCB zu erklären. Schwankende Konzentrationen in der Rohmilch stehen im Einklang mit einer sehr rezenten Kontamination der Futtermittel und der Freiflächen, woraus gelegentlich über dem Grenzwert liegende Befunde bei Milch oder Milchprodukten resultieren.

4 Rückmeldung der Ergebnisse

4.1 Risikokommunikation

Die Kommunikation von Risiken ist keine einfache Angelegenheit. Dies betrifft das Aufklärungsgespräch vor einer Operation genauso wie die Risikokommunikation in der Umweltmedizin. Risikokommunikation soll dabei helfen, sich ein fundiertes Urteil zu bilden und bewusst mit den Risiken umzugehen, denen man im Leben ausgesetzt ist (EFSA 2012).

Im Rahmen der Risikokommunikation muss zunächst der Unterschied zwischen Gefahr und Risiko erläutert werden (Jardine & Hrudey 1997). Wissensstand und Informationsbedürfnis der jeweiligen Zielgruppe sind bei der Risikokommunikation ebenso zu berücksichtigen wie die Risikobewertung von Laien. Laien bewerten gewöhnlich ein Risiko höher, wenn die Beeinflussbarkeit gering ist, die Exposition unfreiwillig ist, die möglichen Folgen (z.B. Krebs)

als unerträglich wahrgenommen werden, man persönlich betroffen ist, das Vertrauen in Behörden gering ist, die Aufmerksamkeit der Medien hoch ist, Kinder betroffen sind, wenn das Risiko nicht vertraut ist und wenn es durch Menschen und nicht die Natur verursacht wird (Ruff 1993).

Zu den Grundsätzen guter Risikokommunikation zählen: Offenheit (auch im Hinblick auf Nichtwissen), Transparenz, Unabhängigkeit, Fairness, Vollständigkeit, Verständlichkeit, rasche Reaktion, wechselseitiger Dialog und das Anbieten kompetenter Hilfe (EFSA 2012, BfR 2015).

4.2 Schriftliche Übermittlung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Blutanalysen wurden uns im Zeitraum 24.02.2015 bis 05.03.2015 übermittelt. Insgesamt wurden 131 schriftliche Befunde erstellt⁹. Von den Betroffenen kommen 113 aus dem Görtschitztal, 18 aus anderen Teilen Kärntens. Für die Übermittlung der Befunde wurde die ursprüngliche Gruppeneinteilung verwendet (siehe Kapitel 3.3, Abb. 9). Daraus ergab sich folgende Zuordnung in vier Gruppen: 59 in Gruppe 1, 47 in Gruppe 2, 14 in Gruppe 3 und 10 in Gruppe 4. Bei einem einjährigen Kind musste ein eigener Befund erstellt werden, da für gestillte Kinder dieses Alters spezielle Überlegungen angestellt werden mussten. Die schriftlichen Befunde wurden von der Medizinischen Universität Wien an die Ärzt/innen der Gesundheitsabteilung des Landes Kärnten übermittelt (4. und 7.3.2015).

Die Befunde basierten im Wesentlichen auf zwei grundlegenden Überlegungen. In einem ersten Schritt wurden die Messwerte mit vorhandenen Daten zur Hintergrundbelastung der Bevölkerung verglichen. Dazu dienten einerseits Referenz- und Vergleichswerte aus Deutschland (deutsches UBA 1997-1999, RWTH Aachen 2010-2012) sowie eine Vergleichsgruppe aus Österreich (Analysen aus Rückstellproben der Ernährungsstudie 2010-2012). Lagen die Messwerte unterhalb aller Referenz- und Vergleichswerte (Gruppe 1) oder unterhalb der österreichischen „Referenzwerte“ (Gruppe 2), dann wurde dieser Blutbefund als unauffällig bewertet und keiner genaueren toxikologischen Betrachtung unterzogen. Es muss festgehalten werden, dass Referenzwerte nur eine Aussage erlauben, ob ein Befund hinsichtlich der erwarteten Werte in der Bevölkerung auffällig ist, nicht jedoch, ob er bedenklich oder gefährlich ist. Wie sich gezeigt hat, hatten auch einige der Personen, die unterhalb der österreichischen „Referenzwerte“ lagen, eine geschätzte Aufnahme von HCB über 0,16 µg/kg Körpergewicht (dem von der WHO empfohlenen TDI für die lebenslange Aufnahme). Davon bleibt aber die Gesamtbewertung im Vergleich zu den Referenzwerten unberührt. Details zur toxikologischen Beurteilung der Belastung sind in

⁹ Die Befundübermittlung erfolgte nicht in dieser Form für die 4 zusätzlich von Global 2000 vermittelten Proben.

unserer Risikobeurteilung vom 16.12.2014 (MUW 2014a) enthalten. Bei jenen 21 Personen (Gruppe 3 und 4), deren Messwerte oberhalb der Vergleichswerte und damit deutlich über der anzunehmenden generellen Hintergrundbelastung der österreichischen Bevölkerung lagen, war für die ärztliche Befundung im Sinne einer gesundheitlichen Beurteilung ein zweiter Schritt erforderlich.

So wurde der Frage nachgegangen, wie hoch die tägliche Aufnahme gewesen sein kann, die zu der gemessenen HCB-Konzentration im Blut führte. Unter der Annahme, dass die Aufnahme über ein Jahr erfolgte und die Person vorher den alters-/geschlechtsentsprechenden österreichischen Durchschnittswert an HCB im Blut hatte, wurde die tägliche Aufnahme mittels des im Anhang D dargestellten Verfahrens errechnet. Diese Vorgangsweise ist konservativ, da die Biomonitoring-Daten auf eine etwas längere Exposition als ein Jahr hindeuten.

Damit konnten die täglichen Aufnahmen (angegeben in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht) mit entsprechenden Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation für eine lebenslange tägliche Aufnahme (TDI, Tolerable Daily Intake) verglichen werden. Der WHO-TDI beträgt $0,16 \mu\text{g}/\text{kg KG}$.

Personen der Gruppe 3 wiesen unter den vorhin genannten Annahmen über die Dauer eines Jahres eine tägliche Aufnahme auf, die geringer war als dieser TDI, während für Personen der Gruppe 4 angenommen werden kann, dass ihre tägliche Aufnahme höher gewesen war.

Nach der Beurteilungspraxis der WHO entspricht der TDI jener (täglichen) Menge, die nach derzeitigem Wissensstand selbst bei lebenslanger Aufnahme zu keinem erhöhten Gesundheitsrisiko führt. Aus ärztlicher Sicht kann daher festgestellt werden, dass für die Gruppe 3 keine gesundheitlich nachteiligen Auswirkungen zu befürchten sind, sofern keine weitere erhöhte Aufnahme erfolgt.

Für 10 Personen wurde eine tägliche Aufnahme ermittelt, die über dem von der Weltgesundheitsorganisation für die lebenslange tägliche Aufnahme als tolerable Dosis empfohlenen Wert liegt (Gruppe 4). Aufgrund der kürzeren Expositionszeit (rund ein Jahr) und jener vergleichsweise deutlich höheren Dosen, bei denen im Tierversuch erste Effekte beobachtet wurden (bei etwa $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht), wurden gesundheitlich bedeutsame Grenzen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht überschritten. Eine Beeinflussung von Stoffwechselforgängen durch HCB, welche die Fähigkeit des Organismus zum Ausgleich anderer Belastungen einschränken kann, kann zwar nicht gänzlich ausgeschlossen werden, es ist jedoch anzumerken, dass bei den festgestellten

Blutkonzentrationen von HCB keine spezifischen Erkrankungen (z.B. Leber- oder Nierenerkrankungen) im Sinne einer Vergiftung auftreten.

Aufgrund des Fehlens einer anerkannten Methode, HCB medikamentös aus dem Organismus „zu entfernen“, wurde eine Unterstützung der Regulationsfähigkeit des Organismus durch eine gesunde Lebensweise angeraten.

Weiters wurde ausgeführt, dass die Zufuhr von HCB minimiert bzw. die Aufnahme von möglicherweise mit HCB belasteten Nahrungsmitteln so weit wie möglich reduziert werden soll.

Die nach der Befundbeurteilung und Information der Teilnehmer erfolgte neue Gruppierung (siehe Abb. 8) wurde für die Gesamtbeurteilung der kollektiven Belastung herangezogen und betrifft nicht die Beurteilung des Einzelfalls.

4.3 Persönliche Befunderläuterung

Von einer bloß postalischen Zustellung an die Betroffenen wurde Abstand genommen, da es ohne Erläuterung der Ergebnisse aufgrund der fachlichen Komplexität zu Fehlinterpretationen kommen könnte, was im Übrigen generell für alle medizinischen Befunde gilt.

Daher wurden persönliche Befundübergaben organisiert. Diese hatten das Ziel, die Ergebnisse verständlich zu kommunizieren, aber auch eine kurze ärztliche Anamnese (u.a. aktuelle Beschwerdesituation) durchzuführen und sich aus ärztlicher Sicht auch ein Stimmungsbild der Situation (welche Anliegen haben die Betroffenen?) zu verschaffen. Diese zusätzlichen Informationen sind auch in diesem Fall für die ärztliche Beurteilung wesentlich.

Beispielsweise gab ein Betroffener (männlich, Gruppe 3) folgende Beschwerden an: „(Ich habe) körperliche Beschwerden, die von HCB kommen könnten: Hautrötungen, Juckreiz. Vor 14 Jahren hatte (ich) schon einmal ähnliche Symptome, damals sei M. Hodgkin festgestellt worden. Jetzt habe ich wieder Sorgen.“ Er möchte weitere Blutuntersuchungen in engeren Abständen.

Daher wurden die Befunde im Rahmen von ärztlichen Einzelgesprächen durch Ärzt/innen des Landes Kärnten und der Medizinische Universität Wien den Personen übergeben und besprochen. Insgesamt nahm die überwiegende Anzahl der betroffenen Personen dieses Angebot an.

Die Befunde aus der Gruppe 1 wurden am 9.3.2015 und 11.3.2015 durch Ärztinnen Öffentlichen Gesundheitsdienstes (ÖGD) in einem persönlichen Gespräch in der BH St. Veit an 47 Personen übergeben. Einige der Personen (n=12) der Gruppe 1 konnten nicht

persönlich zu diesen Gesprächen kommen. Diesen Personen wurde der Befund per RSA-Brief zugeschickt.

Die Befunde der Gruppen 2 und 3 (n=61) wurden ebenfalls am 11.3.2015 von einer Amtsärztin (BH Wolfsberg) persönlich in der BH St. Veit den betroffenen Personen übergeben^h. 18 Personen nahmen daran nicht teil und erhielten den Befund per RSA-Brief.

Die damit befassten Ärztinnen erklärten im Wesentlichen den Inhalt der Befunde. Neben diesen Erläuterungen wurden auch diverse genannte Symptome im Zusammenhang mit der HCB-Belastung erörtert. Weiters wurden einzelne Familien auch in Klagenfurt (Gruppe 3) betreut und dort die Befunde übergeben.

Neben den Erläuterungen zum Befund (Was bedeuten Referenzwerte? Wie wird bei der medizinischen Bewertung vorgegangen? Welche Erkrankungen können auftreten?) wurden auch die weiteren Schritte und Fragen erörtert (Ernährungsempfehlungen und Möglichkeiten eines beschleunigten HCB-Abbaus).

Hinsichtlich der Gruppe 4 wurden 2 Befunde auf ausdrücklichen Wunsch per RSA-Brief und ohne persönliche Information übermittelt (krankheitsbedingt und aus Zeitgründen).

Acht Befunde wurden von einem Facharzt der Medizinischen Universität Wien im Rahmen ärztlicher Gespräche (zumeist gemeinsam mit Angehörigen) erläutert. Die ausführlichen Gespräche und Befundübergaben fanden entweder in der BH St. Veit statt oder im Rahmen von Hausbesuchen.

Einzelne Personen brachten eigene Befunde mit (z.B. Laborbefund aus 2012 mit erhöhten Lipase-Werten), mit der Frage, ob diese in einem Zusammenhang mit den Belastungen stehen können.

Die Hausbesuche mit Befundübergabe erfolgten bei stärker betroffenen Familien, in denen mehrere Personen mit erhöhten Blutwerten vorhanden waren, bzw. Personen, zu denen schon im Vorfeld mehrfacher, teils intensiver Kontakt per E-Mail bzw. Telefon bestanden hat. Aus umweltmedizinischer Sicht ist es erforderlich und sinnvoll, sich gerade in diesen Fällen die lokalen Gegebenheiten anzusehen, um etwaige weitere relevante Informationen zu erhalten (Lage des Wohnorts, mögliche andere Belastungen etc.).

Die Gespräche liefen immer unter Einbindung aller anwesenden Familienmitglieder ab. Die Hausbesuche hatten somit auch den Vorteil, möglichst alle Familienmitglieder einbinden zu können.

^h Wir danken der Amtsärztin und den Ärztinnen des ÖGD Kärnten für diese engagierte und kompetente Befunderläuterung. Diese Aufgabe ist angesichts der großen Verunsicherung und der Sorgen in der Bevölkerung besonders wichtig.

4.4 Eindrücke aus den ärztlichen Gesprächen

Wahrnehmungen aus ärztlicher Sicht: Befundergebnisse sind schwierig zu vermitteln (v.a. Gruppe 3 und 4). Die Schwierigkeiten resultieren aus fachspezifischer Problematik (komplexe Zusammenhänge) bei gleichzeitig bereits vorhandenem Vertrauensverlust gegenüber Entscheidungsträger/innen, Behörden etc. Das war bei fast allen Gesprächen mit Menschen der Gruppe 4 deutlich erkennbar.

So waren am Beginn intensive Bemühungen notwendig, nachdrücklich die eigene ärztliche Position als unabhängig und niemandem verpflichtet zu erläutern und die nüchterne ärztliche Betrachtung der Befunde in den Mittelpunkt zu stellen. Es muss auch angemerkt werden, dass es praktisch bei allen Befundbesprechungen im Laufe des Gesprächs gelungen ist, die Problemsituation konstruktiv zu erörtern.

Situation der Betroffenen: Bei allen betroffenen Personen wurde die große Enttäuschung über die derzeitige oft als aussichtslos wahrgenommenen Situation auf persönlicher Ebene, aber auch generell auf das Görtschitztal bezogen, thematisiert.

Perspektivlosigkeit: Die Bemühungen, die man jahrelang in die landwirtschaftliche Erzeugung investierte, nämlich mittels chemiefreier biologischer Landbewirtschaftung gesunde Lebensmittel zu erzeugen, wurden zunichte gemacht. Man stehe vor den Trümmern jahrelanger Arbeit.

Unzufriedenheit mit den Behörden („Uns hilft keiner“), frustrierende Arbeit („Kühe mit dem Wissen melken, die Milch wieder wegschütten zu müssen“), Problematik, dass schwer Prognosen zu treffen sind (z.B. ab wann Futtermittel wieder „HCB-frei“ sind).

Aus ärztlicher Sicht kann ganz eindeutig eine sehr starke psychosoziale Belastungssituation aufgrund des existentiellen Drucks attestiert werden. Diese ist definitiv mit einem greifbaren Gesundheitsrisiko verbunden.

5 Interpretation der Ergebnisse

Die Personen aus dem Görtschitztal und solche, die regelmäßig Produkte aus dem Görtschitztal konsumierten, die an der Blutuntersuchung teilgenommen haben, weisen deutlich höhere Belastungen mit HCB auf, als dem Erwartungswert aus österreichischen Vergleichsproben entspricht. 113 Personen (84%) wiesen Werte über dem österreichischen Erwartungswert auf, wo man 50%, also etwa 68 Personen, erwarten würde. 25 Personen (16%) wiesen Werte über dem österreichischen „Referenzwert“ auf, wobei nur 5% (6-7 Personen) erwartet werden, wenn nur eine Hintergrundbelastung vorhanden wäre.

Es besteht also kein Zweifel, dass die Bevölkerung im Görtschitztal und auch Personen, die kontaminierte Produkte aus dem Görtschitztal konsumierten, höher belastet waren als die

übrige österreichische Bevölkerung, wobei insbesondere die Gebiete in der Umgebung von ca. 7 km um das Wiertersdorfer Zementwerk betroffen zu sein scheinen.

Da es unwahrscheinlich ist, dass diese Belastung aus der Atemluft stammt (siehe auch MUW 2014a,b), und weil auch jene Personen, die wegen des häufigen Konsums von Produkten aus dem Görtschitztal teilnehmen wollten, höhere HCB-Werte aufwiesen, kann man davon ausgehen, dass die Hauptbelastung vom Konsum der mit HCB kontaminierten Nahrungsmittel herrührt. Der Zusammenhang der HCB-Konzentration im Blut mit dem Abstand zum Zementwerk ist dadurch erklärbar, dass es durch die Sedimentation von HCB auf die Futtermittelflächen, Hausgärten etc. zu einer Anreicherung über Nutztiere und fettreichere Pflanzen kam, die dann zu der höheren Aufnahme von HCB bei den Anrainern führte. Das wird auch dadurch unterstützt, dass jene 10 Personen mit den relativ höchsten HCB-Blutwerten Produkte überwiegend aus eigener Produktion konsumierten.

Insgesamt 59 Personen (45%) hatten eine errechnete tägliche Aufnahme von über 0,01 µg/kg Körpergewicht. Dieser TDI (tolerable daily intake) Wert wurde von der AGES (2008) im Rahmen des Kürbiskernprojekts abgeleitet und basiert auf einem Fütterungsversuch bei Makaken, bei dem bei einer 1000-fach höheren täglichen Aufnahme über 13 Wochen subtile Veränderungen in Follikelzellen der Ovarien aufgetreten sind. Geht man von den HCB-Werten der Untersuchung der RWTH Aachen (Schettgen et al. 2015) aus, dann kann man abschätzen, dass in Deutschland heute nur mehr etwa 15% der Erwachsenen eine tägliche Aufnahme über 0,01 µg/kg Körpergewicht aufweisen. Der ermittelte Anteil bei der vorliegenden Untersuchung überschreitet diesen Anteil deutlich.

Geht man von den täglichen Aufnahmen von HCB aus, die die AGES (2014) aus den Daten der HCB-Belastung der Lebensmittel und den Konsumgewohnheiten der österreichischen Bevölkerung errechnet hat, dann ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 10: Auf Basis der von der AGES (2014) errechneten täglichen HCB-Aufnahme für den durchschnittlichen und hohen Verzehr von möglicherweise kontaminierten Nahrungsmitteln ermittelte Konzentration im Blut. Gegenübergestellt die gemessenen Werte: Wertebereich, Median und Quartilsbereich (25. bis 75. Perzentil).

Gruppe	Szenario	Aufnahme µg/kg KG	Errechnet µg/L Plasma	Gemessen µg/L Plasma	Median µg/L Plasma	Quartilsbereich µg/L Plasma
Kinder	Durchschn. Verzehr	0,17-0,22	1,88-2,43	0,15-2,56	0,52	0,30-1,41
	Hoher Verzehr	0,41-0,48	4,54-5,31			
Frauen	Durchschn. Verzehr	0,11-0,17	0,65-1,00	0,10-5,29	0,42	0,25-0,69
	Hoher Verzehr	0,64-0,72	3,77-4,24			
Männer	Durchschn. Verzehr	0,13-0,17	1,19-1,55	0,14-4,30	0,44	0,28-0,93
	Hoher Verzehr	0,58-0,63	5,30-5,75			

Die Blutkonzentration wurde hier unter der Annahme errechnet, dass die Exposition ein Jahr dauerte und dass die Ausgangskonzentration von HCB im Körper null war, dass also die gesamte Belastung lediglich aus der Zeit des letzten Jahres herrührt.

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich, dass bei Kindern nur in zwei Fällen die HCB-Aufnahme so hoch gewesen sein kann, wie sie sich aus den Belastungsszenarios ergäbe, bei 12 Kindern ist der gemessene Wert niedriger als der Wert, der bei der Untergrenze der im Szenario „durchschnittlicher Verzehr“ ermittelten HCB-Aufnahme liegt. Bei Frauen ergibt sich, dass etwa 27% der untersuchten Personen in den Bereich der von der AGES geschätzten täglichen Aufnahme fallen, wobei darunter eine Frau ist, die vorausgesetzt, sie hatte vorher überhaupt keine HCB-Belastung aufgewiesen, sogar eine noch höhere Aufnahme gehabt haben konnte, als der Obergrenze bei „hohem Verzehr“ entspricht. Bei Männern kann in keinem Fall das Szenario „hoher Verzehr“ zugetroffen haben. Aufnahmen auf Basis des „durchschnittlichen Verzehrs“ können bei etwa 10% der Männer aufgetreten sein.

Diese Analyse unterstreicht, dass der Konsum von mit HCB kontaminierten Nahrungsmitteln die höheren Konzentrationen von HCB im Blut im Vergleich zur Hintergrundbelastung erklärt. Selbst wenn der unwahrscheinliche Fall zuträfe, dass die Bevölkerung im Görtschitztal vorher vollkommen unbelastet war, stehen die gemessenen Werte mit den Messwerten in den Nahrungsmitteln im Einklang, auch wenn die tatsächliche Belastung im Allgemeinen niedriger war, als sich aus den Worst-Case-Berechnungen der AGES (2014) ergibt.

Betrachtet man die gemessenen HCB-Werte im Blut der Bevölkerung in einem historischen Kontext, dann kann man feststellen, dass in keinem Fall das 95. Perzentil der in den 1990er Jahren in Deutschland gemessenen Werte (UBA 2003) überschritten wird. Die aktuelle Belastung entspricht zumindest für einen Teil der Bevölkerung einem Zurückdrehen der Uhr auf eine Zeit in den 1990er Jahren. Da HCB eine körperfremde Substanz ist, die potenziell eine Gesundheitsgefährdung darstellt, kann ein solches Zurückversetzen in eine Zeit höherer Belastung nicht akzeptiert werden. Es müssen daher alle Schritte unternommen werden, um eine weitere Belastung hintanzuhalten und die bereits aufgetretene Belastung in ihren möglichen Folgen zu minimieren.

6 Empfehlungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung wurde in erster Linie auf jene Personen ausgerichtet, bei denen aufgrund der Anamnese eine höhere HCB-Exposition zu erwarten war. Dabei gingen wir von der Annahme aus, dass Nahrungsmittel und landwirtschaftliche Flächen durch die Emissionen des Wietersdorfer Zementwerks während der Zeit von etwa Juli 2013 bis November 2014 mit HCB kontaminiert wurden. Es wurden aber auch alle Personen

eingeschlossen, die das ausdrücklich wünschten und auch einige Kinder, bei denen die Eltern diese Untersuchung forderten.

Eingangs muss hervorgehoben werden, dass diese Untersuchung ohne die Ärzt/innen des Öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD) nicht möglich gewesen wäre. Die Ärzt/innen der regionalen Dienststellen des ÖGD sind nicht nur eine glaubwürdige Quelle für Informationen an die betroffene Bevölkerung in Krisensituationen, sondern vermitteln auch für die Einschätzung der regionalen Belastungen wesentliche Daten. So konnte eine weitere Eskalation der Befürchtungen in der Bevölkerung verhindert werden. Eine Aufrechterhaltung der Kapazitäten des ÖGD in der Zukunft ist daher aus unserer Sicht unabdingbar.

Die hier vorgelegte Untersuchung wird als erste Phase angesehen, die ein möglichst umfassendes Bild der Belastungssituation liefern sollte. Als weitere Schritte werden empfohlen:

- Die Untersuchung von Kindern, sobald ein positives Votum der Kärntner Ethikkommission vorliegt. Dies hat medizinische Gründe (Organsysteme in Entwicklung, gegenüber Chemikalien besonders empfindlich), ist aber auch aufgrund der Tatsache, dass bei Kindern kaum eine frühere Belastung durch Lebensmittel, sondern höchstens durch die Muttermilch aufgetreten ist, sinnvoll.
- Auch die Gruppe der Erwachsenen unter 50 Jahren war unterrepräsentiert und sollte speziell angesprochen werden.

Es wird empfohlen, aus diesen Personengruppen anhand des Meldekatasters eine Zufallsstichprobe zu ziehen und diese Personen speziell einzuladen. Eine Fallzahl von etwa 20 Personen pro Altersgruppe und regionalem Abschnitt (südlich und nördlich der Wietersdorfer Zementwerke) kann auf Basis der vorliegenden Daten als ausreichend angesehen werden. Aufgrund der vorliegenden Luftmessdaten sollen auch die unmittelbaren Anrainer der Deponie in Brückl speziell eingeladen werden.

- Die derzeitig vorliegenden österreichischen „Referenzwerte“ lassen eine Schätzung der durchschnittlichen Blutkonzentration zu. Aus den gepoolten Proben des österreichischen Vergleichskollektivs kann aber die Variabilität der Werte in der Bevölkerung nicht ermittelt werden. Daher soll das Sample vertieft werden, d.h. es sollen weitere zufällig gewählte Proben analysiert werden (zwei Altersgruppen). Die bereits vorliegenden Proben der Medizinischen Universität Graz zeigen zwar, dass die Poolproben und Ableitung der Referenzwerte plausibel sind, aber weitere Proben aus anderen Regionen sollen diese Befunde noch stützen.

- Ein Blut-Monitoring zur Verlaufskontrolle soll für jene bisher getesteten Personen, deren Blutbefunde auffällig hoch waren, angeboten werden (Abstand mindestens 6 Monate, besser ein Jahr).
- Empfehlungen bezüglich Produkten aus dem Görtschitztal: Die nun vorliegenden Daten erlauben die Berechnung der Maximalwerte an HCB, die in einzelnen Nahrungsmitteln enthalten sein dürfen, damit die ausgeschiedene Menge an HCB noch immer die Aufnahme überwiegt (wie bereits am 14.01.2015 in der Koordinationssitzung der Kärntner Landesregierung festgehalten wurde). Diese Angaben werden in einem separaten Dokument übermittelt werden. Es muss festgehalten werden, dass die bloße Einhaltung der Werte der EU-Rückstandsverordnung aus medizinischer Sicht nicht ausreicht.
- Es muss auch darauf hingewiesen werden, dass die Warnung vor Produkten aus dem Görtschitztal, bereits für bestimmte Nahrungsmittelgruppen aufgehoben wurde. Weitere Schritte zur Aufhebung werden gemäß dem oben angeführten Verfahren folgen.
- Umfangreiche Tests zeigen, dass Milch- und Milchprodukte aus anderen Regionen Österreichs und Kärntens unbelastet sind und ohne Bedenken konsumiert werden können.
- Empfehlungen zur möglichen Unterstützung einer beschleunigten Ausscheidung: Die Einnahme von Pflanzenölen wird empfohlen. Es liegen nunmehr umfangreiche Messungen in verschiedenen Pflanzenölen vor (85 Proben insgesamt). Von diesen Proben wurden 47 oberhalb der Nachweisgrenze (0,5 µg/kg) und davon 38 oberhalb der Bestimmungsgrenze (2 µg/kg) getestet. Alle Werte lagen unter dem lebensmittelrechtlichen Grenzwert, waren aber teilweise höher (Werte bis 69 µg/kg), als es für die Unterstützung der HCB-Ausscheidung empfehlenswert ist. Sämtliche Öle, die über der Nachweisgrenze getestet wurden, waren Kürbiskernöle oder enthielten wesentliche Mengen an Kürbiskernöl. Alle anderen Öle können für eine mögliche beschleunigte Ausscheidung verwendet werden (Sonnenblumenöl, Maiskeimöl, Rapsöl, Olivenöl, Nussöle etc.).
- Aus ärztlicher Sicht darf bei den Gesundheitsfolgen der HCB-Kontamination im Görtschitztal nicht nur die gesundheitliche Belastung durch HCB beachtet werden, sondern es muss nachdrücklich auf die existenziellen Sorgen der Görtschitztaler Bevölkerung und die Zukunftsängste hingewiesen werden, die ihrerseits eine massive Gesundheitsbelastung darstellen.

Die hiermit vorliegenden Ergebnisse lassen eine erste fundierte umwelthygienische Beurteilung der Situation im Görtschitztal zu. Eine tiefer gehende und umfassendere Sicht wird dann vorgelegt werden können, wenn zusätzliche Daten von Kindern und jüngeren Erwachsenen vorliegen. Die Nachfolgeuntersuchung von Personen mit erhöhten Blutwerten wird zeigen, ob die empfohlenen Maßnahmen erfolgreich waren.

7 Anhang

7.1 Anhang A: Umrechnung der Blutkonzentrationen

In der Fachliteratur werden Konzentrationen von HCB im Blut in verschiedenen Einheiten angegeben. Da HCB im Blutfett transportiert wird, ist die häufigste Angabe in ng/g Blutfett (oder äquivalent µg/kg Blutfett). HCB wird im Plasma oder Serum gemessen und deshalb auch oft in µg/L Plasma angegeben. Seltener ist die Angabe als Konzentration im Vollblut. Da die deutsche Biomonitoring-Kommission seit den ersten Veröffentlichungen die Konzentration von HCB in µg/L Vollblut angibt, ist auch diese Angabe relevant.

Die folgende Tabelle gibt die Formeln zur Umrechnung in die jeweiligen Einheiten an, Die Ermittlung der Fettkonzentration (Fc) im Plasma erfolgte nach der Formel von Phillips et al. (1998), die sich anderen Verfahren zur Umrechnung von Organochlorverbindungen als leicht überlegen gezeigt hat (Bergonzi et al. 2009). Gesamtcholesterin (Chol) und Triglyzeride (TG) wurden am Klinikum Klagenfurt gemessen und in mg/dL angegeben und durch Division durch 100 in g/L umgerechnet.

$$Fc[g \text{ Fett}/L \text{ Plasma}] = 2,27 \cdot Chol[g/L] + TG[g/L] + 0,623$$

Weiters ist für die Umrechnung der Hämatokrit (Hk, Volumsanteil der zellulären Blutbestandteile) erforderlich. Dieser wurde für Kinder beiderlei Geschlechts mit 0,39 angenommen. Für erwachsene Männer wurde er mit 0,46 und für erwachsene Frauen mit 0,41 festgelegt (Wissenschaftliche Tabellen Geigy 1985).

Tabelle 11: Umrechnung von HCB Blutkonzentrationsangaben in die unterschiedlichen Einheiten. Umrechnung der Zeilen- in die Spalteneinheit.

	µg/L Plasma	µg/L Vollblut	µg/kg Blutfett
µg/L Plasma		x (1-Hk)	x 1000/Fc
µg/L Vollblut	x 1/(1-Hk)		x 1000/[Fc(1-Hk)]
µg/kg Blutfett	x Fc/1000	x Fc(1-Hk)/1000	

Hk...Hämatokrit, Fc...Fett im Plasma in g/L

7.2 Anhang B: Analytische Methoden (Autorinnen: Christina Hartmann und Sigrid Scharf, UBA Wien)

7.2.1 HCB-Bestimmung in Humanplasma

Das Blutplasma wurde vom Klinikum Klagenfurt in Trockeneis gelagert an das Umweltbundesamt Wien übermittelt, wo es bis zur Analyse bei -80°C gelagert wurde.

Aufarbeitung der Proben

Nach dem Auftauen der humanen Plasmaproben erfolgt die Zugabe eines isotopenmarkierten Standards (13C6-HCB-Surrogatstandard), anschließend die Eiweißfällung durch die Versetzung mit Ameisensäure. Nach der Flüssig-Flüssig-Extraktion mit n-Hexan und anschließender Reinigung über Kieselgelsäulchen werden die resultierenden Eluate im Stickstoffstrom schonend eingengt. Danach erfolgen der Zusatz eines geeigneten Injektionsstandards und die analytische Bestimmung der HCB-Konzentrationen.

Analytische Messung

Die analytische Bestimmung der HCB-Gehalte im humanen Blutplasma erfolgt mit einer APGC-MS/MS-Methode (Atmosphärendruck-Gaschromatographie–Tandem-Massenspektrometrie).

Analytische Kenndaten

Die Kalibrierung erfolgt anhand von mindestens sieben Kalibrationspunkten im Konzentrationsbereich von 0,05 bis 100 µg/L.

Die Ermittlung der Bestimmungsgrenze (BG) und der Nachweisgrenze (NG) erfolgte mittels einer Qualitätssicherungssoftware. Für die Berechnung der verfahrensangepassten NG und BG werden die Kenndaten aus der Grundvalidierung mit der mittleren Wiederfindung aus der Wiederfindungsregelkarte und der doppelten Standardabweichung unter Berücksichtigung von Blindwerten und Matrixeinflüssen hochgerechnet. Sie stellen somit die im Regelfall erreichbaren Bestimmungsgrenzen und Nachweisgrenzen dar. Die ermittelte NG bzw. BG belaufen sich auf 0,025 µg/L bzw. 0.093 µg/L.

Die Robustheit des Verfahrens wird durch die analytische Messung von Kontrollproben laufend überprüft.

Um die Qualitätskriterien zu erfüllen, muss die Wiederfindung des 13C6-HCB-Surrogats in den Proben mindestens 50 % betragen.

Die Messwertunsicherheit ergibt sich aus der doppelten relativen Standardabweichung und liegt bei etwa 25 %.

Die angewandte Methode wurde von der Akkreditierungsstelle in einem Audit überprüft und wird in den Akkreditierungsumfang aufgenommen.

Vergleichsmessungen mit einem deutschen Labor (RWTH Aachen) wurden zur Überprüfung der Richtigkeit durchgeführt.

7.2.2 Kontrolle der Analysenqualität während des Projektes

Allen Plasmaproben wurden isotopenmarkierte Standards (Surrogatstandards) zu Beginn der Aufarbeitung zugefügt und für jede Probe eine Wiederfindungskorrektur durchgeführt. Jede Probencharge enthielt Blindwertkontrollen und Proben zur Qualitätssicherung, die mit den Proben mitanalysiert wurden. Bei den Proben zur Qualitätssicherung handelte es sich um Plasma aus einem internen Pool, die sowohl dotiert und undotiert bestimmt wurden.

Ein Teil der Proben wurden einer Doppelbestimmung unterzogen, wobei jene sowohl mit APGC-MS/MS als auch mit GC-HRMS (Gaschromatographie mit hochauflösender Massenspektrometrie) analysiert wurden.

7.3 Anhang C: Vergleich der österreichischen und deutschen „Referenzwerte“

Für Deutschland liegen repräsentative Werte der HCB-Konzentration im Blut seitens der deutschen Biomonitoringkommission vor (UBA 2003, UBA 2009). Dabei wurden die Proben für Erwachsene in den Jahren 1997 bis 1999 genommen und für Kinder im Alter von 7 bis 14 Jahren in den Jahren 2003 bis 2006. Aktuelle repräsentative Werte sind derzeit nicht vorhanden. Schettgen et al. (2012) und Schettgen et al. (2015) haben neuere Werte aus Nordrhein-Westfalen und Hessen veröffentlicht, die an Personen gewonnen wurden, die in 7 Gebäuden in diesen Gebieten arbeiten, in die Schule gehen oder die Universität besuchen. Diese Werte sind zwar weder für Deutschland noch für Österreich repräsentativ, aber die große Zahl von 2755 (Schettgen et al. 2015) bzw. 1440 (Schettgen et al. 2012) Personen, die in die Untersuchung eingeschlossen wurde, erlaubt dennoch eine Abschätzung des zeitlichen Trends seit der repräsentativen Untersuchung 1997-1999.

Vergleicht man die Werte aus 1997-1999 und die 13 Jahre später erhobenen Befunde aus den Jahren 2010-2012, so kann man für die einzelnen Altersgruppen die Halbwertszeit abschätzen (Abb. 13, Tabelle 12). Dabei wurden die im Vollblut angegebenen deutschen Werte auf Werte im Plasma umgerechnet (da die deutschen Werte nicht getrennt nach Geschlecht vorliegen, wurde ein Hämatokrit von 0,435 benutzt). Zur Ermittlung des Erwartungswerts für das jeweilige Alter wurden die Werte aus den Angaben von Schettgen et al. (2012, 2015) und die Werte der österreichischen gepoolten Proben unter der Annahme interpoliert, dass der angegebene Durchschnittswert in der Mitte der Altersgruppe liegt. Setzt man die aus dem Vergleich der Werte aus Deutschland 1998 und 2011 ermittelte Halbwertszeit voraus, dann lässt sich das Jahr ermitteln, das den österreichischen Vergleichsdaten in Deutschland entspräche.

Tabelle 12: Schätzung der Halbwertszeit für HCB aus den Daten des Biomonitoring-programms (1997-1999, UBA 2003) und der Daten der RWTH Aachen (2010-2012, Schettgen et al. 2012, 2015) und Anwendung auf die österreichischen Vergleichsdaten (2010-2012) mit Ermittlung des Jahres dem diese Werte in Deutschland entsprechen.

Alter 1998	HCB µg/L Plasma (UBA 2003)	Alter 2011	HCB µg/L Plasma (Schettgen et al. 2012, 2015)	Halbwertszeit (Jahre)	HCB µg/L Plasma (Österreich)	Jahr berechnet
19	0,21	32	0,08	9,6	0,19	2000
25	0,30	38	0,10	8,3	0,21	2002
35	0,50	48	0,13	6,8	0,27	2004
45	0,90	58	0,18	5,6	0,43	2004
55	1,42	68	0,25	5,2	0,62	2004
65	2,11	78	0,33	4,8	0,75	2005

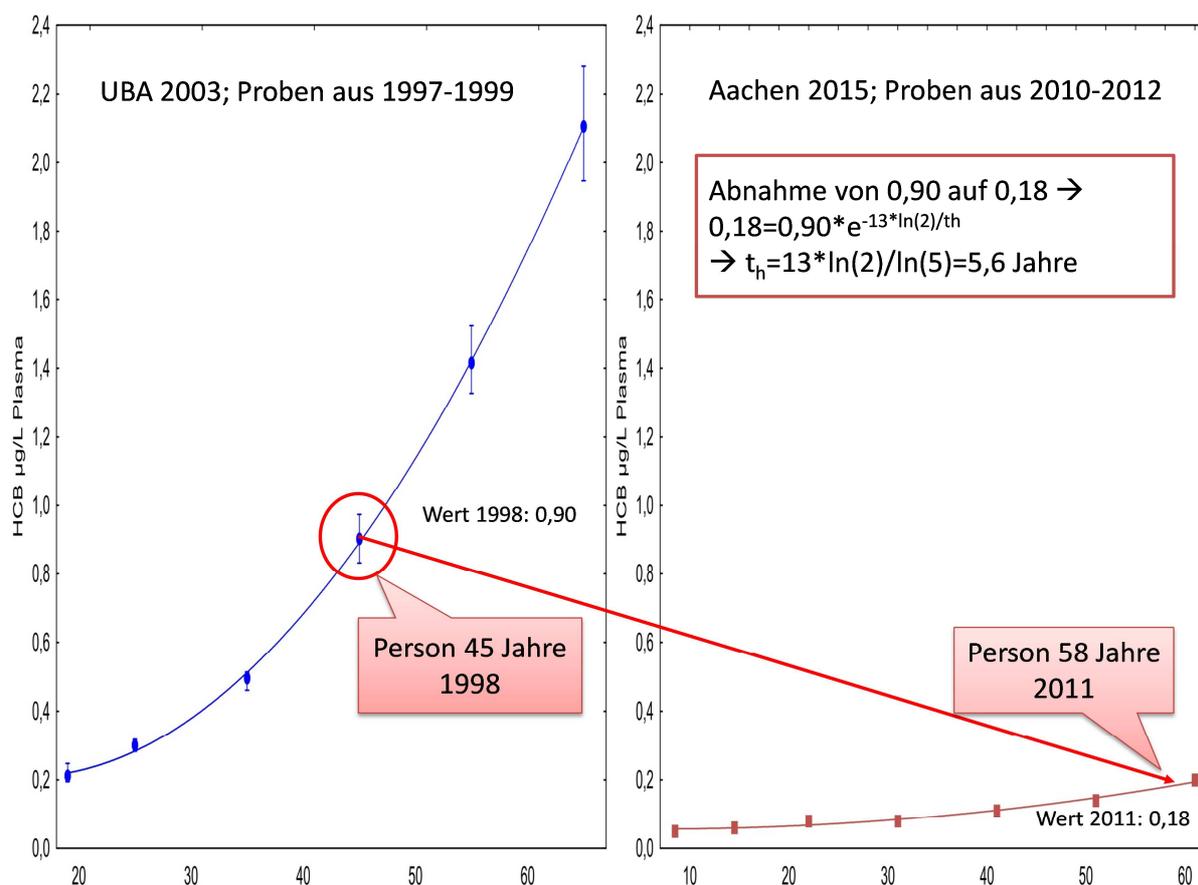


Abb. 13: Beispiel für die Berechnung der Halbwertszeit. Eine Person, die 1998 45 Jahre alt war, hatte im Durchschnitt einen Wert von 0,9 µg HCB/L Plasma (UBA 2003). 13 Jahre später im Jahr 2011 ist die Person 58 Jahre alt und hat einen HCB Wert von 0,18 µg/L Plasma (Schettgen et al. 2012, 2015). Daraus errechnet sich die Halbwertszeit mit 5,6 Jahren.

Wenn man von den jungen Altersgruppen absieht, bei denen wegen des flachen Verlaufs die Abschätzung schwierig ist, ergibt sich eine Zeitverzögerung von 6 bis 7 Jahren. Da bei dieser Berechnung die gleichzeitige Altersverschiebung nicht eingeht (wenn der österreichische Vergleichswert einem früheren Jahr in Deutschland entspricht, dann muss auch das Alter entsprechend angepasst werden), muss eine genauere Berechnung durchgeführt werden. Diese Berechnung, separat für Männer und Frauen und unter Berücksichtigung des Alters zum jeweiligen Vergleichszeitpunkt, ergibt ebenfalls eine Zeitverschiebung von durchschnittlich 6,5 Jahren. Die gemessenen und aus dieser Verschiebung errechneten Werte sind grafisch in Abb. 3 dargestellt.

Da die Werte aus Österreich aus Proben stammen, die im Zeitraum 2010 bis 2012 genommen wurden, kann man davon ausgehen, dass inzwischen nach weiteren durchschnittlich 3 Jahren, die Werte entsprechend den ermittelten Halbwertszeiten abgenommen haben. Die folgende Tabelle zeigt die Schätzung für die heute zu erwartenden Durchschnittswerte.

Tabelle 13: Aus der Halbwertszeit geschätzte Werte für HCB im Plasma (in µg/L) zu Beginn des Jahres 2015

Alter	männlich		weiblich	
	Wert 2011	Wert 2015	Wert 2011	Wert 2015
10-19	0,14	0,12	0,13	0,10
20-29	0,16	0,14	0,15	0,11
30-39	0,18	0,15	0,22	0,18
40-49	0,17	0,16	0,31	0,25
50-59	0,35	0,26	0,37	0,32
60-69	0,56	0,43	0,60	0,47

7.4 Anhang D: Modell der Aufnahme und Ausscheidung von HCB

Wenn man von Extremsituationen mit sehr hoher Atemluftkonzentration oder beruflicher Anwendung mit direktem Hautkontakt absieht, dann wird HCB überwiegend oral durch mit HCB kontaminierte Nahrungsmittel aufgenommen. Die folgende Abbildung zeigt schematisch die Aufnahme und Ausscheidung von HCB.

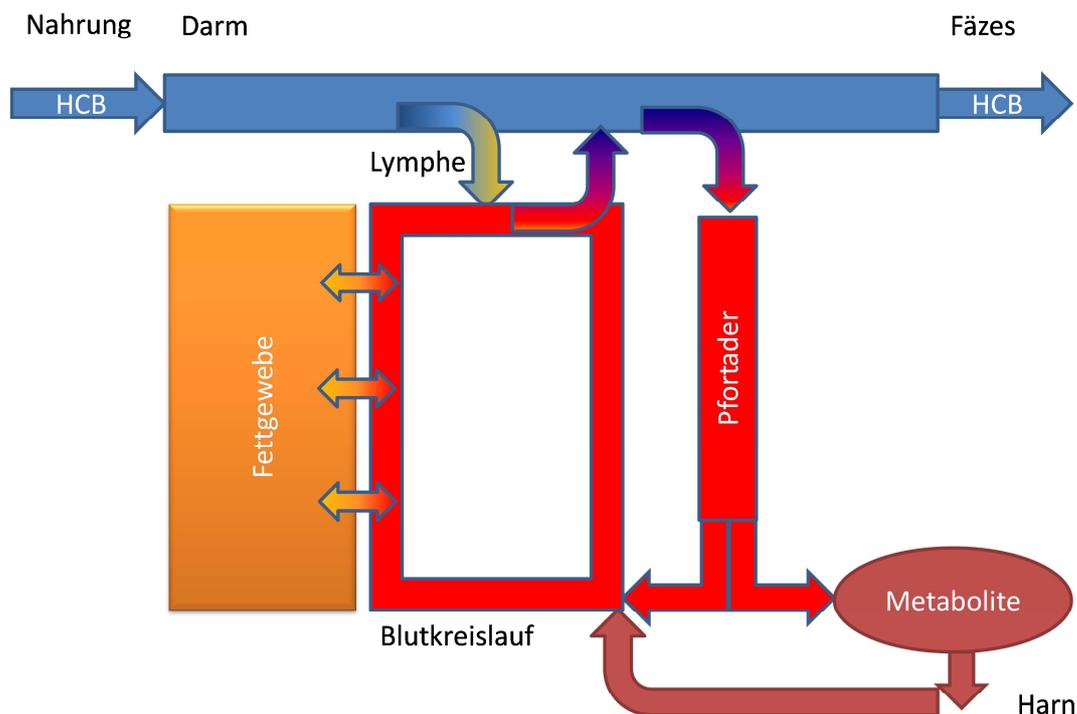


Abb. 14: Schema der Aufnahme von HCB über die Nahrung, Verteilung und Ausscheidung

HCB gelangt mit dem Nahrungsfett in den Darm. Das Nahrungsfett wird im Darm zunächst durch Gallensäuren emulgiert und dann durch Darm- und Pankreaslipasen hydrolysiert. Danach wird es durch die Darmwand resorbiert und zu etwa 60% über die Lymphe verteilt. Der Rest gelangt über die Sammelgefäße des Darms in die Pfortader. Dadurch gelangt HCB einerseits in den Lymphkreislauf und andererseits zu einem geringeren Teil in die Leber, wo eine Stoffwechselung stattfinden kann. Zum überwiegenden Teil wird HCB aber in den Fettgeweben des Körpers gespeichert. Man nimmt an, dass nach einigen Tagen HCB überall in den Fettgeweben gleichmäßig verteilt ist und in etwa derselben Konzentration vorliegt. Ein kleiner Teil (etwa 3% der im Blut zirkulierenden Menge, To-Figueras et al. 1997, 2000) wird über die Niere fast ausschließlich in metabolisierter Form ausgeschieden. Die Stoffwechselung dürfte beim Menschen überwiegend auf dem Weg einer Glutathion-Konjugation in der Leber und weiterem enzymatischen Abbau in der Niere erfolgen, wobei in erster Linie Pentachlorbenzthiol im Harn vorgefunden wird. Toxische chlorierte Phenole treten beim Menschen in deutlich niedrigerer Konzentration auf (To-Figueras et al. 1997), was darauf hinweist, dass die Hydroxylierung durch P450 Cytochrome beim Menschen eine geringere Bedeutung besitzt. Der überwiegende Anteil an der Elimination kommt der fäkalen Ausscheidung zu. Über die Fäzes wird HCB vorrangig in unveränderter Form ausgeschieden (Koss & Koransky 1975; Schlummer et al. 1998; To-Figueras et al. 2000). Geringe Mengen verschiedener Stoffwechselprodukte des HCB können aber auch im Darm nachgewiesen werden (Yang et al. 1978).

Die einzige vorliegende Massenbilanzuntersuchung zur oralen Aufnahme und Ausscheidung von HCB wurde von Schlummer et al. (1998) durchgeführt. In dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen der HCB-Konzentration im Fett der Nahrung (gleich der HCB-Konzentration in den proximalen Dünndarmabschnitten) und der HCB-Konzentration im Blutfett HCB absorbiert und ausgeschieden wird. Dabei kann es zu einer Nettoausscheidung kommen, wenn der HCB Gehalt in der Nahrung sehr viel niedriger als im Blut ist. Die folgende Abbildung zeigt diesen Zusammenhang.

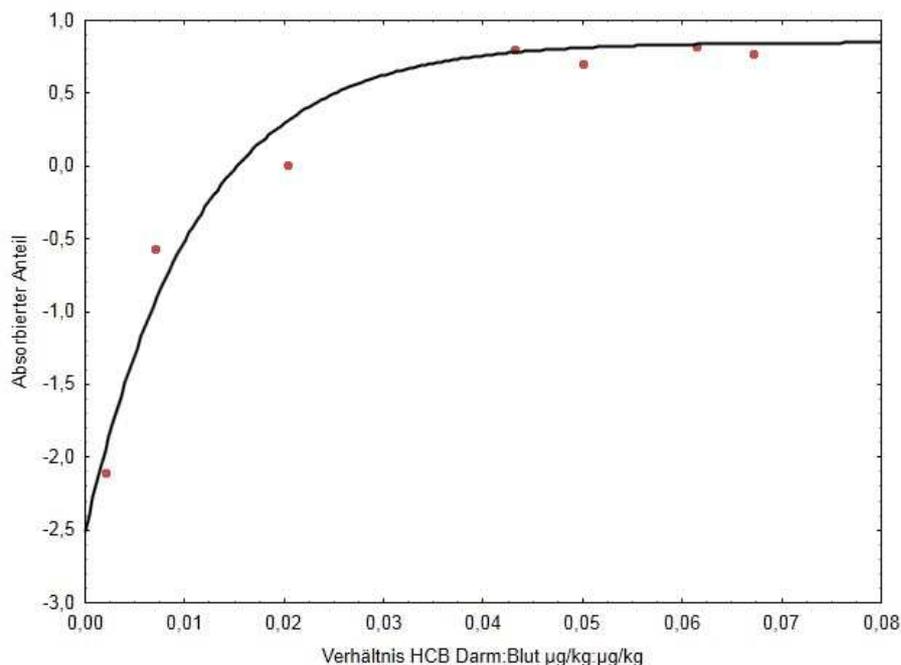


Abb. 15: Zusammenhang zwischen dem absorbierten Anteil von HCB aus der Nahrung und dem Verhältnis zwischen der HCB-Konzentration im Darm und im Blut (nach Schlummer et al. 1998)

Es ist ersichtlich, dass die Aufnahme von HCB im Darm nicht der üblichen Diffusionsgleichung folgt. Diese wäre durch die Differenz der HCB-Konzentration im Darm und im Blut bestimmt:

$$\text{Nettoabsorption} = A(C_d \cdot k - C_b)$$

Dabei bedeutet A den Materialdurchsatz durch den Darm (kg/Tag), C_d und C_b die Konzentration von HCB im Darm und im Blut und k den Blut-Darm-Partitionskoeffizienten. Aus diesem Grund haben Gobas et al. (1993) eine alternative Modellierung vorgeschlagen, die davon ausgeht, dass die wahre Konzentration von persistenten fettlöslichen organischen Schadstoffen (sogenannten PLOPs) C_d aus der Konzentration in der Nahrung erst durch Multiplikation mit dem Verhältnis der im Darm resorbierten zu der ausgeschiedenen Fettmenge ermittelt werden kann. Aber auch diese Annahme trifft für HCB nicht zu, wie Schlummer et al. (1998) gezeigt haben.

Die in Abb. 15 eingezeichnete Funktion ist von folgender Form: $a \cdot b \cdot \exp(-k \cdot C_d / C_b)$, bzw. wenn man die Exponentialfunktion in eine Taylorreihe entwickelt, eine quadratische Funktion (für die ersten beiden Reihenglieder) des Verhältnisses der Konzentration von HCB im Darm und im Blut. Diese Funktion beschreibt allerdings den absorbierten Anteil aus dem in der Nahrung enthaltenem HCB nur für mittlere bis hohe HCB-Konzentrationen in der Nahrung gut. In der folgenden Abbildung werden die Zusammenhänge genauer gezeigt, wobei die absorbierte Menge an HCB dargestellt wird, die mittels der oben angegebenen Funktion errechnet wurde, die an die Daten von Schlummer et al. (1998) angepasst wurde.

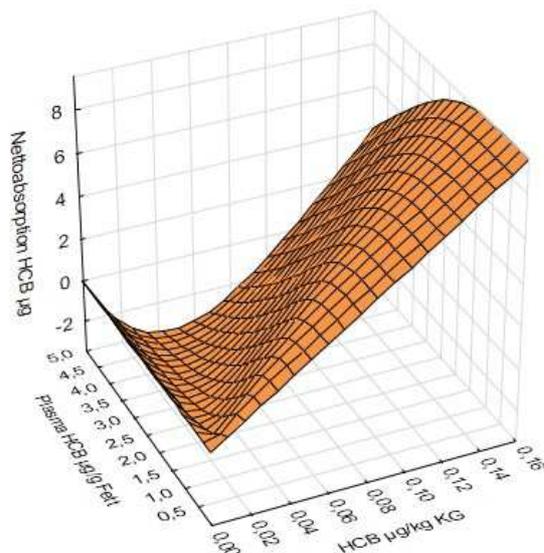


Abb. 16: Geschätzte Nettoaufnahme von HCB in Abhängigkeit von der täglichen Aufnahme über die Nahrung und der Blutkonzentration (hier in µg/g Fett !)

Es ist klar ersichtlich, dass zwar im Allgemeinen die Absorption mit größeren Tagesdosen in der Nahrung zunimmt, dass aber bei relativ hohen Blutkonzentrationen und niedriger Menge HCB in der Nahrung eine Nettoausscheidung erfolgt (negative Absorption). Andererseits ist zu erkennen, dass bei sehr niedriger Menge HCB in der Nahrung die abgegebene Menge HCB wieder abnimmt (im Extremfall, wenn die Menge in der Nahrung Null ist, erfolgt nach dieser Funktion überhaupt keine Abgabe). Das ist eine Konsequenz der Tatsache, dass die absorbierte Fraktion ein Faktor für die in der Nahrung vorhandene Menge ist. Also muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass eine Ausscheidung auch unabhängig von einer allenfalls über den Darm resorbierte Menge an HCB erfolgt.

Zur Erklärung des in Abb. 15 dargestellten Funktionsverlaufs haben Schlummer et al. (1998) die Fettspülungshypothese vorgebracht. Demnach wird leicht resorbierbares Fett in den proximalen Abschnitten des Darms aufgenommen. Dadurch sinken der Fettgehalt sowie die HCB-Konzentration im Darm, die Konzentration von HCB im Darmgewebe steigt aber gleichzeitig. Mit sinkender HCB-Konzentration im Darm kann deshalb entsprechend dem Konzentrationsgefälle dann mehr HCB aus dem Darmgewebe abgegeben werden.

Um die HCB Abgabe bei sehr niedrigen Konzentrationen korrekt abzubilden, benötigt man einen nur vom Konzentrationsgefälle abhängigen Term. Auf Basis der Daten von Schlummer et al. (1998) ergibt sich ein Zusammenhang der Form $K \cdot \exp(-b/(\mu\text{g HCB im Blut} - \mu\text{g HCB in der Nahrung}))$.

Auf Basis der dargestellten Zusammenhänge kann nun die Differentialgleichung für die im Alter t im Körper vorhandene Menge an HCB - $A(t)$ - angegeben werden:

$$dA(t) = I(t) \cdot w(t) \cdot f(t)dt - C_b(t) \cdot v_b(t) \cdot L(t) \cdot 0.03dt - E(C_b(t) \cdot v_b(t) \cdot L(t) - I(t) \cdot w(t))dt$$

Die Änderung der Gesamtmenge an HCB im Körper pro Zeiteinheit in μg ergibt sich demnach einerseits aus der pro Zeiteinheit aufgenommenen Menge an HCB (erster Term mit $I(t)$ der HCB Nahrungsmenge in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht, $w(t)$ dem Körpergewicht im Alter t und $f(t)$ dem absorbierten Anteil: $f(t) = 0.85(1 - 3.3e^{-90 \cdot C_d(t)/C_b(t)})$ – wobei $C_d(t)$ die Konzentration von HCB im Darm in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Fett und $C_b(t)$ die Konzentration von HCB im Blut in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Blutfett bezeichnet) und andererseits aus der Abnahme durch Metabolisierung und Ausscheidung im Urin (zweiter Term mit 3% der zirkulierenden Blutmenge pro Tag, die sich aus der Konzentration von HCB multipliziert mit dem Plasmavolumen $v_b(t)$ in Liter im Alter t und der Plasmalipidmenge $L(t)$ in kg/L ergibt) sowie der Ausscheidung in den Fäzes (Funktion E als Differenz zwischen der zirkulierenden Menge an HCB und der über die Nahrung aufgenommenen Menge: $E(\text{Gradient}) = 0.41 \cdot e^{-0.76/\text{Gradient}}$, die einen Wert von 0 bis etwa 12% der im Blut zirkulierenden HCB Menge pro Tag ergibt).

Bei der Lösung dieser Differenzialgleichung ist zu berücksichtigen, dass die Konzentration von HCB im Blut im Äquilibrium mit der Konzentration im Fettgewebe steht, sodass sich $C_b(t)$ aus $A(t)$ mittels Bezug auf die Körperfettmenge ergibt: $C_b(t) = A(t)/(w(t) \cdot \pi_L(t))$ mit $\pi_L(t)$ als Körperfettanteil.

Für die nicht individuell vorhandenen Daten wurden durchschnittliche Werte aus der Fachliteratur herangezogen: für den Körperfettanteil Fomon et al.(1982) und ICRP (2002), für die Fettmenge in der Nahrung wurde angenommen, dass im Durchschnitt 30% der Nahrungskalorien als Fett aufgenommen werden. Dieser Anteil wurde erhöht oder erniedrigt durch einen Faktor aktuelles Körpergewicht dividiert durch das Normalgewicht (WHO 2000). Die Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Hämatokrit wurde den Wissenschaftlichen Tabellen Geigy (1985) entnommen.

Zur Berechnung der mit der gemessenen HCB-Konzentration im Blut kompatiblen täglichen Aufnahme wurde nach folgenden Schritten vorgegangen:

- Annahme, dass bis ein Jahr vor der Blutabnahme eine HCB-Konzentration vorlag, die dem Durchschnitt der österreichischen Bevölkerung entspricht (siehe Kapitel 3.1). Das ergibt – sollte die Exposition länger als ein Jahr gedauert haben – allenfalls eine Überschätzung der täglichen Aufnahme!
- Startwert für die tägliche Aufnahme berechnet aus der Differenz zwischen der aktuellen HCB-Konzentration und der Ausgangskonzentration in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Blutfett multipliziert mit der Körperfettmasse dividiert durch 365

- Numerische Lösung der Differenzialgleichung iterativ für ein Jahr bis zum Zeitpunkt der Blutabnahme
- Vergleich der errechneten Plasmakonzentration von HCB mit dem Messwert. Bei Abweichung um mehr als 10% Wiederholung des Durchlaufs, wobei die tägliche Aufnahme mit dem Verhältnis des beobachteten zum geschätzten Wert multipliziert wird.
- Bei Erreichen des Kriteriums (Abweichung <10%) werden der Wert der täglichen Aufnahme pro kg Körpergewicht und die geschätzte Plasmakonzentration ausgegeben.

Einen Sonderfall stellen Kinder unter einem Jahr dar, die gestillt wurden. In diesem Fall muss die HCB-Aufnahme über die Muttermilch und somit die Aufnahme über die Nahrung der Mutter während und nach der Schwangerschaft berücksichtigt werden. Dabei wurde eine Methode, die an das Verfahren von Verner et al. (2009) anknüpft, die allgemein für PLOPs eine Methode zur Berechnung der Konzentration dieser lipophilen Verbindungen in der Mutter und dem Kind entwickelt haben. Im Unterschied zu dieser allgemeineren Methode haben wir das Verfahren speziell für HCB entwickelt, wobei für die Mutter sowie das Kind (mit den unten angegebenen Erweiterungen) die oben dargestellte Methode der Berechnung angewandt wurde.

Die Sachlage wird dadurch komplizierter, dass während der Schwangerschaft ein Austausch von HCB zwischen dem mütterlichen und dem kindlichen Kreislauf stattfindet und nach der Geburt durch das Stillen eine Ausscheidung von HCB aus dem Depot der Mutter über die Muttermilch zum Kind hin erfolgt (siehe Schema in Abb. 17). Dieser Weg der Abgabe ist bedeutend, weil die Fettmenge in der Muttermilch etwa 20-mal höher als im Vollblut und daher die HCB-Konzentration in der Muttermilch ebenfalls 20-mal höher ist. Darüber hinaus kommt es durch die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft und die Abnahme danach zu einem Verdünnungs- und darauffolgenden Konzentrierungseffekt, der speziell berücksichtigt werden muss, weil er nicht im gleichen Ausmaß den Fettanteil betrifft.

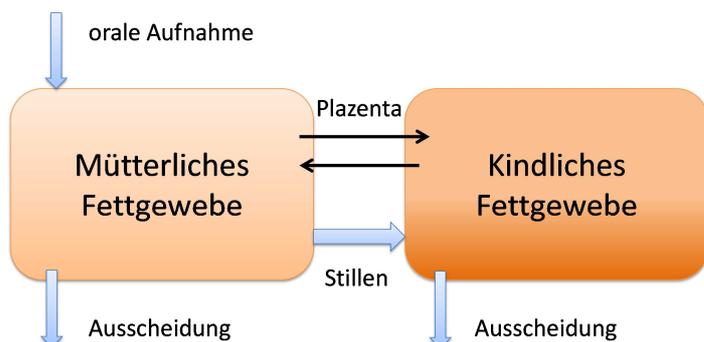


Abb. 17: Schema der Aufnahme und Abgabe von HCB für Mutter und Kind während der Schwangerschaft und der Stillperiode

Das Modell muss also wegen der engen Verknüpfung zwischen Mutter und Kind erweitert werden. Abb. 18 zeigt das schematisch für die Stillperiode.

Die Milchaufnahme des Säuglings während der Periode des exklusiven Stillens wurde anhand der Daten von Salmenpera et al. (1985) bezogen auf Alter und Gewicht des Säuglings (Arcus-Arth et al. 2005) berechnet. Für Zeiten teilweisen Stillens wurden hinsichtlich der Milchaufnahme die Angaben von Kent et al. (1999) benutzt. Der Fettanteil der Muttermilch wurde auf Basis der Daten von Bitman et al. (1983) und Arcus-Arth et al. (2005) berechnet.

Um die Berechnung durchzuführen, sind verschiedene Basisdaten relevant. Das sind:

- Alter der Mutter bei Beginn der Schwangerschaft
- Körpergewicht der Mutter zu Beginn der Schwangerschaft, nach der Geburt und zum Zeitpunkt der Messungen der HCB-Konzentration (falls solche vorliegen) im Blut und in der Muttermilch
- Gewichtszunahme während der Schwangerschaft
- Schwangerschaftsdauer
- Geschlecht und Geburtsgewicht des Kindes
- Körpergewicht des Kindes zum Zeitpunkt der Messung und Alter des Kindes bei der Messung
- Dauer des Vollstillens und Gesamtdauer des Stillens

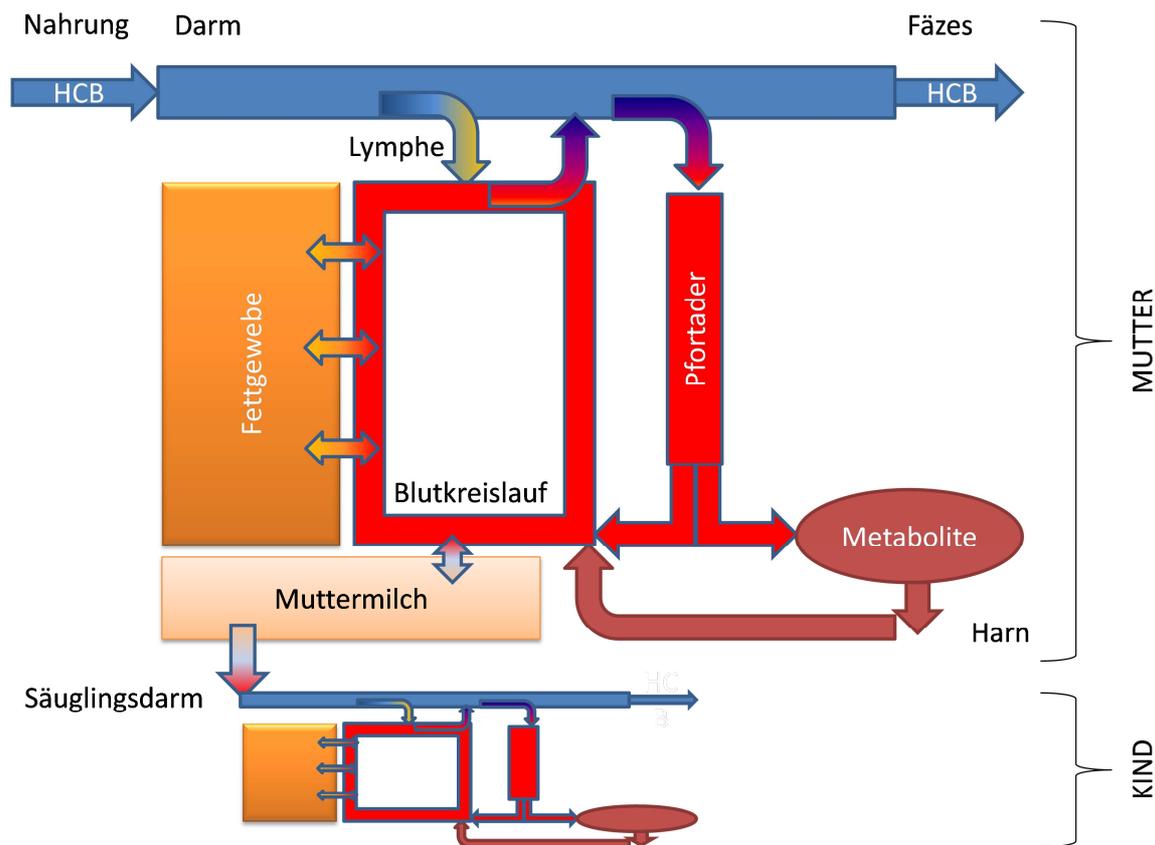


Abb. 18: Schema der Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von HCB für die Mutter und das Kind während der Stillperiode

Für die Zu- und Abnahme der Fettmasse im Körper der Mutter wurde angenommen, dass 75% der Nettogewichtszunahme (d.h. Gewichtszunahme während der Schwangerschaft minus Geburtsgewicht des Kindes minus 5,8 kg, siehe ICRP 2002) auf den Zuwachs an Fettgewebe zurückgeht. Für die Zeit nach der Geburt wurde angenommen, dass die gesamte Gewichtsänderung (falls eine vorhanden ist) auf die Fettmasse zurückgeht (Butte et al. 2003).

Für die Berechnung der Gesamtfettmasse der Mutter wurde daher nicht der übliche altersentsprechende Anteil am Körpergewicht herangezogen, sondern dieser vermehrt um den Anstiegsfaktor der Expansion des Fettvolumens während der Schwangerschaft und reduziert um den Verlust an Fettmasse nach der Schwangerschaft.

Für die Konzentration von HCB in der Muttermilch wurde ebenso wie für den gesamten Körper angenommen, dass diese sich bezogen auf den Fettanteil im Äquilibrium mit der Konzentration im Körperfett befindet.

Die erweiterte Differenzialgleichung für die Mutter und jene für das Kind wurden folgendermaßen formuliert (dabei bezeichnet der Index m die Mutter und k das Kind bzw. den Fötus).

Die Transferfunktionen erhalten den Wert 0, wenn der jeweilige Transfer (Mutter-Fötus, Fötus-Mutter, Mutter-Säugling) nicht mehr auftritt.

$$dA_m^*(t) = dA_m(t) + \beta_{km} \cdot C_k(t)dt - \beta_{mk} \cdot C_m(t)dt - mv(t) \cdot ml(t) \cdot C_m(t)dt$$

$$dA_k^*(t) = dA_k(t) - \beta_{km} \cdot C_k(t)dt + \beta_{mk} \cdot C_m(t)dt$$

Dabei bezeichnen β_{mk} und β_{km} die Transferkonstanten für den plazentaren Austausch zwischen Mutter und Kind, die als Verhältnis der Plasmafettkonzentrationen der Mutter und des Fötus bestimmt wurden. Diese Koeffizienten sind nach der Geburt (und vor der Konzeption) auf null gesetzt. Die Variablen $mv(t)$ und $ml(t)$ bezeichnen die Milchmenge und den Fettanteil der Milch. dA_m und dA_k entsprechen dem weiter oben dargestellten Differenzial für Mutter und Kind. Dabei ist beim Kind zu berücksichtigen, dass die orale Aufnahme und fäkale Ausscheidung während der Schwangerschaft Null gesetzt werden und nach der Schwangerschaft während des Stillens die orale Aufnahme vollständig oder teilweise (in der Phase des partiellen Stillens) aus der Muttermilch erfolgt und daher dem letzten Term in der Differenzialgleichung für die Mutter entspricht.

Die Schätzung der oralen Aufnahme der Mutter und während des partiellen Stillens auch des Kindes erfolgt analog dem oben dargestellten Ablauf für den Normalfall. Dabei wurde angenommen, dass beim Zufüttern das Kind nur die halbe Menge HCB pro kg Körpergewicht aufnimmt wie die Mutter. Im Unterschied zur Vorgangsweise im Normalfall wurde die Iteration so lange durchgeführt, bis die Messwerte der Mutter, des Kindes und der Muttermilch (falls solche vorliegen) alle weniger als 10% vom Rechenwert abweichen. Generell wurde davon ausgegangen, dass eine erhöhte orale Aufnahme von HCB durch die Mutter von Juli 2013 bis November 2014 erfolgt sein kann. Je nach Zeitpunkt der Geburt kann diese Aufnahme während Schwangerschaft und Stillen stattgefunden haben. Für die Zeit vor Juli 2013 wurde angenommen, dass die Mutter die der österreichischen Bevölkerung entsprechende durchschnittliche HCB-Konzentration im Körper aufwies.

Ein Beispiel für eine solche Berechnung zeigt Abb. 19.

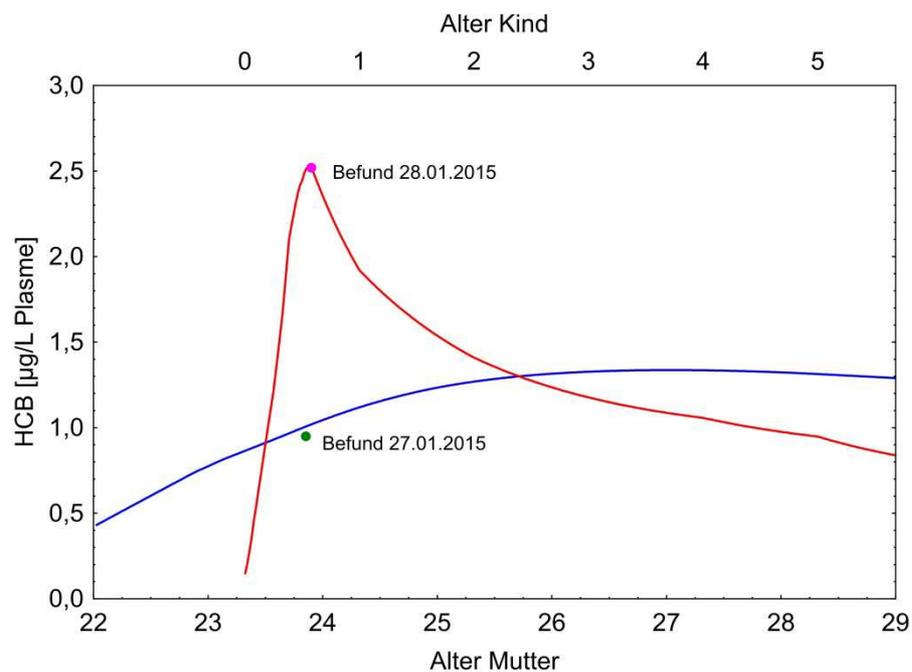


Abb. 19: Beispiel für die Berechnung des Verlaufs der HCB-Konzentration im Plasma von Mutter (blaue Linie) und Säugling (rote Linie). Die Messwerte sind als Punkte dargestellt. Die Konzentration von HCB in der Muttermilch war 8 µg/L Muttermilch, die in der Berechnung exakt erreicht wurde.

8 Literatur

- AGES (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) (2008) Ausarbeiten von Risiko-Management-Optionen zur Minimierung der HCB-Belastung von österreichischem Ölkürbis (*Cucurbita pepo* L. subsp. *pepo* var. *styriaca* Greb.) November 2008
- AGES (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) (2014) Risikobewertung zur HCB Belastung in Lebensmitteln im Görtschitztal - Datenlage 27. März bis 10. Dezember 2014. 12.12.2014
- Arcus-Arth A, Krowech G, Zeise L (2005) Breast milk and lipid intake distributions for assessing cumulative exposure and risk. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 15:357–365
- Bergonzi R, De Palma G, Tomasi C, Ricossa MC, Apostoli P (2009) Evaluation of different methods to determine total serum lipids for normalization of circulating organochlorine compounds. *Int Arch Occup Environ Health* 82:1241-1247
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2015) Risikokommunikation am BfR. http://www.bfr.bund.de/de/risikokommunikation_am_bfr-1798.html
- Bitman J, Wood L, Hamosh M, Hamosh P, Mehta NR (1983) Comparison of the lipid composition of breast milk from mothers of term and preterm infants. *Am J Clin Nutr* 38:300–312
- Bu Q, MacLeod M, Wong F, Toms LM, Mueller JF, Yu G (2015). Historical intake and elimination of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides by the Australian population reconstructed from biomonitoring data. *Environ Int* 74:82-88
- Butte NF, Ellis KJ, Wong WW, Hopkinson JM, Smith EO (2003) Composition of gestational weight gain impacts maternal fat retention and infant birth weight. *Am J Obstet Gynecol* 189(5):1423–1432
- EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) (2012) Wenn sich beim Essen etwas zusammenbraut. Bewährte Rezepte für die Risikokommunikation. http://www.efsa.europa.eu/de/corporate/doc/riskcommguidelines_de.pdf
- Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE (1982) Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 35(5 suppl):1169–1175
- Gascon M, Vrijheid M, Garí M, Fort M, Grimalt JO, Martinez D, Torrent M, Guxens M, Sunyer J (2015) Temporal trends in concentrations and total serum burdens of organochlorine compounds from birth until adolescence and the role of breastfeeding. *Environ Int* 74:144-151
- Gobas FAPC, Zhang X, Wells R (1993) Gastrointestinal magnification: The mechanism of biomagnification and food chain accumulation of organic chemicals. *Environ. Sci. Technol* 27:2855–2863
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (2002) Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. Publication 89. Oxford, UK:ICRP
- Jardine CG, Hrudef SE (1997) Mixed messages in risk communication. *Risk Analysis* 17:489-498
- Kent JC, Mitoulas L, Cox DB, Owens RA, Hartmann PE (1999) Breast volume and milk production during extended lactation in women. *Exp Physiol* 84:435–447

- Koss G, Koransky W (1975) Studies on the toxicology of hexachlorobenzene: I. Pharmacokinetics. Arch Toxicol 34:203-212
- MUW (Medizinische Universität Wien) Institut für Umwelthygiene (2014a) Risikobewertung zur HCB Belastung in der Atemluft im Görtschitztal. 16.12.2014
- MUW (Medizinische Universität Wien) Institut für Umwelthygiene (2014b) Ergänzung der Risikobewertung zur HCB Belastung in der Atemluft im Görtschitztal mit Bezug auf die Ergebnisse der Messung von HCB in Fichtennadeln 29.12.2014
- Phillips DL, Pirkle JL, Burse VW, Bernert JT Jr, Henderson LO, Needham LL (1989) Chlorinated hydrocarbon levels in human serum: effects of fasting and feeding. Arch Environ Contam Toxicol 18:495-500
- Ruff FM (1993) Risikokommunikation als Aufgabe für die Umweltmedizin. In: Aurand K, Hazard BP, Tretter F: Umweltbelastungen und Ängste. Westdeutscher Verlag, Opladen
- Salmenpera L, Perheentupa J, Siimes MA (1985) Exclusively breast-fed healthy infants grow slower than reference infants. Pediatr Res 19:307-312
- Schettgen T, Gube M, Esser A, Alt A, Kraus T (2012) Aktuelle Daten zur Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung mit Hexachlorbenzol und p,p'-DDE. In: Dokumentationsband zur 52. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin (DGAUM) in Göttingen.
- Schettgen T, Alt A, Esser A, Kraus T (2015) Current data on the background burden to the persistent organochlorine pollutants HCB, p,p'-DDE as well as PCB 138, PCB 153 and PCB 180 in plasma of the general population in Germany. Int J Hyg Env Health (in press)
- Schlummer M, Moser GA, McLachlan MS (1998) Digestive tract absorption of PCDD/Fs, PCBs, and HCB in humans: Mass balances and mechanistic considerations. Toxicol Appl Pharmacol 152:128-137
- To-Figueras J, Barrot C, Sala M, Otero R, Silva M, Ozalla MD, Herrero C, Corbella J, Grimalt J, Sunyer J (2000) Excretion of hexachlorobenzene and metabolites in feces in a highly exposed human population. Environ Health Perspect 108:595-598
- To-Figueras J, Sala M, Otero R, Barrot C, Santiago-Silva M, Rodamilans M, Herrero C, Grimalt J, Sunyer J (1997) Metabolism of hexachlorobenzene in humans: association between serum levels and urinary metabolites in a highly exposed population. Environ Health Perspect 105:78-83
- UBA (Umweltbundesamt) Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1999) Statusbericht zur Hintergrundbelastung mit Organochlorverbindungen in Humanblut. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 42:446-448
- UBA (Umweltbundesamt) Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2003) Aktualisierung der Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, β -HCH und DDE im Vollblut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46:161-168
- UBA (Umweltbundesamt) Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2009) Neue und aktualisierte Referenzwerte für Organo-chlorverbindungen (PCB 138, PCB 153, PCB 180, HCB, β -HCH und DDE) im Vollblut von Kindern in Deutschland. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 52:973-976
- Verner MA, Sonneborn D, Lancz K, Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Kocan A, Palkovicová L, Trnovec T, Haddad S, Hertz-Picciotto I, Eggesbø M (2013) Toxicokinetic modeling

of persistent organic pollutant levels in blood from birth to 45 months of age in longitudinal birth cohort studies. Environ Health Perspect 121:131-137

WHO (World Health Organization) Working Group on the Growth Reference Protocol (1998) A growth curve for the 21st century: The WHO multicentre growth reference study (protocol). Geneva: World Health Organization

WHO (World Health Organization) (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation (WHO Technical Report Series 894)

Wissenschaftliche Tabellen Geigy (1985) Somatometrie, Biochemie und Statistik. Basel, Ciba-Geigy AG

Yang RSH, Pittman KA, Rourke DR, Stein VB (1978) Pharmacokinetics and metabolism of hexachlorobenzene in the rat and the Rhesus monkey. J Agric Food Chem 26:1076-1083