

Der Störfall der Hoechst AG vom 22. Februar 1993 – Vitalstatus und Mortalität 1993-2008

Heudorf U*, Cholmakow-Bodechtel C**, Bendelack T**, Blettner M***

Im Jahre 1993 ereignete sich in Frankfurt am Main einer der schwersten Chemie-Störfälle in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland. Über den Störfall und die Ergebnisse zu akuten und subakuten Gesundheitsfolgen war mehrfach im Hessischen Ärzteblatt berichtet worden (1-5). Nachfolgend soll über die vor kurzem abgeschlossene Vitalstatuserhebung und Mortalitätsanalyse 1993-2008 berichtet werden. Der ausführliche Bericht kann im Internet eingesehen oder im Amt für Gesundheit der Stadt Frankfurt am Main bestellt werden (6).

Der Störfall – kurzer Rückblick

In Folge einer Reihe von Bedienungsfehlern im Werk Griesheim der Hoechst AG wurden bei der Synthese von o-Nitroanisol aus o-Nitrochlorbenzol am 22. Februar 1993 etwa 11,8 Tonnen eines chemischen Gemischs von zunächst unbekannter Zusammensetzung freigesetzt (vorwiegend Nitroaromaten und verschiedene Azoverbindungen; Hauptkontaminant o-Nitroanisol). Ein Teil dieses Gemischs schlug sich in einigen Straßen eines nahegelegenen Wohngebiets mit etwa 2.000 Bewohnern nieder (Abb. 1: Folgende Straßen sind in dem Expositionskegel vorhanden: Am Börnchen, Bruno-Stürmer-Straße, Ferdinand-Dirichs-Weg, Harthweg, Henriette-Fürth-Straße, Im Hirschländchen, Rheinlandstraße, Sauerackerweg).

Umfassende Sanierungsarbeiten – Reinigung glatter Oberflächen wie Fenster, Austausch des Spielsandes in Sandkästen, Abtragung der oberflächlichen Bodenschichten in den betroffenen Kleingärten, Rückschneiden von Bäumen und Büschen,

Bodenmessungen vor Beginn der Sanierung (22. – 25. 2. 1993)
Meßwerte von o-Nitroanisol in Milligramm pro Quadratmeter

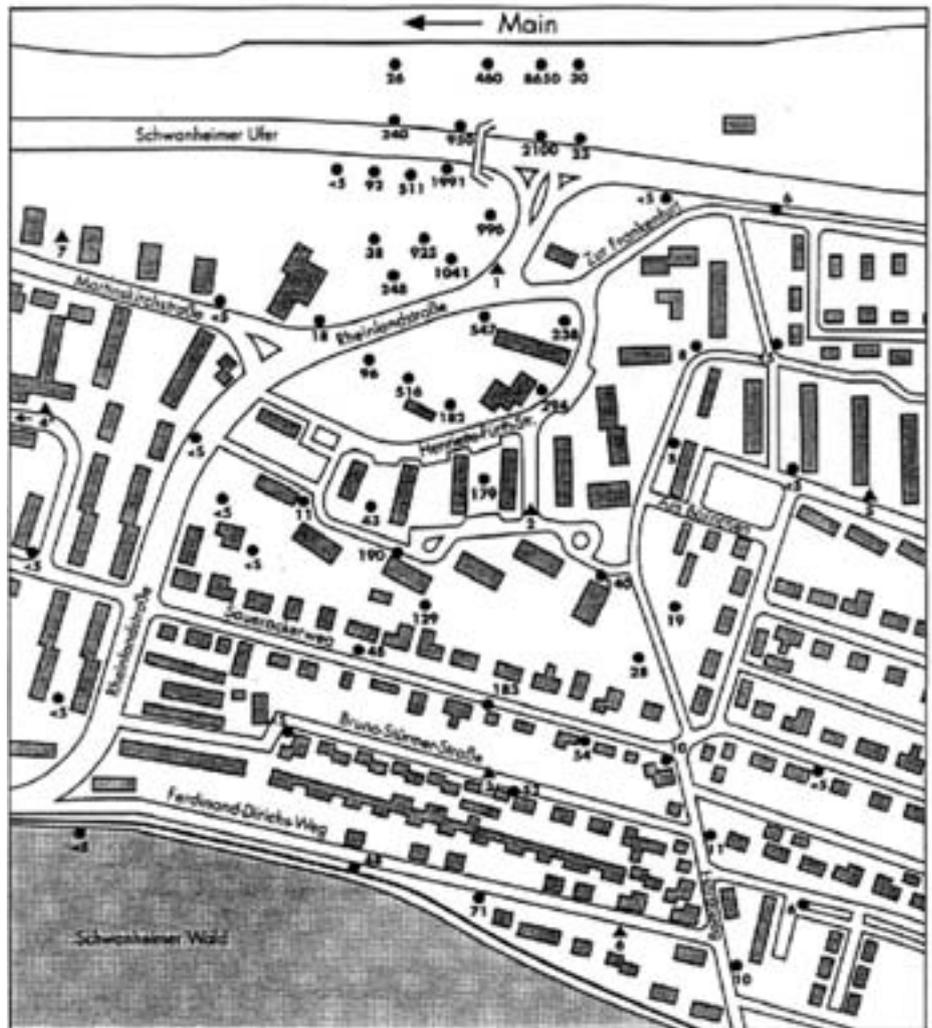


Abb. 1: Bodenbelastungen in Schwanheim nach dem Störfall der Höchst AG vom 22.2.1993 – „Kegel“

Waschen der Hausdächer, Sandstrahlen der Gehwege und Abtragen der obersten Schicht der Straße – waren innerhalb von vier Wochen abgeschlossen (2, 7).

Dokumentation von akuten und subakuten Symptomen nach dem Störfall

In den ersten Wochen nach dem Störfall gingen **Ärzte-Meldungen über gesund-**

heitliche Störungen bei 83 Erwachsenen und 15 Kindern im Zusammenhang mit dem Störfall ein: bei Erwachsenen waren vornehmlich Reizungen der Nase und des Rachens, der Augen und Haut sowie Kopfschmerzen beobachtet worden, während bei Kindern Übelkeit/Erbrechen und Hautreizungen eher im Vordergrund standen. Alle Symptome waren rasch wieder abgeklungen (3, 8). Die in der Literatur be-

* Amt für Gesundheit der Stadt Frankfurt am Main

** TNS Healthcare GmbH, München

*** IMBEI, Universitätsmedizin, Mainz

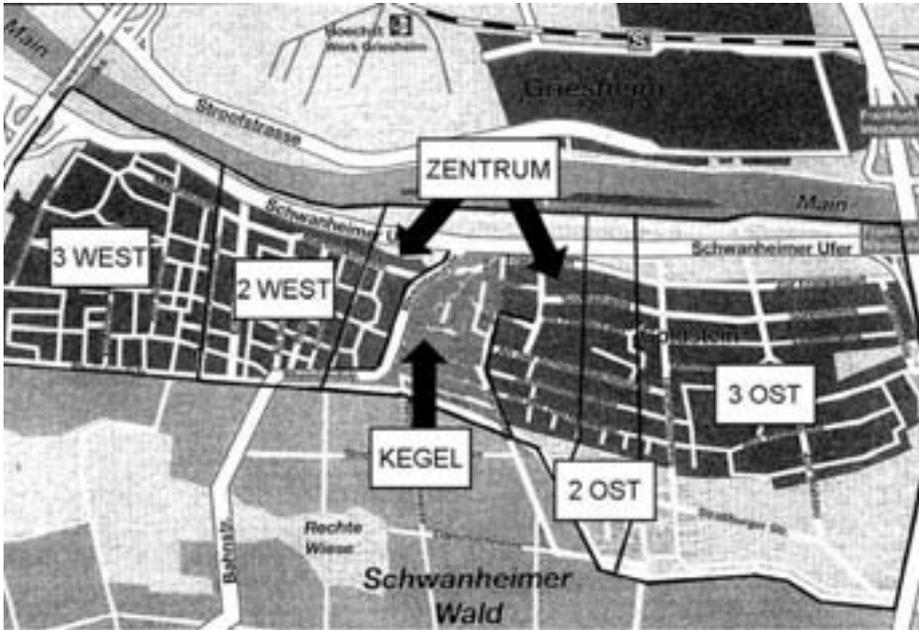


Abb. 2: Einteilung der Studienpopulation nach Wohngebieten ("Zonen")

Quelle: Eigene Bearbeitung nach BIPS, Expositionsregister (Anlage 1 Karte und Straßenverzeichnis des Erhebungsgebietes)

schriebenen substanzspezifischeren Wirkungen wie neurotoxische und kardiale und insbesondere hämatologische Symptome wie Methämoglobinämie wurden nicht beobachtet (1). Zwischen 1993 und 2001 wurden zusammen mit der Landesärztekammer Hessen vier standardisierte Umfragen bei mehreren Hundert niedergelassenen Ärzten in Frankfurt durchgeführt (5, 8).

Dabei wurden die akuten und subakuten Symptome bestätigt, aber keine klaren Hinweise auf Langzeitfolgen angegeben.

Die 1994/5 durchgeführten **Untersuchungen von Kindern aus Schwanheim auf Symptome der Haut und der Atemwege** ergaben nach Zusammenfassung der Gutachter folgende wesentliche Ergebnisse:

„Es wurden keine Hinweise auf schwere Erkrankungen gefunden. Milde Formen der atopischen Dermatitis wurden bei den 6-12 Jahre alten Kindern, nicht jedoch bei den Kindern unter 6 Jahren etwas häufiger gefunden. Es gibt Hinweise, dass Symptome des asthmatischen Komplexes etwas häufiger aufgetreten sind“. Der Verdacht auf vermehrte Häufigkeit von asthmatischen Symptomen und atopischer Dermatitis wurde in den schulärztlichen Einschulungsuntersuchungen retro- und prospektiv für die Jahre 1991-1998 überprüft. Insgesamt wurde kein statistisch abgesicherter Hinweis auf eine höhere Erkrankungsrate an Asthma und Ekzem bei den Schwanheimer Kindern im Vergleich zu den Gleichaltrigen aus Frankfurt erhalten (4).

Ein Teil der freigesetzten Substanzen sind als krebserregende im Tierversuch eingestuft (9-11), weshalb beschlossen wurde, Untersuchung zur Krebsinzidenz bei den Exponierten durchzuführen. Angesichts der noch nicht ausreichenden Vollständigkeit des Hessischen Krebsregisters konnte der für 2003, also zehn Jahre nach dem Störfall vorgesehene Abgleich zwischen Expositionsregister und Krebsregister nicht vorgenommen werden. Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, eine Vitalstatusrecherche und Mortalitätsanalyse durchführen zu lassen. Nach Ausschreibung wurde TNS Healthcare GmbH mit der Untersuchung beauftragt.

Vitalstatusrecherche und Mortalitätsanalyse 1993-2008

Für alle Personen, die laut Melderegisterauskunft zum Zeitpunkt des Störfalls in den Stadtgebieten Schwanheim und Goldstein (Abb. 2) als „wohnhaft“ gemeldet waren (Studienpopulation), wurde in den Jahren 2008/9 der Vitalstatus und für die Verstorbenen der Zeitpunkt des Todes

Tabelle 1: Ergebnisse der Vitalstatuserhebung in der Studienpopulation

Fallzahl			20.170	100 %
Lebend			16.278	80,7 %
Verstorben ermittelt			3.200	15,9 %
verstorben, Todesursache liegt vor	3.111	15,4 %		
verstorben, ohne bekannte Todesursache	43	0,2 %		
verstorben im Ausland	46	0,2 %		
Vitalstatus nicht ermittelbar			692	3,4 %
ins Ausland verzogen	452	2,2 %		
unbekannt verzogen	210	1,0 %		
abgemeldet von Amts wegen, ohne festen Wohnsitz, Identität nicht eindeutig, Auskunftssperre, etc.	30	0,0 %		
Gesamt			20.170	100 %

Tabelle 2: Altersstandardisierte Todesursachenstatistik der häufigsten Todesursachen sowie ausgewählter Krebstodesursachen in der Studienpopulation im Vergleich zur Standardbevölkerung Hessen

Todesursache (kategorisiert)	Studienpopulation (N=3.200)	Standardbevölkerung Hessen 1987 (N=59.137)
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	40,8 %	41,2 %
Bösartige Neubildungen	25,6 %	25,8 %
Übrige und keine Angabe	33,6 %	33,0 %
Einzelne bösartige Neubildungen im einzelnen:		
C34: Bösartige Neubildungen der Bronchien und Lunge	5,03 %	4,78 %
C18: Bösartige Neubildungen des Dickdarms	1,84 %	2,28 %
C20: Bösartige Neubildungen des Rektum	0,95 %	0,87 %
C67: Bösartige Neubildungen der Harnblase	0,72 %	0,60 %
C71: Bösartige Neubildungen der ZNS	0,49 %	0,64 %
C64: Bösartige Neubildungen der Niere	0,52 %	0,58 %

und die Todesursache ermittelt und mit dem statistischen Modell der Cox-Regression der Zusammenhang zwischen Exposition und Sterblichkeit unter Berücksichtigung der wichtigsten Einflussgrößen Alter und Geschlecht untersucht.

Insgesamt waren 20.170 Personen im Datensatz enthalten, darunter 8.068 Personen, die ohne Unterbrechung unter derselben Adresse gemeldet waren, 4.926 Personen waren innerhalb Frankfurts umgezogen, 4.524 Personen waren von Frankfurt weggezogen und 2.648 Personen waren mittlerweile in Frankfurt verstorben. Für die Vitalstaterhebung der aus Frankfurt Verzogenen wurden Melderegisteranfragen zur Ermittlung der letzten bekannten Wohnadresse bei den Einwohnermeldeämtern eingereicht und dieser Vorgang so oft wiederholt, bis der Vitalstatus aller Personen als lebend, verstorben oder nicht weiter ermittelbar abschließend dokumentiert war. Dabei wurden in insgesamt sieben Erhebungswellen 5.908 Melderegisteranfragen bei bundesweit 1.144 Ämtern gestellt (Rückfragen und Wiederholungsanfragen nicht eingerechnet).

Die Vitalstaterhebung wurde erfolgreich abgeschlossen; für weniger als 3,4 % der Studienpopulation konnten keine genauen Angaben gefunden werden. Dieser Prozentsatz liegt deutlich besser als die für Follow-up Studien geforderten maximal 5 % „Lost to follow up“ (Tab. 1).

Zur Ermittlung der genauen Todesursache der 3.200 Verstorbenen wurden insgesamt 274 Gesundheitsämter um Auskunft der Todesursachen gebeten, teilweise mit

mehrfachem Nachfragen. Die Todesursachen lagen in drei unterschiedlichen Formen vor, die für die Datenanalyse einheitlich auf die WHO-Klassifikation ICD 10 gebracht werden mussten: Die Diagnosen in Klartextform wurden an das Statistische Landesamt des Freistaates Sachsen geschickt und vom dortigen Personal vercodet. Waren die Todesursachen nach dem alten Standard ICD 9 vercodet, wurden sie mit Hilfe eines Umsetzungsprogramms in die neuere Version ICD 10 transformiert. Diagnosen, die bereits den ICD 10-Code aufwiesen, wurden so übernommen.

Die offizielle Todesursachenstatistik (12) für Deutschland im Jahr 2005 diente als Anhaltspunkt für die Bildung von drei Kategorien, unter denen sich alle Todesursachen subsumieren lassen, nämlich: Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems, einschl. Myocardinfarkt (I00-I99), bösartige Neubildungen insgesamt (C00-C97) und restliche Todesursachen (Tab. 2).

Die Krebssterblichkeit wurde weiter differenziert, um auch die Sterblichkeit an Krebserkrankungen bestimmter Organe darstellen zu können. Einige der bei dem

Störfall freigesetzten Verbindungen hatten sich im Tierversuch als karzinogen erwiesen (9, 10). Aufgrund einer entsprechenden Stellungnahme des Gutachters im Jahr 1996 in Bezug auf die ausgetretenen Schadstoffe (11) wurde festgelegt, die bösartigen Neubildungen zu differenzieren und in die Todesursachenanalyse aufzunehmen. Um einen besseren Vergleich der Kohortensterblichkeit der Studienpopulation mit der altersstandardisierten Mortalität der Bevölkerung Hessens zu erzielen, wurden die Studiendaten hinsichtlich der Alters- und Geschlechterverteilung gewichtet (Tab. 2).

Altersstandardisierte allgemeine Sterblichkeit und Krebssterblichkeit gut vergleichbar mit den Daten der Hessischen Bevölkerung

Tabelle 2 zeigt, dass sich die prozentualen Anteile der Todesursachen nur wenig von denen der Standardbevölkerung Hessens unterscheiden. Der Anteil der Herz-Kreislauftoten in der Studienpopulation liegt um 0,4 Prozentpunkte unter dem der Standardbevölkerung Hessen (13) und der der Krebstoten um 0,2 Prozentpunkte niedriger. Auch die prozentualen Anteile der To-

desursachen durch bösartige Erkrankungen wichen für alle ICD Positionen in der Größenordnung nur geringfügig voneinander ab. Sie liegen im Bereich von 0,06 Prozentpunkten für C 64 (Bösartige Neubildungen der Niere) bis 0,44 Prozentpunkte für C18 (Bösartige Neubildungen des Dickdarms).

Kein Hinweis auf höhere Sterblichkeit oder höhere Krebssterblichkeit bis zu 15 Jahre nach dem Störfall

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob Menschen, die zum Zeitpunkt des Störfalls in dem Gebiet wohnten, welches offensichtlich dem gelben Regen ausgesetzt war, ein höheres Sterberisiko und insbesondere ein höheres Krebsrisiko aufweisen als Nicht-Exponierte. Da – mit Ausnahme der Humanbiomonitoringdaten von wenigen hundert Kindern (2, 14) – kein individuelles Expositionsmaß für die vom Störfall betroffene Bevölkerung vorliegt, wurde die relative Lage des Wohnorts zur Quelle der Exposition als Indikator für das Expositionsmaß verwendet. Hierfür wurde auf bestehende Einteilungen des Expositionsgebiets durch das Bremer Institut für Präventionsforschung

und Sozialmedizin (BIPS) in Zonen zurückgegriffen. Innerhalb einer Zone wurde eine einheitliche Exposition angenommen (Abb. 2).

Das mit „Kegel“ bezeichnete Gebiet war am stärksten durch den Störfallniederschlag betroffen. Nur in diesem Gebiet konnte die Kontamination durch Bodenproben messtechnisch bzw. analytisch nachgewiesen werden. Für die vorliegende Auswertung werden alle Personen (n=2.049) die zum Zeitpunkt des Störfalls mit einer Adresse in dem mit „Kegel“ bezeichneten Gebiet gemeldet waren, als exponiert gewertet. Das mit „Zentrum“ bezeichnete Gebiet ist als ein „Sicherheitsstreifen“ zu verstehen, der zu beiden Seiten an den Kegel angrenzt. Die Gebiete mit der Bezeichnung 2 West bzw. 2 Ost sind „Randzonen“, die als deutlich weniger belastet kategorisiert wurden. Für die weiteren Auswertungen werden die im Zentrum (n=3.525) und der Randzone (n=5.577) zum Zeitpunkt des Störfalls gemeldete Personen ebenfalls als exponiert definiert. Die Gebiete 3 West und 3 Ost werden als „Referenzzonen“ in der Auswertung herangezogen. Zum Zeitpunkt des Störfalls in diesem Gebiet gemeldete Personen (n=8.579) wurden als nicht exponiert definiert.

Die Auswertung erfolgte für 19.730 Personen, da 440 Personen mit Meldeadressen außerhalb des definierten Untersuchungsgebiets für diese Auswertungen nicht berücksichtigt werden konnten. In den einzelnen Gebieten wich die Altersstruktur teilweise von der der Referenzbevölkerung in Hessen ab. Um die Sterblichkeit zu vergleichen, musste deswegen eine Altersadjustierung vorgenommen werden.

Bei den Männern lag die altersangepasste Sterblichkeit in den exponierten Regionen

mit 13,6 % um 1,1 Prozentpunkte höher als in den nicht exponierten Regionen (12,5 %). Bei den Frauen lag die altersangepasste Sterblichkeit in den exponierten Regionen mit 13,5 % um 0,8 Prozentpunkte niedriger als die adjustierte Sterblichkeit bei nicht Exponierten (14,3 %). Zusammenfassend lässt sich für die exponierten Gebiete keine statistisch signifikant erhöhte Sterblichkeit feststellen.

Darüber hinaus wurde eine vergleichende Überlebensdaueranalyse der Exponierten und Nichtexponierten unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht mit Hilfe des Cox-Regressionsmodells gerechnet. Das Cox-Modell berechnet das Sterberisiko einer potentiell exponierten Personengruppe im Vergleich zu Personen mit Wohnort in nicht-exponierten Gebieten unter Berücksichtigung der Überlebenszeiten. Das Risiko wird als „Hazard Ratio“ (HR) ausgedrückt. Eine HR=1,0 bedeutet, dass das Sterberisiko einer potentiell exponierten Person genau gleich dem Risiko einer nicht-exponierten Person ist. HR=1,5 bedeutet, dass das Risiko einer potentiell exponierten Person um das 1,5-fache höher ist als das einer nicht-exponierten Person.

Für jede Person wird die Überlebenszeit beobachtet. Für diejenigen, die am Ende des Beobachtungszeitraums als „lebend“ recherchiert werden konnten, beträgt die Überlebenszeit (im Datensatz und bei Berechnungen auch als Risikozeit bezeichnet) exakt 15 Jahre. Für die Personen, die den Vitalstatus „Lost-to-Follow-Up“ haben, wurde für die Berechnung der Überlebenszeit die letzte Information des letzten bekannten Vitalstatus herangezogen. In das Modell konnten Datensätze von 3.031 Todesfällen übernommen werden. Bei dem Cox-Modell wird für Alter und Geschlecht kontrolliert, so dass geschlechts-

Tabelle 3: Ergebnisse der Cox-Regression: Gesamt- und Krebssterblichkeit sowie Sterblichkeit an definierten Krebserkrankungen in Zonen unterschiedlicher Exposition unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht

Tumorart	N	Hazard Ratio (Kegel) mit 95 % CL	Hazard Ratio (Zentrum) mit 95 % CL	Hazard Ratio (2 Ost/West) mit 95 % CL
Sterblichkeit gesamt	3.031	0,97 (0,86-1,10)	1,14 (1,03-1,25)	1,14 (1,04-1,24)
Sterblichkeit Krebs	778	0,88 (0,68-1,13)	1,15 (0,96-1,39)	1,10 (0,93-1,32)
darunter				
Darmkrebs	87	1,12 (0,58-2,17)	0,65 (0,33-1,25)	1,05 (0,63-1,75)
Harnorgane	28	0,79 (0,18-3,56)	1,61 (0,63-4,16)	1,51 (0,61-3,74)
Leberkrebs	16	1,07 (0,23-5,06)	0,63 (0,14-2,99)	0,79 (0,21-2,99)
Nierenkrebs	16	0,73 (0,09-6,02)	2,49 (0,80-7,73)	0,99 (0,25-3,97)
Leukämie	33	0,34 (0,04-2,56)	1,75 (0,75-4,10)	1,60 (0,70-3,66)
Lunge/ Bronchien	153	0,94 (0,53-1,67)	1,18 (0,77-1,81)	1,28 (0,87-1,88)
ZNS	15	0,98 (0,21-4,51)	0,56 (0,12-2,58)	0,43 (0,09-2,01)

und altersspezifische Unterschiede in den Regionen keinen Einfluss auf das Ergebnis haben können. Die Hazard-Ratios für die Gesamtsterblichkeit, die Krebssterblichkeit sowie die Sterblichkeit an ausgewählten Krebsformen sind in Tab. 3 zusammengefasst. Dargestellt sind die Hazard-Ratios in den Gebieten Kegel, Zentrum und Randzone im Vergleich mit der Referenzzone.

Die für Alter und Geschlecht adjustierten Ergebnisse der Cox-Regression zeigen im Vergleich zur Referenzzone 3 Ost/West für die Gesamtsterblichkeit im Kegel ein um 3 % leicht verringertes (statistisch nicht signifikant) und in den Regionen Zentrum und Randzone ein um ca. 13 % größeres (statistisch signifikant) Risiko zu versterben im Vergleich zur Referenzzone 3 Ost/West. Für die Krebssterblichkeit ergibt das

Cox-Modell im Kegel ein um 12,5 % geringeres, in den Zonen Zentrum und 2 Ost/West ein um 15,2 % bzw. 10,3 % höheres Risiko an Krebs zu versterben als in der Referenzzone 3 Ost/West (alle statistisch nicht signifikant).

Die Berechnungen der Cox-Modelle zeigen, dass es weder zwischen Gesamtsterblichkeit noch Krebssterblichkeit und potentiell exponiertem Wohnort zum Zeitpunkt des Störfall Hoechst einen eindeutigen signifikanten Zusammenhang gibt. Somit können keine statistisch gesicherten Unterschiede der Sterblichkeit bis 15 Jahre nach dem Störfall zwischen der Personengruppe, die zum Zeitpunkt des Störfalls in den potentiell exponierten Gebieten wohnten und derjenigen in den nicht-exponierten Gebieten festgestellt werden.

Wie geht es weiter?

Diese Ergebnisse bestätigen zunächst die Bewertungen der unmittelbar nach dem Störfall befragten Gutachter und der Expertengruppe, die angesichts der toxikologischen Stoffeigenschaften einiger der bei dem Chemiestörfall freigesetzten Substanzen zwar von einem höheren Krebsrisiko der Exponierten ausgingen, das allerdings angesichts der Höhe, des Umfangs und Dauer der Belastungen epidemiologisch nicht darstellbar sein würde. Mit der hier vorgelegten Mortalitätsanalyse ist jedoch gewissermaßen nur die „Spitze des Eisbergs“ zu erfassen. Insofern wird weiterhin das Ziel verfolgt, die Krebsinzidenzen zu untersuchen (4, 5) – durch Abgleich mit dem Hessischen Krebsregister, sobald die ausreichende Vollzähligkeit gegeben sein wird.

denzen zu untersuchen (4, 5) – durch Abgleich mit dem Hessischen Krebsregister, sobald die ausreichende Vollzähligkeit gegeben sein wird.

Literatur:

1. Schuckmann F, Mayer D: Der Störfall im Hoechst-Werk Griesheim. Toxikologische, arbeits- und umweltmedizinische Aspekte. *Hessisches Ärzteblatt* (1993) 54: 87-88.
2. Heudorf U, Peters M: Der Hoechst-Störfall vom Februar 1993. Ein Jahr danach. *Hessisches Ärzteblatt* (1994) 55: 77-78.
3. Hahn A, Michalak H, Wolksi M, Heinemeyer G: Bewertung der Gesundheitsstörungen nach dem Störfall der Hoechst AG auf der Basis der ärztlichen Mitteilungen bei Vergiftungen nach dem Chemikaliengesetz. *Hessisches Ärzteblatt* (1994) 55: 87-88.
4. Heudorf U, Meireis H, Peters M, Hahn A: Der Störfall der Hoechst AG vom 22. Februar 1993 – Vorliegende Erkenntnisse und weitere Planungen. *Hessisches Ärzteblatt* (2001) 62: 113-115.
5. Möhrle A, Peters M. Störfall der Hoechst AG vom Februar 1993: Umfrage bei den niedergelassenen Ärzten erbrachte keine Hinweise auf chronische Symptome und Erkrankungen. *Hessisches Ärzteblatt* (2001) 62: 448.
6. Cholmakow-Bodechtel C, Potthoff P, Bendelack T: Abschließende Gesundheitsuntersuchungen zum Störfall Hoechst von 1993. Amt für Gesundheit Frankfurt am Main (Hrsg). München Dezember 2009. http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Stoerfall_1993.pdf
7. Heudorf U, Peters M: Der Störfall in der Fa. Hoechst AG vom 22. Februar 1993. Ausmaß der Umweltbelastung und Sanierungsverlauf. *Das Gesundheitswesen* (1994) 56: 347-352.
8. Hahn A, Michalak H, Noack K, Heinemeyer G: Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen nach § 16 e Chemikaliengesetz (Zeitraum 1990-1995) Zweiter Bericht der Dokumentations- und Bewertungsstelle für Vergiftungen im Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin; Berlin 1996, S 44-45.
9. Heudorf U, Neumann H-G, Peters M: Der Störfall in der Fa. Hoechst AG vom 22. Februar 1993. 2. Gesundheitliche Bewertung. *Das Gesundheitswesen* (1994) 56: 405-410.
10. Neumann HG: Toxikologisches Gutachten zum Störfall der Hoechst AG vom 22. Februar 1993; 19. Oktober 1993 in Stadtgesundheitsamt: Der Störfall Hoechst AG vom 22. Februar 1993. Ein Jahr danach. Dokumentation, Frankfurt, Februar 1994; S. 53-66
11. Neumann HG: Gesundheitsuntersuchung Störfall Hoechst. In Stadtgesundheitsamt: Der Störfall Hoechst AG vom 22. Februar 1993; 22. Juli 1996 Expositionsregister des Bremer Instituts für Präventionsforschung und Sozialmedizin. Geschichte und aktueller Sachstand, Frankfurt, Februar 2001.
12. Quelle: Stat. Bundesamt, gesundheitsstatistiken@destatis.de
13. Als Quelle der Berechnungen wurde die alterstandardisierten Mortalitätsstatistiken des Statistischen Bundesamtes für Deutschland (www.destatis.de) verwendet.
14. Heudorf U, Peters M: Human-Biomonitoring nach einem schweren Chemiestörfall – Ergebnisse der Untersuchungen nach dem Störfall in der Hoechst AG vom 22. Februar 1993. *Das Gesundheitswesen* (1994) 56: 558-562.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Ursel Heudorf
 Amt für Gesundheit
 Breite Gasse 28, 60313 Frankfurt
 E-Mail: ursel.heudorf@stadt-frankfurt.de