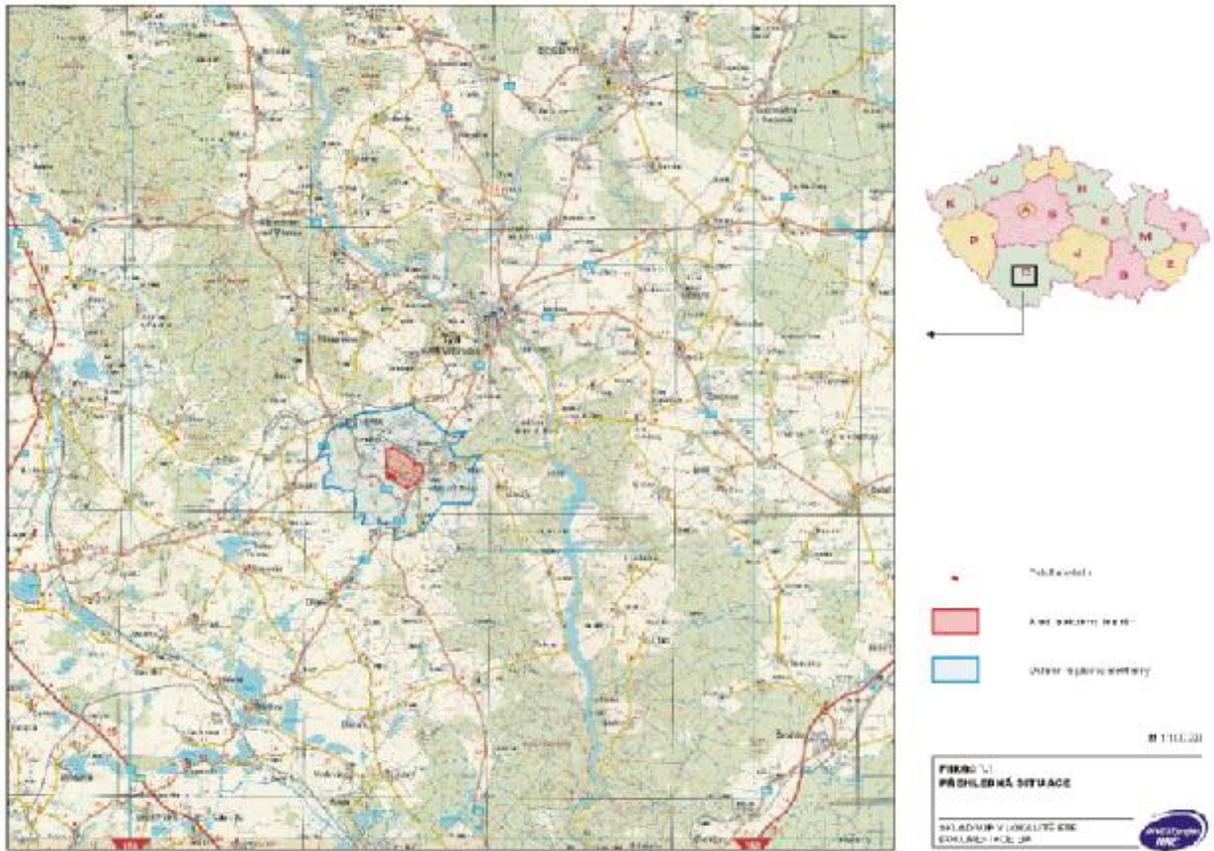


Karten und Situationsbeilagen:

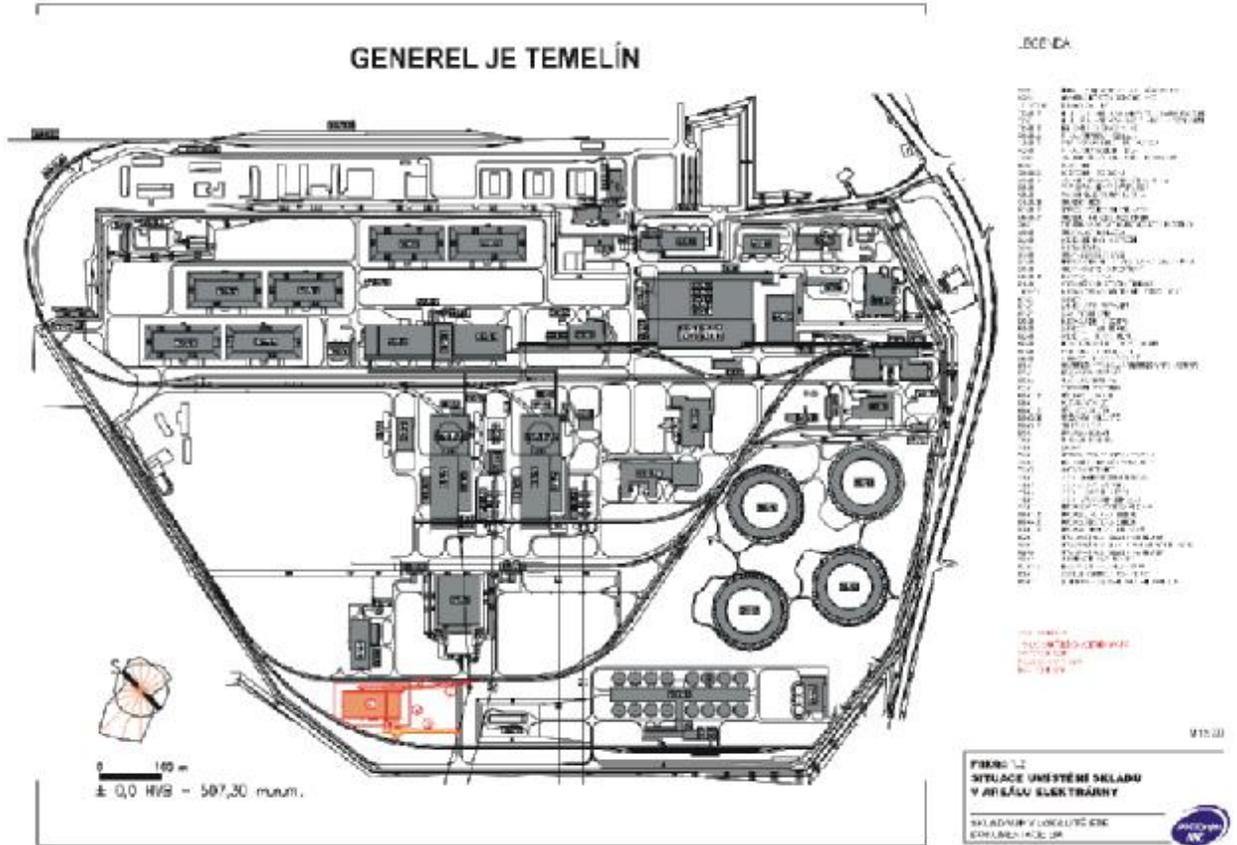
Beilage 1.1
ÜBERBLICKSSITUATION



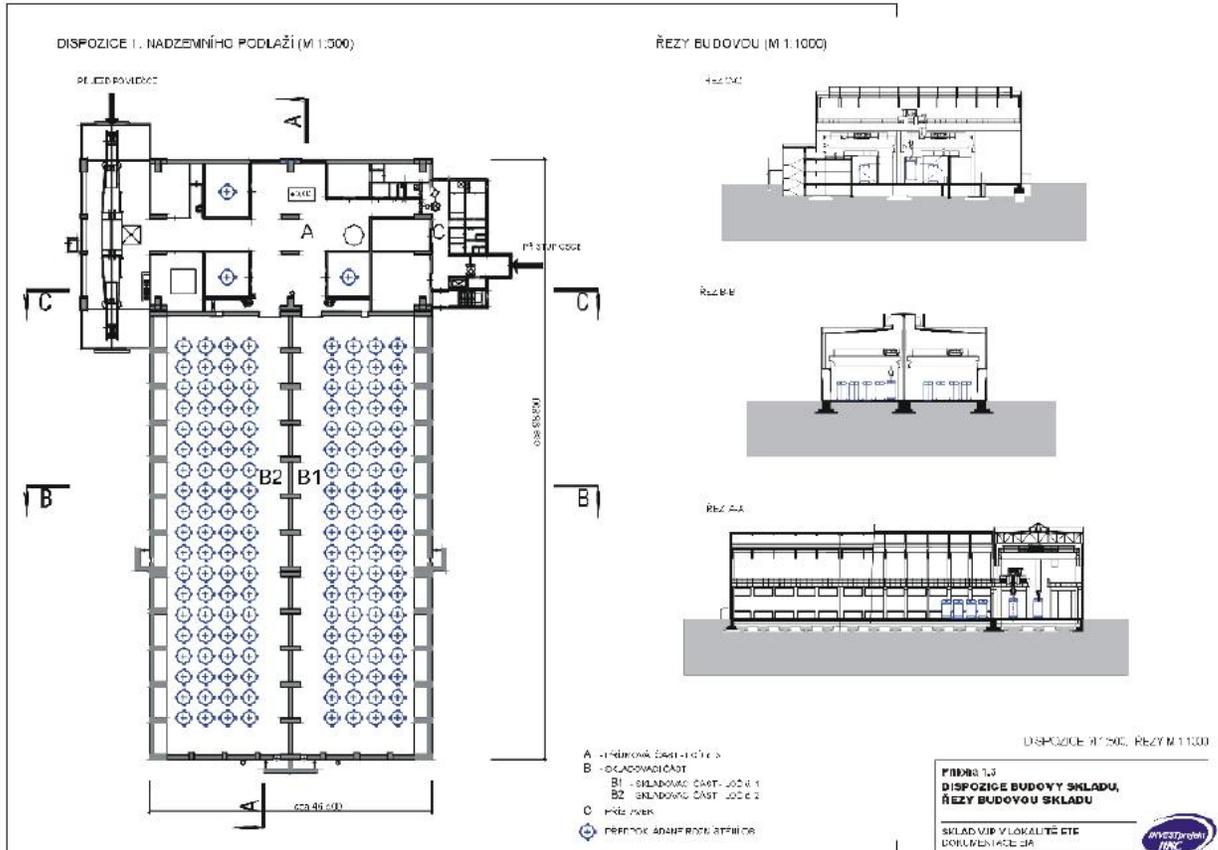
Zwischenlager für abgebrannten
Brennstoff am Standort des KKW Temelin

M 1:100 000

Beilage 1.2.
LAGE DES ZWILAG
IM AREAL DES KKW



Beilage 1.3
**DISPOSITION DER GEBÄUDE
 DES LAGERS,
 GEBÄUDEQUERSCHNITTE**



DISPOSITION DES 1. ÜBERIRDISCHEN GESCHOSSES (M 1:500)
GEBÄUDEQUERSCHNITTE

Gesundheitszustand der Bevölkerung

**Auftraggeber: INVESTprojekt NNC, GmbH
Špitálka 16, 602**

Gesundheitszustand der Bevölkerung in der Umgebung des KKW Temelin

**Autor: Prof. Dr. Jaroslav Kotulán, Csc
613 00 Brno, Zemědělská 24
IČO 440 71 671**

Brno, Jänner 2004

INHALT

EINLEITUNG

Statistische Vergleichsgruppen

Methodik

STERBLICHKEIT

AUFTRETEN BÖSARTIGER GESCHWÜRE

ANZEICHEN FÜR EINE STÖRUNG DER REPRODUKTIVEN GESUNDHEIT

AUSWIRKUNGEN AUF DIE PSYCHE

SCHLUSSFOLGERUNGEN

LITERATUR

EINLEITUNG

Ziel dieser Studie ist die Beschreibung des Gesundheitszustands der Bewohner der Umgebung des KKW und festzustellen, ob sich durch die Nähe zum KKW oder aus anderen Gründen der Gesundheitszustand bei einigen Indikatoren wesentlich vom Gesundheitszustand anderer vergleichbarer Gebiete bzw. von der gesamtstaatlichen Situation unterscheidet.

Datengrundlagen dazu sind die Ergebnisse des systematischen Monitorings des Gesundheitszustands der Bewohner im betrachteten Gebiet des KKW Temelin, durchgeführt vom Institut für Präventivmedizin der Medizinischen Fakultät der Masaryk-Universität in Brno. Das Monitoring ist auf die longitudinale Bewertung ausgesuchter Parameter des Gesundheitszustands der Bevölkerung vor Inbetriebnahme des KKW und dann die Bewertung eventueller Veränderungen der Gesundheit während des Betriebs ausgerichtet.

Das KKW Temelin könnte sich auf zwei Arten auf die Bevölkerung der Umgebung auswirken:

- a) durch die ionisierende Strahlung der Radionuklide, die über Luft – und Wasserleitungen in die Umwelt gelangen,
- b) Auswirkungen auf die Psyche der Menschen, durch Gefühle der Beunruhigung und geistigen Anspannung durch die Nähe des KKW und Befürchtungen vor möglichen negativen Auswirkungen und Risiken.

Während die Strahlung als die Ursache von Veränderungen nicht in Frage kommt, da die Radionuklidemissionen nur in „Spuren“ vorkommen und die Zeit seit Inbetriebnahme des KKW nur sehr kurz ist, kann psychischer Druck seit Baubeginn des KKW im Zusammenhang mit Ängsten vor negativen Auswirkungen vorkommen, systematisch genährt durch die Kampagnen der Atomgegner.

Da die direkte Untersuchung des Gesundheitszustands einer ausreichend großen Gruppe der Bevölkerung einer bestimmten Region und einer Vergleichsregion in einer Art, die brauchbare und zuverlässige Ergebnisse bringen würde zu teuer und praktisch kaum durchführbar wäre, wurden Gesundheitsdaten ausgewertet, die für große Bevölkerungsgruppen zur Verfügung stehen, und das auch rückwirkend aus den gesamtstaatlichen Datenbanken. Sie wurden so gewählt, dass sie die Gewinnung von relevanter Information über große Bevölkerungsgruppen aus den üblichen Statistiken ermöglichen (Volkszählung, Bevölkerungszahl, Evidenz der Todesfälle und Krankheiten). Daraus wurde die Sterblichkeit als Grundfaktor des Gesundheitszustands und teilweise auch der Faktor für die Herzgefäßerkrankungen (in etwa die Hälfte der Todesfälle), weiter das Auftreten neuer bösartiger Tumore und schließlich die Häufigkeit ausgewählter Anzeichen eines gestörten Reproduktionsprozesses (Zeugung von Kindern) verwendet.

Die psychologischen Folgen der Nähe des KKW Temelin wurden bei ausgewählten repräsentativen Gruppen aus der Nähe des KKW und in Kontrollgebieten untersucht.

Gruppen

Der Gesundheitszustand der Bevölkerung wurde einerseits in Gruppen aus den Gemeinden in der Nähe des KKW Temelin („exponiertes Gebiet“), andererseits bei Gruppen aus entfernteren Gemeinden („Kontrollgebiet“) bewertet.

Exponiertes Gebiet

a) das nähere exponierte Gebiet (E1) befindet sich im Umkreis der direkten und nahen Sichtbarkeit der Gemeinden. Es betrifft 5 Verwaltungsgemeinden (Dřítěň, Nákří, Temelín, Týn nad Vltavou und Všemyslice) mit insgesamt 25 zugehörigen Gemeinden und Siedlungen. Dort wohnen 11 310 Menschen.

b) das entferntere exponierte Gebiet (E2) befindet sich anschließend an den Umkreis des näheren exponierten Gebiets (E1) und reicht bis zu einer Entfernung von ca. 13 km ab dem KKW. Es betrifft 24 Verwaltungsgemeinden mit gesamt 48 zugehörigen Gemeinden und Siedlungen. Dort wohnen ca. 19 200 Menschen.

Kontrollgebiet

a) Kontrollgebiet Kreis České Budějovice (KB) ist die Menge der übrigen Gemeinden des Kreises České Budějovice (nicht in der Gruppe der exponierten Gebiete) ohne die Stadt České Budějovice und ihre dazugehörigen Gemeinden. Es handelt sich um 88 Verwaltungsgemeinden mit gesamt 148 zugehörigen Gemeinden und Siedlungen. Dort wohnen ca. 57 600 Menschen.

b) Kontrollgebiet Kreis Písek (KP) umfasst die übrigen Gemeinden des Kreises Písek (nicht in der Gruppe der exponierten Gebiete) ohne die Stadt Písek und ihre dazugehörigen Gemeinde. Sie besteht aus 70 Verwaltungsgemeinden mit gesamt 170 zugehörigen Gemeinden und Siedlungen. Dort wohnen ca. 34 500 Menschen.

Für einige sensibleren Vergleiche wurden die genannten Gebiete in Teilgebiete unterteilt. Das entferntere exponierte Gebiet (E2) unterteilt sich in zwei Bezirke: E2 (westlich) und E2V (östlich), das Kontrollgebiet České Budějovice (KB) in 5 Bezirke: KBA (Agglomeration, die Gemeinden bilden einen Zwischenring um České Budějovice, KBS (nördlich), KBZ (westlich), KBV (östlich) und KPJ (südlich).

Alle genannten Gebiete und Bezirke wurden unter Verwendung der Ergebnisse zweier Volkszählungen aus dem Jahre 1991 und 2001 gemacht, einschließlich genauer soziodemographischer Daten (Anzahl und Altersstruktur der Bevölkerung, Ausbildung, wirtschaftliche Aktivität und Pendler, Größe und Seehöhe der Gemeinden, Alter und Art der Häuser, Größe und Ausstattung der Wohnung).

Methodik

Für die einzelnen Gebiete und Bezirke und einzelnen Jahre wurden altersstandardisierte Durchschnitte für die einzelnen Indikatoren errechnet und mit den Ergebnissen der exponierten Gebiete und Kontrollgebiete verglichen. Es wurde der Unterschied zu den gesamtstaatlichen Durchschnitten ausgerechnet. Die festgestellten Differenzen wurden statistisch getestet und bei der Interpretation der Ergebnisse wurden nur die statistisch signifikanten Unterschiede verwendet.

Die Ergebnisse wurden einerseits im Querschnitt über die einzelnen Jahre, andererseits longitudinal in Entwicklungstrends bewertet und mit der Methode von dreijährigen Schwankungsdurchschnitten beschrieben.

STERBLICHKEIT

Die Sterblichkeit wird seit 1992 systematisch ausgewertet. Neben der Gesamtsterblichkeit (alle Todesursachen) wird vor allem die Sterblichkeit bei Herzgefäßerkrankungen und bösartigen Neugeschwüren getrennt geführt. Es handelt sich um die zwei häufigsten Todesursachen, wobei die erstere eine gewisse Verbindung zu Stress hat und die zweite mit ionisierender Strahlung etwas zu tun haben könnte. Neben den Gesamtwerten für alle Altersgruppen, wird die Sterblichkeit im produktiven Alter (20-64) gesondert bewertet, da sie in einigen Richtungen die Auswirkungen von Lebensumständen sensibler spiegelt als die Gesamtsterblichkeit, die auch ältere Altersgruppen umfasst. Auch der international empfohlene Wert „verlorene Jahre potentiellen Lebens“ (YPLL – Years of Potential Life Lost) und das für eine Altersgruppe von 1 – 64 Jahren wird verwendet. Das ist eine nach Alter standardisierte durchschnittliche Anzahl von Jahren, die einem Verstorbenen im jeweiligen Alter zur Erreichung des 65. Lebensjahr fehlten. Damit werden der frühzeitige Tod und damit auch die Lebensumstände genauer ausgedrückt. Alle Faktoren werden für Männer und Frauen nach Alter standardisiert gerechnet.

In Hinblick darauf, dass die Bevölkerungsgruppen in den Vergleichsgebieten in sozialen und kulturellen Bedingungen leben, die sich im Schnitt als nicht sehr unterschiedlich erweisen, weder untereinander noch im Vergleich zum Gesamtniveau der CR, wurden hier keine großen Unterschiede bei den beobachteten Gesundheitsindikatoren erwartet. Diese Annahme bestätigte sich. Der Großteil der gefundenen Durchschnittswerte bewegt sich in der Nähe des gesamtstaatlichen Durchschnitts und zeigt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gebieten auf. Dies gilt jedoch nicht für alle Resultate ohne Ausnahme. In einigen Bereichen existieren relevante Unterschiede.

Aus den umfassenden statistischen Unterlagen führen wir hier aus Platzgründen nur einige der bedeutenderen an.

A. Gesamtsterblichkeit (alle Altersgruppen) für 1992 bis 2000

Die wesentlichen Ergebnisse für diesen Zeitraum fasst Tabelle 1 zusammen. Die standardisierte Sterblichkeit wird durch den internationalen Indikator SMR (Standardized Mortality Ratio) angezeigt, der den prozentuellen Sterblichkeitsindikator in einem Gebiet

in Bezug zum Standard hat (in diesem Fall zur gesamtstaatlichen Sterblichkeit im selben Zeitraum). SMG = 100 bedeutet somit, dass die Sterblichkeit eines bestimmten Gebiets dieselbe wie im gesamtstaatlichen Durchschnitt ist, SMG = 120 ist um 20% höher, SMG = 80 ist um 20 % niedriger.

Tabelle 1: Zusammenfassende Indikatoren der Gesamtsterblichkeit, Sterblichkeit an Herzgefäßerkrankungen, weiter das Auftreten neuer bösartiger Neubildungen im beobachteten Gebiet (SMR für die Zeitdauer 1992 – 2000)

Dg	Gebiet	Männer		Frauen	
		SMR	Sign. *)	SMR	Sign. *)
C	E1	89,58	*	92,31	
	E2	105,00		96,78	
	KB	101,04		109,06	
	KP	109,18	*	102,32	
SC	E1	92,87		87,95	*
	E2	114,69	*	101,66	
	KB	104,58		115,60	*
	KP	112,25	*	108,19	*
ZN	E1	78,31	*	114,05	
	E2	95,21		89,03	
	KB	102,64		101,80	
	KP	109,09	*	90,25	*

Dg...Diagnosegruppe Sterbeursache

C...gesamt, alle Todesfälle

SC..Tod durch Herzgefäßerkrankungen

ZN...Tod durch bösartige Neubildungen

*) statistische Relevanz, *...SMR vom gesamtstaatlichen Durchschnitt signifikant unterschiedlich

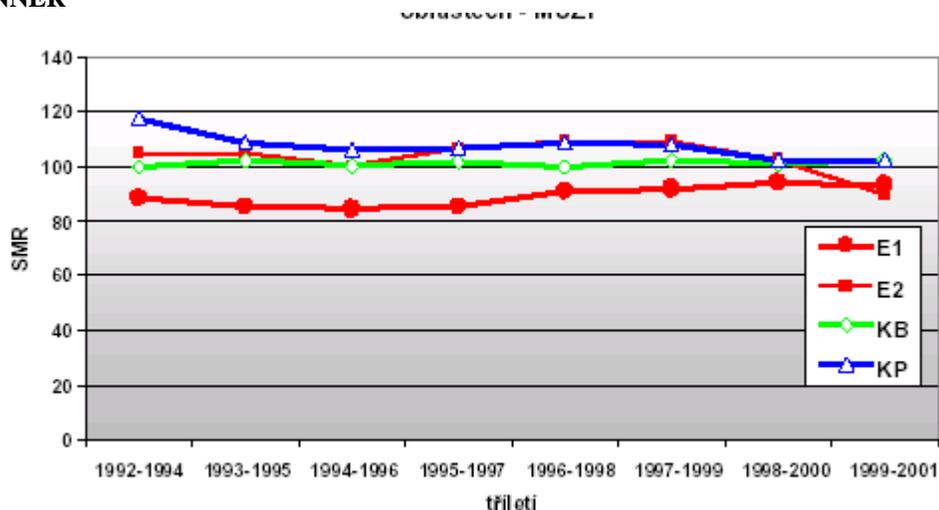
In Tabelle 1 sieht man auf den ersten Blick die deutlichen Unterschiede bei der Sterblichkeit zwischen den Gebieten und die Tatsache, dass es sich in erste Linie um vom gesamtstaatlichen Durchschnitt abweichende Unterschiede handelt. Die Charakteristika der Männer und Frauen in der Nähe des KKW Temelin (Gebiet E1) sind dabei bei der Gesamtsterblichkeit (alle Diagnosen) und bei der kardiovaskularen Sterblichkeit niedriger, teilweise signifikant, gegenüber dem gesamtstaatlichen Durchschnitt. Dasselbe gilt für die Sterblichkeit durch bösartige Neubildungen.

Die genauere Analyse dieser Ergebnisse zeigt dann, dass die niedrige Sterblichkeit im Gebiet E1 signifikant unter dem Niveau der Kontrollgebiete liegt. Die einzige Ausnahme ist die relativ höhere Sterblichkeit an bösartigen Tumoren bei Frauen, die allerdings während des Beobachtungszeitraums auf das Niveau der Kontrollgebiete zurückging.

Aus der Berechnung der SMR für die Teilgebiete zeigte sich, dass eine niedrigere SMR (teilweise signifikant) auch die westliche Hälfte des entfernteren Kontrollgebiets (E2Z) aufweist, während die östliche Hälfte (E2V) eine wesentlich höhere Sterblichkeit aufweist. Deutliche Unterschiede waren auch zwischen Teilgebieten im Kontrollgebiet zu finden.

Bemerkenswert ist die Entwicklung der Gesamtsterblichkeit im Verlauf des Beobachtungszeitraums. Die Gesamtsterblichkeit für alle Diagnosen bei Männern zeigen wir in Grafik 1. Sie zeigt, dass es während des gesamten Beobachtungszeitraums sehr gute Werte für Männer im nahen exponierten Gebiet gab (E1), wo die Sterblichkeit deutlich (und gegenüber Písek für eine Zeitlang signifikant) unter dem Niveau aller anderen Gebiete war. Das entferntere Kontrollgebiet unterscheidet sich am Anfang nicht sehr stark, ab Ende der 90er Jahre verringert sich der Unterschied deutlich und in den letzten drei Jahren kommt er zusammen mit E1 signifikant unter das Niveau des Kontrollgebiets České Budějovice. Ähnliche Entwicklungstendenzen zeigt auch die Entwicklung der Gesamtsterblichkeit bei Frauen und bis zu einem gewissen Grad bei beiden Geschlechtern auch die Entwicklung der Sterblichkeit bei kardiovaskulären Erkrankungen und die Sterblichkeit an bösartigen Neuerkrankungen.

Grafik 1: Entwicklung der Gesamtsterblichkeit (SMR) in exponierten und Kontrollgebieten - MÄNNER



B. Sterblichkeit im produktiven Alter im Zeitraum 1992 – 2000

Die Sterblichkeit im produktiven Alter wurde aufgrund ihrer engen Abhängigkeit von den Lebensumständen ausgewertet. Zum Unterschied von der Gesamtsterblichkeit (alle Altersgruppen) sind hier allerdings die Zahlen der Verstorbenen in den einzelnen Jahren und Gebieten wesentlich geringer, was die Möglichkeit des Nachweises von signifikanten Unterschieden verringerte. Dennoch wurden auch hier einige bestätigt. Überblick über die wesentlichen Ergebnisse in Tabelle 2.

Tabelle 2: Zusammenfassende Faktoren der Gesamtsterblichkeit, Sterblichkeit an Herzgefäßerkrankungen, weiter das Auftreten neuer bösartiger Neubildungen im produktiven Alter im beobachteten Gebiet (SMR für die Zeitdauer 1992 – 2000) – alle Altersgruppen

Dg	Gebiet	Männer		Frauen	
		SMR	Sign.*)	SMR	Sign.*)
C	E1	88,25		95,57	

	E2	102,68		81,45	*
	KB	88,43		84,21	*
	KP	104,94	*	91,95	
SC	E1	88,64		68,97	
	E2	126,17	*	89,35	
	KB	87,90	*	96,36	
	KP	107,32		95,56	
ZN	E1	75,01	*	113,75	
	E2	97,01		83,63	
	KB	97,61		83,63	*
	KP	110,77		95,83	

Dg...Diagnosegruppe Sterbeursache

C...gesamt, alle Todesfälle

SC..Tod durch Herzgefäßerkrankungen

ZN...Tod durch bösartige Neubildungen

*) statistische Relevanz, *...SMR vom gesamtstaatlichen Durchschnitt signifikant unterschiedlich

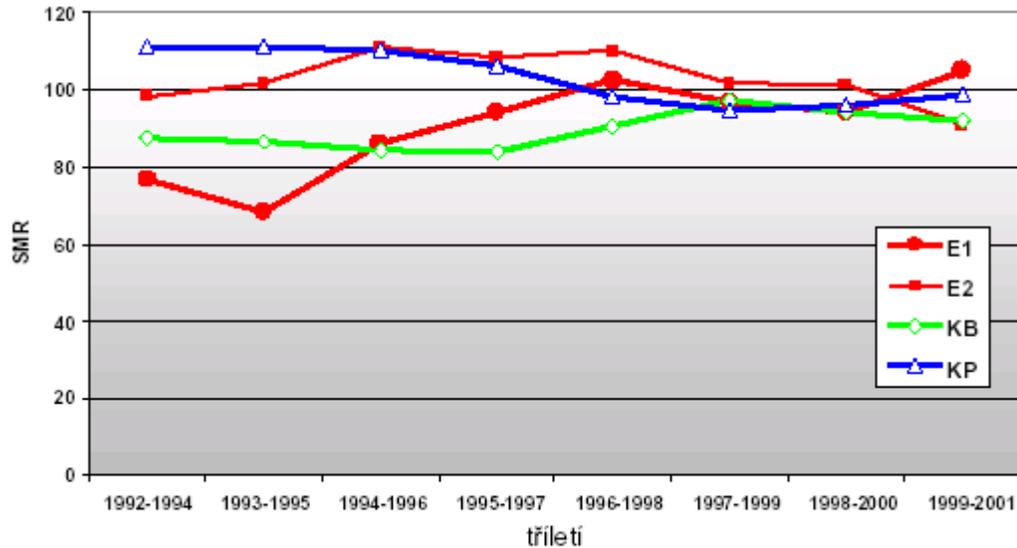
Die exponierten Gebiete zeigen hier ebenfalls in einer Reihe von Fällen niedrigere Sterblichkeit auf. Wie die Daten in der Tabelle und aus der Berechnung der Wichtigkeit der Unterschiede zwischen den Gebieten zeigen (die wir aus Platzgründen nicht anführen) ist die Gesamtsterblichkeit im produktiven Alter bei Männern im nahen exponierten Gebiet (E1) nachweisbar und signifikant unter dem Niveau im Kontrollgebiet Písecko. Das entferntere exponierte Gebiet E2 ist sie demgegenüber statistisch signifikant höher als eines der Kontrollgebiete (KB). Bei den Frauen liegt die Inzidenz der Gesamtsterblichkeit im entfernteren exponierten Gebiet (E2) statistisch signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau, sonst sind die Unterschiede bei den Frauen zwischen den Gebieten nicht signifikant.

Die kardiovaskuläre Sterblichkeit im produktiven Alter ist bei Männern im entfernteren exponierten Gebiet D2 höher, wo sie die gesamtstaatliche und relative niedrige im Kontrollgebiet České Budějovice signifikant übertrifft. Bei den Frauen besteht zwischen den Gebieten kein deutlicher Unterschied.

Bei der Sterblichkeit an bösartigen Tumoren im produktiven Alter ist der Großteil der beobachteten Unterschiede statistisch irrelevant. Die einzige signifikant bestätigte Tatsache ist die niedrige Sterblichkeit im näheren exponierten Gebiet (signifikant unter dem Durchschnitt der CR und auch unter dem Niveau des Kontrollgebiets Písecko).

Die Entwicklung der Gesamtsterblichkeit im produktiven Alter im Beobachtungszeitraum zeigen wir in Grafik 2. Wir sehen dort, dass sich die deutlichen Unterschiede zwischen den Gebieten vom Anfang des Beobachtungszeitraums im Laufe der Zeit schrittweise ausgleichen. Das gilt auch für Männer, die an kardiovaskulären Erkrankungen sterben.

Grafik 2: Entwicklung der Gesamtsterblichkeit im produktiven Alter (SMR) in exponierten und in Kontrollgebieten - MÄNNER



Bei der Entwicklung der Sterblichkeit bei bösartigen Tumoren bei Männern und allen Arten von Sterblichkeit der Frauen haben die Entwicklungstrends einen ähnlichen eindeutigen Trend.

Zusammenfassend kann man zur Sterblichkeit im produktiven Alter sagen, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten nur bei den Männern gibt, und das in der Summe des gesamten Beobachtungszeitraums bei Sterblichkeit für alle Diagnosen und bei kardiovaskularer Sterblichkeit niedrig im näheren exponierten Gebiet E 1 und hoch im entfernteren exponierten Gebiet E2. Wie die Entwicklungstrends dieser Faktoren im Beobachtungszeitraum zeigten, sind diese Werte vor allem durch die Situation in der ersten Hälfte der Neunziger bedingt, danach gleichen sich die Faktoren in den exponierten und den Kontrollbereichen auf derselben Ebene an. Die genannten Unterschiede am Anfang des Beobachtungszeitraums können mit der Migration der Bevölkerung in Zusammenhang mit der Errichtung des KKW Temelin zusammenhängen. Bei der Sterblichkeit an bösartigen Geschwüren wurden zwischen den Gebieten keine bemerkenswerten Unterschiede gefunden.

Gesamt können wir feststellen, dass die Sterblichkeit im produktiven Alter keine negativen Auswirkungen des KKW auf die Bevölkerung der Umgebung nachweist.

C. Verlorene Jahre potentiellen Lebens im Zeitraum 1992 – 2001

Bei der Bewertung der Entwicklung YPLL für die einzelnen Dreijahresperioden und in Summe des ganzen Beobachtungszeitraums, zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen exponierten und Kontrollgebieten nur vereinzelt und inkonsistent. Wir müssen daher feststellen, dass sich bei diesem Faktor keine potentiellen Auswirkungen des KKW oder andere bemerkenswerten Tatsachen zeigten.

D. Sterblichkeit in den Kreisen/Gebieten

Zu einer detaillierteren Bewertung der Entwicklung der Sterblichkeit im Beobachtungszeitraum wurden die einzelnen Faktoren auch für die früher beschriebenen Kreise errechnet, die durch die Aufteilung der einzelnen Bereiche entstanden. Die gewonnenen Ergebnisse trugen wesentlich zu einer tieferen Differenzierung der Sterblichkeit auf dem Gebiet der exponierten und der Kontrollgebiete bei. Wir werden sie hier kurz behandeln und werden in die Bewertung nur Feststellungen mit einer nachgewiesenen statistischen Relevanz übernehmen.

Die Erkenntnisse sind denen aus der Gesamtsterblichkeit sehr ähnlich (alle Diagnosen), wie auch der bei Herzgefäßerkrankungen, und das sowohl bei der Bewertung aller Sterblichkeiten (alle Altersgruppen), wie auch dem Sterbefall im produktiven Alter. Hier zeigt sich bei beiden Geschlechtern vor allem eine sehr niedrige Sterblichkeit in der nahen Umgebung des KKW (E1).

Bei den Männern gibt es hingegen eine relativ hohe Sterblichkeit im allgemeinen auch im produktiven Alter im entfernteren exponierten Bezirk östlich (E2V). Der analoge Bezirk westlich (E2Z) nimmt eine mittlere Position zwischen E1 und E2V ein, mit einer eher niedrigeren Sterblichkeit bei Einbeziehung aller Altersgruppen und einer eher höheren bei der Sterblichkeit im produktiven Alter und den „verlorenen Jahren“. Bemerkenswert sind die Ergebnisse bei den Kontrollbezirken, die untereinander beträchtliche Unterschiede aufweisen.

Bei den Frauen ist die Sterblichkeit bei beiden entfernteren exponierten Bezirken (E2Z und E2V) niedriger. Die Sterblichkeit im produktiven Alter konnte nicht bewertet werden, da die Ergebnisse statistisch nicht signifikant waren.

Die Sterblichkeit bei bösartigen Geschwüren war bei den Männern in der näheren Umgebung des KK (E1) sehr gering. Verringert war sie auch bei den entfernteren exponierten Bezirken E2Z und E2V. Bei den Frauen ist die Sterblichkeit infolge von Geschwüren im Gebiet E1 relativ höher, in den entfernteren exponierten Bezirken niedriger.

E. Gesamtbewertung der Sterblichkeit

Die verglichenen Bevölkerungsgruppen leben in sozialen und kulturellen Bedingungen, die sich im Schnitt als nicht sehr unterschiedlich erweisen, weder untereinander noch im Vergleich zum Gesamtniveau der CR. Man würde hier keine großen Unterschiede bei den Charakteristiken der Sterblichkeiten erwarten, sondern dass sie gegenseitig sich ähneln und dem gesamtstaatlichen Durchschnitt annähern. Die oben referierten Ergebnisse bestätigen in einer Reihe von Fällen diese Annahme nicht.

Neben den signifikanten Unterschieden der exponierten und der Kontrollgebiete vom gesamtstaatlichen Durchschnitt und auch untereinander, ist vor allem die niedrige Sterblichkeit der Männer in der nahen Umgebung des KKW (E1) auffällig, sowohl als gesamte (alle Diagnosen), wie auch bei den Herzgefäßerkrankungen und den bösartigen Neubildungen. Dies zeigte sich ähnlich bei der Gesamtsterblichkeit (alle Diagnosen) und

der Sterblichkeit im produktiven Alter. Dies gilt auch für die Gesamtsterblichkeit der Frauen (alle Diagnosen) und deren Sterblichkeit bei Herzgefäßerkrankungen. Eine Ausnahme ist nur die Sterblichkeit bei bösartigen Tumoren, die bei Frauen im Gebiet E1 höher ist.

Das entferntere exponierte Gebiet hat bei den Männern meist ein erhöhtes Niveau (oder nicht von den anderen unterschiedlich). Das zeugt somit gegen die Möglichkeit eventueller negativer Auswirkungen des KKW, da diese dann in der nahen Umgebung intensiver sein müssten als in der weiter entfernten Umgebung.

Die Kontrollgebiete liegen bei der Gesamtsterblichkeit (aller Altersgruppen) bei den Männern ebenfalls stets höher als bei den Frauen, mit der Ausnahme des Gebiets KP. Bei der Sterblichkeit im produktiven Alter sind die Ergebnisse bei den Kontrollgebieten differenzierter. Wenn es hier keine Übereinstimmung mit der Gesamtsterblichkeit gibt, handelt es sich ohne Zweifel um eine demographische Besonderheit in der Gegenwart und eine Anamnese der produktiven Bevölkerung und der Senioren in dem jeweiligen Gebiet.

Die genannten Ergebnisse aus den Gebieten sind selbstverständlich Durchschnittswerte kleinerer Gebietseinheiten. Der unerwartet hohe Umfang dieser inneren Differenzierung der Sterblichkeit in den Gebieten ist aus den berechneten Faktoren der Sterblichkeit in den Teilbezirken aus den berechneten Indikatoren der Sterblichkeit in Teilbezirken ersichtlich. Es zeigte sich, dass in einer Reihe von Fällen das Niveau der Sterblichkeit im Bereich E2 ein Durchschnitt gegensätzlicher Niveaus aus den westlichen und östlichen Gebietsteilen ist. Ähnlich ist dem bei der komplizierten Kombination in den Kontrollgebieten.

Aus diesen Ergebnissen geht eindeutig hervor, dass die lokalen Verhältnisse in relativ kleinen Gebietseinheiten die Sterblichkeit beeinflussen. Dieser Umstand kompliziert die Möglichkeit, eventuelle Auswirkungen des KKW nachzuweisen und dies wird auch in Zukunft während des Betriebs so bleiben. Ein tieferes Verständnis für diese lokalen Unterschiede, die Zusammenhänge und Determinanten werden eine Voraussetzung für die Detektion bzw. das zuverlässige Ausschließen eventueller Auswirkungen des KKW sein. Zur Zeit ist das aufgrund der niedrigen Sterblichkeit in der nahen Umgebung nicht unbedingt notwendig.

Diese günstige Situation im Gebiet E1 muss natürlich nicht auch in Zukunft bestehen. Das deuten die Ergebnisse der Bewertung der Sterblichkeit im produktiven Alter an, die auf die Veränderung von Lebensbedingungen schneller reagieren als die Sterblichkeit, die alle Altersgruppen erfasst. Wir stellen hier in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums bei einer Reihe von Indikatoren eine schrittweise Annäherung der Sterblichkeitsniveaus in den exponierten und den Kontrollgebieten eine Stabilisierung der schwankenden Entwicklungstrends fest. Wahrscheinlich hängt das mit der Stabilisierung der Bevölkerung nach größeren Migrationsbewegungen in der zweiten Hälfte der achtziger und ersten Hälfte der neunziger Jahre zusammen. Nach der Stabilisierung wird sich zunächst das Niveau der Gesundheitsindikatoren verändern und

dann stabilisieren. Deren Beobachtung ermöglicht dann einer präziseren und zuverlässigeren Bewertung der langfristigen Auswirkungen des KKW.

AUFTRETEN BÖSARTIGER GESCHWÜRE

Die ionisierende Strahlung kann in höheren Dosen zu Entstehung einiger Tumore führen. Das Wissen darüber gibt es auch in der Bevölkerung und die Menschen in der Nähe nuklearer Anlagen haben Angst vor dem möglichen Risiko eines erhöhten Auftretens von Krebs. Die Bewertung des Auftretens bösartiger Tumore in den untersuchten Gebieten ist daher wünschenswert, auch wenn man ein erhöhtes Auftreten bösartiger Tumore durch die Auswirkungen des KKW nicht erwarten kann. Das Niveau der emittierten Strahlung ist sehr gering und in der Literatur sind keine Beweisfälle bekannt.

Im Unterschied zur höher beschriebenen Sterblichkeit ist die Inzidenz (Auftreten neu diagnostizierter Fälle) der Indikatoren für eine Erkrankung an dieser Erkrankungsgruppe. Bei der Analyse möglicher Auswirkungen der Lebensbedingungen auf das Auftreten bösartiger Tumore würden wir allerdings relativ wenige Erkenntnisse gewinnen, wenn wir nur mit der Gesamtsumme aller Fälle arbeiten würden. Es gibt bis zu 50 prinzipiellen Arten von bösartigen Wucherungen (je nach befallenen Organ, Gewebe, histologischer Struktur u. a.). Sie unterscheiden sich durch die ursächlichen Einflüsse (Determinanten) und haben verschiedene Risikofaktoren. Daher ist es wünschenswert, auch das Auftreten der einzelnen Arten von Geschwüren getrennt zu untersuchen. Damit verringert sich andererseits bei einer beschränkten Bevölkerungsgruppe die Anzahl der festgestellten Fälle, oft unter eine statistische akzeptable Menge. Im Falle der exponierten und der Kontrollgebiete für die Bewertung der Auswirkungen des KKW Temelin, wurden daher zur Beobachtung einerseits die relativ oft auftretenden Geschwüre ausgewählt, andererseits Geschwüre mit einem zumindest teilweise akzeptablen Auftreten, von denen in der Literatur bekannt ist, dass sich die ionisierende Strahlung bei ausreichend hoher Dosis an deren Entstehung beteiligen kann.

Aus den genannten Gründen wird in den exponierten und den Kontrollgebieten die Inzidenz einerseits bei der Gesamtzahl der Geschwüre beobachtet (mit der Ausnahme sog. „anderer Hautgeschwüre“ gemäß der internationalen Klassifizierung, deren Feststellung unsicher ist und in bezug auf das angenommene Strahlenniveau keine Bedeutung hat¹), andererseits bei ausgewählten Arten von Geschwüren (mit häufigerem Auftreten und einem speziellen Bezug zur Strahlung), und das sind bösartige Neubildung des Magen, Dickdarms und Enddarms, Bauchspeicheldrüse, Lunge, Brust, Prostata, Harnblase, Nieren und Gruppen von bösartigen Neubildungen der knochenmarksbildenden und blutbildenden Gewebe.

In allen Fällen wurde aus denselben Gründen wie bei den Indikatoren der Sterblichkeit eine Alterstandardisierung durchgeführt, damit die Erkenntnisse vergleichbar sind. Die Ergebnisse wurden als standardisierter Index SIR (Standardized Incidence Rate) geführt, analog zum genannten SMR berechnet und interpretiert.

¹ Die Herausnahme der sog. anderen Hautgeschwüre wird bei der Bewertung des Gesamtauftritts von Geschwüren in der CR und im Ausland üblicherweise gemacht.

Einleitend präsentieren wir hier die wesentlichen Erkenntnisse bei bösartigen Geschwüren im Zeitraum 1991 bis 2000, erster Teil in Tabelle 3, zweiter in Tabelle 4.

Tabelle 3: Alterstandardisiertes Auftreten (SIR) bösartiger Geschwüre im Zeitraum 1991 bis 2000 (1. Teil)

Geschlecht	Gebiet	Gesamtanzahl		Magen		Dickdarm und Enddarm		Bauchspeicheldrüse	
		SIR	Sign. *)	SIR	Sign. *)	SIR	Sign. *)	SIR	Sign. *)
Männer	E1	85,28	*	70,80		88,23		54,95	
	E2	108,8		69,84		124,0		73,78	
	KB	90,52	*	110,5		102,5		83,64	
	KP	105,1		91,09		105,3		111,2	
Frauen	E1	97,80		95,01		114,7		87,98	
	E2	95,30		116,6		94,8		157,4	
	KB	86,84	*	115,7		93,20		45,86	*
	KP	87,82	*	85,07		77,86	*	115,2	

* SMR signifikant vom gesamtstaatlichen Durchschnitt abweichend

*) Statistische Signifikanz

Tabelle 4: Alterstandardisiertes Auftreten (SIR) bösartiger Geschwüre im Zeitraum 1991 bis 2000 (2. Teil)

Geschlecht	Gebiet	Lunge		Brust		Prostata		Harnblase		Knochenmark + blutbildend	
		SIR	Sig *)	SIR	Sign. *)	SIR	Sign. *)	SIR	Sig n. *)	SIR	Sign. *)
Männer	E1	82,59				60,61	*			87,02	
	E2	128,2	*			91,78		134,6	*	111,8	
	KB	96,69				79,29	*	77,30		114,2	
	KP	119,1	*			98,90		85,16		114,2	
Frauen	E1	66,16		103,6				124,1		100,8	
	E2	92,68		83,45				106,6		81,79	
	KB	65,23	*	80,77	*			104,9		96,18	
	KP	65,21	*	87,66				130,8		98,97S	

- * SMR signifikant vom gesamtstaatlichen Durchschnitt abweichend
- *) Statistische Signifikanz

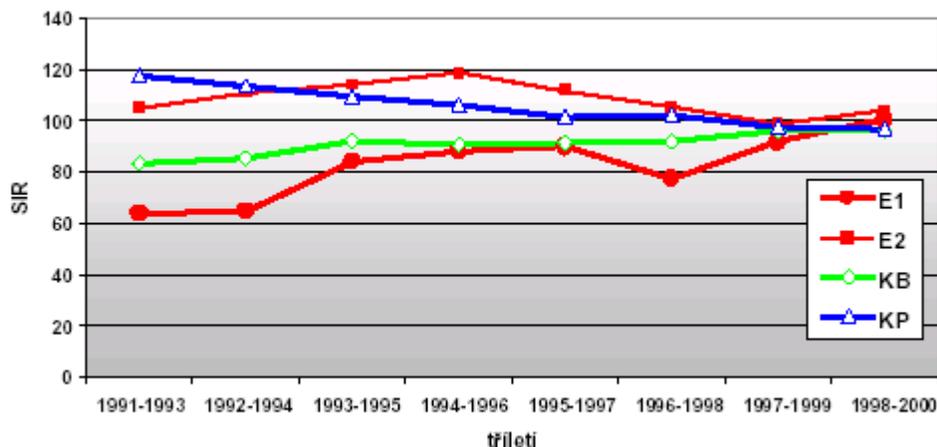
A. Inzidenz der Gesamtanzahl bösartiger Neubildungen 1991 bis 2000

Die altersstandardisierten Indexe (SIR) der Gesamtanzahl von Geschwüren ohne „andere Hautgeschwüre“, gemäß MKN C 10 bis C 97 minus C 44²⁾, für die einzelnen Gebiete sind Tabelle 3. Im Vergleich zur CR (SIR = 100) gibt es in den exponierten Gebieten nur bei den Männern deutliche Unterschiede, wo in Gebiet E 1 das Auftreten von Geschwüren signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau liegt. In den Kontrollgebieten liegt die Inzidenz der Geschwüre signifikant unter dem gesamtstaatlichen Durchschnitt bei beiden Geschlechtern im Kontrollgebiet České Budějovice (KB) und bei den Frauen auch im Kontrollgebiet Písecko (KP).

Auch zwischen den Gebieten wurden einige signifikanten Unterschiede festgestellt. Bei den Männern ist vor allem die niedrigere Inzidenz in der Nähe des KKW (E1) als im entfernteren Gebiet (E2) und als im Kontrollgebiet Písecko relevant. Im entfernteren exponierten Gebiet (E2) ist die Inzidenz bei Männern dann wesentlich höher als im Kontrollgebiet České Budějovice (KB). Bei den Frauen wurden zwischen den Gebieten keine bedeutenden Unterschiede gefunden.

Die Entwicklung der Gesamtzahl an Geschwüren bei Männern im Beobachtungszeitraum verdeutlicht Grafik 3. Sie zeigt, dass die oben beschriebenen Unterschiede der Gebiete E1 und E2 in der ersten Hälfte der 90er Jahre stärker waren, dann sich verringerten und in den letzten beiden 3-Jahresperioden sind die Indexe praktisch gleich.

Grafik 3: Entwicklung der standardisierten Inzidenz (SIR) der Gesamtanzahl bösartiger Geschwüre in exponierten und Kontrollgebieten – MÄNNER (C00 bis 97 minus C44)



Bei den Frauen (Grafik 4) sind die Trends fast horizontal verlaufend, mit der Ausnahme der Ergebnisse von Gebiet E1, wo nach anfänglichem Anstieg (vielleicht in Zusammenhang mit der Migration) sich das Auftreten von Geschwüren auf einem unwesentlich höheren Niveau als in den Kontrollgebieten einpendelt.

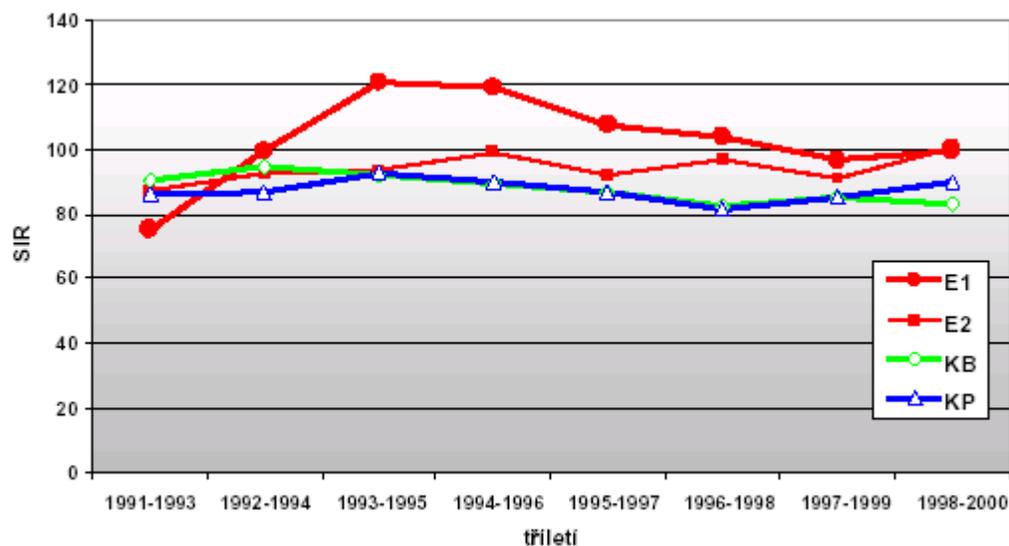
B. Inzidenz bösartiger Neubildungen des Magens 1991 bis 2000

Das Auftreten bösartiger Neubildungen des Magens, gemäß MKN C 16 (Tabelle 3) ist in exponierten Gebieten am Land sehr gering, in Summe beider Gebiete (E1 + E2) und deren Inzidenz ist signifikant niedriger als die gesamtstaatliche Inzidenz im Kontrollgebiet České Budějovice (KB). Bei den Frauen unterscheidet sich das Auftreten nicht stark vom gesamtstaatlichen Durchschnitt.

C. Inzidenz bösartiger Neubildungen Dickdarm und Enddarm 1991 bis 2000

Zur Gewinnung einer höheren Anzahl von Fällen haben wir die Geschwüre Dickdarm

Grafik 4: Entwicklung der standardisierten Inzidenz (SIR) der Gesamtanzahl bösartiger Geschwüre in exponierten und Kontrollgebieten – FRAUEN (C00 bis 97 minus C44)



und Enddarm in einer Gruppe zusammengelegt, gemäß MKN C18 bis C21 (Tabelle 3) sind deren Ursachenfaktoren in den Lebensbedingungen ähnlich. Deren Inzidenz, berechnet für den gesamten Beobachtungszeitraum, zeigt in den exponierten Gebieten keine signifikanten Unterschiede, weder gegenüber dem gesamtstaatlichen Niveau, noch gegenüber dem Kontrollgebiet. Im Verlauf des Beobachtungszeitraums schwankten die Ergebnisse bei beiden Geschlechtern stark und zeigten keine klare Tendenz auf.

D. Inzidenz bösartiger Neubildungen Bauchspeicheldrüse 1991 bis 2000

Die Anzahl der Fälle bösartiger Geschwüre der Bauchspeicheldrüse (MKN C 25) ist in exponierten Fällen sehr gering. Dennoch treten auch hier statistisch signifikante (Tabelle 3) Erkenntnisse auf, und das bei Frauen im Vergleich zum gesamtstaatlichen Niveau als niedriges Niveau im Kontrollgebiet České Budějovice (KB) und im Vergleich dazu das erhöhte Niveau im entfernteren exponierten Gebiet E2.

Im Verlauf des Beobachtungszeitraums sind die Inzidenzen aufgrund der niedrigen Anzahl von Fällen bei den Männern stark schwankend und manchmal können trotz signifikanter Unterschiede keine erkennbaren Trends abgeleitet werden. Regelmäßiger ist die Entwicklung der Inzidenzen in ländlichen Gebieten bei den Frauen, wo sich ein wesentlich geringerer Verlauf als im Kontrollgebiet České Budějovice (KB) und weiter ein ansteigender Trend im Kontrollgebiet Písek (KP) zeigt. Relativ ausgeglichen ist der Verlauf der Inzidenz im entfernteren exponierten Gebiet (E2), der während des gesamten Beobachtungszeitraums auf relativ hohen Werten bleibt. Die Ergebnisse zeugen von keinerlei negativen Auswirkungen des KKW Temelin, im Gegenteil finden wir hier bei den Frauen in entfernteren Kontrollgebieten deutlich höhere Werte als in der nahen Umgebung des KKW.

E. Inzidenz bösartiger Neubildungen Lunge 1991 bis 2000

Die Gruppe der Geschwüre an Lunge, Lungenröhre und Bronchien (MKN C 33 – C 34) zeigt in der zusammenfassenden Bewertung für den gesamten Zeitraum (Tabelle 4) bei den Männern eine signifikant höhere Inzidenz als der Durchschnitt der CR in entfernteren exponierten Gebieten E2 und dem Kontrollgebiet Písecko. Es ist hier ein auffällig signifikanter Unterschied zwischen den exponierten Gebieten. E1 hat eine wesentlich niedrigere Inzidenz als E2 (und auch als KP). Das Gebiet E2 hat eine hohe Inzidenz, wesentlich höher als das Kontrollgebiet České Budějovice (KB). Bei den Frauen sind beide Kontrollgebiete, České Budějovice (KB) und Písecko, unter dem Durchschnitt in der CR. Zwischen dem exponierten und den Kontrollgebieten liegen hier keine statistisch signifikanten Unterschiede vor.

Die Entwicklungstendenz der Lungengeschwüre während des Beobachtungszeitraums hat bei den Männern einen unregelmäßig schwankenden Verlauf ohne erkennbare Tendenzen. Bei den Frauen gibt es im exponierten und im Kontrollgebiet eine systematische Verringerung der Inzidenzen. In der letzten 3-Jahresperiode näherten sich die Niveaus von EC, KB und KP stark einander an. Wir können feststellen, dass sich hier keine negativen Auswirkungen des KKW Temelin bemerkbar machen. Das Ergebnis ist auch hier vielmehr umgekehrt, die Inzidenz ist bei den Männern in den entfernteren exponierten Gebieten und im Kontrollgebiete Písecko höher als in der näheren Umgebung des KKW.

F. Inzidenz bösartiger Neubildungen weibliche Brust 1991 bis 2000

Die Inzidenz bösartiger Neubildungen für weibliche Brust (MKN C 50) ist gegenüber dem Durchschnitt der CR in den Kontrollgebieten České Budějovice (KB, Tabelle 4) signifikant niedriger. Die exponierten Gebiete unterscheiden sich weder vom

tschechischen Durchschnitt noch von den Kontrollgebieten oder untereinander nicht. Während des Beobachtungszeitraums zeigte sich bei allen verglichenen Gebieten ein langsamer Anstieg der Inzidenzen. Die Ergebnisse zeigten gesamt keinen Bezug auf eventuelle Auswirkungen des KKW.

G. Inzidenz bösartiger Neubildungen Prostata 1991 bis 2000

Die Inzidenz bösartiger Neubildungen der Vorsteherdrüse (Prostata), MKN C 61 ist im Vergleich zum gesamtstaatlichen Durchschnitt signifikant niedriger als in den nächsten exponierten Gebieten E1 und dem Kontrollgebiet České Budějovice (KB, Tabelle 4). Das nähere exponierte Gebiet E1 hat eine signifikant niedrigere Inzidenz als das Kontrollgebiet Písecko (KP). In der Entwicklung der Inzidenz während des Beobachtungszeitraums zeigte sich eine große Schwankung durch die niedrige Anzahl und die Ergebnisse sind nicht konsistent.

H. Inzidenz bösartiger Neubildungen Harnorgane 1991 bis 2000

Die zusammengelegte Gruppe bösartiger Neubildungen bei Nieren, Harnblase und weiteren Teilen der Harnorgane (MKN C 64 bis C 68) konzentriert eine größere Anzahl von Fällen und bietet daher bessere Voraussetzungen für die statistische Verarbeitung als viele Neubildungen, die oben angeführt wurden (Tabelle 4). Bei den Männern ist vor allem das hohe Auftreten dieser Geschwüre in den exponierten Gebieten charakteristisch, wobei die entfernteren von ihnen (E2) sowohl den gesamtstaatlichen Durchschnitt, wie auch den der Kontrollgebiete signifikant übertreffen. Bei den Kontrollgebieten hat vor allem České Budějovice eine niedrige und statistisch signifikante Charakteristik unter dem Durchschnitt der CR. Die Frauen in den exponierten Gebieten unterscheiden sich in den exponierten Gebieten nicht stark von der CR oder von anderen Kontrollgebieten.

Während des Beobachtungszeitraums bewegen sich die Inzidenzen bei den Männern in den exponierten Gebieten deutlich über denen der Kontrollgebiete. Das betrifft vor allem das entferntere exponierte Gebiet E2, dessen Abstand von den Kontrollgebieten über die gesamte Dauer signifikant bleibt. Im Unterschied zu dieser sinken im näheren exponierten Gebiet E1 im letzten Drittel des Zeitraums die Inzidenzen langsam und erreichen das Niveau der Kontrollgebiete. Bei den Frauen kommt es zu einem vorübergehenden Anstieg der Inzidenz in der Mitte des Beobachtungszeitraums im Gebiet E1 und im Kontrollgebiet Písecko später zur Rückkehr auf ein niedrigeres Niveau, so dass es in der letzten Dreijahresperiode zu einem praktisch gleichen Niveau im exponierten und im Kontrollgebiet gibt.

I. Inzidenz bösartiger Neubildungen knochenmarksbildender und blutbildender Gewebe 1991 bis 2000

Die Gruppe der bösartigen Neubildungen knochenmarksbildender – und blutbildender und verwandter Gewebe (MKN C 81 bis C 96) umfasst 16 Arten von bösartigen Neubildungen, und das alle Arten von Leukämie, Lymphomen, Myelomen u.a. Bei einigen von ihnen wurde in epidemiologischen und in Laborstudien eine Beziehung zur

ionsierenden Strahlung nachgewiesen. Einzeln treten die genannten Typen von bösartiger Wucherung nur sehr selten auf, so dass wir gezwungen waren, alle in einer Gruppe zusammenzufassen. Dennoch umfasst diese Gruppe eine relativ geringe Anzahl von Fällen, was die Möglichkeit zum Nachweis statistisch bedeutender Unterschiede erschwert. In der systematischen Bewertung des gesamten Zeitraums (Tabelle 4) finden wir weder bei den exponierten noch in den Kontrollgebieten signifikante Unterschiede. In der Entwicklung des gleitenden Durchschnitts zeigten sich in den exponierten und in den Kontrollgebieten bei beiden Geschlechtern deutliche Schwankungen mit nur vereinzelt statistisch bedeutenden Unterschieden. Man kann daher keine deutlicheren Trends feststellen.

Kumulation bösartiger Geschwüre in Teilgebieten

Ein detaillierter Blick auf die Verteilung der bösartigen Tumore ermöglichte deren Bewertung bei kleineren Gebietseinheiten, in den Teilgebieten der einzelnen exponierten Gebiete und Kontrollgebiete.

Bei der Gesamtanzahl von Geschwüren gab es bei den Männern signifikant geringere Inzidenzen gegenüber dem gesamtstaatlichen Durchschnitt und auch gegenüber den Kontrollgebieten KBS, KBV und KBJ und KBV der näheren exponierten Gebiete E1. Einen niedrigeren Index haben weiter auch die Kontrollteilgebiete KBA und BKZ, und das signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau und auch unter den weiter entfernten exponierten Teilgebieten E2Z und E2V. Im Unterschied zu den Männern hat bei den Frauen das nähere exponierte Gebiet E1 eine relativ hohe Inzidenz. Niedrige Werte (signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau) haben die Kontrollteilgebiete KBA, KBZ, KBJ und KPJ. Drei davon (KBA, KBJ, KPJ) liegen signifikant niedriger als die exponierten Teilgebiete.

Bei der Inzidenz der Magengeschwüre ist bei den Männern das entferntere exponierte Teilgebiet E2V und der Kontrollteilbezirk KPV signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau. Signifikant höher als in E2V sind die Indexe in den Kontrollbereichen KBA und KBS, deren Inzidenz ist im Gegenteil sehr hoch. Bei den Frauen gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Teilbezirken.

Die Inzidenz der Geschwüre des Dickdarms unterscheidet sich bei den Männern in keinem Teilbezirk wesentlich vom gesamtstaatlichen Durchschnitt. Eine sehr niedrige Inzidenz gibt es bei den näheren exponierten Gebieten E1, signifikant unter dem Niveau der Kontrollteilgebiete KBS, KPV und KPJ. Bei den Frauen ist die Inzidenz im Bereich E1 im Gegenteil relativ hoch, signifikant über den Kontrollgebieten KBJ und KPZ, die deutlich unter dem gesamtstaatlichen Niveau liegen.

Völlig nichtssagend waren die Ergebnisse für die bösartigen Geschwüre des Enddarms (+ der rektosigmoidalen Verbindung und dem After, C 19 bis C 21).

Die Inzidenzen der bösartigen Geschwüre der Bauchspeicheldrüse zeigen bei den Männern keine bedeutenden Unterschiede, weder gegenüber dem Niveau der CR noch

untereinander. Die Ergebnisse bei den Frauen sind wesentlich „bunter“. In vier Kontrollgebieten (KBA, KBS, KBZ, KBJ) ist die Inzidenz sehr niedrig, signifikant unter dem Niveau der CR und auch unter dem Teilgebiet E2Z. Einige von ihnen sind signifikant niedriger als im Vergleich mit E1 und E2V.

Die Inzidenz der bösartigen Neubildungen in der Lunge ist bei den Männern im näheren exponierten Gebiet E1 relativ niedrig und in den entfernteren exponierten Teilgebieten hoch. Zwischen den Kontrollgebieten hat der stadtnahe Bereich bei České Budějovice (KBA) die niedrigsten Inzidenzen, deutlich unter dem gesamtstaatlichen Niveau. Diesen Verhältnissen entspricht auch das gegenseitig signifikante Verhältnis zwischen den exponierten Teilgebieten und den Kontrollteilgebieten: E1 hat eine niedrigere Inzidenz als das Kontrollteilgebiet KPZ und die entfernteren exponierten Teilgebiete E2Z und E2V sind im Gegenteil höher als KBA. Bei den Frauen sind die Ergebnisse noch vielfältiger, offensichtlich auch aufgrund der relativ niedrigen Zahl Erkrankter. Die drei Kontrollteilgebiete (KBA, KBZ und KPZ) haben außerordentlich niedrige Inzidenzen, signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau. Zwischen den Teilbereichen untereinander war statistisch nur der Unterschied zwischen der hohen Inzidenz im entfernteren exponierten Teilgebiet E27 und einer niedrigen in der Umgebung von České Budějovice (KBA) relevant.

Bei der Inzidenz bösartiger Geschwüre bei der weiblichen Brust sind die Ergebnisse in den Kontrollteilgebieten KBA und KBJ (wo der Wert SIR besonders niedrig ist) signifikant niedriger. In Beziehung zu diesem Kontrollteilgebiet KBJ haben alle exponierten Teilgebiete (E1, E2Z, E2V) eine signifikant höhere Inzidenz.

Die Inzidenz bösartiger Geschwüre der Prostata ist sehr niedrig, signifikant unter dem gesamtstaatlichen Niveau im Bezirk KBZ. Sie ist signifikant niedriger als im entfernteren exponierten Teilgebiet E2V. Andere statistisch relevanten Unterschiede gibt es hier nicht.

Die Inzidenz bösartiger Neubildungen bei den Harnorganen liegt im Kontrollteilgebiet KBA deutlich unter dem gesamtstaatlichen Niveau. Eine besonders hohe Inzidenz haben die exponierten Teilgebiete E2Z und E2V, die signifikant höhere Werte aufweisen als die Kontrollteilgebiete KBA und KBZ, und E2V hat außerdem signifikant höhere als die drei Kontrollteilgebiete KBJ, KPZ und KPZ. Bei den Frauen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Bei der Inzidenz der bösartigen Neubildungen des knochenmarksbildenden Gewebes wurden wenig signifikante Unterschiede gefunden. Bei den Männern handelt es sich nur im Vergleich mit der CR um einen bedeutend höheren Wert im Kontrollteilgebiet KBV, der auch signifikant höhere Inzidenzen als die exponierten Teilgebiete E1 und E2Z hat. Bei den Frauen hat eine das entferntere Teilgebiet E2K eine niedrigere Inzidenz, die signifikant unter der gesamtstaatlichen liegt, und auch signifikant unter den Kontrollteilgebieten KBZ, KPZ und KPZ ist.

Gesamtbewertung der Inzidenz bösartiger Geschwüre

Die Erkrankung an bösartigen Geschwüren ist in Südböhmen keineswegs ausgeglichen, in einigen Gebieten gibt es deutliche Abweichungen vom gesamtstaatlichen Durchschnitt und auch von anderen Gebieten, die sich geographisch und bei den Lebensbedingungen nahe sind. Es handelt sich nicht nur um zufällige Abweichungen, die Unterschiede von dem gesamtstaatlichen Niveau und auch die Unterschiede zwischen den Gebieten sind in vielen Fällen statistisch relevant. Nur solche auch statistisch bestätigten Ergebnisse haben wir in diesem Kapitel kommentiert und werden sie auch in dieser Zusammenfassung kommentieren. Wie sind uns allerdings dessen bewusst, das die real bedeutenden Unterschiede wahrscheinlich mehr sind, sich aber bei einigen Geschwüren aufgrund der geringen Anzahl an Fällen statistisch nicht zeigten.

Unter dem Aspekt der Studien der potentiellen Auswirkungen des KKW Temelin werden in Zukunft vor allem die Beschreibungen der nächsten Umgebung bedeutend werden, die wir als „exponierte“ eingegrenzt haben. Die näheren von ihnen, als E1 bezeichnet, haben bei den Männern eine niedrige Inzidenz der Gesamtzahl an Geschwüren, Magengeschwüren, Geschwüren des Dickdarms, der Lunge, Prostata und der knochenmarksbildenden und blutbildenden Organe. Ein erhöhtes Auftreten ist bei den Männern nur bei Nierengeschwüren zu finden. Die Ergebnisse sind günstiger als erwartet und es wäre gut, die Ursachen zu finden. Diese sind wohl vor allem die Ergänzung der Bevölkerung durch den Zuzug relativ gesünderer Männern zu erklären, die im KKW und den anknüpfenden Dienstleistungen Arbeit gefunden haben. Die günstigeren Gesundheitsdaten in der Nähe des KKW werden wohl nicht in Zukunft anhalten, die Entwicklungstrends zeigen bei der Anzahl an Geschwüren, Prostata-Geschwüren und den Geschwüren knochenmarksbildender und blutbildender Organe eine langsame Annäherung der exponierten und der Kontrollgebiete, offensichtlich in Folge der Stabilisierung der lokalen Besiedlung. Ohne Kenntnis der Entwicklung der Inzidenz im vergangenen Jahrzehnte hätte dieser Trend fälschlicherweise als negative Auswirkung des KKW Temelin angesehen werden können.

Im Unterschied zur beschriebenen Situation im Gebiet E1 leiden im entfernteren exponierten Gebiet E2 Männer häufiger an einigen Arten bösartiger Geschwüre (Gesamtanzahl, Lungengeschwür, Geschwür der Harnorgane) als es dem gesamtstaatlichen Durchschnitt und den vergleichbaren Daten aus dem Kontrollgebiet entsprechen würde. Die Auswertung der kleineren Teilgebiete zeigte dann, dass sich am erhöhten Auftreten der Geschwüre im Gebiet E2 vor allem der östliche Teil beteiligt (E2V, d.h. Dívčice, Hluboká nad Vltavou, Olešník, Zliv, Žimutice und weitere), wo die Inzidenz der Gesamtanzahl der Geschwüre und der Lungengeschwüre, der Prostata, Harnblase, Nieren und der Gesamtzahl der Harnorgangeschwüre erhöht ist. Zu einem geringeren Teil (mit Ausnahme der Prostata und Harnorgane) beteiligt sich auch der Westteil (E2Z) daran. Im Gebiet E2 zeigt sich auch ein langsames Angleichen an die übrigen Gebiete, so dass auch die Unterschiede vermutlich bald schwächer werden oder ganz verschwinden werden.

Bei den Frauen sind die Inzidenzen bei den bösartigen Geschwüren in der Nähe des KKW Temelin nicht ganz so gut. In der nahen Umgebung (E1) finden wir relativ hohe Werte in Summe aller Arten von Geschwüren, bei den Geschwüren des Dickdarms und

Enddarms, Bauchspeicheldrüse und Brust. Nur bei den Geschwüren der weiblichen Brust näherten sich gegen Ende des Beobachtungszeitraums die Niveaus den übrigen Gebieten an, Großteils bleibt der Zustand während des Beobachtungszeitraums allerdings gleich. Die hohen Inzidenzen einiger Geschwüre (alle Arten, Geschwüre des Pankreas, der Lunge und Brust) kamen auch im entfernteren Bezirk E2K und ebenfalls, mit Ausnahme der Lunge, auch in E2V vor. Das genannte erhöhte Auftreten der Geschwüre im näheren und entfernteren exponierten Gebiet und bei einigen davon (Dickdarm und Enddarm, Brust) ergibt es ein auffälliges Gefälle der Inzidenz in Richtung des KKW und das könnte dem nicht informierten Leser eine negative Auswirkung des KKW vortäuschen. Das war im Beobachtungszeitraums allerdings noch nicht in Betrieb und eventuelle negativen psychischen Auswirkungen konnten somit keine Erkrankung an bösartigen Geschwüren verursachen. Entscheidend für die Bewertung eventueller negativer Auswirkungen des KKW werden nur jene Veränderungen sein, zu denen es während dessen Betrieb kommt.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen sich jene Kontrollgebiete, bei denen sich die Inzidenz der Geschwüre von den Durchschnitten der anderen deutlich unterscheidet. Wenn sie niedrig sind, dann ist die Inzidenz in den exponierten Gebieten im Vergleich zu ihnen relativ hoch und kann zu Ansichten über die negativen Auswirkungen des KKW verleiten. Das gilt für eine Reihe von Geschwüren im Gebiet KB (Männer und Frauen) wie auch KP (Frauen). Bei einer detaillierten Aufstellung nach Teilgebieten sehen wir, dass diese Unterschiede nicht ganze Gebiete betreffen, sondern nur in Teilgebieten extreme Werte aufweisen. Im Kontrollgebiet České Budějovice gibt es eine extrem geringe Inzidenz bei beiden Geschlechtern in der nächsten Umgebung von Budějovice (KBA) und bei Männern teilweise KBS, bei Frauen KBJ.

ANZEICHEN FÜR EINE STÖRUNG DER REPRODUKTIVEN GESUNDHEIT

In der Umgebung von nuklearen Anlagen hat die Bevölkerung manchmal Bedenken wegen möglicher Störungen der Reproduktion (Zeugung von Kindern). Aufgrund dieser gesundheitlichen Bedenken wurde die Beobachtung von Störungen der Reproduktion in die Überwachung der Gesundheit in der Umgebung des KKW Temelin aufgenommen, auch wenn der genannte Effekt unter den bestehenden Bedingungen äußerst unwahrscheinlich ist.

Von den gesamtstaatlichen Daten wurde dazu einerseits das Auftreten von Spontanaborten, einerseits die Geburt von Kindern mit einem Gewicht unter 2500 g ausgewählt. Beide Daten (in Umrechnung auf 1000 Lebendgeburten) wurden rückwirkend für die Zeit ab 1992 ausgerechnet.

A. Spontanaborte

Die Ergebnisse zeigen, dass in den exponierten Gebieten die Anzahl der Aborte unter dem gesamtstaatlichen Niveau liegt, im näheren E1 allerdings deutlich über den Werten

des Index in beiden Kontrollgebieten, wo die Anzahl der Aborte besonders niedrig ist. In E2 ist die Anzahl der Aborte nur um etwas geringer als im Gebiet E1.

Die Entwicklung der Inzidenz, die in dreijährigen Indexen beobachtet wurde, zeigt, dass die Anzahl der Aborte in allen (exponierten und Kontrollgebieten) in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums einen ansteigenden Trend hat. Das nähere Gebiet E1 hat für die gesamte Dauer eine Inzidenz über den Kontrollgebieten, davon in vier Dreijahresperioden signifikant. Das ist noch immer weit unter dem Niveau einiger Städte, z. B. České Budějovice oder Olomouc.

B. Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigten, dass das Auftreten von Kindern mit niedrigem Geburtsgewicht in beiden exponierten Gebieten dem gesamtstaatlichen Durchschnitt nahe ist und signifikant höher als im Kontrollgebiet Písecko, wo die Situation unter diesem Gesichtspunkt ungünstig ist.

Bei der Entwicklung der Inzidenz sind in den ländlichen Gebieten deutliche Unregelmäßigkeiten, im Großteil des Beobachtungszeitraums bewegen sich die exponierten Gebiete bei niedrigeren Werten und Písecko bei relativ hohen. In den letzten Jahren kam auch das Kontrollgebiet České Budějovice in dieselbe ungünstige Situation, wo der Index in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums kontinuierlich gestiegen ist.

C. Gesamtbewertung

Die berechneten Kenndaten für das Auftreten von Spontanaborten können vor einem erhöhten Ausmaß gestörter Reproduktionsprozesse im Bereich E1 zeugen. Von den Kontrollgebieten hat bei der Inzidenz geringes Geburtsgewicht Písecko und in letzter Zeit auch die Region České Budějovice eine ungünstige Situation.

Diese Zahlen müssen auch unter dem Aspekt der Vollständigkeit und Glaubwürdigkeit der Daten erforscht werden. Unter diesem Aspekt sind die Daten zu Kindern mit geringem Geburtsgewicht glaubwürdiger. Bei den Spontanaborten gibt es Probleme mit der einheitlichen Erfassung, da ein Teil der Fälle nicht gemeldet, manchmal nicht diagnostiziert wird. Davon zeugt eine höhere Anzahl von evidierten Fällen in Städten als am Land. Eine genauere Bewertung dieser Frage wird in den folgenden Jahren durchzuführen sein.

AUSWIRKUNGEN AUF DIE PSYCHE

Die Bewohner der Umgebung des KKW sind ohne Zweifel bereits einige Jahrzehnte psychologisch von der Vorbereitung und der anschließenden Errichtung des KKW und schließlich der Inbetriebnahme beeinflusst. Es treffen hier zwei psychologische Einstellungen gegenüber dem KKW aufeinander: einerseits positiv, aufgrund des evidenten ökonomischen Beitrags für die gesamte Region und die Ausstattung mit

Verkehrsverbindungen und weiteren Dienstleistungen, die Arbeitsplätze im KKW und bei den damit verbundenen Dienstleistungen u.a., andererseits die Bedenken vor nicht genauer bestimmten ungünstigen Auswirkungen des Betriebs des KKW auf die Umgebung und vor allem die Angst vor eventuellen Unfallsituationen. Die überwiegenden Stimmungen der Bevölkerung in den vergangenen Jahren (laut subjektiven Angaben der lokalen Bevölkerung) schwankten zwischen einer relativ positiven Einstellung gegenüber dem KKW in Zeiten, wo der positive ökonomische Beitrag stärker gefühlt wurde und negativer Einstellung, wo die Folgen des Baus die Bevölkerung in der einen oder anderen Form betroffen haben (z. B. während der Auflösung einiger Dörfer in der direkten Umgebung), bzw. in Zeiten intensiver Proteste der Gegner des KKW, die die Bevölkerung durch die extrem übertriebenen Vorstellungen von der potentiellen Gefährdung beeinflussten.

Zur Bewertung eventueller psychischer Auswirkungen auf die Bevölkerung im betrachteten Gebiet des KKW diente eine Untersuchung (V. Kebza, I. Šolcová, P. Sadílek), die zweimal (in den Jahren 2000 und 2002) im Rahmen der Studien des Instituts für Präventivmedizin der Masaryk – Universität gemacht wurde. Man konzentrierte sich auf die Frage, ob die Menschen, die in der Nähe des KKW leben, ihre Lebenssituation anders als die Menschen in Kontrollgebieten erleben, d.h. ob sie eine größere Beunruhigung aufgrund ihrer Lebenssituation erleben und mehr unter Anspannung und Unruhe zu leiden haben. Ziel war es mit Hilfe psychologischer Instrumente potentielle Besonderheiten bei auftretenden Bedenken, dem Ausmaß psychischer Stabilität/Labilität, suspekten Ängsten und dem Niveau der Lebenszufriedenheit der Bewohner der Umgebung des KKW Temelin festzustellen.

Dafür wurde ein Set eines 25-teiligen Inventars vorbereitet, das in der Form eines Fragebogen ausgearbeitet war. Zu den einzelnen Posten geben die Befragten mittels einer siebenteiligen Skala eine Meinung ab. Der Fragebogen war so ausgearbeitet, dass nicht ersichtlich war, dass die Untersuchung mit dem KKW Temelin zusammenhängt. Den Interviewern, wie auch den Befragten wurde gesagt, dass einige psychologischen Eigenschaften der erwachsenen Bevölkerung in ausgesuchten Regionen der CR identifiziert werden sollen. Grund dafür war es, eine bewusste Projektion eventueller negativer Einstellungen gegenüber dem KKW zu eliminieren, die vor allem durch die Medien bedingt sind, die dann in die Antworten projiziert werden und die Ergebnisse verzerren.

Die Auswahl der Daten selbst wurde durch die Technik des gesteuerten Gesprächs von dafür speziell geschulte Personen durchgeführt. Den Befragten wurde Anonymität garantiert und ihre Beteiligung an der Untersuchung war freiwillig.

Das eigentliche psychologische Untersuchungsinstrument, das 25-teilige Inventar, war so aufgebaut, dass Informationen von beobachteten Gruppen von Befragten in Dimensionen gewonnen werden konnten, wo es aufgrund der Existenz des KKW zu Verschiebungen gegenüber dem Normalen geben kann und Schlüsselindikatoren für eventuelle negative Veränderungen gefunden werden können. Es handelt sich um folgende Bereiche:

N – Neurotizismus

L – sog. „lie scale“

DE – depressive Symptomatologie

LOC – Lokalisierung der Kontrolle („locus of control“), d.h. Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten

LS – Lebenszufriedenheit („life satisfaction“)

F – erlebte Angst und Furcht

SE – Fähigkeit zur Selbstverwirklichung (self-efficacy).

Im Jahre 2000 wurde zwischen der südböhmischen Gruppe auf der einen Seite und der ostböhmischen Gruppe auf der anderen keine wesentlichen Unterschiede bei der psychischen Stabilität, der Selbststilisierung, Erleben von Angst, Befürchtungen und Furcht, Selbstbewusstsein und Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten gefunden. Ausnahme war nur ein Bereich, das Gefühl der Lebenszufriedenheit, das bei der Gruppe in Südböhmen höher war. Wenn die Respondenten dieser Gruppen anführen, dass sie mit ihrem Leben unzufrieden sind, so liegt das an anderen Umständen als der Errichtung und Inbetriebnahme des KKW Temelin. Resultierende Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (mit der Ausnahme der Lebenszufriedenheit) wurden auch bei sehr guter Aufteilung (nach Geschlecht, Alter, Bildung, Größe der Gemeinde, Einkommen, Beruf) für keinen der Hauptparameter der Untersuchung nachgewiesen.

Bei den Hauptgründen für die höhere Lebenszufriedenheit der Bewohner der südböhmischen Region war es vor allem die bessere Bewertung ihrer eigenen wirtschaftlichen und gesundheitlichen Lage, die zu den Schlüsselfaktoren bei der Formung dieses Phänomens zählt. Wenn die Befragten der südböhmischen Gruppe bei etwas weniger zufrieden als die der südböhmischen waren, so hing dies mit ihren größeren persönlichen Problemen zusammen (Problemen mit sich selbst), mit der Gesamtmoral der Gesellschaft und mit den Erscheinungsformen der großen Politik, somit einer größeren Unzufriedenheit mit dem Zustand der Gesellschaft. Die Errichtung oder Inbetriebnahme des KKW Temelin taucht unter den Gründen der Unzufriedenheit nicht auf.

Es wurde betont, dass der beschriebene Zustand für die damalige Situation vor Beginn der Inbetriebnahme des KKW Temelin gilt, als die Medien dem Protest von Aktivisten gegen die Inbetriebnahme eine große Aufmerksamkeit widmeten. Eventuelle Veränderungen des Bewusstseins nach der Inbetriebnahme sollte die analoge Untersuchung im Jahre 2002 bringen.

In dieser wiederholten Untersuchung im Gesamtvergleich beider Gruppen zeigten sich statistisch bedeutende Unterschiede zwischen den Bewohnern der südböhmischen Region

und der Kontrollgruppe beim durchschnittlichen Niveau der psychischen Stabilität/Labilität (N) und beim durchschnittlichen Niveau zeigten sich die Tendenzen in einem besseren Licht (L), und das in beiden Fällen zugunsten der Temelin-Gruppe.

Gegenüber der Untersuchung von 2000 gab es hier eine leichte Verschiebung bei der Anzahl der Unterschiede (in der vorhergehenden Untersuchung war der Unterschied bei einer veränderlich, und das bei der Lebenszufriedenheit) und in der konkreten veränderlich, der günstige Trend zugunsten der Temelin-Gruppe blieb somit erhalten. Ebenso wurden bei allen weiteren Veränderungen Unterschiede zugunsten der Temelin-Gruppe festgestellt (bei Anzeichen für die Depressions- Symptomatologie, Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, Lebenszufriedenheit, erlebte Angst und Befürchtungen und Fähigkeiten zur Selbstverwirklichung), allerdings ohne statistische Relevanz.

Die insgesamt günstigeren Ergebnisse der Temelin-Gruppe bestätigten auch die Einzelanalyse der gewonnenen Daten. Statistisch relevante Unterschiede zwischen beiden Gruppen betreffen gesamt 6 Posten, wobei bei allen bei der Temelin-Gruppe die günstigeren Ergebnisse im Vergleich zur Kontrollgruppe waren. Sie zeigen, dass die Temelinbevölkerung nicht unter deutlichen Depressionszuständen lebt, sie zeigte sich nicht als labiler, hat keine größeren Ängste und leidet nicht unter dem Gefühl von Minderwertigkeit oder mangelndem Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten; eher im Gegenteil. In den Schlüsselbereichen (ökonomische Situation und Gesundheit) ist die Temelinbevölkerung im Gegenteil zufriedener.

Die zweite Untersuchung wurde im Herbst 2002 durchgeführt, während der Betrieb des KKW schrittweise mit einigen Problemen technischer Art anlief, die von den Medien häufig durchgenommen wurden. Die zweite Befragung stand im Zeichen der Augusthochwasser, die die CR von Süden nach Norden ergriffen hatten und in Hinblick auf den relativ kurzen Zeitabstand von der eigentlichen Felduntersuchung die vor allem gesamtgesellschaftliche (und medial stark berichtete) Atmosphäre einer außerordentlichen Bedrohung beeinflussen konnten. Unter den Befragten waren keine vom Hochwasser direkt betroffenen.

Selbst die genannten außerordentlichen Umstände veränderten die ursprünglich günstige Tendenz der Bewertung der Gesamtsituation der südböhmischen Bevölkerung nicht. Wenn Unterschiede zwischen der südböhmischen und der Kontrollgruppe festgestellt wurden, so stets und ohne Ausnahme zugunsten der südböhmischen (Temeliner) Gruppe. Man kann somit festhalten, dass sich die insgesamt gute Bewertung der Qualität des psychischen Zustands der Temeliner Bevölkerung, die durch Fertigstellung und Betriebsbeginn des KKW nicht negativ betroffen war, auch über die nächsten zwei Jahre fortsetzte und das diese Bewertung gegenüber den angeführten außerordentlichen und unerwarteten Ereignissen relativ stabil und resistent ist.

SCHLUSSFOLGERUNG

Zusammenfassend kann man konstatieren, dass das aktuelle Niveau der wesentlichen Kenndaten zum Gesundheitszustand der Bevölkerung (Sterblichkeit, Auftreten von Spontanaborten, Kinder mit niedrigem Geburtsgewicht) in der nächsten Umgebung des KKW Temelin den entfernteren Gebieten Südböhmens ähnelt, in einigen Richtungen allerdings spezifische Unterschiede aufweist. Bei einer Reihe von Daten sind die Gesundheitsverhältnisse in der Umgebung des KKW signifikant günstiger als in den entfernteren Gebieten, bei einigen Daten ist das Gegenteil der Fall. Diese Unterschiede werden detailliert dokumentiert und diese Datenbasis der Gesundheitscharakteristika wird als unerlässliche Grundlage für eventuell zukünftige Gesundheitsauswirkungen des Betriebs des KKW auf die Bevölkerung in der Umgebung dienen.

Alle angeführten Daten stammen aus dem Jahrzehnt vor Inbetriebnahme des KKW Temelin. Wenn sie in der Umgebung des betriebenen KKW festgestellt worden wären, würden sie sicherlich zu oberflächlichen Einschätzungen über die ungünstige oder günstige Auswirkung des KKW führen. Die Ursachen für die Differenzen liegen selbstverständlich tiefer, im Kontext verschiedener lokaler sozialer und kultureller Faktoren, der Zusammensetzung der Bevölkerung nach Berufen, in Ausmaß und Art von Migration usw. An Entstehung und Entwicklung von Krankheiten beteiligt sich neben der genetischen Veranlagung eine große Menge an äußeren Determinanten, vor allem der Lebensstil (schlechte Ernährungsgewohnheiten, Rauchen, Alkohol, wenig Bewegung und damit zusammenhängende Korpulenz, Stress und vieles mehr) und wahrscheinlich auch die Umwelt (Chemie, mikroklimatische Einflüsse u.a.). Deren tiefere Kenntnis würde eine längere Zeit und analytischen Zugang erfordern, zum dem die langfristige Beobachtung der Gesundheitssituation in der Umgebung des KKW in Zukunft genug Möglichkeit bieten wird.

Auf der psychischen Seite hat sich die Bevölkerung in der Nähe des KKW anscheinend gut angepasst und man kann davon ausgehen, dass dieser Zustand bei einem ruhigen und in den Medien weniger debattierten Betrieb weiterhin anhalten wird.

LITERATUR

1. Arca, M. et al.: Years of Potential Life Lost (YPLL) Before Age 65 in Italy. Am. J. Publ. Hlth. 78, 1988, No 9, p. 1202-1205.
2. Statistikamt der CR: Zählung von Bevölkerung, Häusern und Wohnungen, 1991 und 2001.
3. Holland W. W., Detels R., Knox G. ed.: Oxford Textbook of Public Health. Vol. 2. Oxford, New York, Toronto, Oxford University Press 1991.
4. Kotulán J.: Gesundheit und Umwelt, Praha, Avicenum 1991.
5. Kotulán, J., Smékal, V., Roth, Z., Petlan, I.: Gesundheitszustand der Bevölkerung im Bereich der Auswirkungen des energiewirtschaftlichen Komplexes Dukovany - Dalešice. Naturwissenschaftlicher Sammelband des Westmährischen Museums, Třebíč, 24: 45 - 112, 1996.
6. Mahoney, M. C. et al.: Years of Potential Life Lost Among a Native American Population. Publ. Hlth. Rep., 104,1989, No. 3, p. 279-285.

7. Roth, Z., Josífko, M., Malý, V., Trčka, V.: Statistische Methoden in der Experimentalmedizin. Praha, Stát. zdrav. nakladatelství 1962.
8. Institut für Präventivmedizin LF MU, Brno: Gesundheitszustand der Bevölkerung im Bereich der Auswirkungen des KKW Temelin. Brno, 2000, 136 S.
9. Institut für Präventivmedizin LF MU, Brno: Gesundheitszustand der Bevölkerung im Bereich der Auswirkungen des KKW Temelin. Brno, 2001, 124 S.
10. Institut für Präventivmedizin LF MU, Brno: Gesundheitszustand der Bevölkerung im Bereich der Auswirkungen des KKW Temelin. Brno, 2002, 187 S.
11. Institut für Präventivmedizin LF MU, Brno: Gesundheitszustand der Bevölkerung im Bereich der Auswirkungen des KKW Temelin., 2003, 226 S.
12. Žáček, A.: Methode der Studiums von Gesundheit und Krankheit in der Bevölkerung. Praha, Avicenum 1984.
13. Žáček, A., Koukalová H., Holčík J.: Verlorene Jahre potentiellen Lebens - Čs. zdrav., 35, 1987 No. 8-9, S. 321-331.

In Brno, 15. Jänner 2004.

Prof. MUDr. Jaroslav Kotulán, CSc.

**Auftraggeber: INVESTprojekt NNC, GmbH
Špitálka 16, 602**

**Bewertung des Gesundheitsrisikos aus dem Vorhaben im KKW Temelin ein
Zwischenlager für abgebrannten Nuklearbrennstoff zu errichten**

**Autor: Prof. Dr. Jaroslav Kotulán, Csc
613 00 Brno, Zemědělská 24
IČO 440 71 671**

Brno, Jänner 2004

INHALT

- 1. Methodik**
- 2. Identifikation der Gefährlichkeit**
- 3. Bestimmung des Verhältnisses Dosis – Response**
- 4. Bewertung der Exposition**
- 5. Charakteristik des Risikos**
- 6. Schluss**

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

ALARA ... As Low As Reasonably Achievable (Arbeitsprinzip mit dem Ziel, das niedrigste vernünftig erreichbare Schadstoffniveau zu erreichen)

BEIR ... Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation of the UNSCEAR (Ausschuss über die Biologischen Effekte der Ionisierender Strahlung UNSCEAR)

ICRP ... International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)

ZWILAG..Zwischenlager für abgebrannten Nuklearbrennstoff

UNSCEAR ... United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Wissenschaftlicher Ausschuss zur Untersuchung der Auswirkungen atomarer Strahlen)

Gegenstand dieser Studie ist im wesentlichen die Bewertung der potentiellen Gesundheitsauswirkungen von Niedrigdosen ionisierender Strahlung, die aus dem Zwillag emittiert wird. Zur Quantifizierung dieser Auswirkungen verwenden wir hier eine international verwendete Methode zur Bewertung des Gesundheitsrisikos.

1. Methodik

Die Bewertung von Risiko (Risk Assessment) ist eine fachliche Tätigkeit, die die Art und Wahrscheinlichkeit möglicher negativer Effekte feststellen soll, die den Menschen und die Umwelt in Folge einer Exposition mit chemischen und anderen Schadstoffen betreffen kann. Bei der Bewertung der potentiellen Risiken und deren Auswirkungen verwenden wir die Methode der Risikobewertung (Risk Assessment). Diese beruht auf den Studien der US Umweltschutzbehörde (US EPA) aus den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts und dienen der Identifizierung von Risiken und deren quantitativer und qualitativer Bewertung. Die Methode des Risk Assessment der US Umweltbehörde US EPA ist international anerkannt. Auf ihr beruht die Richtlinie des Umweltministeriums (Methodik der Risikoanalyse. Beilage Nr. 3 zur methodischen Anleitung „Vorgangsweise zur Ausarbeitung der Risikoanalyse“. Rundbrief des Umweltministeriums Nr. 3/1996, Kapitel 2.3.). In Sinne dieser Methodik bewerten wir die Auswirkungen des Lagers.

Die Risikobewertung anhand der genannten Methodik besteht aus vier aneinander anknüpfenden Schritten:

a) Identifizierung der Gefährdung (Hazard Identification)

Es handelt sich um die Eingangsbewertung, das quantitative Kennenlernen des bewerteten Standorts, der vorhandenen Schadstoffe und Umstände einer potentiell ungünstigen Wirkung auf die Bevölkerung. Resultat dieser Schritte ist ein Verzeichnis der gesundheitlich bedeutenden Schadstoffe und eine Begründung der Schritte, mit denen sie ausgewählt wurden. Das Verzeichnis wird durch eine Beschreibung der wesentlichen physikalischen, chemischen und toxikologischen Eigenschaften der ausgewählten Schadstoffe und ihrer Bewegung und Veränderung in der Umwelt, der Expositionspfade, Wirkung im menschlichen Organismus und der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen beschrieben. Es werden auch die Charakteristika der Risikobevölkerungsgruppen genannt (wenn es sie gibt), d.h. die Gruppen, die einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind, entweder aufgrund der höheren Sensibilität gegenüber einzelnen Schadstoffen oder einer höheren Exposition.

b) Bestimmung des Verhältnisses Dosis – Response

In diesem Schritt wird das Verhältnis zwischen Expositionslevel und Größe des Risikos identifiziert¹. Die Toxizität der Schadstoffe wird oft als Lebensrisiko pro einheitliche Exposition bezeichnet.

¹ Unter Risiko versteht man die mathematische Wahrscheinlichkeit, mit der es unter definierten Bedingungen zur Schädigung der Gesundheit, zu Krankheit oder Tod kommt. Theoretisch bewegt es sich von Null (keine Schädigung) bis eins (Schädigung in allen Fällen). In der Praxis wird die Größe der

Unter dem Aspekt der Art der gesundheitlichen Folgen werden die Schadstoffe in zwei Grundkategorien eingeteilt:

- Stoffe mit Schwelleneffekt, bei denen man davon ausgeht, dass minimale Dosen bis zu einem gewissen Niveau (Schwelle) keine negativen Auswirkungen haben. Über dem Schwellenwert steigt dann die Größe der Auswirkung mit der Größe der Exposition. In diese Gruppe gehört der Großteil der toxischen Stoffe.
- Stoffe ohne Schwelleneffekt, bei denen man bereits bei den niedrigsten Dosen eine negative Auswirkung annimmt. Das Risiko steigt dann mit der Exposition von Null an, die Abhängigkeit der Dosis von der Wirkung wird im Bereich der niedrigen Dosen stets als linear betrachtet. Die Wirkung ist stochastisch, d.h. mit der Größe der Dosis steigt nicht auch die Schwere der Erkrankung, sondern die Wahrscheinlichkeit der Entstehung der Erkrankung.

Bei der Bewertung des Risikos aus dem Faktor mit der schwellenlosen Wirkung wird auf Grundlage der wissenschaftlichen Erkenntnis das Niveau der Exposition bestimmt, die als „akzeptabel“ betrachtet wird. Sie wird mit der Abkürzung RsD (Risk-specific Dose) bezeichnet. Bei der Einatmung der Exposition wird eine ähnlich aufgefasste Referenzkonzentration RsC bestimmt. Die Entscheidung darüber, was „akzeptabel“ ist, ist allerdings eine kontroverse Angelegenheit, die in verschiedenen Ländern und Institutionen verschieden betrachtet wird. Meist wird als Risiko ein Fall pro Million Menschen (1×10^{-6} , bzw. 1E-06) als akzeptabel bezeichnet, manchmal werden auch weniger strikte Niveaus akzeptiert, bis zu 1×10^{-4} . Der Wert RsD bzw. RsC hängt allerdings nicht nur von der Bewertung der „Akzeptanz“ ab, er ist von der Stärke der karzinogenen Wirkung eines bestimmten Faktors abhängig, d.h. der Steilheit der Kurve der Dosis-Wirkung. Diese Stärke wird als Richtlinie des Verhältnisses Dosis-Response im Bereich der niedrigen Dosen (Slope Factor bzw. Cancer Risk Unit) bezeichnet.

c) Bewertung der Exposition

Es handelt sich um die Einschätzung des Niveaus (Dosis), der verschiedene Gruppen von Menschen (Subpopulation) mit chemischen Stoffen oder anderen Faktoren aus der Umwelt ausgesetzt sind. Die Stufe der Exposition hängt nicht nur mit der Konzentration des Stoffes in den Elementen der Umwelt, aber auch mit der Stelle des Aufenthalts und der Aktivität der Menschen zusammen.

d) Charakterisierung des Risikos

Bei diesem letzten Schritt sagt man die gesundheitlichen Folgen auf die Bevölkerung, bzw. eine Teilgruppe auf der Grundlage einer Integration der Erkenntnisse über die Gefährlichkeit der einzelnen Stoffe oder Faktoren und Angaben über die Exposition

Bevölkerung angeführt, in der 1 Fall eintritt, z. B. 10^{-6} (=1E/06) bedeutet ein Fall bei einer Million Einwohner.

voraus. Bei den karzinogenen Faktoren berechnet man das bereits erwähnte Risiko für eine Anzahl von Bewohnern, mit der üblichen Anforderung an einen akzeptablen Index von 10^{-6} als Lebensexposition (70 Jahre lange).

2. Identifikation der Gefährlichkeit

Bewerteter Standort und Quelle

Das Gebäude des Zwiilag mit einem einstöckigen Lagerteil auf dem ersten überirdischen Niveau wird sich am südwestlichen Rand des KKW-Areals befinden. Quelle der potentiell ungünstigen Auswirkungen wird der abgebrannte Brennstoff aus den Reaktoren sein, der in speziellen hermetisch abgeschlossenen Behältersystemen („Container“) aufbewahrt wird, die eine fast vollständige Abschirmung der ionisierenden Strahlung (vor allem Gamma – und Neutronenstrahlung) garantieren und eine Freisetzung der Uranspaltprodukte verhindern (vor allem von radioaktiven Gasen und Aerosolen). In die Umgebung des Zwiilag werden sehr niedrige Intensitäten ionisierender Strahlung freigesetzt werden, die von den Wänden der Container und der Wände der Gebäude nicht abgefangen wurden.

Eine weniger wichtige Quelle ionisierende Strahlung wird der Transport der angefüllten und geschlossenen Behälter aus dem Reaktorblock mit der Werksbahn in das Zwiilag sein. Während des Transports werden ebenfalls geringe Mengen ionisierender Strahlung emittiert werden. Es wird allerdings nur sehr selten der Fall sein, da es nur an zwei Tage dazu kommen wird.

Die übrigen Auswirkungen auf die Umgebung sind bedeutungslos. Die Emission von Lärm aus inneren Quellen (Transformatoren, Ventilation u.a.) werden minimal sein und in den nächsten Siedlungen die Lärmsituation nicht betreffen. Zuverlässig verhindert wird eine Freisetzung von kontaminiertem Wasser, so dass eine Verunreinigung des Bodens und des Grundwassers verhindert wird. Die Behälter mit abgebranntem Brennstoff werden zuverlässig gegen die Freisetzung von radioaktiven Gasen oder Aerosolen gesichert sein. Es wird auch zu keiner Luftverschmutzung kommen.

Wir können zusammenfassen, das der einzige gesundheitsrelevante Faktor die Reststrahlung sein wird, die von den einzelnen Containern und den Wänden des Lagers nicht abgefangen wird.

Ionisierende Strahlung

Radioaktive Elemente (Radionuklide) senden bei ihren selbsttätigen Umwandlungen Teile ihrer Energie bzw. Masse in die Umgebung, und das im Prinzip auf drei Arten: als Teilchen mit zwei Protonen und zwei Neutronen (Alfa- Strahlung), Elektronen und Neutrinos (Beta-Strahlung) oder als elektromagnetische Strahlung (Gamma-Strahlung). Diese Eigenschaften bezeichnen wir als natürliche Radioaktivität. Dieselbe Art der Strahlung und auch der Neutronenstrahlung (Neutronenfluss) kann man technisch

herstellen (künstliche Radioaktivität). Alle genannten Arten von Strahlen zerteilen bei ihrem Durchgang durch eine Masse entlang ihrer Bahn die anwesenden Moleküle in elektrisch geladene Ionen, d.h. die ionisieren diese Masse. Daher leitet sich die Bezeichnung für diesen Typ Strahlung ab.

Die genannten Strahlungsarten unterscheiden sich in ihrer Durchdringungskraft und Mächtigkeit der hervorgerufenen Ionisierung. Die Gammastrahlung ist sehr durchdringend, aber relativ weniger ionisierend, die Alfa – und die Neutronenstrahlung hingegen sind gering durchdringend (vor allem Alfa, die bereits von einem Blatt Papier abgehalten wird), aber bei derselben physikalischen Dosis ca. 20x mächtiger. Die Beta-Strahlung ist zwischen den beiden Extremen.

Von den genannten Typen kommt bei dem geprüften Zwiilag in der Umgebung des Areal nur die Gamma-Strahlung in Frage. Wir werden ihr daher nun die Hauptaufmerksamkeit widmen.

Die Mächtigkeit der radioaktiven Stoffe, deren Strahlung und Wirkung in den in den folgenden Einheiten ausgedrückt, die wir hier anführen werden:

Die *Aktivität* charakterisiert die Strahlungsquelle und ist durch die Anzahl der Umwandlungen in einem bestimmten Stoff pro Zeiteinheit bestimmt. Die Einheit ist Becquerel (Bq). 1 Bq = 1 Umwandlung pro Sekunde in einer bestimmten Menge des untersuchten Stoffes. Daher wird Bq/kg, Bq/m³ u.ä. verwendet.

Dosis charakterisiert die physikalische Wirkung in einem bestrahlten Stoff und wird mit der Menge Energie gemessen, die in einer bestimmten Masse bestrahlte Materie absorbiert wird. Einheit ist 1 gray (Gy). 1 Gy = 1 J/kg.

Dosisäquivalent charakterisiert die Wirkung auf bestrahlte lebende Materie (Gewebe, Organe, menschlicher Organismus). Es berücksichtigt die Tatsache, dass verschiedene Arten von Strahlung unterschiedlich stark ionisieren und damit bei derselben Dosis unterschiedliche biologische Wirkungen erzeugen, proportional zur erzeugten Ionisierung. Daher wird der Qualitätsfaktor Q verwendet (mit einer Spannbreite von 1 bei der Gammastrahlung bis ca. 20 bei stark ionisierenden Arten), der die Dosis auf denselben Nenner derselben biologischen Wirkung umrechnet:

$$H = D \cdot Q.$$

Einheit ist Sievert (Sv). Ausmaß ist wiederum J/kg, da der Faktor Q dimensionslos ist. In der Praxis des Schutzes von Leben in der Umwelt und am Arbeitsplatz wird eine um drei Ordnungen niedrigere Einheit verwendet, Millisievert (mSv), bzw. um 6 Ordnungen, Mikrosievert μ Sv.

Effektivdosisäquivalent geht in der Berücksichtigung der biologischen Effekte noch weiter und beachtet bei einer unregelmäßigen Bestrahlung des Körpers oder der

Bestrahlung einiger seiner Teile nur den Teilbeitrag zum gesamten gesundheitlichen Schaden. Wird ebenfalls in Sv bzw. mSv ausgedrückt.

Effektivdosisleistung ist das zeitliche Integral der Effektivdosisleistung für die Dauer ab der Aufnahme der Radionuklide. Üblicherweise wird mit 50 Jahren für die Aufnahme der Radionuklide bei Erwachsenen bis 70 Jahren und bei Kindern gerechnet.

Während man die Dosis direkt messen kann, werden die anderen angeführten Einheiten mit Tabellen für die jeweiligen Faktoren und Indexe gerechnet.

Biologische Wirkungen

Beim Durchgang durch lebende Materie werden auch die Moleküle von biologisch bedeutenden Stoffen in den Zellen ionisiert und dadurch wird deren Struktur und Funktion verändert. Die bedeutendsten Folgen kann eine solche Veränderung bei den außerordentlich komplexen Molekülen des Zellkerns (vor allem von DNA) auslösen, die Träger der genetischen Information sind. Kommt es zur Störung von deren Aufbau und Funktion, ändert sich die Steuerungsinformation und die Entwicklung der Zelle verläuft falsch. Im Organismus funktionieren allerdings relativ effektive Reparaturmechanismen, die einen großen Teil dieser Schäden wieder gutmachen. Wenn dies nicht gelingt, so treten verschiedene und unterschiedlich gravierende Störungen auf.

Die Forschungen der letzten Jahre zeigten, dass die angeführte Schädigung nicht nur bei den direkt durch den Durchgang der geladenen Teilchen eintreten muss, sondern auch bei den umliegenden Zellen, der sog. „bystander effect“. Der „Eingriff“ in die Struktur des Zellkerns löst nämlich einen komplexen molekular-biologischen Prozess mit einem interferierenden genetischen Element aus, das auf der Grundlage biochemischer und anderer Kommunikation zwischen den Zellen die Übertragung der hervorgerufenen Veränderungen auch weiterer Zellen auslösen kann.

Wenn eine Körperzelle betroffen ist (im normalen Gewebe), kann sie absterben, sie kann die Fähigkeit der Vermehrung einbüßen und damit zu einer Verminderung der Zellen im Gewebe führen, oder es kommt zu ihrer Mutation, d.h. zur Veränderung der Eigenschaften, die auf die Tochterzellen übertragbar sind. Die gefürchtete Art dieser Mutation ist die primäre karzinogene Umwandlung, d.h. der Beginn der folgenden, üblicherweise Jahre und Jahrzehnte dauernden falschen Entwicklung in Richtung Entstehung eines bösartigen Geschwürs.

Wenn eine Keimzelle bestrahlt wird (Spermie, Eizelle) und sich nach einer solchen Mutation an einer Befruchtung beteiligt, ist der neu entstehende Mensch bedroht. Wenn die Veränderung mit dem Leben nicht vereinbar ist, kommt es zum Abort, wenn die Veränderung weniger bedeutsam ist, droht die Entstehung verschiedener Geburtsschäden.

Auswirkungen auf die Gesundheit

Die gesundheitlichen Auswirkungen der ionisierenden Strahlung weckten bereits Ende des vorigen Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit, als bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlung und radioaktiven Elemente die Fälle schwerer Schäden an Menschen auftauchten, die mit diesen Strahlungsarten arbeiteten. Das Interesse stieg dann nach dem zweiten Weltkrieg weiter, als man die langfristigen Strahlenfolgen bei Menschen sah, die die Atombombenexplosion in Hiroshima und Nagasaki, in den 60er Jahren die globale Ausbreitung der Radionuklide in Folge der Atomwaffentests und später dann den Unfall in Tschernobyl im Jahre 1986 erlebten. Im letzten Jahrzehnt werden diese Fragen in den Medien oft diskutiert, in Zusammenhang mit den Aktivitäten der Gegner der friedlichen Nutzung der Atomenergie.

Beim Gesundheitsschutz besteht ein großer Unterschied zwischen innerer und äußerer Bestrahlung. Die äußere dringt in den Körper aus einer außerhalb des Körpers befindlichen Quelle ein. Sie ist relativ leicht messbar, besser zu kontrollieren und man kann sie in Fälle künstlicher Strahlungsquellen leicht durch Schutzmaßnahmen kontrollieren. Die innere Bestrahlung entsteht, wenn ein Radionuklid in den Organismus eindringt (entweder durch Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel, Einatmen, Aufnahme über die Haut u.ä.). Das weitere Schicksal dieser Stoffe im Körper ist unterschiedlich. Sie können im Körper kreisen oder sich in verschiedenen Organen ansammeln usw. Da allerdings bei den Auswirkungen des Zwischenlagers eine innere Bestrahlung nicht in Frage kommt, werden wir uns nur äußerer Strahlung zuwenden.

Bei den Gesundheitsfolgen ist die akute von der chronischen Bestrahlung zu unterscheiden. Unter akuter Verstrahlung versteht man die einmalige Einwirkung einer hohen Dosis (in Hiroshima und Nagasaki nach der Explosion der Atombombe, in Tschernobyl in der Nähe des verunfallten KKW, bei verschiedenen Unfällen mit radioaktiven Stoffen am Arbeitsplatz). Aufgrund der Möglichkeit des direkten Studiums der Folgen dieser Unfälle sind deren Wirkungen, wie etwa die akute Strahlenkrankheit, relativ gut bekannt und erforscht. Die chronische Bestrahlung entsteht durch die Wirkung von niedrigen Dosen, auch lebenslangen Expositionen mit niedrigen Dosen, die keine direkten negativen Auswirkungen haben und deren negative Wirkung im Verlauf der Zeit kumuliert. Der Nachweis deren Wirkung ist nicht einfach, da das Auftreten so hervorgerufener Geschwüre oder anderer gesundheitlicher Folgen niedrig ist und in der Statistik zu Erkrankungen und Sterblichkeit von anderen, wesentlich stärkeren Auswirkungen der Lebens – und Arbeitsbedingungen überdeckt ist. Die mathematischen Koeffizienten zur Abhängigkeit von Dosis und Wirkung werden mit der Extrapolation der Erkenntnisse abgeleitet, die bei den hohen Dosen festgestellt wurden und auf die niedrigen übertragen werden.

Das Konzept zur Bewertung der Auswirkungen der Strahlung ist das schwellenlose Linearmodell, das die ICRP Kommission im Jahre 1965 beschlossen hat. Es beruht auf der Annahme, dass die karzinogenen Wirkungen der ionisierenden Strahlung bei jeder (auch einer minimalen) Dosis vorliegen und in Abhängigkeit von der Dosis im Bereich der niedrigen Dosis linear ist.

Dieser Zugang wird in den letzten zwei Jahrzehnten einer wachsenden Kritik unterzogen. In Hinblick darauf, dass die wichtigste Informationsquelle, aus dem sich der Koeffizient der Schädigung ableitet, die Folgen der Atombomben in Japan sind, wird immer mehr angezweifelt, ob eine so weite Extrapolation von einer einmaligen Exposition mit außergewöhnlich hohen Dosen zur lebenslangen Exposition mit Spurendosen überhaupt berechtigt ist. Ein weiterer Kritikpunkt ist das schwellenlose Wirkungsmodell. Epidemiologische Folgen negativer Gesundheitsfolgen durch die langfristige Exposition mit ionisierender Strahlung wurden nur für Dosen von 100 mSv jährlich nachgewiesen. Bei niedrigeren Dosen sind sie nur sporadisch und unzuverlässig. Im Gegenteil, epidemiologische Untersuchungen haben wiederholt nachgewiesen, dass zwischen Gegenden mit niedriger und Gegenden mit hoher Hintergrundstrahlung keine Unterschiede sind, weder beim Auftreten von Krebs, noch bei angeborenen Schäden. Auch bei Mitarbeitern in KKW und anderen nuklearen Anlagen konnte kein erhöhtes Risiko nachgewiesen werden.

Bei Experimenten mit biologischem Material kann man bei Dosen von 10 bis 100 mGy in Geweben mit empfindlichen Methoden einige Veränderungen nachweisen (Enzyminduktion, Chromosomenaberration u.a.). Diese sind allerdings reversibel (zum normalen Zustand rückführbar) und von der Dosis unabhängig.

Alle angeführten Fakten würden eher für eine umstrittene oder gar keine Schädlichkeit sehr niedriger Dosen ionisierender Strahlung sprechen.

Als nicht nachgewiesen betrachtet wird auch die Vorstellung von der linearen Abhängigkeit von Dosis und Wirkung im Bereich der sehr niedrigen Dosen. Sie wurde nicht direkt nachgewiesen, sie ist das Produkt von nicht nachgewiesenen Erwägungen, bzw. Spekulationen. Einige argumentieren sogar, dass die Linearität der Beziehung der absorbierten Dosis ionisierender Strahlung und erhöhten Anzahl von Geschwüren im Bereich der niedrigen Dosen aus theoretischer Sicht unmöglich sei.

Das schwellenlose lineare Modell ist somit weder biologisch, klinisch noch epidemiologisch nachgewiesen. Es wächst im Gegenteil die Anzahl der epidemiologischen Studien mit der Schlussfolgerung, dass niedrige Dosen ionisierender Strahlung eine positive Wirkung haben und der menschlichen Gesundheit förderlich sind. Als Folge ihrer Wirkung wird in diesen Studien nicht nur eine verringerte Entstehung von gefährlichen Geschwüren festgestellt, sondern auch eine erhöhte Widerstandskraft gegen einige weitere Krankheiten und eine durchschnittlich längere Lebensdauer.

Die genannte Erscheinung wird in der Literatur als *Hormese* bezeichnet, die eine Anregung der Schutz – und Reparaturvorgänge durch den Einfluss niedriger Dosen ionisierender Strahlung und daher auch eine gestiegene Abwehrkraft gegenüber der Wirkung weiterer Strahlung darstellt.

Diese neuen Ansichten werden allerdings nicht allgemein akzeptiert, eine großer Teil der Experten beharrt auf den traditionellen Vorstellungen der linearen Wirkung ohne Schwellen. Es gibt eine systematische Diskussion, die Argumente zugunsten der einen

oder der anderen Seite oder die plausiblen Ergebnisse einer anwachsenden Anzahl von wissenschaftlichen Arbeiten zu diesem Thema ins Treffen führt. Eine unumstrittene Entscheidung über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser neuen Ansichten wird erst die Zukunft bringen.

Eine allgemeine Akzeptanz über die Richtigkeit der Vorstellungen über die Hormese würde allerdings die Betrachtungsweise der Auswirkungen von niedrigen Dosen ionisierender Strahlung verändern, auch von Risikoeffizienten, die Konstruktion und das Niveau von Grenzwerten und die Notwendigkeit und Berechtigung von verschiedenen heute üblicherweise geforderten Maßnahmen.

In dieser Dokumentation halten wir uns allerdings im Sinne des konservativen Zugangs an die bisher geltenden Grenzwerte und Risikoeffizienten, die auf dem traditionellen linearen und schwellenlosen Modell der Wirkung ionisierender Strahlung beruhen.

Quellen und Niveau der Bestrahlung der Bevölkerung

Alle Menschen sind auf der Erde ununterbrochen und unvermeidbar einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt, einerseits natürlicher, andererseits künstlicher. Weltweit beträgt das durchschnittliche Effektivdosisäquivalent aus natürlichen Quellen geschätzte 2,4 mSv jährlich, die Schätzungen für die Bestrahlung aus Quellen der Zivilisation unterscheiden sich je nach Autor und Land.

Laut dem Bericht über die Strahlensituation im Gebiet der Tschechischen Republik im Jahre 2002 (SUJB u.a., 2003) hat den größten Anteil an der natürlichen Bestrahlung der Bewohner der CR das Einatmen von Radonumwandlungsprodukten in Gebäuden. Die ganze Struktur der Bestrahlung der Bewohner der CR aus natürlichen Quellen führen wir in einer vereinfachten Tabelle 1 aus dem genannten Bericht an. Wir sehen darin, dass ein Bewohner der CR aus natürlichen Quellen eine Dosis von ca. 3,7 mSv pro Jahr erhält. Je nach geologischem Aufbau kann die Radioaktivität der geologischen Unterlage in verschiedenen Regionen unterschiedlich sein, an einzelnen Orten kann sie sich (auf der positiven und der negativen Seite) vom durchschnittlichen Niveau um bis zu 30 % unterscheiden.

Tabelle 1: Durchschnittliche Jahreseffektivdosis aus natürlichen Quellen bei den Bewohnern der CR

Quelle	mSv/a
Kosmische Strahlung ca.	0,31
Aus dem geologischen Untergrund (außer Radon) ca.	0,80
Einatmen von Radonumwandlungsprodukten ca.	2,56
Gesamt aus natürlichen Quellen ca.	3,67

Zur natürlichen Strahlung muss man noch ca. 20 % als Effekt der natürlichen Quellen dazurechnen, zu denen mit einem entscheidenden Anteil die Verwendung von Röntgen und Radioisotopen in der Medizin zählt. Weiter beteiligt sich ²¹⁰Polonium im Zigarettenrauch daran, einige Kunstdünger, einige Einrichtungen der Industrie, Abbau

und Zermalen von Stein, Verwendung von Fernsehgeräten, Leuchtziffern von Uhren u.a. Es handelt sich um kaum bedeutende Beiträge zur Gesamtdosis. Zu ihnen reiht sich auch die Strahlung aus der störungsfreien Verwendung der Atomenergie zur Stromproduktion.

Die Zusammenzählung der Effektivdosis natürlichen und künstlichen Ursprungs zeigt, dass die Gesamteffektivdosis, die bei uns der durchschnittliche Bürger erhält, bei ca. 4,4 mSv pro Jahr liegt.

Die genannten Angaben sind natürlich grober Durchschnitt, um den die Dosen an den einzelnen Gegenden stark schwanken. Deutliche Unterschiede kann auch die Strahlung aus dem ursprünglichen Untergrund je nach lokalen Bedingungen aufweisen, die Konzentration von Radon in den Häusern kann sich um das Tausendfache unterscheiden. Es liegt an der Seehöhe, in 1500 m ist z. B. die kosmische Strahlung in etwa das Doppelte im Vergleich zu tieferen Lagen.

3. Bestimmung Dosis – Response

Grundlage für die Bewertung der gesundheitlichen Folgen der ionisierenden Strahlung ist die Kenntnis des Verhältnisses von Dosis und Wirkung. Bei hohen einmaligen Dosen handelt es sich vor allem um eine deterministische Wirkung, d.h. mit Anstieg der Dosis wächst die gesundheitlich Beeinträchtigung (Schädigung der Blutbildung, der Verdauungsorgane, Verlust der Immunität usw.). Die zweite Möglichkeit, typisch für die karzinogenen Wirkungen der niedrigen Dosen, ist die stochastische Wirkung, wobei mit dem Anstieg der Dosis auch die Wahrscheinlichkeit einer Störung ansteigt, z. B. die Entstehung von Krebs, nicht aber die Schwere des Verlaufs. Diese Wirkung wird mit Anteil der Betroffenen in der Bevölkerung ausgedrückt (in Umrechnung auf 100000, eine Million usw.). Diese Wirkung wird traditionell als schwellenlos betrachtet, da der Anstieg in Bezug zur ansteigenden gesamt angenommenen Dosis linear ist. Auch bei minimalen Dosen wird eine gewisse (wenn auch minimale) Wirkung angenommen. Grundlage für die Schaffung des Grenzwerts ist hier die gesellschaftliche Akzeptanz des Risikos.

Man muss somit die Frage lösen, was das akzeptable Lebensrisiko (bei 70-jähriger Exposition) ist. In den internationalen Quellen wird als allgemein akzeptables Kriterium die Annehmbarkeit von 1 Todesfall auf eine Million Einwohner pro Jahr ($1E-06$) bei einer lebenslangen Exposition (70 Jahre) genannt. Es handelt sich um einen theoretischen, in der Praxis vernachlässigbaren Wert, da z. B. in der CR jeder vierte Mensch an bösartigen Neubildungen stirbt. Dennoch stützen auch wir uns in dieser Analyse auf das strenge Kriterium $1E-06$.

Bei der Berechnung der Wirkung verwenden wir die Grundsätze der ICRP (International Commission on Radiological Protection, 1991) und im Sinne der Gesetzgebung der CR vor allem die Verordnung Nr. 307/2002 Slg. über den Strahlenschutz. Gemäß diesen Quellen entspricht die Summe der Lebensdosis von 1 Sv der Wahrscheinlichkeit an Krebs zu sterben (alle Arten von Krebs zusammen) $P = 0,5$, d. h. 5 Fälle bei hundert exponierten Einwohnern pro Jahr.

Die zweite Art möglicher Wirkung ionisierender Strahlung, Auswirkung auf Erbmaterials und somit auch auf die Nachkommen, werden wir nicht in bezug auf das Zwischenlager numerisch auswerten. Bei Tieren ist sie nachgewiesen, bei Menschen scheint sie hoher Dosen zu bedürfen, die in der realen Situation des Zwischenlagers nicht in Betracht kommt. Zur Illustration verweisen wir auf eine Studie zu 76 000 Kinder von Menschen, die in Japan die Explosion der Atombombe überlebt haben. Bei einer so großen und sorgfältig untersuchten Gruppe wurden keine erblichen Effekte festgestellt (Upton et al., 1992).

4. Bewertung der Exposition

Die ionisierende Strahlung des abgebrannten Nuklearmaterials wird bereits im Lager zu einem großen Ausmaß abgeschirmt. Die erste Barriere ist die Wand des Behältersystems (BS). Die Konstruktion der Behälter muss modernen Vorschriften genügen und die geforderte Unterkritikalität des abgebrannten Brennstoffs, die Integrität, Dichtheit und Abschirmung garantieren. Die Kontrolle jedes einzelnen Behälters wird durch ein spezielles Überwachungssystem ununterbrochen garantieren. Die Wand der Behälter schluckt den Großteil der emittierten Strahlung, so dass an der Oberfläche die Dosisäquivalentleistung deutlich unter 2 mSv/h liegt, in einer Entfernung von 2 m liegt sie unter 0,1 mSv/h. Im Lagerraum des Objekts wird beim Großteil der Arbeitspositionen innerhalb des BS die Dosisäquivalentleistung das Niveau von 1 mSv/h nicht überschreiten, was den Mitarbeitern den Eintritt zur Kontrolle, Wartung und bei Aufstellung der neuen BS ermöglicht.

Ähnlich überschreitet beim Transport der Container auf der Werksbahn die Dosisäquivalentleistung innerhalb des Wagons 2 mSv und in einer Entfernung von 2 m ab der Seitenoberfläche des Verkehrsmittels 0,1 mSv nicht.

Eine weitere Barriere ist die überwachte Zone zwischen der Wand des Gebäudes des Zwiilag und der Einzäunung des Zwiilag. Die Konstruktion der Wand gewährleistet die Verringerung der Dosisäquivalentleistung auf unter 2,5 μ Sv/h und hinter dem Zaun wird die Dosisäquivalentleistung bereits unter 0,5 μ Sv/h liegen.

Die Konstruktion der BS und des Gebäudes verringert so die Intensität der ionisierenden Strahlung, die in die Umgebung vordringt, auf ein vernünftig erreichbares Minimum (ALARA-Prinzip).

Die Dosis der Strahlung verringert sich dann stark mit der Entfernung. An der Geländegrenze des KKW bleibt die Dosisäquivalentleistung unter 0,025 μ Sv/h, d.h. ca. 0,2 mSv/a. An der Stelle des nächsten Wohnorts (Temelin und dessen Ortsteil Kočín) werden es nur mehr 10^{-5} bis 10^{-4} μ Sv/h sein, d.h. bei 0,088 bis 0,876 μ Sv/a. Allgemein gilt, dass das Niveau der Dosisleistung in einer Entfernung von 1km um 3 Ordnungen (d.h. tausendfach) und in einer Entfernung von 3 km um 10 Ordnungen niedriger ist.

Mit anderer Strahlung aus dem KKW wird das umgebende Gebiet nur in unwesentlichen und praktisch nicht messbaren Spuren belastet werden. Die Monitoringergebnisse zeigen keine feststellbaren Unterschiede nach Inbetriebnahme des KKW. Es wurden keine Unterschiede zwischen dem Radionuklidanteil in den einzelnen Elementen der Umwelt aus der Umgebung des KKW Temelin und aus den übrigen Gebieten des Staates gefunden. Die Monitoringergebnisse zeigen auch, dass die Umgebung des KKW Temelin nicht zu den Standorten mit dem höchsten Hintergrund ionisierender Strahlung zählt. Während in Temelin das durchschnittliche Photondosisäquivalent im Jahre 2002 134 nSv/h betrug, waren es im selben Zeitraum z. B. in Strakonice 135 nSv/h, in České Budějovice 145 nSv/h und in Tabor 160 nSv/a und in Milevsko 174 nSv/h.

Exponierte Bevölkerung

Theoretisch wären die Bewohner der nahen Gemeinden, vor allem Temelins betroffen. In der Praxis handelt es sich allerdings, wie die oben durchgeführte Analyse zeigt, um keine Exposition mit erhöhten Dosen. Die Anzahl der Bewohner, die einer Belastung durch ionisierende Strahlung vom Zwischenlager für abgebrannten Nuklearbrennstoff am Standort Temelin ausgesetzt werden, ist praktisch null.

5. Charakterisierung des Risikos

Gemäß dem oben beschriebenen Verhältnis von Dosis und Wirkung, das auf den ICRP-Prinzipien und der Gesetzgebung der CR beruht, wird bei einer gesamten Lebensdosis von 1 Sv theoretisch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Krebstods mit 0,05 (5E-2), d.h. 5 Fällen aus 100 Bewohnern pro Jahr angegeben.

Für die Gemeinde Temelin berechnet wird die Dosisäquivalentleistung ca. 0,088 bis 0,876 $\mu\text{Sv/a}$ betragen. Da man bei der Wirkung der ionisierenden Strahlung eine kumulative Wirkung annimmt, berechnen wir die Effektivdosisleistung für das ganze Leben und multiplizieren für 70 Lebensjahre. Das wird somit 6,2 μSv bis 62 μSv betragen, d.h. $6,2 \times 10^{-6}$ bis $6,2 \times 10^{-5}$ Sv.

Unter Verwendung des genannten Grundverhältnisses (1 Sv...P = 0,05) berechnen wir, dass das Risiko in Temelin an einem Karzinom zu sterben, sich am unteren Ende der Schwankungsbreite gleich $6,2\text{E-}6 \times 5\text{E-}2 = 31\text{E-}8$ d. h. **$3,1 \times 10^{-7}$** bewegt. Am oberen Ende ist es **$3,1 \times 10^{-6}$** .

Wenn wir diese Ergebnisse mit dem strengsten internationalen Kriterium der Annehmbarkeit (von 1 Todesfall auf eine Million Einwohner pro Jahr (1E-06) bei einer lebenslangen Exposition von 70 Jahren) vergleichen, sehen wir, dass sich das berechnete Risiko in der Größenordnung zwischen dem genannten Kriterium und dem um 1 Ordnung niedrigeren Niveau bewegt.

Es handelt sich um ein praktisch bedeutungsloses Risiko. Bei 714 Bewohnern Temelins (nach der Zählung der Bewohner der Häuser und Wohnungen im Jahre 2001, einschließlich der zugeordneten Siedlungen) wäre das 1 Fall in 440 bis 4400 Jahren.

Die Bedeutungslosigkeit der Äquivalentdosis in der Gemeinde Temelin (0,01 bis 0,1 nSv/h) zeigt sich auch im Vergleich mit der Äquivalentdosis aus dem Hintergrund, die 134 nSv/h beträgt. Das Zwiilag trägt hier theoretisch 0,007 % bis 0,07 % bei. Dieser Spurenbeitrag liegt weit unter der natürlichen Schwankungsbreite der natürlichen Äquivalentdosis in Zeit und in Raum.

Ein anderer Beweis für das vernachlässigbar niedrige Niveau des Risikos ist auch der Vergleich der Äquivalentdosisleistung in der Gemeinde Temelin (0,088 bis 0,876 μ Sv/a) mit dem geltenden Grenzwert für die Bestrahlung der Bevölkerung (der allgemeine Grenzwerte aus Verordnung Nr. 307/2002 Slg. über den Strahlenschutz beträgt 1 mSv pro Jahr). Die genannte Leistung in Temelin entspricht 0,009 bis 0,088 Prozent dieses Grenzwerts.

In Hinblick darauf, dass das Niveau der ionisierenden Gammastrahlung mit der Entfernung von der Quelle schnell absinkt und die Gemeinde Temelin (bzw. der Ortsteil Kočín) die nächstgelegene von Menschen bewohnte Siedlung ist, werden die Ergebnisse in den anderen Gemeinden in der nahen Umgebung noch günstiger sein. Das gilt noch mehr für den Grenzbereich zu Österreich, wohin die vom Zwischenlager emittierte Strahlung nicht vordringt.

6. Schlussfolgerungen

Die Strahlensituation in der Umgebung des KKW Temelin entspricht dem normalen Hintergrund in anderen Teilen der CR und die Existenz des KKW wirkt sich auf keine nachweisbare Art negativ aus. Der neue Beitrag des geplanten Zwiilag zur emittierten Strahlung trägt zu den Effektivdosen in den nächstgelegenen Gemeinden nur in Spurenwerten bei, die sich weit unter der Schwankungsbreite des Hintergrunds bewegen und bei der Frage der Gesundheit den strengen internationalen Kriterien genügen.

UNTERLAGEN UND LITERATUR

UNTERLAGEN

1. Energoprojekt Praha: KKW Temelin, Zwischenlager für abgebrannten Nuklearbrennstoff, Begleitbericht. Praha, Oktober 2003.
2. Energoprojekt Praha: Zwiilag Temelin, ergänzende Unterlagen für die UVP-Dokumentation. Auswirkungen der ionisierenden Strahlung und Optimierung des Strahlenschutzes. Praha, 2003.
3. Gesetz Nr. 18/1997 Slg. über die friedliche Nutzung der Atomenergie und ionisierende Strahlung (Atomgesetz). Slg der Gesetze der CR, 1997, Teil 5 vom 26.2.1997.
4. Verordnung Nr. 307/2002 Slg. SUJB über die Anforderungen für die Gewährleistung des Strahlenschutzes). Slg der Gesetze der CR, 2002, Teil 113 vom 12.7.2002.

5. Verordnung Nr. 317/2002 Slg. SUJB über die Typengenehmigung von Behältersystemen für Transport, Lagerung und Endlagerung von Nuklearmaterial.... Slg der Gesetze der CR, 2002, Teil 116 vom 18.7.2002.
6. Bericht über die Strahlensituation im Gebiet der Tschechischen Republik im Jahre 2002. SÚJB, ÚRMS ČR, SÚRO Praha 2003. Internet: <http://www.suro.cz/pub/radsit2002/>.

LITERATUR

7. Bhattacharjee, D., Ito, A: Deceleration of carcinogenic potential by adaptation with low dose gamma irradiation. In Vivo, No 1, p. 87-92, 2001.
8. Brenne, D.J., Doll, R. et al.: Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. Proc Natl Acad Sci U S A 25, 100(24): 13761-6, 2003.
9. Brooks, A.L.: Developing a scientific basis for radiation risk estimates: goal of the DOE Low Dose Research Program. Health Phys 85, (1):85-93, 2003.
10. Hrnčář E.: Teorie hormeze a spor o její aplikaci v problematice ionizujícího záření. Hygiena 44, 1999, Nr. 3, s. 156-162.
11. Hall, E.J.: The bystander effect. Health Phys 85, 1:31-5, 2003.
12. ICRP Publication 56 (Annals of the ICRP Vol. 20 No2). Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1. 1989.
13. ICRP Publications 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection., Pergamon Press, Oxford 1991.
14. Iwasaki, T., Murata, M. et al.: Second analysis of mortality of nuclear industry workers in Japan, 1986-1997. Radiat Res 159, 2:228-38, 2003.
15. Jaworowski, Z.: Stimulating effects of ionizing radiation: New issue for regulatory policy. Regul. Toxicol. Pharmacol. 22, 1995, 172 – 179.
16. Johansson, L.: Hormesis, an update of the present position. Eur J Nucl Med Molec Imaging 30, 6:921-933, 2003.
17. Jung, H.: Strahlenrisiko. Fortschr. Röntgenstr. 162(2), 1995, S.91-98.
18. Kóteles, G.J.: The low dose dilemma. Centr Europ J Occup Environm Med 4, 1998, No. 2, pp. 103 - 113.
19. National Research Council. The effects on population of exposure to low levels of ionizing radiation, BEIR V, Washington, DC, National Academy Press, 1990.

20. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publications 60, Pergamon Press, Oxford 1991.

21. Shimizu, Y. et al.: Cancer risk among atomic bomb survivors. The RERF Life Span Study. JAMA, 264, 1990, pp. 601-604.

22. Shimizu, Y. et al.: Studies of the mortality of A-bomb survivors 9. Mortality, 1959-1985. Radiat. Res. 121, 1990, pp. 120-141).

23. Streffer, C.: Carcinogenesis by ionizing radiation. Onkologie, 15:123-130, 1992.

24. Thomas, D. et al.: Definition and estimation of lifetime detriment from radiation exposures: principles and methods. Health Phys. 63(3), 1992, 259-272.

25. Thorne, M.C.: Background radiation: natural and man-made. J Radiol Prot 23, 1:29-42, 2003.

26. Tubiana, M.: Radiation risk in perspective: radiation-induced cancer among cancer risks. Radiat Environ Biophys 39, 3-16, 2000.

27. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation. Ionizing radiation: sources, effects and risks. New York, United Nations 1988.

28. Upton, A.C.: Carcinogenic effects of low-level ionizing radiation: problems and prospects. In Vivo 16, 6:527-33, 2002.

29. US EPA: Estimating Radiogenic Cancer Risks. EPA 402-R-93-076, June 1994.

30. US.EPA: Risk Assessment, Background Documents. Nat.Inst. Publ.Hlth, Prague 1994.

31. World Health Organization - CEMP: Environmental and health impact assessment. A handbook for practitioners. Elsevier Applied Science, London and New York 1992, 282 pp.

Brno, 16. Jänner 2004.

Prof. MUDr. J. Kotulán, CSc.

