

L. Kumer/H. Schwämmenhöfer, Wien:

Analyse des Betriebsrisikos in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft

1. Internationale Zusammenarbeit in der Risikoforschung

Im Rahmen eines internationalen Forschungsprojektes wurde zusammen mit der International Atomic Energy Agency (IAEA) eine Studie aus dem Gebiet der Risikoforschung mit dem Titel: „Cost Effectiveness Risk Analysis of Specific Renewable and Fossil-Fired Energy Generating Systems in Comparison to Nuclear Power“ [1] erstellt. Diese zum Teil von der IAEA finanzierte Studie soll zu einem objektiven Risikovergleich unterschiedlicher Energieversorgungssysteme — insbesondere der Stromerzeugung — beitragen.

Schon zu Beginn der Studie im Jahre 1980 waren mehrere vergleichende Risikostudien aus diesem Fachgebiet vorhanden. Sie unterscheiden sich in der Methodik, im Detailliertheitsgrad bzw. im Umfang der Problemerkennung. Meist wurde das Risiko des Kernkraftwerkbetriebs mit anderen zivilisatorischen Risiken verglichen [2, 3], weniger oft wurde das Risiko alternativer Energietechnologien im Vergleich zu herkömmlichen Techniken der Energieerzeugung gesetzt [4].

Mit der gegenständlichen Studie soll zu einem Risikovergleich beigetragen werden, in dem das Risiko des jeweiligen Brennstoffkreislaufes und das Risiko des Kraftwerkbaus einbezogen wird.

2. Wie hoch ist das Gesamtrisiko?

Das Risiko einer Energieerzeugungstechnologie bestimmt sich nicht nur aus dem Betrieb eines Kraftwerkes. Diesem muß zur Erfassung des Gesamtrisikos das Risiko — des Kraftwerksbaus, — der Komponentenfertigung, — der Brennstoffgewinnung und des Brennstofftransportes anteilig zugezählt werden.

Zur Bestimmung des Gesamtrisikos ist es zweckmäßig, es in Teile der die jeweilige Energiegewinnung beschreibenden Technologien zu untergliedern. Ein typisches Prozeßkettenschema zur Ermittlung des Gesamtrisikos wird zum Beispiel für ein Kohlekraftwerk in Abb. 1 a—e vorgestellt.

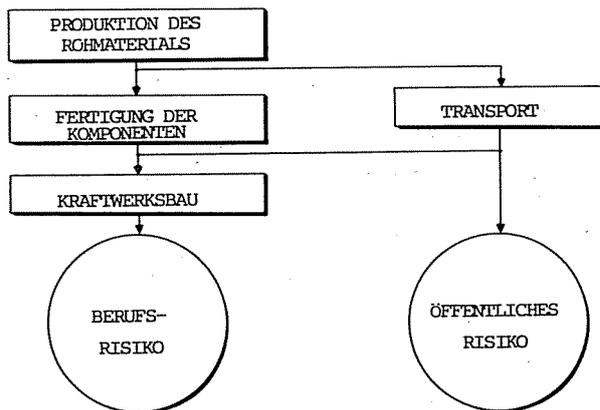


Abb. 1 a — Risiko beim Bau eines Kohlekraftwerkes.

Eine weitere Unterteilung des Risikos nach — Berufsrisiko/öffentliches Risiko sowie — Konventionelles Risiko/Strahlenrisiko (Emissionen, Aschelager) ist ebenfalls zweckmäßig.

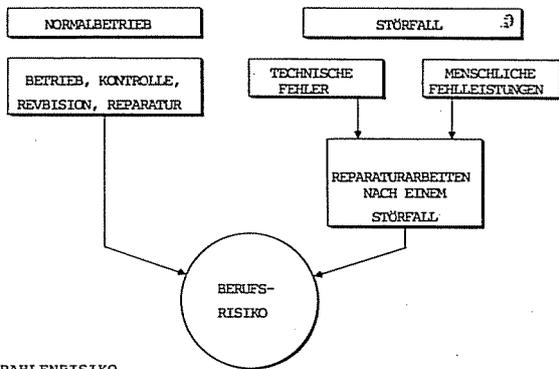
3. Ergebnisse der IAEA-Risikoanalyse

Bereits seit dem Jahre 1956 werden von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) Österreichs die Un-

fallereignisse aufgezeichnet und dem Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie mitgeteilt. Dieses Zahlenmaterial wurde im Rahmen der Kooperation mit der IAEA statistisch ausgewertet, und zwar aufgeschlüsselt in Bau- und Betriebsunfälle. Daraus konnten die folgenden generellen Trends dieser umfangreichen statistischen Arbeit [1] abgeleitet werden:

- bei allen EVU Österreichs hat sich die Unfallrate in diesem Zeitraum (seit 1956) wesentlich verringert,
- die Todesfallhäufigkeit, bezogen auf die erzeugte elektrische Energie, hat sich auf ein Fünftel des Wertes von 1956 reduziert,
- das Unfallrisiko beim Bau der Kraftwerke, Hochspannungsleitungen, Umspannwerke usw. liegt wesentlich höher als das betriebliche Unfallrisiko,
- die Anzahl der Bauunfälle (sowohl Todesfälle wie Unfälle ohne tödlichen Ausgang) hat sich in diesem Zeitraum durch wesentliche Verbesserungen in der Sicherheitstechnik stärker vermindert als die vergleichsweise immer schon geringe Anzahl der Betriebsunfälle.

- KONVENTIONELLES RISIKO



- STRAHLENRISIKO

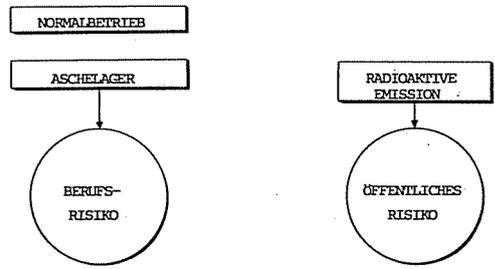


Abb. 1 b — Risiko beim Betrieb eines Kohlekraftwerkes.

Im folgenden werden die Ergebnisse einer weiteren darauf aufbauenden statistischen Arbeit dargestellt. Sie

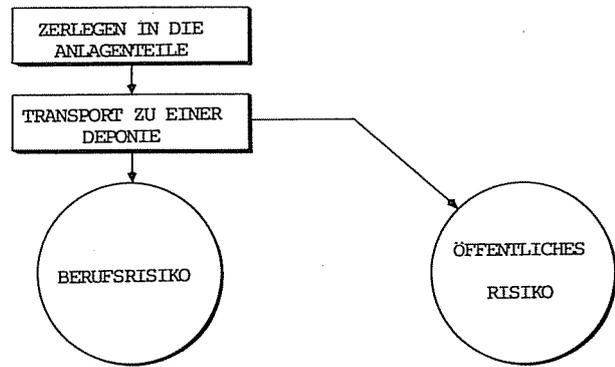


Abb. 1 c — Risiko bei der Dekommissionierung (Abbruch) eines Kohlekraftwerkes.

ist weniger umfangreich, zeigt aber auch die Methodik der statistischen Auswertung von Unfalldaten, die in der IAEA-Studie verwendet wurde.

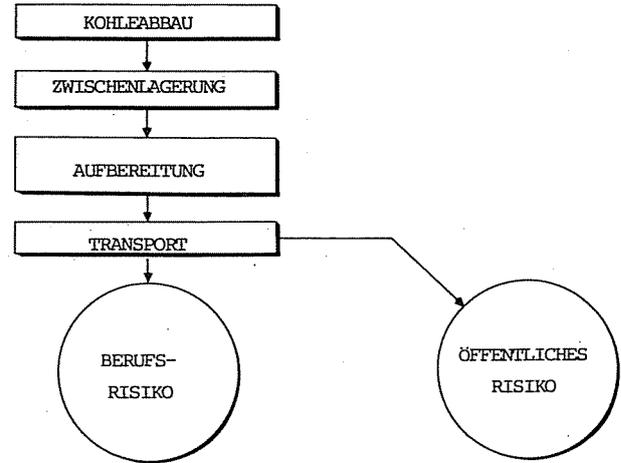


Abb. 1 d — Risiko aus der Kohleversorgung.

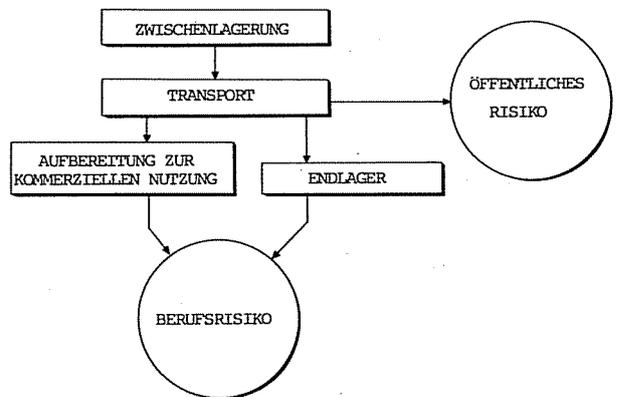


Abb. 1 e — Risiko aus der Entsorgung.

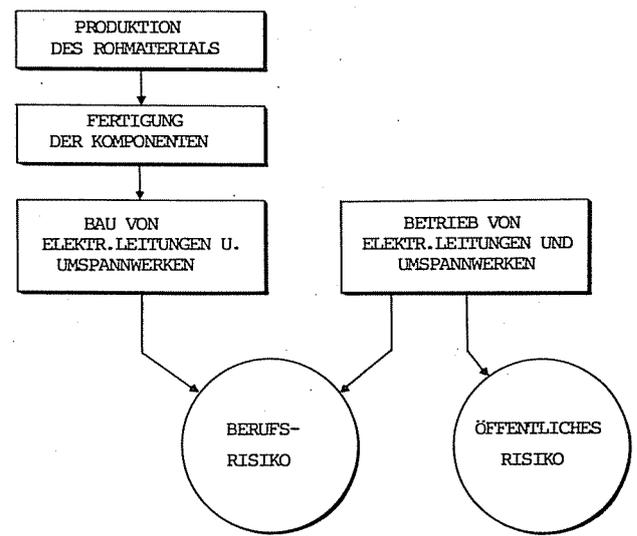


Abb. 1 f — Risiko des Stromtransportes.

4. Unfallraten nach den Aufzeichnungen der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA)

Die Unfallraten der öffentlichen Elektrizitätserzeugung in Österreich werden von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt seit 1972 erfaßt und sind in Tab. 1 aufgelistet. Die grafische Darstellung der beruflich be-

dingten Unfälle (Abb. 2) in den Jahren 1972 bis 1984 zeigt eine leicht rückläufige Tendenz innerhalb eines breiten Schwankungsbereiches von ca. $\pm 5\%$. Die aktuelle Unfallrate beläuft sich auf etwa 1600 bis 1700 Unfälle pro Jahr.

Jahr	Unfallereignisse		Elektr. Erzeugung, GWh	Spezifisches Risiko	
	Unfallrate	Todesrate		Anz. der Unfälle pro TWh	Anz. der Todesfälle pro TWh
1972	1739	4	24.774	70,195	0,161
1973	1858	14	26.503	70,105	0,528
1974	1846	10	28.808	64,079	0,347
1975	1764	10	30.414	58,000	0,329
1976	1913	9	30.365	63,000	0,296
1977	1749	9	32.636	53,591	0,276
1978	1694	8	33.025	51,294	0,242
1979	1708	6	35.232	48,479	0,170
1980	1740	5	36.693	47,420	0,136
1981	1784	6	37.500	47,573	0,160
1982	1732	11	37.859	45,749	0,291
1983	1634	7	37.525	43,544	0,187
1984	1609	5	37.080	43,393	0,135
Verm. %	0,8	2,5		4,2	5,7

Tabelle 1 — Anzahl der Unfälle (Unfallrate) und Todesfälle (Todesrate) (von 1972 bis 1984) nach den Aufzeichnungen der AUVA. Bezogen auf die erzeugte elektrische Energie zeigt sich eine markante Risikoverminderung in den letzten 12 Jahren.

Eine Ausgleichsrechnung über die Werte der Unfallrate zeigt, daß die Unfallrate im Mittel jährlich um 0,8 % oder von ca. 1840 (1972) auf ca. 1660 (1984) abgenommen hat. In der Abb. 2 (wie auch in den weiteren Abbildungen) ist eine Gerade dargestellt, welche für die Abnahme der Unfallrate charakteristisch ist¹⁾.

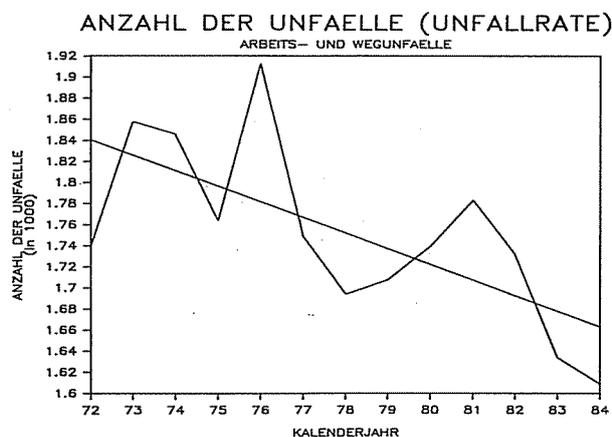


Abb. 2 — Unfallrate (Arbeits- und Wegunfälle) in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung.

Eine deutlich höhere Abnahme von 2,5% pro Jahr ist für die Todesfälle zu verzeichnen. Die in Tabelle 1 angeschriebenen Werte wurden in Abb. 3 dargestellt.

Der Grund für die vergleichsweise zur Unfallrate höhere Verminderung der Todesrate mag sein, wie im Kapitel 3 erwähnt, daß die Sicherheitstechnik vor allem

¹⁾ Im linearen Ordinatenmaßstab ist die Ausgleichskurve mit einer jährlich konstanten prozentuellen Veränderung eine Exponentialfunktion. Aus Gründen einer vereinfachten Darstellung wurde die Regressionskurve in Abb. 2 (und in den weiteren Abbildungen) als Gerade gezeichnet. Die Regressionsrechnungen zur Bestimmung der prozentuellen jährlichen Veränderung entsprechen aber dem exponentiellen Kurvenverlauf.

auf eine Verhütung von Unfällen mit tödlichem Ausgang abzielt. Diese Aussage ist allerdings aus dem in der Abb. 3 dargestellten Datenmaterial nicht stichhaltig zu ersehen, da der Streubereich der Todesrate von derzeit 5—11 Toden pro Jahr höher ist als der Tendenzbereich: im Mittel 8,7 Tote (1972) auf im Mittel 6,4 Tote (1984) — entsprechend der Abnahme von 2,5% pro Jahr.

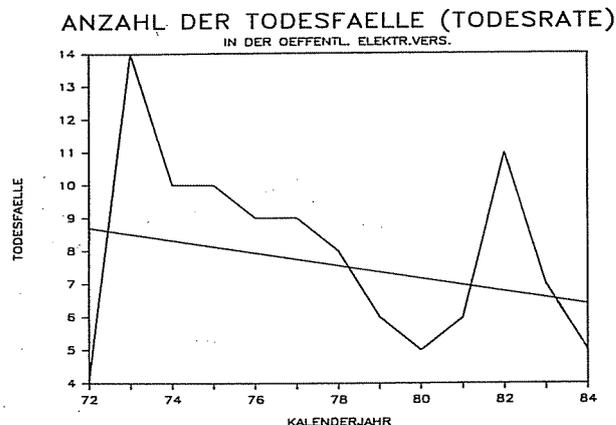


Abb. 3 — Todesrate in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung.

Jede zivilisatorische Tätigkeit ist mit einem mehr oder minder hohem Risiko verbunden. Daher wurde es in der Risikoforschung zur gängigen Praxis, die Unfall- und Todesraten verschiedener Technologien der Energieerzeugung unter Bezugnahme auf den jeweiligen Nutzen zu vergleichen. Bei einer steigenden jährlichen Stromerzeugung errechnen sich die in den letzten beiden Rubriken der Tab. 1 angeschriebenen spezifischen, auf die erzeugte elektrische Energie bezogenen Unfall- und Todesraten für den Zeitraum 1972 bis 1984. Die Abb. 4 und 5 veranschaulichen die markante Verminderung dieser spezifischen Risiken. Einer Abnahme von rund 70 Unfälle/TWh im Jahr 1972 auf ca. 40 Unfälle/TWh 1984 entspricht eine durchschnittliche Verminderung von 4,2% pro Jahr (Abb. 4).

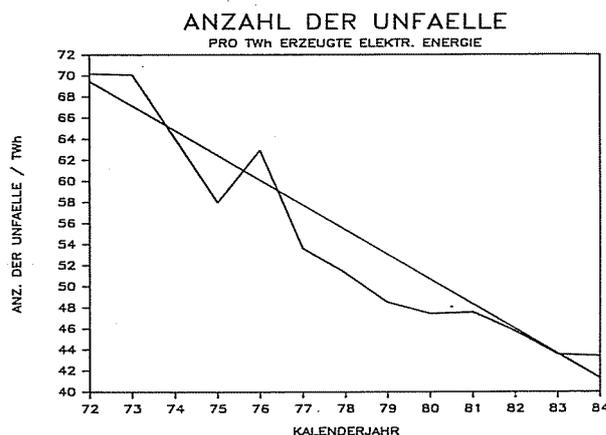


Abb. 4 — Unfallrate bezogen auf die erzeugte elektrische Energie in TWh.

Weiters hat sich die spezifische Todesrate seit 1972 im Durchschnitt halbiert, was einer signifikanten Verminderung von im Durchschnitt 5,7% pro Jahr entspricht. Der statistische Mittelwert aus 1984 liegt bei 0,16 Todesfälle/TWh, das ist die Hälfte des Wertes von 1972.

Die Unfall- bzw. Todesrate bezogen auf die Beschäftigtenzahl führt zum individuellen Berufsrisiko, das in Tabelle 2 für den Zeitraum 1973 bis 1984 berechnet ist.

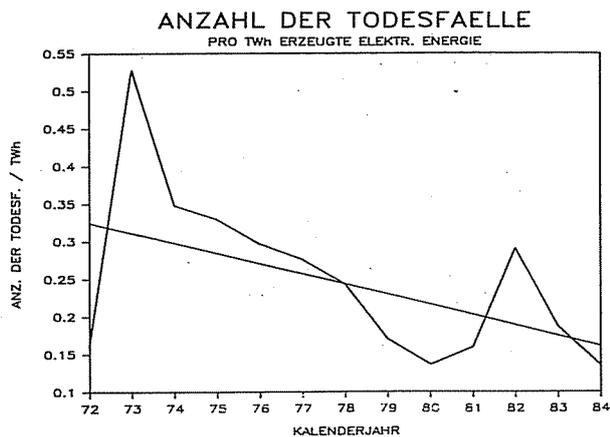


Abb. 5 — Todesrate bezogen auf die erzeugte elektrische Energie in TWh.

Die Unfallrate pro 100 Beschäftigte der öffentlichen Elektrizitätsversorgung wird dem österreichischen Durchschnittswert der Unfallrate (Arbeits- und Wegunfälle, bezogen auf 100 Versicherte unselbständig Erwerbstätige) in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Jahr	Beschäft.-Anzahl	Individuelles Berufsrisiko		
		Unfallrate pro 100 Beschäftigte	Osterr. Durchschnitt	Tote pro 10.000 Beschäftigte
1973	29.527	6,29	7,83	4,74
1974	30.293	6,09	7,65	3,30
1975	30.568	5,77	7,23	3,27
1976	30.553	6,26	7,41	2,95
1977	30.443	5,75	7,54	2,96
1978	30.696	5,52	7,34	2,61
1979	30.945	5,52	7,54	1,94
1980	31.052	5,60	7,73	1,61
1981	31.214	5,72	7,54	1,92
1982	31.497	5,50	7,18	3,49
1983	31.655	5,16	6,87	2,21
1984	31.764	5,07	6,74	1,57
Verm. %		1,6	0,8	6,6

Tabelle 2 — Individuelles Berufsrisiko in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung.

Die Ausgleichsrechnung über die Werte des individuellen Berufsrisikos führt zu den in der Abb. 6 dargestellten Geraden, die eine jährliche Abnahme des individuellen Risikos um 0,8 % (österreichischer Durch-

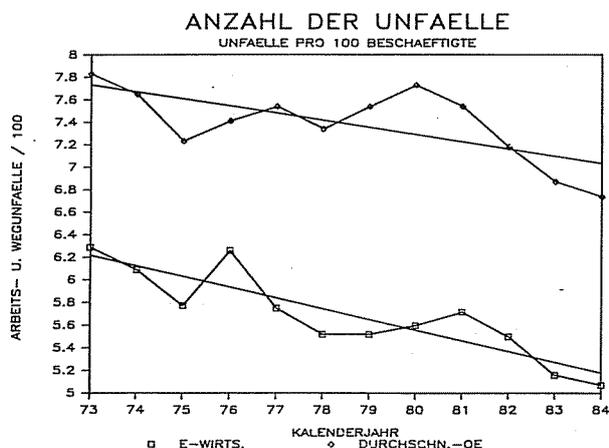


Abb. 6 — Unfallrate pro 100 Beschäftigte in der Elektrizitätswirtschaft und im österreichischen Durchschnitt.

schnitt) bzw. um 1,6 % (Elektrizitätswirtschaft) charakterisieren.

Der aktuelle Wert des individuellen Berufsrisikos in der österreichischen Elektrizitätsversorgung liegt bei 5 Unfällen pro 100 Beschäftigte und Jahr. Anders ausgedrückt bedeutet dies, daß im statistischen Durchschnitt ein Beschäftigter der Elektrizitätsversorgung in 20 Berufsjahren von nur einem Unfall betroffen ist. Im Vergleich dazu verunfällt im österreichischen Gesamtdurchschnitt derzeit jeder unselbständig Erwerbstätige in zirka 14 (100/7) Jahren seiner Berufsausübung einmal.

Ähnliche Aussagen lassen sich aus den Aufzeichnungen der Todesrate pro 10.000 Beschäftigte in der Elektrizitätsversorgung (Tabelle 2, Abb. 7) treffen. Innerhalb von 12 Jahren hat das individuelle Todesfallrisiko jährlich durchschnittlich um nicht weniger als 6,6 % abgenommen und sich damit von 3,8 (1973) auf ca. 1,8 pro 10.000 Beschäftigte und Jahr reduziert.

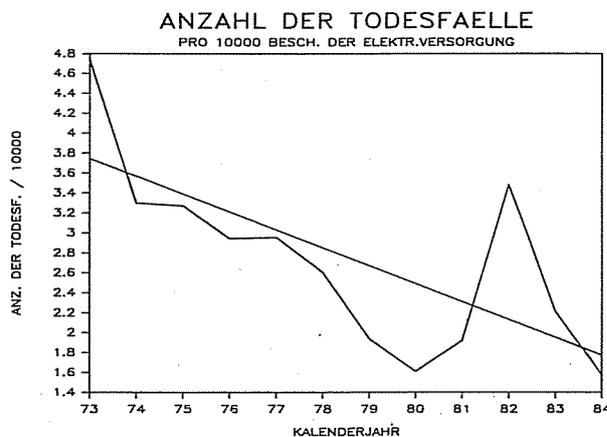


Abb. 7 — Todesrate pro 10.000 Beschäftigte.

Zusammenfassung

Das Unfallgeschehen in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft wird, wie in Kapitel 3 erwähnt, durch das Baurisiko überwiegend bestimmt. Das ist auch im Hinblick auf die Großbaustellen von Kraftwerken verständlich und wenn man bedenkt, daß jährlich mehr als 10 Mrd. Schilling in den Bau von Kraftwerken und deren Nachrüstung investiert werden müssen. Die im Vergleich zu den Betriebsunfällen meist schweren Bauunfälle sind in dieser Statistik enthalten. Der betroffene Personenkreis ist zum größeren Teil bei den Fremdfirmen, die im Auftrag der Elektrizitätswirtschaft das Kraftwerk errichten, beschäftigt.

Die fortschreitende Sicherheitstechnik und sicherlich auch ein erhöhter monetärer Einsatz in die Bau- und Betriebssicherheit von Anlagen der Elektrizitätsversorgung hat in den letzten 12 Jahren zu einer nahezu stetigen Verminderung der jährlichen Unfall- und Todesrate geführt (Abb. 2 und 3). Erst recht geht das aus dem auf die erzeugte elektrische Energie (öffentliche Versorgung) bezogenen Unfallgeschehen hervor (Abb. 4 und 5). Ebenso konnte nachgewiesen werden, daß das individuelle Risiko der bei der Elektrizitätswirtschaft beschäftigten Personen und der bei Fremdfirmen, die für die Elektrizitätswirtschaft tätig sind, beschäftigten Personen in einem überdurchschnittlichen Maß reduziert werden konnte (Abb. 6 und 7).

Literatur:

- [1] IAEA Research Contract No. 2960/RB, Cost Effectiveness Risk Analysis of Specific Renewable and Fossil-Fired Energy Generating Systems in Comparison to Nuclear Power, Final Report, Österreichische Elektrizitätswirtschafts AG, November 1984.
- [2] N. Rasmussen: Reactor Safety Study, An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power-Plants; WASH-1400, USAEC, Oct. 1975.
- [3] L. Kumer: Grundzüge einer Risikoanalyse für einen österreichischen Kernkraftwerkstandort, atomwirtschaft — atomtechnik, 22, 5, Mai 1977.
- [4] H. Inhaber: Risk with energy from conventional and non-conventional sources; Science, Vol. 20, 30, Feb. 1979.

Korrespondenzadresse:

Dr. Ludwig Kumer,
Österreichische Elektrizitätswirtschafts-AG,
Am Hof 6 A, A-1010 Wien,
Tel. (0 22 2) 66 13/27 40 DW.