



Tschernobyl spieltheoretisch

Strategisches Denken
in komplexen Situationen

Auszug aus „Die Logik des Misslingens“ von
Prof. Dr. Dietrich Dörner

anlässlich des **2. Deutschen CFO-Summits**
am 13./14. Oktober 2004 auf Schloss Büdingen
bei Frankfurt am Main

Veranstalter: **FINANCE**
Das Finanzmagazin für Entscheidungsträger



CFO-Summit

Die Veranstalter



FINANCIAL Gates GmbH

Dr. André Hülsbömer
Mainzer Landstraße 199 • 60326 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 75 91-22 15 • Telefax: (0 69) 75 91-32 24
E-Mail: a.huelsboemer@faz-institut.de



Deutsche Beteiligungs AG

Claudia Schaper
Kleine Wiesenau 1
60323 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 9 57 87-3 60
Telefax: (0 69) 9 57 87-3 91
E-Mail: claudia.schaper@deutsche-
beteiligung.de



Hölters & Elsing

Dr. Wolfgang Hölters
Immermannstraße 40
40210 Düsseldorf
Telefon: (02 11) 36 78 70
Telefax: (02 11) 35 39 28
E-Mail: hoelters@hoelters-elsing.com



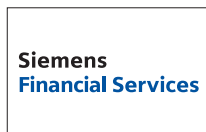
KPMG

Thomas Ehren
Corporate Finance
Marie-Curie-Straße 30
60439 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 95 87-28 18
Telefax: (0 69) 95 87-28 96
E-Mail: tehren@kpmg.com



Linklaters Oppenhoff & Rädler

Claudia Metz
Mainzer Landstraße 16
60325 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 7 10 03-5 68
Telefax: (0 69) 7 10 03-3 33
E-Mail: claudia.metz@linklaters.com



Siemens Financial Services GmbH

Claudia Rotschedl
SFS SCDC
80312 München
Telefon: (0 89) 6 36-3 54 38
Telefax: (0 89) 6 36-3 00 47
E-Mail: claudia.rotschedl@siemens.com



Towers Perrin

Reiner Jung
Eschersheimer Landstraße 50
60322 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 1 50 55-1 16
Telefax: (0 69) 1 50 55-1 40
E-Mail: reiner.jung@towersperrin.com



UBS Investment Bank AG

Dr. Andreas Nick
Stephanstraße 14-16
60313 Frankfurt am Main
Telefon: (0 69) 13 69-86 16
Telefax: (0 69) 13 69-87 55
E-Mail: andreas.nick@ubs.com

Der Autor



Prof. Dr. Dietrich Dörner
Institut für Theoretische
Psychologie an der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg

An guten Absichten mangelt es meist nicht. Und dennoch tappen wir allzu leicht in logische Fallen. Und zwar deshalb, weil wir den Anforderungen von komplexen Situationen in vielen Fällen nicht gewachsen sind. Die Komplexität erzeugt Unsicherheit und kann verhängnisvolle Kettenreaktionen auslösen. Der systematische Grund: Um mit Unsicherheit umgehen zu können, reduziert das Gehirn die Zahl der „Stellschrauben“ und blendet Kompliziertheiten, wichtige und weniger wichtige Details sowie bestimmte Unberechenbarkeiten aus. Übrig bleibt ein Ausschnitt, bestehend aus Bekanntem und damit Lösbarem. Weil es sich dabei jedoch um eine Teilmenge handelt, die das Gesamtproblem nur unzureichend abdeckt, ist fehlerhaftes Verhalten programmiert. Denn das Drehen an den in der Wahrnehmung verbliebenen Stellschrauben hat Folgen auch für jene Bereiche, die ausgeblendet wurden. Damit verlagern wir unfreiwillig die Kontrolle über das Geschehen in Bereiche außerhalb unseres unmittelbaren Zugriffs.

Was kann man tun? Prof. Dr. Dietrich Dörner gibt sich verhalten optimistisch: „Man kann lernen, strategisch zu denken, aber einfach ist es nicht.“ Der 66-jährige Wissenschaftler hat sich des Phänomens der Komplexität angenommen und untersucht anhand bekannter Beispiele, wie Entscheidungsprozesse im Gehirn ablaufen und warum das Misslingen geradezu logisch zwingend eintreten musste.

Immerhin dürfen wir uns mit dem Wissen trösten, dass auch der Misserfolg unser Bewusstsein erweitert und unser Entscheidungsverhalten beim nächsten Durchgang verbessern kann.

Tschernobyl spieltheoretisch

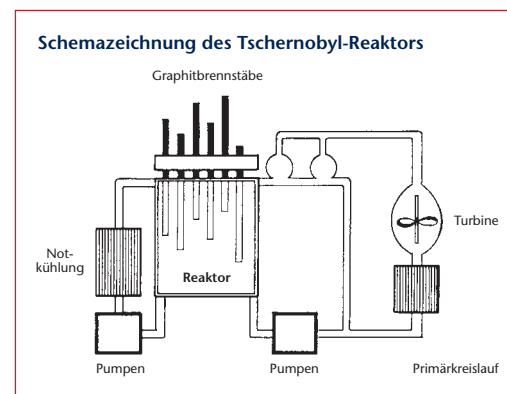
mit freundlicher Genehmigung des Rowohlt Verlags © 1989

„Wenn man aber von Versagen in dem Sinne redet, dass jemand eine Leistung, die er hätte erbringen sollen, nicht erbracht hat, so liegt im Hinblick auf die einzelnen Verhaltensbestandteile, aus denen sich schließlich der Unfall von Tschernobyl ergab, an keiner Stelle ein Versagen vor. Es ist niemand eingeschlafen, obwohl er hätte wach bleiben müssen. Es hat niemand ein Signal übersehen, welches er hätte sehen müssen. Es hat niemand aus Versehen einen falschen Schalter betätigt. Alles, was geschah, haben die Operateure bewusst gemacht und offenbar aus der vollen Überzeugung heraus, richtig zu handeln.“

Am 26. April 1986 explodierte der Reaktor 4 des ukrainischen Kernkraftwerks in Tschernobyl, zerstörte dabei seine tausend Tonnen schwere Betondecke, verseuchte große Teile der Umgebung und ganz Europas mit strahlenden Partikeln und verschärfte die Diskussionen über das Für und Wider von „Atomstrom“, über Reaktortechnologie im Westen und im Osten, über die Frage, ob sich derlei hier und dort wiederholen könnte. Auf alle diese und noch weitere Aspekte, so wichtig sie sind, wollen wir hier nicht eingehen. Tschernobyl ist für uns aus anderen Gründen interessant. Das Unglück von Tschernobyl ist, wenn man die unmittelbaren Ursachen betrachtet, zu hundert Prozent auf psychologische Faktoren zurückzuführen. Nicht die mehr oder minder vollkommene Technologie gab hier den Ausschlag, sondern – tja, soll man es „menschliches Versagen“ nennen?

Was ist in Tschernobyl geschehen? Ich möchte die Chronologie des Unglücks hier nicht im

Einzelnen nachzeichnen, sondern nur auf den Kern des Herganges eingehen, um einige der bei diesem Unfall bedeutsamen psychischen Faktoren sichtbar zu machen. Ich beziehe mich dabei auf einen Bericht von James T. Reason von der Universität Manchester (1987).



Man sieht auf der Abbildung der vorherigen Seite den eigentlichen Reaktor im Zentrum. In diesen Reaktor hinein und durch ihn hindurch führen 1.600 Röhren, durch die fast kochendes Wasser gepumpt wird, welches aus dem Reaktor als ein Dampf-Wasser-Gemisch austritt. Der Dampf wird vom Wasser getrennt und treibt dann die angeschlossenen Turbinen. Wasser und Dampf werden in einem geschlossenen Kreislauf dem Reaktor wieder zugeführt. Neben diesem Primärkreislauf existiert ein Notkühlsystem, welches man links im Bild sieht.

Der Reaktor stand zum Zeitpunkt des Unglücks kurz vor seiner jährlichen Wartung. Vor der Wartung wollte man noch ein Experiment durchführen, welches der Verbesserung einer Sicherungseinrichtung dienen sollte. Auf die Details dieses Experiments möchte ich nicht weiter eingehen. Die gesamte Experimentalserie sollte vor den Maifeiertagen beendet sein. Daher begann man am Freitag, dem 25. April 1986, um 13 Uhr den Reaktor „herunterzufahren“, um ihn auf 25 Prozent Leistung zu bringen. Unter diesen Bedingungen sollten dann die Versuche durchgeführt werden. Eine Stunde später, um 14 Uhr, koppelte man das Notkühlsystem vom Reaktor ab. Dies war Teil des Testplans und wurde vermutlich deshalb durchgeführt, damit das Notkühlsystem nicht unbeabsichtigterweise während der Testphasen gestartet wurde.

Um 14 Uhr forderte die Kraftwerkkontrolle in Kiew, den Reaktor nicht vom Netz zu nehmen,

da eine unvorhergesehene Steigerung der Energienachfrage eingetreten sei. Erst um 23.10 Uhr am selben Tag wurde der Reaktor schließlich vom Netz genommen, und man begann nunmehr die Leistungsreduktion auf 25 Prozent, um das geplante Testprogramm durchzuführen.

Statt der angestrebten 25 Prozent Leistung erreichte man eine halbe Stunde nach Mitternacht 1 Prozent Leistung. Der Operateur hatte die automatische Steuerung ausgeschaltet und versucht, die Marke von 25 Prozent durch Handsteuerung zu erreichen. Hierbei übersteuerte er offensichtlich. Er stellte das Eigenbremsverhalten des Reaktors nicht genügend in Rechnung, so kam es, dass der Reaktor schließlich statt der angestrebten 25 Prozent nur noch 1 Prozent Leistung aufwies.

Eine solche Tendenz zur Übersteuerung ist charakteristisch für den Umgang von Menschen mit dynamischen Systemen. Wir gehen nicht von der Entwicklung des Systems, also von den Zeitdifferenzen zwischen aufeinander folgenden Zeitpunkten aus, sondern von dem zum jeweiligen Zeitpunkt feststellbaren Zustand. Man reguliert den Zustand und nicht den Prozess und erreicht damit, dass das Eigenverhalten des Systems und die Steuerungseingriffe sich überlagern und die Steuerung überschießend wird.

Ein Zustand geringer Leistung ist bei einem Reaktor des Tschernobyl-Typs gefährlich. Ein Reaktor dieses Typs läuft im unteren Leistungsbereich gewissermaßen „unrund“, wie manche

Dieselmotoren im Leerlauf. Er arbeitet instabil. Es ergeben sich Unregelmäßigkeiten bei der Kernspaltung; unter Umständen treten lokale Maxima auf, die gefährlich sind, weil sie zu einem plötzlichen „Durchstarten“ der Kernspaltung führen können. Diese Gefahren beim Umgang mit dem Reaktor waren den Betreibern durchaus bekannt. Eben aus diesem Grunde war es auch streng verboten, den Reaktor unter 20 Prozent zu „fahren“.

Man bemühte sich sodann, den Reaktor aus der gefährlichen Zone der Instabilität wieder herauszubringen, und schaffte es, nach einer halben Stunde den Reaktor auf 7 Prozent Leistung zu stabilisieren. Man beschloss daraufhin, das Experiment fortzusetzen. Dies war wohl der schwerwiegendste Fehler. Spätestens jetzt hätte der gesamte Prozess abgebrochen werden müssen. Der Beschluss, das Testprogramm bei 7 Prozent Leistung durchzuführen, bedeutete, dass alle nachfolgenden Aktivitäten in der Zone maximaler Instabilität des Reaktors stattfinden würden. Dies wurde von den Operateuren offensichtlich falsch beurteilt. Warum? Wohl kaum deshalb, weil die Operateure auf die Gefahren der Instabilität niemals aufmerksam gemacht worden wären. Es ist eher anzunehmen, dass sich die Operateure aus zwei anderen Gründen entschlossen, das Testprogramm weiter durchzuführen. Der eine Grund war wohl der Zeitdruck, unter dem sie standen oder unter dem sie sich fühlten. Sie wollten mit dieser – ihnen im Grunde lästigen – Durchführung eines Testprogramms für Moskauer Elektroingenieure

möglichst schnell fertig werden. Der andere Grund war wohl, dass die Operateure zwar „theoretisch“ von den Gefahren einer Reaktor-Instabilität wussten, aber die tatsächlichen Gefahren eines in Sekundenbruchteilen erfolgenden „exponentiellen Durchstartens“ des Reaktors nicht in Rechnung stellten, weil sie sich kein anschauliches Bild von dieser Gefahr machen konnten. Theoretisches Wissen braucht keineswegs „Handlungswissen“ zu sein.

Ein weiterer Grund für die Verletzung der Sicherheitsvorschriften – ein „Hintergrundgrund“ für die mangelnde Berücksichtigung der Gefahren eines schnell erfolgenden „Durchstartens“ des Reaktors – dürfte wohl auch darin zu suchen sein, dass das Bedienungspersonal solche Verletzungen der Sicherheitsvorschriften bereits des Öfteren praktiziert hatte. Verletzungen der Sicherheitsvorschriften aber werden im lerntheoretischen Sinne gewöhnlich „verstärkt“, das heißt: Es lohnt sich; man hat etwas davon. Wenn man Sicherheitsvorschriften verletzt, so wird gewöhnlich dadurch das Leben leichter. Die unmittelbare Folge der Verletzung von Sicherheitsvorschriften ist zunächst nur, dass man die Behinderungen durch die Sicherheitsvorschriften los ist und freier agieren kann. Sicherheitsvorschriften sind gewöhnlich so ausgelegt, dass man bei ihrer Verletzung keineswegs unmittelbar in die Luft fliegt, sich verletzt oder sonst irgendwie zu Schaden kommt, sondern so, dass das Leben leichter wird. Dies aber kann sich geradezu als Falle erweisen. Die positiven Folgen der Verletzung von Sicherheitsvorschriften

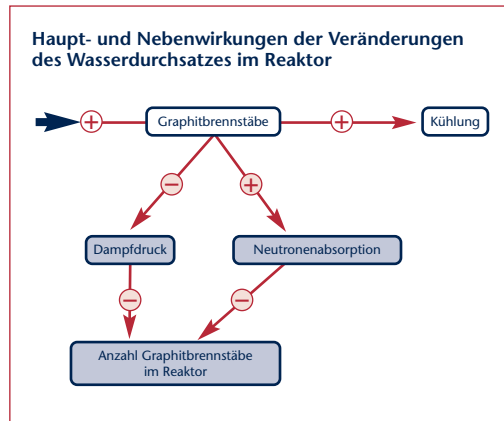
ten führen dazu, dass sich die Tendenz erhöht, sie zu übertreten. Damit aber steigt die Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich etwas passiert. Und wenn dann tatsächlich etwas passiert ist, hat man unter Umständen nie mehr Gelegenheit, daraus Folgerungen für sein zukünftiges Verhalten zu ziehen.

Die Nichtbeachtung von Sicherheitsvorschriften findet man keineswegs nur bei Operateuren von Tschernobyl, Harrisburg, Biblis usw. Spricht man mit Arbeitspsychologen der chemischen Industrie oder mit Unfallforschern, so wird man vernehmen, dass solche Umgehungen der Sicherheitsvorschriften gang und gäbe sind. Dies ist unter den vorstehend geschilderten Aspekten ja auch nicht verwunderlich.

Zurück nach Tschernobyl: Als Nächstes schaltete man um 1.03 Uhr, also kurz nach der Stabilisierung des Reaktors auf dem 7-Prozent-Niveau, alle acht Pumpen des Primärkreislaufes ein. Auch dies war verboten. Erlaubt war nur, maximal sechs Pumpen auf einmal zu betreiben. Der Grund für das Einschalten der acht Pumpen war wohl, dass man auf diese Art und Weise die Stabilität des Reaktors absichern wollte. Man erreichte ja auf diese Weise eine zusätzliche Kühlung. Was man dabei nicht berücksichtigte, war, dass durch automatische Rückkopplung diese zusätzliche Kühlung dazu führte, dass ein großer Teil der Graphitbrennstäbe, die dazu dienen, die Geschwindigkeit der Kernspaltung im Reaktor zu steuern, aus dem Reaktor entfernt wurde. Das System reagierte

auf die erhöhte Belastung durch selbständige Entfernung eines Teils seiner „Bremsen“. Diese Nebenwirkung wurde von den Operateuren offenkundig nicht gesehen. Sie strebten eine Hauptwirkung an, und diese okkupierte ihr Denken dermaßen, dass sie über die Neben- und Fernwirkungen ihres Handelns nicht mehr nachdachten. Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt das Geflecht von Hauptwirkungen und Nebenwirkungen schematisch.

Eine weitere Folge des Einschaltens aller acht Pumpen war, wie die Abbildung auf Seite 8 zeigt, dass der Dampfdruck abfiel. Es ist ganz selbstverständlich: Wenn Wasser in größerer Geschwindigkeit durch ein Heizsystem gepumpt wird, kann das Wasser nicht so schnell erhitzt werden, es ergibt sich eine relativ geringere Dampfdruckbeute. Die relativ zur Menge des durchgepumpten Wassers geringere Dampfdruckbeute kann auch absolut geringer sein, und in diesem Falle war sie es. Da man aber die Dampfturbine für das nachfolgende Experiment brauchte, versuchte man gegenzusteuern und erhöhte den Wasserdurchfluss um das Dreifache. Dies hatte nun keineswegs die angestrebte Konsequenz, sondern reduzierte den Dampfdruck noch mehr, hatte also genau den gegenteiligen Effekt. Dies wäre an sich nicht unfallträchtig gewesen. Unfallträchtig war, dass noch mehr Graphitbrennstäbe automatisch aus dem Reaktor entfernt wurden. Man stellte – es ist fast überflüssig, das zu berichten – außerdem noch die Vorrichtung aus, die bei fallendem



Dampfdruck die automatische Abschaltung des Reaktors bewirkt.

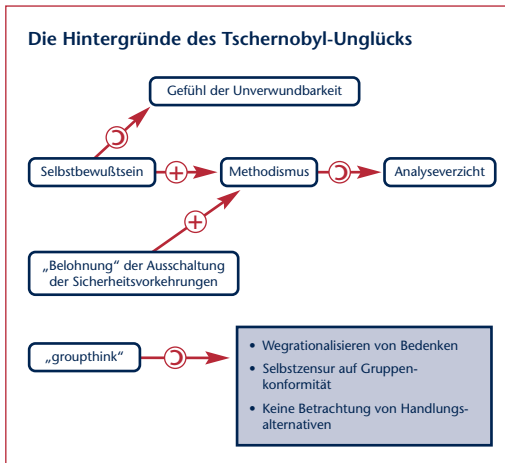
Um 1.22 Uhr verlangte der Schichtführer einen Bericht über die Anzahl von Bremsstäben im Reaktor. Ergebnis: Im Reaktor befanden sich nur noch sechs bis acht Bremsstäbe. Diese Anzahl lag weit unter dem geforderten Sicherheitsniveau. Es war strengstens verboten, den Reaktor mit weniger als zwölf Bremsstäben zu fahren.

Wer nun meint, die Anforderung des Berichtes über die Anzahl der Bremsstäbe lasse auf ein gewisses Gefühl für die Gefahr schließen, in der man schwebte, der irrt sich. Es war knapp zwei Minuten vor der Explosion, doch der Schichtführer entschloss sich, den Versuch fortzusetzen. Dies bedeutete, dass man den Reaktor jetzt praktisch ohne Bremsen betrieb.

Um 1.23 Uhr schloss man eines der Dampfrohre, die zu einer der Turbinen führten. Dies war im Sinne des Testprogrammes notwendig. Die Konsequenz aber war, dass man eine weitere automatische Sicherheitsrückkopplung abschaltete. Eine Minute später versuchte man eine Art von Notbremsung; man hatte anscheinend nun doch etwas gemerkt. Man versuchte, die Graphitbrennstäbe in den Reaktor zurückzuschieben. Dies war nicht mehr möglich, da die Rohre, in denen die Graphitstäbe gleiten, durch interne Hitzeentwicklung bereits verbogen waren. Im selben Moment ereigneten sich zwei Explosionen. Der Rest der Geschichte ist bekannt.

Was finden wir hier an Psychologie? Wir finden die Tendenz zur Überdosierung von Maßnahmen unter Zeitdruck. Wir finden die Unfähigkeit zum nichtlinearen Denken in Kausalnetzen statt in Kausalketten, also die Unfähigkeit dazu, Neben- und Fernwirkungen des eigenen Verhaltens richtig in Rechnung zu stellen. Wir finden die Unterschätzung exponentieller Abläufe: die Unfähigkeit zu sehen, dass ein exponentiell ablaufender Prozess, wenn er erst einmal begonnen hat, mit einer sehr großen Beschleunigung abläuft. All das sind „kognitive“ Fehler, Fehler in der Erkenntnistätigkeit.

Diese primären Fehler haben ihren Hintergrund, wie die Abbildung auf Seite 9 darstellt. Bei den ukrainischen „Reaktorfahrern“ handelte es sich um ein gut eingespieltes Team hoch angesehener Fachleute, welches gerade eben einen Preis gewonnen hatte für das hohe Ausmaß, in



dem ihr Reaktor „am Netz“ war. Wohl gerade die hohe Selbstsicherheit dieses Teams war mitverantwortlich für den Unfall. Man betrieb den Reaktor nicht mehr „analytisch“, sondern gewissermaßen „intuitiv“. Man glaubte zu wissen, womit man zu rechnen hatte, und man glaubte sich vermutlich auch erhaben über die „lächerlichen“ Sicherheitsvorschriften, die für „Babys“ beim Umgang mit Reaktoren gemacht waren, nicht aber für ein Team von gestandenen Fachleuten.

Die Tendenz einer Gruppe von Fachleuten, sich selbst zu bestätigen, alles richtig und gut zu machen, Kritik in der Gruppe implizit durch Konformitätsdruck zu unterbinden, hat Janis (1972) als die Gefahr des „Groupthink“ bei politischen Entscheidungsteams geschildert, zum Beispiel

beim Team der Kennedy-Berater vor der katastrophal endenden „Schweinebuchtaffäre“.

Beigetragen zur Reaktor-Havarie von Tschernobyl hat auch, dass all diese Verletzungen der Sicherheitsvorschriften keineswegs zum ersten Mal („ausnahmsweise“) riskiert wurden, sondern – ohne Folgen – schon oft vorher durch-exerziert worden waren. Es war „Methode“ geworden, Gewohnheit, man machte es eben so, da es immer schon so gemacht worden war.

Im Zusammenhang mit dem Unfall von Tschernobyl und anderen (Fast-)Katastrophen hat man sehr oft von menschlichem Versagen geredet. Nun gibt es für den Begriff „Versagen“ sicherlich eine ganze Menge verschiedenartiger Bedeutungen. Und sicherlich hat die Mannschaft des Reaktors 4 von Tschernobyl insofern „versagt“, als ihr der Reaktor explodiert ist.

Wenn man aber von Versagen in dem Sinne redet, dass jemand eine Leistung, die er hätte erbringen sollen, nicht erbracht hat, so liegt im Hinblick auf die einzelnen Verhaltensbestandteile, aus denen sich schließlich der Unfall von Tschernobyl ergab, an keiner Stelle ein Versagen vor. Es ist niemand eingeschlafen, obwohl er hätte wach bleiben müssen. Es hat niemand ein Signal übersehen, welches er hätte sehen müssen. Es hat niemand aus Versehen einen falschen Schalter betätigt. Alles, was geschah, haben die Operateure bewusst gemacht und offenbar aus der vollen Überzeugung heraus, richtig zu handeln. Selbstverständlich haben

sie Sicherheitsvorkehrungen außer Kraft gesetzt, obwohl dies verboten war. Sie haben hierbei aber nichts übersehen und nichts aus Versehen getan, sondern sie waren offenbar der Meinung, dass die Sicherheitsvorkehrungen für ein eingespieltes und erfahrenes Team viel zu eng ausgelegt waren. Solche Überzeugungen findet man keineswegs nur bei den Betreibern von Atomreaktoren. In jedem beliebigen Industriebetrieb und bei jedem Autofahrer, der seinen Sicherheitsgurt nicht anlegt, findet man diesen schmeichelhaften Glauben.

Wir finden in dem Verhalten der Reaktorfahrer vieles von dem wieder, was wir aus dem Alltag kennen: Schwierigkeiten beim Umgang mit der Zeit, Schwierigkeiten bei der Einschätzung exponentieller Entwicklungen, Schwierigkeiten beim Umgang mit Neben- und Fernwirkungen, also die Tendenz zu einem isolierenden Ursache-Wirkungs-Denken. Vor diesem Hintergrund erscheint das Verhalten der Operateure von Tschernobyl ganz verständlich.





© 2004 FINANCIAL Gates GmbH
Ein Unternehmen der F.A.Z.-Verlagsgruppe

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen
Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien.

www.cfo-summit.de