

**ilk**

INTERNATIONALE  
LÄNDERKOMMISSION  
KERntechnik

Baden-Württemberg · Bayern · Hessen



## ILK-Empfehlungen

zur Nutzung von Probabilistischen Sicherheitsanalysen im  
atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren

## ILK Recommendations

on the Use of Probabilistic Safety Assessments in Nuclear  
Licensing and Supervision Processes

ILK - Geschäftsstelle beim Bayerischen Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
D-86179 Augsburg  
Telefon: +49-173-65 707-11/-10  
Telefax: +49-173-65 707-98/-96  
E-Mail: [ilk.gs@lfu.bayern.de](mailto:ilk.gs@lfu.bayern.de)

Mai 2001/May 2001  
ILK-04 D/E

Die Internationale Länderkommission Kerntechnik - ILK - der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Hessen wurde Anfang Oktober 1999 gegründet und setzt sich aus 10 Wissenschaftlern und Experten aus Deutschland, Frankreich, den USA, Schweden und der Schweiz zusammen. Durch die unabhängige und objektive Beratung der drei Länder in Fragen der Sicherheit kerntechnischer Anlagen, der Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie der Risikobewertung der Kernenergienutzung soll die ILK einen wichtigen Beitrag liefern, den hohen international anerkannten Sicherheitsstandard der süddeutschen Kernkraftwerke zu erhalten und weiter zu entwickeln.

Die ILK befasst sich seit 1999 auch mit der internationalen Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen und hat auf ihrer 11. Sitzung am 21.05.2001 in Stockholm die folgenden Empfehlungen zur Nutzung von probabilistischen Sicherheitsanalysen im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren verabschiedet.

Der Vorsitzende

Dr. Serge Prêtre

**Inhalt:**

Einleitung .....	4
Empfehlungen .....	8
Empfehlung 1: Verstärkte Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen .....	8
Empfehlung 2: Weiterentwicklung der probabilistischen Sicherheitsanalysen .....	10
Ergänzender Kommentar des ILK-Mitglieds Prof. G.E. Apostolakis (USA) .....	16
Anhang: Mitglieder der ILK .....	18

The International Committee on Nuclear Technology (Internationale Länderkommission Kerntechnik, ILK) was established by the three federal states of Baden-Württemberg, Bavaria, and Hesse in early October 1999. It consists of ten experts from Germany, France, USA, Sweden and Switzerland. The ILK acts as an independent and objective advisory body to these federal states on issues related to nuclear facility safety and radioactive waste management and the risk assessment of the use of nuclear power. In this capacity, the Committee's goal is to contribute to the maintenance and further development of the high, internationally recognised safety standards of nuclear power plants in the southern part of Germany.

Since 1999 the ILK has also looked into the international application of probabilistic safety analyses. At its 11th meeting held in Stockholm on 21 May 2001, the Committee adopted the recommendations listed below concerning the use of probabilistic safety analyses in the regulatory processes under the German Atomic Energy Act.

The Chairman

Dr. Serge Prêtre

**Content:**

Introduction .....	5
Recommendations.....	9
Recommendation 1: Expanded Use of Probabilistic Safety Analyses .....	9
Recommendation 2: Development of Probabilistic Safety Analyses .....	11
Additional Comments by ILK Member Prof. G.E. Apostolakis (USA) .....	17
Appendix: Members of the ILK.....	19

Die Sicherheit von Kernkraftwerken fußt auf dem "Defence-in-Depth"-Konzept, das sich - zusammen mit entsprechenden Vorsorgemaßnahmen - als wirksames deterministisches Auslegungsprinzip bewährt hat. Innerhalb der einzelnen Stufen des Konzeptes sind Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten, woraus insgesamt eine konservative Auslegung und Betriebsführung der Anlagen resultieren. Eine im Allgemeinen bemerkenswerte Sicherheitsbilanz - zumindest für westliche Anlagen - wurde so erzielt.

Ein Gebot für den Betrieb von Kernkraftwerken ist die Anpassung der Anlagen an den jeweils gültigen Stand von Wissenschaft und Technik. In einigen Fällen wurden dabei Maßnahmen zum Erhalt bzw. zur Wiederherstellung der Sicherheitsreserven in der Auslegung und/oder des Betriebs durchgeführt. In anderen Fällen wurde mit den Änderungen ein zusätzlicher Sicherheitsgewinn angestrebt, wobei rückblickend für die letztgenannten Fälle konstatiert werden muss, dass mit den getroffenen Maßnahmen nicht immer ein spürbarer Sicherheitsgewinn verbunden war. Dies ist zum einen darin begründet, dass das absolute Sicherheitsniveau der Anlagen bereits vorher sehr hoch und weitgehend ausgewogen war. Zum anderen war während der ersten Jahre der Kernenergienutzung der Sicherheitsgewinn, der mit einer jeweils umgesetzten Maßnahme wirklich erreicht wurde, nicht quantitativ feststellbar.

In den letzten drei Jahrzehnten wurde eine neue analytische Methode, die probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA), entwickelt, die dies erlaubt. Die Methodik wurde mannigfach angewendet und gestattet auch, die erreichte Schadensvorsorge im Sinne des Atomgesetzes quantitativ aufzuzeigen.

Die ILK ist davon überzeugt, dass die PSA mittlerweile einen Reifegrad erreicht hat, der gestattet, sie für Maßnahmen und Entscheidungen im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren ergänzend zu nutzen. Sie kann wertvolle Erkenntnisse zur Effizienz geplanter Änderungsmaßnahmen liefern; sie hilft, möglicherweise verbliebene Schwachstellen zu identifizieren, und schafft Voraussetzungen für die vergleichende Bewertung der integral erreichten Sicherheit.

Die ILK hat sich mit dem internationalen Stand der Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen und deren Nutzung im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren beschäftigt. In der Bundesrepublik Deutschland werden solche Analysen in erster Linie im Rahmen der 10-jährlichen periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) verwendet. Dem dafür entwickelten Leitfadens entsprechend wird für ein Spektrum interner auslösender Ereignisse die Häufigkeit von Gefährdungszuständen ermittelt unter Einbeziehung der aktiven Funktion bzw. aktiver Funktionselemente des Sicherheitsbehälters. Ein Gefährdungszustand liegt

The safety of nuclear power plants is based on the defence-in-depth philosophy, which, in conjunction with associated precautionary measures, has proved its value as an effective deterministic design principle. Safety measures at each of the individual levels of the concept must be observed, resulting in an overall conservative design and operating practice. A generally remarkable safety record – at least for facilities in the West – has been achieved in this way.

A requirement for the operation of nuclear power plants is the adjustment of facilities to the current state of science and technology. In some cases, this has led to measures for maintaining or restoring safety margins in the plant design and/or operation. In other cases, the modifications aimed at achieving additional gains in safety. However, in the latter case, it has to be stated that the measures implemented were not always associated with significant gains in safety. This situation is partly due to the fact that the absolute safety level of the plants was already very high to begin with and was largely well-balanced. Additionally, during the first years of nuclear energy utilization, the gain in safety achieved by each individually implemented measure could not be determined quantitatively.

A new analytical tool, Probabilistic Safety Assessment (PSA), has been under development for the last three decades. It allows the quantitative evaluation of safety. This methodology has found many applications and also allows for the quantitative demonstration of the achieved precaution against damage as required by the Atomic Energy Act.

The ILK is convinced that PSA has now reached a level of maturity that allows it to be used in a supplementary way in nuclear licensing and supervisory activities and decisions. In particular, it can provide valuable insights into the efficiency of contemplated modifications: it helps to identify possibly remaining weak points and creates the preconditions necessary for the comparative evaluation of the achieved safety.

The ILK reviewed the international use of PSA and its application to nuclear regulatory processes. In the Federal Republic of Germany, such analyses are primarily employed within the framework of Periodic Safety Reviews (PSR) undertaken every ten years. According to the guidelines developed for this purpose, the frequencies of hazard states including the active function or active function elements of the containment are determined for a spectrum of internal initiating events. A hazard state is assumed to be reached whenever

vor, wenn das auslösende Ereignis nicht durch die dafür vorgesehenen Sicherheitssysteme beherrscht wird; von anlageninternen Notfallschutzmaßnahmen wird dabei nicht Kredit genommen.

Das im Rahmen der PSÜ gewählte und von den Betreibern in einer freiwilligen Selbstverpflichtung umgesetzte Vorgehen stellt ein deutsches Spezifikum dar. Dessen Hauptzielrichtung ist es, die mit deterministischen Methoden erreichte Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes nachträglich mit probabilistischen Methoden zu überprüfen und möglichst zu bestätigen. Das von der ILK empfohlene Vorgehen geht darüber hinaus und folgt dabei der sich heute entwickelnden internationalen Praxis, PSAs verstärkt auch zur Bewertung von Änderungen und des mit einer Anlage verbundenen Risikos zu nutzen.

Die ILK weist darauf hin, dass aus einer PSA weit mehr als ausschließlich Zahlenwerte resultieren. Aus einer PSA ergeben sich wertvolle Erkenntnisse zum Ablauf potentieller Unfallsequenzen (sog. Ereignisabläufe), zur Bedeutung von Systemfunktionen und Schlüsselkomponenten, menschlichen Handelns sowie zum Einfluss getroffener Annahmen auf das Ergebnis. Die Gesamtheit dieser Erkenntnisse stellt - zusammen mit den Zahlenwerten - den Gebrauchswert einer PSA dar. Die ermittelten Zahlenwerte, wie z. B. die Kernschadenshäufigkeit (Core Damage Frequency, CDF), sind im Übrigen mit Unsicherheiten behaftet, die aber über geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilungen dargestellt werden können.

Die ILK ist der Ansicht, dass PSAs ein ergänzendes Instrumentarium darstellen, mit dem die Effizienz behördlicher Entscheidungen weiter gesteigert werden kann. Deshalb gibt sie die folgenden Empfehlungen und bietet an, in Einzelfragen beratend tätig zu werden.

the initiating event is not controlled by the safety systems designed to prevent it, without taking credit for internal accident management measures.

The approach chosen within the framework of PSRs and implemented by the operators through voluntary self-commitment represents a German peculiarity. Its main objective is to test the balanced nature of the safety concept achieved with deterministic methods using probabilistic methods and, if possible, to confirm it. The approach recommended by the ILK goes beyond this practice and follows the international practice currently under development of increasingly using PSAs for evaluating modifications and the risk associated with a plant.

The ILK notes that PSA produces much more than numerical results. A PSA provides very useful insights into the progression of potential accident sequences (so-called sequences of events), on the significance of system functions and key components, human actions, and the sensitivity of results to assumptions made. It is the totality of these insights, along with the numerical results, that should be utilized. The numerical results obtained, such as the core damage frequency (CDF), are uncertain. This uncertainty is reflected in appropriate probability distributions.

In the opinion of the ILK, PSAs represent a supplementary instrument which can increase the efficiency of decision-making processes of the authorities. Thus, the ILK offers the following recommendations and offers to advise on specific questions.

**Empfehlung 1:****Verstärkte Anwendung probabilistischer Sicherheitsanalysen**

Ziel der Behörden sollte sein, die Effizienz von Genehmigung und Aufsicht dadurch zu steigern, dass die Maßnahmen ihrer nachweislichen sicherheitstechnischen Bedeutung entsprechen; dazu sollten probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) verstärkt durchgeführt und angewendet werden.

**Umsetzung:**

1. Die Behörden sollten in ihrem Entscheidungsprozess probabilistische Risiko-Information mit dem Ziel verwenden, ein hohes Sicherheitsniveau dauerhaft zu gewährleisten. Die über die bisher vorliegenden Analysen hinausgehenden neuen Untersuchungen, mit denen diese Informationen in vollem Umfang bereitgestellt werden, sollten zeitlich gestaffelt durchgeführt werden.
2. Quantitative Ziele zur Beurteilung von Änderungen der Technik oder Betriebsweisen einer Anlage sollten sich an der Ausgewogenheit der Sicherheitssysteme insgesamt sowie am Sicherheitsniveau vergleichbarer Anlagen orientieren. Soweit absolute Zielvorgaben benötigt werden, sollten die Empfehlungen der internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) zur Orientierung herangezogen werden; dabei ist die Vergleichbarkeit der Analysemethoden zu beachten.
3. Es sollten Leitlinien entwickelt werden, wie in Ergänzung deterministischer Anforderungen die PSA-Ergebnisse für behördliche Entscheidungen genutzt werden sollen.
4. Die Behörden sollten die Betreiber von Kernkraftwerken ermutigen, Erkenntnisse aus PSAs in dem für die jeweilige Fragestellung zweckmäßigen Umfang bereitzustellen, und diese Informationen dann selbst für ihre Entscheide nutzen.
5. Die Behörden sollten die Kernkraftwerksbetreiber auffordern, bestehende Regelungen zu identifizieren, die aus Betreibersicht aufgrund von Erkenntnissen aus PSAs geändert werden sollten.

**Recommendation 1:****Expanded Use of Probabilistic Safety Analyses**

The authorities should strive to improve the efficiency of the licensing and supervision processes by ensuring that the regulatory attention on safety is demonstrably commensurate with their safety significance. For this purpose, probabilistic safety analyses (PSAs) should be carried out and applied to a greater extent.

**Implementation:**

1. The authorities should utilize probabilistic risk information in their decision-making processes in order to ensure a long-term high safety level. The new analyses which will exceed the scope of existing analyses and will provide the full extent of this information, should be performed in a phased manner.
2. The quantitative goals used to evaluate changes to a plant or its operation should aim at a balance of the overall safety systems of the plant itself and should take the safety levels of comparable plants into account. When absolute safety goals are needed, the values recommended by the International Atomic Energy Agency (IAEA) should be used for comparison purposes; in so doing, the comparability of methods of analysis needs to be considered.
3. Guidelines should be developed on how the PSA results can be used to supplement deterministic requirements for regulatory decision making.
4. The authorities should encourage the owners of nuclear power plants to make findings from PSAs available to the extent practical regarding the issue under consideration, and then proceed to include this information in their regulatory decision making.
5. The authorities should encourage the owners of nuclear power plants to identify those regulations the owners regard as necessary to change based on findings from PSAs.

**Kommentierung:**

Wie bereits dargelegt, haben PSAs heute einen ausreichenden Entwicklungsstand erreicht, um eine quantitative Aussage über das tatsächlich vorhandene Sicherheitsniveau zu liefern. Sie analysieren die Anlage als integrales System und erlauben damit wertvolle Einsichten, die die deterministischen Analysen ergänzen. Somit können die Wirkungen von gestaffelten Maßnahmen aufgezeigt und quantitativ eingeschätzt werden. Die Einordnung abdeckender potentieller Unfallsequenzen in eine Rangfolge, entsprechend ihrem ausgewiesenen Beitrag zu bestimmten Risikomessgrößen, ist wichtiger Teil eines wirksamen Risikomanagements.

Ein schrittweises Vorgehen bei der verstärkten Nutzung von PSAs innerhalb des behördlichen Entscheidungsprozesses ist zweckmäßig, um auf den Erfahrungen der vorhergehenden Stufe aufbauen zu können und die notwendige Qualität fortwährend zu gewährleisten. Ferner benötigen die verschiedenen Untersuchungen, die zur Umsetzung dieser Empfehlung nötig sind, eine ausreichende Zeitspanne.

Die PSA liefert Zahlenwerte u.a. für die Unverfügbarkeit von Sicherheitsfunktionen, die Kernschadenshäufigkeit (CDF) und die Häufigkeit einer frühzeitigen großen Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus dem Sicherheitsbehälter (Large Early Release Frequency, LERF). Zur Beurteilung dieser Zahlenwerte empfiehlt es sich, Resultate für vergleichbare Anlagen sowie die von der IAEA empfohlenen Richtwerte heranzuziehen.

**Empfehlung 2:****Weiterentwicklung der probabilistischen Sicherheitsanalysen**

Die analytischen Werkzeuge, die zur Gewinnung probabilistischer Risiko-Information und zu deren Nutzung bei behördlichen Entscheidungen erforderlich sind, sollten an die internationale Praxis herangeführt werden. Die deutschen Leitfäden für die Durchführung anlagenspezifischer probabilistischer Sicherheitsanalysen (PSAs) sollten mit Nachdruck entsprechend weiterentwickelt werden. Zukünftige Analysen sollten auch externe auslösende Ereignisse, Nichtleistungszustände und anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen berücksichtigen sowie die Unsicherheiten bewerten können.

**Discussion:**

As stated in the introduction, PSAs have reached a sufficient level of development today so that they can provide a quantitative statement on existing safety levels. A PSA analyzes the plant as an integrated system, thus providing useful insights that supplement the traditional deterministic analyses. The impact of defence-in-depth measures can be evaluated and expressed quantitatively. The ranking of potential accident sequences according to their contributions to specific PSA risk metrics is an essential element of effective risk management programs.

A phased approach in the increased use of PSAs within the decision-making process of the authorities is practical and desirable in order to learn from the experience with the previous level and to guarantee the necessary constancy of quality. In addition, the various studies necessary to implement this recommendation will require sufficient time to be completed.

PSAs produce numerical results, e.g., for the unavailability of safety functions, the core damage frequency (CDF) and the large early release frequency (LERF) of radioactive substances from the containment. In order to evaluate these numerical values, it is recommended to refer to the results from similar facilities and to the relevant goals recommended by the IAEA.

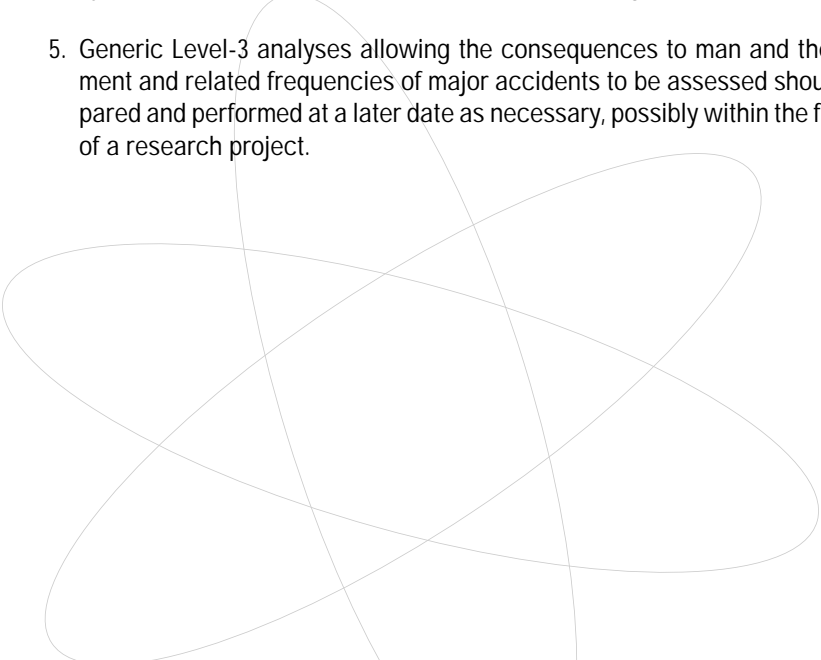
**Recommendation 2:****Development of Probabilistic Safety Analyses**

The analytical tools needed for producing risk information and utilizing them in regulatory decision making should be adjusted to conform with international practice. The further development of German guidelines for conducting plant-specific PSAs should, therefore, be pursued vigorously. Future analyses should also be able to evaluate external initiating events, shutdown operating modes, internal accident management as well as uncertainties.

**Umsetzung:**

1. In deutschen PSAs ist es üblich, die Häufigkeit von Gefährdungszuständen für den Reaktorkern zu ermitteln. Diese Bewertungen sollten auf Kernschadenszustände ausgedehnt werden und anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen mit umfassen, um mit der internationalen Praxis konsistent zu sein (z. B. CDF als Zielgröße).
2. Die vorliegenden Level 1-Analysen sollten im Hinblick auf die Ermittlung von Kernschadenshäufigkeiten ergänzt werden und neben internen auch externe auslösende Ereignisse und Nichtleistungszustände berücksichtigen. Diese Analysen sind bei Quantifizierung der Unsicherheiten für alle Anlagen durchzuführen.
3. Level 2-Analysen, die das Verhalten des Sicherheitsbehälters einschließen und die Häufigkeit von frühen und späten Freisetzungen radioaktiver Stoffe mit zugehörigen Stoffmengen und Freisetzungsbedingungen ermitteln, sollten auf Level 1-Analysen aufbauen und wiederum auch Unsicherheitsanalysen umfassen. Es ist zu prüfen, ob dieser Analyseschritt baulinien- statt anlagenspezifisch sein kann.
4. Hindernisse, die einer wirksamen Nutzung von probabilistischer Risikoinformation im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren entgegenstehen, sollten identifiziert und mögliche Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen werden.
5. Darüber hinausgehend sind generische Level 3-Analysen, mit deren Hilfe die Konsequenzen schwerer Unfälle für Mensch und Umwelt sowie die zugehörigen Häufigkeiten abgeschätzt werden können, vorzubereiten und bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt, ggf. im Rahmen eines Forschungsvorhabens, durchzuführen.

**Implementation:**

1. In German PSAs, it is customary to calculate the frequency of reactor core hazard states. These assessments should be expanded to include core damage states and internal accident measures in order to be consistent with international practice (e.g., CDF as a target value).
  2. Existing Level-1 PSAs should be supplemented with calculations of CDFs and should take into account external initiating events and shutdown operating modes in addition to internal initiating events. These analyses are to be performed for all units with quantitative assessments of uncertainties.
  3. Level-2 PSAs that include containment response and calculate the frequency of early and late releases of radioactive substances, including the attendant quantities and release conditions, should be based on Level-1 PSAs and should also include uncertainty analyses. The possibility that this analytical step could be design-specific rather than plant-specific should be considered.
  4. Impediments to the effective utilization of a risk-informed nuclear regulatory system, as well as possible measures for addressing them, should be identified.
  5. Generic Level-3 analyses allowing the consequences to man and the environment and related frequencies of major accidents to be assessed should be prepared and performed at a later date as necessary, possibly within the framework of a research project.
- 

**Kommentierung:**

Die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung durchgeführten probabilistischen Sicherheitsanalysen ermitteln keine Kernschadenshäufigkeiten; insbesondere lassen sie anlageninterne Notfallschutzmaßnahmen unberücksichtigt, die auf die Vermeidung von Kernschmelzen gerichtet sind. Dies entspricht nicht dem eigentlichen Ziel einer PSA, realistische Aussagen zu machen, und erschwert den Vergleich mit den Ergebnissen internationaler Analysen und mit internationalen Richtwerten. Die Verfügbarkeit von vollständigen Level 1-Analysen ist ein wichtiger erster Schritt, um probabilistische Risiko-Information im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren nutzen zu können.

Freisetzungshäufigkeiten schließen die Bewertung der Funktionen des Sicherheitsbehälters ein und ergänzen Erkenntnisse, die aus Analysen zur Kernschmelzhäufigkeit gewonnen werden. Die Ermittlung von Freisetzungshäufigkeiten ist nützlich für die Beurteilung von Maßnahmen zur Risikominimierung, insbesondere von anlageninternen Notfallschutzmaßnahmen, die auf die Erhaltung der Funktion des Sicherheitsbehälters bzw. auf die Minderung von Freisetzungen gerichtet sind.

Soweit rechtliche oder faktische Gegebenheiten einer an sich zweckmäßigen Nutzung von Erkenntnissen aus PSAs entgegenstehen, sollte dies dokumentiert werden, um eine fundierte Diskussion über die Weiterentwicklung des atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahrens zu ermöglichen.

Laufende Aktivitäten (Fortschreibung PSA-Leitfaden, KTA-2000/Basisregel 6 u.ä.) zielen prinzipiell in die gleiche Richtung und sind für die Umsetzung der ILK-Empfehlungen nützlich. Im Einzelnen sollten sie mit Vorgaben, die sich aus den ILK-Empfehlungen ergeben, abgeglichen werden.

Zur schrittweisen Umsetzung der Empfehlungen ist die Entwicklung eines "Fahrplans" sinnvoll, der die erforderlichen Arbeiten in geeignete Phasen auflöst und dazu beiträgt, dass der gesamte Prozess mit einem hohen Maß an freiwilliger Selbstverpflichtung - insbesondere der Kernkraftwerksbetreiber - in absehbarer Zeit erfolgreich abgeschlossen werden kann.

**Discussion:**

The PSAs performed within the framework of PSRs do not calculate CDFs and, in particular, do not consider internal plant accident management provisions which are directed towards the avoidance of core meltdowns. This is not consistent with the proper objective of PSAs to deliver realistic estimates and makes it difficult to compare the results with those of international studies and with safety objectives. The availability of complete Level-1 PSAs is an essential first step toward being able to utilize probabilistic risk information in the nuclear regulatory process.

Release frequencies include the assessment of the containment response and supplement insights that can be gained from analyses of core damage frequencies. They are useful in the evaluation of risk reduction measures, especially of internal plant accident management measures that aim to support the function of the containment or the reduction of releases.

If there are any legal or other existing impediments surrounding the practical use of findings from PSAs, these should be noted to allow a detailed discussion on the further development of the nuclear regulatory licensing and supervision procedure.

Current activities (updating the PSA guidelines, KTA-nuclear safety standard 2000/basic safety standard 6 and others) largely point in the same direction and are useful for the implementation of the ILK recommendations. They should be individually aligned with the targets resulting from the ILK recommendation.

Developing a timetable for the phased implementation of the recommendations is sensible. For example, one could subdivide the work necessary into a suitable number of phases and contribute towards the successful conclusion of the entire process within the foreseeable future on the basis of a high degree of voluntary commitment, especially by NPP operators.



**Ergänzender Kommentar des ILK-Mitglieds Prof. G.E. Apostolakis (USA)**

Obwohl ich beiden Empfehlungen voll zustimme, glaube ich, dass die Bedeutung der ökonomischen Belastung durch unnötige Regelungen und Auflagen darin nicht ausreichend herausgestellt wird. Die PSA hat gezeigt, dass viele der konservativen Regelungen und Auflagen, die durch eine übermäßige Anwendung des "Defence-in-Depth"-Konzepts entstanden sind, nicht zur Sicherheit beitragen. Die Beibehaltung von Regelungen, die einerseits keinen erkennbaren Einfluss auf die Sicherheit haben, andererseits aber erhebliche Kosten verursachen, ist nicht vernünftig. Abgesehen davon, dass sie wertvolle Ressourcen verschwenden, untergraben diese übermäßigen Anforderungen sogar die Glaubwürdigkeit des Aufsichtssystems. Meiner Ansicht nach ist dies der Sicherheitskultur abträglich. Ich glaube, dass die Anlagenbetreiber am besten geeignet sind, die Auflagen und Regelungen, die eine Belastung darstellen und nur minimalen Einfluss auf die Sicherheit haben, aufzuzeigen. Hierzu sollten sie ermutigt werden. Dieses Vorgehen würde die Behörden in die Lage versetzen, die technischen Vorzüge der Regelungen und Auflagen zu bewerten und Entscheidungen zu treffen, die zu einem rationellerem Aufsichts- und Genehmigungssystem führen.

**Additional Comments by ILK Member Prof. G.E. Apostolakis (USA)**

Although I agree fully with the recommendations offered in this document, I believe that the significance of the economic burden of unnecessary regulations is not emphasized sufficiently. Many of the conservative requirements that have been imposed by the excessive application of defence-in-depth have been shown by PSA not to contribute to safety. Having requirements that have no discernible impact on safety, yet are very costly, is not wise. In addition to wasting valuable resources, these excessive requirements undermine the credibility of the regulatory system itself. In my view, this is detrimental to safety culture. I believe that the plant operators are in the best position to identify regulatory requirements that are burdensome and of minimal safety significance; they should be encouraged to do so. This will allow the regulatory authorities to evaluate the technical merits of these requirements and to make decisions that will lead to a more rational regulatory system.



### Prof. Dr. George Apostolakis, USA

Professor für Kerntechnik am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, USA

Mitglied des Advisory Committee on Reactor Safeguards (ACRS) bei der US Nuclear Regulatory Commission (NRC)

Experte für Reaktortechnik, Spezialist auf den Gebieten der probabilistischen Sicherheitsanalyse, der menschlichen Zuverlässigkeit und der risikobasierten Aufsicht

Professor of Nuclear Engineering at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, USA

Member of the Advisory Committee on Reactor Safeguards (ACRS) at the US Nuclear Regulatory Commission (NRC)

Expert on Nuclear Reactor Technology, Specialist on Probabilistic Safety Analysis, Human Performance and Risk-Informed Regulation



### Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. techn. h.c. Josef Eibl, Deutschland

Ehemaliger Leiter des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe

Langjähriges Mitglied der RSK bis zu deren Auflösung am 22.12.1998

Experte auf dem Gebiet der bautechnischen Anforderungen in der Kerntechnik (Stoßdynamik, Flugzeugabsturz und Erdbeben)

Former Director of the Institute for Massive Construction and Building Material Technology at the University Karlsruhe

Longstanding member of the Reactor Safety Commission until its dissolution on December 22, 1998

Expert in the field of Civil Engineering Standards in Nuclear Technology (impact dynamics, airplane crashes and earthquakes)



### Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Dieter Fischer, Deutschland

Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Ruhr-Universität Bochum

Mitglied in der RSK bis zu deren Auflösung am 22.12.1998

Experte auf dem Gebiet der Elektro- und Leittechnik bei kerntechnischen Anlagen

Holder of the Chair for Communication Technology at the Ruhr-University Bochum

Member of the Reactor Safety Commission until its dissolution on December 22, 1998

Expert in the field of Instrumentation and Control Systems in Nuclear Facilities



### Ing. Bo Gustafsson, Schweden

Direktor der Abteilung Nukleare Entsorgung der Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB)

Experte für die Entsorgung radioaktiver Abfälle

Director of the Nuclear Waste Department of the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB)

Expert on Nuclear Waste Management



### Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kröger, Schweiz

Direktionsmitglied und Leiter  
Forschungsbereich Nukleare  
Energie und Sicherheit, Paul  
Scherrer Institut (PSI) in Villigen,  
Schweiz

Management Member and Head of  
the Department of Nuclear Energy  
and Safety, Paul Scherrer Institute  
(PSI) in Villigen, Switzerland

Inhaber des Lehrstuhls für Sicher-  
heitstechnik an der ETH Zürich

Holder of a Chair for Safety  
Technology at the ETH Zurich

Experte für nukleare Sicherheit und  
Risikobewertung

Expert on Nuclear Safety and  
Probabilistic Safety Analysis



### Dr.-Ing. Erwin Lindauer, Deutschland (stellvertretender Vorsitzender der ILK)

Technischer Geschäftsführer der  
Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft  
mbH (KSG)

Technical Chief Executive Officer  
of the Kraftwerks-Simulator-  
Gesellschaft mbH (KSG)

Technischer Geschäftsführer der  
Gesellschaft für Simulatorschulung  
mbH (GfS)

Technical Chief Executive Officer  
of the Gesellschaft für  
Simulatorschulung mbH (GfS)

Mitglied in der RSK bis zu deren  
Auflösung am 22.12.1998

Member of the Reactor Safety  
Commission until its dissolution on  
December 22, 1998

Experte für Reaktorsicherheit,  
Systemtechnik, Reaktorbetrieb und  
Personalqualifikation

Expert on Reactor Safety, Systems  
Technology, Reactor Operation, and  
Staff Training



### Dr. Serge Prêtre, Schweiz (Vorsitzender der ILK)

Direktor (a.D.) der schweizerischen  
atomrechtlichen Aufsichtsbehörde  
HSK (Hauptabteilung für die  
Sicherheit der Kernanlagen)

Former Director of the Supervising  
Authority in Switzerland, HSK  
(Hauptabteilung für die Sicherheit  
der Kernanlagen)

Experte für Fragen der  
Reaktorsicherheit und des  
Strahlenschutzes

Expert for Reactor Safety and  
Radiation Protection



### Ing. Louis Reynes, Frankreich

Vizepräsident (a.D.) der Université de  
Technologie de Troyes

Vice President (Ret.) of the  
Université de Technologie de Troyes

Beratender Ingenieur

Consulting engineer

Langjähriges Mitglied der  
französischen Reaktorsicherheits-  
kommission GPR (Groupe permanent  
d'experts chargé des réacteurs  
nucléaires)

Longstanding member of the French  
Reactor Safety Commission GPR  
(Groupe permanent d'experts chargé  
des réacteurs nucléaires)

Experte auf dem Fachgebiet  
Systemtechnik sowie Mensch-  
Maschine-Schnittstelle

Expert in the field of Systems  
Technology and Man-Machine-  
Interface



### Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos, Deutschland

Inhaber des Lehrstuhls für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre der Universität Stuttgart

Holder of the Chair for Material Testing, Material Science and Material Properties at the University Stuttgart

Direktor der Staatlichen Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart

Director of the Staatliche Materialprüfungsanstalt, University Stuttgart

Mitglied der RSK bis zu deren Auflösung am 22.12.1998

Member of the Reactor Safety Commission until its dissolution on December 22, 1998

Experte auf dem Gebiet der Materialprüfung, Werkstoffwissenschaft und Integritätsanalysen

Expert in the field of Material Testing, Material Science, and Integrity Analysis



### Prof. Dr. Frank-Peter Weiß, Deutschland

Direktor des Instituts für Sicherheitsforschung im Forschungszentrum Rossendorf e.V., Dresden

Director of the Institute for Safety Research at the Research Centre Rossendorf, Dresden

Professor für Anlagensicherheit an der TU Dresden

Professor of Plant Safety at the Technical University Dresden

Reaktorsicherheitsexperte für Fragen der Reaktorphysik, Thermohydraulik und Reaktordiagnostik / Fehlerfrüherkennung

Expert on Reactor Safety in the field of Reactor Physics, Thermohydraulics, and Reactor Diagnosis / Early Fault Diagnosis