

# Ein Durchbruch – aber noch kein Ende

Nach jahrelangen Verhandlungen liegt jetzt der Vertrag zum Verbot aller Atomwaffentests vor

A. Schaper und M. Birkholz

Seit 1955 hat sich die Deutsche Physikalische Gesellschaft in verschiedenen Stellungnahmen für ein Ende des atomaren Wettrüstens und insbesondere für einen Atomteststopp ausgesprochen [1 – 5]. Mit der Resolution von 1989 wurde auch die Einrichtung einer Kommission Atomwaffen-Teststopp beschlossen, die die Thematik aus technisch-wissenschaftlicher Sicht verfolgen und die Gremien der DPG beraten sollte, um bei aktuellen Entwicklungen schnell und kompetent reagieren zu können [6]. Sieben Jahre nach dem Ende des Ost-West-Konflikts ist nun von der Genfer Abrüstungskonferenz ein internationaler Vertrag zum vollständigen Verbot aller Kernwaffen-Testexplosionen fertiggestellt worden. Der Vertragstext wurde im August an die Vollversammlung der Vereinten Nationen weitergeleitet und von ihr im September mit überwältigender Mehrheit allen Staaten zur Unterzeichnung empfohlen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die einzelnen Regelungen des Vertrages, die Geschichte seines Zustandekommens, die technischen Implikationen und noch bestehende Interessengegensätze.

Seit über einem halben Jahrhundert werden Kernwaffen entwickelt und getestet. Seitdem sind sie ständig modernisiert, miniaturisiert und neuen Trägersystemen angepaßt worden, immer ausgeklügeltere Kernwaffenkonzepte haben immer neue Entwicklungsprogramme und umfangreiche Testserien motiviert. Beispiele für fortgeschrittene Konzepte sind Mehrfachsprengköpfe oder Neutronenwaffen; im Rahmen des SDI-Programms wurde sogar die Entwicklung von weltraumgestützten, nuklear getriebenen Röntgenlasern, Mikrowellenwaffen und Teilchenkanonen diskutiert, die sogenannten „Kernwaffen der dritten Generation“ [7]. Das wichtigste Experiment bei der Entwicklung einer Kernwaffe ist die Nuklearexplosion, genannt „Test“. 2044 Tests und zwei Kriegsaktionen sind bisher registriert worden (siehe Abb. 1). Die 2046. und vielleicht letzte Nuklearexplosion wurde von China im Sommer dieses Jahres durchgeführt.

Seit Jahrzehnten ist wiederholt versucht worden, einen Vertrag über die endgültige Beendigung aller Nukleartests auszuhandeln – nun scheint ein *Umfassender Teststoppvertrag* (CTBT = Comprehensive Test Ban Treaty) greifbar nahe gerückt zu sein: Nach zweieinhalbjährigen Verhandlungen zwischen den 61 Mitgliedern der Genfer Abrüstungskonferenz wurde ein 88seitiger Vertragstext inklusive Protokoll und zwei Anhängen erarbeitet [8]. Inzwischen wurde der Vertrag von den Kernwaffenstaaten China, Frankreich, Großbritannien, Rußland und den USA sowie 110 weiteren Ländern unterzeichnet, unter anderem auch von Deutschland. Inkrafttreten kann der Vertrag aber nach seinem eigenen Wortlaut erst dann, wenn ihm alle Mitglieder aus einer Liste von 44 Staaten beigetreten sind und der Vertragstext von den jeweiligen Parlamenten ratifiziert worden ist. In nächster Zeit ist nicht damit zu rechnen, daß diese Voraussetzungen erfüllt werden, denn Indien, das zur Gruppe dieser 44 Staaten gehört, hat erklärt, dem Vertrag nicht beizutreten.

Treaty) greifbar nahe gerückt zu sein: Nach zweieinhalbjährigen Verhandlungen zwischen den 61 Mitgliedern der Genfer Abrüstungskonferenz wurde ein 88seitiger Vertragstext inklusive Protokoll und zwei Anhängen erarbeitet [8]. Inzwischen wurde der Vertrag von den Kernwaffenstaaten China, Frankreich, Großbritannien, Rußland und den USA sowie 110 weiteren Ländern unterzeichnet, unter anderem auch von Deutschland. Inkrafttreten kann der Vertrag aber nach seinem eigenen Wortlaut erst dann, wenn ihm alle Mitglieder aus einer Liste von 44 Staaten beigetreten sind und der Vertragstext von den jeweiligen Parlamenten ratifiziert worden ist. In nächster Zeit ist nicht damit zu rechnen, daß diese Voraussetzungen erfüllt werden, denn Indien, das zur Gruppe dieser 44 Staaten gehört, hat erklärt, dem Vertrag nicht beizutreten.

## Geschichte der Verhandlungen

Bereits frühzeitig wurden Versuche unternommen, einen Teststoppvertrag auszuhandeln, die allerdings nur zu Teilerfolgen führten. 1963 wurde zwischen den USA, der So-

Dr. Annette Schaper, Hessische Stiftung für Friedens- und Konfliktforschung, Leimenrode 29, 60322 Frankfurt/M. – A. Schaper war Mitglied der deutschen Delegation bei der Genfer Abrüstungskonferenz.

Dr. Mario Birkholz, Offenbacher Straße 7, 14197 Berlin. M. Birkholz ist Mitglied der Kommission Atomwaffenteststopp der DPG. Die in dem Beitrag geäußerten Ansichten geben allein die Meinung der Autoren wieder.

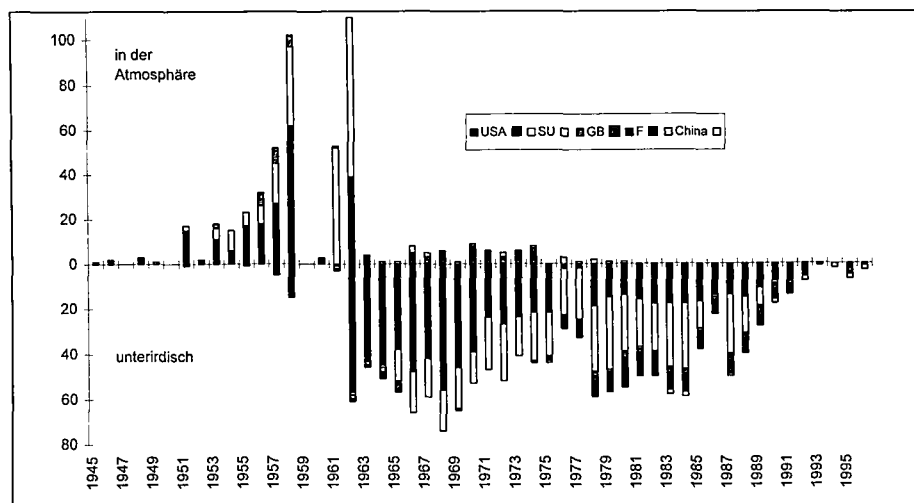


Abb. 1: Histogramm aller ober- und unterirdischen Atomtests seit 1945 (nicht eingezeichnet: indischer Test vom 18. Mai 1974, oberirdisch)

wjetunion und Großbritannien das *Moskauer Atomteststoppabkommen* abgeschlossen, das Tests in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser verbietet und nur noch unterirdische erlaubt [9]. Die Absicht hierbei war vor allem, die Freisetzung großer Mengen radioaktiver Substanzen in die Atmosphäre einzudämmen. Am Zustandekommen des Vertrages hatte eine Petition von vielen tausend Naturwissenschaftlern einigen Anteil, die von Linus Pauling initiiert worden war und wofür er mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet wurde. 1974 und 1976 kam es zu den *Testschwellenverträgen* zwischen den USA und der Sowjetunion, die alle Nuklearexplosionen oberhalb einer Schwelle von 150 Kilotonnen TNT verbieten. In der Präambel des *Nichtverbreitungsvertrages* (NVV) von 1968 wird die „Entschlossenheit der Vertragsparteien“ erwähnt [9], „darauf hinzuwirken, daß alle Versuchsexplosionen von Kernwaffen für alle Zeiten eingestellt werden...“. Im Frühjahr 1995 fand die Verlängerungs- und Überprüfungskonferenz des NVV in New York statt, bei der neue Standards für zukünftige Überprüfungen, die sogenannten „Prinzipien und Ziele“ vereinbart wurden. In ihnen wird ein Teststopp ausdrücklich als Abrüstungsmaßnahme bezeichnet, die nicht später als 1996 verwirklicht sein sollte.

Nach dem Ende des Kalten Kriegs war der internationale Druck so stark geworden, daß zunächst Gorbatschow 1991 ein Testmoratorium ausrief (das zweite innerhalb seiner Amtszeit), dem sich 1992 Frankreich, und kurze Zeit später auf Druck des Kongresses auch die USA anschlossen. Damit bestand auch für Großbritannien, das bisher das amerikanische Testgelände in Nevada genutzt hatte, keine Möglichkeit mehr zur Durchführung von Atomtests. Nur China ging keine freiwillige Verpflichtung ein.

Nachdem die Regierung Clinton verkündet hatte, die USA strebten aktiv einen Teststopp an, erhielt bald darauf, Anfang 1994, die Genfer Abrüstungskonferenz (CD) ein Verhandlungsmandat. Wie groß der internationale Druck inzwischen geworden war, zeigen eindrucksvoll die Reaktionen auf die Wiederaufnahme der französischen Tests im Sommer 1995 (zu technischen und politischen Hintergründen siehe [10]). Die Proteste gegen die sechs Versuche überstiegen bei weitem alles, was man aus den Jahren, in denen über 2000 Explosionen stattgefunden hatten, gewohnt war. Auch China, obwohl es im Gegensatz zu Frankreich nie ein Moratorium verkündet hatte, sah sich plötzlich als Zielscheibe weltweiter Empörung. Das Interesse der Weltöffentlichkeit an einem Teststopp hatte eine Atmosphäre geschaffen, in dem Moratorien kaum noch kündbar waren, so daß die Verhandlungen nur besiegelten, was schon Realität geworden war.

## Teststopp und nukleare Nichtverbreitung

Von einem Teststopp sind zwei Wirkungen zu erwarten: die Beendigung des qualitativen Rüstungswettlaufs und die Eindämmung der Entwicklungsmöglichkeiten von Kernwaffen in proliferationsverdächtigen Ländern. Weitere Begehrlichkeiten würden sowohl den Kernwaffenstaaten verwehrt, als auch allen anderen, insbesondere Indien, Pakistan und Israel, die man bereits im Besitz eines Nukleararsenals wähnt. Diese sogenannten Schwellenstaaten sind im Gegensatz zu fast allen anderen Ländern der Welt nicht dem NVV beigetreten und in ihren Ambitionen hinsichtlich Kernwaffen durch keinerlei völkerrechtlich bindende Verpflichtung beschränkt. Dadurch wäre ein CTBT sowohl eine *Abrüstungs-* als auch eine *Nichtverbreitungsmaßnahme*.

Die erste Stufe der Kernwaffenentwicklung, die sogenannte *Kernwaffe der ersten Generation*, die allein den Effekt der Kernspaltung ausnützt, ist auch ohne Test zu bewältigen [11–17]. Andere Experimente, die u. a. zur Entwicklung einer geeigneten Zündtechnik nötig und durch den Vertrag nicht verboten sind, reichen in Kombination mit Computersimulationen dazu aus. In proliferationsverdächtigen Staaten wäre dies auch im Falle eines Teststopps möglich, wenn nicht andere Maßnahmen wie Überprüfungen der Nuklearanlagen durch die Internationale Atomenergie Organisation (IAEA) oder Exportkontrollen angewandt würden. Auch einige Weiterentwicklungen wie die Anpassung an Trägersysteme wären bis zu einem gewissen Grad möglich. Mit einem Atomteststopp bleibt jedoch die Option versagt, das neue Kernwaffenpotential auch zu demonstrieren. Die Militärplaner hätten keine hundertprozentige Gewißheit, daß ihr Arsenal wirklich funktioniert. Auch die Möglichkeit, durch eine Nuklearexplosion ein politisches Signal zu setzen, wäre allen CTBT-Mitgliedern verwehrt. Bei der Entwicklung von Kernwaffen der ersten Generation wären vor allem die politischen Möglichkeiten beschnitten, weniger die technischen.

Stärker von technischen Beschränkungen betroffen wäre die nächste Stufe, die Entwicklung der Wasserstoffbombe, die auch *Kernwaffe der zweiten Generation* genannt wird. In ihr wirkt ein gewöhnlicher Sprengkopf der ersten Generation als Zünder für eine weitere, noch viel größere Energiefreisetzung, doch das Gesamtsystem funktioniert nur mit äußerster technischer Präzision. Daher muß man die Technologie der einfachen Kernspaltungssprengköpfe nicht nur grob, sondern im Detail beherrschen. Hierfür sind umfangreiche Testserien unumgänglich, bei denen eine Vielzahl von Parametern und Varianten der Zünder genau auszumessen sind. Ein CTBT würde solche Weiterentwicklungen also wirkungsvoll unterbinden.

Die Entwicklung von *Kernwaffen der dritten Generation*, wie sie eingangs erwähnt wurden, können nur Staaten beginnen, die bereits über langjährige Erfahrungen mit Wasserstoffbomben verfügen. Für solche neuartigen und exotischen Systeme ist zunächst Grundlagenforschung nötig, bei der zum Beispiel physikalische Eigenschaften verschiedener Materialien unter den extremen Bedingungen einer Kernexplosion vermessen werden. Einzelne Probleme dieser Grundlagenforschung wären auch ohne Tests zu lösen, jedoch ist es völlig ausgeschlossen, Kernwaffen der dritten Generation ohne eine große Zahl von Nukleartests bis zur Einsatzreife zu entwickeln, so daß durch einen CTBT ein solcher qualitativer Rüstungswettlauf unmöglich würde.

Bedeutsamer noch als die *technische* ist die *politische Wirkung* eines Teststopps: Die Beendigung aller Nuklearversuche und dessen völkerrechtlich verbindliche Vereinbarung war immer wieder gefordert worden und hat sich zu einem bedeutenden Symbol für die Beendigung des qualitativen Rüstungswettlaufs entwickelt. In der Forderung nach einem Teststopp ist implizit auch die Forderung nach nuklearer Abrüstung enthalten. Selbst wenn trotz eines Teststopps die Weiterentwicklung und Erfindung neuer Kernwaffen technisch doch noch möglich wäre, würde dies als entschieden unsittlich empfunden, als Verstoß gegen das Ziel des Vertrages. Der Vertrag wird daher auf doppelte Weise als Abrüstungsmaßnahme wirken: indem er technische Möglichkeiten beschränkt und indem sein Vorhandensein politischen Druck ausübt.

## Wer hat welche Interessen?

Die Nichtkernwaffenstaaten, die mit dem Beitritt zum NVV alle Kernwaffenambitionen aufgegeben haben, sind sowohl an der Abrüstung als auch an der Nichtverbreitung interessiert. Der CTBT soll im Gegensatz zum NVV nicht zwischen zwei verschiedenen Gruppen, den Kernwaffenstaaten und den Nichtkernwaffenstaaten mit unterschiedlichen Rechten und Pflichten unterscheiden: in den *Prinzipien und Zielen* heißt es, daß der Vertrag nichtdiskriminierend und universal sein soll.

Anders stellt sich die Situation für die Kernwaffenstaaten dar, sie müssen für den Vertrag Privilegien aufgeben, die sie bisher als selbstverständlich wahrgenommen hatten. Ihre Interessen waren zweifach, einerseits wollten sie die drei Schwellenländer mit einbeziehen, also die Nichtverbreitung stärken, andererseits wollten sie sich selbst möglichst wenige Beschränkungen auferlegen. Nach ihren Vorstellungen sollte der Verbotstatbestand möglichst eng gefaßt und die allgemeine Abrüstungsintention des Vertrages in der

Präambel relativ unverbindlich formuliert werden.

Nach dem Ende des Kalten Krieges ist das Interesse der USA und Rußlands an weiterer Blockkonfrontation geschwunden, statt dessen geriet die Absicht in den Vordergrund, die unkontrollierte Entwicklung von Kernwaffen in China und in Ländern, die dem NVV nicht beigetreten sind, insbesondere in Indien, einzudämmen. Dieses Interesse haben beide Staaten, und es führte zum Engagement der USA für die Aufnahme und den erfolgreichen Abschluß der Verhandlungen. Für die USA spielten der öffentliche Druck und der Einfluß der Abrüstungsbefürworter ebenfalls eine Rolle. Verstärkt wurde diese Symbolkraft 1995 durch die Einigung auf die Prinzipien und Ziele der NVV-Überprüfung. Festzustellen ist aber auch, daß die USA auf die einflußreiche Lobby der Nuklearkomplexe Rücksicht nehmen und einige technischen Optionen offenlassen mußten. Die amerikanischen Kernwaffenlabors und Rüstungsfirmen beschäftigen professionelle Lobbybüros, um Mitglieder des Kongresses und andere politische Entscheidungsträger zu beeinflussen.

Frankreich, das sich zu Anfang der Verhandlungen wenig kooperativ gezeigt und auf einem sehr schwachen Verbotstatbestand insistiert hatte, änderte diese Haltung nach den starken Protesten gegen die Wiederaufnahme seiner Nukleartests. Überrascht von deren Ausmaß und konfrontiert mit der realen Unabänderlichkeit des veränderten Klimas, versuchte Frankreich seinen beschädigten Ruf wieder zu verbessern und gab sich ab Sommer 1995 sehr konstruktiv.

China hatte sich als einzige Atommacht nicht an den Testmoratorien der anderen beteiligt, und sah sich massivem internationalen Druck ausgesetzt. Peking sieht in einem Atomteststopp vor allem eine Möglichkeit, Indiens Entwicklungsmöglichkeiten einzuschränken und die eigene regionale Vorherrschaft und seinen Status als Kernwaffenstaat zu festigen. China betont stets, daß es sich an nuklearer Abrüstung erst dann beteiligen könne, wenn die USA und Rußland auf einen vergleichbaren Stand abgerüstet hätten.

Bei den Schwellenländern bestand vor allem Indien als Gegenleistung zu seinem Testverzicht auf konkreten Maßnahmen in Richtung nuklearer Abrüstung. Das Land hatte in der Vergangenheit immer einen Teststopp und nukleare Abrüstung gefordert, sich jedoch dem Beitritt zum NVV mit Hinweis auf dessen diskriminierende Natur verweigert. Während die Nichtkernwaffenstaaten im NVV ein für alle Mal auf die atomare Option verzichten, schreibt der Vertrag nur eine sehr vage Abrüstungsverpflichtung für die Kernwaffenstaaten fest (Artikel VI: „... in redlicher Absicht Verhandlungen zu führen über

wirksame Maßnahmen zur Beendigung des nuklearen Wettrüstens in naher Zukunft ...“) [9]. Wie andere Staaten auch ist Indien mißtrauisch, ob der Teststopp wirklich den qualitativen nuklearen Rüstungswettkampf beenden wird. Andererseits besteht in Indien ein starker innenpolitischer Druck, einen oder sogar mehrere Atomtests durchzuführen und sich damit offen als Kernwaffenstaat zu erklären. Solche Forderungen wurden in der indischen Presse der unterschied-

### **Vertrag zum Vollständigen Verbot von Kernwaffentests von 1996 – CTBT – (Auszüge)**

#### **Präambel**

**Überzeugt, daß die Einstellung aller Versuchsexplosionen von Kernwaffen und aller anderen Kernexplosionen durch die Eindämmung der Entwicklung und qualitativen Verbesserung von Kernwaffen und durch die Beendigung der Entwicklung fortgeschrittener neuer Kernwaffenarten, eine effektive Maßnahme der nuklearen Abrüstung und Nichtverbreitung in allen ihren Aspekten darstellt, ....**

#### **Artikel I**

**1. Jede Vertragspartei verpflichtet sich, keine Versuchsexplosionen einer Kernwaffe oder eine andere Kernexplosion durchzuführen und alle solchen Kernexplosionen an jedem Ort seiner Gerichtsbarkeit oder Kontrolle zu untersagen und zu verhindern.**

**2. Jede Vertragspartei verpflichtet sich außerdem, darauf zu verzichten, die Durchführung einer Versuchsexplosion einer Kernwaffe oder jeder anderen Kernexplosion auf keinerlei Weise zu verursachen, zu ermutigen oder sich daran zu beteiligen.**

.....

#### **Artikel XIV**

**1. Dieser Vertrag soll 180 Tage nach dem Datum der Hinterlegung der Ratifikationsurkunden durch alle Staaten, die in Anhang 2 zu diesem Vertrag aufgelistet sind, in Kraft treten, auf keinen Fall früher als zwei Jahre nach seiner Öffnung zur Unterzeichnung.**

.....

#### **Anhang 2 – Liste der Staaten, deren Ratifikation die Voraussetzung zum Inkrafttreten ist**

**Ägypten\*, Algerien\*, Argentinien, Australien, Bangladesch, Belgien, Brasilien, Bulgarien, Chile, China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Indien\*, Indonesien, Iran, Israel, Italien, Japan, Kanada, Kolumbien, Mexiko, Niederlande, Nordkorea\*, Norwegen, Österreich, Pakistan\*, Peru, Polen, Rumänien, Rußland, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Südafrika, Südkorea, Türkei, Ukraine, Ungarn, USA, Vereinigtes Königreich, Vietnam, Zaire.**

**(bis auf die mit \* gekennzeichneten haben alle genannten Staaten den Vertrag inzwischen unterzeichnet)**

**(eigene Übersetzung der Autoren dieses Artikels)**

lichsten politischen Couleur und sogar von Rüstungskontrollexperten erhoben.

Pakistan forderte eine definitive Einbeziehung Indiens in das Testverbot und thematisierte während der Verhandlungen ebenfalls die Abrüstungskomponente des Vertrages. Dieses Land wird wahrscheinlich erst beitreten, wenn Indien diesen Schritt tut. Von Israel wird eine nationale Verfügungsgewalt über Kernwaffen weder bestätigt noch dementiert. An der Durchführung von Atomtests hat Israel daher vermutlich kein Interesse und kann wohl auch auf die Option darauf verzichten, aber ebenso wenig kann es an Verifikationsmaßnahmen interessiert sein, die Außenstehenden genaue Kenntnisse über seine technischen und militärischen Möglichkeiten vermitteln würde.

### **Die Präambel: unterschiedliche Vorstellungen über das Vertragsziel**

In den 60er und 70er Jahren wurden zum Teil sehr weitgehende Forderungen in die Präambel von Rüstungskontrollverträgen aufgenommen. Die „vollständige Abrüstung unter strikter internationaler Kontrolle“ wird beispielsweise im Moskauer Atomteststoppabkommen [9], im Testschwellenvertrag und im Meeresbodenvertrag als politische Zielvorgabe genannt. Als diese Verträge verhandelt wurden, war nicht abzusehen, daß diesen Formulierungen eine wichtige Bedeutung zukommen würde. Spätestens seit der letzten Überprüfungs-konferenz des Nichtverbreitungsvertrages im Frühjahr 1995 in New York hat sich die Lage aber verändert: Die in den Präambeln erklärten allgemeinen Ziele haben eine stark bindende Kraft entfaltet, die auch bei den Teststoppverhandlungen spürbar war. Nun befürchteten einzelne Delegationen, daß diese Verpflichtungen auch eingefordert werden könnten.

Die unterschiedlichen Vorstellungen über das Ziel des Vertrages werden im unterschiedlichen Sprachgebrauch deutlich. Im Januar schlug Indien die Formulierung vor: „Bekräftigend, daß das Hauptziel dieses Vertrages das Ende der qualitativen Verbesserung und Entwicklung von Kernwaffensystemen ist ...“. Dies wäre ganz im Sinne jener, denen auch die Abrüstungskomponente wichtig ist, und wurde daher vor allem von den Blockfreien unterstützt. Im Vertragstext heißt es dagegen nicht mehr „Ende“, sondern nur noch „Eindämmung“ (s. Kasten). Es ist auch nicht die Rede davon, daß es um ein „Ziel“ gehe, der Text drückt es so aus, daß ein Teststopp eine „effektive Maßnahme der nuklearen Abrüstung und Nichtverbreitung“ sei, mit anderen Worten: die Abrüstung ist ein Nebeneffekt. Die beschlossene Formulierung reflektiert klar das Interesse der Kernwaffenstaaten, den Abrüstungsaspekt möglichst nicht zu deutlich werden zu lassen.

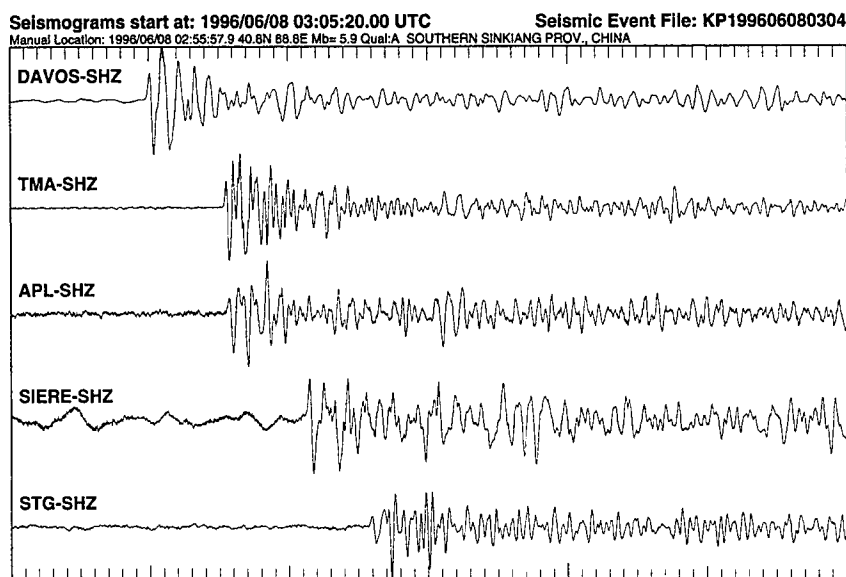


Abb. 2: Seismogramme der chinesischen Nuklearexplosion vom 8. Juni 1996, aufgezeichnet von verschiedenen Meßstationen in der Schweiz. Aus den Laufzeitunterschieden zwischen den Stationen im Osten der Schweiz (z. B. Davos) und denen im Westen (z. B. STG = St. Georges) kann man den Ausgangspunkt einer sich durch das Erdinnere ausbreitenden Raumwelle berechnen. Die Aufzeichnung umfaßt 1 min, ein Strich entspricht 1s. (Abb.: U. Kradolfer, ETH Zürich)

Hier hätte ohne Not ein Zugeständnis gemacht werden können, mit dem die Kernwaffenstaaten auch Kompromißbereitschaft gegenüber Indien signalisiert hätten.

### Der Kern des Vertrages

Anfänglich führten die Kernwaffenstaaten unter sich Verhandlungen über einen neuen Testschwellenvertrag, der lediglich die Atomtests oberhalb einer bestimmten Stärke verboten hätte. Natürlich wäre ein solcher Vertrag mit dem Ziel eines *umfassenden* Teststopps kaum vereinbar gewesen. Als Reaktion auf die Proteste gegen die französischen Tests vollzogen die Franzosen jedoch eine überraschende Wende: am 10. August 1995 verkündete Präsident Chirac, daß sich Frankreich jetzt für ein Verbot „aller Kernwaffenexplosionen“ einsetze. Dies wurde als Nulloption interpretiert, d. h. als Votum für einen Testschwellenvertrag mit einer Schwelle von 0 Kilotonnen. Einen Tag später schloß sich Präsident Clinton diesem Votum an, Großbritannien folgte im September '95, Rußland im März '96. Diese Wende kam für viele Beobachter überraschend, vermutlich wäre es nicht so schnell zu einem umfassenden Teststopp gekommen, wenn Frankreich nicht wegen seiner Tests so unter Druck geraten wäre und durch seine Initiative diesen Dominoeffekt ausgelöst hätte. Das Ergebnis ist jedenfalls mehr, als Beobachter zu dem Zeitpunkt zu hoffen wagten, und hat den Vertrag entscheidend verbessert: Wäre es bei einer Testschwelle geblieben, hätte es viele Lücken gegeben, die künftige Modernisierungen der Atomwaffenarsenale erleich-

tert oder überhaupt erst ermöglicht hätten. Den entscheidenden Verbotstatbestand des Vertrages drückt Artikel 1 aus (s. Kasten). Hierzu hatte es aber noch weitere Vorschläge gegeben. Indonesien und Indien forderten das Verbot aller Kernwaffentests, auch solcher, die nicht mit Explosionen verbunden sind. (Zur Problematik, erlaubte von verbotenen Aktivitäten klar abzugrenzen, siehe [18] und [19].) Dazu gehörten auch Aktivitäten zur Wartung der existierenden Arsenale. Indonesien wollte zeitweilig auch eine Vielzahl weiterer Experimente und Aktivitäten verbieten, die zur Kernwaffenentwicklung genutzt werden. Hierzu zählte es auch Computersimulationen und Trägheitsfusion (ICF). Da die Trägheitsfusion sowohl für die Entwicklung fortgeschrittener Kernwaffenkonzepte als auch für die ziviler Fusionsenergieforschung bedeutsam ist, liegt hier ein typischer Fall von zivil-militärischer Ambivalenz vor [20], wie auch im Fall der anderen Aktivitäten, die Indonesien verboten sehen wollte. Um den Fortschritt der Verhandlungen nicht zu gefährden, zogen die Initiatoren ihren Vorschlag jedoch wieder zurück. Man sollte das Problem der Ambivalenz aber ernst nehmen und Forschung zu zivilen Zwecken so transparent wie möglich gestalten, wie es im zivilen Wissenschaftsbetrieb allgemein üblich ist. Dadurch grenzt man sich von denjenigen ab, die ähnliche Forschung mit militärischer Zweckbestimmung durchführen und entsprechend geheim halten.

Tatsächlich sind in einigen Kernwaffenstaaten verschiedene Aktivitäten geplant, die durch den Vertrag nicht verboten werden, aber den Verdacht erregen könnten, es wür-

den qualitativ neue Kernwaffen erforscht: Hierzu gehören *geheime* ICF-Forschung in den USA und in Frankreich, auch Computersimulationen und Wartungsaktivitäten sowie in den USA der weitere Ausbau der Testgelände, für die im Oktober 1995 die Summe von 1,5 Milliarden Dollar bereitgestellt wurde. Geplant sind auch sogenannte *unterkritische Tests* in Nevada, bei denen es sich um militärische Experimente handelt, die für die Entwicklung von neuen Kernwaffen aber nur von geringem Nutzen sind. Vorsichtshalber, und um den CTBT nicht zu gefährden, sind diese Experimente von 1996 auf 1997 verschoben worden. Allerdings wären die Kernwaffenstaaten gut beraten, wenn sie noch einmal ausdrücklich erklärten, daß jetzt und auch in Zukunft keine neue Kernwaffenentwicklung geplant sei. Eine solche Erklärung hat bisher nur Frankreich im August 1995 abgegeben und inzwischen auch die Schließung seiner Atomtestgelände im Südpazifik verfügt.

### Verifikation

Zur Erfüllung des Vertrages soll in Wien die *Organisation des Umfassenden Teststopps* (CTBTO, Comprehensive Test Ban Treaty Organisation) eingerichtet werden. Sie wird eine jährliche *Konferenz der Vertragsstaaten*, einen *Exekutivrat*, bestehend aus 51 Mitgliedern und ein *Technisches Sekretariat* umfassen, dem ein sogenanntes *Internationales Datenzentrum* (IDC) unterstehen wird. Der Exekutivrat ist das ausführende Organ, er kann z. B. weitere Konferenzen einberufen; seine wichtigste Aufgabe ist die Entscheidung über das Vorgehen in Verdachtsfällen und im Fall eines Vertragsbruchs. Es wird sowohl ständige als auch wechselnde Sitze geben, über deren Verteilung natürlich heftig gerungen wurde. Von den Unterzeichnerstaaten wird eine Vorbereitungskommission eingerichtet, die die CTBTO aufbauen soll.

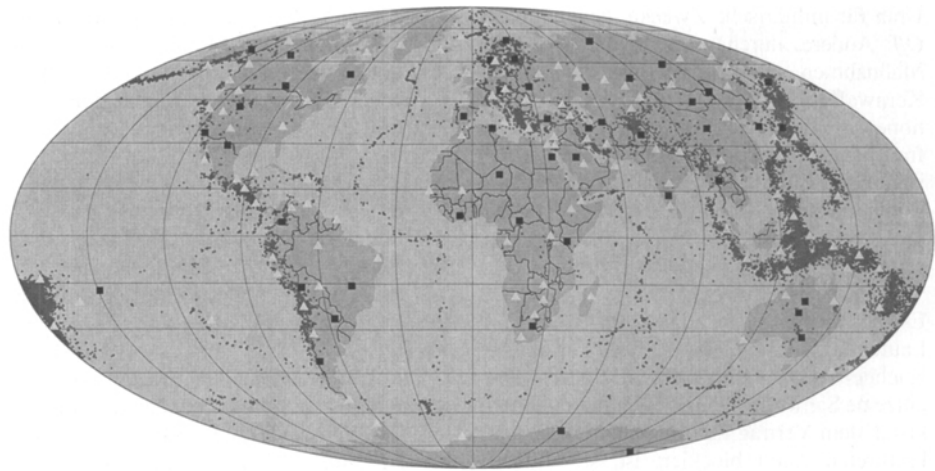
Seit fast zwanzig Jahren haben in Genf regelmäßig Expertentagungen zur Verifikation eines Teststopps stattgefunden, so daß umfangreiche Vorschläge bereits vorliegen und nun schnell ein technisches Verifikationssystem aufgebaut werden kann. Die wichtigste Methode zur Entdeckung und Identifizierung unterirdischer Tests ist die Seismologie, mit der Bodenerschütterungen registriert, geortet und von natürlichen Erdbeben unterschieden werden (vgl. Abb. 2). Hierfür soll ein weltweites Netz, das Internationale Überwachungsnetz (IMS, International Monitoring System) aufgebaut werden. Zur Verifikation von Explosionen in der Atmosphäre sollen Infraschallmeßstationen und Radionuklidmessungen herangezogen werden. Vorgesehen sind fünfzig permanent arbeitende seismische Primärstationen, die ihre Meßdaten zum IDC senden (Abb. 3). 119 Zusatzstationen werden seismische Daten aufzeichnen

und speichern, so daß sie bei Bedarf abgerufen werden können. Zur Radionuklidmessung sind 80 Stationen und 16 Analyselabors vorgesehen, für den Infraschall 59 Stationen geplant. Mögliche Nukleartests in den Weltmeeren wären bereits mit elf hydroakustischen Stationen sicher zu detektieren, da sich Schall in bestimmten Wasserschichten über Tausende von Kilometern fast ungedämpft ausbreitet.

Die Daten werden im IDC gesammelt, aufbereitet und von dort an die Mitgliedstaaten weitergeleitet. Als Rohdaten umfassen sie Hunderte von Megabytes täglich, eine von einzelnen Vertragsmitgliedern ohne enormen Aufwand an Kosten, Ausrüstung und Fachleuten unmöglich zu bewältigende Menge. Die Meinungen gingen auseinander, bis zu welchem Grad bereits das IDC die Daten charakterisieren, analysieren und selektieren sollte. Die USA hatten sich für ein Minimum, Deutschland für ein Maximum eingesetzt. Herausgekommen ist ein Kompromiß, nach dem die Vertragsstaaten bei Bedarf alle Serviceleistungen vom IDC bekommen können, die sie wünschen, zum Teil allerdings nur gegen Bezahlung.

Das internationale Überwachungsnetz wird über einen Umfang verfügen, der es gestattet, einen *Testschwellenvertrag* mit einer unteren Schwelle von ungefähr einer Kilotonne zu verifizieren. Für die Verifikation des nun beschlossenen *umfassenden* Teststopps werden weitere Maßnahmen wie Klärungsmechanismen in Verdachtsfällen, Vor-Ort-Inspektionen, Transparenzmaßnahmen und sog. Nationale Technische Mittel benötigt, womit vor allem Satellitenaufnahmen gemeint sind. Die besten Aufklärungssatelliten mit einem Auflösungsvermögen von bis zu 10cm besitzen die USA. Damit lassen sich zahlreiche technische Einzelheiten bei der Vorbereitung einer Nuklearexplosion identifizieren – die chinesischen Tests konnten immer mit Hilfe dieser Technologie vorhergesagt werden. China, das diese Technologie in der gleichen Perfektion nicht beherrscht, hatte sich vergeblich für Satelliten als weiteres Element des Internationalen Überwachungsnetzes eingesetzt. Die *Nationalen Technischen Mittel* sind für einen potentiellen Vertragsverletzer der größte Unsicherheitsfaktor und schrecken ihn daher am besten ab.

Bei der Ausarbeitung der Prozedur von Vor-Ort-Inspektionen gab es widerstreitende Interessen: Einerseits sollen mögliche Vertragsbrecher abgeschreckt werden, andererseits wollen sich viele Staaten so wenig wie möglich in die Karten schauen lassen. Eine Vielzahl komplizierter Einzelheiten wurde verhandelt, zum Beispiel die Höhe und Durchführung von Flügen über einem verdächtigen Gebiet, erlaubte und verbotene Messungen vor Ort oder der Umfang eines



**Abb. 3:** Geplantes seismisches Netz mit insgesamt 169 Stationen zur Überwachung des Atomteststopps. 50 Primärstationen (Quadrate) werden ununterbrochen Meßdaten zum Internationalen Datenzentrum senden, 119 Zusatzstationen (Dreiecke) werden Daten aufzeichnen und speichern, die sich bei Bedarf abrufen lassen. Eingezeichnet sind auch die 20224 Epizentren von Erdbeben, die im Laufe des Jahres 1995 registriert wurden (Punkte bzw. dunkelgraue Flächen). Indien hat in der Zwischenzeit seine Überwachungsstationen zurückgezogen. (Abb.: U. Kradolfer, ETH Zürich)

Inspektionsberichts. Die wichtigsten Fragen lauten aber: Wodurch, wann und wie schnell kann eine Vor-Ort-Inspektion auslöst werden? Einige Staaten bestanden auf langwierigen Konsultationen und Klärungsgesprächen; dies hätte aber einen Nachweis erschwert oder verhindert, denn einzelne Phänomene nach einer Kernexplosion sind nur über eine kurze Zeitspanne von wenigen Tagen beobachtbar, vor allem lokale Nachbeben und schnell zerfallende, radioaktive Edelgase. Gestritten wurde auch über viele komplizierte Varianten des Entscheidungsprozesses: Sollte die Inspektion automatisch stattfinden, außer wenn der Exekutivrat sie ausdrücklich verböte, oder könnte sie nur stattfinden, wenn er sie erst ausdrücklich erlaubte? Sollte man Mischformen nehmen, und dies alles mit welchen Mehrheiten und Bedingungen? Nach mühsamen Verhandlungen ist ein Kompromiß zustande gekommen, demzufolge sich mindestens 30 der 51 Mitglieder des Exekutivrats für die Auslösung einer Vor-Ort-Inspektion aussprechen müssen.

### Inkrafttreten

Insgesamt ist ein Vertragswerk erarbeitet worden, das die zahlreichen Forderungen nach einem Ende der Kernwaffentests endlich erfüllt. Die Debatte um einen Teststopp und seine Verknüpfung mit der Nichtverbreitung von Atomwaffen wird aber vermutlich nicht zur Ruhe kommen, da mit dem Vertrag ein Konflikt festgeschrieben wurde, der sein Inkrafttreten auf Dauer blockieren kann. Gescheitert sind nämlich die Bemühungen um einen Konsens über den *Zeitpunkt und Modus des Inkrafttretens*, die gegen Ende der Verhandlungen zu einem offenen Streit eskalierten. Auch dahinter steckt der Konflikt über die Ziele des Vertrages.

Die vielen verschiedenen Vorschläge, wann der Vertrag in Kraft treten soll, verschleierten zunächst das Ziel der meisten Kernwaffenstaaten, das zuletzt doch ganz klar zutage trat: Der Vertrag soll genau dann gültig werden, wenn die drei Schwellenstaaten Indien, Pakistan und Israel ihn ratifiziert haben. Durch eine solche Klausel würden sie so stark unter Druck gesetzt, daß sie schließlich dem Vertrag beitreten müßten, so die dahinterstehende Logik.

Demgegenüber erklärte Indien, daß keine seiner Forderungen berücksichtigt und kein einziges Zugeständnis gemacht worden sei, und daß es den Vertrag in der vorliegenden Form auf keinen Fall unterzeichnen kann. Damit war die Blockade perfekt, denn nach Artikel XIV des Vertrages ist der Beitritt von 44 ausdrücklich genannten Ländern, u. a. von Indien, eine notwendige Bedingung für das Inkrafttreten des Vertrages (s. Kasten). In der Schlußphase der Verhandlungen waren vor allem Großbritannien, Rußland und China nicht bereit, auf diese Klausel zu verzichten. Der Vertrag wird demnach nie in Kraft treten, denn Indien hat sich auch seit über 25 Jahren erfolgreich geweigert, dem NVV beizutreten, trotz massiven internationalen Drucks.

### Ausblick

Alles in allem ist der Abschluß des vollständigen Teststoppvertrages ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu nuklearer Abrüstung, wenn auch nur ein weiterer wichtiger Schritt auf einem langen Weg. Weitere Abrüstungsschritte müssen folgen: Der nächste, der auch in den Prinzipien und Zielen der NVV-Überprüfung gefordert ist, ist eine Konvention zur Beendigung der Produktion von Plutonium und hochangereichertem

Uran für militärische Zwecke, genannt *Cut-Off*. Andere, durchaus nicht unrealistische Maßnahmen wären die Schaffung eines Kernwaffenregisters bei den Vereinten Nationen, die Einbeziehung auch britischer, französischer und chinesischer Kernwaffen in die Abrüstung, die Einführung von Kontrollen der IAEA auch in Kernwaffenstaaten und die Schaffung von weiteren kernwaffenfreien Zonen.

Es kann davon ausgegangen werden, daß im Laufe der nächsten Zeit die Zahl der Unterzeichner weiter ansteigen wird. Selbst wenn einzelne Schwellenländer wie Indien und Pakistan dem Vertrag fern bleiben und sein Inkrafttreten damit blockiert ist, so wird er doch einen starken politischen Druck entfalten, dem sich kaum ein Land wird entziehen können. Die Wirksamkeit des Vertrages wird auch stark vom Fortgang der atomaren Abrüstung auf anderen Ebenen abhängen. Mit der deutlichen Reduzierung der strategischen Atomarsenale und der Schaffung regionaler atomwaffenfreier Zonen in Afrika und im Südpazifik sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden, die früher undenkbar schienen. Bedeutsam für die Vertrauensbildung innerhalb der Gemeinschaft der Unterzeichnerländer des Teststoppvertrages wird sein, daß das Internationale Datenzentrum möglichst bald mit seiner Arbeit beginnt. Erfreulicherweise hat man sich darauf verständigt, daß dieser Schritt nicht an das Inkrafttreten des Vertrages geknüpft sein soll. Sobald das IDC im Laufe der nächsten Zeit seine Überwachungstätigkeit aufnimmt, wird das *de facto* bestehende Teststopp-Verbot sogar einer Verifikation unterliegen, obwohl es *de jure* noch nicht in Kraft getreten ist und Sonderinspektionen noch nicht möglich sein werden. Ob sich der Vertrag auf Dauer zu einem stabilen Nukleartestverbot entwickelt, hängt davon ab, ob sich die Kern-

waffenstaaten (und auch die Schwellenländer) weiterhin an das Moratorium gebunden fühlen und wie weit sie bereit sind, den Forderungen nach weiterer Abrüstung von Kernwaffen entgegenzukommen.

- [1] Entschließung der deutschen Physiker, Phys. Bl. 11 (10), 441 (1955).
- [2] Entschließung der Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Physikalischer Gesellschaften vom 5. Oktober 1958, Phys. Bl. 14 (11), 481 (1958).
- [3] Appell zur Beendigung des nuklearen Wettrüstens – DPG-Resolution zur Kernwaffenfrage, Phys. Bl. 39 (5), 132 (1983).
- [4] DPG-Resolution zur Abrüstung, insbesondere zum Verbot aller Atomwaffentests, Phys. Bl. 45 (4), 115 (1989).
- [5] Offener Brief an den Präsidenten der Französischen Republik, Jacques Chirac, Phys. Bl. 51 (9), 809 (1995).
- [6] Phys. Bl. 46 (7), 266 (1990)
- [7] U. Reichert, Warhead Development and Nuclear Testing, IANUS – Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheitspolitik, Darmstadt, Report No. IANUS-2/1990, 1990.
- [8] Chairman of the Ad Hoc Committee on a Nuclear Test Ban, Draft Comprehensive Test-Ban Treaty, Conf. on Disarmament, Genf, Report No. CD/NTB/WP.330/Rev.1, 1996.
- [9] A. Randelzhofer, Völkerrechtliche Verträge (dtv, 1991) 442 und 445 ff.
- [10] A. Schaper and H. Müller, Fatale Versuche (Holos-Verlag, Bonn, 1995).

Alle im folgenden genannten Informationen über die Technik von Kernwaffen beruhen auf der Auswertung von öffentlich zugänglichen Quellen. Siehe vor allem die vierteljährlich erscheinende Zeitschrift *Science & Global Security* und

- [11] *Office of Technology Assessment*, Technologies underlying weapons of mass destruction, (Washington, 1993).
- [12] A. Schaper, Kernwaffen der ersten und zweiten Generation: Forschung und Entwicklung in Rüstungsmodernisierung und Rüstungskontrolle, hrsg. von E. Müller und G. Neuneck (Baden-Baden, 1991/2).
- [13] E. Kankleit, C. Küppers und U. Imkeller, Bericht zur Waffentauglichkeit von Reaktorplutonium, IANUS, Darmstadt, Report No. IANUS-1/1989, 1989.
- [14] T. B. Cochran, W. M. Arkin, und M. M. Hoening, Nuclear Weapons Databook, (Washington, 1983).
- [15] *Stockholm International Peace Research Institute, SIPRI*, Nuclear Energy and Nuclear Weapon Proliferation, (London, 1979).
- [16] G. Locke, Aufbau und Funktionsweise von Kernspaltungswaffen, Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftliche Trendanalysen, Euskirchen, Report No. INT-Report Nr. 25, 1970, veröff. 1982.
- [17] R. Serber, The Los Alamos Primer, Lecture Notes, hrsg. von E. A. Condon, Los Alamos, 1943.
- [18] A. Schaper, The problem of definition: Just what is a nuclear test? In: Implementing the Comprehensive Test Ban, hrsg. von E. Arnett (Oxford, 1994).
- [19] A. Schaper, Subcritical tests and the problem of transparency of a nuclear test ban, presented at the Pugwash Meeting no. 213 – 3rd Workshop on the Status and Future of the Nuclear Weapons Complexes of Russia and the USA, Moscow, 1996 (nicht veröffentlicht).
- [20] A. Schaper, Arms Control at the Stage of Research and Development? – The Case of Inertial Confinement Fusion, *Science & Global Security* 2, 279–299 (1991).

## Klick ins Web

... gibt Hinweise auf interessante und nützliche WWW-links aus der Physik und ihrem Umfeld. Eigene Funde sind willkommen. Bitte schicken Sie in diesem Fall eine e-mail mit Kurzbeschreibung an Thomas Severiens, severien@merlin.physik.uni-oldenburg.de.

<http://www.physolution.com/>

Hier finden sich für den Physiker Börsen für Diplom- und Promotionsarbeiten, Stellenangebote und Werkverträge. Besonders interessant ist die Möglichkeit, sich kostenlos mit seinen individuellen Fähigkeiten in eine technologieorientierte Datenbank einzutragen. Nach der Aufnahme in die Datenbank können Physiker auf freiberuflicher Basis an verschiedenen Projekten teilnehmen und so Kontakte zu Firmen knüpfen.

Die Anzahl der Web-Seiten, die Stellenangebote für Physiker enthalten, ist ungezählt. Eine recht gute Liste der entsprechenden Seiten findet man

in [http://ph.tuwien.ac.at/physics-services/physics\\_other.html](http://ph.tuwien.ac.at/physics-services/physics_other.html). Ebenfalls lohnt sich ein Blick auf <http://www.tp.umu.se/TIPTOP/FORUM/JOBS/>

Eine Situation – ähnlich der bei den Stellenangeboten – findet man auch bei den Konferenzankündigungen. Auch hier gibt es zwar viele Web-Seiten, keine jedoch ist auch nur halbwegs vollständig. Die Seite <http://xxx.lanl.gov/Announce/Conference/> ist als ein „Anhängsel“ des LANL-Preprint-Servers recht vollständig, weil bekannt. Etwas weniger bekannt, aber für den europäischen Bereich mindestens genauso interessant ist die Liste von TIPTOP <http://www.tp.umu.se/TIPTOP/FORUM/CONF/>, die seit einiger Zeit die offizielle Liste der EPS ist.

Die Publikationskultur befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Wandel. Im ersten Schritt dieses Umbruchs entstanden die E-Print-Server. Die traditionellen Verlage zogen häufig nach,

indem sie die Inhaltsverzeichnisse ihrer Zeitschriften im Web verfügbar machten. Einige legten sogar noch die Abstracts ins WWW und vereinfachten dem Nutzer das Auffinden interessierender Art ikel mittels Suchmaschinen. In einem nächsten Schritt haben jetzt das IOP <http://www.iop.org/> und der Springer-Verlag <http://science.springer.de/pol/pol-main.htm> ihre Physik-Zeitschriften im Volltext über das Web abrufbar gemacht. Finanziert wird dieses über die Papierversion; denn nur wer diese bezieht, bekommt einen Online-Zugriff. Dennoch macht die Online-Version Sinn, da die Bits eben schneller als die Post sind, außerdem spart man sich so manchen Weg in die Bibliothek.

Abschließend noch ein Link speziell für Physiker und die arbeitsfreien Tage zwischen Weihnachten und Silvester: <http://www.physik.tu-muenchen.de/tumphye/ET32/cartoons.html>