

F. WACHSMANN

Leiter des Institutes für Strahlenkunde der Universität - Erlangen,  
Deutschland

## Die Stellung des Physikers in dem Komplex der medizinisch-biologischen Forschung

*Organisation und Arbeitsweise einer biophysikalischen  
Abteilung*

### 1) Einleitung

Wenn man von der Arbeit eines Physikers im Krankenhaus spricht, dann denkt man vor allem an *Dosismessungen* und an das Anfertigen von *Bestrahlungsplänen* für die Strahlentherapie. Tatsächlich ist z.B. in England, dem Land, in dem es die meisten Krankenhausphysiker gibt, ein grosser Teil aller in Krankenhäusern arbeitender Physiker hiermit beschäftigt. Die zweitgrösste Gruppe befasst sich mit der *Strahlenschutzüberwachung*, d.h. mit dem, was wir « Heath-Physics » nennen - und ein nochmals kleinerer Teil mit Fragen der *Isotopentechnik*.

Die vielseitigen technischen Einrichtungen in einem modernen Krankenhaus zeigen aber, dass die Tätigkeit der Physiker im Krankenhaus und in der medizinisch-biologischen Forschung nicht auf das Gebiet der Anwendung ionisierender Strahlung beschränkt ist. Ich erwähne hier nur das grosse Gebiet der *Elektrodiagnostik* und *-Therapie*, die Optik — angefangen vom Mikroskop über die Endoskopie bis zu den neuen Laserstrahlen —, die zahlreichen Apparaturen für die *Stoffwechseluntersuchungen*, das Verfahren der *Elektrophorese* und die *Elektronen Spin Resonanzmethode*, die Physik der *Makromoleküle*, der *Membranen* usw.

Niemand wird bezweifeln, dass die Entwicklungen auf allen diesen Gebieten ohne intensive Beteiligung von Physikern unmöglich gewesen wäre, und man hört heute häufig die Meinung, dass das der Kernphysik folgende Gebiet, bei dem für die nächste Zeit eine ähnlich eruptive Entwicklung zu erwarten sei, das Gebiet der Biologie und besonders der Biophysik sein wird.

## 2) Die Welt des Physikers und des Mediziners

Das Thema meines Vortrages ist aber nicht, über die *Aufgaben* des Physikers im Krankenhaus zu sprechen. Ich soll mich mit seiner *Position* im *Komplex der medizinisch-biologischen Forschung* befassen. Es schien mir nur wichtig, zunächst quantitativ festzustellen, dass für ihn Aufgaben genug da sind und in der Zukunft noch mehr da sein werden.

Was die *Position des Physikers* in der medizinisch-biologischen Forschung und sein *Verhältnis zu seinem Partner*, dem Mediziner, anbetrifft, so gestatten Sie mir bitte, dass ich von meiner in 30-jähriger Erfahrung im Umgang mit Medizinern gewonnenen Erkenntnis ausgehe. Diese lässt sich in dem Satz zusammenfassen, dass Physiker und Mediziner in ihrer *Mentalität*, d.h. Denkungs- und Reaktionsweise, eben doch *verschiedene Menschen* sind.

Diese Verschiedenheit ist im übrigen in ganz natürlicher Weise bedingt durch den Umgang mit ganz verschiedenen *Objekten*, durch die verschiedene Erziehung, die verschiedenen *Arbeits- und Forschungsmethoden* und durch die verschiedenen *Aufgaben*, die beide zu lösen haben. Der Mediziner steht bei seiner Arbeit dem *Objekt Mensch* gegenüber, dass nicht nur die zweifellos « *komplizierteste Maschine* », sondern auch die raffinierteste « *chemische Fabrik* » ist und darüberhinaus auch noch eine « *Seele* » besitzt, sofern man diese letztere nicht als Äusserungen der beiden ersten anzusehen gewillt ist. Jedenfalls übersieht der Mediziner dieses Objekt nur annäherungsweise, sofern es sich um Einzelorgane und Einzelfunktionen handelt, und praktisch gar nicht, wenn es um die äusserst *komplizierten und komplexen Vorgänge* im Organismus im ganzen geht.

Der Physiker dagegen ist stets in der glücklichen Lage, bei seinen Arbeiten *isolierte Systeme* und Vorgänge betrachten zu können: einen Hebel, das Druck-Temperaturverhalten eines abgeschlossenen Gasvolumens, ein Lichtquant oder ein Korpuskel. Störende Einflüsse kann er durch geschickte Experimentiertechnik eliminieren und jeden *Parameter* des ihn interessierenden Problems getrennt untersuchen.

Im Gegensatz zum *Mediziner*, der bei seinen Untersuchungen empirisch vorzugehen gezwungen ist und bestenfalls bedingte Zusammenhänge feststellen kann, ist der Physiker ein Analytiker, der die Frage nach der Kausalität stets stellt und letztenendes immer beantwortet. Wo der Physiker aber gewisse Vorgänge nur statistisch erfassen kann und gezwungen ist, *Unbestimmtheitsrelation* einzuführen, steht ihm ein homogenes Experimentiermaterial — z.B. die Atome oder die untereinander absolut gleichen Elementarteilchen — zur Verfügung,

während der Mediziner nicht zwei gleiche Patienten hat und auch nur sehr angenähert gleiche Versuchstiere benutzen kann und selbst bei Einzellern mit der unvermeidlichen « biologischen Variabilität » rechnen muss. Auch was die *Aussage über das Ergebnis* einer physikalischen bzw. einer klinischen Untersuchung anbetrifft, sind bei den Physikern und Ärzten ganz verschiedene Formen üblich: Der Physiker muss immer streng wahrheitsgetreu berichten, was er festgestellt bzw. was er nicht festgestellt hat. Falsche Ergebnisse kommen in der Physik immer aus Tageslicht! Auch das Misslingen eines Versuches darf er ohne weiteres bekanntgeben, umsomehr ja in der Regel Zeit und Möglichkeit vorhanden sind, den Versuch beliebig oft zu wiederholen. Der *Mediziner* dagegen ist oft gezwungen, seine Diagnose auf Grund zwei- oder mehrdeutiger Beobachtungen zu stellen, weil dem Patienten weitere Untersuchungen einfach nicht zugemutet werden können oder weil es sichere diagnostische Methoden im vorliegenden Falle vielleicht überhaupt nicht gibt. Auch in solchen, mehr durch die *ärztliche Kunst* als durch die Wissenschaft zu bestimmenden Fällen muss der Arzt mindestens dem Patienten gegenüber häufig Sicherheit vorspiegeln.

Unter diesen Bedingungen ist es nicht zu verwundern, dass sich in den beiden Disziplinen Medizin und Physik bezüglich *Beobachtung und Aussage* verschiedene Gebräuche entwickelt haben: Der Mediziner ganzheitsbetrachtend, empirisch, extrapolierend — der Physiker extrem kritisch und absolut. Diese beiden verschiedenen Weltanschauungen spiegeln sich vielleicht am besten in dem Witz wider, in dem es heisst, dass ein Mediziner beim Anblick einer Schafherde die Aussage macht: « Frisch geschoren die Schafe! », worauf der Physiker antwortet: « Ja, zumindestens auf der Seite, die sie uns zukehren! »

Die moderne Medizin wird heute immer mehr *Naturwissenschaft!* Nicht nur von der Physik her, auch von der Biologie und der Chemie her muss in die Medizin immer mehr *exakt naturwissenschaftliches Denken* hineinkommen. Der Mediziner selbst muss aber — mindestens bei seiner klinischen Tätigkeit, die ja das Endziel ist — *Arzt* bleiben! Die Synthese aber kann bei der Verschiedenheit der Denkungsweise von Mediziner und Physiker und vielleicht auch noch von Chemiker, Biologe, Genetiker, Mathematiker usw. nur erfolgen, indem für die Forschung mindestens *Arbeitsgruppen* gebildet werden, in denen « Teamwork » geleistet wird.

Gestatten Sie mir in diesem Zusammenhang noch ein paar Worte zu der Frage des Mediziners, der *gleichzeitig Physik* studiert hat bzw. umgekehrt.

Meine Meinung ist, dass beide Gebiete — Physik wie auch Medizin — so gross sind, dass jedes für sich allein kaum von einem einzelnen Kopf übersehen werden kann. Dies gilt auch, wenn man die Aussage nur auf ein Teilgebiet der einzelnen Disziplinen bezieht, also z.B. auf klinische Radiotherapie und Strahlenphysik. Ich glaube also kaum, dass ein Mediziner, der gleichzeitig Physik oder Naturwissenschaft studiert hat, das wird leisten können, was ein *Team*, bestehend aus einem durchschnittlichen Mediziner und einem durchschnittlichen Mediziner und einem durchschnittlichen Physiker, leisten können sollte. Ausserdem kann nach meinen Beobachtungen ein guter Arzt kein guter Physiker und umgekehrt ein guter Physiker kein guter Arzt sein. Dazu sind die Voraussetzungen der Berufe zu verschieden. Mit anderen Worten gesagt, halte ich von dem *Doppelstudium* Medizin - Physik im allgemeinen nicht viel und habe es persönlich auch nie bereut, dass ich mein Medizinstudium nach 2 Semestern aufgegeben habe.

Auf eine Frage muss ich aber noch kurz zu sprechen kommen: Ich meine den *Missbrauch des Physikers* als Mechaniker, Monteur oder Schlosser. In Krankenhäusern und Laboratorien stehen im allgemeinen so viele komplizierte Apparate und Einrichtungen, dass es nicht selten vorkommt, dass an diesen grössere oder kleinere Störungen auftreten. Diesen steht der Mediziner im allgemeinen viel hilfloser gegenüber als der Physiker oder gar der Ingenieur. Die Versuchung ist daher gross, sich um Hilfe an diesen zu wenden. Und ich bin der Auffassung, dass der Physiker auch helfen sollte, aber nur, wenn er *schnell* und *leicht* helfen kann. Lange Fehlersuche und komplizierte Reparaturen sollte man ihm nicht zumuten. Dazu ist er zu schade, zu teuer und meistens auch nicht entsprechend ausgebildet. Der Physiker sollte jedoch die Durchführung der Reparatur veranlassen und ihre Ausführung kontrollieren. Das kann er nämlich sicher besser als der Mediziner. Zum *Handwerker* darf er jedoch *nicht degradiert* werden.

Hiermit habe ich, so glaube ich, die Frage nach der Stellung des Physikers in der medizinischen Forschung beantwortet.

### 3) Schwierigkeiten und Möglichkeiten der Zusammenarbeit zwischen Mediziner und Physikern

Wenn zwei Menschen oder zwei Gruppen von Menschen « *verschieden denken* », d.h. verschiedene Methoden von Sammeln von Informationen, zum Verarbeiten dieser und zum Ableiten von Folgerungen benutzen — was bei Mediziner und

Physikern, wie ausgeführt, der Fall ist — so besteht leicht die Gefahr, dass die eine Gruppe die andere *nicht anerkennt* oder — was noch schlimmer ist — nicht « vollnimmt ». Dies beruht im vorliegenden Fall — wie im übrigen auch sonst im Leben in der Regel — nur auf einer ungenügenden Kenntnis der Verhältnisse und ist eine *schlechte Voraussetzung* für eine erfolgreiche Zusammenarbeit!

Eine zweite Gefahr für eine gedeihliche Zusammenarbeit von Medizinern und Physikern und ebenso natürlich auch anderen Naturwissenschaftlern scheint sich — ich darf hier doch ganz offen sprechen — mindestens in klinischen Betrieben daraus zu ergeben, dass Physiker und Ärzte oft sehr verschieden viel verdienen. Sofern der Physiker dem Arzt nur Hilft, z.B. in einer Strahlentherapieabteilung nach einer vorgegebenen Methode Bestrahlungspläne auszuarbeiten, der Arzt aber die Abteilung verantwortlich leitet, mag dies bei einer vernünftigen Abstufung der Einkommen richtig sein. In diesem Falle muss sich der Physiker dem Mediziner selbstverständlich vollkommen unterordnen. Wenn Physiker und Mediziner die zur Anwendung gelangenden Methoden in echter Teamarbeit gemeinsam erarbeitet haben und bei deren Anwendung auch gleichberechtigt zusammenarbeiten, dann sollte sich eine Partnerschaft auch im Verteilungsschlüssel der erzielten Erlöse ausdrücken. Mir sind verschiedene Fälle bekannt, in denen gerade die besten Physiker nach einer langjährigen erfolgreichen Zusammenarbeit mit Medizinern als Lohn für ihre Leistungen schliesslich eine « *eigene physikalische Abteilung* » erhielten — und damit für die Medizin verloren gingen. Vielleicht hätte dies vermieden werden können, wenn man ihnen im Rahmen eines kombinierten Institutes von Anfang an gleiche Chancen bezüglich Verantwortlichkeit, Entwicklung Einkommen und Sicherheit hätte bieten können! Und hier schäme ich mich, gestehen zu müssen, dass ich — ohne mich zu den « besten Krankenhausphysikern » zu zählen — kürzlich dieser Versuchung auch erlegen bin! Ab 1. November werde ich in München ein theoretisches Institut für Strahlenschutzforschung übernehmen. Ich bin aber sicher, dass ich die Mediziner, mit denen ich beinahe 30 Jahre lang wirklich immer gut und verständnisvoll zusammengearbeitet habe, sehr entbehren werde.

Besser in Beziehung auf Aufstiegsmöglichkeiten sind für Physiker *theoretische Forschungsinstitute*. In diesen können Physiker und andere Naturwissenschaftler mit Medizinern auf angenähert gleicher Basis arbeiten. Sofern dies aber in eigenen Abteilungen geschieht, sollte für einen *innigen Kontakt* der verschiedenen Fachrichtungen untereinander gesorgt werden. Dies bezieht sich nicht nur auf die Auswahl der zu bearbei-

tenden Fragen, sondern auch auf die Bearbeitung der Probleme selbst und die Anwendung der erzielten Ergebnisse. Häufige *Kolloquien* und die Bildung von *gemischten Arbeitsgruppen* mögen dabei nützlich sein.

In den Kliniken sollten Physiker stets so *engen Kontakt* mit den Medizinern als nur möglich suchen und auch Patienten zu sehen bekommen. Nur wenn die Physiker an die Probleme der Mediziner unmittelbar herangeführt werden und wenn sie gleichsam die « *Sprache der Mediziner* » verstehen und sprechen lernen, werden sie in der Lage sein, neue Probleme aufzugreifen und sie einer erfolgreichen Lösung richtig zuzuführen zu helfen. In diesem Falle würde ich den verschiedenen klinischen Abteilung (z.B. Röntgendiagnostik, EKG, Isotopenlabor Stoffwechsellabor, Endoskopie usw.) zugeordnete einzelne Physiker also für glücklicher halten als eine getrennte « physikalische Abteilung ». Dass der Physiker dann auch bei der ersten Erprobung bis zum routinemässigen Einsatz der von ihm entwickelten Apparatur oder Methode ebenfalls dabei sein muss, ist selbstverständlich!

Zur Verwirklichung ihrer Pläne sollte den Physikern — unabhängig davon, ob sie einzeln oder in geschlossenen Abteilungen arbeiten — nach Möglichkeit wenigstens kleine *Werkstätten* zur Verfügung stehen. Es wäre allerdings falsch, wenn diese den Ehrgeiz hätten, alles selbst zu machen. Das *Vergeben von Aufträgen* an Spezialwerkstätten führt nachweislich meistens schneller und billiger zum Ziel. Niemand sollten aber *käuflich zu beschaffende Apparaturen* oder Teile von solchen aus « *Ersparnisgründen* » selbst zusammengebaut werden. Dass kommt, wenn man nur die Unkosten dazu rechnet, immer teuer, dauert stets länger, führt meistens zu minderwertigen Lösungen und blockiert den besten Physiker für lange Zeit!

Die Arbeit des Physikers sollte in der medizinisch-biologischen Forschung aber keinesfalls auf den *Bau von Apparaturen beschränkt* bleiben. Seine von der des Mediziners verschiedene Auffassung befähigt ihn vielmehr, auch bei *grundsätzlichen Problemen* wertvolle Anregungen zu geben und möglicherweise dort Lösungen vorzuschlagen, wo diese vom Mediziner seiner Ausbildung und Denkungsweise entsprechend nicht gefunden werden können. Ich meine dabei nicht nur mathematische und *statistische Berechnungen*, sondern Probleme allgemeiner Art. Ich bitte mir zu gestatten, dies anhand einiger Beispiele zu erläutern:

Zunächst die Frage der *Beurteilung therapeutischer Ergebnisse*. Es dauert bekanntlich sehr lange — angenähert 10 Jahre — bis man entscheiden kann, was z.B. eine neue strahlentherapeutische Methode leistet. Um diese Zeit abzukürzen,

hat der englische Krankenhausphysiker Boag die *Überlebenskurven* von strahlenbehandelten Patienten analysiert. Dabei fand er, dass sich diese Kurven stets mit guter Genauigkeit als Gerade darstellen, wenn man sie auf sog. « Wahrscheinlichkeitspapier » aufträgt (Abb. 1).

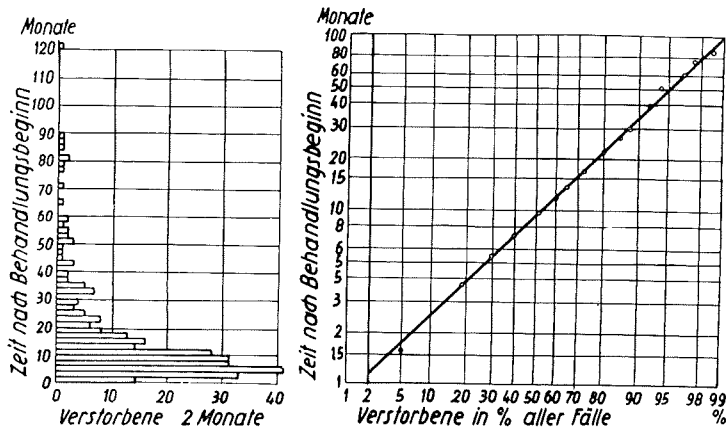


Abb. 1 - Überlebensdauer von 295 röntgenbehandelten Ca-Patienten mit Tumoren der Mundhöhle und des Halses (nach Boag)

Diese Gesetzmässigkeit bleibt auch erhalten, wenn man die Verhältnisse für verschiedene *Verlaufsstadien* angehörige Fälle getrennt betrachtet (Abb. 2).

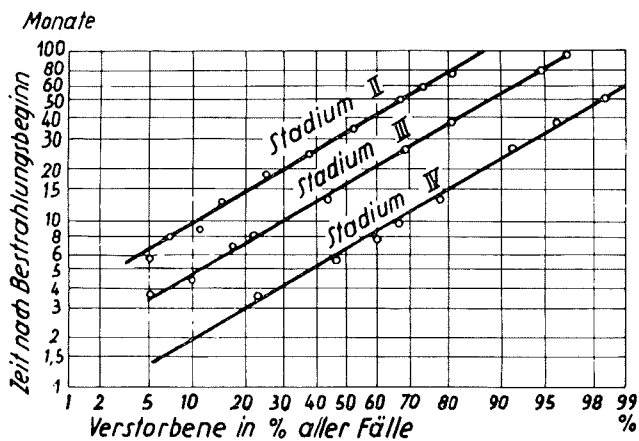


Abb. 2 - Überlebensdauer von Patienten mit Tumoren des Cervix uteri nach Krankheitsstadien unterteilt (nach Boag)

Gibt es ein besseres Verfahren, schon nach *etwa einem Jahr* wenigstens angenähert richtige Aussagen über die Leistungsfähigkeit einer therapeutischen Methode zu machen und wäre es ohne gründliche mathematische Kenntnisse möglich gewesen, dies zu finden?!

Das zweite Beispiel betrifft die von Öser und seinen Mitarbeitern, unter denen sich auch mehrere Physiker befanden, angegebene « *Tumorverdoppelungszeit* ». Die genannten haben nämlich festgestellt, dass maligne Tumoren zumindest in der mittleren Phase Ihrer Entwicklung ein Wachstum besitzen, das mit grosser Annäherung exponentiell verläuft. Dies bedeutet, dass sich das Tumor-Volumen in immer etwa gleichen Zeiten verdoppelt. Hieraus kann unter Annahme der Grösse einer Tumorzelle von 10 bis 20 berechnet werden, dass bis zu einem makroskopisch, funktionell oder röntgenologisch diagnostizierbaren Tumor etwa 30 bis 40 Zellgenerationen bzw. Verdoppelungszeiten erforderlich sind (Abb. 3).

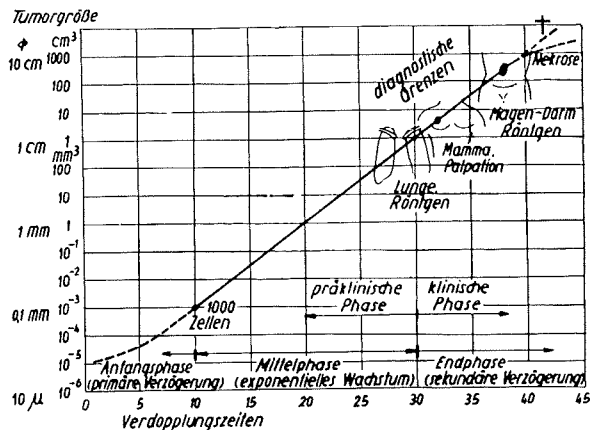


Abb. 3 - Klinische Nachweisbarkeit verschiedener Tumoren und durchlaufene Verdoppelungszeiten (nach Öser u. Mitarb.)

Daraus ergibt sich, dass das, was man bei malignen Tumoren « *Frühstadium* » nennt, in Wirklichkeit schon eine lange Entwicklung hinter sich hat.

Öser und seine Mitarbeiter haben durch klinische Beobachtungen ferner festgestellt, dass die Verdoppelungszeiten



verschiedener Tumoren je nach Art und Lokalisation etwa 20 bis 120 Tage betragen (Abb. 4).

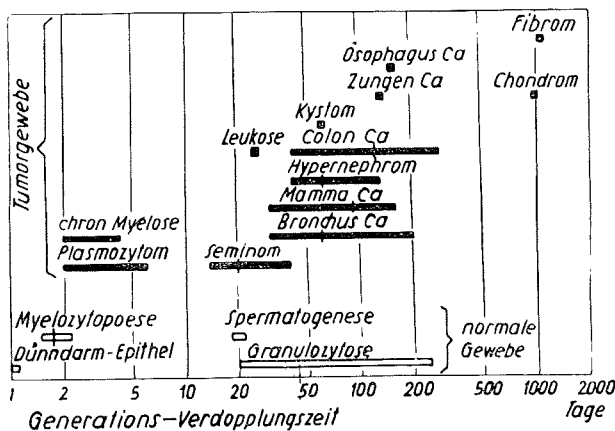


Abb. 4 - Generations- bzw. Verdopplungszeiten verschiedener Tumoren gesunder und neoplastischer Gewebe (nach Oeser und Mitarb.)

Das bedeutet, dass ein Tumor von seiner Entstehung bis zur Diagnose im besten Falle etwa 2 Jahre, meist aber länger und im Extremfalle bis zu 10 Jahren braucht. Hieraus zieht Oeser verschiedene Schlüsse bezüglich *Wachstum, Frühdiagnose, Prognose, Metastasierung, Rezidivierung* und der *zweckmässigsten Therapie*, die mindestens hochinteressant sind. Mir scheinen diese Betrachtungen als typisches Beispiel für die erfolgreiche Zusammenarbeit von Medizinern, Biologen und Physikern bzw. Mathematikern.

Dann will ich noch auf die Formulierung der neuen *Einheiten der Strahlendosis* verweisen, die durch die Einführung der neuen hochenergetischen Strahlungen in die Therapie notwendig geworden sind. Die Einheit der Energiedosis rad, die Einheit der Belichtung, das R, das Kerma, die Flussdichte «Fluenz» und das biologische Dosisäquivalent rem usw. (Abb. 5).

Freilich will es mir scheinen, dass die Physiker, die diese Einheiten definiert haben, z.T. wenigstens nicht den notwendigen *Kontakt mit den Ärzten* hatten oder mindestens die *praktischen Belange* der klinischen Strahlentherapie nicht immer in der wünschenswerten Weise gewahrt haben. In dieser Beziehung sind durch die deutschen Einheiten «*Ionendosis*»

und « *Standard-Ionen-Dosis* », die an dem Mediziner Bekanntes anknüpfen, die entstandenen Schwierigkeiten auch aus der Welt geräumt worden, ohne dass diese für den Mediziner unverständlich geworden wären.

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Dimension cgs
Energiedosis	D	rad	erg/g
Belichtung (exposure)	X	R (Röntgen)	ESU/g
Kerma ( <i>kinetic energy released in material</i> )	K		erg/g
Fluenz	$\phi$		n/cm <sup>2</sup>
biologisches Dosisäquivalent	DE	rem	—

Abb. 5 - Radiologische Einheiten nach den Empfehlungen der ICRU (Handbook 86, 1963)

Schliesslich aber möchte ich noch auf ein Problem hinweisen, das mir für die ganze Medizin ausserordentlich wichtig und nur mit Hilfe von Physikern und Mathematikern lösbar erscheint: Die Frage der Verarbeitung des lawinenartig anwachsenden *medizinischen Schrifttums*. Rausch und Stindl haben kürzlich zusammengestellt, das von 12.624 in der Welt regelmässig erscheinenden medizinischen Zeitschriften 197 das Gebiet der Radiologie betreffen (Abb. 6).

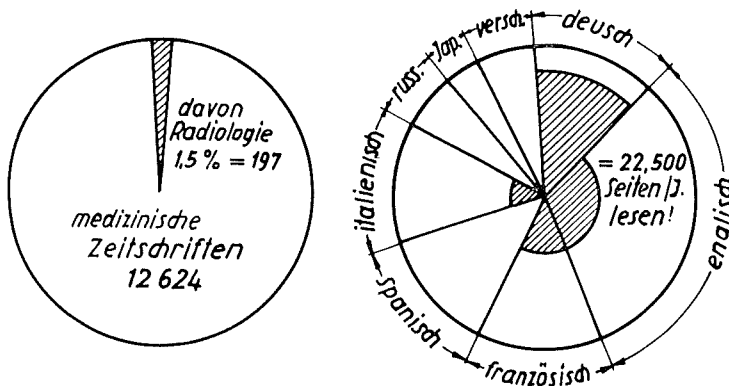


Abb. 6 - Medizinische Weltliteratur

Von diesen müsste ein deutscher Radiologe und wahrscheinlich jeder anderssprachige auch wenigstens etwa 25 lesen, um auf dem laufenden zu bleiben. Das sind z.Zt. etwa 22.500 Seiten/Jahr! Um dieses Pensum zu bewältigen, würden einem Radiologen, der seine ganze Arbeitszeit nur dem Literaturstudium widmet, etwa 6 Minuten/Seite zur Verfügung stehen — was für einen wissenschaftlichen Text zu wenig ist. Referateblätter allein können hier keine Abhilfe schaffen!

Hier scheint mir eine Aufgabe zu liegen, die nur mit modernen *datenverarbeitenden* Methoden unter enger Beteiligung von Physikern und Mathematikern lösbar ist und die gelöst werden muss, sonst läuft die Wissenschaft Gefahr, dass ein immer grösser werdender Anteil der mühselig erarbeiteten Ergebnisse nutzlos bleibt!

Ich komme zum Schluss:

Auf den Physiker warten heute in Krankenhäusern und noch mehr in biologischen Forschungszentren *unendlich viele Aufgaben*. Er ist aus der Medizin und Biologie nicht mehr wegzudenken und zwar nicht, weil er in der Lage ist, dem Mediziner Arbeit abzunehmen, sondern weil er mit seinem Wissen und seiner anderen Denkungsweise die Möglichkeiten und *Chancen der medizinischen Forschung grundsätzlich erweitert*.

Gesorgt werden muss nur dafür, dass die Physik innerhalb der Medizin und Biologie *nicht zum Selbstzweck* wird!

### **Zusammenfassung**

Physiker und Mediziner unterscheiden sich nicht nur durch ihr Wissensgebiet voneinander, sondern auch durch die verschiedene Art, Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten. Hieraus lassen sich für die fruchtbare Zusammenarbeit gewisse Folgerungen ableiten. Die bei der Zusammenarbeit sich ergebenden Schwierigkeiten werden im einzelnen besprochen und als aussichtsreichste Form nicht die getrennte selbständige physikalische Abteilung, sondern die enge persönliche Teamarbeit bezeichnet. Wie sich diese im einzelnen abspielen kann und was vermieden werden sollte, wird näher angeführt. Beispiele zeigen, wie vielseitig und wie fruchtbar die Tätigkeit der Physiker in Medizin und Biologie sein kann, wobei jedoch die Physik nie Selbstzweck werden darf!

## L I T E R A T U R

### 1) Im Vortrag zitierte Literatur

- Boag J. W.*, The presentation and analysis of the results of radiotherapy. Part. I. Brit. J. Radiol. 21 (1948): 189.
- The presentation and analysis of the results of radiotherapy. Part II (Mathematical Theory) Brit. J. Radiol. 21, (1948): 189.
- Oeser H., Krokowski u. Gerstenberg E.*, Die Bedeutung der Verdoppelungszeit von Tumoren für Krebsbekämpfung. Münch. med. Wschr. 106 (1964): 675.
- Gerstenberg E.*, Die Wachstumsrate maligner Tumoren. Münch. med. Wschr. 106 (1964): 670.
- NBS Handbook 86, Radioactivity (1963).
- DIN 6809 (Mai 1958), Röntgen- und Gammastrahlen in Medizin und Biologie.

### 2) Allgemeine Literatur

- Mayneord W. V.*, Physics in Medicine. Brit. med. Bull. 3 (1945): 129-135.
- The organisation of teaching and research in medical physics Acta radiol. (Stockholm) XXIV (1947): 435-455.
- Chantraine H.*, Brauchen wir « Krankenhausphysiker »? Fortschr. Röntgenstr. Georg. Thieme Verlag Stuttgart 83 (1955): 408-409.
- Boag J. W. and Ellis R. E.*, Report of a discussion on international organization in medical physics. Phys. in med. Biol. 4 (1960): 223-237.
- Spiegler G.*, Über die Rolle des Krankenhausphysikers in England Fortschr. Röntgenstr. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 95 (1961): 848-851.
- Stein W.*, Ist Biophysik eine selbständige Wissenschaft? Phys. Bl. 18 (1962): 507.
- J. F. Fowler*, The Scope of Physics Applied to Medicine. Verlag Taylor u. Francis LTD, London (1962).
- Schreiber H.*, Biophysik, eine selbständige Disziplin? Phys. Bl. 18 (1962): 507-511.
- Stieve E. F.*, Aufgaben und Leistungen des Krankenhausphysikers. Röntgenblätter 16 (1963): 49-56.
- Pini M.*, Il Fisico ospedaliero: Problema di attualità. Röntgenblätter 16 (1963): 77-83.

**Argomento precedente**



**Indice**

**Argomento successivo**

