

**Zeitschrift:** Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik  
**Band:** 5 (1950)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Der Lebenslauf eines Sternes  
**Autor:** Eichhorn, Heinrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-654322>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.12.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# DER LEBENS LAUF EINES STERNES

Von Dr. Heinrich Eichhorn

Es sind noch keine 150 Jahre her, seit man sicher weiß, was ein Stern überhaupt ist, denn solange man noch von keinem Stern die Entfernung wußte, solange konnte man über seine Leuchtkraft, das ist die Intensität der von ihm ausgesandten Strahlungsenergie, keine sicheren Aussagen machen und war in bezug auf diese äußerst wichtigen Daten nur auf Vermutungen angewiesen. Viele Anzeichen wiesen allerdings darauf hin, daß ein Stern nichts anderes sei als eine weit entfernte Sonne, doch überstieg es damals noch bei weitem die Grenzen der astronomischen Erkenntnismöglichkeit, etwa zahlenmäßige Aussagen über Masse, Dichte, Oberfläche oder gar Innentemperatur eines Sternes zu machen. Ja, mangels Kenntnis der Entfernung konnte nicht einmal die absolute Leuchtkraft eines Sternes, das ist im wesentlichen das Verhältnis seiner Leuchtkraft zu jener der Sonne, angegeben werden.

Der erste Schritt zur Entwicklung der modernen Astronomie war Bessels erstmalige Messung einer Entfernung eines Sternes (1836, 61 Cygni). Diese wissenschaftliche Tat zeigt so recht die Situation auf, in der sich die Astronomie damals befand. Bis dahin hatte man sich in erster Linie um das Planetensystem gekümmert und die Himmelsmechanik zu einer einzigartigen Höhe entwickelt. Das Universum der Fixsterne war einer rechnerischen und quantitativen Erfassung nicht zugänglich, so daß sich damals die Stellarastronomie im wesentlichen auf die Beschreibung des Aus-

sehens der Sterne und Nebelflecken beschränkte. Von den Fixsternen maß man lediglich, so genau es eben ging, die Positionen, um im Anschluß daran die Positionen der Planeten ermitteln zu können. Es ist aus diesem Grunde wohl gerechtfertigt, wenn man die Zeit vor 1870 die Zeit der Himmelsmechanik und der Astrometrie nennt. Bessel maß nun mit rein astrometrischen Methoden eine für die Kenntnis der physikalisch wesentlichen Daten eines Fixsternes

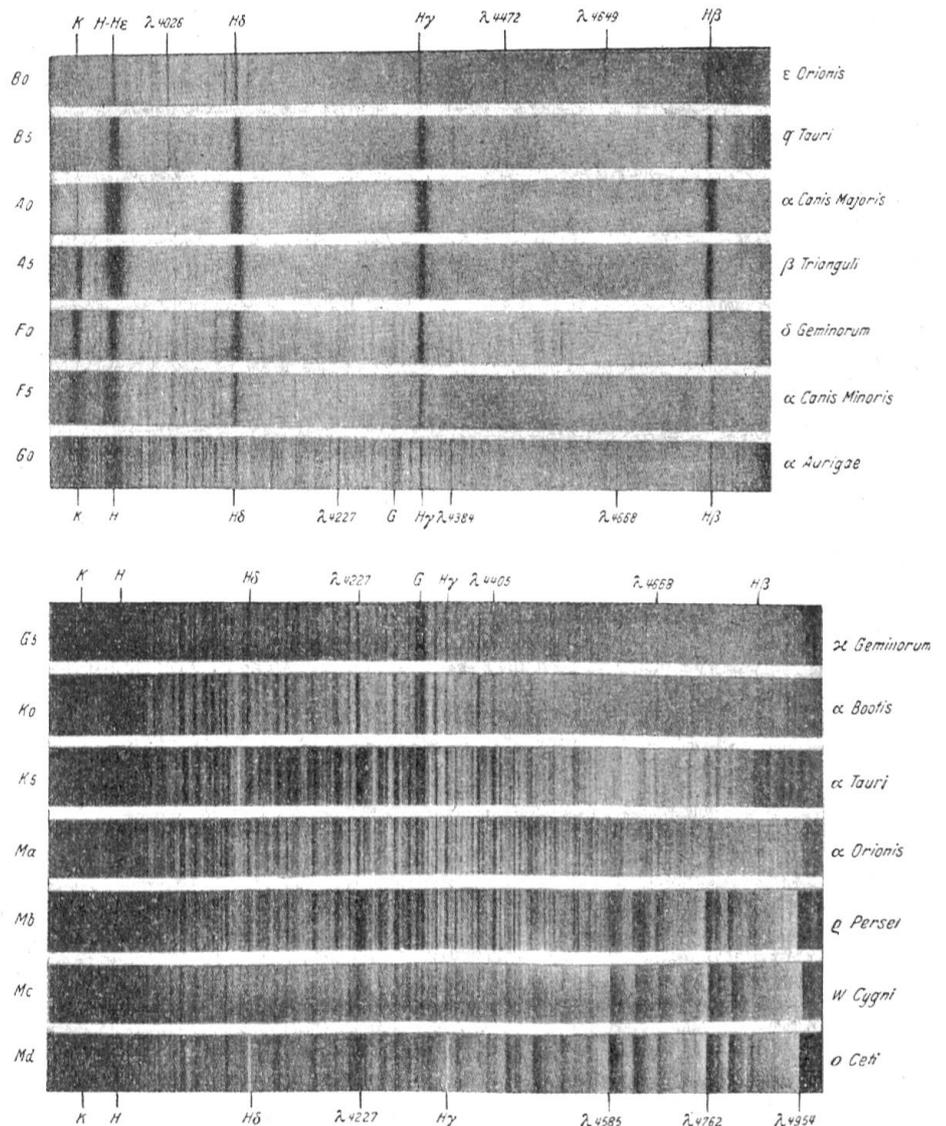


Abb. 1. Typische Sternspektren.

wichtige Größe, seine Entfernung, und hat damit den ersten festen Schritt in das Neuland der Fixsternwelt getan und den Grundstein zur Schaffung einer neuen Wissenschaft, der Astrophysik, gelegt.

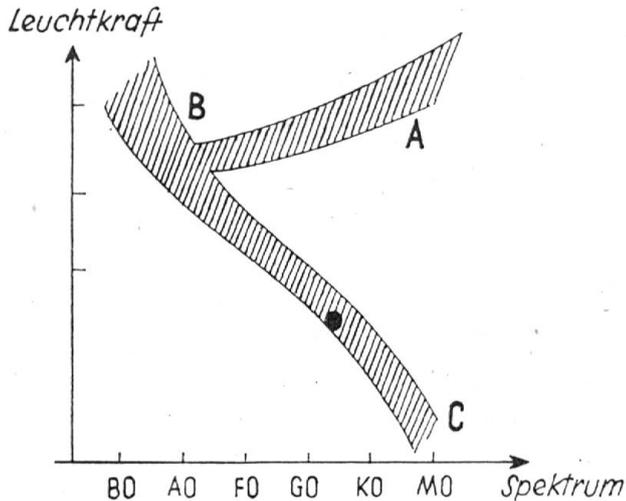


Abb. 2. Hertzsprung-Russell-Diagramm (schematisch). AB=Riesengigant, BC=Zwergstern (Hauptreihe). Der schwarze Punkt in der Hauptreihe bedeutet die Sonne

Bis man aber von einer Physik der Sterne sprechen konnte, sollte noch geraume Zeit vergehen. Erst mußte noch die Spektralanalyse erfunden und auf die Gestirne angewendet werden. Eine Astrophysik als Wissenschaft existierte erst von dem Augenblick an, in dem sich die Spektralanalyse Bürgerrecht in der Himmelskunde erworben hatte. Das war etwa gegen Ende des vorigen Jahrhunderts. Die Astrophysiker gaben sich nun nicht lange damit zufrieden, aus dem Vorhandensein bestimmter Spektrallinien auf das Vorhandensein bestimmter Elemente auf den Sternen zu schließen, sondern bereits im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrhunderts bestimmte man aus der spektralen Energieverteilung auf Grund des Planckschen Strahlungsgesetzes die Oberflächentemperaturen einiger Fixsterne einigermaßen sicher.

Da es sich herausstellte, daß man die Sterne zu Gruppen zusammenfassen konnte, welche die gleichen spektralen Eigentümlichkeiten aufwiesen und daher dieselben Oberflächentemperaturen hatten, führte man den Begriff des „Spektraltypus“ oder der „Spektralklasse“ ein und ordnete schließlich diese Spektralklassen in eine Reihe an, die im wesentlichen einer Reihe fallender Oberflächentemperaturen entspricht. Der Übergang zwischen den einzelnen Spektralklassen ist hier keineswegs sprunghaft, sondern kontinuierlich. Die Beziehung zwischen Ober-

flächentemperatur und Spektralklasse wurde im folgenden gesichert, so daß man nun imstande war, innerhalb relativ enger Fehlergrenzen die Oberflächentemperatur eines Sternes anzugeben, wenn man nur seinen Spektraltyp kannte. Ebenso erlaubte die Kenntnis der Entfernung des Sternes in Verbindung mit seiner scheinbaren Helligkeit die Ausrechnung seiner „absoluten“ Leuchtkraft.

Trug man nun die Sterne in ein Koordinatensystem ein, dessen Ordinaten die absoluten Größen und dessen Abszissen die Spektraltypen oder Temperaturen waren, dann zeigte sich ein merkwürdiger Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen. Leuchtkraft und Temperatur waren überraschenderweise nicht unabhängig voneinander. Hinter diesen Zusammenhang kam man natürlich auch erst allmählich. Erstmals zeigte sich davon eine Andeutung, als Hertzsprung entdeckte, daß die Sterne geringster Oberflächentemperatur, diejenigen des Spektraltyps „M“, das sind jene, die auch mit freiem Auge eine deutliche Rotfärbung erkennen lassen, in bezug auf ihre absolute Helligkeit in zwei scharf voneinander getrennte Gruppen, die eine mit großer, die andere mit geringer Helligkeit zerfallen.

Er und Russell waren es auch, die sich weiter um die Aufdeckung dieser Gesetzmäßigkeiten verdient machten, und endlich stellte es sich deutlich heraus, wie sich die Sterne im Leuchtkraft-Temperatur-Diagramm anordnen: Es werden hauptsächlich zwei Streifen bevorzugt und die übrigen Gebiete bleiben fast völlig leer (Abb. 1). Ein solches Diagramm nennt man nach seinen Entdeckern auch ein Hertzsprung-Russell-Diagramm. Den Sternen bei A und C (Spektraltypus M) entsprechen Oberflächentemperaturen von  $2500^{\circ}$ , denen bei B (Spektraltypus B) solche von rund  $25.000^{\circ}$ . Die Spektraltypen tragen die Bezeichnungen B, A, F, G, K, M mit dezimaler Unterteilung. So ist z. B. ein B 5-Stern ein Stern, der zwischen einem typischen B 0-Stern und einem typischen A 0-Stern steht. Daß gerade diese Buchstaben zur Bezeichnung der Spektraltypen verwendet werden, hat rein historische Ursachen. Den „Ast“ AB des Hertzsprung-Russell-Diagramms nennt man den Riesengigant, den Ast BC den Zwergstern oder die Hauptreihe, weil auf ihm rund hundertmal mehr Sterne vorkommen als auf dem Riesengigant (Abb. 2).

Dieser Zusammenhang reizte natürlich die Theoretiker zu seiner Aufklärung, und bald

schien diesen Bestrebungen ein entscheidender Erfolg beschieden gewesen zu sein. Es entstand die sogenannte „Riesen-Zwerg-Theorie“ der Sternentwicklung, die in genialer Weise das damalige Wissen über das Innere eines Sternes zusammenfaßte und interpretierte. Um sie richtig zu verstehen und einzuschätzen, müssen wir ihre Entstehungsgeschichte kennen:

Bereits aus der Zeit um 1870 stammen die ersten Überlegungen, die einen rein theoretischen Weg zu der Erschließung des Sterninneren finden sollten. Lane veröffentlichte eine Untersuchung über den Aufbau und die Entwicklung einer Kugel aus idealem Gas, welche die durch Ausstrahlung verlorengegangene Energie so ersetzt, daß sie sich zusammenzieht (kontrahiert), d. h. ihren Durchmesser verkleinert. (Lane betrachtete als spezielles Beispiel die Sonne. Es ist ganz klar, daß durch Kontraktion ein Stern Energie für die Ausstrahlung frei bekommt, da dadurch seine äußeren Schichten an Stellen niedrigeren Potentials gelangen.) Lanes Theorie stelle auch die merkwürdige Tatsache heraus, daß ein Stern durch fortwährende Kontraktion und Energieausstrahlung immer heißer wird.

Man konnte sich im Anschluß an Lane die Entwicklung eines Sternes etwa so vorstellen:

Den „Urkeim“ für den Stern bildet eine sogar für die Dimension eines Sternes riesenhaft ausgedehnte Gaskugel, in der unser ganzes Planetensystem wohl bis zur Saturnbahn und darüber hinaus Platz hätte, von außerordentlich geringer Dichte; auch die Mittelpunktstemperatur ist in diesem Stadium noch verhältnismäßig niedrig, sie beträgt mehrere 100.000 bis eine Million Grad. Diese Gaskugel zieht sich unter fortwährender Energieausstrahlung zusammen und wird im Verlauf dieses Prozesses immer heißer, sowohl im Inneren als auch an ihrer Oberfläche. Sie durchläuft im Zuge dieser Entwicklung den Riesenast, also die Spektraltypen M bis B. Im Hertzsprung-Russell-Diagramm ist das der Weg von A nach B. Endlich, an der Stelle B, hat der Stern durch die fortwährende Kontraktion eine so hohe Dichte erreicht, daß er nicht mehr die Gesetze eines idealen Gases befolgt. Der Stern entwickelt sich dann nicht mehr nach dem Gesetz von Lane, sondern zieht sich wohl noch weiter zusammen und wird dichter, seine Kontraktionsenergie reicht aber zur Deckung der Ausstrahlung nicht mehr hin. Seine Oberflächentemperatur sinkt daher wieder, er „wandert“ nun die Hauptreihe

„abwärts“, im Hertzsprung-Russell-Diagramm den Weg von B nach C und durchläuft dabei in umgekehrter Reihenfolge des Riesenastes die Spektraltypen B bis M wieder. Schließlich beendet er so seinen Entwicklungsgang, den er als M-Riese begonnen hatte, als ein roter Zwergstern vom Spektraltypus M.

Helmholtz hatte bereits lange vorher ausgerechnet, daß ein Stern seine Ausstrahlung auf Kosten der Kontraktion einige Millionen Jahre aufrechterhalten könnte. Die Erde ist aber schon 2 bis 3 Milliarden Jahre alt. Da sie aber nicht älter sein kann als die Sonne, mußten für die Erhaltung der Sternstrahlung auch andere Quellen als bloß die Kontraktionsenergie in Frage kommen. Dabei ist natürlich nicht gesagt, daß in gewissen Stadien der Entwicklung eines Sternes nicht die Kontraktion eine dominierende Rolle in seinem Strahlungshaushalt spielt. In der Riesen-Zwerg-Theorie von Russell wäre das z. B. auf dem Riesenast der Fall bis zum Erreichen des „Umkehrpunktes“ bei B. Die Frage nach der Herkunft der ausgestrahlten Energie während des Durchlaufens der Hauptreihe wurde vorläufig offen gelassen. Sehr bald schien auch sie, zumindest prinzipiell, geklärt: Einstein stellte seine „Masse-Energie-Äquivalenzrelation“ auf, der zufolge Masse und Energie nur zwei Erscheinungsformen ein und derselben Sache sind und auch ineinander verwandelt werden

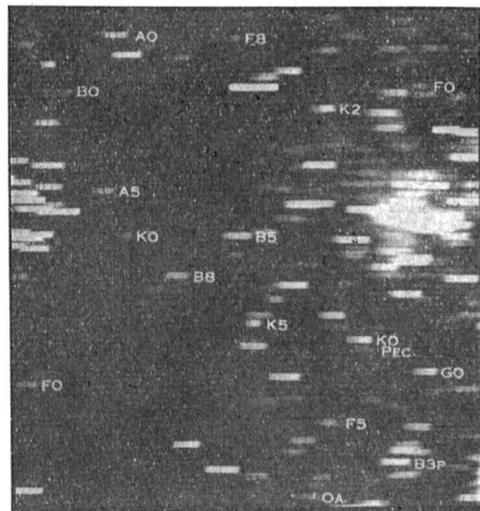


Abb. 3. Aufnahme mit Objektivprisma. Schaltet man vor das Fernrohrobjektiv ein Prisma, dann erscheinen die Sterne auf der Platte nicht als Punkte, sondern als Prismen. Solche Objektivprismenaufnahmen werden in erster Linie für weniger genaue Klassifizierungsarbeiten verwendet. Für genaue Untersuchungen von Sternspektren benutzt man Spaltspektrographen, die viel detailreichere Spektren liefern (Abb. 1)

können. So kann sich Masse zu Energie „zerstrahlen“ und Strahlung kann sich zu Materie „verdichten“. So war man sich auch über die Energiequelle der Hauptreihensterne klar geworden. Massenbestimmungen von M-Sternen hatten gezeigt, daß die M-Riesen rund 100mal so schwer sind als die M-Zwerge, daß also ein Stern während seiner „Entwicklung“ durchschnittlich 99% seiner Masse verstrahlt. Aus diesem Massendefekt konnte die Ausstrahlung für einige Billionen Jahre gedeckt werden, also eine Million mal so lang als aus der Kontraktionsenergie.

Aber bald tauchten ernstliche Schwierigkeiten auf. Zunächst hatte 1924 Eddington auf theoretischem Wege eine Beziehung zwischen Masse und Leuchtkraft aufgefunden, in die auch noch die Oberflächentemperatur des Sternes eingeht. Auf Grund dieser Massen-Helligkeitsbeziehung (Abb. 4) kann man im Hertzsprung-Russell-Diagramm die Kurven gleicher Masse einzeichnen. Auch diese theoretischen Überlegungen bestätigten, daß die M-Riesen durchschnittlich das Hundertfache der Masse der M-Zwerge besitzen. Es war also nun auch theoretisch gesichert, daß ein Stern, der sich nach der Riesen-Zwerg-Theorie entwickelt, im Laufe dieser Entwicklung 99% seiner Masse verliert, denn zur Deckung der während so langer Zeiträume ausgestrahlten Energie kam ernstlich nur die Zerstrahlung von Masse in Frage.

Die fortschreitende Erkenntnis theoretisch-physikalischer Zusammenhänge brachte aber

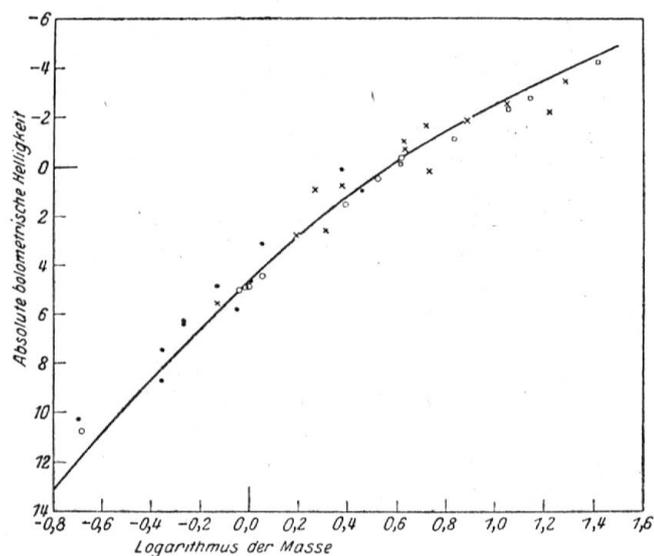


Abb. 4. Die Masse-Leuchtkraft-Beziehung von Eddington. Von den eingezeichneten Punkten bedeutet jeder einen Stern. Die verschiedenen Bezeichnungen drücken Unterschiede in der Genauigkeit der Massebestimmung aus. Die Punkte liegen alle der theoretischen Kurve nahe

mit der Zeit einige Klärung jener Prozesse, bei denen Materie in Strahlung übergeführt werden konnte. Es stellte sich heraus, daß bei den Temperaturen, die im Inneren eines Sternes herrschen, nur der bei bestimmten Atomkernumwandlungen auftretende „Massendefekt“ in Strahlung umgewandelt werden kann und nicht die Gesamtmasse des Sternes zur Verstrahlung zur Verfügung ist. Wenn sich aus vier Wasserstoffkernen ein Heliumkern bildet, dann ist das Gewicht des Heliumkernes geringer als das gesamte Gewicht der vier Wasserstoffkerne, aus denen er entstand. Die dabei „abhandengekommene“ Masse, der „Massendefekt“, ist als Atomenergie frei geworden, und im Prinzip sind es gerade dieselben Vorgänge, welche die Energie bei der Explosion einer Wasserstoffsuperatombombe liefern würden. Hierbei kann aber nur  $\frac{1}{100}$ , also 1% der verfügbaren Masse zu Energie verstrahlt werden und nicht 99%, wie es nach der Riesen-Zwerg-Theorie der Fall sein müßte. Gleichzeitig hatten eine Reihe von äußerst gewichtigen Argumenten stellardynamischer Natur die Astronomen zur Ansicht genötigt, daß das gesamte Weltall nicht älter sei als 10 Milliarden Jahre, das ist nur ein Hundertstel jener Zeit, die ein Stern brauchen würde, um 99% seiner Masse zu zerstrahlen, was er aber müßte, wenn er sich nach der Riesen-Zwerg-Theorie entwickeln wollte.

Diese mußte daher von den Astronomen aufgegeben werden, erstens, weil dann die Welt hundertmal älter sein müßte als sie tatsächlich ist, damit es bereits M-Riesen geben könnte, und zweitens weil bei den Temperaturen von der Größenordnung jener im Inneren eines Sternes keine Prozesse vor sich gehen können, welche die Verstrahlung von mehr als einem Hundertstel der Masse des Sternes zu Energie erlaubt.

Als hauptsächliche Energiequelle für die Strahlung der Hauptreihensterne nimmt man gegenwärtig den B e t h e - W e i z s ä c k e r - s c h e n „Stickstoff-Kohlenstoff-Zyklus“ an, bei dem aus vier Wasserstoffkernen ein Heliumkern gebildet wird, wobei dazu — sozusagen als Katalysatoren — Stickstoff und Kohlenstoff notwendig sind. Der dabei auftretende Massendefekt wird in Strahlung umgesetzt. Im Prinzip wären auch andere Kernprozesse denkbar, bei denen die dabei auftretenden Massendefekte zum Energiehaushalt eines Sternes beitragen könnten, diese laufen aber bei den Temperaturen, wie sie im Inneren eines Sternes herrschen, zu schnell oder zu langsam ab und scheiden daher aus. Sie spielen vielleicht bei den Sternen des

Riesenastes eine Rolle. Interessant ist, daß ein Stern, der sich nach der Bethe-Weizsäckerschen Theorie entwickelt, auf seiner Oberfläche immer heißer wird, im Inneren aber annähernd auf konstanter Temperatur bleibt, so daß also die Hauptreihe höchstens in umgekehrter Richtung durchlaufen werden könnte, gerade im Gegensatz zur Riesen-Zwerg-Theorie.

Die Forschung über dieses Thema ist wieder völlig in Fluß gebracht und beim gegenwärtigen Stand der Dinge läßt sich noch lange nichts Endgültiges aussagen. Wohl sprechen viele Anzeichen für die Richtigkeit der mit dem Stickstoff-Wasserstoff-Zyklus verbundenen Vorstellungen, aber auch die Riesen-Zwerg-Theorie wurde noch vor 30 Jahren für einigermaßen gesichert gehalten, und wir wissen nicht, welche Beobachtungsergebnisse oder theoretischen Untersuchungen von morgen unsere heutigen Vorstellungen über die Entwicklung der Sterne über den Haufen werfen werden. Die Anzeichen dafür zeigen sich schon deutlich am Horizonte, zumal das Hertzsprung-Russell-Diagramm durch die Entdeckung der „Sternpopulation II“ eine Er-

gänzung von einem völlig neuen Gesichtspunkt aus erhalten hat<sup>1)</sup>.

Deswegen aber die Leistungen der Wissenschaft gering zu achten, wäre wohl das Verfehlteste, was man tun kann. Man bedenke doch, daß die Astronomen von einem Stern nichts anderes als die Intensität, in günstigen Fällen auch die spektrale Zusammensetzung und die Richtung eines leuchtenden Punktes, ohne erkennbare Flächenausdehnung, messen können, wobei diese Daten in nicht immer kontrollierbarer Weise durch die Einflüsse der Erdatmosphäre verfälscht werden. Daß wir trotzdem heute über die Entfernung dieser Objekte Auskunft geben und vernünftige Angaben über die auf — und sogar in — ihnen herrschenden Temperaturen machen können und es sogar wagen dürfen, uns in Spekulationen über ihr Alter und ihren Entwicklungsgang einzulassen, scheint mir eine der höchsten Leistungen zu sein, die der menschliche Geist im Laufe von einigen Jahrtausenden hervorgebracht hat.

<sup>1)</sup> Die Sterne in den Innenpartien der Spiralnebel und in den kugelförmigen Sternhaufen ordnen sich nicht auf den traditionellen Ästen des Hertzsprung-Russell-Diagramms an, sondern sie bilden andere Äste des Hertzsprung-Russell-Diagramms als die Sterne der Sonnenumgebung, die bis jetzt wegen beobachtungstechnischer Schwierigkeiten bei der Konstruktion eines solchen Diagramms allein berücksichtigt wurden.

# Die heilsamen Schimmelpilze

## Eine Übersicht der bisher bekannten antibiotischen Heilmittel

Nur wenige Jahre sind vergangen, seit mit dem Penicillin das erste der sogenannten Antibiotika in die praktische Heilkunde eingeführt wurde. Heute ist sein Name allen geläufig, und man kann auch bereits die wahren Grenzen der Wirksamkeit dieses aus lebendiger Substanz (aus dem weitverbreiteten Schimmelpilz *Penicillium notatum*) hergestellten Heilmittels abschätzen. In der ersten Begeisterung hat man, wie dies ja fast stets geschieht, das Penicillin bereits als „Allheilmittel“ angesehen. Indessen mußte man nicht nur erkennen, daß es gegen viele Bakterienarten von vornherein wirkungslos bleibt, sondern daß sich auch bereits penicillinresistente Bakterienstämme herausbilden. Dieser Vorgang war zu erwarten, da er einen normalen Anpassungsvorgang der stets nach Ausgleich strebenden Natur darstellt und sich ja bekanntlich auch früher bei längerer Verwendung hochwirksamer Heilmittel, z. B. der verschiedenen Sulfonamide, solche resistente Stämme entwickelten. Nach der Entdeckung und Bewährung des Penicillins setzte eine großangelegte, systematische Durchforschung der verschiedensten Schimmelpilzarten ein, die auch tatsächlich zur Isolierung neuer Antibiotika führte.

Davon hat sich vor allem das Streptomycin als wirksam und wertvoll erwiesen, das man im Magen

der in der Erde nach Futter scharrenden Hühner und im Erdboden selbst fand und von dem Schimmelpilz *Streptomyces griseus* stammt. Der Entdecker des Streptomycins, S. A. Waksman, der es 1946 in die Heilkunde einführte, pflegte auf das „Naheliegen“ dieses heilsamen Stoffes damit hinzuweisen, daß er eine Handvoll Erde vom Boden aufnahm und sagte: „Die Heilmittel liegen in unserem Garten!“ Streptomycin erwies sich vor allem als wirksam gegen manche Formen der Tuberkulose, — aber längst nicht gegen alle! — und wirkt auch gegen bestimmte Bakterienstämme, die penicillinresistent sind. Freilich ergeben sich bei der Streptomycinbehandlung vielfach unangenehme Nebenwirkungen, die sich auch bei Verwendung eines verbesserten Streptomycinpräparates (Dehydrostreptomycin) nicht ganz vermeiden lassen.

Ausreichend erprobt und in der Praxis bereits eingeführt ist ferner das Aureomycin, das aus dem Schimmelpilz *Streptomyces aureofaciens* gewonnen wird. Sein Entdecker Benjamin Duggar untersuchte nicht weniger als 5500 Erdproben, ehe er diesen wirksamen Stoff fand. Aureomycin erwies sich vor allem als besonders erfolgreich gegen Lungenentzündung, aber auch gegen Dysenterie, Ekzeme und verschiedene tropische Fieberarten.