

**Zeitschrift:** Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik  
**Band:** 7 (1952)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Luftschichten über uns : kleine Atmosphärenkunde  
**Autor:** Weihmann, Götz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-653527>

### **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:** 13.10.2024

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

# Luftschichten über uns

Kleine Atmosphärenkunde

Von Dipl.-Ing. Götz Weihmann

DK 551.51

Wenn einem Kunsthistoriker die Aufgabe gestellt wird, eine auf das Jahr genaue Einteilung der europäischen Stilepochen zu treffen, so befindet er sich in der gleichen Kalamität wie etwa der Physiker, der das vielgestaltige Band der elektromagnetischen Wellen in scharf gegeneinander abgegrenzte Bereiche teilen soll — ja, wie schon jeder, von dem verlangt wird, er solle exakte Grenzen zwischen Vormittag und Mittag, zwischen Nachmittag, Abend und Nacht ziehen: Was ist das Kriterium für die einzelnen Begriffe, wo scheiden sich die Bereiche, wo sind die Grenzen in der Erscheinungen Flucht? „Panta rei“ — alles fließt ...

In einer solchen Kalamität befindet sich auch der Wissenschaftler, der die Gashülle unseres Heimatplaneten Erde „einteilen“ soll, einteilen m u ß. Wohl verbindet sich mit Begriffen wie „Stratosphäre“ oder „E-Schicht“ eine mehr oder weniger genaue Vorstellung über ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften — die Grenzen aber sind fließend, und zwar sowohl örtlich als auch zeitlich. Die Erdatmosphäre entspricht eben doch nicht, wie so oft gesagt wird, einer Zwiebschale, die man fein säuberlich schichtweise von ihrem Kern abblättern kann; sie ähnelt eher einem Nebel- und Wolkenmeer, dessen Grenzen ineinander verfließen und das sich nach oben allmählich im Nichts verliert.

Und dennoch — die Wissenschaft b r a u c h t Definitionen, Einteilungen, Begriffsbestimmungen; das macht ja geradezu ihr Wesen aus. So schuf man die „Zwiebschalen“ und spricht seitdem von Regionen, Schichten und Sphären mit oft seltsamen Namen — und seitdem geht der Streit um diese Namen und die Grenzen dieser Zonen, seitdem zieht sich durch die Literatur die Verschwommenheit der Bezeichnungen und Begriffe. So konnte es auch nicht ausbleiben, daß unsere verschiedenen Veröffentlichungen über dieses Forschungsgebiet manche Rückfrage und manchen Zweifel ausgelöst haben. Der Klärung dieser Begriffe und der Erweiterung der bereits gewonnenen Erkenntnisse sollen die folgenden Ausführungen dienen.

Der Zeitpunkt dafür ist günstig: Im vergangenen Jahr veröffentlichten H. Flohn und

R. Penndorf im Bulletin of the American Meteorological Society einen Vorschlag zur Normung der Begriffe und der Abgrenzung der Schichten gegeneinander, der recht beachtenswert erscheint, wenn die Autoren auch — dies sei nicht übersehen — die Belange der Meteorologie in den Vordergrund gestellt haben. Die Tabelle auf Seite 56 als Kern dieses Vorschlages möge in gekürzter Form als Ausgangspunkt für diese Darlegungen dienen.

Wie fast allgemein in der Wissenschaft, ist hier die Atmosphäre in vier Stockwerke eingeteilt, Sphären genannt, die sich durch ganz bestimmte physikalische Eigenschaften voneinander unterscheiden (O. Burkhard): Das Kennzeichen der Troposphäre sind die vornehmlich vertikal gerichteten Luftströmungen und die stetige Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe; in der Stratosphäre verlaufen die Luftströmungen meist horizontal; für die Ionosphäre ist, wie schon der Name verrät, die starke Ionisierung der Luft das typische Merkmal, wobei freilich der Ionisationsgrad von Höhe, Jahres- und Tageszeit abhängt. Diese drei Sphären faßt man unter dem Begriff „innere Atmosphäre“ zusammen. Für die Exo-

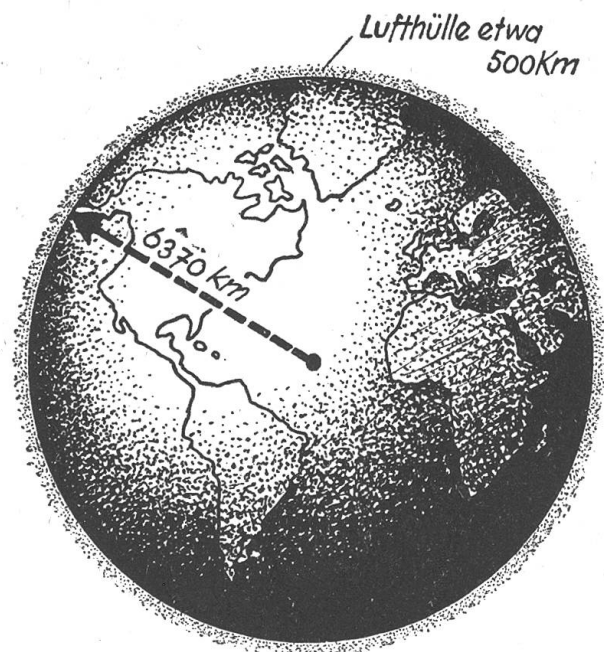


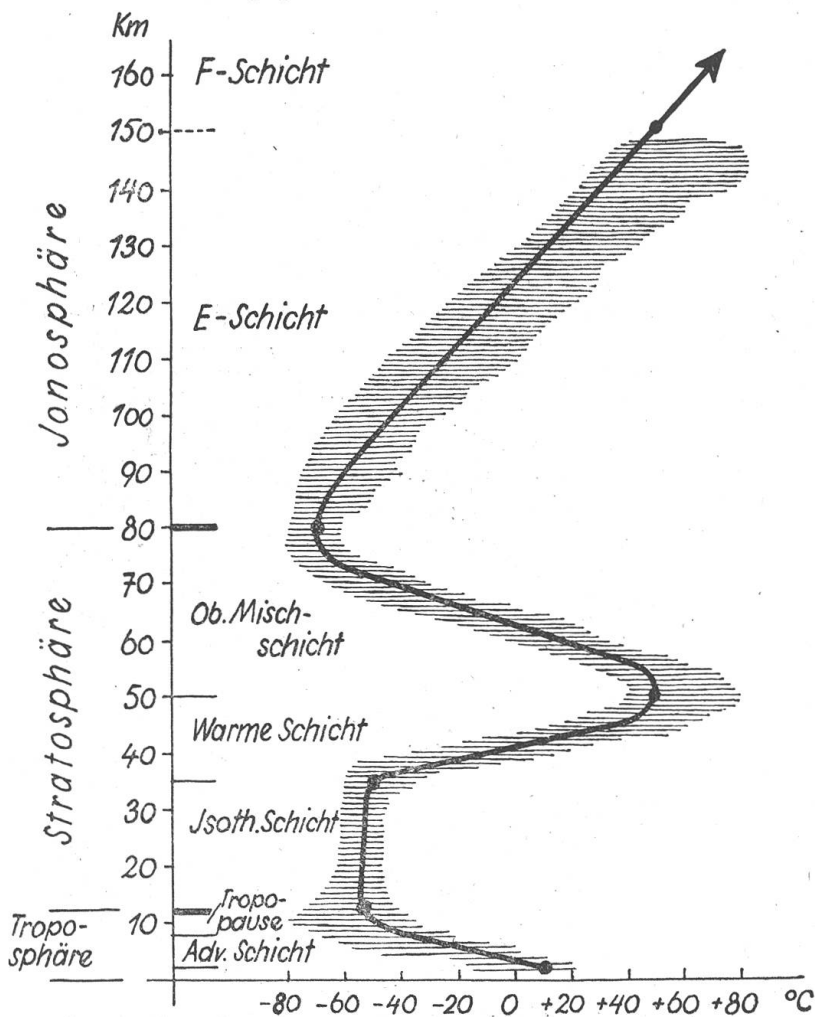
Abb. 1. Das Verhältnis des Erddurchmessers zu der umgebenden Luftschicht ist wie 12:1

	Sphäre	Schicht	Ungefähre Höhe in km	Temperatur in °C		
				Untere Schichtgrenze	Obere Schichtgrenze	Extremwerte
Äußere Atmosphäre	Exosphäre ..	—	über 800	?	?	2000 ?
	Ionosphäre .	Atomare Schicht ..	400—800	?	?	1200 ?
F-Schicht .....		150—400	?	?	+60 bis +1000	
E-Schicht .....		80—150	-70	+50	+80 bis +100	
Innere Atmosphäre	Stratosphäre	Obere Mischschicht	50—80	+50	-70	-80 bis +70
		Warme Schicht ...	35—50	-50	+50	-60 bis +80
		Isotherm. Schicht .	12—35	-55	-50	-45 bis -65
	Troposphäre	Tropopausenschicht	8—12	-40	-55	-35 bis -80
		Advektionsschicht .	2—8	+10	-40	+20 bis -45
		Grundschicht .....	0,002—2	—	—	-40 bis +40
		Bodenschicht .....	0—0,002	—	—	-50 bis +80

sphäre dagegen ist die Tatsache kennzeichnend, daß hier die Gasmoleküle allein dank ihrer thermischen Bewegung den Anziehungsbereich der Erde zu verlassen vermögen; sie bildet deshalb die „äußere Atmosphäre“.

Die einzelnen Sphären sind wiederum in Schichten gegliedert, wobei das Kenn-

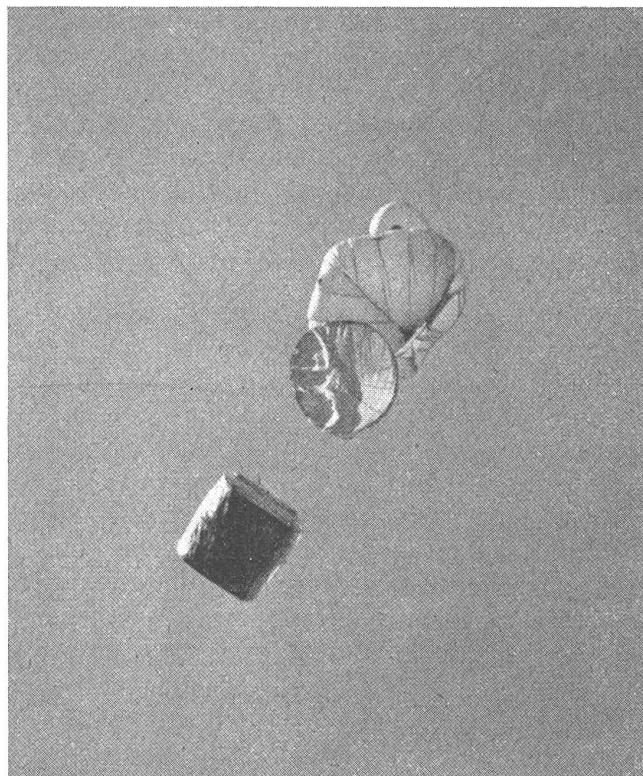
zeichen einer Schicht ihr einheitlicher thermischer Aufbau ist. Nur für die erdnächsten Schichten gilt dies nicht, vor allem nicht für die „Bodenschicht“ (eine abkürzende Bezeichnung für „bodennahe Luftschicht“). Diese ersten zwei Meter über dem festen Boden sind der Bereich der Mikroklimatologie. Die Bedingungen in dieser Schicht hängen von der augenblicklichen Sonneneinstrahlung, von Art und Umfang der Pflanzenwelt, von der Struktur des Bodens und dergleichen ab. Darüber, bis in eine Höhe von 1500 bis 2000 m, erstreckt sich die „Grundschicht“. Sie ist definiert als jene Schicht, in der sich der Einfluß der Erdoberfläche auf die Winde wesentlich bemerkbar macht, und zwar in Form von Reibungserscheinungen. Dabei wird von Flohn und Pennedorf noch eine Unterteilung in zwei „Regionen“ vorgeschlagen: in die bodennahe und die obere Reibungsregion, wobei der Übergang der einen in die andere bei etwa 100 m liegt.



Der Temperaturverlauf in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre

Nun folgt die „Advektionsschicht“. Diese Bezeichnung wird den älteren Namen „Konvektionsschicht“ oder „Wolkschicht“ vorgezogen, weil in diesen Höhen die Advektion, also die Heranführung von Luftmassen in horizontaler Richtung, gegenüber der Konvektion — senkrechten Luftbewegung — überwiegt. Die Temperatur fällt in diesem Atmosphärenbereich durchschnittlich von +10 auf -40 °C; in

Abb. 2. Die Erforschung höherer Luftschichten ist vor allem mit Hilfe der Registrierballons möglich geworden. Die Geräte des Meßballons, der hier seine Reise beginnt, sind in einer strahlendurchlässigen Cellophangondel untergebracht. Abstrahlungen nach unten verhindert ein Aluminiumschirm. Nach Platzen des Trägerballons wird die Gondel von dem im Bilde sichtbaren Fallschirm langsam zur Erde zurückgebracht



den Extremwerten liegen die Grenzen sogar noch weiter auseinander. Die letzte, vierte Schicht nennen Flohn und Penndorf „Tropopausenschicht“ (wohlgemerkt: nicht „Tropopause“!). Sie verwenden dabei also einen altbekannten Namen, der bislang aber für recht verschiedene Atmosphärenbereiche herhalten mußte: die einen bezeichneten mit „Tropopause“ lediglich einen schmalen Übergangsbereich, andere einen Teil der Stratosphäre, wieder andere gar nur die Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre. Kurzum, Flohn und Penndorf verstehen unter „Tropopausenschicht“ eine eigene, wohlausgebildete Schicht, in welcher „die Tropopause auf und ab schwingt („oszilliert“) und in der mannigfaltige Tropopausenarten vorkommen“. Man hat nämlich je nach Temperatur und Art der Luft verschiedene Tropopausentypen herausgefunden (Flohn und Penndorf nennen sie „Normaltyp“, „Aufstieg-“ und „Falltyp“). Die Tropopause ist überhaupt eine etwas merkwürdige Schicht. Ihre Grenzen, vor allem ihre obere Grenze, schwanken sehr stark: über Europa erstreckt sie sich im Mittel von 8 bis 13 km, in seltenen Fällen von 5 bis 15 km, über den Vereinigten Staaten von 10 bis 18 km; ja, gelegentlich verschwindet sie sogar völlig. Dennoch ist ihre Einordnung in das Atmosphärenschema aus physikalischen und vor allem meteorologischen Gründen unerläßlich.

Nun treten wir auf unserer Höhenwanderung in die Stratosphäre ein. Ihre erste Schicht nennen Flohn und Penndorf „isothermische Schicht“, weil hier die Temperatur über den ganzen Bereich nahezu konstant bleibt (griech.: iso = gleich, thermo = warm). An diese „Zwiebelschale“ schließt sich die „warme Schicht“ an, in welcher die Temperatur auf +50 °C, gelegentlich sogar bis auf +80 °C ansteigt. Dann kehren sich die Verhältnisse wieder um.

Abb. 3. So sehen die Geräte aus, die in der cellophanverkleideten Gondel eines Höhenballons untergebracht sind

In der „oberen Mischschicht“ fällt nämlich die Temperatur bis auf  $-70$ , manchmal auf  $-80$  °C. Den Namen dieser Schicht leiten Flohn und Penndorf von der Tatsache ab, daß dort heftige Wirbelströmungen vorherrschen, so daß im Gegensatz zu anderen Schichten hier die Luftmoleküle vollständig durchmischt sind. Für





die bei 50 km liegende Grenze zwischen warmer Schicht und oberer Mischschicht wird wegen ihrer physikalischen Wichtigkeit als eigener Name die Bezeichnung „Ozonopause“ vorgeschlagen, für die bei 80 km liegende Schichtgrenze „obere Tropopause“ (dies, weil die obere Mischschicht in mancherlei Hinsicht der Troposphäre ähnelt).

Damit ist die Grenze dessen erreicht, was man gemeinhin als „Luft“ bezeichnet, wie auch in physikalischer Hinsicht der 80-km-Grenze eine besondere Bedeutung zukommt. Jenseits beginnt die erste Schicht der Ionosphäre, die „E-Schicht“, in der die Temperatur von  $-70^{\circ}\text{C}$  wiederum auf  $+50$ , teilweise sogar auf  $+100^{\circ}\text{C}$  ansteigt. Der Sauerstoffanteil der Atmosphäre ist hier schon fast vollständig zu Ionen dissoziiert. Was dann folgt, ist noch weitgehend unerforscht. Jedenfalls steigen die Temperaturen außerordentlich an — bis auf 1000 und 2000  $^{\circ}\text{C}$  und vielleicht noch darüber hinaus —, wobei freilich zu bemerken bleibt, daß „Temperatur“ nur die Bezeichnung für einen Zustand darstellt; sie ist eine Maßzahl für die relative Bewegung der Moleküle gegeneinander, nicht aber ein Maß für die Energiemenge der Wärme, die ja in Kalorien gemessen wird.

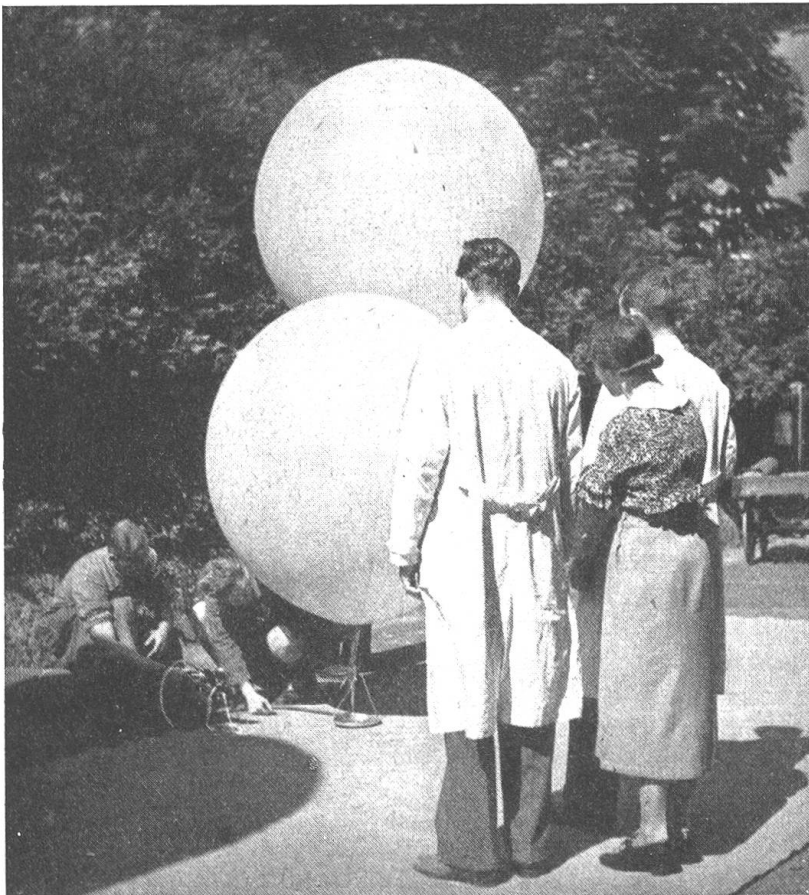


Abb. 4. Hier werden kleinere, sogenannte „Pilotballons“ zum Aufstieg fertiggemacht

Da in den höchsten Schichten der Atmosphäre die Materie außerordentlich dünn verteilt ist, darf man je Raumeinheit (etwa je Kubikmeter) nicht sehr viel „Wärme“ erwarten. Man darf also nicht glauben, als Weltraumreisender dort oben von glühendheißen, von höllischen Gasen umgeben zu sein. Das Gefühl der Wärme würde einem viel eher die Strahlungsenergie der Sonne vermitteln als die Bewegungsenergie der Gaspartikelchen. Vergleichsweise denke man an einen ausgehungerten Menschen, dem man als Stärkung eine Riesenportion Eierschnee serviert: er mag essen, soviel er will — er wird nicht satt; die an sich nahrhafte (die „heiße“) Materie ist zu weit verteilt, um zu sättigen (um zu „wärmen“).

Auf die bereits genannte E-Schicht folgt die „F-Schicht“. Beide Namen sind übrigens aus einer früheren, alphabetischen Nomenklatur der höheren Atmosphärenschichten übernommen. Auf eine Unterteilung der F-Schicht nach  $F_1$  und  $F_2$  haben Flohn und Penndorf verzichtet, weil sie meteorologisch nicht von Interesse ist. Die F-Schicht geht schließlich in die „atomare Schicht“ über, kurz „Atomschicht“ genannt, deren Kennzeichen die weitgehende Dissoziation des Stickstoffs ist. Die Durchforschung dieser höheren Ionosphäre ist Aufgabe der Zukunft. Dabei wird die Meßrakete, die ja als Zweistufenrakete bereits eine Rekordhöhe von 401 km erreicht hat, wichtigstes Instrument der Wissenschaft sein.

So bleibt nun noch die Exosphäre, die äußere Atmosphäre. Ihre untere Grenze liegt dort, wo die Eigenbewegung der Gaspartikelchen der „kritischen Geschwindigkeit“ gleichkommt. Teilchen mit einer höheren als der kritischen Geschwindigkeit können dem Schwerefeld der Erde entfliehen und in hyperbolischer Bahn in den freien Weltraum entschwinden. Nun hängt die kritische Geschwindigkeit weitgehend von der Temperatur des Gases ab. In einer solch lockeren Gasmischung wie in der Exosphäre hat aber jede Gaskomponente ihre individuelle Temperatur und damit ihre indi-

Abb. 5. Polarlichter sind vereinzelt auch in Mitteleuropa zu beobachten. Sie treten in großen Höhen, meist zwischen 100 und 1000 km über der Erdoberfläche, auf  
(Photo: E. Wagner, Fulda)



viduelle kritische Geschwindigkeit. So ergibt es sich zwangsläufig, daß eine bestimmte untere Grenze der Exosphäre nicht angegeben werden kann. Die Zahl „800 km“ in der Flohn-Penndorfschen Tabelle ist also nur als Richtwert aufzufassen; sie entspricht vermutlich der Höhe, in welcher die Sauerstoffatome ihre „Fluchtgeschwindigkeit“ erreicht haben. Andere Forscher (so G. Grimminger) geben die untere Exosphären-grenze mit 650 km an. Eine obere Grenze aber gibt es überhaupt nicht: die Exosphäre geht allmählich in den freien Weltenraum über.

Aus den in der vorliegenden Tabelle angegebenen Werten ergibt sich schließlich eine durchschnittliche Temperaturkurve, die auf Seite 56 wiedergegeben ist.

Es sei nochmals betont, daß alle Zahlenangaben nur Mittelwerte darstellen; sie schwanken von Tag zu Tag, ja von Stunde zu Stunde, und ebenso von Breitengrad zu Breitengrad. Beispielsweise nimmt die Höhe der Stratosphären-Untergrenze vom Äquator zu den Polen hin ab, während dabei die Temperatur meist zunimmt. Besonders starken Schwankungen ist die Grenze zwischen E- und F-Schicht unterworfen; sie hängt in erster Linie vom Sonnenstand ab. Und so wird denn ein Streit um einige Kilometer oder einige Grad Celsius immer müßig bleiben.

Um der angestrebten Klärung der Begriffe willen seien einige Bezeichnungen nachgetragen, welche die Nomenklatur von Flohn und Penndorf nicht mehr enthält. „Planetarische Grenzschicht“ ist das gleiche wie „Grundschicht“; ihre Obergrenze nennt Prof. Schneider-Carius „Peplopause“. Zwei veraltete Ausdrücke sind „Hochtroposphäre“ und „Substratosphäre“; um die Verwirrung vollständig zu machen, hat man die erstgenannte gelegentlich sogar als Bezeichnung für die untere Schicht der Stratosphäre verwendet! Weiter seien die sogenannte C- und die D-Schicht erwähnt, welche der Stratosphäre angehören und deren obere Lagen bilden. Dabei entspricht die erstgenannte etwa der warmen Schicht, die zweite der oberen Mischschicht. — Die Bezeichnung bestimmter

Schichten nach Buchstaben wird übrigens mit Vorliebe vom Rundfunktechniker angewendet, für den sie ja von ganz besonderer Bedeutung sind. Denn sie dienen ihm vermöge der durch die Sonnenstrahlen ausgelösten Ionisation als Reflektoren für seine Sendewellen, und zwar jede Schicht für einen anderen Wellenbereich: die D-Schicht reflektiert speziell die Langwellen, die E-Schicht die Mittel- und die F-Schicht die Kurzwellen. Ohne diese gigantischen Himmelsspiegel, die allerdings vom Stand der Sonne abhängig sind, wäre ein Rundfunk-Fernempfang überhaupt nicht möglich. Nur für die ultrakurzen Wellen hat die Natur einen Spiegel aufzuhängen vergessen; solche Wellen durchdringen alle Schichten unserer Atmosphäre und verlieren sich unwiederbringlich im Weltenraum.

Und weiter im Atmosphären-Wörterbuch: Die E-Schicht findet sich in der Literatur auch als „Kennelly-Heavyside-Schicht“, die F-Schicht als „Appleton-Schicht“. Den mittleren Teil der Stratosphäre nennt man hin und wieder „Ozonosphäre“, weil vornehmlich in diesen Bereichen — mit einem ausgeprägten Maximum in 40 km Höhe — die Bildung von Ozon (chemisch  $O_3$ ) aus dem Luftsauerstoff (chemisch  $O_2$ ) vor sich geht. Dies geschieht dadurch, daß die von der Sonne ausgehenden Ultraviolettstrahlen einen Teil der  $O_2$ -Moleküle spalten; die entstehenden freien O-Atome lagern sich dann an ungespaltene  $O_2$ -Moleküle an und bilden so das Ozon-Molekül. Dieser Absorptionsvorgang ist für uns Menschen übrigens recht segensreich, weil dadurch die an sich tödliche Ultraviolettstrahlungs-Konzentration auf ein erträgliches Maß reduziert wird.

Auch der chemische Gehalt der einzelnen Sphären hat für die Namensgebung erhalten müssen. Troposphäre und Stratosphäre bilden gemeinsam die „Stickstoff-Sphäre“; daran schließt sich die „Wasserstoff-Sphäre“ an, der dann die „Geokorium-Sphäre“ folgt, welcher man einen relativ hohen Heliumgehalt zuschreibt.

Genug des grausamen Sphären-Spiels! Ein Wort aber noch zu dem Phänomen der Polarlichter; denn hierüber finden sich in der Literatur hin und wieder doch allzu falsche Angaben. Zunächst sei betont, daß sich diese Erscheinungen keineswegs auf die polnahen Gebiete beschränken. Nordlichter beispielsweise beobachtete man in Einzelfällen im Mittelmeergebiet; ja, es sind einzelne Tage registriert — so der 25. Januar 1938 —, an denen fast der ganze Erdball gleichzeitig in Polarlicht eingehüllt war. Das sind selbst-

verständlich Ausnahmen. Von einer Konzentration der Nord- und Südlichter um die Polgebiete zu sprechen, wird immer richtig bleiben. — Interessant ist hier auch die Klärung der Frage, in welchen Höhen sich diese seltsamen Erscheinungen abspielen. Nun, gewöhnlich treten sie in 90 bis 110 km Höhe auf, steigen aber gelegentlich bis über 1000 km, tauchen andererseits hin und wieder bis in die obersten Zonen der Stratosphäre hinunter, nämlich bis in 60 km Höhe über dem Erdboden. So sind denn die Polarlichter bezüglich ihres örtlichen Auftretens ebenso unstet und so reich an Überraschungen wie in ihrer optischen Erscheinung: wogend und hin und her fluktuierend, und dabei über die ganze Palette des Regenbogens hinwegstreifend — Symbol für die Wundersamkeit der Natur und wohl auch für ihre Unfaßbarkeit.

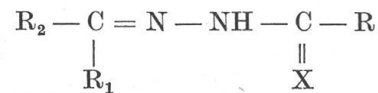
## Das neue Antituberkulose-Mittel

DK 615.724.8 : 616.24-002.5-085

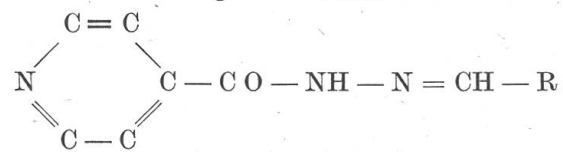
Zu unserem Bericht „Ein Heilmittel gegen Tuberkulose“ in Heft 1 des „Prisma“, Seite 16, bringen wir heute diese ergänzende Darstellung. Der deutsche Forscher G. Domagk hat nämlich inzwischen Einzelheiten über die Entwicklung des von ihm gemeinsam mit H. A. Offe und W. Siefken entdeckten neuen Chemotherapeutikums bekanntgegeben. Das neue Präparat ist aus einer großangelegten Versuchsreihe hervorgegangen, der auch das vor einigen Jahren erstmalig in den Handel gebrachte Conteben entstammt. Während aber dieses Präparat als Thiosemikarbazon aromatischer und heterozyklischer Aldehyde angesprochen werden muß, ist Neoteben auf Grund der antituberkulostatischen Eigenschaften von Hydraziden organischer Säuren entwickelt worden. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß z. B. Phthalsäurehydrazid eine gute tuberkulostatische Wirkung besitzt. Bei der Prüfung einer großen Anzahl solcher Hydrazide konnte schließlich festgestellt werden, daß dem Benzal-benzyl-hydrazon eine ausgeprägte Wirkung selbst in einer Verdünnung von  $1:10^{-6}$  zukommt. Schließlich gelang im Neoteben oder Isonikotinsäurehydrazid und daraus abgeleiteten Derivaten der große Wurf. Diese Verbindungen sind in vitro bis zu einer Verdünnung von  $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$  wirksam. Die Verbindung wird von p-Aminobenzoesäure nicht beeinflusst, ist wirksamer als Streptomycin und PAS. (p-Aminosalizylsäure) und wirkt auch gegen solche Bakterienstämme, die gegen Streptomycin oder PAS. resistent sind. Die Verträglichkeit ist bedeutend besser, als es jene des Contebens war, das wegen seiner unangenehmen

und gefährlichen Nebenwirkungen nur selten angewandt werden konnte.

Als wirksame Gruppe solcher Verbindungen konnte die Struktur



erkannt werden. Die Substituenten  $R_2$  und R können auch zum Ring geschlossen sein, wobei Pyridazone, Pyrazolone usw. entstehen. Dem Isonikotinsäurehydrazid kommt folgende Formel zu:



Wie wir berichteten, handelt es sich bei den Präparaten „Rimifon“ und „Nydrazid“ ebenfalls um Isonikotinsäurehydrazide und -hydrazone.

In diesem Zusammenhang soll noch darauf hingewiesen werden, daß das Maleinsäurehydrazid für Pflanzen wachstumshemmend wirkt und auch andere physiologische Prozesse der Pflanzen, wie Blütenbildung, Reifezeit der Früchte usw. stark verzögert. Setzt die Behandlung mit dem MH. aus, so erfolgt normale Weiterentwicklung. Kartoffeln und andere Knollen oder Zwiebelgewächse können bis spät in das Frühjahr hinein keimfrei gehalten werden, wobei nach Beendigung der Behandlung sofort die normale Keimfähigkeit wieder einsetzt.

Dr. H. V.