

(Aus dem Schweizerischen Institut für Hochgebirgsphysiologie und Tuberkuloseforschung in Davos. — Leiter: Prof. Dr. A. Loewy.)

Einwirkung von Strahlen auf die experimentelle Meerschweinchentuberkulose.

Von

Hans Löwenstädt.

Mit 47 Textabbildungen.

(Eingegangen am 20. April 1927.)

Einleitung.

Die Frage der Einwirkung äußerer Einflüsse, die in der Natur vorhanden sind, insbesondere der Lichtstrahlung auf den Entwicklungsgang der inneren Tuberkulose ist schon manchmal, wenngleich verhältnismäßig nicht oft, Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Seitdem wir den Einfluß der Sonnenstrahlung oder noch besser des Kohlenbogenlichtes auf die Knochentuberkulose, die Wirkung der Quecksilberdampflampe auf die Rachitis erkannt haben, konnte man die Hoffnung hegen, auf diesem Gebiete auch heilende Wirkungen auf die Tuberkulose innerer Organe finden zu können. Freilich wissen wir, wie *Sonne*¹ 1923 betont hat, auch bei der wohl beeinflußbaren chirurgischen Tuberkulose bisher noch nicht, welche Strahlenarten hier die eigentlich wirksamen sind. Bei der Rachitis ist durch die Erfolge der Quecksilberdampflampe sichergestellt², daß es die ultravioletten Strahlen sein müssen, welche diese Erkrankung so günstig beeinflussen. Bei der chirurgischen Tuberkulose kann dies nach Ansicht *Sonnes* nicht der Fall sein, denn das Licht des Kohlenbogens, das viel mehr sichtbare und viel weniger ultraviolette Strahlen als die Quecksilberdampflampe enthält, wirkt besser als dieses. Vielleicht wirkt eine Verbindung von sichtbaren und ultravioletten Strahlen.

Noch weniger unterrichtet sind wir über die Wirkung des Lichtes bei Tuberkulose innerer Körperorgane. Versuche darüber sind von *Mayer*³ gemacht worden, der auch einige Ergebnisse anderer Forscher erwähnt. So gibt nach ihm *Rhode* an, festgestellt zu haben, daß sich die Meerschweinchentuberkulose mit Hilfe der Quecksilberdampflampenbestrahlung sowohl verhüten als heilen läßt. *Mayer* dagegen, der mit menschlichen Tuberkelbacillen infizierte Meerschweinchen sowohl während des Ablaufes der Erkrankung wie auch prophylaktisch

vor der Infektion bestrahlt hat, konnte gar keinen Erfolg feststellen. Ebensowenig konnte er eine Wirkung auf die Tuberkulose beobachten, wenn er mit dem Lichte einer 25-Ampère-Kohlenbogenlampe bestrahlte, und auch eine Anwendung von Sensibilisierungsmitteln, als welche Chinin, Eosin, und Betanaphthol verwendet wurden, änderte hieran nichts. Da nun aber die Haut der Versuchstiere nicht wie beim Menschen auf die Strahlung mit einem Erythem reagiert, so können nach *Mayers* Ansicht aus diesen Ergebnissen für den Menschen keine Folgerungen gezogen werden. *Mayer* betont auch ausdrücklich, daß Einspritzungen von Eosin allein, ausgeführt mit 1proz. wäßriger Lösung, bei tuberkulösen Meerschweinchen den Verlauf der Erkrankung gar nicht beeinflußten und die Wirkung des Lichtes der Quecksilberdampflampe und des elektrischen Kohlenbogens auf die Erkrankung nicht veränderten. Leider finden sich bei dem Verfasser gar keine Angaben über die Sektionsbefunde und histologischen Bilder seiner Tiere, ebensowenig über ihr Verhalten im Leben.

Ziel und Technik der Untersuchung.

Ich ging bei meinen in folgendem mitgeteilten Untersuchungen von der Frage aus, ob nach der Einwirkung verschiedener Lichtquellenarten an den tuberkulösen Herden irgend etwas wahrgenommen werden könnte, was auf eine Einwirkung der Strahlen, insbesondere natürlich in bezug auf Stillstand und Abheilung der Erkrankung aber auch auf Neigung der Herde zu nekrotisieren, schließen ließ. Zu allererst wurde hierbei das Sonnenlicht berücksichtigt, das ja gerade in Davos in erheblicher Stärke zur Verfügung steht. Außerdem aber verwendeten wir die Quecksilberdampflampe, die Kohlenbogenlampe und die Nernstlampe. Zugleich wurden mehrere Modifikationen angewendet, indem ich die mit Sonne bestrahlten Tiere mit 1proz. wäßriger Eosinlösung gegen Licht sensibilisierte und bei einigen mit der Quecksilberdampflampe behandelten Meerschweinchen durch intramuskuläre Einspritzung von grauem Öl ein Quecksilberdepot setzte. Ferner wurden einige Tiere ohne Impfung sensibilisiert und mit Sonne bestrahlt. Sämtlichen zur Bestrahlung bestimmten Tieren wurde ein handteller-großer Bezirk am hinteren Körperende geschoren. Ein geimpftes Tier wurde ohne Bestrahlung mit lange fortgesetzten Gaben von Eosin in der angegebenen Form behandelt. Dieses letztere Tier, das eigentlich nur als Vergleichstier dienen sollte, bot einen so überraschenden und ausgeprägten Befund, daß derselbe am Schluß von mir gesondert und eingehend dargelegt werden muß. Die Gewichte und Temperaturen der Tiere wurden täglich festgestellt. Ferner wurde die Beeinflussung der Körpertemperatur der Tiere durch die Bestrahlung mit den verschiedenen Lichtquellen durch jedesmalige Temperaturmessung er-

mittelt. Andererseits sollte auch die Beschaffenheit der Lichtquellen eingehend berücksichtigt werden. Bei den künstlichen Lichtquellen hatten wir eine hinreichende Strahlungskonstanz, bei der Sonnenstrahlung wurde jedesmal die Stärke, gemessen in g-cal. pro sec. und qcm, berücksichtigt. Ferner wurde die spektroskopische Zusammensetzung der Lichtquellen möglichst eingehend in Betracht gezogen. Ein Tier wurde mit Sonnenlicht bestrahlt, das durch eine spektroskopisch genau ausgewertete rote Scheibe gefiltert wurde.

Die Impfung der Tiere wurde mit einer Aufschwemmung von einer Öse Bacillen pro ccm physiologischer Kochsalzlösung bewirkt. Trotz lange fortgesetzter Verreibung der Bacillenemulsion gelang es nicht, dieselbe einigermaßen homogen zu machen. Diese Schwierigkeit ist schon von manchen Forschern betont worden, und man muß sie bei mancher Ungleichmäßigkeit der Ergebnisse berücksichtigen. Die Einspritzung erfolgte unter die Haut.

Nach dem Tode und der Sektion der Tiere wurden alle in Betracht kommenden, d. h. bei der Sektion verändert gefundenen Organe mikroskopisch untersucht. Organe von mehrere Wochen erkrankt gewesenen Tieren, die bei eingehender Besichtigung keinerlei Zeichen einer Veränderung aufwiesen, wurden nicht histologisch verarbeitet. Die mikroskopische Untersuchung hatte vor allem das Ziel festzustellen, ob Heilungsvorgänge festzustellen wären, und inwieweit die tuberkulösen Herde zu Nekrose neigten. Die ersten Vorgänge mußten sich in einer bindegewebigen Abkapselung der Erkrankungsherde bzw. in Verkalkung kundgeben. Dementsprechend wurden neben der zur Übersichtsfärbung angewandten Hämatoxylin-Eosinmethode, Hämatoxylin-v. Gieson (kollagenes Gewebe), Lithionkarmin-Resorcin-Fuchsin (elastische Fasern) und Bielschowsky-Maresch (Gitterfasern) erwählt, die letztere Methode in der von mir an anderer Stelle erwähnten verkürzten Form⁴.

In eingehender Untersuchung hat kürzlich *Pagel*⁵ über die Wirkung der Vergiftung mit Sanocrysin bei tuberkuloseinfizierten Tieren berichtet. Man hat vom Sanocrysin mehrfach gute klinische Erfolge gesehen, wobei ich nur an den Bericht von *Faber*⁶ erinnern möchte. Er berichtet über „Rückgang der eigentlichen tuberkulösen Gewebsveränderungen, sowohl der exsudativen als auch der produktiven, sowie Entwicklung fibrösen Narbengewebes“. Auch *Pagel* fand in einigen seiner Fälle die Lungentuberkel von kollagenem Bindegewebe durchzogen bzw. demarkiert, berichtet allerdings in anderen Organen der Tiere trotz der hohen Sanocrysingaben nichts von der gleichen als Heilungsprozeß aufzufassenden Erscheinung.

Unsere Untersuchung hatte also das Ziel festzustellen, ob unsere angewandten Behandlungsmethoden irgendwie zu dem gleichen Er-

gebnis führen könnten. Die Arbeit ist als eine Vorarbeit aufzufassen, welche durch Versuche nach verschiedenen Richtungen hin zunächst einen Überblick über die gegebenen Möglichkeiten verschaffen sollte.

Einer eigentümlichen histologisch-technischen Schwierigkeit, welche in dem Klima von Davos ihre Ursache hat, muß ich gedenken. Die Organe wurden zur histologischen Untersuchung in Paraffin eingebettet, und es fand sich nun, daß nicht nur gerade diejenigen Organe, die sonst als leicht schneidbar bekannt sind: Leber, Nebennieren und Nieren, die größten Schwierigkeiten beim Schneiden machten, sondern, daß alle Schnitte überhaupt, auch solche, die sich recht gut hatten schneiden lassen, mit außerordentlicher Schnelligkeit austrockneten, häufig vom Objekträger absprangen und geradezu in Stücke zerfielen. Auch die Verbringung der Objekträger in feuchte Kammern half nur wenig. Diese Schwierigkeit ist hier auch anderwärts beobachtet worden und wird darauf zurückgeführt, daß bei der außerordentlich trockenen Luft sich Schnitte wie Messer elektrisch aufladen. Ohne zu dieser Theorie Stellung zu nehmen, möchte ich die Erscheinung nur erwähnen. Sie nötigte mich, eine Anzahl Organe, insbesondere Leber, mit dem Gefriermikrotom zu verarbeiten, wobei keine nennenswerten Schwierigkeiten sich zeigten.

Die Vergleichstiere.

Es könnte an sich sehr überflüssig erscheinen, über das Verhalten von tuberkulose-geimpften Meerschweinchen in physiologischer und pathologischer Beziehung zu sprechen, aber in Rücksicht auf die Aus-

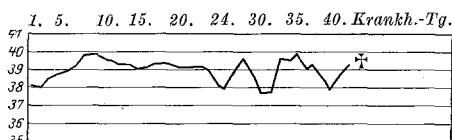


Abb. 1.



Abb. 3.

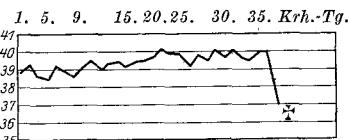


Abb. 5.

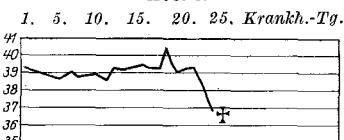


Abb. 7.

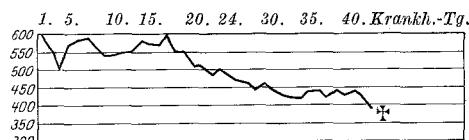


Abb. 2.



Abb. 4.

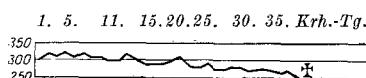


Abb. 6.

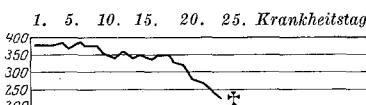


Abb. 8.

Abb. 1, 3, 5, 7 = Temperaturkurven }
2, 4, 6, 8 = Gewichtskurven }

führung der Versuche in Davos in Höhe von 1560 m muß dies doch geschehen. Wir wissen zwar längst, daß sich im Höhenklima die Tuberkulose des Meerschweinchens in üblicher Stärke zu entwickeln pflegt. Da es aber ebenso unzweifelhaft ist, daß die klimatischen Faktoren von Davos einen Einfluß auf den Verlauf der Erkrankung ausüben, wenn wir auch bisher nicht genau wissen, welche Faktoren dies sind, muß selbstverständlich erst das Verhalten des sonst unbeeinflußten im hiesigen Klima lebenden tuberkuloseinfizierten Tieres besprochen werden. Zum Vergleich dienten uns 4 Tiere, von denen eins durch einen Unfall 2 Wochen nach der Impfung starb, während je ein weiteres Tier 26, 37, 43 Tage lebte, so daß wir die verschiedensten Entwicklungszeiten vor Augen hatten. Die Temperaturen der Tiere verhielten sich nicht ganz gleichmäßig. Diejenige des normalen Meerschweinchens schwankt zwischen 38° und 39° mit geringen Abweichungen nach oben und unten. Die Temperaturkurve der Tiere stieg meist unter leichten Schwankungen im Verlauf etwa einer Woche auf über 39°, konnte 40° erreichen und überschreiten und hielt sich abgesehen von vereinzelten Ausschlägen nach unten ständig zwischen 39° und 40°, um dann meist — in 2 unter 3 in Betracht kommenden Fällen — mit einem schweren Temperatursturz, der 2 oder 3 volle Grade betrug, innerhalb 24 Stunden abzusinken, worauf der Tod eintrat. Das Gewicht der Tiere zeigt sich dagegen lange unbeeinflußt. Es kann zunehmen, und es können unter Umständen 2—3 Wochen vergehen, bis der unaufhaltsame Gewichtssturz eintritt, der ebenso wie der Temperaturabfall, aber schon lange vor diesem, das nahende Ende anzeigt. Bei der Sektion wiesen die Lungen des 2 Wochen nach der Impfung gestorbenen Tieres keinen pathologischen Befund auf, die der 26 und 37 Tage der Bacilleneinwirkung ausgesetzten Tiere zeigten einzelne ganz zerstreute graue Herdchen, während das nach 43 Tagen gestorbene Meerschweinchen eine ziemlich starke tuberkulöse Aussaat in den Lungen aufwies. Die Leber war bei allen Tieren erkrankt, die Milz zeigte bei dem 26 Tage krank gewesenen Tiere bei der mikroskopischen Untersuchung keinen Befund, den ich mit Sicherheit als Tuberkulose hätte ansprechen können. Diesen negativen Befund habe ich bei geimpften Tieren nur noch einmal gefunden, so daß ich ihn höchstens als Zufall ohne wesentliche Bedeutung ansprechen möchte, vielleicht auch nur die Folge davon, daß die Größe des zu durchsuchenden Materials es mir unmöglich machte, mehr als 2 Probestücke jedes Organs histologisch zu verarbeiten. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den Lymphknoten. Bei der Hälfte der Vergleichstiere, nämlich sowohl bei dem 26 wie 43 Tage krank gewesenen Tier, wiesen die Lymphknoten keine tuberkulösen Herde auf, ein Befund, der auch bei den Versuchstieren sich einige Male wiederholte.

Was nun die Art der Tuberkel betrifft, so bestanden sie bei dem 26 Tage krank gewesenen Tier in der Lunge aus Granulationsgewebe mit kleinen Nekrosen, während sie in der Leber nicht zu Nekrose neigten und nicht selten Langhanssche Riesenzellen aufwiesen. — Bei dem 27 Tage krank gewesenen Tiere, bei dem Lunge, Leber, Milz und Lymphdrüsen befallen waren, bestand überall eine starke Nekroseneigung, während bei dem 43 Tage krank gewesenen Tier die Neigung der Herde zu nekrotisieren zwar vorhanden, aber wieder deutlich geringer war. Das nach 12 Tagen gestorbene Tier wies nur in Lymphknoten Nekrosen auf, während die Tuberkel in Leber und Milz nicht dazu neigten. Was das Verhalten des Bindegewebes betrifft, so zeigte das elastische Gewebe der Lunge gewöhnlich eine mehr oder weniger starke Rarifizierung in den tuberkulösen Herden, ließ aber meist doch noch hier und da die Alveolenstruktur erkennen. Das kollagene Bindegewebe wies in den Lungen gewöhnlich keinen bemerkenswerten Befund auf, auch in der Leber zeigte es keinerlei Zeichen einer Vermehrung, während es sich in Milz und Lymphknoten hin und wieder anders verhielt. Hier zeigte zunächst das 37 Tage nach der Impfung gestorbene Vergleichstier eine Anhäufung von kollagenem Bindegewebe um die nekrotisierenden Tuberkel der Milz, während sich in den Lymphknoten der 26 und 43 Tage überlebt habenden Tiere eine recht starke Entwicklung des kollagenen Gewebes fand, ohne daß, wie oben bemerkt, tuberkulöse Herde wahrnehmbar gewesen wären. Die Gitterfasern finden sich zunächst einmal überall, wo auch kollagenes Gewebe eine Rolle spielt, übertreffen dasselbe aber immer an Ausbreitung und Dichte der Netze. In der Lunge zeigen sie nur bei dem schwer erkrankten, 43 Tage überlebt habenden Tier eine beginnende Rarifizierung. Die tuberkulös-nekrotischen Herde werden meist von dichten Geflechten dieser Fasern umgeben, und auch die aus Granulationsgewebe bestehenden Tuberkel enthalten sie entsprechend der Fähigkeit der Epitheloidzellen zur Gitterfaserbildung. Befunde, die ja schon früher — ich erwähne nur die Arbeiten von *Rössle* und *Yoshida*⁷ und von *Matsui*⁸ — oft beschrieben worden sind, so daß ich auf sie nicht weiter einzugehen brauche. Es ergibt sich jedenfalls, daß der Verlauf und die Entwicklung der Tuberkulose auch bei den unbeeinflußten Tieren ziemlich ungleichartig ist, und diese Tatsache wird bei der Bewertung der folgenden Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Bemerkenswert ist besonders das Verhalten des kollagenen Bindegewebes in der Milz des 37 Tage nach der Impfung gestorbenen Tieres, das doch auf eine gewisse Abwehrreaktion und Heilungsneigung schließen läßt. Da wir aber wissen, wie sehr die Individuen in ihrer Heilungstendenz gegenüber der Tuberkulose verschieden sind, und da der genannte Befund nur an einem Organ des Tieres zu erheben war und keineswegs auffallende Stärke aufwies, so sei er nur nebenbei erwähnt.

Die Nernstlampe und ihre Wirkungen.

Bei der Nernstlampe tritt der Anteil der sichtbaren Strahlen gegen die Gesamtstrahlung stark zurück, indem die ersten nur 12,6% der Gesamtheit ausmachen, während 87% der Strahlen im Gebiete des Ultrarot liegen, d. h. sehr langwellige Strahlen sind. Dagegen fallen die kurzwelligen Ultraviolettstrahlen fast ganz aus.

Den Strahlen der Nernstlampe wurden 2 Tiere ausgesetzt, von denen eines 22 Tage und eines 48 Tage nach der Impfung, d. i. 15 bzw. 41 Tage nach Beginn der Lichtbehandlung, starb. Die Bestrahlung dauerte das erstmal 10 Min., die darauf hintereinander folgenden 3 Tage 15 Min., und schließlich ging ich dazu über, 4 mal wöchentlich

je 20 Min. zu bestrahlen. Die Temperatur des einen Tieres stieg sehr rasch und erreichte nach wenigen Tagen bereits 40° , fiel für eine Woche wieder unter 39° , um nach abermaligem Anstieg bis auf gegen 40° ganz schroff abzufallen, worauf der Tod eintrat. Die Temperatur des anderen Tieres, des länger lebenden, stieg in der ersten Woche auf über 39° , hielt sich etwa $1\frac{1}{2}$ Wochen auf dieser Höhe, fiel für etwa eine Woche ab, um nach neuem Anstieg bis auf 40° sich noch über $1\frac{1}{2}$ Wochen dicht über 39° zu halten. Nach einem kleinen keineswegs schroffen Temperaturabfall trat der Tod ein. Wir haben also einen sehr akut und einen sehr chronisch verlaufenen Fall, von denen übrigens der erste 2 Wochen nach der Impfung ein auffällig aufgetriebenes Abdomen zeigte, das tympanitischen Perkussionsschall gab. Kurz vor dem Tode

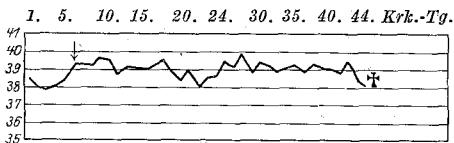


Abb. 9.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. 44. Krk.-Tg.

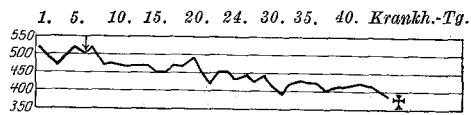


Abb. 10.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. Krankh.-Tg.

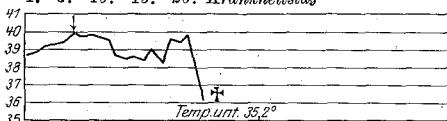


Abb. 11.

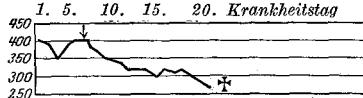
Abb. 9, 11 = Temperaturkurven } der mit der Nernstlampe bestrahlten Tiere
10, 12 = Gewichtskurven } (Pfeil = Beginn der Bestrahlung).

Abb. 12.

1. 5. 10. 15. 20. Krankheitstag

ging diese Auftriebung wieder zurück, dafür trat aber eine Lähmung der hinteren Extremitäten ein, die auch bei dem anderen Tiere nach 3 Wochen sich auszubilden begann. Die Gewichtskurven verhielten sich ganz entsprechend den Temperaturkurven. Bei dem akut verlaufenen Fall begann bereits nach einer Woche ein unaufhaltsamer Gewichtssturz, bei dem chronisch verlaufenen begann die Gewichtsabnahme zwar auch nach 6 Tagen, aber die Kurve zeigte erhebliche Schwankungen nach oben und vor allem einen viel spitzeren Neigungswinkel.

Die Tiere wurden etwa in einem halben Meter Entfernung von der Nernstlampe gehalten. Die Wirkung der Bestrahlung auf die Körpertemperatur war außerordentlich verschieden. Es ist auffällig, daß bei dem akut verlaufenen Falle nur ganz geringfügige Erhöhungen von höchstens 4 zehntel Graden vorkamen, dagegen in den meisten Fällen sich Temperaturabnahmen, die fast einen ganzen Grad erreichen konnten, zeigten. Bei dem chronisch verlaufenen Falle zeigten sich nur ganz seltene und geringe Temperaturabnahmen nach der Bestrahlung. Die Temperatur blieb meistens wenigstens gleich, war aber meist erhöht, und zwar bis zu $1,5^{\circ}$ über die Anfangstemperatur.

Bei der Sektion wiesen beide Tiere eine recht ausgesprochen tuberkulöse Lunge auf. Die Milz war bei beiden Tieren erkrankt, ebenso Leber und Lymphknoten, doch war der Befund an der Milz des länger am Leben gebliebenen Tieres wesentlich geringer als bei dem akut verlaufenen Fall. Die Erkrankung der Leber war in beiden Fällen recht ausgeprägt, während der Befund der Lymphknoten makroskopisch wie mikroskopisch nur geringfügig war. Nekroseneigung fand sich an den Tuberkeln in Lunge und Leber nicht, in der Milz erheblich stärker, und in den Lymphdrüsen bestand der Befund nur aus kleinen Nekrosen. Die elastischen Fasern fanden sich in der Lunge des akut verlaufenen Falles meist wohlerhalten, während sie bei dem chronisch verlaufenen Fall eine deutliche Verkümmерung zeigten. Das kollagene Gewebe zeigte bei beiden Tieren nirgends die geringste Neigung, die Erkrankungsherde abzukapseln. Die Gitterfasern verhielten sich verschieden. In den Infiltrationsherden der Lunge des akut verlaufenen Falles zeigten sie sich stark zerrissen, während sie in der Lunge des länger krank gewesenen Tieres ziemlich regelmäßige zarte Netze bildeten. In den Leberherden fanden sie sich stets, während in der Milz ihr Verhalten sehr wechselnd war. In den Lymphknoten bildeten sie immer ein wohlentwickeltes Netzwerk, fehlten aber in den Herden tuberkulöser Nekrosen.

Die Kohlenbogenlampe und ihre Wirkung.

Bei der elektrischen Kohlenbogenlampe beträgt das Verhältnis der Lichtstrahlung zur Gesamtstrahlung 8—13%. Von diesen 8% liegen im Gebiete des Rot 2,09%, des Gelb 1,0%, des Grün 0,99%, des Blau 0,87%, des Violett 1,03%, und des Ultraviolett 1,21%, so daß also diese Lichtquelle mehr ultraviolette Strahlen aussendet als die Nernstlampe, während auch hier der weitaus größte Teil der Strahlung nicht als Lichtenergie ausgesendet wird.

Mit der Kohlenbogenlampe wurden 2 Tiere bestrahlt in einer Entfernung von ca. $1\frac{1}{2}$ m, von denen das eine 38 Tage, das andere 44 Tage lebte. Die Temperaturkurve zeigte bei dem letzteren ein sehr gleichförmiges Bild. Sie hielt sich dauernd zwischen 38—39° und fiel vor dem Tode ganz steil um 2,5 volle Grade ab. Bei dem anderen Tiere verlief sie wesentlich unruhiger. Sie schwankte mehrfach, und zwar

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. Krankh.-Tg.

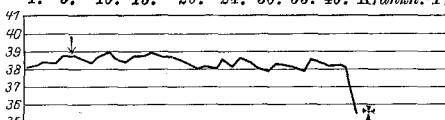


Abb. 13.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. 44. Krh.-Tg.

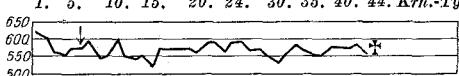


Abb. 14.

1. 5. 10. 15. 20. 26. 30. 35. Krankheitstag

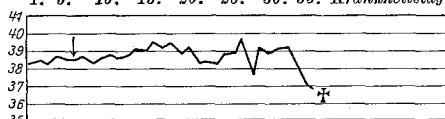


Abb. 15.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. Krankh.-Tg.

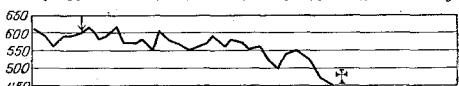


Abb. 16.

Abb. 13, 15 = Temperaturkurven } der mit der Kohlenbogenlampe bestrahlten
14, 16 = Gewichtskurven } Tiere (Pfeil = Beginn der Bestrahlung).

bis 39,6 nach oben und 37,6 nach unten und endete vor dem Tode gleichfalls mit einem steilen Abfall von 2,5 vollen Graden. Nicht unähnlich verhielten sich auch die Gewichtskurven. Die des länger am Leben gebliebenen Tieres zeigte zuerst einen kleinen Abfall und folgte dann mit meist nicht sehr wesentlicher Schwankung bis zum Tode einer geraden Richtung. Die Gewichtskurve des etwas rascher verlaufenden Falles zeigte stärkere Schwankung und vor dem Tode einen ziemlich raschen Abfall um 100 g innerhalb 4 Tagen.

Die Erwärmung der Tiere durch die Bestrahlung des Flammenbogens war meist nicht sehr stark. Auch hier fanden sich bei dem etwas rascher verlaufenden Falle wesentlich öfters geringere Temperaturabnahmen als bei dem langsamer verlaufenden. Nach der letzten, dem Tode einige Stunden vorangehenden Bestrahlung, zu einer Zeit wo bereits eine Körpertemperatur von 37° bestand, war dieselbe nach 20 Min. langer Bestrahlung sogar um einen ganzen Grad gesunken, eine Erscheinung, auf die ich später bei den mit Sonne bestrahlten Tieren noch zurückkommen muß. In den Fällen, wo eine Erhöhung der Temperatur eintrat, betrug dieselbe bei dem etwas chronischer verlaufenden Falle im Durchschnitt 4,5 und bei dem akuter verlaufenden etwa 3 Zehntel-Grade. Die Bestrahlungszeiten waren nach Dauer und Häufigkeit dieselben wie bei der Nernstlampe.

Bei der Sektion wiesen beide Tiere eine Lungentuberkulose auf, die besonders bei dem etwas länger am Leben gebliebenen Tier eine sehr erhebliche Stärke erreichte. Milz und Leber waren bei beiden Tieren schon makroskopisch schwer erkrankt, während die Lymphknoten keine besonders auffällige Schwellung zeigten. Die Leber des 44 Tage krank gewesenen Tieres zeigte makroskopisch „einige bis zu kleinkirschkerngroße, grünliche, unregelmäßig begrenzte Herde, welche beim Anschneiden eine geringe Menge Inhalt ausfließen lassen“.

Die Tuberkel der Lunge bei beiden Tieren zeigten keine Neigung zur Nekrose. In der Milz des 44 Tage lang krank gewesenen Tieres, waren sie nekrotisiert. Die Milz des anderen Tieres ist durch einen unglücklichen Zufall verlorengegangen. Die Lymphknoten des ersten Meerschweinchens zeigen nekrotisierte Tuberkel, die des letzteren wiesen keinen deutlich pathologischen Befund auf. Das kollagene Bindegewebe zeigt zwar in der Lunge des ersten Tieres große Ausdehnung und auch in der Lunge des letzteren Tieres findet es sich, aber nirgends ist eine Neigung zur Abkapselung der tuberkulösen Herde erkennbar, welche sich dagegen in der Milz des ersten Tieres findet, in dessen Lymphknoten es ebenfalls sehr kräftig entwickelt ist. Die elastischen Fasern sind in den Lungenherden mehr oder weniger stark, teilweise bis zum völligen Untergange in großen Abschnitten verringert. Die Gitterfasern der Lunge bilden noch wohl ausgebildete Netze, lassen aber bei dem länger am Leben gebliebenen Tiere, bei dem auch die elastischen Fasern in größerem Maße untergegangen sind, doch schon in großen Partien Zeichen der Auflösung erkennen. Die Gitterfasern sind in Milz und Lymphknoten wohl ausgebildet und beteiligen sich besonders im ersten Organ zusammen mit dem kollagenen Gewebe an der Abgrenzung der nekrotischen Herde.

Eine besondere Besprechung muß in diesem Falle den Lebern gewidmet werden. Die Leber des 38 Tage lang krank gewesenen Tieres zeigt zahlreiche Tuberkel von zelliger Zusammensetzung ohne Neigung zu käsiger Nekrose, unter-

mischt mit nekrotisierenden Leberzellen. Riesenzellen nach Langhanschem Typ finden sich häufig. Hin und wieder zeigen sich in den Herden vereinzelte Fasern kollagenen Bindegewebes, während Gitterfasern öfter in denselben auftreten. Vor allem aber zeigen sich die Leberzellen eigentlich angeordnet. Der sternförmige Bau der Leber ist zwar erhalten, aber die Leberzellen verlaufen vielfach in Abweichung von der geraden Richtung in Schlangenlinien. Wesentlich stärker ist die Leber des anderen Tieres verändert, die schon makroskopisch die erwähnten grünlichen Herde aufwies, und deren histologisches Bild in Abb. 1 wiedergegeben ist. Ich lasse hier das histologische Leberprotokoll folgen:

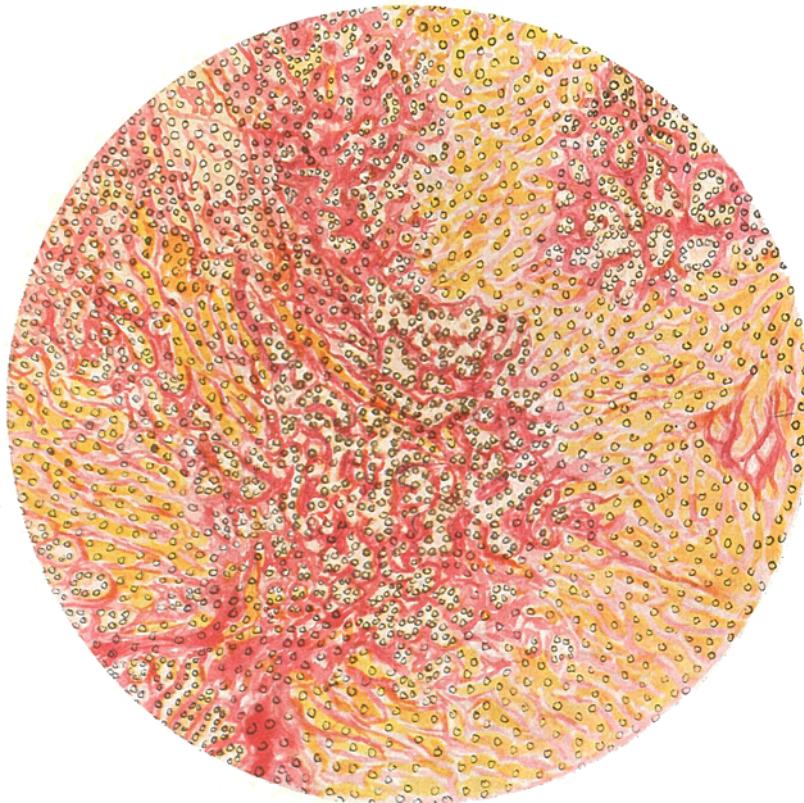


Abb. 17. Leber eines 44 Tage am Leben gebliebenen Lichtbogenbestrahlungstieres. Ausgedehnte Wucherungen der Gallengänge. Hämatoxylin-van Gieson. Zeiss. Obj. 8. Kompens. Okul. 6.

„Die Leber, deren Gefäße stark mit Blut gefüllt sind, zeigt nur noch Inseln normalen Leberparenchym. Die Hauptmasse des Gewebes wird von großen, unscharf begrenzten Herden eingenommen. Dieselben bestehen aus hin und wieder sich findenden Resten von Leberzellen, aus nicht sehr reichlichen lymphocytären und leukocytären Elementen und ferner aus zahlreichen, meist vereinzelt oder in ganz kleinen Verbänden liegenden Zellen von mittlerer Größe mit dunklem Kern. Vor allem aber finden sich in größter Ausdehnung Wucherungen drüsiger Gänge, welche von hochkubischen bis fast zylindrischen Zellen mit großem hellen Kern, der zahlreiche Chromatinkörperchen enthält, gebildet werden. Überall werden

diese Herde von Fasern kollagenen Gewebes durchzogen, welche die subepitheliale Schicht für die beschriebenen Drüsengänge bilden. Von einer Beteiligung elastischer Fasern ist nichts wahrzunehmen. Die Gitterfasern umgeben die beschriebenen Kanälchen in dichten Netzen, indem sie sich an der Bildung der subepithelialen Schicht beteiligen und auch sonst in den beschriebenen Herden wohl ausgeprägte Geflechte bilden. An anderen Stellen freilich zeigt das Fasernetz Neigung zu Zerfall und körniger Versilberung.“

Meiner Ansicht nach kann es sich hier nur um eine sehr ausgedehnte Wucherung von Gallengängen handeln.

Die Quecksilberdampflampe und ihre Wirkungen.

Die Quecksilberdampflampe, die sog. „künstliche Höhenonne“, enthält 1. gelbe Strahlen in der Wellenlänge von 5760—5790 A.E. (Angström-Einheit), hellgrüne von 5460 A.E. und blaugrüne von 4910 A.E., zusammen in einem Betrage von 59%, blaue von 4360, 4350 und 4340 A.E. und violette von 4050—4080 A.E. in einem Betrage von 14% und ultraviolette von 2340—3660 A.E. in einem Betrage von 27%. Es ist also der Anteil der sehr kurzweligen ultravioletten Strahlen hier außerordentlich groß⁹.

Zu dieser Bestrahlung wurden 2 Tiere verwendet, dann zur Nachprüfung eines auffallenden Verhaltens eines Tieres noch 2 weitere Meerschweinchen in Versuch gesetzt. Bei Beginn der Versuche ereignete es sich nämlich, daß bei einer Temperaturmessung infolge einer heftigen Bewegung des Versuchstieres das Thermometer zerbrach, wobei das Meerschweinchen eine Darmverletzung davontrug. Dieses Tier zeigte auf eine ungewöhnlich lange Zeit hinaus ein so auffälliges Wohlbefinden und eine so lange Lebensdauer überhaupt, daß wir mit der Möglichkeit rechneten, daß in den Körper gelangtes metallisches Quecksilber hier eine Wirkung ausgeübt haben könnte. Wir stellten deshalb noch 2 Tiere in Versuch, bei denen durch intramuskuläre Einspritzung von grauem Öl ein Quecksilberdepot hergestellt wurde. Eine Bestätigung des erwähnten Resultates hat sich aber nicht erzielen lassen.

Die Entfernung der Tiere von der Lichtquelle betrug etwa 1 m. Bei den beiden zuerst in Versuch gesetzten Tieren hielt sich die Temperatur des einen Tieres, das eine Lebensdauer von 58 Tagen erreichte, mehrere Wochen lang zwischen 37,6° als Mindest- und 39° als Höchsttemperatur meist in der Nähe von 38,6°, um dann ziemlich rasch innerhalb weniger Tage auf 40,2° zu steigen und dann fast ebenso schnell auf 36° abzufallen, worauf der Tod erfolgte. Das andere Tier, das leider an einer Pneumonie nach 28tägiger Beobachtungsdauer starb, zeigte zuerst eine ähnliche Kurve, die plötzlich auf 39,5° stieg, um dann innerhalb von etwa einer Woche auf 36° abzusinken, worauf der Tod eintrat. Die Gewichtskurven verhielten sich entsprechend. Das Gewicht

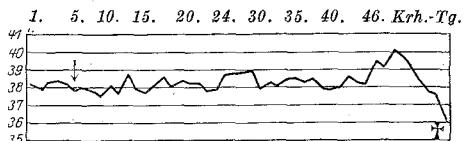


Abb. 18.

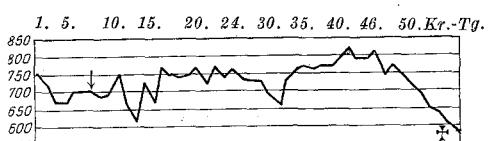


Abb. 19.

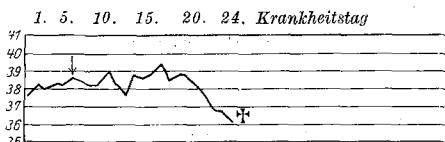


Abb. 20.

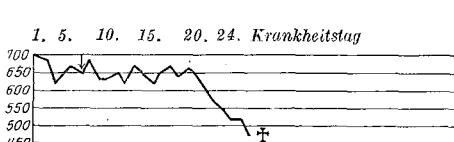


Abb. 21.

Abb. 18, 20 = Temperaturkurven } der mit der Quecksilberdampflampe bestrahlten Tiere. (Pfeil = Beginn der Bestrahlung.)

des ersten Tieres hielt sich unter andauernden Schwankungen zwischen 650 und 770 g, stieg plötzlich über das Anfangsgewicht von 750 g hinaus bis auf 840 g, um dann verhältnismäßig rasch um fast 300 g abzunehmen. Ebenso hielt sich die Gewichtskurve des anderen Tieres zwischen 600 g und 700 g, um dann zugleich mit Eintritt des Temperaturabfalles bis auf fast 400 g abzufallen.

Die beiden Tiere, bei denen Quecksilberdepots angelegt wurden, lebten nur kurze Zeit, nämlich 11 bzw. 23 Tage. Schon nach wenigen Tagen zeigten beide Meerschweinchen einen fast unaufhaltsamen Gewichtsabstieg, der sich bei einem Tiere allerdings ca. 1½ Wochen länger hinzog. Die Temperaturkurve des einen Tieres stieg zunächst etwas über 39° und stürzte dann plötzlich ganz steil ab, während die des anderen Tieres sich nach einigen Tagen bis auf 40° erhob und bis zum Tode in der Nähe dieser Linie blieb.



Abb. 22.

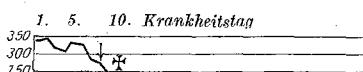


Abb. 23.

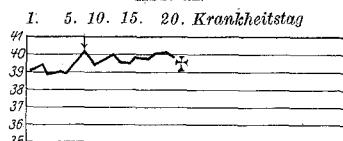


Abb. 24.

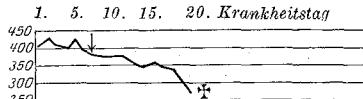


Abb. 25.

Abb. 22, 24 = Temperaturkurven } der mit der Quecksilberdampflampe nach Einspritzung von grauem Öl bestrahlten Tiere. (Pfeil = Beginn der Bestrahlung.)

Die Erwärmung der Tiere durch die Quecksilberdampflampe war verschieden, aber in den weitaus meisten Fällen war eine Temperaturerhöhung um einige Zehntel-Grade festzustellen. Dieselbe betrug

im Durchschnitt der Fälle 5,8 Zehntel-Grade, war also verhältnismäßig hoch. Bei den Tieren mit Quecksilberdepot, wo entsprechend der kürzeren Lebensdauer nur wenige Bestrahlungen stattfanden, ergab sich eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 2,9 Zehntel-Graden. Dauer und Folge der Bestrahlung geschah entsprechend den übrigen Lichtquellen.

Bei der Sektion zeigte von den Tieren ohne Quecksilberdepot dasjenige, welches sich durch eine besonders lange Lebensdauer auszeichnete, einige ganz vereinzelte und kleine Lungenherde, auch sonst fanden sich nur geringe Zeichen einer tuberkulösen Erkrankung im Körper. Das kürzere Zeit am Leben gebliebene Tier wies an der Spitze der linken Lunge einen etwa mandelkerngroßen pneumonischen Herd auf, sonst waren die Lungen frei. Dagegen waren die Leber, Milz und Lymphdrüsen hier ziemlich schwer erkrankt.

Bei den beiden Tieren, welche das Quecksilberdepot erhalten hatten, zeigten sich sehr verschiedenartige Befunde. Das Tier mit kürzerer Lebensdauer wies eine mittelgroße Zahl von Lungenherden auf, während das andere Tier erst bei mikroskopischer Untersuchung ganz kleine Tuberkel in der Lunge zeigte. Leber, Milz und Lymphknoten waren in beiden Fällen erkrankt, die Leber in geringem Grade, die Milz bei dem länger am Leben gebliebenen Tiere stärker. Die Lymphknoten waren bei dem ersten Tier leicht, bei dem letzteren stärker geschwollen.

Die Lunge des an Pneumonie gestorbenen Tieres zeigte histologisch einen entsprechenden Befund: Alveolen, die mit Blut, Leukocyten und Lymphocyten erfüllt waren. Die Lunge des anderen Tieres zeigte aus Granulationsgewebe bestehende Tuberkel mit sehr vereinzelten Langhansschen Riesenzellen. Die Leber des an Pneumonie verstorbenen Tieres zeigte zu Nekrose neigende Tuberkel, auch in Milz und Lymphknoten war die Nekroseneigung stark, während in den Organen des lange am Leben gebliebenen Tieres die Leber vereinzelte Tuberkel aufwies, die Lymphknoten ausgedehnt nekrotisiert waren, in der Milz aber Krankheitsherde nicht festzustellen waren, was ich freilich nur unter dem bereits in dem Kapitel: „Vergleichstiere“ erwähnten Vorbehalt annehmen möchte.

Von den beiden Tieren, welche ein Quecksilberdepot erhalten hatten, neigten aber nur die Tuberkel in Milz und Lymphknoten des 11 Tage krank gewesenen Tieres in nicht sehr hohem Maße zu Nekrose, während die Tuberkel in Leber und Lunge aus Granulationsgewebe bestanden und überhaupt nicht sehr zahlreich waren.

Bei keinem von sämtlichen Tieren fand sich eine Reaktion des kollagenen Bindegewebes gegen die tuberkulösen Herde. Die elastischen Fasern zeigten in den Lungenherden des 58 Tage am Leben gebliebenen Tieres sowie in den Lungenherden des 11 Tage krank gewesenen Tieres mit Quecksilberdepot eine merkliche Verringerung, während bei dem 23 Tage krank gewesenen Tier entsprechend der sehr schwachen Erkrankung der Lunge auch kein Befund an den elastischen Fasern aufzufinden war. Auch die Reaktion der Gitterfasern gegen die nekrotischen Herde war meist nicht besonders stark, nur in dem sehr schwer nekrotisch erkrankten Lymphknoten des 23 Tage krank gewesenen Tieres mit Quecksilberdepot fand sich eine sehr kräftige Entwicklung derselben.

Das Sonnenlicht und seine Wirkungen auf geimpfte Tiere.

Die Versuche mit Sonnenlicht zeigen gegen die bisher beschriebenen einen grundsätzlichen Unterschied. Während wir bisher Lichtquellen betrachtet haben, die mit gleichbleibender Stärke auf die Versuchstiere

einwirkten, ist dies bei der Sonne nicht der Fall. Infolge der wechselnden Bewölkung war ich genötigt, die Besonnungen zu sehr verschiedenen Zeiten vorzunehmen. Es muß also zu jeder Bestrahlung die in Grammcalorien pro Minute und Quadratzentimeter gemessene Sonnenintensität berücksichtigt werden.

Für die Zusammensetzung der Sonnenstrahlen zu den in Frage kommenden Versuchszeiten wurde eine durchschnittliche Sonnenhöhe von 24° angenommen. Nach Messungen, die auf dem etwa 200 m höher als Davos gelegenen Gipfel des Mount Wilson (1780 m) vorgenommen worden sind, setzt sich bei dieser Sonnenhöhe das Licht derart zusammen, daß die Farben Ultraviolett, Blauviolett, Blau und Grünblau d. i. zwischen Anfangspunkt der Skala und 4500 A. E. 11% der Strahlung ausmachen und $0,143 \text{ g} = \text{cal. pr. min. u. qcm}$ liefern, während das Spektralgebiet, das von 4500—7000 A.E. reicht, d. h. von Grünblau ab Grün, Gelb und Rot umfaßt, 40% der Strahlung ausmacht und $0,539 \text{ g} = \text{cal. pr. min. u. qcm}$ liefert, und schließlich das letzte Gebiet, das von 7000 A.E. bis — theoretisch — unendlich reicht, 49% der Strahlung ausmacht und $0,670 \text{ g} = \text{cal. pr. min. u. qcm}$ liefert. Dies ist die allgemeine Zusammensetzung der Strahlen, mit denen wir arbeiteten¹⁰⁾. Ein Tier behandelten wir mit Strahlen, die durch eine spektroskopisch ausgewertete rote Scheibe abgefiltert wurden. Diese Scheibe ließ Strahlen durch, die etwa zwischen den Frauenhofer-schen Linien *A* und *D* lagen, derart, daß von den Strahlen von 7200 A.E. im Ultrarot 54% durchgelassen wurden, von den Strahlen jenseits der *D*-Linie im Gelb fast alles absorbiert wurde und bei 5800 A.E. das absolute Ende der Durchlässigkeit erreicht war.

Die Sonnenbehandlung wurde an 5 geimpften und 3 nicht geimpften Tieren durchgeführt, von denen die letzteren 3 später besprochen werden sollen. Von diesen 5 Tieren wurde 1 Tier mit Sonne bestrahlt ohne sonstige Behandlung, 1 weiteres Tier mit dem besprochenen rotgefilterten Sonnenlicht, ebenfalls ohne sonstige Behandlung. Dagegen wurden 3 Tiere gegen Sonne sensibilisiert und mit vollem Licht beleuchtet. Die Sensibilisierung geschah durch Einspritzung einer 1proz. wässrigen Lösung von Eosin unter die Haut, die kurz vor jeder Belichtung erfolgte, und zwar wurde zunächst je 3—4 mal je 1 ccm, dann 1,5 ccm eingespritzt. Die Besonnungsbehandlung begann bei den meisten Tieren 7 Tage nach der Impfung. Nur bei einem Sensibilisierungstier, das 12 Tage nach der Impfung starb, begann sie 6 Tage nach der Impfung und bei einem Spätsensibilisierungsversuch, der das Ergebnis bei schon vorgeschrittener Erkrankung zeigen sollte, 13 Tage nach der Impfung.

Die Temperaturkurven der Tiere zeigten ein sehr ungleichmäßiges Bild. Bei dem mit Rotlicht bestrahlten Tiere, das nur 23 Tage die

1. 5. 10. 15. 20. Krankheitstag



Abb. 26.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. Krkh.-Tg.

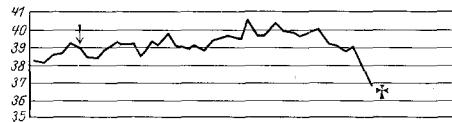


Abb. 28.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. Krkh.-Tg.

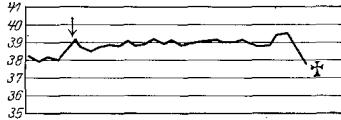


Abb. 30.

1. 5. 9. Krankheitstag

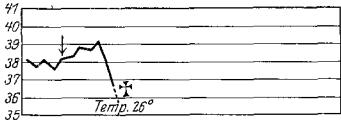


Abb. 32.

1. 5. 9. 15. 20. 25. 30. Krkh.-Tg.



Abb. 34.

1. 5. 10. 15. 20. Krankheitstag

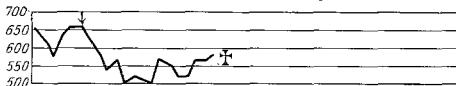


Abb. 27.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. 40. 44. Krkh.-Tg.



Abb. 29.

1. 5. 10. 15. 20. 24. 30. 35. Kr.-Tg.

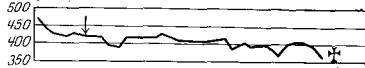


Abb. 31.

1. 5. 11. Krankheitstag



Abb. 33.

1. 5. 9. 15. 20. 26. 30. Krkh.-Tg.

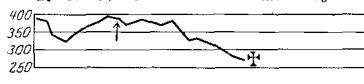


Abb. 35.

Abb. 26, 27 = Temperatur- und Gewichtskurve des mit rotem Sonnenlicht bestrahlten Tieres.
Abb. 28, 29 = Temperatur- u. Gewichtskurve des mit Sonnenlicht unsensibilisiert bestrahlten Tieres.

Abb. 30, 31 = Temperatur- und Gewichtskurve eines mit Sonnenlicht fröhligsensibilisiert bestrahlten Tieres. Dieselben zeichnen sich durch eine auffallende Gleichmäßigkeit aus.

Abb. 32, 33 = Temperatur- und Gewichtskurve eines mit Sonnenlicht fröhligsensibilisiert bestrahlten Tieres. Tod wenige Tage nach der Impfung (Lichttodes).

Abb. 34, 35 = Temperatur- und Gewichtskurve eines mit Sonnenlicht spätfröhligsensibilisierten Tieres, d. h. die Bestrahlung begann erst längere Zeit nach der Infektion.

Pfeil = Beginn der Bestrahlung.

Impfung überlebte, hielt sie sich etwa 2 Wochen zwischen 38 und 39°, stieg dann langsam bis auf 39,5° und fiel bis zum Tode rasch um etwa 1,5° ab. Bei dem ohne Sensibilisierung mit voller Sonne behandelten Tier stieg die Kurve über 39° bis fast gegen 40° innerhalb $2\frac{1}{2}$ Wochen, hielt sich dann $1\frac{1}{2}$ Wochen zwischen 39 und 40°, stieg wieder stark an und erreichte die höchste Temperatur sämtlicher Tiere mit 40,6°. Etwa $1\frac{1}{2}$ Wochen schwankte die Temperatur um 40°, dann sank sie in derselben Zeit bis auf 36,8°, worauf der Tod erfolgte.

Die Temperaturkurve des ersten Frühsensibilisierungstieres (Nr. 11) ist genau das Gegenteil. Mit einer außerordentlichen Gleichmäßigkeit hielt sie sich mit ganz geringen Schwankungen um 39° und stieg erst kurz vor dem Tode auf $39,5^{\circ}$, um dann mit einem keineswegs sehr starken Abfall von $1\frac{3}{4}^{\circ}$ zu schließen. Das zweite Sensibilisierungstier, das nur 12 Tage lebte, zeigte einen Kurvenbeginn nicht unähnlich dem ersten Tier, nämlich eine langsame Erhebung auf $39,1^{\circ}$. Aber kurz nach Beginn der Sonnenbehandlung trat unter einem Temperaturabfall von $2,3^{\circ}$ ein plötzlicher Tod ein. Die Kurve des Spätsensibilisierungstieres hielt sich zunächst etwa 3 Wochen lang auf normalen Werten zwischen 38° und 39° , stieg dann plötzlich bis $40,4^{\circ}$ also verhältnismäßig sehr hoch an, um dann innerhalb weniger Tage auf $36,5^{\circ}$ abzufallen, worauf der Tod eintrat.

Von den Gewichtskurven zeigte die des Rottieres einen eigentümlichen Verlauf, indem sie sofort nach Beginn der Behandlung rasch um ca. 160 g abfiel, um dann langsam und unter Schwankungen bis zum Tode um etwa 80 g wieder anzusteigen. Die Kurve des mit voller Sonne ohne Sensibilisierung bestrahlten Tieres zeigte zuerst nach Beginn der Behandlung den gleichen Abfall, hielt sich dann unter Schwankungen in derselben Gegend ca. 2 Wochen lang und sank dann langsam in einem sehr spitzen Neigungswinkel bis zum Tode ab. Die Gewichtskurve des ersten Sensibilisierungstieres entspricht in ihrer Gleichförmigkeit sehr der Temperaturkurve desselben Tieres. Bei dem plötzlich gestorbenen zweiten Frühsensibilisierungstier findet sich zunächst ein ganz kleiner Abfall, dem ein langsamer Anstieg folgt und ein ganz kleiner Gewichtsverlust vor dem Tode. Bei dem Spätsensibilisierungstier findet sich zunächst ein Gewichtsabfall, dann ein langsamer Anstieg zur alten Höhe, worauf dann mit dem Einsetzen der Behandlung unter leichten Schwankungen die Kurve langsam bis zum Tode ununterbrochen absinkt.

Die Temperatur der Tiere zeigte nach der Sonnenbestrahlung in weitaus den meisten Fällen eine Zunahme. Nur 10 unter 46 Messungen weisen eine Temperaturabnahme auf (s. Tabelle). Diese Temperatursenkungen gehen in 5 Fällen ganz kurze Zeit dem Tode voraus. Vergleicht man in der Tabelle zunächst das Verhalten der verschiedenen Tiere in ein und derselben Bestrahlung, so fällt zunächst die meist recht verschiedene Temperatur auf. Das durch die rote Scheibe bestrahlte Tier zeigt eine starke Neigung zur Temperaturabnahme. Da aber diese Scheibe, wie sich aus den zugesetzten Zahlen in Kolonne 4 ergibt, nur eine sehr verringerte Sonnenstrahlung durchließ, so können wir annehmen, daß die Wärmeabgabe an die Umgebung größer war als die Wärmezufuhr. Einmal zeigt dies Tier eine Temperaturerhöhung um $0,8^{\circ}$, und tatsächlich ist an diesem Tage die zugestrahlte Calorienmenge

beträchtlich höher. Freilich können die angegebenen Zahlen nicht durchaus durch diese mechanische Wirkung der Sonnenenergie erklärt werden. Dazu gehen die Erwärmungszahlen mit den zugestrahlten Calorienmengen doch nicht hinreichend parallel. Auch die mitgeteilten Angaben über Windrichtung und Windstärke können hier keine volle Erklärung geben. Messungen der Lufttemperatur im bestrahlten Bezirk konnte ich leider nicht ausführen, weil mir ein Aspirationspsychrometer nicht zur Verfügung stand. Ich glaube aber, aus den Messungen der Körpertemperatur den Schluß ziehen zu können, der natürlich auch für die künstlichen Lichtquellen gilt, daß bei dem Zustandekommen der Körpererwärmung der individuelle Zustand des Wärmezentrums eine wesentliche Rolle spielt. Hierfür sprechen auch die mehrfach kurz vor dem Tode nach der Bestrahlung beobachteten Temperatursenkungen.

Der Sektionsbefund zeigte bei dem mit rotem Lichte bestrahlten Tiere keinerlei Lungenerkrankung, während Leber, Milz und Lymphknoten erkrankt waren. Das mit voller Sonne bestrahlte Tier zeigte dagegen ziemlich schwer erkrankte Lungen, während Leber, Milz und Lymphdrüsen ebenfalls befallen waren. Von den sensibilisierten Meerschweinchen wies das nach 12 Tagen gestorbene Tier überhaupt keinen Befund auf, der als tuberkulös hätte gedeutet werden können, dagegen fanden sich Blutungen in den Nebennierenrinden. Das 37 Tage am Leben gebliebene Sensibilisierungstier wies Tuberkel in der Lunge auf, ebenso, allerdings in geringer Zahl, in der Leber und in der Milz. Die Lymphknoten waren etwas geschwollen. Das 32 Tage am Leben gebliebene Spätsensibilisierungstier zeigte in der Lunge keine Tuberkel, wogegen Leber, Milz und Lymphdrüsen ziemlich schwer erkrankt waren.

Histologisch fanden sich bei dem mit rotem Lichte bestrahlten Tier in Leber, Milz und Lymphdrüsen Tuberkel, die mehr oder weniger stark zu Nekrose neigten, ebenso zeigte sich ausgedehnte Nekrose in den Milz- und Lymphknotenherden, des mit vollem Sonnenlicht bestrahlten Tieres. Das 37 Tage am Leben gebliebene Sensibilisierungstier zeigte in der Milz nekrotisierende Tuberkel, das 12 Tage krank gewesene Tier wies entsprechend dem makroskopischen Sektionsbefund auch histologisch nichts auf, was als Tuberkulose anzusprechen gewesen wäre, während das Spätsensibilisierungstier in Leber, Milz und Lymphknoten in großer Ausdehnung nekrotisierende tuberkulöse Herde zeigte. Das kollagene Bindegewebe zeigte in Milz und Lymphdrüsen des mit rotem Licht bestrahlten Tieres eine sehr ausgesprochene Neigung zur Abkapselung der tuberkulösen Herde, ebenso in der Milz des mit vollem Sonnenlicht ohne Sensibilisierung bestrahlten Tieres. Eine auffallende Menge kollagenen Bindegewebes fand sich auch in den Lymphknoten des 37 Tage krank gewesenen Sensibilisierungstieres, während es bei dem Spätsensibilisierungstier keinerlei Anzeichen einer reaktiven Vermehrung zeigte. Die elastischen Fasern sind in den Lungenherden des mit vollem Sonnenlicht ohne Sensibilisierung behandelten Tieres sehr stark verringert. Bei dem erstgenannten Sensibilisierungstier sind sie teilweise wohl erhalten, teilweise machen sie auch einen deutlich zerrissenen Eindruck. Dasselbe gilt von den elastischen Fasern der Lungen des Spätsensibilisierungstieres, die wohl durch die starke Blutfüllung des Organs zerrissen sind. Die Gitterfasern beteiligen sich bei dem mit Rotlicht bestrahlten Tiere in großer Ausdehnung an der Abkapselung der nekrotischen Herde. In der Lunge des mit vollem Sonnenlicht ohne Sensibili-

sierung behandelten Tieres sind sie in großer Ausdehnung gut erhalten und lassen die Alveolenstruktur noch deutlich erkennen. In der Milz beteiligen sie sich in mäßigem Grade an der Abkapselung der Tuberkele, bilden in den Lymphdrüsen ein kräftiges Netzwerk und finden sich auch in den tuberkulösen Herden der Leber. Bei dem 37 Tage krank gewesenen Sensibilisierungstier bilden die Gitterfasern der Lunge ein zartes und regelmäßiges Netzwerk, sind in den Lymphknoten entsprechend dem kollagenen Gewebe vermehrt und bilden in der Milz abschnittsweise gut entwickelte Netze. Bei dem Spätsensibilisierungstier ist das Gitter-

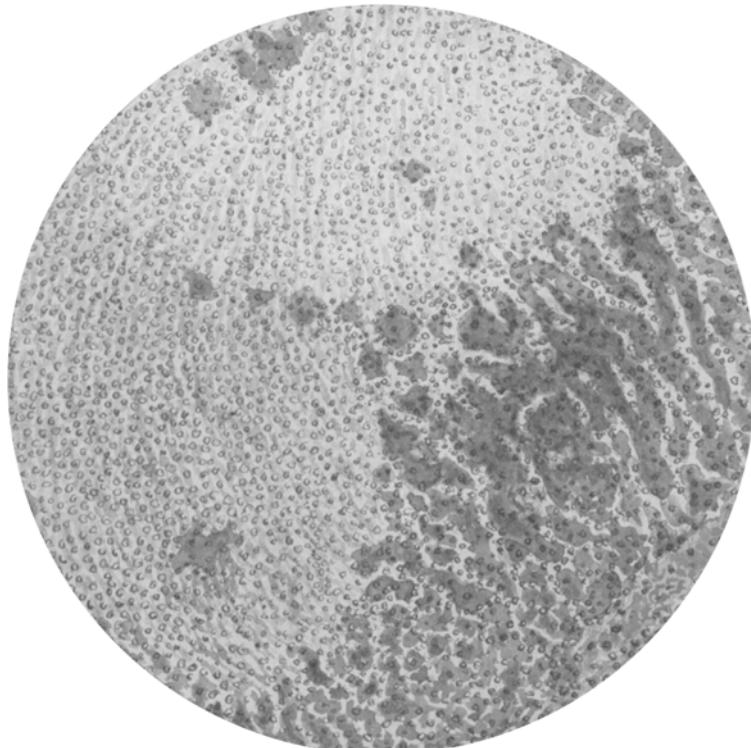


Abb. 36. Leber eines 37 Tage am Leben gebliebenen Frühsensibilisierungstieres. Rarifizierung der Leberzellen. Es ist nur noch ein fibröses Zwischengewebe zu sehen. Hämatoxylin-van Gieson. Zeiss. Obj. 8. Kompens. Okul. 6.

faserwerk der Lunge ebenso zerrissen und zersprengt wie das der elastischen Fasern, ist in der Milz sehr wenig, in den Lymphdrüsen sehr kräftig entwickelt und findet sich in den tuberkulösen Herden der Leber in geringer Menge.

Eine besondere Erwähnung erfordert die Leber des 37 Tage krank gewesenen Sensibilisierungstieres, welche in Abb. 36 dargestellt ist. Es folge hier zunächst das Protokoll des histologischen Befundes.

„Im Lebergewebe finden sich an einzelnen wiewohl zerstreuten, jedoch einigermaßen ausgedehnten Stellen, eigenartige Veränderungen. Das Lebergewebe ist rarifiziert, von den Bälkchen sind nur kleine Reststücke „Inseln“ stehen

geblieben, während sich zwischen diesen eine feinfaserige, kleinkernige bindegewebige Substanz findet, welche bei van Gieson-Färbung sich nicht rot färbt. Zum Teil finden sich aber in dieser Substanz Zellen von fibroblastenähnlichem Charakter mit großem, hellem Kern, zum Teil dicht gedrängt, so daß der Eindruck einer lebhaften Wucherung entsteht. Auch das kollagene Faserwerk zeigt ab und zu eine deutliche Vermehrung. Die Gitterfasern bilden gut ausgeprägte kräftige Netze, auch an den Stellen, wo Leberzellen untergegangen sind (Abb. 37). Es finden sich nicht allzu reichliche und meist auch nicht sehr große tuberkulöse, zellig zusammengesetzte Herde.

Eine Besprechung dieses Befundes soll erst am Schluß im Zusammenhang erfolgen.

Anhang.

Die Wirkung des Sonnenlichtes auf nicht geimpfte sensibilisierte Tiere.

Wie Hausmann¹¹ betont hat, läßt sich jeder Angehörige des Tierreiches soweit gegen Lichtempfindlich machen, daß eine an sich unschädliche Bestrahlung schon tödlich wirkt. Das Ende kann nach Jodlbauer und Busk ohne vorhergehende Zeichen irgend einer Erkrankung Tage oder selbst Wochen nach der Belichtung eintreten. Pathologisch-anatomisch findet sich in der Hauptsache eine erhebliche Hyperämie der Nebenniere, insbesondere der Rinde, während Blutungen nur vereinzelt auftreten.

Ich habe oben den Fall eines Tieres beschrieben, das 12 Tage nach der Infektion starb und bei der Sektion eine Hämorrhagie der Nebenniere, sonst keinen, insbesondere keinen auf Tuberkulose verdächtigen Befund aufwies. Der Fall läßt sich nur als Lichttod deuten, und wir haben, um hier weiteres Vergleichsmaterial zu gewinnen, 3 weitere Tiere ohne Tuberkuloseimpfung nach Sensibilisierung mit 1 proz. Eosinlösung der Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Von diesen Tieren lebte je eines 6, 7 und 10 Tage. Ein Tier, dessen etwa $1\frac{1}{2}$ Wochen

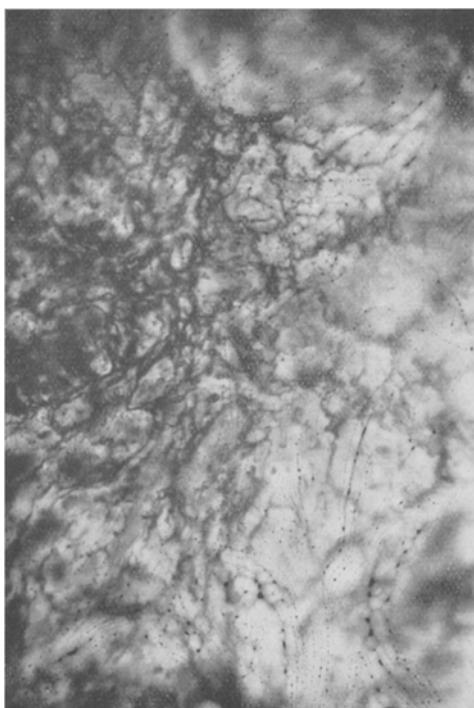


Abb. 37. Leber eines 37 Tage am Leben gebliebenen Frühsensibilisierungstieres. Gitterfasernetz an einer Stelle, wo Leberzellen rarifiziert sind. Bielschowsky-Maresch. Mikrophotogramm. Zeiss. Obj. 8. Kompens. Okul. 6.

beobachtete Temperaturkurve keine Besonderheiten aufgewiesen hatte, zeigte sofort nach Beginn der Bestrahlung einen Temperaturanstieg bis auf $40,2^{\circ}$, die Kurve hielt sich 4 Tage in dieser Höhe und fiel dann innerhalb 4 Tagen bis auf $37,6^{\circ}$. Bei dieser Temperatur starb das Tier, nachdem es in der angegebenen Zeit am 1., 2., 3., 6., 9. und 10. Beobachtungstage bestrahlt wurde. Die Bestrahlungsdauer betrug je 15, 20, 15, 15, 20 und 20 Min., die Sensibilisierungsdosis je 1,5 ccm 1 proz. wässrige Eosinlösung, wovon das Tier auch am 8. Beobachtungstage ohne nachfolgende Belichtung 1,5 ccm erhielt. Ein zweites Tier lebte 6 Tage und wurde am 1., 2., 3. und 4. Beobachtungstage bestrahlt. Die Bestrahlungsdauer betrug je 15 Min., die Sensibilisierungsdosis je 1 ccm 1 proz. wässrige Eosinlösung. Die Temperaturkurve

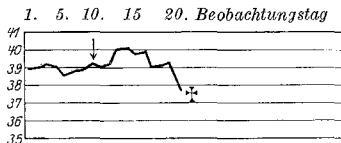


Abb. 38.

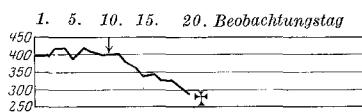


Abb. 39.



Abb. 40.



Abb. 41.

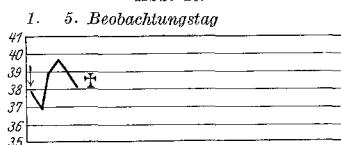


Abb. 42.

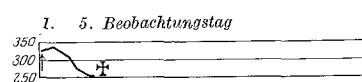


Abb. 43.

Abb. 38, 40, 42 = Temperaturkurven } der nicht geimpften nach Sensibilisierung mit Sonne bestrahlten Tiere. (Pfeil = Beginn der Bestrahlung).
 Abb. 39, 41, 43 = Gewichtskurven } strahlten Tiere. (Pfeil = Beginn der Bestrahlung).

zeigte die ersten Tage ein gleichmäßiges sehr leiches Ansteigen, plötzlich am 5. Tage fiel sie 1° ab, und das Tier starb. Bei einem dritten Tier, das eine Woche beobachtet wurde, erfolgte am 1., 3., und 6. Beobachtungstage eine je 15, 15 und 20 Min. dauernde Belichtung, nachdem vorher je 1, 1 und 1,5 ccm 1 proz. wässrige Eosinlösung eingespritzt worden war außerdem am 2. Beobachtungstage noch 1 ccm ohne nachfolgende Belichtung. Die Temperaturkurve fiel zunächst auf den subnormalen Wert von 37° , erhob sich noch einmal auf $39,6^{\circ}$ und fiel dann auf $38,1^{\circ}$, worauf das Tier starb. Die Gewichtskurven sämtlicher Tiere verhielten sich im Prinzip gleich, sie fielen nämlich sofort oder rasch nach Beginn der Behandlung bis zum Tode dauernd ab.

Die Erhöhung der Temperatur der Tiere in der Sonne war meist sehr merklich und schwankte zwischen $0,5$ und $1,25^{\circ}$. Die einwir-

kende Sonnenstärke war meist hoch und ging bis $1,46 \text{ g} = \text{cal. pr. min. u. qcm.}$

Bei der Sektion zeigte sich, daß das 10 Tage und 6 Tage beobachtete Tier je einen schwachen tuberkulösen Affekt erlitten hatten, der bei ersterem Milz und Leber, bei letzterem die Leber traf. Lymphknoten wurden nur in dem ersteren Falle untersucht, in den beiden anderen Fällen waren sie nicht zu finden.

Histologisch zeigten die Lungen sämtlicher Tiere eine starke Hyperämie, die Leber des 10 Tage beobachteten Tieres kleine beginnende Tuberkel, die Milz nekrotisierende Tuberkel, die Lymphdrüsen keinen Befund, die Nieren Hyperämie. Das 6 Tage beobachtete Tier wies wenige zu Nekrose neigende Tuberkel in der Leber auf und Blut in den Nierenkanälchen, während das 7 Tage beobachtete Tier in der Leber einige kleine, aus Rundzellen bestehende Herde ohne Zeichen einer spezifischen Erkrankung, dagegen Blutungen in der Nebennierenrinde aufwies. Das kollagene Gewebe zeigte in der Milz des 10 Tage beobachteten Tieres deutliche Neigung zur Abkapselung der tuberkulösen Nekrosen, sonst wies es keinen bemerkenswerten Befund auf. An den elastischen Fasern und Gitterfasern der Lungen war kein pathologischer Befund zu erheben. An den Gitterfasern ist nur bemerkenswert, daß sie sich in der Milz des 10 Tage beobachteten Tieres an der Abkapselung der Nekrosenherde in ausgesprochener Weise beteiligten.

Sensibilisierung ohne nachfolgende Sonnenbestrahlung.

Die nachfolgenden Befunde sind nur bei einem Tier erhoben, aber so ausgeprägt und so eigenartig, daß es zunächst als Einzelfall im Rahmen dieser Arbeit beschrieben sein soll, wobei ich bemerken möchte, daß die Nachprüfung an einer größeren Reihe von Tieren bereits in Vorbereitung ist.

Das zu dieser Behandlung verwendete Tier wog bei Beginn der Versuche 600 g und war weiblichen Geschlechts. Es wurde ebenso wie die anderen Tiere mit 0,2 ccm einer Aufschwemmung von einer Öse Bacillen in 1 ccm physiologischer Kochsalzlösung unter die Haut geimpft und dann im Zimmer so gehalten, daß es sich stets nur in stark abgeschwächtem Lichte befand. Die Behandlung mit Eosin begann 6 Tage

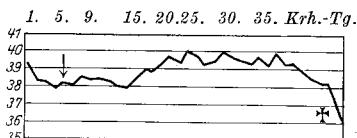


Abb. 44.

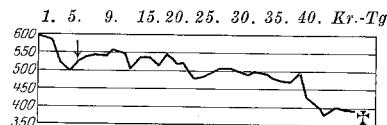


Abb. 45.

Abb. 44, 45 = { Temperatur- und Gewichtskurve des mit Eosin bei gedämpftem Lichte behandelten Tieres. (Pfeil = Beginn der Behandlung).

nach der Impfung. Das Tier erhielt vom 15. XII. 1926 bis 23. I. 1927 im ganzen 16 Einspritzungen, und zwar die ersten 3 mal je 1, darauf je 1,5 ccm. 1 proz. wässrige Eosinlösung unter die Haut. Die ersten 3 mal wurde an aufeinanderfolgenden Tagen eingespritzt, dann in Zwischenräumen von 2—5 Tagen. Die Temperaturkurve des Tieres hielt sich zunächst zwischen 38 und 39 °, begann aber $1\frac{1}{2}$ Wochen nach Beginn der Behandlung zu steigen, erreichte 40 ° und schwankte ca. 2 Wochen

zwischen 39 und 40°, um dann innerhalb einer Woche bis auf 36,3° abzusinken. Bei dieser Temperatur erfolgte der Tod. Das Gewicht fiel innerhalb 5 Tagen nach der Impfung von 600 g auf 500 g und hielt sich dann ca. 2 Wochen zwischen 500 und 550 g. Zugleich mit dem Beginn der hohen Temperaturen begann es zu sinken und war beim Tode auf 395 g gefallen.

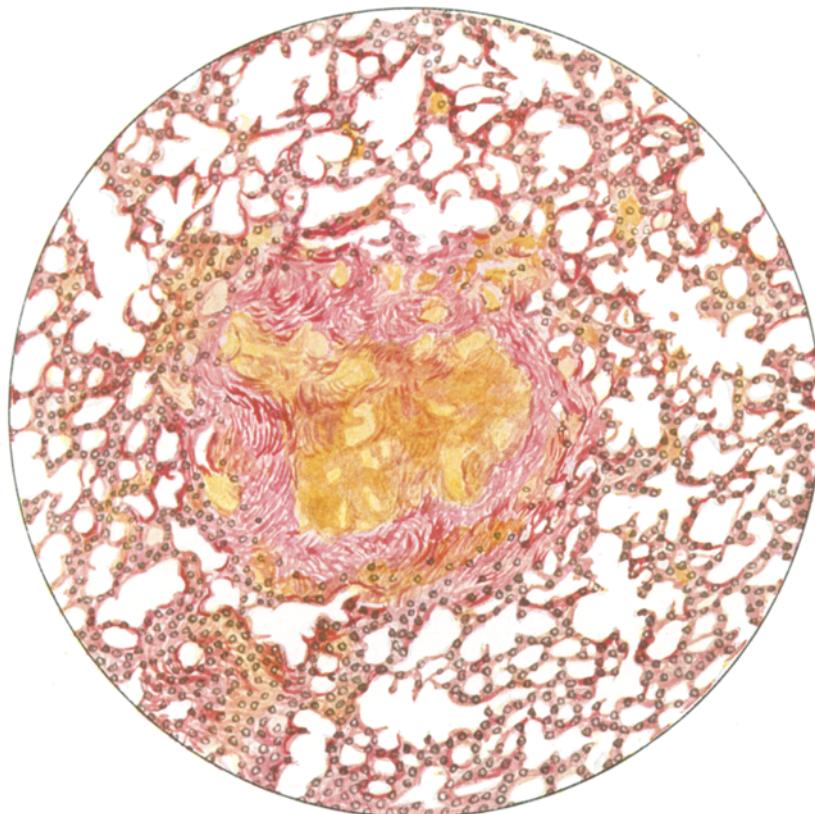


Abb. 46. Lunge eines 45 Tage am Leben gebliebenen mit Eosineinspritzungen bei gedämpftem Lichte behandelten Tieres. Völlig nekrotischer Tuberkl, von kollagenem Bindegewebe eingefaßt. Hämatoxylin-van Gieson. Zeiss. Obj. 16. Kompens. Okul. 6.

Ich lasse hier das Sektionsprotokoll und den histologischen Befund des Tieres folgen:

a) *Sektionsbefund.* Leiche eines Meerschweinchens in sehr reduziertem Ernährungszustande. Muskulatur blaß und schlaff. Unter der Bauchhaut eine etwa mandelgroße, gelblich-breiige Masse.

Pleuraraum enthält ca. 2 ccm gelblich-seröser Flüssigkeit. Pleura ohne Befund. Herz groß und schlaff, Herzkammern weit. Lungen zeigen eine reichliche Durchsetzung mit grauweißen, teilweise ziemlich großen Herden.

Peritonealraum frei von pathologischem oder vermehrtem Inhalt. Milz 3,5 zu 1,4 zu 0,2 cm groß; 1,8 g schwer, durchsetzt von sandkörngroßen grauen Herden. Leber in ungewöhnlich starker Weise durchsetzt von grauen, teilweise bis zu erheblicher, etwa Kirschkerngröße konfluierenden Herden. Drüsen deutlich, teilweise erheblich geschwollen und verhärtet.

Nieren, Nebennieren, Blase, Magen ohne Befund.

b) *Histologischer Befund. Lunge* (siehe Abb. 46). Die Lunge ist durchsetzt von großen Herden, die sich fast ausschließlich aus runden Zellen mit ziemlich großem Kern, der zerstreute Chromatinkörperchen zeigt, zusammensetzen und in

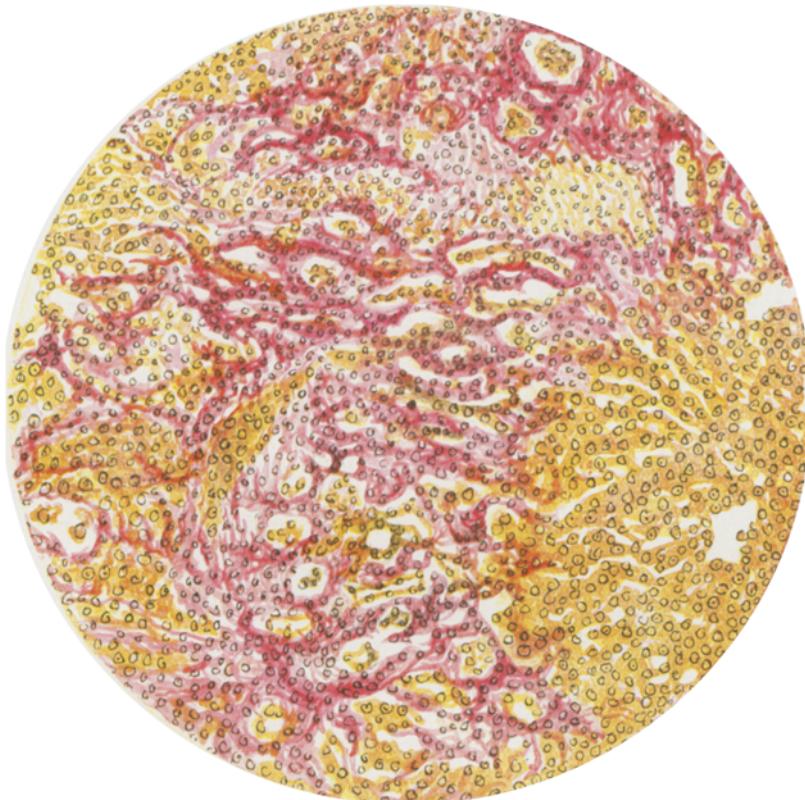


Abb. 47. Leber des 45 Tage am Leben gebliebenen mit Eosineinspritzungen bei gedämpftem Lichte behandelten Tieres. Erhebliche Wucherung des kollagenen Bindegewebes, das zahlreiche Gallengangscapillaren enthält. Hämatoxylin-van Gieson. Zeiss. Obj. 8. Kompens. Okul. 6.

der Mitte zeitweise ziemlich große tuberkulöse Nekroseherde aufweisen. In den peripheren Teilen dieser Herde findet sich stets ein mehr oder weniger starkes Auftreten kollagenen Bindegewebes. Die Rarifizierung der elastischen Fasern ist in den beschriebenen Herden, abgesehen von deren nekrotischen Teilen so gering, daß man die alveolare Struktur noch in großer Ausdehnung deutlich unterscheiden kann. Die Gitterfasern umschließen in kräftiger Ausbildung in zum Teil sehr starken Faserindividuen die tuberkulösen Herde.

Leber (siehe Abb. 47). Die Leber zeigt sich in ausgedehntem Maße verändert. Ab und zu finden sich Herde tuberkulöser Nekrose. Der wesentlichste Befund aber besteht in ausgedehnter Wucherung des kollagenen Bindegewebes, das auch die tuberkulösen Nekrosen deutlich abzukapseln pflegt und in dessen Mitte sich zahlreiche Lumina wie Querschnitte von Drüsenschläuchen finden. Elastische Fasern sind an diesen Wucherungen nicht beteiligt. Die Gitterfasern treten hier gegen das kollagene Gewebe unzweifelhaft zurück. Übergänge von ersteren in letztere sind zu beobachten.

Lymphknoten. Das Lymphknotengewebe zeigt eine mächtige Durchsetzung mit tuberkulös-nekrotischen Herden. Am Rande ist kollagenes Bindegewebe in großer Masse entwickelt, während es in schwächerer Ausbildung zwischen den Ausläufern der Nekroseherde sich findet. An ersterer Stelle finden sich auch elastische Fasern, jedoch nur in sehr geringer Menge. Gitterfasern finden sich an den Stellen der starken Anhäufung kollagenen Bindegewebes wenig, an den Stellen seiner schwächeren Ausbildung in etwas höherem Maße.

Milz. Die Milz ist durchsetzt von zahlreichen Herden tuberkulöser Nekrose, die in der Regel von einer Schicht kollagenen Bindegewebes eingefäßt werden. Auch hier haben die elastischen Fasern keinen Anteil. Gitterfasern sind vorhanden, übertreffen aber kaum die kollaginen Fasern, ja treten gegen sie eher etwas zurück.

Die Besprechung dieses Befundes und der möglichen Folgerungen soll im Schlußkapitel erfolgen.

Schlußbetrachtungen (siehe Übersichtstabelle 1).

Wir müssen, um zu Schlußfolgerungen zu gelangen, soweit das für die einzelne Strahlenart meist verhältnismäßig geringe Material bereits zu Folgerungen berechtigt, doch zunächst wieder das Verhalten der Vergleichstiere berücksichtigen. Wir sehen hier bereits, wie verschieden die Erkrankung verläuft, selbst ohne Einwirkung irgendwelcher äußerer Faktoren. Man könnte zunächst in bezug auf die Nekroseneigung der Tuberkel die Vermutung hegen, daß dieselbe mit längerem Bestande der Krankheit zunimmt, falls keine Abheilungsvorgänge einsetzen. Der Verlauf der Erkrankung bei den Vergleichstieren spricht aber dagegen; wir finden bei einem 37 Tage krank gewesenen Tier die weit-aus am stärksten ausgebildete tuberkulöse Nekrose, während bei allen anderen Tieren die Neigung hierzu viel weniger ausgebildet ist, auch bei einem Tier, das 6 Tage länger gelebt hat. Es ist eigenartig, daß ersteres Tier das einzige ist, wo sich gewisse Anzeichen eines zur Heilung führenden Prozesses in der Umscheidung der nekrotischen Milztuberkel mit kollagenem Bindegewebe bemerkbar machen. Es wird lehrreich sein, weiter zu verfolgen, ob ein solches Zusammentreffen öfters zu bemerken ist, und wie die angewendeten Lichtquellen darauf wirken. Die Temperatur- und Gewichtskurven der Vergleichstiere stimmen dagegen in großen Zügen überein. Die Temperaturen sind meist längere Zeit erhöht, freilich nicht sehr stark und zeigen nur vorübergehend Zacken über 40°. Da die Temperatur des Meerschweinchens schon

normalerweise zwischen 38 und 39° schwankt, würde ein Vergleich dieser ständigen nur um einige zehntel Grade erhöhten Kurve mit den ähnlichen Temperaturen der menschlichen Tuberkulose vielleicht naheliegen. Beim Gewicht ist bemerkenswert, daß es keineswegs sehr schnell auf die Infektion reagieren muß. Es kann eine ganze Zeit lang dauern, bis ein deutlicher und anhaltender Gewichtssturz eintritt, ja das Gewicht kann sogar steigen, ein Zeichen, daß bei der Tuberkulosediagnose durch den Tierversuch Gewichtsmessungen in den ersten Wochen nach der Infektion der Meerschweinchen keine sichere Basis für ein Urteil abgeben können.

Ist nun der Verlauf der Krankheit bei den sonst unbeeinflußten Tieren in Davos gegen den Verlauf in der Ebene verändert? Gerade das bunte Bild, das wir finden, die Befunde der verschiedensten Art, spricht gegen diese Vermutung. Es läßt sich nicht erkennen, daß irgendeine Form der Tuberkuloseentwicklung bevorzugt ist. Eigenartig ist die Tatsache, daß bei der Hälfte der Vergleichstiere eine *auffällige Menge kollagenen Bindegewebes* in den Lymphknoten gefunden wurde. Tuberkulöse Herde konnte ich in diesen Drüsen *nicht* finden. Die Lebensdauer des einen Tieres war verhältnismäßig kurz, 26 Tage, die des anderen lang, 43 Tage, so daß ich mich vorderhand eines Urteiles über den Grund dieser Erscheinung enthalten muß.

Die *Behandlung der Tiere*, die meist gefleckt waren mit mehr oder weniger großem weißen Anteil, erfolgte nun mit Lichtquellen verschiedenartigster Zusammensetzung, die einen fast nur langwellige, die anderen in mehr oder weniger reichlichem Maße kurzwellige Strahlen aussendend. Die *Nernstlampe* gehört in ausgesprochenstem Maße zur ersten Gruppe. In bezug auf die *Erwärmung* der Tiere sehen wir zunächst dasselbe, was sich auch bei allen anderen Strahlungsquellen immer wieder bestätigt, daß nämlich diese Erwärmung nicht wie die eines leblosen Körpers von der zugestrahlten Wärmemenge, der Größe und Beschaffenheit des Körpers und der Beschaffenheit und Temperatur der Umgebung bestimmt wird. Dies geht auch in der Sonnenbestrahlungstabelle aus dem Vergleich der zugestrahlten Calorien mit der Temperaturschwankung der Tiere nach der Bestrahlung hervor. Dieselbe richtet sich vielmehr in hohem Maße nach dem individuellen Zustande der Tiere, und wir müssen also annehmen, daß die Erwärmung der Tiere durch die Zustrahlung auf indirektem Wege über das Wärmezentrum erfolgt. Diese Ansicht wird noch mehr bestärkt durch die auffällig oft eintretenden Temperaturabfälle, welche die Tiere kurz vor dem Tode nach einer Bestrahlung aufweisen, und zwar nach einer Bestrahlung, nach der gleichzeitig bestrahlte, aber noch kräftigere Tiere eine sehr merkliche Temperatursteigerung zeigen. Ganz besonders auffällig war in dieser Beziehung, wie ich gelegentlich der allgemeinen Besprechung der Frage an dieser Stelle doch schon

erwähnen möchte, das Verhalten des Frühsensibilisierungstieres Nr. 11. Dasselbe zeigte am 22. XII. 1926 nach einer 20 Min. dauernden Bestrahlung mit 1,29 g=cal. pr. min u. qcm eine Temperatursenkung um 0,5°, während die zur gleichen Zeit bestrahlten Tiere 0,65 bzw. 0,8° Temperatursteigerung aufwiesen. Das Tier war 40 Stunden später tot, ohne daß ein besonders auffälliger Temperatur- oder Gewichtssturz in den laufend geschriebenen Kurven zu verzeichnen gewesen wäre. Freilich ist nicht zu leugnen, daß solche Temperaturabfälle nach der Bestrahlung auch vorkamen, ohne daß der Tod kurze Zeit darauf eintrat, sie fanden sich aber kurz vor dem Tode doch auffällig oft. Dies über das allgemeine physiologische Verhalten der Tiere gegenüber den Bestrahlungen.

Nach den Sektionsbefunden und dem Ergebnis der histologischen Untersuchung müssen wir schließen, daß die Strahlen der Nernstlampe die Nekrotisierung der tuberkulösen Herde nicht merklich und ihre Abkapselung durch kollagenes Gewebe überhaupt nicht befördern, daß also Strahlen von geringer Schwingungsfrequenz für diesen Zweck nicht verwendbar sind. Wir werden aber bei Besprechung eines der mit Sonne bestrahlten Tiere noch einen anderen Befund kennenlernen, der dieser Ansicht zunächst zu widersprechen scheint. Auffällig ist, daß auch die Gitterfasern bei den mit Nernstlicht bestrahlten Tieren keine besondere Neigung zur Umwucherung der tuberkulösen Herde zeigten. Die Gewichts- und Temperaturkurven der Tiere zeigten nichts besonders Auffälliges.

Bei der *Kohlenbogenlampe* haben wir schon einen wesentlich größeren Anteil von Strahlen mit höherer Schwingungsfrequenz, nämlich 1,21 % Ultraviolett. Die Befunde der Tiere sind hier nun nicht ganz gleichmäßig. Während das länger am Leben gebliebene Tier in Milz und Lymphknoten starke tuberkulöse Nekrose aufweist, womit eine deutliche Neigung des kollagenen Gewebes zur Abkapselung in den gleichen Organen einhergeht, ist ein solcher Befund bei einem anderen Tiere, bei dem allerdings die Milz nicht untersucht werden konnte, nirgends zu erheben. Auch hier sieht man immerhin, daß Nekrose und Abkapselungsneigung wieder zusammentreffen. Schwerer zu erklären ist jener eigenartige Befund in der Leber. Schon bei einem der Tiere fällt der besondere Verlauf der Leberzellbalken auf, während das andere Tier ausgedehnte Wucherung drüsiger Gänge zeigt, die von kollagenem Bindegewebe und Gitterfasern reichlich umgeben werden. Ob dieses Bild eine Bestrahlungswirkung darstellt, würde der Nachprüfung bedürfen, da aus dem Einzelfalle selbstverständlich ein Schluß in dieser Beziehung nicht gezogen werden kann. Dagegen lassen sich die beschriebenen Gänge wohl nicht anders denn als *Gallengänge* deuten. Im ganzen war die Erkrankung bei diesen Tieren ziemlich schwer, die Neigung

zur Abkapselung trat nur bei einem Tier und auch dort nur in Milz und Lymphknoten hervor. Wie erinnern uns, daß Vermehrung des kollagenen Bindegewebes in den Lymphdrüsen bei den Vergleichstieren 2 mal und Abkapselung von tuberkulös-nekrotischen Herden in der Milz ebenfalls einmal beobachtet wurde. Man ist also keineswegs berechtigt, hier etwa eine besondere Heilwirkung der Kohlenbogenlampe anzunehmen. Die Gitterfasern beteiligen sich mit dem kollagenen Gewebe an den Abkapselungsvorgängen.

Auffällig ist das Verhalten der Gewichtskurven bei beiden Tieren. Wochenlang schwankten sie in einem Spielraume von etwa 50 g ohne Neigung zu einem endgültigen Abfall zu zeigen, der bei dem länger am Leben gebliebenen Tiere überhaupt nicht eingetreten ist. Auch die Temperaturen schwanken im Verlaufe der Krankheit nicht sehr stark und zeigen nur selten oder gar nicht stärkere Steigerung, endigen allerdings in beiden Fällen mit einem typischen starken Abfall. Ein eigentümlicher Gegensatz zu dem immer sehr ausgeprägten, teilweise sogar sehr schweren pathologischen Befund!

Die *Quecksilberdampflampe* enthält von allen Lichtquellen, die wir angewendet haben, den höchsten Betrag hochfrequenter Lichtstrahlen, nämlich 27% Ultraviolet. Eine ausgedehnte Neigung der Tuberkel zur Nekrose sehen wir hier wieder nur bei dem einen Tier, das interkurrent nach 28 Tagen an einer Pneumonie starb, so daß wir auch hier wieder ein Beispiel haben, daß Lebensdauer und Nekrosenausdehnung nichts miteinander zu tun haben. Bei dem anderen Tiere sind nur die Lymphknoten verkäst. Irgendeine *Abkapselungsneigung durch kollagenes Gewebe ist nirgends festzustellen*, und ebenso zeigen auch die Gitterfasern nirgends eine besondere Neigung, die Nekroseherde zu umwuchern. Nur in der stark nekrotisierten Lymphdrüse eines einzigen Tieres, das ein Quecksilberdepot erhalten hatte, und das nach 23 Tagen gestorben war, zeigte sich eine besonders starke Gitterfaserentwicklung.

Die bisherigen Befunde zeigen mit unbedingter Klarheit, daß weder das hochfrequente noch das niederfrequente Licht vom Ultraviolet bis zum Ultrarot, wie wir es in den beschriebenen künstlichen Lichtquellen angewendet haben, in irgendeiner sicheren Weise den Verlauf der inneren Tuberkulose beim Meerschweinchen zu beeinflussen vermag, d. h. ich komme zu einer vollständigen Bestätigung der Befunde von *Mayer*. Aber auch bei den mit der Quecksilberdampflampe behandelten Tieren sehen wir wieder, wie unregelmäßig und uncharakteristisch der klinische Verlauf der inneren Tuberkulose beim Meerschweinchen sein kann.

Die Gewichtskurve des 58 Tage krank gewesenen Tieres zeigt wohl sehr starke Schwankungen, aber über 7 Wochen lang keinerlei Neigung zu einem definitiven

Abfall. Ja, noch nach 6 Wochen steigt sie erheblich über das Anfangsgewicht, um dann plötzlich stark und dauernd zu sinken. Die Temperaturkurven verhalten sich entsprechend. Die Tiere, welche ein Quecksilberdepot erhalten haben, weichen in ihrem Verhalten etwas ab. Das eine stirbt ganz plötzlich nach kurzer Krankheitsdauer, während das andere zwar länger lebt aber dauernd ausgesprochen fieberrhafte Temperatur zeigt. Bei beiden Tieren fällt das Gewicht andauernd ab. Ob das angelegte Quecksilberdepot, das durch eine intramuskuläre Injektion von 0,25 ccm von 40 proz. Ol. einer. nach Zieler geschaffen wurde, hierauf einen Einfluß hatte, habe ich bei der Sektion bzw. histologisch nicht feststellen können.

Die *Wirkung des Sonnenlichtes* auf tuberkulosekranke Tiere war diejenige Aufgabe, die mich naturgemäß am meisten beschäftigte, und hier haben wir dann auch die größte Zahl von Tieren in Versuch gesetzt. Die Ansichten, inwieweit der Sonnenwirkung im Hochgebirge eine Rolle bei der Tuberkuloseheilung zukommt, sind wohl heute noch geteilt. Die erheblichen aus der Praxis geschöpften Bedenken der Tuberkuloseärzte in Davos und Arosa, die Patienten den Sonnenstrahlen auszusetzen, zeigen uns, daß die Sonne vom erfahrenen Praktiker keineswegs als sicheres und noch viel weniger als indifferentes Heilmittel betrachtet wird. Der Gehalt des Sonnenlichtes an hochfrequenten Strahlen beträgt 11%, also außerordentlich viel weniger als die Quecksilberdampflampe, aber wesentlich mehr als die anderen von uns angewandten Lichtquellen enthalten. Der weitaus größte Teil der Strahlen, fast die Hälfte der Gesamtstrahlung, liegt im Rot und Ultrarot. Wenn ich also ein Tier mit Strahlen behandelt habe, welche fast ausschließlich in diesem Spektralgebiet lagen, so war der Unterschied gegen die übrigen Tiere nicht so übermäßig groß.

Betrachten wir zunächst die beiden nicht sensibilisierten Tiere, nämlich das mit *voller Sonne* bestrahlte und das eben erwähnte mit *Rotlicht behandelte* Meerschweinchen, so zeigen beide in Milz und Lymphknoten nekrotisierende Tuberkel, bei beiden besteht in der Milz eine deutliche *Abkapselung der Herde*, und bei dem *rot* bestrahlten Tier ist auch in den Lymphdrüsen das kollagene Gewebe vermehrt, und ferner besteht eine Nekroseneigung der Lebertuberkel. Alles in allem ist kein Befund zu entdecken, der über das, was man bei den Vergleichstieren auch finden kann, hinausgehen würde. An dem physiologischen Verhalten der Tiere ist nichts zu vermerken. Beide Meerschweinchen zeigen erhöhte Temperatur, das rotbestrahlte Tier subfebril, das voll besonnte Tier stark febril, beider Meerschweinchen Gewichtskurven fallen deutlich und dauernd ab, wenn auch bei ersterem Tier dann wieder eine kleine Steigerung des Gewichtes auftritt. Auffälliger verhält sich dagegen das bestrahlte *Frihsensibilisierungstier* (Tier Nr. 11 der Tabelle). Eine Abkapselung der tuberkulösen Herde ist allerdings hier gar nicht zu sehen, wobei freilich in Leber und Lymphknoten überhaupt keine sonderlich schwere tuberkulöse Erkrankung zu entdecken

ist. Nur in der Milz zeigen sich nekrotisierende Tuberkel. Aber schon die Leber bietet mit ihrer deutlichen wenn auch nur partienweisen Rarifizierung der Leberzellbalken ein eigenartiges Bild. Ob dies eine Wirkung vorzugsweise der Sonne oder des Eosins ist, läßt sich vorderhand kaum sagen, aber bei den erheblichen Leberveränderungen, die das im gedämpften Licht mit Eosin behandelte Tier aufwies, kann doch eine Beteiligung des genannten Stoffes vermutet werden. Besonders auffällig war bei dem in Rede stehenden Frühsensibilisierungstier aber das physiologische Verhalten, aus dem man bis zum Tode keinerlei Schluß auf eine Erkrankung hätte ziehen können. Die beiden anderen Sensibilisierungstiere verhielten sich allerdings etwas anders. Das zweite Frühsensibilisierungstier starb ganz plötzlich, und es ist nach dem ganzen Bilde, dem auf Tuberkulose völlig negativen Sektionsbefunde und den Nebennierenblutungen kaum zu bezweifeln, daß hier ein Lichttod vorlag. Bei dem Spätsensibilisierungstier (Tier Nr.14 der Tabelle) verlaufen Temperatur- und Gewichtskurven freilich bei weitem nicht so gleichmäßig wie bei dem Frühsensibilisierungstier, aber hier setzte die Behandlung eben auch wesentlich später ein, und das Tier hat noch nicht die Hälfte der Therapie erhalten wie das Vergleichstier. Die Tuberkel in allen Organen dieses Meerschweinchens zeigten ausgesprochene Nekroseneigung, ohne daß irgendwo Zeichen einer kollagenen Abkapselung zu bemerken gewesen wären. Die Gitterfasern zeigten in der Regel kein Verhalten, das der Art nach von dem Verhalten des kollagenen Gewebes abweichen würde. Nur in der Leber des 37 Tage krank gewesenen Frühsensibilisierungstieres bildeten sie in den Rarifikationsherden des Lebergewebes gut ausgeprägte Netze. Aus diesen Befunden kann also nicht geschlossen werden, daß die Sonne im Hochgebirge in irgendeiner merklichen Form die Abheilung der Tuberkulose befördert, denn was wir an Abheilungsvorgängen sehen, geht nicht über das hinaus, was man auch bei Kontrolltieren hin und wieder feststellen kann, und was durch die individuelle Immunität und Reaktionsfähigkeit des Tieres bedingt wird.

Noch mehr wird dies bestätigt durch die Befunde der *nichtgeimpften Sensibilisierungstiere*, weil zwei derselben doch durch Zufall eine tuberkulöse Infektion erlitten haben. Diese Infektion war recht schwach, so daß also an sich eine Überwindung derselben durch die Abwehrkräfte des Körpers möglich gewesen wäre. Es zeigt aber nur *ein* einziges eine Abkapselung der Herde in der Milz. Freilich muß ich zugeben, daß es unmöglich ist, festzustellen, wann diese Infektion eingetreten ist, und daß bei längerer Behandlung sich das Bild vielleicht noch hätte ändern können. Der Tod sämtlicher Tiere war unzweifelhaft der Lichttod. Histologisch war der auffälligste Befund die bei den meisten Sonnenntieren recht ausgesprochene Hyperämie der Lungen.

Im Gegensatz zu all diesen Ergebnissen steht nun der Befund des *mit Eosin bei gedämpften Lichte behandeltem Tieres*. Hier findet sich

Nekrose fast sämtlicher tuberkulöser Herde durch alle in Betracht kommenden Organe, und was wichtiger ist, denn einen solchen Nekrosebefund zeigen auch andere Tiere, eine allgemeine Abwehrreaktion des Körpers, welche sich in *Abkapselung der pathologischen Herde durch kollagenes Bindegewebe* ausdrückt. In Lunge und Leber ist dieses das einzige Tier, das einen solchen Befund aufweist. In der Leber ist die Vermehrung des kollagenen Bindegewebes so stark, daß man beim ersten Anblick das Bild einer Cirrhose vor sich zu haben glaubt. Die Gitterfasern sind aber nicht vermehrt, vielmehr scheinen sie in erhöhtem Maße in kollagenes Gewebe überzugehen. Nur in der Lunge zeigen sie eine besonders kräftige Ausbildung um die Nekroseherde. Klinisch bot das Tier freilich nach 3 Wochen das Bild ausgesprochener Erkrankung: Temperaturerhöhung und Gewichtsabfall. Ob die Behandlung geeignet ist, im Körper eine Reaktion hervorzurufen, welche imstande ist, den tuberkulösen Prozeß zum Stehen zu bringen und seine Heilung einzuleiten, ob es das Eosin allein oder doch das abgeschwächte Tageslicht ist, das, durch das Eosin wirkungsfähig gemacht, diese Entwicklung bedingt, läßt sich selbstverständlich nach diesem einen Fall, wenn er auch noch so ausgeprägt ist, nicht einmal vermutungsweise entscheiden. Man könnte auch einwenden, daß das in Rede stehende Tier ja trotz der Heilungsreaktion gestorben ist. Hier glaube ich aber doch entgegnen zu dürfen, daß ja die Behandlung erst 6 Tage nach der Impfung begonnen hat, d. h. zu einer Zeit, wo die Tuberkelbacillen im Körper sicher bereits verbreitet waren, und daß bei einem so schwer kranken Tier, selbst wenn der krankhafte Vorgang zum Stehen gebracht wird, doch so viel Toxine kreisen müssen, daß das Leben nicht weiter bestehen kann. Ich möchte im Gegenteil es gerade als eigenartig betrachten, daß das Tier trotz der ausgebreiteten Erkrankung noch eine sehr beträchtliche Widerstandsfähigkeit und Heilungsneigung aufgebracht hat, wie sie bei keinem anderen Tier in diesem Maße zu beobachten war. Alle diese Fragen zu klären, ist die bereits in Vorbereitung begriffene Nachprüfungsarbeit bestimmt. Die Aufgabe vorliegender Arbeit war es, durch möglichst verschiedenartige Untersuchungen zunächst einmal festzustellen, an welchem Punkte mit Aussicht auf Erfolg angeknüpft werden kann. Als ein solcher Punkt kann das letztgenannte Tier allein betrachtet werden, so daß nach Erreichung dieses Ziels die gegenwärtige Arbeit abgeschlossen ist.

Zusammenfassung.

1. Es wurden eine größere Anzahl Meerschweinchen unter die Haut mit Tuberkelbacillen geimpft und ihr Verhalten sowie ihre histologischen Befunde nach Einwirkung verschiedener äußerer Einflüsse — fast ausschließlich Lichtstrahlungen — geprüft.

2. Die Vergleichstiere zeigten in bezug auf Nekrotisierung und Abkapselung der Tuberkel ein wechselndes Bild. Demarkation der Tuberkel durch kollagenes Gewebe in der Milz und Vermehrung desselben in den Lymphknoten wurde beobachtet.

3. Weder die Strahlen der Nernstlampe, noch der Kohlenbogenlampe, noch der Quecksilberdampflampe, noch der Hochgebirgssonnen — die letzteren auch nicht nach Sensibilisierung mit Eosin — vermochten einen Befund hervorzubringen, der einen wesentlichen Unterschied gegen die Vergleichstiere bedeutet hätte. Nur Einzelbefunde sind ausgenommen, wie die Gallengangswucherungen in der Leber eines mit dem Lichte des Kohlenbogens und Rarifizierung der Leberzellen bei einem nach Sensibilisierung mit dem Lichte der Sonne behandelten Tiere.

4. Das Verhalten der Temperatur der Tiere nach den Bestrahlungen, und insbesondere nach solchen kurz vor dem Tode, nötigt zu der Annahme, daß die Erwärmung lebender Körper durch eine strahlende Wärmequelle nicht ausschließlich direkt, sondern auf dem Wege über das Wärmezentrum erfolgt.

5. Bei einem mit längere Zeit fortgesetzten Eosingaben subcutan behandelten, in schwachem, diffusen Lichte gehaltenen Tier fand sich eine allgemeine Reaktion des Körpers gegen die Tuberkulose, bestehend in kollagener Abkapselung fast sämtlicher nekrotischer Herde.

6. Es ergibt sich aus den Versuchen, daß weder die kurzwelligen noch die langwelligen Lichtstrahlen geeignet sind, den Verlauf der inneren Tuberkulose insbesondere in der Richtung auf eine Abheilung wesentlich zu beeinflussen, wobei wir freilich nicht unbedingt berechtigt sind, diese Ergebnisse auf den Menschen ohne weiteres zu übertragen, weil die Haut des Meerschweinchens, wie schon *Mayer* betont hat, nicht wie die des Menschen auf die Bestrahlung mit einem Erythema reagiert.

7. Die unter 5 angegebenen Befunde werden an einem größeren Material nachgeprüft werden.

Am Schlusse dieser Arbeit gestatte ich mir, Herrn Prof. Dr. *Loewy* für die weitgehende Unterstützung und die zahlreichen Anregungen, die er mir im Verlaufe derselben zu Teil werden ließ, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Desgleichen gilt mein Dank dem Herrn Direktor des meteorologischen Observatoriums in Davos, Herrn Dr. *Lindholm*, der uns die sämtlichen metereologischen und lichtphysikalischen Angaben liefert hat, und Herrn Dr. *Vogel-Eysern*, leitendem Arzt des Sanatoriums Solsana, der uns in entgegenkommender Weise seine Quarzlampe zur Bestrahlung zur Verfügung gestellt hat, ferner Frau *E. Th. Brugger* in Davos, welche sämtliche Abbildungen mikroskopischer Präparate, außer Nr. 37, ausgeführt hat.

Befunde. In der Übersichtstabelle ist nur berücksichtigt, ob die Tuberkel zellig zusammengesetzt sind oder mehr oder weniger zur Nekrose neigen, und ob sonstige besonders auffällige Befunde besonders am Bindegewebe zu erleben sind.

| Tier Nr. | Behandelt mit | Leberbefunde | Milzbefunde | Lymphdrüsenebefunde | Nieren- u. Nebennierenbefunde |
|----------|-------------------------------|---|---|---|--|
| | in Lebensd. Tg. ¹ | | | | |
| 1 | Kontrolle | 43 zellige Tuberkel m. vereinz. Nekrosen | zellige Tuberkel | mit zellige Tuberkel | viel koll. Gewebe |
| 2 | Kontrolle | 14 o. B. | Nekrosen | nekrot. Tuberkel | nekrot. Tuberkel |
| 3 | rot filtriert, Sonnenlicht | 23 o. B. | zellige Tuberkel | zellige Tuberkel | nekrot. Tuberkel v. koll. Gewebe |
| 4 | vollem Sonnenlicht | 48 viele zellige Tuberkel und Hämämie | zellige Tuberkel | nekrot. Tuberkel v. koll. Fas. umhüllt | nekrot. Tuberkel v. wenig nekr. Tuberk. koll. Fas. umhüllt |
| 5 | Quecksilberdampflampe | 58 zellige Tuberkel | zellige Tuberkel | Tuberk. n. festzust. ausged. nekr. Tub. | Tuberk. n. festzust. ausged. nekr. Tub. |
| 6 | Quecksilberdampflampe | 28 Pneumonie | Tuberkel m. Nekrosen | nekrot. Tuberkel | nekrot. Tuberkel |
| 7 | elektrischem Lichtbogen | 44 sehr zahlreiche zellige Tuberkel | zellige Tuberkel, Gallen- | viele nekr. Tub. v. koll. | viele nekr. Tub. v. koll. |
| 8 | elektrischem Lichtbogen | 38 zellige Tuberkel | gangswucherungen | koll. Fas. umgeben | Gew. umgeben |
| 9 | Nernstlampe | 48 zellige Tuberkel | zellige Tuberkel, Leber- | — | o. B. |
| 10 | Nernstlampe | 22 zellige Tuberkel | zellbalken deformiert | — | — |
| 11 | Sonnenlicht, frühsensib. | 37 zellige Tuberkel | wenige nekr. Tub. | wenig nekr. Tuberkel | wenig nekr. Tuberkel |
| 12 | Kontrolle | 37 nekr. Tuberkel | nekrot. Tuberkel | vereinzelte kleine nekr. Tuberkel | vereinzelte kleine nekr. Tuberkel |
| 13 | Sonnenlicht, frühsensib. | 12 o. B. | zell. Tub., Leberzell, raffin. Bindegewebsw. | nekrot. Tuberkel v. koll. Gew. umg. | nekrot. Tuberkel v. koll. Gew. umg. |
| 14 | Sonnenlicht, spätsensib. | 32 sehr starke Hyperämie | o. B. | o. B. | o. B. |
| 15 | Eosinbeh. bei gedämpft. Licht | 45 nekr. Tub. v. kol. nekr. Tub. v. vermehrtem nekr. Tub. v. koll. Gewebe umhüllt | nekrot. Tub. v. koll. ausged. nekr. Tub. v. koll. Gew. eingehüllt | Hämorrhagien | Hämorrhagien |
| 16 | Kontrolle | 45 lag. Fas. abgekaps. | Gallenangswulst | Tuberk. n. festzust. viel koll. Gewebe | [d. Nebennieren] |
| 17 | Sonnenlicht, spätsensib. | 26 nekr. Tuberkel | viele zellige Tuberkel | nekrot. Tub. v. koll. o. B. | Nieren hyperämisch |
| o. Impf. | | 10 starke Hyperämie | kleine beg. Tuberkel | Gew. umgeben | |
| 18 | Quecksilberdampflampe | 11 zellige Tuberkel | wenige beg. Tuberkel | wenig nekr. Tuberk. | |
| + | Hg — Depot. | | | wenige nekr. Tuberk. | |
| 19 | Quecksilberdampflampe | 23 sehr kleine Tuberkel | kleine zellige Tuberkel | viel ausgedehnte tuberköse Nekrose | |
| + | Hg — Depot. | Tuberkel | a. lymph. Zellen | o. B. | |
| 20 | Sonnenlicht, frühsensib. | 6 starke Hyperämie | wenig nekr. Tuberkel | nicht zu finden | Blut i. d. Nierenkanächen |
| o. Impf. | | | | | Hämorrhagien |
| 21 | Sonnenlicht, frühsensib. | 7 starke Hyperämie | kleine Herde m. Rundzelleninfiltration | nicht zu finden | d. Nebennieren |
| o. Impf. | | | | | |

¹ Vom Tage der Impfung an gerechnet.

Das Verhalten der mit Sonne bestrahlten Tiere.

Einwirkung von Strahlen.

131

| Tag und Stunde | Windricht. u. Stärke | Verhalten der Körpertemperaturen + oder - | | | | | | |
|--|----------------------|---|-----------------|---------------|---------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | Tier Nr. 8 ¹ | | Tier Nr. 4 | | Tier Nr. 11 ² | | Tier Nr. 13 ³ |
| | | Rotstrahlung | ohne Sonderbeh. | Früh-sensibl. | Früh-sensibl. | Spätsensibl. | Spätsensibl. o. Impf. | Früh-sensibl. o. Impf. |
| 24. XI. 11 ⁴³ —11 ⁵⁸ | 1,30 | Nord 1,1 m pr. sek. | +15 | -1,0 0,52 | +0,1 | ± 0,0 1,0 | • | • |
| 26. XI. 11 ⁵⁰ —12 ⁰⁵ | 1,31 | Ost 0,8 m pr. sek. | +15 | +0,8 0,54 | +0,1 | - 0,55 1,0 | • | • |
| 27. XI. 11 ⁵⁵ —12 ¹⁰ | 1,38 | Nordost 1,4 m pr. sek. | +15 | -0,7 0,35 | +0,1 | ± 0,0 1,5 | • | • |
| 29. XI. 12 ⁰⁵ —12 ²⁵ | 0,92 | Windstille | +15 | +1,4 0,86 | +1,1 | ± 0,0 1,5 | • | • |
| 6. XII. 12 ¹⁰ —12 ³⁰ | 0,74 | Nord 2,0 m pr. sek. | +16 | -1,4 0,86 | +1,1 | ± 0,0 1,5 | • | • |
| 10. XII. 11 ⁵¹ —11 ⁵⁷ | 1,12 | Nord sehr leicht | • | +0,85 | +0,5 1,5 | • | • | • |
| 11. XII. 12 ¹⁹ —12 ⁴⁹ | 1,12 | Windstille | • | +0,1 | +1,0 1,5 | • | • | • |
| 11. XII. 12 ⁰⁶ —12 ²⁰ | 1,33 | Windstille | • | +0,75 | +0,9 1,5 | • | • | • |
| 13. XII. 11 ⁴⁵ —12 ⁰⁵ | 1,38 | Windstille | • | +0,5 | +0,25 1,5 | • | • | • |
| 15. XII. 12 ²⁸ —12 ⁵⁸ | 1,28 | Nord 0,5 m pr. sek. | • | +0,2 | +0,18 1,5 | +0,2 1,0 | • | • |
| 16. XII. 11 ²⁹ —11 ⁴⁴ | 1,14 | Nordost 0,5 m pr. sek. | • | +0,2 | +0,18 1,5 | - 0,43 1,5 | • | • |
| 20. XII. 12 ⁰⁷ —12 ⁴⁷ | 0,40 | Windstille | • | +0,65 | - 0,5 1,5 | - 5 + 0,8 1,0 | • | • |
| 22. XII. 11 ⁵⁰ —12 ¹⁰ | 1,29 | Windstille | • | - 0,5 | • | + 0,56 1,0 | • | • |
| 24. XII. 11 ³⁶ —11 ⁵⁶ | 0,30 | Windstille | • | +0,95 | • | + 2,07 1,0 | • | • |
| 27. XII. 11 ⁴⁰ —12 ⁰⁰ | 0,55 | Südwest 0,5 m pr. sek. | • | +0,75 | • | + 2,5 1,0 | • | • |
| 31. XII. 12 ⁰⁰ —12 ²⁰ | 1,30 | Windstille | • | • | • | + 0,9 1,5 | • | • |
| 19. I. 12 ²⁵ —12 ³⁰ | 0,55 | Windstille | • | • | • | + 0,54 1,5 | • | • |
| 20. I. 11 ¹⁶ —11 ³⁶ | 0,28 | Nord 1,5 m pr. sek. | • | • | • | - 0,18 1,5 | • | • |
| 21. I. 11 ⁴⁵ —12 ⁰⁰ | 1,27 | Windstille | • | • | • | + 0,28 1,5 | • | • |
| 25. I. 11 ⁵⁰ —12 ⁰⁵ | 1,38 | Windstille | • | • | • | + 0,4 1,5 | • | • |
| 28. I. 10 ⁵⁵ —11 ¹⁵ | 1,34 | Windstille | • | • | • | - 1,0 1,5 | • | • |
| 29. I. 9 ⁵⁵ —10 ¹⁵ | 1,35 | Windstille | • | • | • | + 1,17 1,0 | • | • |
| 5. II. 10 ²¹ —10 ³⁶ | 1,34 | Windstille | • | • | • | + 0,66 1,0 | • | • |
| 7. II. 12 ³⁸ —12 ⁵⁸ | 1,46 | Südwest 1,0 m pr. sek. | • | • | • | + 1,25 1,0 | + 0,6 1,0 | • |
| 8. II. 11 ⁵⁵ —12 ¹⁰ | 1,46 | Nord 1,0 m pr. sek. | • | • | • | + 0,37 1,0 | • | + 0,6 1,0 |
| 9. II. 10 ⁰⁶ —10 ²¹ | 1,32 | Windstille | • | • | • | • | • | - 0,25 1,5 |
| 9 [*] 10. II. 9 ⁵⁵ —10 ¹⁰ | 1,31 | Süd sehr schwach | • | • | • | • | • | • |
| 14. II. 10 ⁵⁰ —11 ¹⁰ | 1,46 | Nord 1,0 m pr. sek. | • | • | • | • | • | • |

¹ Die kleinen Zahlen in der Spalte des Tieres Nr. 3 bedeuten in der linken oberen Ecke die Zeit, um die das Tier länger bestrahl wurde als die anderen zugleich besetzten Mierschweinchen, in der rechten oberen Ecke die Calorienzahlen, welche am fraglichen Tage durch die rote Scheibe zugestrahlt wurden.

² Bei sämtlichen Sensibilisierungen bedeuteten die kleinen Zahlen in der rechten oberen Ecke die an dem fraglichen Tage eingespritzten ccm 1proz Eosinlösung.

³ Tier Nr. 14 wurde am 22. XII. 5 Min. weniger bestrahlt als die anderen Tiere.

⁴ Bestrahlung erfolgte von 10⁵⁵—11¹⁰ bei 1,38 g = cal. pr. min. und qm Sonnenintensität.

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Sonne*, Physiologische und therapeutische Wirkungen des künstlichen Lichts. Verhandl. d. klimat. Tagung in Davos 1925, S. 382. — ² *Huldschinsky*, Die Ultraviolettherapie der Rachitis. Strahlentherapie **11**, 435. 1920. — ³ *Mayer*, Clinical application of sunlight and artificial radiation. Baltimore 1926. — ⁴ *Löwenstädt*, Untersuchungen über die Vorgänge bei der Bindegewebsversilberung nach Bielschowsky-Maresch und über die Konstitution der Gitterfasern. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **39**, 355. 1924. — ⁵ *Pagei*, Meerschweinchentuberkulose und Metallvergiftung. Krankheitsforschung **3**, H. 4/5, S. 372. — ⁶ *Faber*, Sanokrysin-behandlung der Lungentuberkulose. Klin. Wochenschr. 1925, S. 2429. — ⁷ *Rössle* und *Yoshida*, Das Gitterfasergerüst der Lymphdrüsen unter normalen und pathologischen Verhältnissen. Zieglers Beiträge z. allg. Path. u. pathol. Anat. **45**. 1901. — ⁸ *Matsui*, Über die Gitterfasern der Milz unter normalen und pathologischen Verhältnissen. Zieglers Beiträge z. allg. Path. u. pathol. Anat. **60**. 1915. — ⁹ *Plotnikow*, Photochemische Versuchstechnik. Moskau 1911. — ¹⁰ *Abbot*, The sun. London and New York 1912. — ¹¹ *Hausmann*, Grundzüge der Lichtbiologie und Lichtpathologie. Berlin u. Wien 1923.
-