

ÜBER FEHLERHAFT E WIEDERGABE VON SCHATTENINTENSITÄTEN AUF RÖNTGEN-BILDERN (SCHATTENSUMMATION).

Von

Dr. FELIX PELTASON, Assistenzarzt.

Aus der med. Universitätsklinik Würzburg
(Vorstand: Prof. Dr. MAGNUS-ALSLEBEN).

Das Streben nach Objektivierung zeichnet alle modernen Untersuchungsmethoden aus. Überall sucht man die Befunde unabhängig von der persönlichen Auffassung des Untersuchers zu machen; und tatsächlich haben ja selbst-aufzeichnende Instrumente viel zur Vertiefung und Verfeinerung der Erkenntnisse beigetragen. So ist es nicht verwunderlich, daß auch auf dem Gebiete der Röntgendiagnostik der photographischen Methode von allem Anfang an größeres Vertrauen entgegengebracht wurde als der einfachen Schirmdurchleuchtung.

Daß dem Röntgenverfahren überhaupt Fehlermöglichkeiten anhaften, nicht nur in der Ausdeutung der mit ihm erhaltenen Resultate, sondern auch in der Natur der Röntgenstrahlen und der mit ihnen erzeugten Schattenbilder, stellte sich bald heraus; weniger war man sich dessen bewußt, daß auch der photographischen Fixierung des Röntgenbefundes *als solcher* beträchtliche Fehlerquellen eignen; indessen kannte man ja schon lange alle die Umstände, welche bei dem *gewöhnlichen* photographischen Verfahren ein Bild „fälschen“ können. Es sei nur an die sehr veränderliche Wiedergabe der Tonwerte, der Kontraste, der Perspektive usw. im photographischen Bild erinnert. Es kam noch hinzu der sog. „Silberfehler“ der photographischen Bromsilberemulsion, d. h. die abnorm große Absorptionsfähigkeit der Schicht gegenüber Röntgenstrahlen eines bestimmten Wellenlängenbereichs, welche also eine besonders starke „selektive“ Schwärzung der Schicht erzeugen. Dieser Fehler fällt allerdings in ein Strahlenbereich, das für die diagnostische Röntgenographie zur Zeit nicht in Frage kommt [desto mehr für photographische Meßverfahren (KIENBÖCK) in der Röntgentherapie]. In dem gewöhnlichen Bereich der Röntgenographie gilt der Satz, daß unter sonst gleichen Verhältnissen ein Körper einen um so dichteren Schatten wirft, je dicker er ist und je höher seine Dichte (Molekulargewicht) ist. Auf diesem Prinzip beruht ja die Unterscheidung von Fremdkörpern, Knochen, Weichteilen, Flüssigkeits- und Gasinhalt in Körperteilen.

Immerhin gilt der obenerwähnte Satz von der Proportionalität zwischen der Dicke des durchstrahlten Körpers und seiner Absorption für Röntgenstrahlen (die ja den Schatten entstehen läßt) nicht ganz ohne Einschränkung. Bereits RÖNTGEN wurde durch experimentelle Beobachtungen zu dem Schlusse geführt, daß „die Penetrationskraft eines und desselben Strahles wächst, je mehr Masse eines Mediums er schon durchdrungen hat, resp. daß die Absorbierbarkeit der Strahlen in dem Sinne abnimmt“ [zit. nach HOLZKNECHT¹]. Diese Tatsache ist bekannt unter dem Namen „RÖNTGENSches Absorptionsgesetz“.

Die Beobachtung RÖNTGENS ist nicht die einzige Abweichung von der theoretischen Abhängigkeit zwischen der Dicke des durchstrahlten Körpers und der Intensität des durch ihn erzeugten Schattens. HOLZKNECHT hat zuerst (l. c.) eine Erscheinung ausführlich beschrieben, die er als „Schattendeckung“ bezeichnet, die aber unter dem Namen „Schattensummation“ [BRUGSCH-SCHITTENHELM²] u. a.] bekannt geworden ist. Sie besteht, kurz gesagt, in folgendem:

Hat man, z. B. bei der Durchstrahlung eines menschlichen Thorax, zwei gleichartige, d. h. gleich dicke und gleich dichte Massen vor sich, die im Strahlengang *hintereinander* liegen, so rufen diese zuweilen (auf gut gelungenen, kontrastreichen Negativen) einen Schatten von so starker Intensität hervor, daß er das Doppelte der einzeln gesehenen Massen bei weitem zu übertreffen scheint. KIENBÖCK hat dies zuerst an den einander kreuzenden Rippenschatten bemerkt. An

Bildern teilweise übereinanderliegender Finger, an den sich deckenden Teilen des Oberarms und der Achselfalten usw. kann man die gleiche Beobachtung machen. HOLZKNECHT betont ihre Wichtigkeit für die Diagnostik der Lungentuberkulose. Hier kommt es oft vor, daß zwei analoge Herde oder ein Herd und ein Rippenabschnitt in den gleichen Strahlenweg zu liegen kommen und daß dadurch eine scheinbare Absorptionszunahme entsteht. Bei zahlreichen, gleichmäßig über ein ganzes Lungenfeld verstreuten Herden hat man deshalb bisweilen den Eindruck, als ob die Herde sich „in blindem Zufallsspiel gerade hinter den Rippenschatten in langen Ketten gruppiert hätten“ (grobe Fleckung der Rippen, während die Intercostalräume fast frei erscheinen). Hierfür bringt HOLZKNECHT (l. c.) zwei sehr instruktive Abbildungen bei.

Im Fall *teilweiser* Deckung zweier größerer rundlicher Herde entsteht ein intensiver „Deckungsschatten“ von Spindelform, der evtl. allein sichtbar sein kann, während die Schatten der sich nicht deckenden Herdabschnitte infolge zu geringer Intensität unsichtbar bleiben.

Es handelt sich also um eine unverhältnismäßig starke Wiedergabe der Schatten von durch gegenseitige Deckung doppelt dicken Gebilden. Da die Summe der sich deckenden Lagen schattengebender Substanz hier eben *mehr* an Schattenintensität ergibt als die einfache Summe der beiden zugehörigen Schattenintensitäten, wäre es vielleicht richtiger, den Ausdruck „Schattenpotenzierung“ einzuführen; natürlich nicht im mathematischen Sinne, sondern etwa im Sinne der in der Pharmakologie bekannten gegenseitigen Wirkungssteigerung kombinierter Arzneimittel.

HOLZKNECHT hält die ganze Erscheinung für eine Art „optischer Täuschung“. Ich versuchte¹⁾ festzustellen, ob nicht doch eine objektiv greifbare Ursache für das Phänomen zu finden sei, abgesehen von der wenig befriedigenden Annahme einer optischen Täuschung. Die Ursache konnte sein: 1. eine Eigenschaft der Röntgenstrahlung bzw. des zu diagnostischen Zwecken verwendeten Strahlengemisches; 2. eine Eigenschaft der zur Röntgenographie verwendeten photographischen Schicht.

Die Voraussetzung zu 1. erledigte sich dadurch, daß ich in einfacher Weise mittels gleich zu schildernder Versuche feststellen konnte, daß die Erscheinung der „Schattensummation“ *auch mittels gewöhnlichen Lichtes* erzeugbar ist. Es war außerdem von vornherein unwahrscheinlich, daß die Röntgenstrahlen an der Erscheinung schuld seien; denn das RÖNTGENSche Absorptionsgesetz bedingt, für sich betrachtet, in seiner Auswirkung auf die Röntgenographie eine gerade entgegengesetzte Erscheinung.

Es handelte sich also darum, das Verhalten der *photographischen Schicht* gegenüber Schattendifferenzen, wie sie bei Deckung zweier Körper auftreten, unter möglichst einfachen und natürlichen Verhältnissen zu untersuchen und womöglich zahlenmäßig zu bestimmen.

Als sich deckende Körper wählte ich zwei dünne Plättchen aus Bein resp. aus „Wenjazit“, einem hartgummähnlichen Material von der Dichte menschlicher Weichteile.

Die genau gleichdicken Plättchen wurden in Kreuz- oder T-Form aufeinanderliegend mit weichen Röhren aufgenommen. Für die Versuche mit gewöhnlichem Licht mußten die Testkörper natürlich durch solche aus halbdurchscheinendem Material ersetzt werden. Hierfür dienten mir aus einem Stück geschnittene gleichmäßig geschwärzte Filmstreifen, als Lichtquelle elektrisches Glühlicht. Im übrigen war die Anordnung die gleiche. In dem Bezirk *a* (s. Abb. 1), wo sich die Testplättchen kreuzten, hatte also

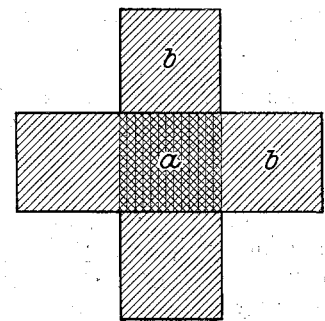


Abb. 1.

¹⁾ HOLZKNECHT, Die röntgenol. Diagnostik der Brusteingeweide, in Albers-Schönberg, Archiv u. Atlas.

²⁾ BRUGSCH-SCHITTENHELM, Lehrbuch klin. Untersuchungsmethoden, 4. Aufl.

¹⁾ PELTASON, Über „Schattensummation“, Fortschr. d. Röntgenstr. Bd. 29.

der Strahl die doppelte Lage schattengebender Substanz zu durchschreiten wie in den ungekreuzten Partien (b) beider Körper. An Stelle der „Schatten“ entstand natürlich auf dem Negativ ein entsprechend *heller* Bezirk.

Um nun das Bestehen einer „Schattensummutation“ überhaupt objektiv zu erweisen, fertigte ich von jedem Negativ ein Diapositiv an. Ein solches konnte zerschnitten und die Bilder der vorher ungekreuzten Teile *nachträglich* zur Deckung gebracht werden (Abb. 2). War eine auf objektiver Grundlage ruhende „Schattensummutation“ im Spiele, so mußte die ursprüngliche Kreuzungsstelle a der Plättchen jetzt als *dunklerer* Schatten erscheinen, obwohl die Dicke von a einerseits, von 2b

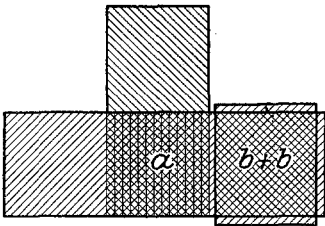


Abb. 2.

andererseits bei der Aufnahme die gleiche war. Eine solche Erscheinung war in der Tat einigemale deutlich nachweisbar, und zwar in deutlicher Abhängigkeit von der richtigen *Belichtung* der Bilder, sodann bei Röntgenstrahlen von der Röhrenhärte. Entsprechend der geringen Dicke der Testkörper mußten nämlich sehr weiche Röhren (3–4 WEHNELT) benutzt werden, um die Erscheinung deutlich zu bekommen.

Es lag nahe, den Intensitätsunterschied zwischen dem Schattenbilde der ursprünglichen Kreuzungsstelle und der Summe zweier ungekreuzter Stellen zahlenmäßig bestimmen zu wollen. Dazu bot sich einmal eine Modifikation des KIENBÖCKschen Verfahrens. Die theoretische Begründung desselben als photometrische Methode für den gegebenen Fall habe ich in einer ausführlichen Veröffentlichung (l. c.) gegeben, ebenso wie die Kritik der übrigen Verfahren und sämtliche Tabellen. Die Anwendung des KIENBÖCK-Verfahrens war folgende: Der aus seiner Hülle genommene KIENBÖCK-Streifen wurde unter dem Negativ bei elektrischem Glühlicht so belichtet, daß er teils unter die gekreuzte, teils unter die ungekreuzte Partie zu liegen kam. Es entstand ein positives Bild der Plättchenschatten, dunkler im gekreuzten, weniger dunkel im ungekreuzten Bezirk. Die Werte beider Schattenintensitäten wurden nun an der KIENBÖCK-Skala abgelesen. War *keine* Schattensummutation im Spiele, so mußten sich die beiden Werte wie 2 : 1 verhalten; also etwa den Skalennummern 4 und 2 entsprechend. Wie zu erwarten, traten neben Werten um 2 : 1 und niedrigeren auch höhere bis zu 4,20 : 1 für gewöhnliches Licht und bis zu 2,75 : 1 für Röntgenstrahlen auf, letzteres auch wieder nur bei *richtiger* Belichtung und weicher Röhre.

Die exakteste Darstellung der beschriebenen Verhältnisse ergab sich aber mit dem HARTMANNSchen Mikrophotometer, einem für die Zwecke der Schattenvergleiche auf photographischen Platten eigens konstruierten Instrument, welches, mit verschiebbarem Vergleichskeil ausgestattet, im Prinzip etwa dem AUTHENRIEDSchen Colorimeter vergleichbar ist. Es gestattet die Schwärzungen einzelner Plattenstellen in relativen Maßen außerordentlich genau zu bestimmen, und mit ihm ergaben sich Werte für den Quotienten $a : b$ bis zu 2,94 (statt 2,00) für Röntgenstrahlen und bis zu 3,66 für gewöhnliches Licht.

Es gelang auch, bis zu einem gewissen Grade Einsicht zu bekommen in die *Bedingungen* für das Zustandekommen der nun als photographisches Phänomen erkannten Schattensummutation. Es sind dies nämlich fast alle die Faktoren, welche auch in der gewöhnlichen photographischen Technik den „Kontrastreichtum“, genauer ausgedrückt die „Gradation“, eines Negativs bestimmen. Vor allem spielt die *Belichtungsintensität* eine große Rolle. Bei Unter- wie bei stärkerer Überbelichtung sehen wir nicht nur keine „Schattensummutation“, sondern sogar eine Umkehr des Verhältnisses der Schattenintensitäten, „Schattensubtraktion“. Die Werte für den Quotienten $a : b$ sinken dann nämlich noch unter den das „normale“ Verhältnis angegebenden Wert 2,0 herab bis zu 1,2. Dem Photochemiker ist ja bekannt, daß die „Gra-

dationskurve“ einer Emulsion nur in ihrem mittleren Teil (dem der *richtigen* Belichtung) einigermaßen steil ansteigt, während sie sich im Stadium der Unter- und Überbelichtung stark abflacht [HOLZKNECHT¹⁾]. Das bedeutet nichts anderes, als daß bei Unter- und Überbelichtung der Kontrast, also die Differenz zweier verschieden stark geschwärtzter Plattenstellen, viel geringer ist als bei richtiger Belichtung. Die Schattensummutation beruht aber gerade auf einer übermäßig großen Differenz in diesem Sinne; sie ist also an eine *steilverlaufende Gradationskurve* gebunden.

Neben der Änderung der Belichtungsintensität ist es selbstverständlich auch möglich, durch eine modifizierte *Entwicklung* die Gradation der Platte zu beeinflussen; aber auch die „spezifische Gradation“ des verwendeten *Plattenmaterials* ist in Betracht zu ziehen. Manche Plattensorten arbeiten „hart“, d. h. übertrieben kontrastreich, andere „weich“, d. h. mit Abminderung der natürlichen Kontraste. Hier sei nur noch erwähnt, daß die Gradation einer Platte für gewöhnliches und für Röntgenlicht nicht genau gleich zu sein pflegt.

In der Röntgenographie kommt zu diesen rein photographischen Faktoren noch der Einfluß der veränderlichen *Strahlenhärte*. Wie schon erwähnt, bedarf es zur Erzeugung kontrastreicher, gut abgestufter Röntgenogramme, besonders von dünnen Objekten, *weicher* Strahlen. Demnach läßt sich auch nur mit solchen die Erscheinung der Schattensummutation erzeugen, und es ist erklärlich, daß man ihr auf guten Lungenröntgenogrammen am öftesten begegnet. Der Einfluß der Röhrenhärte auf das Zustandekommen der Schattensummutation darf also nicht dahin mißdeutet werden, als ob die Erscheinung irgendetwas mit dem Wesen der Röntgenstrahlen an sich zu tun habe. Vielmehr erscheint es mir als sicher, daß es lediglich die verschiedenartige *Gradation* der photographischen Platte und alle die Faktoren sind, die letztere beeinflussen, welche für das Zustandekommen des Phänomens maßgebend sind.

Dem entspricht, daß dasselbe auch nur an Röntgenaufnahmen, nicht aber bei der Schirmdurchleuchtung beobachtet wurde. Versuche darüber, ob fluoreszierenden Schichten, wie sie analog auch in Form von Verstärkungsfolien verwendet werden, eine eigene Summationswirkung zukommt, fielen negativ aus.

Betreffs des *praktischen Wertes* der obigen Feststellungen sei auf HOLZKNECHTS (l. c.) Ausführungen über die Schattensummutation als *Fehlerquelle* in der Röntgendiagnostik, speziell der Lungentuberkulose, zurückverwiesen. Um durch sie entstehende Irrtümer zu vermeiden, erscheint die Herstellung von *richtig graduierten* Negativen an Stelle des gewöhnlich beliebten Strebens nach immer größeren Kontrasten wünschenswert; wenigstens in allen den Fällen, wo es evtl. erforderlich ist, Schattenintensitäten gegeneinander abzuschätzen, ein häufiges Erfordernis im Arbeitsgebiet des internistisch tätigen Röntgenologen.

DIE AUS DEM STUDIUM ÜBER DIE CHEMISCHE BLUTBESCHAFFENHEIT BEI HAUTKRANKHEITEN SICH FÜR DIESELBEN ERGEBENDEN THERAPEUTISCHEN RICHTLINIEN.

Von

Dr. ERWIN PULAY, Wien.

Angaben, die den Stoffwechsel in der Pathogenese der Dermatosen berücksichtigen, sind soweit sie in der Literatur vorliegen, recht lückenhaft und können unseren heutigen Ansprüchen kaum mehr gerecht werden. Die Zusammenhänge sind meist aus der klinischen Beobachtung supponiert worden und entbehren exakter wissenschaftlicher Basis. Gerade nach dieser Richtung hin schien mir die moderne Bluthemie als eine geeignete Methode, um in diese Fragen uns einen vielleicht

¹⁾ HOLZKNECHT, Die photochem. Grundlagen der Röntgenographie; Fortschr. d. Röntgenstr. Bd. 5.