

Kikuchi-Bänder mit Röntgenstrahlen

(vorl. Mitteilung)

Von Hermann Determann

Bei der Durchstrahlung eines Kupferkristalls mit Röntgenstrahlen beobachteten wir Linien und Bänder, die stark den Erscheinungen ähneln, die in der Elektronenoptik als Kikuchi-Linien und -Bänder bekannt sind. Die Versuchsanordnung zeigt Abb. 1. Der Brennfleck liegt in der Mitte der Kreisfläche

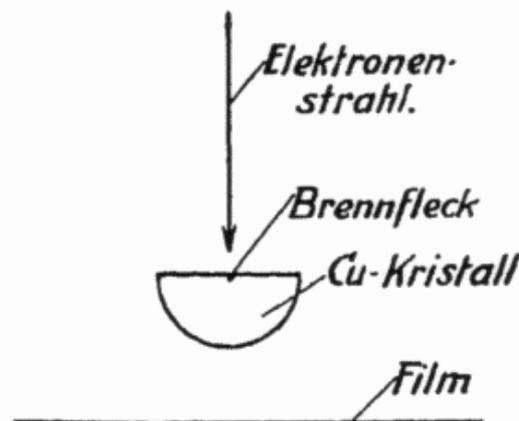


Abb. 1

einer Kupferhalbkugel, die so aus einem Einkristall herausgeschnitten ist, daß in der Verlängerung des Kathodenstrahls ein Rhombendodekaederpol liegt. Die Röntgenquelle liegt im Kristall selbst. Die im Brennfleck erzeugte Röntgenstrahlung hat also bis zu jedem Punkt des Films dieselbe Kupferschicht zu durchstrahlen.

Der Kristall übt offensichtlich eine doppelte Wirkung aus. Erstens macht er die Bremsstrahlung durch reine Absorption nahezu monochromatisch. Um dies zu veranschaulichen, ist in Abb. 2 der Intensitätsverlauf dargestellt,

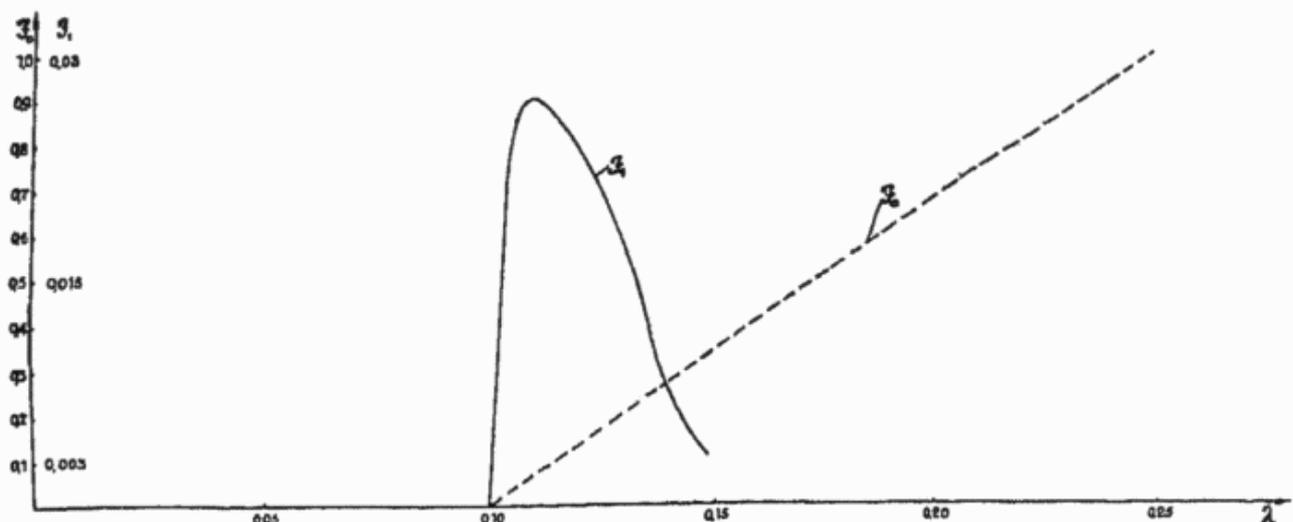


Abb. 2

der sich für eine Bremsstrahlung von 125 KV hinter 10 mm Kupfer aus den bekannten Absorptionskoeffizienten ergibt, wenn man annimmt, daß die Lage des Intensitätsmaximums zur Grenze dieselbe ist, wie in den bereits ausgemessenen Bremspektren bis 50 KV. Die gestrichelte Kurve stellt die Intensität J_0 der mit 125 KV erregten Bremsstrahlung als Funktion der Wellenlänge dar. Ihr Anstieg von der Grenzwellenlänge 0,1 Å bis zum Intensitätsmaximum (das hier bei 0,25 Å angenommen ist) ist linear gezeichnet. Ist die Kurve, wie in den beobachteten Fällen, nach oben gekrümmt, so wird der Ausschritt noch schärfer. Die ausgezogene Kurve zeigt das Wellenlängenband, das von 10 mm Kupfer durchgelassen wird. Lange bevor die Bremsstrahlung ihr Maximum erreicht hat, ist die gefilterte Strahlung praktisch auf Null zurückgegangen. Es wird also nur ein schmaler Bereich, der nahe der Grenzwellenlänge liegt, hindurchgelassen. Das Maximum ist hier um 12 % gegenüber der Grenzwellenlänge nach der weichen Seite verschoben. Um den schroffen Anstieg und Abfall erkennen zu lassen, ist die Ordinate von J_1 gegenüber der von J_0 um das 3000fache überhöht gezeichnet. Man hat also ein enges Band in einem Wellenlängengebiet, das den gewohnten Elektronenwellenlängen nahesteht — zu 0,1 Å gehören dort 15 000 Volt —.

Zweitens wirkt der Kristall als Gitter. Eine so harte Strahlung wird an den Netzebenen nahezu streifend, unter einem Winkel von wenigen Grad, reflektiert. Abb. 3 zeigt eine Aufnahme, die mit 112 KV erhalten wurde. Die Intensitätsabnahme nach außen ist beim Kopieren in bekannter Weise ausgeglichen. Man sieht eine Anzahl heller und dunkler Linienpaare, die sich bestimmten Netzebenen zuordnen lassen, wie das auf dem Rande der Abb. 3 angegeben ist. Es sind mehrere Ordnungen zu erkennen. Innerhalb der Linien weicht die Schwärzung oft vom allgemeinen Untergrund ab, so daß dunkle Bänder entstehen. Die Bandbreite (Linienabstand) auf dem Film wächst linear mit dem Abstände des Films vom Brennfleck und ist um so schmaler, je härter die Röhre arbeitet. Berechnet man die Wellenlänge aus $\lambda = 2d \sin \theta$ unter der Annahme, daß der Scheitel von θ im Brennfleck liegt, so stimmt sie mit der nach Fig. 2 berechneten innerhalb der Meßgenauigkeit (ca. 10 %) überein.

Diese Bänder entsprechen den bei Elektronen derselben Wellenlängen beobachteten und sind elementar zu verstehen. Hingegen ist die Ursache der Schwärzungsstufen, die auf Abb. 3 und 4 als Bänder und in ihren Kreuzungspunkten als Flecken zu erkennen sind, ebenso wie bei den Rikuchi-Bändern der Elektroneninterferenzen noch nicht geklärt. Wir vermuten, daß beides untereinander und mit den noch ungeklärten Schwärzungsstufen bei den Linien aus Gitterquellen zusammenhängt, und hoffen eine Aufklärung der Bedingungen ihres Auftretens davon, daß es nun möglich ist, die Parallele zu den Elektronenstrahlen des gleichen Wellenlängenbereiches enger zu ziehen.

Die Versuche werden im hiesigen Institut fortgesetzt. Herrn Professor Kossel danke ich für die Anregung, diese Erscheinung näher zu untersuchen, und sein stets förderndes Interesse, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre Unterstützung.

Danzig-Langfuhr, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

Eingegangen am 23. Juni 1937.

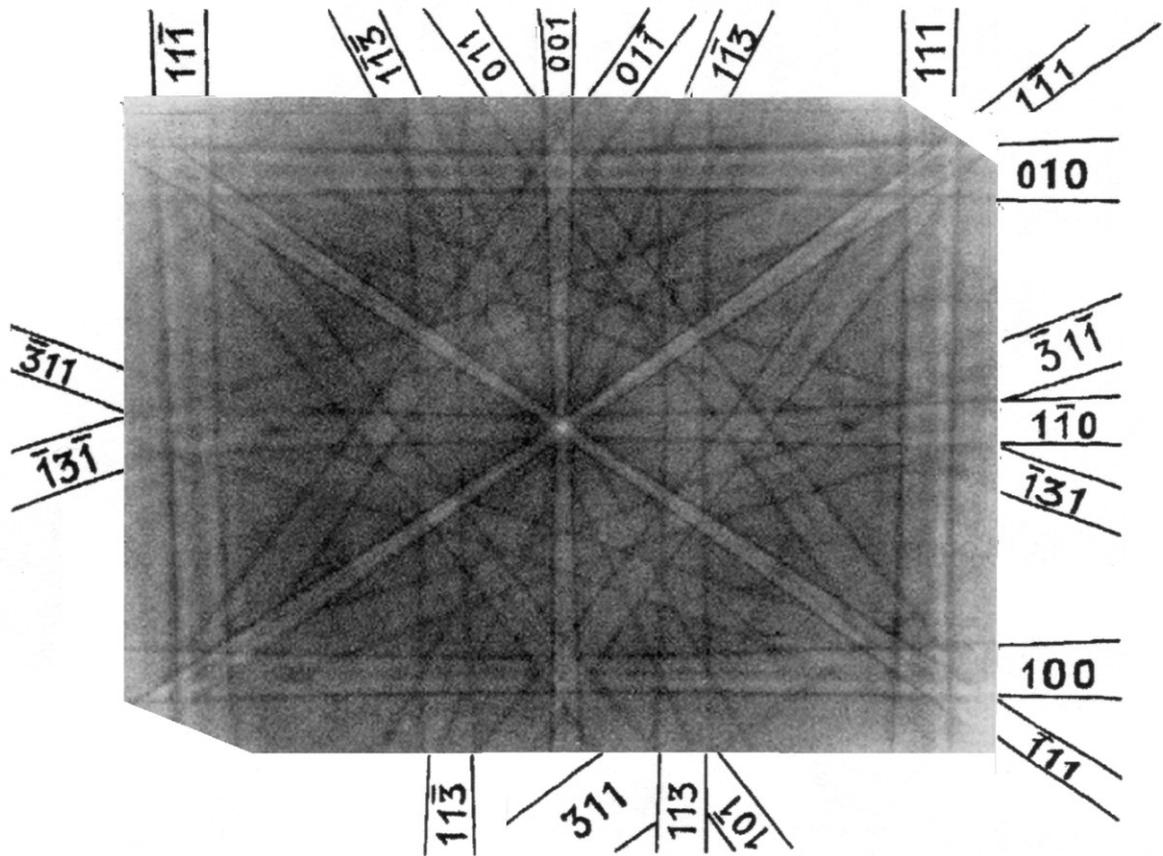


Abb. 3
112 KV Abstand Quelle — Film 21 mm

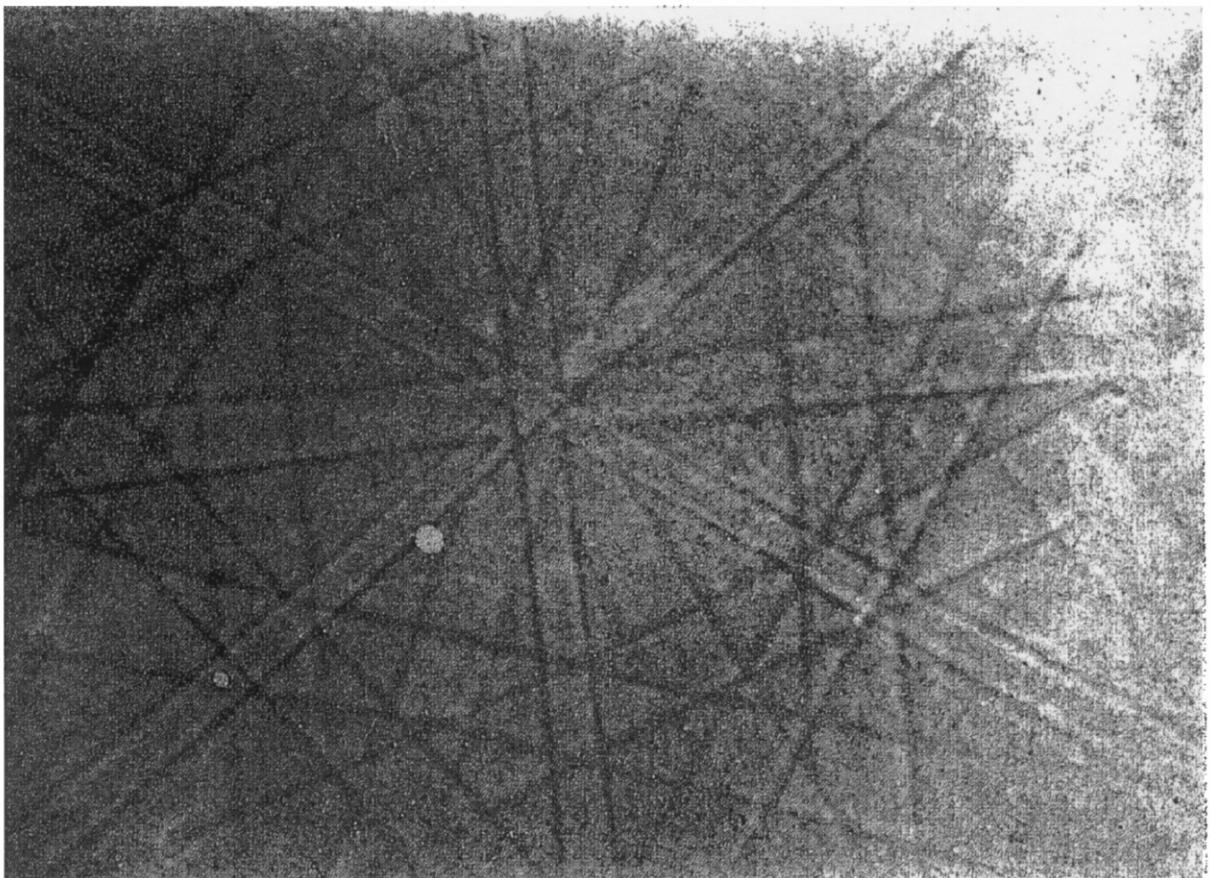


Abb. 4
110 KV Abstand. Quelle — Film 60 mm

Kikuchi Bands with X-Rays

(preliminary communication)

by Hermann Determann

By transmission of X-rays through a copper crystal we have observed lines and bands that are very similar to phenomena that are known in electron optics as Kikuchi lines and bands. The experimental set-up is shown in Figure 1. The focal point is in the center of the circular area of a copper half-sphere. It had been cut out of a single crystal so that a rhombo-dodecaeder pole lies in the extension [= *direction*] of the cathode ray. The X-ray source lies in the crystal itself. The X-ray radiation, generated in the focal point, has hence to transmit the same [*thickness of*] copper layer down to each point on the film.

The crystal obviously exerts a double effect. First, it makes, by pure absorption, the brems-radiation [= *continuous radiation*] approximately monochromatic. To illustrate this, the intensity distribution is represented in Figure 2. It is obtained for a bremsradiation of 125 kV on the backside of 10 mm copper from the known absorption coefficients if one assumes that the position of the intensity maximum relative to the [*high energy cutoff*] limit is the same as in the bremspectra already measured up to 50 kV. The dotted curve represents the intensity J_0 of bremsradiation excited at 125 kV as a function of the wavelength. Its slope from the cutoff wavelength [= *high energy edge*] of 0.1 Angstrom to the energy maximum (which is assumed here to be at 0.25 Angstrom) is drawn as a straight line. If the curve, as in the observed cases, is bending upwards, the clipping [*the meaning is: filtering effect*] is even sharper. The continuous curve shows the range of wavelength that can be transmitted through 10 mm copper. Long before the bremsradiation has reached its maximum, the filtered radiation has dropped to practically Zero. So only a narrow range can pass through that lies close to the cutoff wavelength. The maximum is here shifted by 12% from the cutoff wavelength to the soft [= *low energy*] side. In order to visualize the steep increase and decrease, the ordinate of J_1 is raised (banked) 3000 times. One therefore has a narrow band in a range of wavelengths that is similar to the usual electron wavelengths – 0.1 Angstrom correspond there to 15 000 Volt – .

Second, the crystal acts as a lattice. Such a hard radiation is reflected from the lattice planes almost at a grazing angle of a few degrees. Figure 3 shows a pattern that was recorded at 112 kV. The intensity drop outwards has been balanced off in the common way during the copying process. A number of bright and dark line pairs are seen that can be assigned to certain lattice planes, as is indicated on the margins of Figure 3. There are several orders to be recognized. Within the lines the blackness often differs from the general background so that dark bands are formed. The band width (spacing between lines) on the film increases linearly with the distance of the film to the focal point, and it is the narrower the harder the tube is working [= *the higher the voltage is*]. If one calculates the wavelength from $\lambda = 2 d \sin \vartheta$ under the assumption that the apex of ϑ lies in the focal point, then it agrees, within the accuracy of measurement (about 10%), with that one calculated after Figure 2.

These features correspond to those that are observed with electrons at the same wavelength and are understood elementarily. The reasons for the gray levels, however, that are observed in Figures 3 and 4 as bands and at their crossings as patches, have not yet been explained, as

well as is the case with Kikuchi bands of electron interferences. We suppose that both depend on each other and on the not yet understood gray levels between the lines from lattice interferences. We hope for an explanation of conditions for their occurrence since it is now possible to draw a closer parallelism with electron rays of the same range of wavelengths.

The experiments will be continued in the local institute. I thank Professor Kossel for the suggestion to study this phenomenon in more detail, and for his continuous furthering interest, and the German Research Foundation for support.

Danzig-Langfuhr, Physical Institute of the University of Technology.

Received on 23 June 1937

Figure 1:

Elektronenstrahl = electron beam

Brennfleck = focal point, that is the beam spot on the sample

Cu-Einkristall = copper single crystal

Figure 3 and 4

Abstand Quelle – Film = distance between source [*beam spot*] and recording film