

2. Si-Proben wurden ohne vorhergehende Cu-Dekoration erst von Temperaturen über 900 °C in Äthylenglykol abgeschreckt. Nach erfolgter Leitfähigkeitsmessung sind die Proben mit Cu dekoriert und die Ausscheidungsverteilung beobachtet worden. Dabei ergab sich folgendes:

a) Beim Abschrecken nicht dekorierte Si-Proben werden Donatoren in einer Konzentration bis 10^{14} cm^{-3} gebildet. Die Donatordichte war um so höher, je höher die Temperatur war, von der die Proben abgeschreckt wurden und je höher die Abschreckgeschwindigkeit war.

b) Die Dekoration solcher abgeschreckter Proben ergibt die in Abb. 5 gezeigte Ausscheidungsverteilung. (Bei dieser Probe handelt es sich um Material aus demselben Kristall, der ohne diese Wärmebehandlung die in Abb. 1 a gezeigte Ausscheidungsverteilung besitzt.)

Diese Proben sind durch die Anwesenheit neuer punktförmiger, statistisch verteilter Ausscheidungsstellen charakterisiert, deren Dichte mit steigender Temperatur, von der abgeschreckt wird, zunimmt.

Wegen der andersartigen Wärmebehandlung unserer Proben liegt der von KAISER et al.³ vorgeschlagene Mechanismus für die Bildung von Donatoren in unserem Fall nicht vor.

Die Bildung von Donatoren sowie die Entstehung punktförmiger Ausscheidungsstellen in unseren abgeschreckten Proben kann durch die Wirkung von Leerstellen bzw. deren Agglomerate erklärt werden, wenn man eine ähnliche Reaktion zugrunde legt, wie sie z. B. PENNING⁴ für die Akzeptorbildung durch Cu in Ge vorschlug.

$$\text{Fremdatom}_{\text{ZW}} + \text{Leerstelle} = \text{Fremdatom}_{\text{SUB}},$$

$$\text{Fremdatom}_{\text{ZW}} = \text{Fremdatom auf Zwischengitterplatz},$$

$$\text{Fremdatom}_{\text{SUB}} = \text{Fremdatom auf Gitterplatz}.$$

³ W. KAISER, Phys. Rev. **105**, 1751 [1957].

⁴ P. PENNING, Philips Res. Rep. **13**, 17 [1958].

Dabei soll sich das Fremdatom_{sub} von dem Fremdatom_{zw} im elektrischen Verhalten unterscheiden (s. u.).

Bei hohen Temperaturen verlagerte sich infolge der höheren Leerstellenkonzentration das Gleichgewicht auf die rechte Seite der Reaktionsgleichung.

Durch den Abschreckvorgang wird dieses Hochtemperaturgleichgewicht um so vollständiger bei Zimmertemperatur eingefroren, je höher die Abschreckgeschwindigkeit ist, d. h. um so mehr Fremdatome_{sub} liegen dann bei Zimmertemperatur vor.

COLLINS und CARLSON⁵ finden, daß in eisentotierten Si-Proben bei derselben Wärmebehandlung Donatoren entstehen, wobei Fe_{sub} als Donator wirkt und Fe_{zw} elektrisch inaktiv ist.

Aus HALL-Effektmessungen an abgeschreckten Si-Proben kommt IRMLER⁶ zu dem Schluß, daß es sich bei den dabei gebildeten Donatoren um Eisenatome handelt.

Es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß es sich auch in unserem Fall bei dem Fremdatom_{sub} um Fe_{sub} handelt.

Umgekehrt kann unter dieser Annahme von der Anwesenheit der Donatoren auf eine bestimmte Leerstellenkonzentration in den abgeschreckten Proben geschlossen werden.

Da andererseits abgeschreckte Proben neben den Donatorzuständen durch punktförmige Ausscheidungsstellen ausgezeichnet sind, deuten diese Versuche darauf hin, daß Leerstellen bzw. deren Agglomerate auch als Ausscheidungskeime für Cu in Si wirksam sein können.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die Bereitstellung von Apparaten gedankt.

⁵ C. B. COLLINS u. R. O. CARLSON, Phys. Rev. **108**, 1409 [1957].

⁶ H. IRMLER, Dissertation, Berlin 1959.

Moire Patterns and Dislocations in Mica

By I. SUGAR

Laboratory of Solid State Physics, University of Brussels,
Brussels, Belgium

(Z. Naturforsch. **16 a**, 221–223 [1961]; eingegangen am 15. August 1960)

The cleavage properties of mica make it possible to obtain sufficiently thin and very extended crystalline specimens for transmission electron microscopy and it may serve as a good model in investigating many interesting features of layer structures. Interference phenomena arising from double reflexion on holes in mica have been discussed by RANG¹ and by MÖLLENSTEDT²; the nature of "superstructures" due to well defined

mutual rotations of the pseudo-hexagonal mica layers has been shown by RANG³ and by CARTRAUD and ZOUCKERMANN⁴; mica was used by SILK and BARNES to record traces of high energy fission fragments and to examine these traces by electron microscopy⁵; ZOUCKERMANN has reported various orientations of microcrystals when sedimented on mica sheets, as revealed by electron diffraction⁶.

It was the degree of perfection of thin cleaved sheets of mica which interested us, as it seemed reasonable to use them for support and reference material when investigating the oriented growth of either evaporated or water soluble crystalline material. In the first part of this investigation, we attempted to acquire more knowledge on mica by relating its known chemical and crys-

¹ O. RANG, Z. Phys. **136**, 465 [1953].

² G. MÖLLENSTEDT, Optik **10**, 72 [1953].

³ O. RANG, Z. Phys. **152**, 194 [1958].

⁴ R. CARTRAUD and R. ZOUCKERMANN, J. Phys. Radium **21**, 73 [1960].

⁵ E. C. H. SILK and R. S. BARNES, Phil. Mag. **4**, 970 [1959].

⁶ R. ZOUCKERMANN, Fourth Internat. Conf. on Electron Microscopy, Berlin, 10–17 September 1958; Springer-Verlag, Berlin 1960, p. 460.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

tal structure to visual observations on the scale of high resolution electron microscopy.

Preparing thin mica sheets by the thinning method of SILK and BARNES⁵, we have observed

- 1) Moiré patterns,
- 2) Dislocations and their interactions,
- 3) Extinction lines (which we did not generally take into consideration except in cases, where they served to indicate the presence of imperfections).

(It was also seen that relatively small areas contained Moiré patterns in the specimens and they were, to a high degree, free from dislocations but almost never free from extinction lines. Thus it might be hoped that if extinction lines can be eliminated, mica may serve the desired purpose. This implied, however, that a special preparative method had to be developed. We shall show in a future paper that—by a modification of the present thinning technique—it is possible to obtain thin sheets of mica of fairly uniform thickness and free from bending, so that it is mostly the heating effect of the beam which generates such lines. This, however, can be avoided by taking precautions when operating the microscope.)

Considering the fact that we have not yet encountered any publications on Moiré patterns and dislocations in mica (apart from a preliminary mention on observed dislocations in the cited work of SILK and BARNES) we think that it is not without interest to describe them. We here intend to give only a morphological description of the observed structures, while a more thorough discussion will follow soon.

1) *Moiré patterns.* In general, Moiré patterns of long spacings (in the range of 100–1000 Å) were observed when the thinning method of SILK and BARNES was applied. It is thought that with this method, we obtain sufficiently thin *single* sheets in which the chemical bonds between elementary layers remained preserved. It is thus possible that these Moirés originate from slight relative azimuthal rotations of crystal due to defective crystal growth. A similar effect was typically observed on colloidal gold platelets by several authors (l. c.^{7,8}). In our case, however, it is not easy to clear up their real origin because selected area diffraction which accompanied each recording, showed sometimes angular splittings of spots, much too large to be ascribed to long spacings: at the same time only these and no small periods were observed. In general however, long spacings could have been related to well defined reflexions by taking series of dark field micrographs. The resolution of diffraction spots was not very good; hence, we worked usually on higher order reflexions. We observed sometimes splits, in which one of the spots was not only angularly but also radially displaced. Possible explanation for this has been made by considering the crystal structure and its distortions. A complete analysis of these Moirés proved to be in many cases quite complicated.

Fig. 1 a * shows a typical example for the generally

observed Moirés and Fig. 1 b one of its dark field images. On Fig. 1 a we distinguish at least four layers though their individual contribution cannot be identified. It was often observed in case of complicated Moirés of this type that the pseudo-hexagonal structure of the basal plane has been demonstrated by the interaction of Moiré-lines in a somewhat distorted form (see the hexagons in A and B of Fig. 1 a and the angle of almost 120° in C). Point D seems to be a center for the geometry of the present pattern. It is not impossible that there also exists a rotation center which remained fixed. (In fact, we have observed such centers when studying the layered structure of basic Cadmium Nitrate.) Note the half planes in the area marked E. These are not uncommonly found in patterns of large periods. Fig. 2 shows neighbouring half planes in the marked area. Perpendicular crossings of Moiré lines (as marked by arrows) indicate that (assuming three contributing layers and pure rotation Moirés), here at least two kinds of crystal planes play a simultaneous role in the formation of this pattern. Fig. 3 shows a very complicated system of half planes and (similarly to small angle tilt boundaries as observed by DEMNY⁸ in Moirés of gold platelets) an abrupt change of Moiré spacing and direction along the curved line marked AB. Between points C and D, in an area not containing Moiré pattern, we find a single dislocation line in one of the crystal layers, the presence of which is indicated only by the shift of the two extinction lines which cross it.

While in these single sheets we never observed small periodicities (under about 100 Å), spacings well under this limit could be obtained by heating the specimen. In this case, according to LINNIK⁹ (who heated to red mica sheets to obtain two dimensional X-ray diffraction patterns) interlayer bonds will be destroyed and thus larger rotational slips are possible between layers while they still remain in contact. Fig. 4 gives an example of this.

2) *Dislocations.* Very extended lines of typical contrast properties were sometimes observed in mica; we think these to be dislocation lines in the plane of observation. The lines which possess typical one-sided contrast as in Fig. 5 and Fig. 8 (or they are doubled as in Fig. 6) are parallel even when they are curved and, in most cases, uniformly spaced. They are sometimes crossed by another set of parallel lines, forming well contrasted nodes as in Fig. 5. Sometimes also, an abrupt change of orientation of the lines in the system can be observed as in Fig. 5 and Fig. 8 marked by double arrows.

Further interesting details can be seen on Fig. 8. The spots marked by arrows are probably due to dislocation lines running in the third dimension of the crystal. Characteristically, they always cross the lines which lie in the actual plane of observation. In A, there is a change in sign of the contrast of lines. Sometimes, as it is seen here, and also on Fig. 9, crossed networks

⁷ O. RANG and H. POPPA, Z. Phys. **153**, 643 [1959].

⁸ J. DEMNY, Z. Naturforschg. **15 a**, 194 [1960].

* Fig. 1–9 on p. 222 a, b.

⁹ W. LINNIK, Nature, Lond. **123**, 604 [1929].

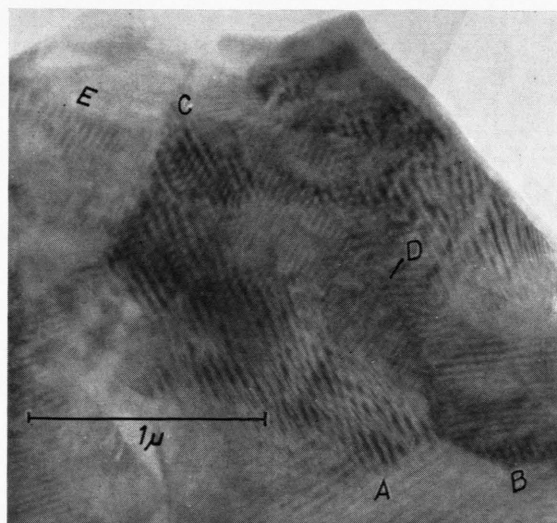


Fig. 1 a. Long spacing Moiré pattern showing a hexagonal symmetry (A, B, C), a possible rotation center (D) and dislocation half planes (E).

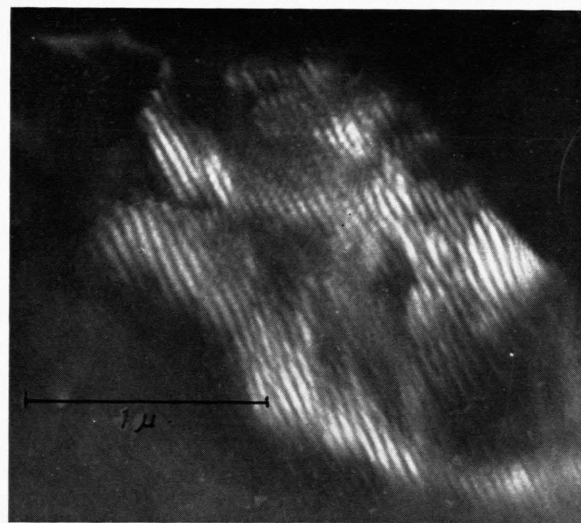


Fig. 1 b. Dark field image from detail shown in Fig. 1 a.

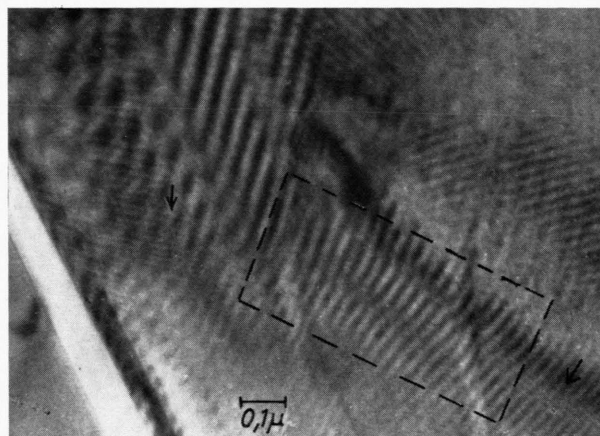


Fig. 2. Long spacing Moiré pattern, showing dislocation half planes.

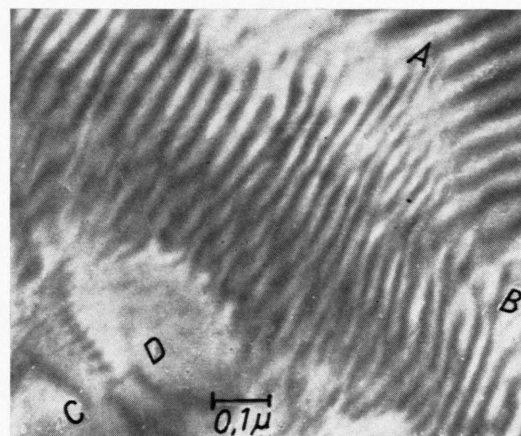


Fig. 3. Long spacing Moiré, showing complicated dislocation structure.

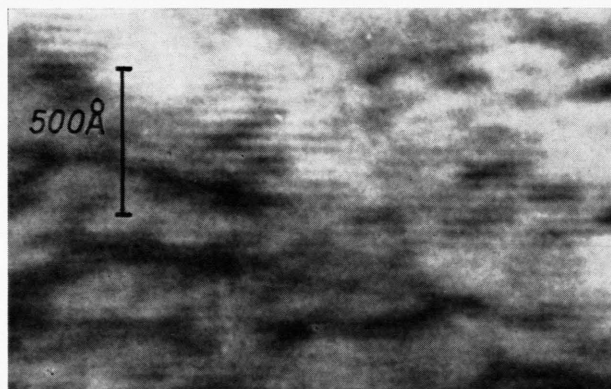


Fig. 4. Showing a $40\text{\AA}$ period in heated mica.

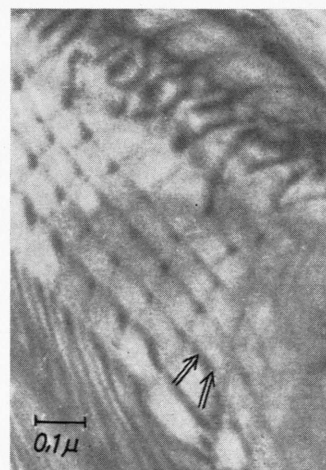


Fig. 5. Interaction of dislocation lines.

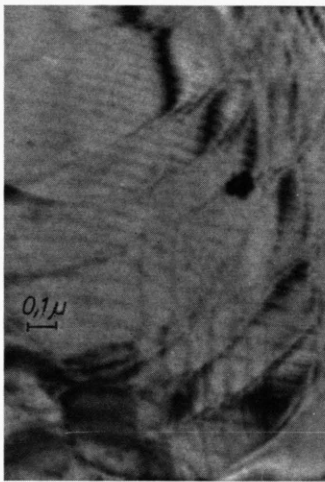


Fig. 6. Similar as in Fig. 5.

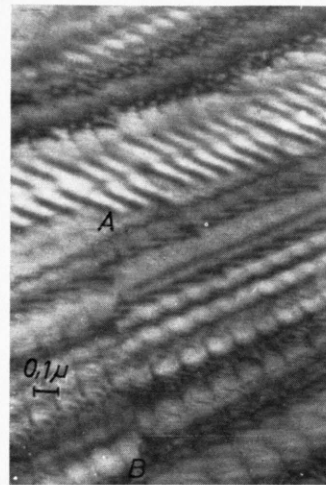


Fig. 7. Interaction of extinction lines and dislocations.

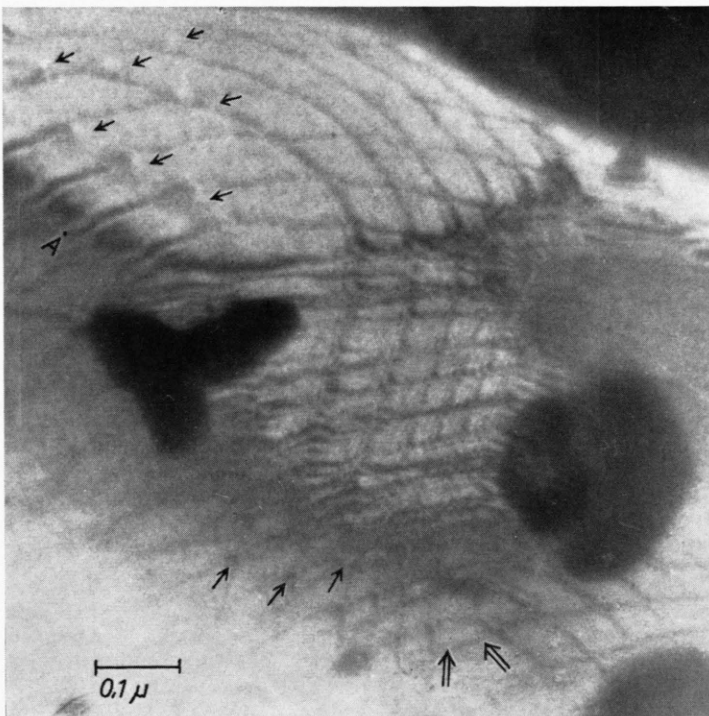


Fig. 8. Interaction of dislocations. Lines changing sign of contrast in A. Dislocations intersecting the plane of observation and running into the third dimension of the crystal—marked by arrows. The crossed network is accompanied by a Moiré pattern probably of the parallel type.

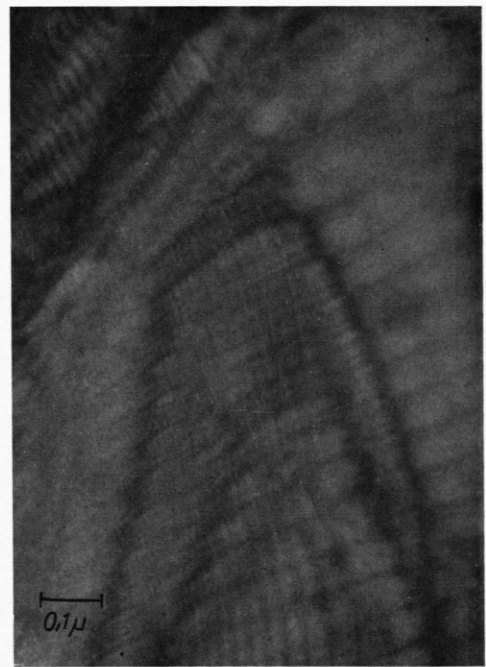


Fig. 9. Line interaction accompanied by a Moiré pattern, similarly to that shown in Fig. 8. The two dimensional character of the pattern is especially well observable on the shifts of the extinction lines.

are accompanied by the appearance of one or two dimensional Moirés. A simple explanation for this could be found, assuming a lateral distortion (contraction or dilatation) in one of the contacting crystal layers—as represented by the extended dislocation lines. This will mean that neighbouring net planes differ in cell dimensions, thus giving rise to parallel type Moiré patterns.

3) *Extinction lines.* In Fig. 7, a system of extinction lines interfered with a perpendicular set of dislocation lines. Extinction lines become stepped at the points of

intersection. Between A and B, there is a crossing dislocation line not belonging to the former regular set of lines. In many cases, it was only extinction lines which indicated dislocations of a poor contrast, or those, which otherwise would have remained invisible.

Remark. These observations were made on muscovite mica. The Hitachi HU-10 electron microscope was used at 75 kV.

The author would like to thank Professor H. LAMBOT, Director of the Laboratory, for his kind help and interest in the course of this study.

BESPRECHUNG

The Study of Elementary Particles by the Photographic Method. Von C. F. POWELL, P. H. FOWLER und D. H. PERKINS. Pergamon Press, London 1959. XVI, 669 S. mit 439 Abb., Preis geb. £ 12.10 d.

Als die Arbeit an diesem Buch vor etwa 10 Jahren in Angriff genommen wurde, hatten die Autoren zunächst die Absicht, einen Atlas typischer Mikroaufnahmen von Spuren in Kernphotoplatten zusammenzustellen, in der Art ähnlich dem Atlas typischer Nebelkammeraufnahmen von BOTHE, MAIER-LEIBNITZ und GENTNER.

Dieses Vorhaben ist in dem vorliegenden Werk in glänzender Weise realisiert worden: Das Buch enthält eine nahezu enzyklopädische Sammlung von Photographien fast aller Phänomene, die mit Kernphotoplatten entdeckt oder studiert wurden. Die Kapitel über Elektronen und γ -Strahlen, über μ -, π - und K-Mesonen, über Hyperonen und Antiprotonen werden dabei ergänzt durch weitere über Protonen- bzw. Mesonen-induzierte Reaktionen im Gebiet hoher und höchster Energien und über die schweren Kerne in der Primärkomponente der kosmischen Strahlung.

Darüber hinaus aber sind zu den erklärenden Bildtexten einführende Kapitel hinzugekommen, die eine rasche Orientierung über die Physik der behandelten Reaktionstypen und der Elementarteilchen ermöglichen. Durch dieses erweiterte Textvolumen gewinnt das Buch außerordentlich im Hinblick auf Geschlossenheit der

Darstellung des verarbeiteten Stoffs und wächst über den Rahmen eines einfachen Atlases typischer Kernemulsionsaufnahmen hinaus. Angenehm empfindet man dabei, daß die Texte nie langatmig werden und mit reichhaltigen Literaturangaben — auch von Übersichtsartikeln — versehen, immer auf den Gesamtplan des Werkes hin orientiert sind: An Hand von Photoplattenexperimenten die Eigenschaften und Wechselwirkungen der Elementarteilchen zu studieren. Die Autoren können u. a. aus der Fülle ihrer eigenen Arbeiten schöpfen und so sind denn auch eine ganze Reihe von bisher unveröffentlichten Aufnahmen in das Buch mit aufgenommen. Die Geschichte der Photoplattenmethode, die technischen Aspekte und die Meßmethoden sind ebenfalls ausführlich behandelt.

Man wird als Physiker, auch als Nichtfachmann, gerne und immer wieder zu diesem Buch greifen, sei es um sich einen Überblick über eines der so anschaulich dargestellten Gebiete in der Elementarteilchenphysik zu verschaffen oder um sich als Fachmann über eine spezielle Frage zu informieren. Tabellen über die Entdeckung und Eigenschaften der Elementarteilchen gleich am Anfang des Buches tragen sowohl zum Informationsgehalt als auch zur inneren Geschlossenheit des Werkes bei und demonstrieren dabei eindringlich die Bedeutung der Kernemulsionsmethode im Rahmen der experimentellen Elementarteilchenphysik.

C. MAYER-BÖRICKE, Heidelberg.