Z. Dt. Gemmol. Ges. (ISSN 0343-7892) Jg. 31	Nr. 3	Seite 131-142 Idar-Oberstein, September 1982

Sonderdruck aus Heft 3 der

„Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft"

Perlendiagnose mit Laue-Aufnahmen

H. A. Hänni

Perlendiagnose mit Laue-Aufnahmen

H. A. HÄNNI, Basel

Zusammenfassung

Manche Diffraktionsaufnahmen (Lauediagramme) von Perlen zeigen komplexere Muster als sie in den Standardwerken vorgestellt werden. Perlenform und innerer Aufbau tragen zum Ergebnis maßgeblich bei. Die Perlmutterkerne der Zuchtperlen lassen sich mit Lauediagrammen immer nachweisen. Kernlose Zuchtperlen liefern Aufnahmen, die denen von echten Perlen sehr ähnlich sehen. Mit Hilfe der Raster-Elektronenmikroskopie wurden die Aragonit-Tafelstrukturen untersucht, Modelle der Zwillingsbildung werden diskutiert.

Abstract

Frequently, diffraction patterns (Lauephotographs) of pearls are more complex than represented in the literature. Lauephotographs reflect the influence of shape and structure in pearls. Mother-of-pearl beads in cultured pearls are easily detected using Lauephotographs, even if they are strongly coated. Lauephotographs of seedless cultured pearls are very similar to those of natural pearls. Pictures of aggresgated tabular aragonite crystals were made with a scanning electron microscope. Models of twin formation are discussed in the light of these Laue patterns.

Einleitung

Für die Echtheitsprüfung von Perlen stehen, neben anderen Möglichkeiten, zwei Röntgenverfahren zur Verfügung. Es sind dies die Direkt-Radiographie (Röntgen-Schattenverfahren) und das Laueverfahren (Röntgendiffraktion). Beide Methoden bringen, allein angewendet, nur bedingt die erwünschte Entscheidungsgrundlagen für die Bestimmung aller möglichen Perlenarten. Es sollte von Fall zu Fall abgeklärt werden, welche Untersuchungen die verläßlichere Information zur Klärung der Echtheitsfrage liefert. In dieser Arbeit werden die Faktoren untersucht, die einen Einfluß auf die Lauediagramme haben.

Bei Echtheitsuntersuchungen für den Handel fielen immer wieder Lauediagramme auf, die weder ein klares pseudohexagonales noch ein zweizähliges Symmetriemuster zeigen. Die meisten dieser Perlen weichen von der Kugelform mehr oder weniger stark ab. Ein Zweck dieser Untersuchung ist die Abklärung des Zusammenhangs zwischen der Perlenform und der Primärstrahlrichtung im Hinblick auf das Lauediagramm. Weiter interessiert der Effekt, den eine relativ dicke Zuchtschicht auf die Lauediagramme der Zuchtperlen mit Kern hat. Um die pseudohexagonalen Punktmuster verstehen zu können, wird das Vorhandensein und die Art der Verzwillingung der Aragonittafeln untersucht.

Direkt-Radiographie (Röntgen-Schattenverfahren)

Bei der Direkt-Radiographie wird der Effekt ausgenutzt, daß Röntgenstrahlen Materie durchdringen können und dabei geschwächt werden. Das Ausmaß der Schwächung ist abhängig von der Dicke, Dichte und chemischen Zusammensetzung des Untersuchungsgutes. Bei der Durchstrahlung einer Perle entsteht auf einem dahinter angebrachten Film ein Schattenbild, das die Dichte- und Dickeverhältnisse darstellt. Als diagnostisch wert-

voll gelten die relativ stärkeren Schwärzungen, die von konchynreichen Zonen herrühren. Diese mit organischem Material angereicherten Zonen haben eine niedrigere Röntgendichte als das umgebende Calziumkarbonat, die Strahlung wird weniger geschwächt. Solche Zonen können im Zentrum liegen oder einigermaßen konzentrisch dazu, in Form von Bögen oder Ringen einzeln oder mehrfach auftreten. In den meisten Fällen zeigen Naturperlen auf dem Film solche Merkmale. Dazu kann noch ein typischer, leicht diskontinuierlicher Verlauf der Filmschwärzung vom Zentrum zum Rand festgestellt werden. Bei Zuchtperlen mit Kern ist meistens ein dunkler Ring nahe der Peripherie zu bemerken, der die konchynreiche Schale um den Zuchtkern darstellt. Bei kernlosen Zuchtperlen fällt neben der meist stark unregelmäßigen Form die knäuelige bis linienartige Konchynkonzentration im Zentrum auf.

In vielen Fällen ist es leider nicht möglich, feinste Wachstumsinhomogenitäten zur Abbildung zu bringen. Diese Fälle zeigen die Grenzen der Abwendbarkeit der Direkt-Radiographie. Zur Technik und Interpretation dieses Verfahrens sei auf die Ausführung von ANDERSON (1971), WEBSTER (1975), und BROWN (1979) hingewiesen.

Technische Angaben

Die für diese Untersuchung benötigten Lauediagramme wurden im Röntgenlabor des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Basel hergestellt. Da keine eigentliche Laue-Kamera zur Verfügung stand, wurde eine Precession-Kamera mit einer 0,7 mm Blende verwendet. Mit einem Philips-Generator wurde eine Mo-Röhre betrieben (20 mA, 40 kV), deren Strahlung ungefiltert zur Anwendung kam. Die Perle wurde jeweils direkt an die Blende gesetzt und hatte einen Abstand von 4,5—6 cm vom Film (in Plastic verpackter Dentalfilm). Die Belichtungszeiten lagen je nach der Dicke der untersuchten Perle zwischen 4 und 10 Stunden.

Die Aufnahmen der Perlenoberflächen wurde mit einem Raster-Elektronenmikroskop Stereoscan Mark II A (Cambridge) bei einer Anregungsspannung von 20 kV unter verschiedenen Winkelbedingungen und Vergrößerungen hergestellt. Die Proben wurden etwa 20 nm dick mit Gold besputtert.

Laue-Aufnahmen (Röntgendiffraktion)

Dem Physiker Max von LAUE gelang es 1912, zusammen mit seinen Mitarbeitern, den Wellencharakter der Röntgenstrahlung und die Raumgitternatur kristalliner Festkörper nachzuweisen. Aufgrund dieser Kenntnisse begannen H. W. BRAGG und Sohn mit der Untersuchung von Kristallstrukturen. Seit etwa 1927 wurde das Laue-Verfahren auch zur Untersuchung von Perlen angewendet (GALIBOURG & RYZIGER, 1927).

Das Laue Verfahren wird benutzt, um die Symmetrieverhältnisse in Kristallen darzustellen. Ein feiner, „weißer" Röntgenstrahl soll parallel zu einer Symmetrieachse in einen Kristall dringen. Er wird teilweise von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, da er an den Gitterebenen gebeugt wird. Der Strahl folgt all denjenigen Richtungen, für welche die BRAGG'sche Gleichung $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin\Theta$ erfüllt ist. Die Gesamtheit der Strahlen entwerfen auf dem Film hinter dem Kristall ein Punktmuster, dessen Symmetrie derjenigen des Kristalls entspricht.

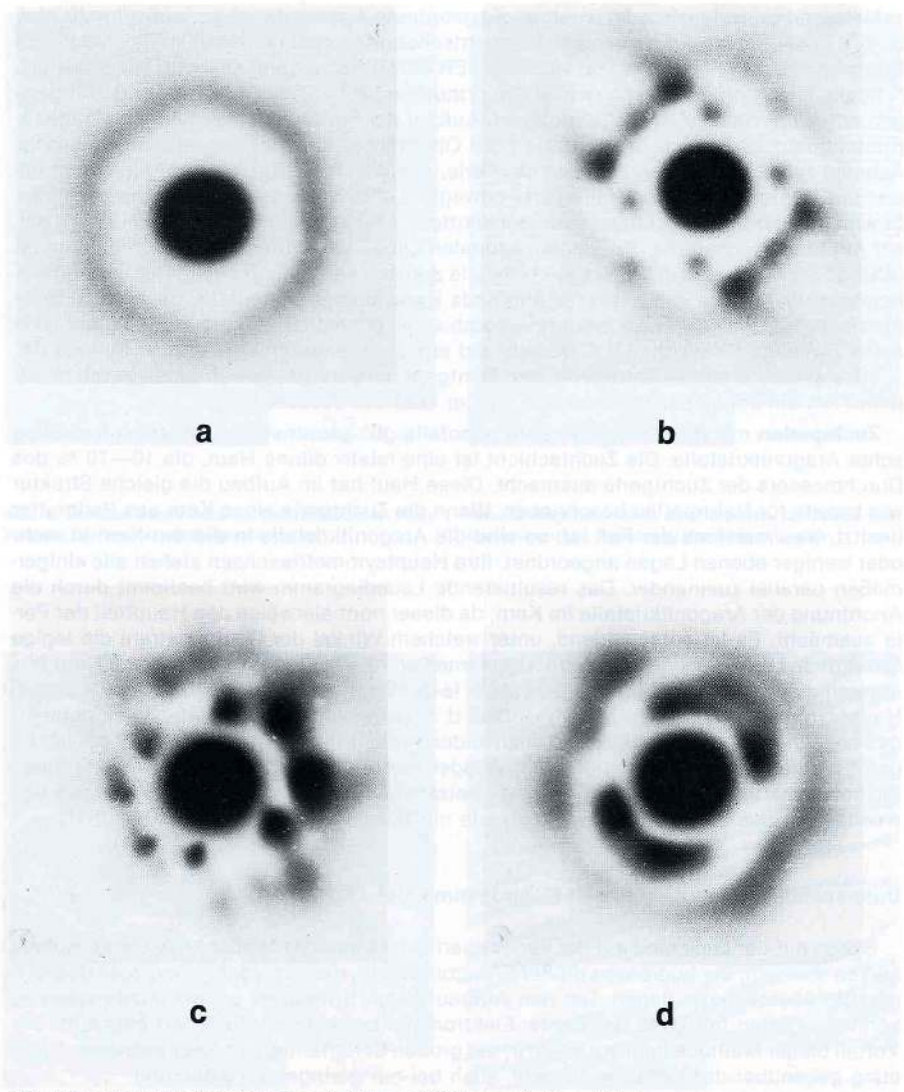


Abb. 1: Lauediagramm einer Zuchtperle mit Kern, rund ∅ 7 mm, mit dünner Schale.
a: senkrecht zu den Aragonitlagen des Kerns,
b: parallel zu den Aragonitlagen des Kerns und senkrecht zur Richtung in a,
c: senkrecht zu den Richtungen in a und b,
d: schief zu den drei vorhergehenden Richtungen.

Naturperlen sind mehr oder weniger gut geordnete Aggregate mikroskopischer Kristalle. Die Regelung erfolgt nach einer konzentrischen resp. radialen Struktur, wie auch aus Dünnschliffuntersuchungen von ALEXANDER (1977) hervorgeht. Die winzigen tafeligen Kristalle bestehen aus Aragonit ($CaCO_3$, orthorhombisch). Nach ALEXANDER soll gelegentlich auch Calcit ($CaCO_3$, trigonal) am Aufbau der Perlen beteiligt sein. Die Aragonit-Kristalltafeln legen sich tangential an die Oberfläche, ihre Hauptsymmetrieachsen (c-Achsen) zeigen gegen das Zentrum der Perle. Auf welchem Durchmesser sich auch immer der Röntgenstrahl durch die Perle bewegt, er trifft stets dieselben Verhältnisse an. Er wird den Symmetrieachsen tausender winziger Kristallite folgen. Aufgrund des bei dieser Anordnung erhaltenen pseudohexagonalen Laue-Symmetriemusters wurde vermutet (WEBSTER, 1975), daß diese Aragonitkristalle zyklisch verzwillingt seien. Denn als orthorhombisches Mineral sollte das resultierende Punktmuster bestenfalls zweizählige Symmetrie aufweisen. Auch andere orthorhombische Mineralien neigen zur Bildung zyklischer Zwillinge (Chrysoberyll, Cerussit) und erreichen dadurch eine höhere Symmetrie.

Wird also eine runde Naturperle vom Röntgenstrahl zentral getroffen, so entsteht auf dem Film ein scheinbar hexagonales Muster oder ein diffuser Ring.

Zuchtperlen mit Perlmutterkern sind ebenfalls gut geordnete Aggregate mikroskopischer Aragonitkristalle. Die Zuchtschicht ist eine relativ dünne Haut, die 10—70 % des Durchmessers der Zuchtperle ausmacht. Diese Haut hat im Aufbau die gleiche Struktur wie bereits für Naturperlen beschrieben. Wenn die Zuchtperle einen Kern aus Perlmutter besitzt, was meistens der Fall ist, so sind die Aragonitkristalle in diesem Kern in mehr oder weniger ebenen Lagen angeordnet. Ihre Hauptsymmetrieachsen stehen alle einigermaßen parallel zueinander. Das resultierende Lauediagramm wird bestimmt durch die Anordnung der Aragonitkristalle im Kern, da dieser normalerweise den Hauptteil der Perle ausmacht. Es ist entscheidend, unter welchem Winkel der Röntgenstrahl die lagige Struktur des Kerns trifft. Orientierte Aufnahmen an einer Zuchtperle mit dünner Haut illustrieren diese Richtungsabhängigkeit (Abb. Ia-d). Wenn der Strahl zufällig parallel zu den Hauptsymmetrieachsen (c-Achsen) einfällt, d. h. senkrecht zu den Tafelebenen, entsteht das bekannte Sechseckmuster. Bei allen anderen Richtungen entstehen Bilder mit niedrigerer Symmetrie, da die Kristallite schief oder senkrecht zur c-Achse getroffen werden. Ein solches Muster zeigt höchstens eine zweizählige Symmetrie und wird seit langem verwendet, um das Vorliegen einer Zuchtperle mit Kern zu beweisen (Abb. 1b—d, 17).

Untersuchungen mit dem Raster-Elektronenmikroskop (REM)

Schon mit der Lupe sind auf der Perlenoberfläche Linien zu beobachten, die an Höhenkurven erinnern. Sie begrenzen größere Aragonittafeln, die terrassenförmig oder dachziegelartig übereinander liegen. Um den Aufbau dieser Strukturen besser untersuchen zu können, wurden mit Hilfe der Raster-Elektronenmikroskopie Aufnahmen gemacht. Der Vorteil dieser Methode liegt vor allem in der großen Schärfentiefe und der besseren Auflösung gegenüber der Lichtmikroskopie, auch bei nur geringer Vergrößerung.

Abb. 2 zeigt eine Übersicht von einem abgebrochenen Stück der äußeren Schicht einer Zuchtperle. An diesem an sich natürlichen Stück folgen die Aragonittafeln der gekrümmten Oberfläche der Kugel (siehe auch Abb. 5). Die Oberfläche dieser Zuchtschicht ist in Abb. 4 zu sehen. Hier treten die dachziegelartig versetzten Aragonitplatten deutlich her-

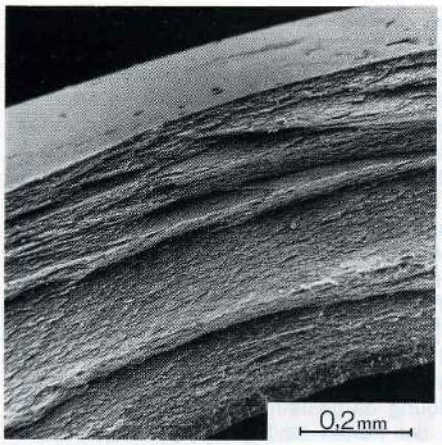


Abb. 2: Seitliche Bruchfläche an der Zuchtschicht einer marinen Zuchtperle, mit Bogenstrukturen.

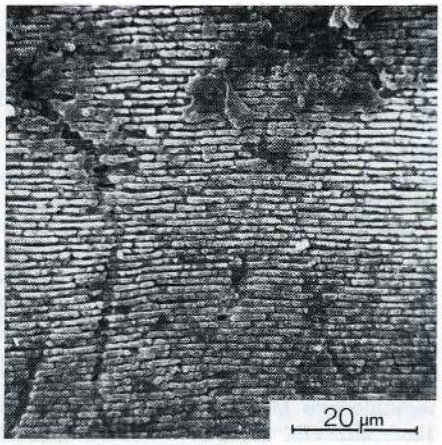


Abb. 3: Angeätzter Kern einer marinen Zuchtperle, mit backsteinartiger Anordnung der Aragonitplatten.

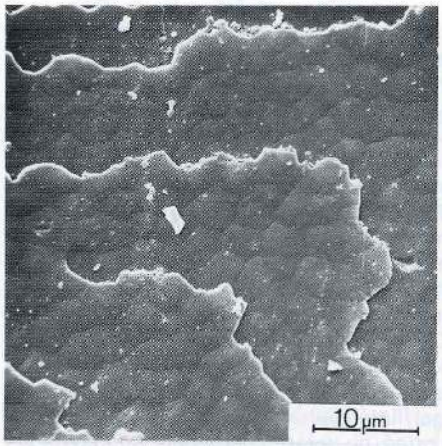


Abb. 4: Terrassen- bis ziegelartige Anordnung der Aragonitplatten an der Oberfläche einer Perle. Wabenstrukturen sind sichtbar.

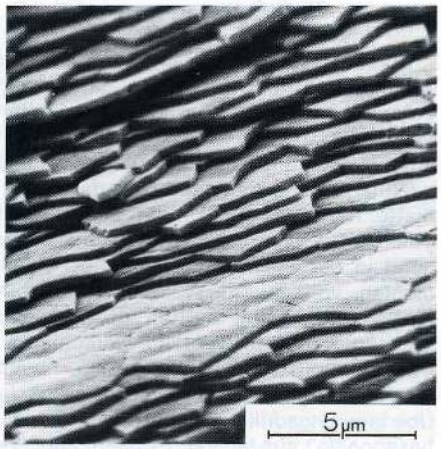


Abb. 5: Ausschnitt aus Abb. 2, mit gestapelten Aragonittafeln, die eine polygonale, wabige Unterteilung zeigen.

vor. Weniger deutlich sind die polygonalen, wabenartigen Muster innerhalb einer Platte sichtbar. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus dem kugeligen Kern einer Zuchtperle. Dieser wird meist aus dem Schalenmaterial (Perlmutter) einer amerikanischen Flußmuschel geschliffen und später in das Mantelgewebe der Perlmuschel eingepflanzt. Diese Kugel im Innern der Zuchtperle hat, im Gegensatz zu der schaligen Struktur des natürlichen aufgebauten Perlenmaterials, einen eben-lagigen Aufbau. In Abb. 3 gut sichtbar ist die backsteinartig gestapelte Anordnung der Aragonitplättchen, die keiner Krümmung folgt.

Besonderes Interesse gilt der Wabenstruktur (Abb. 4) in den einzelnen Platten des Perlenmaterials. Auf der Suche nach Zwillingsnähten und damit nach Anzeichen für die vermutete zyklische Verzwillingung wurde die Oberfläche mit verdünnter Ameisensäure leicht angeätzt. Es kamen jedoch keine Domänengrenzen zum Vorschein, wie aufgrund der Untersuchungen von MUTVEI (1977) an Kalkschalen verschiedener Mollusken angenommen werden konnte. MUTVEI fand auf seinen geätzten Muschelschalen einen besonderen Typ von regelmäßiger Verwachsung für Aragonit. In Abb. 6 sind verschiedene Möglichkeiten der Zwillingsbildung dargestellt (RAMDOHR & STRUNZ, 1967; MUTVEI, 1977). Die einzelnen Platten der Perlen sind ganz offensichtlich aus einem Mosaik polygonaler Waben aufgebaut. An einzelnen Stellen sind die Waben fast ideal aus regelmäßigen Sechsecken gebildet. An anderen Stellen mit weniger guter Ordnung können verzogene Vier- und Fünfecke beobachtet werden.

Aggregatsregelung in Perlen

Durch Messen der Grenzwinkel der Waben und Polygone wurde versucht, die kristallographische Orientierung der einzelnen Bereiche zueinander festzustellen. Die Vermutung, daß drei bevorzugte Orientierungen, gegeneinander um jeweils 120° verdreht, gefunden werden könnten, bleibt vorerst unbestätigt. Die Prüfung einer derartigen Regelung scheiterte daran, daß die einzelnen Waben kristallographisch nicht orientiert werden konnten. Ein derart statistisch geordneter Zustand innerhalb einer Platte hätte die Bedeutung einer Repetitions-Verzwillingung resp. Drillingsbildung (Abb. 7). Der Drillingszustand kann aber auch erreicht werden, wenn anstelle einer Ordnung in der Ebene eine Ordnung zwischen den Stockwerken, den horizontalen Elementen, vorläge. Die Waben, die übereinander gestapelt liegen, und verschiedenen Platten angehören, dürften dabei gegeneinander um 120° (oder ein ganzzahliges Vielfaches davon) verdreht vorkommen. Diese Regelung hätte den Effekt einer Überlagerungs-Verzwillingung resp. ebenfalls einer Drillingsbildung (Abb. 8). Sowohl das zuerst geschilderte Modell der Anlagerungsdrillinge wie auch das Modell der Überlagerungsdrillinge (oder exakter -viellinge) liefert eine Erklärung für das pseudohexagonale Laue-Muster. Es bleibt allerdings offen, ob derartig geordnete Aggregate als Drillinge resp. Viellinge bezeichnet werden dürfen. Denn wegen dem organischen Konchynhäutchen sind die einzelnen Platten nicht direkt miteinander verwachsen. Die größte Ordnung in einem Perlen-Aggregat herrscht dann, wenn beide Regelungsprinzipien gleichzeitig realisiert sind.

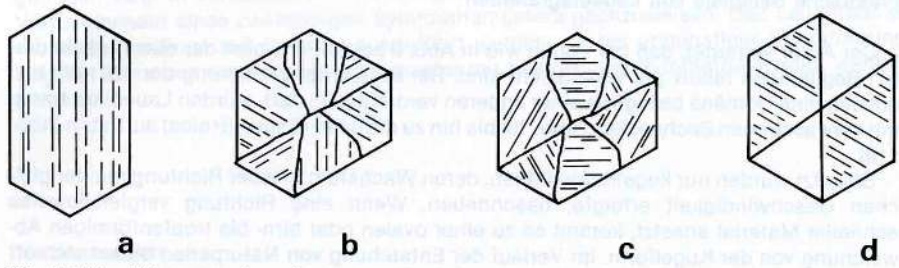


Abb. 6: Zwillingsbildungen von Aragonit. a: unverzwillingter Kristall. b, c: Durchdringungs- resp. Repetitionszwillinge. d: Zwillinge nach MUTVEI (1977). Die c-Achsen aller Individuen stehen senkrecht zum Papier. Parallel gestreifte Bereiche entsprechen gleich orientierten Individuen.

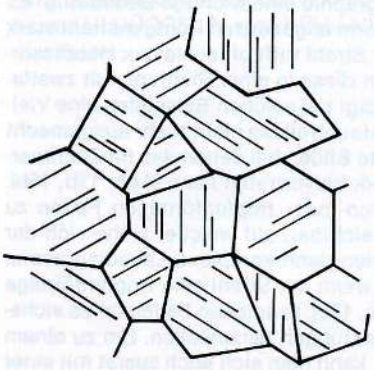


Abb. 7: Nach drei Orientierungen statistisch geordnetes planares Drillings-Aggregat, resp. Anlagerungsdrilling.

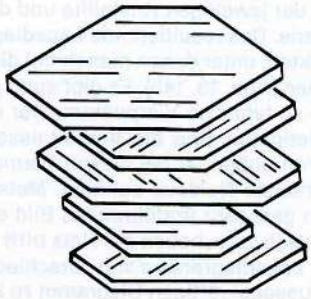


Abb. 8: Nach drei Orientierungen statistisch geordnetes vertikales Drillings-Aggregat, resp. Überlagerungsdrilling.

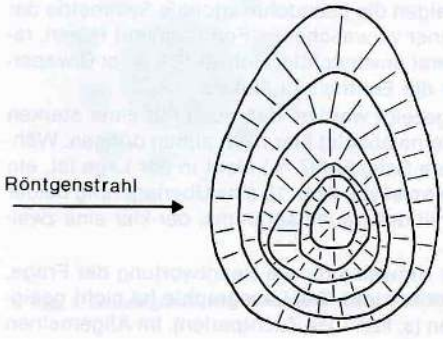


Abb. 12: Schematischer Aufbau einer unrunden Perle. Die kleine Striche geben die Richtungen der c-Achsen an, die jeweils senkrecht zu den Tafelebenen stehen. Der Röntgenstrahl trifft die Kristallite unter verschiedenen Winkeln, je nach dem wie die Perle davor gesetzt wird.

Praktische Beispiele von Lauediagrammen

Der Autor vermutet, daß bei Perlen wie in Abb. 9 beide Prinzipien der oben geschilderten Regelungen relativ gut verwirklicht sind. Bei schlechter Einhaltung der 120°-Winkel, um den eine Domäne bezüglich einer anderen verdreht sein darf, würden Lauediagramme mit verwaschenen Sechsecken (Abb. 10) bis hin zu diffusen Ringen (Halos) auftreten (Abb. 11a).

Bis jetzt wurden nur kugelrunde Perlen, deren Wachstum in jeder Richtung mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgte, beschrieben. Wenn eine Richtung vergleichsweise schneller Material ansetzt, kommt es zu einer ovalen oder birn- bis tropfenförmigen Abweichung von der Kugelform. Im Verlauf der Entstehung von Naturperlen bilden sich oft solche Deformationen aus, wobei diese häufig mehrfach an verschiedenen Stellen der ehemaligen Oberfläche auftreten können. Gelegentlich kann eine ehemals deformierte Perle wieder einigermaßen rund werden. Das Ansetzen ungleich dicker Schalen, das zu einem zwiebelartigen Aufbau führt, hat für die Lauegraphie eine wichtige Bedeutung. Es entstehen dabei Gebilde, die einem nach der Außenform angesetzten Röntgenstrahl stark wechselnde innere Verhältnisse bieten (Abb. 12). Der Strahl trifft oft schief zur Hauptsymmetrieachse der jeweiligen Kristallite und durchquert diese in einer Richtung mit zweifacher Symmetrie. Das resultierende Lauediagramm zeigt bei solchen Beispielen eine Vielzahl von Punkten, unter denen manchmal die sechs Hauptreflexe nicht mehr ausgemacht werden können (Abb. 13, 14b). Es gibt auch gemischte Bilder, bei denen das für Zuchtperlen mit Kern so typische Vierpunktmuster recht stark hervortreten kann (Abb. 11b, 15b).

Am schwierigsten sind die Verhältnisse in bouton- oder tropfenförmigen Perlen zu beurteilen. Von außen ist bei diesen Formen nicht sichtbar, auf welcher Höhe sich der allenfalls versetzte Nukleus befindet. Meist entstehen dann komplexe Lauediagramme (Abb. 14). Ein geradezu irreführendes Bild entsteht, wenn der Strahl eine tropfenförmige Perle exzentrisch verschoben am Hals trifft (Abb. 14b, 15a). In solchen Fällen ist es sicherer, mehrere Lauediagramme von verschiedenen Richtungen herzustellen. Um zu einem besonders aussagekräftigen Diagramm zu kommen, kann man sich auch zuerst mit einer Direkt-Radiographie über die inneren Zustände Klarheit verschaffen. Wenn dies gelingt, ist allerdings das Lauediagramm meist nur noch von wissenschaftlichem Interesse und hilft, komplexere Verhältnisse besser beurteilen zu können.

Auch bei kernlosen Zuchtperlen vermittelt eine Direkt-Radiographie unerläßliche Information. Die Lauediagramme dieser Gebilde zeigen die pseudohexagonale Symmetrie der Naturperlen oder einen Halo, wenn auch in einer verwaschenen Form und mit feinen, radialen Linien (Abb. 16a, b). Es wäre daher äußerst unvorsichtig, sich im Fall einer Biwaperle aufgrund der Lauediagramme positiv über die Echtheit zu äußern.

An Zuchtperlen mit dicker Schale konnte gezeigt werden, daß auch mit einer starken Zuchtanlagerung die Signale des Perlmutterkerns absolut klar nach außen dringen. Während bei der Zuchtperle von Abb. 17 die äußere Schicht (37 %) nicht in der Lage ist, ein Sechspunktmuster zu entwerfen, zeigt das Beispiel von Abb. 18 eine Überlagerung beider Bilder. Diagnostisch wertvoll ist der innere Teil des Lauediagramms, der klar eine zweizählige Symmetrie zeigt.

Die Lauegraphie bringt also in erster Linie Hinweise für die Beantwortung der Frage, ob eine Perle einen Perlmutterkern enthalte oder nicht. Die Lauegraphie ist nicht geeignet, die Echtheit der Perle an sich zu beweisen (s. kernlose Zuchtperlen). Im Allgemeinen

genügen zwei in verschiedenen Richtungen aufgenommene Lauediagramme, um das Vorhandensein eines zweizähligen Symmetriemusters nachzuweisen. Das Lauegraphieren muß allerdings mit Umsicht ausgeführt werden, da bei ungünstiger Strahlführung auch an unrunden Naturperlen Punktmuster mit zweizähliger Symmetrie erzeugt werden können.

Verdankungen

Herrn. Prof. Dr. S. GRAESER vom Mineralogischen Institut der Universität Basel und Herrn. PD. Dr. R. GUGGENHEIM vom Labor für Raster-Elektronen-Mikroskopie der Universität Basel möchte ich für fachliche Diskussion herzlich danken. Besonderer Dank gilt Herrn M. DÜGGELIN vom REM-Labor für die Präparation der Perlen und die Herstellung der Bilder.

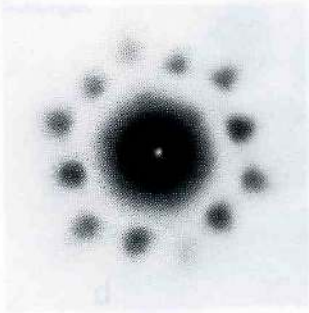


Abb. 9: Lauediagramm einer Naturperle, rund, ∅ 10 mm.

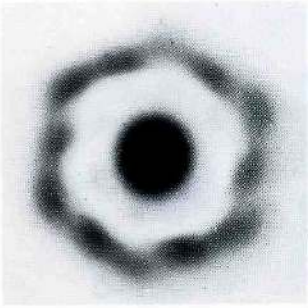
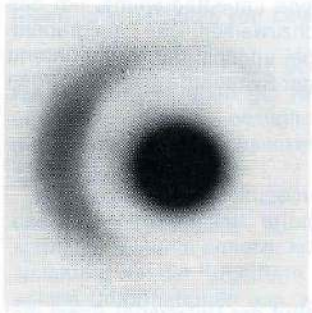


Abb. 10: Lauediagramm einer Naturperle, tropfenförmig, 21x11 mm, kurze Achse.



a

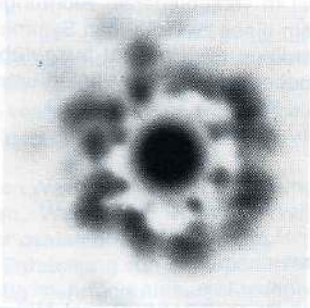
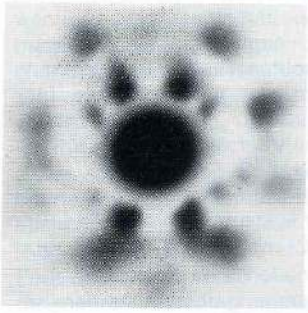
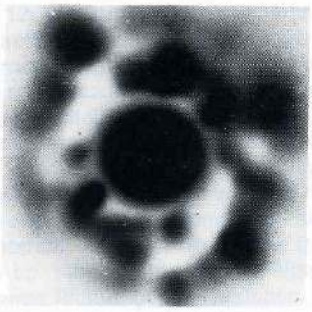


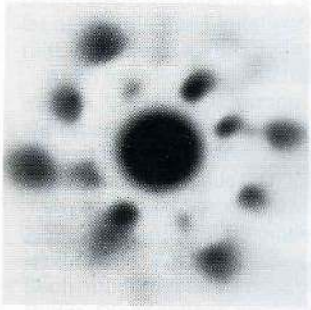
Abb. 13: Lauediagramme einer Naturperle, tropfenförmig, 19x12 mm, in Richtung der kurzen Achse.



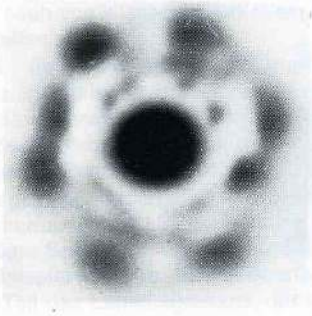
b



a



c



b

Abb. 11: Lauediagramme einer Naturperle, boutonförmig, 8x9 mm, a: senkrecht zur flachen Stelle, b: durch die dickste Stelle, senkrecht zu a, c: 2 mm exzentrisch, parallel zur Richtung von b.

Abb. 14: Lauediagramme einer Naturperle, birnenförmig, 12x9 mm. a: durch die kurze Achse, b: schief, im dünneren Teil.

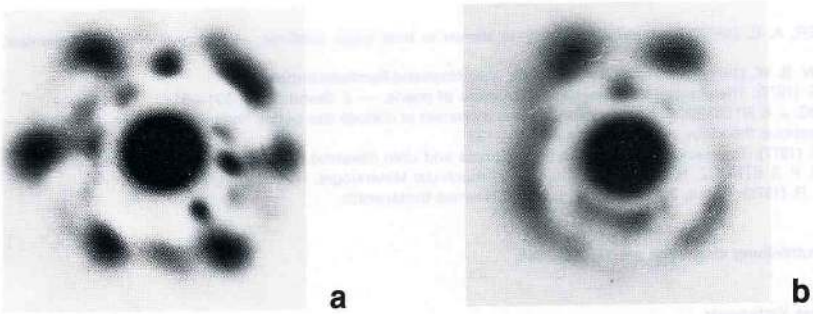


Abb. 15: Lauediagramm einer Naturperle, tropfenförmig, 20x11 mm. a: durch die kurze Achse, b: 2 mm über der kurzen Achse und 90° verdreht gegenüber der Richtung von a.

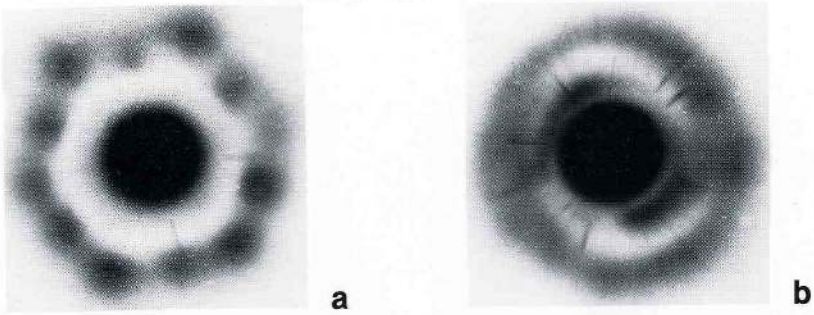


Abb. 16: Lauediagramme einer Zuchtperle, kernlos, barock, 14x6x4 mm, a und b in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen.

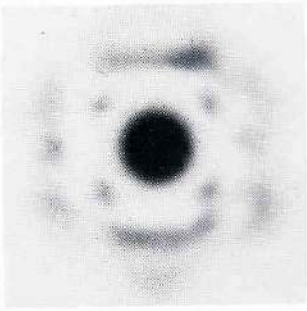


Abb. 17: Lauediagramm einer Zuchtperle mit Kern, rund, ∅ 13 mm, Zuchtschicht 2x2,4 mm dick.

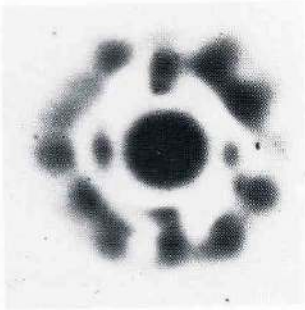


Abb. 18: Lauediagramm einer Zuchtperle mit Kern, oval, 16x13 mm, Zuchtschicht 2x3,9 mm dick.

Literatur

ALEXANDER, A. E. (1977): Pearl-structur variations shown in nine cross sections. — National Jeweler, November, 63—64.
ANDERSON, B. W. (1971): Gem testing. — London, Van Nostrand-Reinhold/Butterworth.
BROWN, G. (1979): The diagnostic radiographic structure of pearls. — J. Gemmol. **16**, 501—511.
GALIBOURG, J. & RYZIGER, F. (1927): Les méthodes d'éxamen et d'étude des perles fines et des perles de culture. — Revue d'Äoptique théorique et instrumentale **3**, 97—133.
MUTVEI, H. (1977): The nacreous layer in Mytilus, Nucula and Unio (Bivalvia). — Calif. Tiss. Res. **24**, 11—18.
RAMDOHR, P. & STRUNZ, H. (1967): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. — Stuttgart, Enke.
WEBSTER, R. (1975): Gems, 3rd edition. — London, Newnes-Butterworth.

Bei der Schriftleitung eingangen am 17. Mai 1982.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Henry A. Hänni, Mineralogisches Institut der Universität Basel, CH-4056 Basel, Schweiz
und
Schweizerische Stiftung für Edelsteinforschung, Löwenstraße 17, CH-8001 Zürich, Schweiz.