IX. *Nachtrag zu meinem Aufsätze: Ueber den scheinbaren Ort eines in einem dichteren Medium befindlichen Lichtpunktes;*
von K. L. Bauer in Karlsruhe.

Der im Bd. 153 dieser Annalen, S. 572—587, veröffentlichte Aufsatz enthält eine genaue Bestimmung des scheinbaren Ortes eines in einem dichteren Medium befindlichen leuchtenden Punktes, unter der besonderen Annahme jedoch, daß nur solche Strahlen zur Entstehung des virtuellen Bildes beitragen, welche in eine durch den leuchtenden Punkt senkrecht zur Trennungsfläche der Medien gelegte Ebene fallen. Allgemeiner, obwohl ohne weitere Ausführung, ist der Gegenstand, wie ich nachträglich sehe, in der Einleitung von Verdet's *Leçons d'optique physique*, Paris 1869, behandelt; im Interesse derjenigen Leser der Annalen, welchen das wichtige Werk zur Zeit noch unbekannt und nicht sogleich zugänglich ist, erlaube ich mir, eine Uebersetzung der betreffenden Stellen mitzutheilen (Verdet, Bd. I, S. 10—13).

„In seinen Studien über die Theorie des Sehens hat Sturm aus der Lehre von den Brennflächen eine Reihe bemerkenswerther Folgerungen abgeleitet; er beseitigt die Beschränkungen, wonach man die Gränzflächen der brechenden Mittel des Auges als centrirte Kugelflächen betrachtet. In der gleichen Arbeit (*Compt. rend.* XX, 554, 761, 1238) sucht er, unter Voraussetzung beliebiger Trennungsflächen der Medien, die Vertheilung der Lichtstrahlen nach einer bestimmten Anzahl von Reflexionen oder Brechungen; und die Eigenschaft, *stets auf einer gewissen Fläche senkrecht zu stehen* (Gesetz von Malus und Gergonne), welche die zurückgeworfenen oder gebrochenen Strahlen von einem Bündel willkürlich im Raume liegender Geraden völlig unterscheidet, führt ihn auf eine rich-

tige Bemerkung über die Beschaffenheit eines unendlich feinen Lichtbüschels:

Alle Strahlen eines unendlich feinen reflectirten oder gebrochenen Lichtbüschels gehen durch zwei unendlich kurze Gerade, welche in zwei zu einander senkrechten Ebenen liegen.

Sturm hat diesen beiden Geraden den Namen *Brenngerade* (*droites focales*) gegeben. Sie befinden sich im Allgemeinen in einer endlichen Entfernung von einander; in besonderen Fällen jedoch können sie in einerlei Ebene liegen und einander schneiden. Dann existirt ein wahrer *Brennpunkt* (*foyer*); weil nämlich die Strahlen des unendlich feinen Büschels sämmtlich den beiden Brenngeraden begegnen müssen, aber nicht in derselben Ebene liegen, so gehen sie nothwendig alle durch den Schnittpunkt jener Geraden.

Wir wollen jetzt aus Sturm's Theorien einige Folgerungen zur Aufklärung gewisser Punkte ziehen, denen in der geometrischen Optik meist eine ungenügende Besprechung zu Theil wird. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Anblick der unter Wasser befindlichen Gegenstände.

In obenstehender Figur sei S ein von Wasser umgebener Lichtpunkt und O der Ort des Auges eines in Luft stehenden Beobachters; welches wird nun die wahre Lage des virtuellen Bildes des Punktes S seyn? Diese Frage scheint zwei verschiedene Antworten zu erheischen. Be-

trachten wir einmal ein unendlich dünnes, aus dem Punkte S kommendes Strahlenbündel, das nach erfolgter Brechung ins Auge O dringt; wenn wir unter den Strahlen des gebrochenen Büschels eine gewisse Zahl solcher wählen, die mit dem aus S auf die brechende Ebene gefällten Perpendikel SA gleiche Winkel bilden, so werden die Rückverlängerungen dieser Strahlen alle in einem Punkte S' des Lothes SA zusammentreffen; lassen wir andererseits das nämliche Bündel von einer durch SA gehenden Ebene geschnitten werden, so überzeugen wir uns leicht, daß die Rückverlängerungen der in dieser Ebene liegenden Strahlen nach einem von S' verschiedenen, und gewöhnlich nicht in SA fallenden Punkte S'' convergiren. Es hat daher zunächst den Anschein, als ob die Lage des virtuellen Bildes des Punktes S unbestimmt sey; allein diese Schwierigkeit verschwindet durch die Wahrnehmung, daß die zwei Punkte S' und S'' den zwei Brenngeraden des unendlich dünnen Bündels der gebrochenen Strahlen angehören; die eine jener Geraden ist hier ein Theil der Normalen SA , die andere steht auf der mittlern Brechungsebene senkrecht. *In Wahrheit giebt es daher überhaupt kein eigentliches Bild des Punktes S* ; treffen die gebrochenen Strahlen auf eine Sammellinse, so werden sie niemals nach einem einzigen Punkte convergiren, sondern in verschiedenen Entfernungen von der Linse zwei Lichtcurven bilden. Befindet sich, statt des Punktes S , eine zur brechenden Ebene senkrechte, leuchtende Gerade unter Wasser, so kann man die Gesammtheit der auf der Normalen liegenden und den verschiedenen Punkten der Geraden entsprechenden Brenngeraden als ein, mit Ausnahme der beiden Enden, ziemlich deutliches Bild der Geraden betrachten; und fallen die gebrochenen Strahlen auf eine Sammellinse, so wird man in gewissem Abstände ein, mit Ausschluss der Endpunkte, klar begränztes Bild der leuchtenden Geraden erhalten.

Wenn ein unendlich feines Lichtstrahlenbündel die *zwei* brechenden Flächen eines Prisma in unmittelbarer

Nähe der brechenden Kante durchläuft, so überzeugt man sich leicht durch Rechnung, daß die zwei Brenngeraden des gebrochenen Büschels einander schneiden, wenn das Prisma die Minimalablenkung bewirkt; die betreffende Stellung ist mithin die einzige, worin ein Prisma von den durch dasselbe betrachteten Gegenständen ein deutliches virtuelles Bild liefern kann; und dies erklärt die Nothwendigkeit, dem Prisma die der kleinsten Ablenkung entsprechende Stellung zu geben, wenn man ein reines Spectrum erhalten will.“

Auf S. 17 und 18 findet man in Verdet's Optik einen bis zum Jahre 1867 reichenden Literaturnachweis über die Theorie der Brennnlinien und Brennflächen.

X. Allgemeine Lehrsätze über die Bilder sphärischer Spiegel und Linsen; von K. L. Bauer in Karlsruhe.

Es scheint vielfach übersehen zu werden, daß sich die verschiedenen Fälle, welche man bei der Discussion der einfachen Spiegel- und Linsenformel aufzuzählen pflegt, unter einen einzigen Gesichtspunkt bringen lassen. Aus diesem Grunde möchte ich mir erlauben, einige dahin zielende Sätze zur Aufnahme in die physikalischen Lehrbücher vorzuschlagen.

Denken wir uns zunächst, daß durch einen sphärischen Spiegel mittelst der Centralstrahlen ein reelles oder virtuelles Bild eines leuchtenden Punktes erzeugt werde, und führen wir folgende Bezeichnungen ein: